



Sahlgrenska akademien
Institutionen för neurovetenskap och fysiologi
Enheten för Audiologi

VT19

SJÄLVSTÄNDIGT ARBETE I AUDIOLOGI, 15 hp

Avancerad nivå

Titel	
Påverkar förskolemiljön barnens hörsel, uppmätt som otoakustiska distortionsprodukter?	
Författare	Handledare
Sebastian Waltilla	Kerstin Persson Waye
	Sofie Fredriksson
	Examinator
	Lennart Magnusson
<p>Denna studie har som syfte att undersöka om vistelse i förskolans ljudmiljö påverkar barns hörsel, uppmätt som otoakustiska distortionsprodukter (DPOAE).</p> <p>För att ta reda på om hörseln påverkas av vistelsen i förskolemiljön, har DPOAE-amplitud hos barn utan känd hörselnedsättning jämförts vid fyra upprepade mätningar, som skett morgon och eftermiddag i början av veckan samt motsvarande tidpunkter i slutet av veckan. Förändring av DPOAE-amplitud har analyserats med en variansanalys (two-way repeated ANOVA). Reliabiliteten för uppmätt DPOAE-amplitud har undersökts genom test-retestmätning på elva barn, där otoakustiska emissioner uppmättes två gånger direkt efter varandra, för att se om handhavande påverkar mätningen. För att utreda om ljudmiljön i förskolan kan påverka barns hörsel har ljudnivån uppmätts med dosimeter (kroppsburen ljudnivåmätare), som burits av förskolebarnen. För att se om ljudnivån skiljer sig mellan barn och pedagoger har även personalen burit dosimeter. Som referens har en dosimeter placerats hängandes från taket i lekhallen där barnen vistats under mättdagen. DPOAE- och ljudnivåmätningar har utförts på fyra förskolor. DPOAE-amplitud från 27-29 höger öron och 30-31 vänster öron har analyserats, beroende på frekvens.</p> <p>Resultaten visade en reduktion av amplituden vid 3000 Hz och 4000 Hz för höger öra vid mätning av DPOAE. Detta sågs vid jämförelse mellan mätningar tidigt i veckan och mätningar utförda i slutet av veckan. De övriga sex av åtta analyserade frekvenserna uppvisade dock inte en samstämmig sänkning av DPOAE-amplitud över veckan. Vi fann inte någon signifikant skillnad i amplitud från morgon till eftermiddag, och inte heller för vänster öra. På grund av antalet statistiska analyser som genomförts finns eventuell inverkan av typ-1 fel samt en risk att reduktionen kan ha orsakats av förändrad mellanörestatus som uppstått under mätveckan. Test-retestmätning vid mätning av DPOAE visar ingen signifikant skillnad mellan första och andra införandet av mätproben, vilket indikerar att DPOAE kan utföras på barn vid upprepade mättillfällen utan stor varians orsakad handhavande. Ljudnivån som uppmättes visade att 42% av barnen exponerades för nivåer över 80 dB LAeq under lektid inomhus, samt att 18% av dessa barn exponerades för nivåer över 85 dB LAeq under lektid inomhus. Pedagogerna exponerades för 80 dB LAeq i 33% av mätningarna. Denna studie är utförd i samarbete med Maja Jansson, vars masterprojekt inom teknisk akustik på Chalmers tekniska högskola är publicerat med titeln: The sound environment at preschools and how it may affect children's hearing (Jansson, 2017).</p> <p>Sökord: Hörsel, Förskola, Barn, Otoakustiska Distorsionsprodukter, Buller, Arbetsmiljö.</p>	



The Sahlgrenska Academy
 Institute of Neuroscience and Physiology
 Unit of Audiology

Spring 2019

MASTER RESEARCH THESIS IN AUDIOLOGY, 15 ECTS

Advanced level

Title	
Does the preschool sound environment affect children's hearing, as measured by otoacoustic distortion products?	
Author	Supervisor
Sebastian Waltilla	Kerstin Persson Waye Sofie Fredriksson
	Examiner
	Lennart Magnusson
Summary:	
<p>The aim of this study was to assess if the preschool sound environment affects children's hearing, as measured by otoacoustic distortion products (DPOAE).</p> <p>To find out if the children's hearing was affected by the time they spend in preschool, DPOAE amplitude in children with normal hearing function has been measured. Four repeated measurements were made in total: twice a day, in the mornings and afternoons, in the beginning of the week and in the end of the week. Change in DPOAE amplitude was analyzed with a two-way repeated ANOVA. The reliability of the measured DPOAE amplitude has been investigated by performing a test-retest measurement on eleven children, where DPOAE is measured twice immediately after each other. To investigate whether the sound environment in preschool can affect the child's hearing, the sound level has been measured using dosimeters (body-worn sound level meter) carried by the children. To assess if the sound pressure level measured for the children differ from the adults, the staff also carried dosimeters. A fixed dosimeter was placed as a reference hanging from the ceiling in the playroom where the children spent their time on the day of the measurements. DPOAE and sound level measurements have been performed at four preschools. DPOAE amplitude from 27-29 right ears and 30-31 left ears have been analyzed.</p> <p>The result shows a reduction of DPOAE amplitudes measured at 3000 Hz and 4000 Hz for the right ear. The amplitude reduction was seen between the measurements made early in the week and the measurements made late in the week. The other six of eight analyzed frequencies did not show a consistent decline in amplitude over the week. We did not find any significant differences between morning and afternoon measurements, nor for measurements in the left ear. Due to the number of statistical analyzes that was carried out, we cannot rule out type-1 errors. There may also possibly be an influence on the amplitude caused by an altered middle ear status during the week. Test-retest measurement when measuring DPOAE, shows no significant difference between first and second insertion of the probe. This indicates that DPOAE can be performed on children at repeated occasions without large variance caused by handling. The sound level measurements in preschools showed that 42% of the children were exposed to levels above 80 dB LAeq during playtime indoors and that 18% of these children were exposed to levels above 85 dB LAeq. The teachers were exposed to 80 dB LAeq in 33% of the measurements.</p> <p>This study was made in collaboration with Maja Jansson, a master's student in Applied Acoustics at Chalmers University of Technology. Her work is published with the title: The sound environment at preschools and how it may affect children's hearing (Jansson, 2017).</p>	
Keyword: Hearing, Preschool, Children, Otoacoustic Emission, Noise, Occupational Environment.	

Jag vill tacka mina handledare Kerstin Persson Waye och Sofie Fredriksson för handledning, styrning och stöttning. Jag har lärt mig mycket i ert sällskap. Tack Maja Jansson för en rolig mätperiod och intressanta diskussioner. Tackar även Laith Hussain och Jeong-Lim Kim, AMM.

Tack enhetschef Lisbeth Forsman för visat tålamod under de senaste åren. Kollegorna på Audionommottagningen Mölndal för feedback på uppsatsen.

Även tack till Ulf Kalla, Interacoustics, för hjälp med teori kring mätutrustning.

/ Sebastian

Innehåll

Bakgrund	1
Ljudnivåer i förskolan	1
Föreskrifter om buller.....	1
Ljudmiljön i förskolan.....	2
Bullerinducerad hörselnedsättning	2
Prevalens av bullerinducerad hörselnedsättning bland barn.....	3
Hörselmätningar på barn	4
Sammanfattning och betydelse.....	6
Syfte	7
Specifika frågeställningar	7
Metod	7
Studiedesign	7
Studiepopulation.....	7
Förskolornas lokaler.....	10
Centrum.....	10
Norra Hisingen	10
Härlanda-Örgryte.....	11
Västra Göteborg	11
Mätutrustning	12
Datainsamling.....	12
Tympanometri	12
DPOAE.....	13
Val av statistisk metod och inkludering av data till analys av DPOAE-amplitud.....	14
Ljudnivåmätningar med dosimeter.....	15
Arbetsfördelning.....	17
Etikprövning.....	17
Resultat.....	17
Dosimeter	17
Tympanometri	19
Tympanometri sen veckodag mot tidig veckodag.....	20
DPOAE Test – Retest.....	20
DPOAE Resultat.....	22
Metoddiskussion.....	252524
Mellanörettryck och påverkan på DPOAE.....	252524
Dosimetermätningar	262625

Resultatdiskussion	26
DPOAE.....	26
Test-Retest.....	28 ²⁷
Konklusion	28
Källförteckning.....	29

Bakgrund

Ljudnivåer i förskolan

2017 var ca 510 000 barn inskrivna i förskoleverksamheten i Sverige, varav 94% i åldersgruppen 4–5 år vistades regelbundet i förskolan. Samma år var ca 108 600 anställda inom förskoleverksamheten (Skolverket, 2017). Då det tidigare uppmätts höga ljudnivåer i arbetsmiljön bland förskolepersonal, finns det skäl att misstänka att ljudmiljön kan vara tillräckligt hög för att påverka barns hörsel. Mätning i förskolor med personburen ljudnivåmätare, så kallad dosimeter, utförd av Söderberg m. fl. (2001) visade att personalen som medelvärde exponerades för ekvivalenta ljudnivåer på 76 dB LAeq. Mätningarna utfördes i medeltal under 68 minuter på fyra förskolor. Högst ljudnivå uppmättes i lekrummet i en av de fyra förskolorna där genomsnittsnivån låg på 85 dB LAeq under en period av 10 minuter, nivån sänktes till 64 dB LAeq under 10 minuter då antalet barn minskade från 14 till sju. Bertilsson m. fl. (2004) utförde ljudnivåmätningar med dosimeter som visade att personalen exponeras för ljudnivåer i medeltal på 77,4 dB LAeq under en timma. Barnen exponerades för omkring 4,2 dB högre ljudnivå än förskolepersonalen. Liknande nivåer har senare uppmätts bland barn som burit dosimeter, där Persson Wayne m. fl. (2011) såg en ekvivalentnivå på 85 dB LAeq inomhus vid mätning då barnen vistades inomhus. Barnens exponering var även här signifikant högre än personalens, vilka i medeltal exponerades för en ekvivalentnivå på 77 dB LAeq inomhus vid mätningar vid vistelse inomhus. Persson Wayne mätte även upp en ekvivalentnivå på 69 dB LAeq i rummet för lek, under två timmar med fast placerad ljudnivåmätare. Sjödin m. fl. (2012) mätte i Umeå upp 71 dB LAeq med dosimetrar burna av personal och 63 dB LAeq med fast placerad ljudnivåmätare. Gerhardsson m. fl. (2013) uppmätte ljudnivåer mellan 68–79 dB LAeq med ljudnivåmätare fastsatt på väggen i rum för olika aktiviteter. Sammanfattningsvis ser vi att ljudnivån varierar beroende på vem som bär ljudnivåmätaren, var ljudnivåmätaren är placerad samt i vilken lokal som nivån uppmäts.

Föreskrifter om buller

Värt att notera är att ljudnivån som uppmättes bland förskolebarn av Söderberg m. fl. (2001) och av Persson Wayne m. fl. (2011) var lika eller högre än 85 dB LAeq. Mätningarna varade dock endast i 10 respektive under tid inomhus. Detta medför att de inte går att jämföras med arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller (AFS 2005:16), som beskriver den högsta tillåtna bullerdosen på 85 dB A-vägd ljudnivå under en åtta timmars arbetsdag. Föreskrifterna om

daglig bullerdos är skrivna för att förebygga hörselskada hos arbetstagarna, och föreskriften omfattar idag inte förskolebarnen. Om barnen skulle klassas som arbetstagare och vistades i en ljudmiljö på 85 dB LAeq i en period på 8 timmar, så skulle de behöva bära hörselskydd (AFS 2005:16).

Ljudmiljön i förskolan

Bullerexponering i förskola kan, utöver en fysisk skada, också ha en negativ effekt på den pedagogiska verksamheten som skall utföras i förskolemiljön, så som lärande av läsförmåga (Maxwell & Evans, 2000). Det är inte heller bara ljudnivån i sig som är ett problem i förskolan. Höga ljudnivåer som orsakas av lekande barn varierar ofta i styrka och intensitet samt kan vara oförutsägbara. Ljud som inte går att förutse kan upplevas som mer besvärande och orsaka störning (Gamberale, Kjellberg, Akerstedt & Johansson, 1990, Sjödin, Kjellberg, Knutsson, Landström & Lindberg, 2012). Möjligen kan det vara en del av förklaringen till att pedagoger i förskolan ofta rapporterar bland annat trötthet och ljudtrötthet (Persson Waye, 2011).

Bullerinducerad hörselnedsättning

Vid exponering för buller och höga ljudnivåer finns en risk att drabbas av permanent bullerinducerad hörselnedsättning. Bullerexponering kan ses i ett tonaudiogram i form av en dipp (eng. notch), som vanligen uppstår vid 4000 Hz där de intilliggande frekvenserna 3000 Hz och 6000 Hz är mindre påverkade än 4000 Hz (McBride, 2001). Frekvenser under 2000 Hz anses inte lika känsliga för buller (Sareen & Singh, 2014). Det är möjligt att mäta upp en temporär försämring av hörselfunktion i form av tillfälligt försämrade hörtrösklar uppmätt med tonaudiometri efter en kortare tid i starkt buller (Haygood & Walker, 2016). Temporär hörselförändring efter bullerexponering har också visats genom mätning av otoakustiska emissioner hos vuxna, som exponeras för höga ljudnivåer (Le Prell, Dell, Hensley, Hall, Campbell, Antonelli & Guire, 2012). Le Prell m.fl (2012) lät 33 testpersoner lyssna på musik från en digital musikspelare under fyra timmar. Testpersonerna delades in i tre grupper där respektive grupps musikspelare var förinställd på en couplernivå på omkring 94 dBA, 98 dBA och 100 dBA. För gruppen med lägst ljudnivå, omkring 94 dBA, sågs ingen signifikant förändring av DPOAE-amplituden 15 minuter efter exponering. För gruppen med omkring 98 dBA ljudnivå sågs en statistisk signifikant sänkning av DPOAE amplituden. Amplituden för testfrekvensen 3000Hz (f2) visade en signifikant sänkning i medel på ca 2 dB (p<0,05), och vid frekvensen 4000Hz en sänkning i medel på omkring 4 dB (p<0,01). Även för gruppen med högst ljudnivå, omkring 100 dBA, sågs en signifikant sänkning av DPOAE-amplituden.

För testfrekvensen 3000 Hz (f_2) sågs en reduktion på ca 4 dB ($p < 0,05$), och vid 4000 Hz på ca 6 dB ($p < 0,01$). Även vid 6000 Hz sågs en signifikant sänkning med ca 2 dB ($p < 0,01$) och vid 12000 Hz med ca 2 dB ($p < 0,05$). DPOAE utfördes åter igen omkring två och en halv till tre och en halv timmar efter exponeringen och då hade amplituden väsentligen återgått till ursprungsnivå. Le Prell m.fl (2012) lät även testpersonerna genomgå tonaudiometri. Hörselpåverkan sågs då även vid 4000 Hz i tonaudiogrammet. Författaren menar därför att både DPOAE och tonaudiometri kan användas som verktyg för att upptäcka förändring av hörselfunktion efter en kortare tids exponering för höga ljudnivåer. Liknande resultat ses av Vinck m.fl. (1999), som fann en reduktion på 5–9 dB i frekvensområdet 3049 – 5582 Hz (f_2) efter en timmes exponering av bredbandigt brus på 90 dB SPL. Liknande försök har vid lägre nivå (86,6 dBA) och kortare tids exponering (30 minuter) visat att varken svaren från otoakustiska emissioner eller tonaudiometri påverkas (Trzaskowski, 2014). Långvarig exponering av buller i yrkeslivet kan indikeras av en försämring vid frekvenserna 4000 Hz och 6000 Hz vid uppmätning av otoakustiska distorsionsprodukter och tonaudiometri (Seixas, 2013). I en kohortstudie av Seixas m.fl (2013) var varje år inom hantverksyrket associerad med en 0,2 dB sänkning av DPOAE-amplitud och 0,7 dB försämring för hörtrösklarna vid tonaudiometri. Liknande studier på förskolebarn har ännu inte utförts. Det finns dock ingen anledning att tro att barns hörsel skulle vara skyddad och ej vara mottaglig för en bullerinducerad hörselnedsättning. Det finns förvisso fysiska skillnader som kan påverka hur barnet mottager buller, som huvudets och kroppens dimension, vilket kallas head-related transfer function (HRTF). HRTF hos vuxna förstärker ljudnivån mest vid frekvenser runt 3000 Hz, medan motsvarande förstärkning hos barn ligger runt 6000 Hz. Barnens HRTF tillsammans med förstärkningen från hörselgången kan resultera i 10 dB högre ljudnivå vid trumhinnan i området 5000 – 8000 Hz, jämfört med en vuxen (Fels, 2008). Det är dock ännu inte klarlagt huruvida dessa skillnader innebär en ökad risk för bullerinducerad hörselskada bland barn jämfört med vuxna.

Prevalens av bullerinducerad hörselnedsättning bland barn

Än idag finns det begränsad forskning på hur barn påverkas av bullerexponering. Tidigare studier visar att barn likt vuxna kan få en bullerinducerad hörselnedsättning, och att den kan uppkomma så tidigt som vid 14 månaders ålder (Brookhouser, Worthington & Kelly, 1992). En studie i etiologi för sensorisk hörselnedsättning hos barn, där medelåldern för ställd diagnos var 3 års ålder, ses bullertrauma som en möjlig orsak vid förvärvad sensorisk hörselnedsättning (Psarommatis, Douniadakis, Neou, & Apostolopoulos, 2005). En

tvärsnittsstudie i USA, som syftade till att uppskatta andel med bullerinducerad hörselskada bland barn i åldern 6–19 år, sågs att yngre barn i åldern 6–11 år hade en prevalens av bullerinducerad hörselnedsättning på 8,5% och att äldre barn 12-19 år hade en signifikant högre prevalens av bullerinducerad hörselskada på 15,5%, uppmätt med tonaudiometri (Niskar, Kieszak, Holmes, Esteban, Rubin & Brody 2001). Niskar m. fl. (2001) definierade i denna studie bullerinducerad hörselnedsättningen som en V-formad audiogramkonfiguration mellan 3000–6000 Hz. Liknande resultat har visats i en äldre longitudinell studie bland skolbarn i Sverige, där prevalensen av hörselnedsättning hos barn i åldern sju år uppgick till drygt 12% (Axelsson & Aniansson, 1987). I studien definierades hörselnedsättning som en hörtröskel sämre än 20 dB HL i området 500–8000 Hz uppmätt med tonaudiometri. Motsvarande resultat sågs även vid omtest 6-8 veckor senare (Axelsson & Aniansson, 1987).

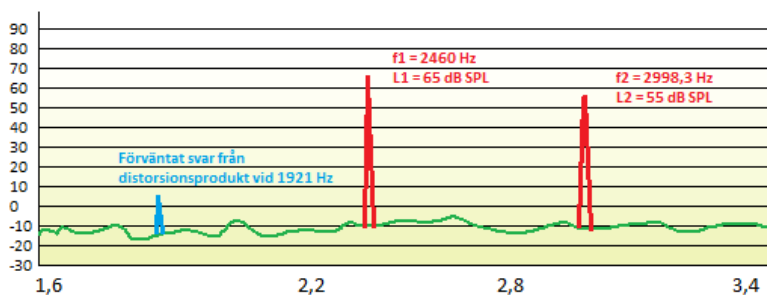
Hörselmätningar på barn

En anledning till att få studier genomförts på barn i förskoleåldern kan vara svårighet i att genomföra tonaudiometri på förskolebarn. För tonaudiometri krävs aktiv medverkan av barnet samt att barnet behåller uppmärksamheten under hela testsessionen. Vanligtvis kan tonaudiometri utföras på en screeningnivå på barn från ca 4 år, och i de fall barnen inte klarar av att medverka, används lekaudiometri eller observationsaudiometri. Test vid screeningnivå omkring 10-20 dB HL kan medföra att det blir svårt att upptäcka en mindre skillnad i hörtrösklar efter en kort period i buller, och förändringar i hörtrösklar under screeningnivån kan inte detekteras.

Idag är det möjligt att mäta hörselfunktion på barn med objektiva testmetoder utan aktiv medverkan från barnet, exempelvis genom mätning av otoakustiska emissioner (OAE) (Walch, Anderhuber, Köle & Berghold, 2000). Registrering av otoakustiska emissioner anses idag vara ett reliabelt sätt att icke-invasivt mäta inneröresfunktion, med hjälp av en prob i hörselgången. Proben mäter upp en så kallad emission, som är effekten av en aktivering av de yttre hårcellerna i cochlean. Effekten är en slags biprodukt från det som blivit känt som den cochleära förstärkaren, där de yttre hårcellerna förstärker inkommande ljud och förbehandlar det innan det skickas vidare genom hörselnerven till hörselcortex. Denna funktion antas bland annat ge en ökad möjlighet att diskriminera och detektera svaga till mellanstarka ljud och förbättrad taluppfattning i buller. Om denna aktiva funktion i cochlean inte fungerar, kan det vara ett tecken på en negativ inverkan på hörseln (Abdala & Visser-Dumont, 2001; Kemp, Ryan, & Bray, 1990). Normala OAE-resultat visar därmed främst ett gott tillstånd i innerörats yttre hårceller (Kemp, 2002).

Genom stimulering av örat med bredbandiga klickar, såsom vid TEOAE (Transient Evoked Otoacoustic Emissions), går det att registrera svar upp till omkring 4000 Hz eller svar med lägre amplitud (under 3 dB SPL) upp till 6000–7000 Hz, om hörtrösklarna hos testpersonen är bättre än 20-30 dB HL i tonaudiogrammet (Kemp, 2002). Ett alternativ till TEOAE är DPOAE (Distortion Product Otoacoustic Emission). Jämfört med TEOAE så går det vid DPOAE att mäta högre i frekvens med stabila svar upp till 8000 Hz (Abdala & Visser-Dumont, 2001).

Vid mätning av DPOAE sker stimulering med två toner med olika frekvens, varpå en distorsionsprodukt uppstår på grund av intermodulationsdistortion i cochlean. Distorsionsprodukten uppkommer eftersom cochlean har en icke linjär funktion, enligt teorin om den cochleära förstärkaren. Hade cochlean haft en linjär funktion skulle emissionen uppstå vid samma plats som vid stimulering (Kemp, 2002). Distorsionsprodukten har istället visat sig bli starkast vid frekvensen $2f_1 - f_2$, när de två tonerna presenteras med frekvensförhållandet $f_2/f_1 = 1,22$ med en skillnad på 10 dB i ljudnivå. Normala distorsionsprodukter kan då ha en amplitud på över 20 dB SPL. Stimuleringsnivåerna 65 respektive 55 dB SPL har visats ge störst möjlighet att sälla ut friska individer i en population (Popelka, Osterhammel, Nielsen, & Rasmussen, 1993; Stover, Gorga, Neely & Montoya, 1996). I figur 1 ses ett exempel där ett öra stimuleras med två toner, vid 2460 Hz (f_1) med en nivå av 65 dB SPL (L1) och vid 2998,3 Hz (f_2) med en nivå av 55 dB SPL (L2). En distorsionsprodukt, omkring 50-60 dB lägre än stimuleringstonerna, förväntas då uppstå vid frekvensen 1921 Hz ($2f_1 - f_2$) om regionen i cochlean för f_1 och f_2 har en normal funktion. Om ingen distorsionsprodukt uppmäts förväntas problemet härröra till platsen där f_1 och f_2 interagerar med varandra, och avspeglar alltså inte cochleans funktion vid 1921 Hz (Roeser, Valente & Hosford-Dunn, 2007).



Figur 1. visar exempel på DPOAE-mätning vid testfrekvensen $f_1=2460$ Hz ($L_1=65$ dB SPL) och $f_2 = 2998,3$ Hz ($L_2=55$ dB SPL) och distorsionsprodukten vid $2f_1 - f_2$ (1921 Hz)

Otoakustiska emissioner erhålls från de flesta barn. Svaren anses stabila över hela dygnet, och svaren påverkas ≤ 1 dB av varians från kön och puls hos försökspersoner (Cacace, McClelland m. fl. 1996). Svaren från DPOAE har visat sig kunna påvisa en tillfällig påverkan på hörseln hos vuxna, och kan därför troligen även mäta upp en tillfällig förändring bland barn (Hall and Lutman, 1999; Haygood & walker, 2016; Marshall, Miller, & Heller 2001). DPOAE går att utföra i vanlig kontorsmiljö om bakgrundsnivån inte överstiger 40 dB SPL. För att registrera en välfungerande funktion i cochlean behöver man inte likt andra mätmetoder stimulera vid tröskelnivån (Kemp, Ryan, & Bray, 1990). En nackdel med att mäta OAE är dock att svaren från innerörat kan påverkas av mellanöreproblematik. Eftersom den svaga emissionen ska färdas genom mellanörat innan det kan registreras av proben i hörselgången kan exempelvis ett stelt mellanöresystem resultera i minskad amplitud, trots att hårcellerna i cochlean är opåverkade (Sun & Shaver, 2009). Svar från OAE kan inte heller direkt översättas till hörtrösklar i ett tonaudiogram och helt uteblivna svar kan endast estimeras en hörselnedsättning till omkring 35 dB HL eller sämre. Skador kan även föreligga på inre hårceller, hörselnerv eller på högre nivå i hörselsystemet, utan att detta påverkar otoakustiska emissioner (Kemp, Ryan, & Bray, 1990).

Sammanfattning och betydelse

Tidigare studier har uppmätt så pass höga ljudnivåer i förskolor att de kan antas påverka hörseln negativt. OAE-amplitud har setts kunna påvisa effekter på hörseln av exponering för höga ljud bland vuxna. Det är därför av intresse att studera om hörselfunktion uppmätt med DPOAE kan påverkas av det buller som barnen exponeras för vid vistelse i förskolemiljön.

Med tanke på den stora population barn som dagligen befinner sig i förskolemiljön under flera år under den känsliga barndomen, så är det av stor vikt att identifiera eventuell risk för tidig exponering, som skulle kunna orsaka permanent bullerinducerad hörselnedsättning på lång sikt.

Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka om ljudmiljön i förskolan påverkar barns hörselfunktion, uppmätt som otoakustiska distorsionsprodukter. Av intresse är även att undersöka om uppmätning av otoakustiska emissioner hos barn i förskolemiljö kan ske vid upprepade tillfällen, utan stor variation orsakad av handhavande.

Specifika frågeställningar

- Påverkas barnens hörsel av vistelse i förskolans ljudmiljö, definierat som minskad amplitud av otoakustiska distorsionsprodukter under en dag respektive en vecka?
- Hur hög är ljudnivån i förskolemiljön inomhus vid aktiv lektid?
- Påverkas DPOAE-amplituden av handhavande av mätutrustning vid mätning. Ser vi en skillnad i DPOAE-amplitud vid test-retest uppmätt direkt efter varandra efter omplacering av mätprob, vid mätning på barn i förskolemiljö?

Metod

Studiedesign

Studien har bedrivits som en analytisk observationsstudie (Beaglehole, Bonita & Kjellström, 2010), för att undersöka huruvida barns hörselfunktion påverkas efter vistelse i förskolans ljudmiljö. Detta görs genom uppmätning av otoakustiska distorsionsprodukter (DPOAE) bland förskolebarn vid upprepade tillfällen under en vecka samt genom ljudnivåmätning.

Studiepopulation

Barn från fyra olika förskolor i Göteborgs kommun valdes, från fyra olika stadsdelar, med intention om att förskolorna skulle ha olika akustiska förutsättningar. I stadsdelarna Centrum, norra Hisingen, Härlanda-Örgryte och västra Göteborg finns det mellan 44 och 68 förskolor i varje stadsdel. De förskolor som deltog drevs i kommunal regi. Krav för inklusion var att förskolan skulle ha ett gemensamt lekrum för mätning av ljudnivå med fast mikrofon, samt ett rum som är avskilt från avdelningen för mätning av DPOAE på barnen. En mer detaljerad beskrivning av miljön finns även att läsa i uppsatsen av Jansson (2017).

Barn från fyra års ålder inkluderades i mätningen av DPOAE. Därför exkluderades avdelningar med blandad ålder ner till ett års ålder. I de avdelningar som deltog var de yngsta barnen tre år. Totalt insamlades samtycken av båda vårdnadshavarna för 56 barn av de 120 tillfrågade från de fyra förskolorna, vilket ger en svarsfrekvens på 47%. Sex av dessa barn deltog vid en kompletterande mätvecka fem månader senare, vilken endast inkluderade mätning av ljudnivåer med dosimetrar. Totalt deltog 42 barn vid mätning av mellanörestatus med tympanometri, vilket omfattar samtliga barn som samtyckte till deltagande i förskolorna centrum och vänster. Antalet barn reducerades i förskolorna hisingen och örgryte, eftersom mättid utgjorde en begränsande faktor. Godkänd tympanometri var ett inklusionskriterium för DPOAE-mätning. Av de barn som genomgick tympanometri hade 29 högeröron och 32 vänsteröron godkända svar vid tympanometri och inkluderades därför i analysen av DPOAE-amplitud, se tabell 1.

Tabell 1. Svarsfrekvens för samtyckesblanketter samt antal mätningar utförda per förskola

Förskola, område	Tillfrågade (n)	Godkända samtycken (n)	Dosimeter-mätningar (n)	Deltar vid tympanometri (n)	Godkänd tympanometri, medverkande vid DPOAE	
					Höger- öra (n)	Vänster- öra (n)
Centrum	16	5	0	5	3	4
Centrum ommätning*	16	6	10	-	-	-
Hisingen	33	23	11	16	12	13
Örgryte	35	14	10	13	8	8
Väster	20	8	7	8	6	6
Total	120	56	38	42	29	32
Total exkl. *	104	50	28	42	29	32

*Ommätning med komplettering av ljudnivåmätning med dosimeter skedde fem månader senare

De barn som deltog i studien skulle uppfylla följande inklusionskriterier:

- Samtycke från alla vårdnadshavarna
- Ålder 4–5 år
- Ingen tidigare känd hörselnedsättning
- Vistas heltid på förskola (8:30-15:00) måndag till fredag
- Inga förkylningssymptom under första mättillfället

•

Kontakt togs med förskolechefer i områdena centrum, norra Hisingen, Härlanda Örgryte och västra Göteborg. De informerades om studiedesign, studiens syfte samt vad som förväntades av förskolans personal och barn. Efter godkännande från förskolechef skickades skriftlig information om studien och dess inklusionskriterier till förskolorna, tillsammans med samtyckesblanketter för att lämnas till barnens vårdnadshavare. Tre av de fyra förskolorna besöktes innan mätningarna genomfördes, för att träffa pedagoger och barn en vecka innan respektive mätvecka. Vi hälsade på barnen, beskrev vad som skulle ske nästkommande vecka och visade otoskop samt de västar barnen skulle använda för att mäta ljudnivå. Detta hanns dock inte med innan mätveckan på första förskolan, centrum. Antal barn som vistades på avdelningarna under mätdagarna var som minst 12 och som mest 27, se tabell 2.

Tabell 2. Antal barn som vistades på förskolan den dag som ljudnivå med dosimeter uppmättes och DPOAE registrerades

		Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Inskrivna barn på avdelningen	Barn som deltog vid DPOAE
Centrum*		17	25	27	26	25	28	5
Norra Hisingen	Avdelning A	12	**	**	14	**	16	7
	Avdelning B	**	22	**	**	18	22	9
Härlanda-Örgryte	Avdelning A	19	22	23	22	17	23	7
	Avdelning B	17	20	20	22	17	23	6
Västra Göteborg		17	17	19	19	**	19	8

* För förskolan centrum avses antalet barn under mät dagar vid första mätomgången då både DPOAE och ljudnivåer uppmättes, ej för ommätningen fem månader senare.

** Dagar där antal barn ej antecknats, verksamheten pågick som vanligt under dessa dagar.

Förskolornas lokaler

Centrum

Lekrummet för mätning med takdosimeter, där barnen hade lektid, låg avskilt från större vägar, med fönster in mot gården längs med hela långsidan. Rummet var L-format då ett mindre lekrum var platsbyggt i en del av rummet, detta nåddes via hallen och hade stora fönster in mot det större lekrummet. Rummet hade en area på 50 m² och en volym på 151 m³. Väggar bestod av betong, golv av plastmatta på betong och taket hade akustikplattor på 2 cm med 60 cm luftspalt från taket. Absorptionsmaterial bestod av en L-formad soffa, tunna tyger hängandes mot vägg, tre mattor och några bokhyllor, se figur 2.



Figur 2. Lekrum för förskola centrum

Norra Hisingen

I stadsdelen norra Hisingen användes två avdelningar vid mätning med dosimeter och DPOAE. Avdelning 1 hade ett lekrum på 32 m² med en volym på 86 m³. Två väggar bestod av en perforerad tunn träskiva med glasull bakom, ett fönster mot gården och ett fönster mot ytterligare ett lekrum. Golv av plastmatta mot betong och akustikplattor i tak på 1,5 cm med 10 cm luftspalt mot taket. Absorptionsmaterial bestod av mattor och tyll samt några bokhyllor. Avdelning 2 hade liknande väggar med undantag att det inte fanns ett glasparti mot annat lekrum. Samma tak och golv med en större area på 41 m² och volym på 111 m³. Liknande uppsättning möbler som avdelning 1, se figur 3.



Figur 3. Lekrum för avdelning 1, Norra Hisingen

Härlanda-Örgryte

I stadsdelen Härlanda-Örgryte användes två avdelningar vid mätning med dosimeter och DPOAE. Avdelning 1 hade ett lekrum på 48 m² och en volym på 127 m³. Väggar bestod av betong och glaspartier mot gården. De väggar som angränsade mot lekrummen hade glasfönster och glasdörrar. Golv av plastmatta mot betong och tak med 3 cm akustikplattor med 70 cm luftspalt mot tak. Rummet hade olika typer av möbler då det även användes vid måltider. Pentry fanns i rummet, men maten bereddes i en annan lokal. Absorbenter bestod av soffor, mattor och bokhyllor. Avdelning 2 hade liknande utformning och storlek som avdelning 1, men avdelning 1 hade akustiska flyttbara skiljeväggar samt en mindre tavla bestående av absorberande material. I figur 4 ses avdelning 2.



Figur 4. Lekrum för avdelning 2, Härlanda Örgryte

Västra Göteborg

Förskolan i västra Göteborg hade ett lekrum som var avdelat i två sektioner med flyttbara tunna väggar, som ej var tätad mot golv eller tak, vilket medförde att ljud från aktivitet från det intilliggande rummet kunde överhöras. Rummet var 26 m² och hade en volym på 65 m³. Rummet kallades ”rörelserum” och användes till mindre barngrupper för fri lek, till skillnad från de andra förskolornas rum som var mer allmänna lekrum. Rummets övriga väggar bestod av betong samt ett fönsterparti mot gården. Golvet bestod av plastmatta på betong och tak av målad MDF mot betong. Det sågs inga dedikerade absorbenter och de möbler som hade absorberande egenskaper bestod av en soffa, lösa kuddar och trä möbler, se figur 5.



Figur 5. Lekrum (rörelserum) för förskolan i västra Göteborg

Mätutrustning

DPOAE och tympanometri utfördes med Interacoustics Titan 440 (Serienr 3145885) tillsammans med extensionskabel (serienr 8100409). Kalibrering gjordes 44 dagar innan första mättillfället. Mätning skedde i mjukvaran Interacoustic Titan Suit 3.4.0. Vid ljudnivåmätningar med dosimeter används SPARK 705, vilka kalibreras vid varje programmering, vilket i sin tur utfördes måndag samt torsdag varje mätvecka. Analys av ljudnivåmätningar utfördes i mjukvaran Blaze 5.06. Vid otoskopi användes Heine mini 3000. Microsoft Excel 2010 samt IBM SPSS 25 användes för deskriptiva och statistiska analyser.

Datainsamling

Vid första registreringen av DPOAE skedde avidentifiering av persondata genom att barnen tilldelades ett kodnummer som användes vid registrering av data. Barnen kallades in i det tysta rummet för hörselmätning parvis. Barnet undersöktes först med otoskop och därefter med tympanometri. Sist utfördes DPOAE om resultat från tympanometri visade värden inom normalområdet. Otoskopi och hörselmätningar utfördes av författaren till denna magisteruppsats. På eftermiddagen samma dag repeterades DPOAE-mätning. På torsdagen och fredagen samma vecka skedde samma utförande som måndag eller tisdag med undantag att tympanometri utgick.

Tympanometri

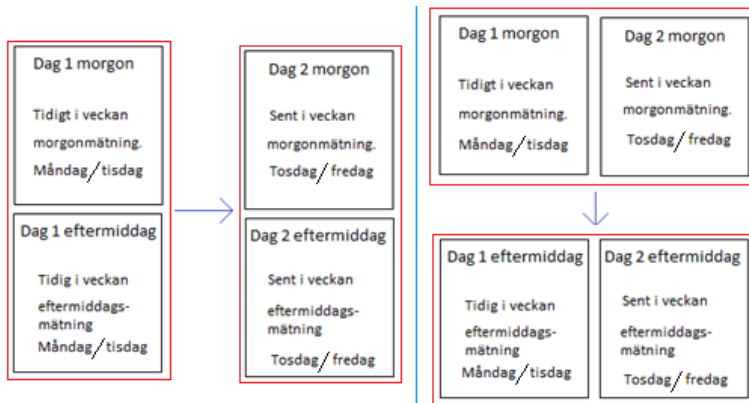
Tympanometri utfördes i början av veckan på 42 barn, för att säkerställa att mellanörepubroblematik inte skulle påverka registrering av otoakustiska emissioner. Mätningen utfördes med en bärton på 226 Hz vid 65 dB SPL, med en hastighet på 50 daPa/s, i mätområdet -400 till 200 daPa. Vid fynd av avvikande tympanometri monauralt, testades det friska örat med DPOAE. Svar från mellanöretryck, tympanometrisk bredd, mellanörekompans och ekvivalentvolym dokumenterades. Normalt svar på tympanometri har bedömts som mellanörestatus med typ-A kurva, vilket definieras som mellanöretryck (TPP, tympanic peak pressure) mellan -150 till 50 daPa samt rörlighet (SA, static admittance) på minst 0,3 mmho. Som avvikande svar klassas typ-C kurva, vilket definieras som TPP lägre än -150 daPa och typ-B kurva, vilket definieras som mätning där inget kompliansmaximum ses i mätområdet.

DPOAE

Mätning av otoakustiska distorsionsprodukter utfördes med den högre av de två stimultonen vid frekvenserna $f_2=1001,2, 2002,5, 2998,3, 3999,6, 6002,0, 7999,1$ och $10000,6$ Hz, vid nivåerna $L_1=65$ dB SPL och $L_2=55$ dB SPL. I löpande text avrundas f_2 hädanefter till närmsta tusental. Förhållandet mellan de två stimultonen var $1,22 (f_2/f_1)$ och distorsionsproduktens amplitud registrerades vid $2f_1-f_2$. Maximal test-tid per stimuli var 30 sekunder. Kriterier för godkända svar var DPOAE-amplitud på minst -10 dB SPL, 6 dB signal-störförhållande (Signal to Noise Ratio, SNR) samt 98% reliabilitet vid mätningen enligt programvaran. DPOAE-amplitud, brusgolv, SNR samt reliabilitet för respektive frekvens och öra exporteras därefter från programvaran till Excel.

Vid mätning observerades probens tätning mot hörselgången, som skydd mot omgivande ljud, genom en indikator i Titansuit, samt genom observation av brusgolvet, som i medeltal relativt DPOAE-amplituden var $20,4$ dB svagare vid 1000 Hz, $23,5$ dB svagare vid 2000 Hz, $23,3$ dB svagare vid 3000 Hz, $17,2$ dB svagare vid 4000 Hz, $14,6$ dB svagare vid 6000 Hz, $9,7$ dB svagare vid 8000 Hz och 5 dB svagare vid 10000 Hz.

Då vi har svar från DPOAE vid fyra tillfällen per individ för två olika par mättdagar, har måndagsmätningar parats med tisdagsmätningar och torsdagsmätningar med fredagsmätningar. Detta ger fyra mättillfällen till vår analys som representeras av dag 1 morgon, dag 1 eftermiddag, dag 2 morgon och dag 2 eftermiddag. Därefter analyseras de parade gruppernas uppmätta DPOAE-amplitud med en variansanalys (two-way repeated ANOVA). Vid variansanalysen jämförs morgon- och eftermiddags mätningar (oavsett dag under veckan), och mätningar utförda tidig veckodag och sen veckodag (oavsett tid på dagen), enligt schemat i figur 6.



Figur 6. Schema över vilka mätningar som jämförs i den statistiska analysen (two-way repeated ANOVA).

På ett mindre antal barn (elva stycken) har test-retest mätning med DPOAE utförts där mätprob tagits ut ur örat och återinsatts igen för ytterligare ett test. För att undersöka skillnad mellan första och andra införandet har ett parat t-test utförts med vald signifikansgräns på $p=0,05$, med hypotesen att det inte är en skillnad mellan första och andra införandet av mätproben.

Val av statistisk metod och inkludering av data till analys av DPOAE-amplitud

Analysen för DPOAE-amplitud sker för frekvenserna 3000-8000 Hz, då vår hypotes är att barnen påverkas likt en bullerinducerad hörselnedsättning, där högre frekvenser antas påverkas mer än låga. Vi tar även hänsyn till HRTF hos barn, vilket adderar 8000 Hz till analysen. På grund av det låga antal individer per förskola med tillhörande dosimeterdata, utesluts en multivåanalys, där förskola skulle användas som klustervariabel. Därav måste vi vid vår analys anta att förskolan inte påverkar uppmätta mätvärden, och att mätvärden från olika förskolor inte skiljer signifikant åt. DPOAE-data är normalfördelad, vilket visats med kolmogorov-Smirnov samt Shapiro-Wilk test ($p>0,05$), för alla mätningar och frekvenser, med undantag för 3000 Hz mätt på eftermiddagen sen veckodag ($p=0,04$) höger öra.

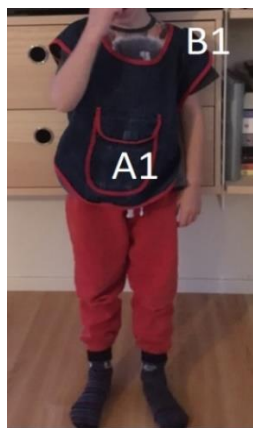
En variansanalys (two-way repeated ANOVA) har använts för att analysera DPOAE-amplituden för de upprepade mätningarna under veckan, då vi antar att data uppfyller antaganden för variansanalys. Antagandet om lika varians i de olika variablerna (sphericity) förkastades vid analysen, där fanns en signifikant varians, varför p-värdet för Greenhouse-

Geisser test används, vilket justerar resultatet. Varje test är Bonferroni-korrigerat för de upprepade mätningarna inom samma test.

Test-retest-mätningar av DPOAE (de upprepade mätningar som skedde direkt efter varandra för att undersöka om handhavande påverkade mätningen) analyserades med parat t-test. Parat test används då vi har flera upprepade mätningar på samma individ och mätdata hos mättillfällena därför inte är oberoende.

Ljudnivåmätningar med dosimeter

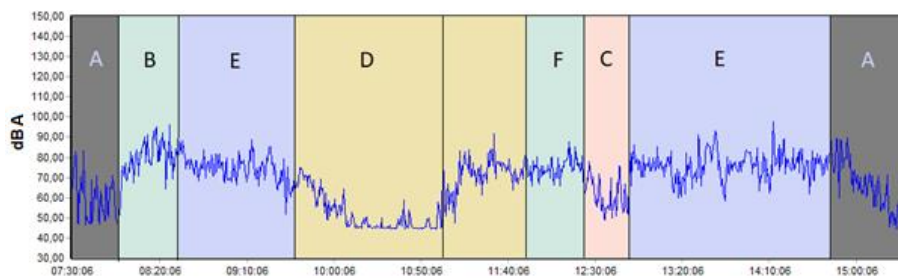
Efter hörseltest utrustades barnen med dosimeter. Dosimetern registrerar den ekvivalenta ljudnivån över tid med samplingsintervall på 30 sekunder med A-vägt filter. Dosimetern är en personburen ljudnivåmätare. Batteripack och elektronik ligger i en ficka på magen i en väst sydd för barn, och mikrofonen är fäst på axeln nära barnets öra, se figur 7. Ljudnivån registreras mellan 07:30 och 15:30. Då barnet vistades utomhus togs västen av och kläddes åter på när barnet gick in.



Figur 7. Väst där dosimeter ligger i fickan (A1) och mikrofonen är placerad på axeln (B1)

Ljudnivåmätningarna med dosimeter buren av barnen analyseras med Blaze 5.06 för att se vilka nivåer som uppmätts. Alla heldagsmätningar har behandlats var för sig, och därefter har det bedömts hur lång period som kan inkluderas i analysen. De perioder som väljs ut för att

redovisas, skall i största mån representera den ljudnivå som råder under den period som namngivits "E" och representerar aktiv lektid i figur 8.



Figur 8. Tid-nivågraf över mätning med dosimeter i mjukvaran Blaze 5.06 där aktiv lektid ses som lilamarkerad period med bokstaven E.

Perioden *aktiv lektid* (E) ses i bilden ovan. Denna period sker två gånger per dag och den första perioden efter frukost (B) och börjar ca kl. 8:20 på förmiddagen och avslutas då barnen går ut för lek (D). I perioden (D) ses en succesiv sänkning av amplituden, denna sänkning orsakas av att barnen hänger av sig västen med dosimeter i hallen, och går ut för lek. Den andra perioden sker efter vilan (C) som infaller efter lunch (F). De två mätningarna av lektid (E) slås ihop. Då mättiden varierar mellan förmiddag och eftermiddag för olika individer och mättdagar, viktas de två tillfällena mot mättid vid sammanslagning. Pedagogernas ljudexponering mättes med dosimeter på samma sätt som för barnen. Därutöver placerades en dosimeter i taket ca 2 m från golvet i rummet för lek.

Perioden aktiv lektid är vald eftersom barnen i denna period befinner sig i det rum som takdosimetern är placerad. Perioden aktiv lektid ger möjligheten att jämföra mätningarna utförda med barnen, pedagogerna och takmätningarna. En analys under en heldag på förskolan hade försvårats av att dosimetern inte kan användas utomhus.

På första förskolan i stadsdelen centrum ville barnen endast delta i DPOAE och avstå att bära västar. Detta ledde till ett ytterligare besök på förskolan i stadsdelen centrum fem månader senare. Nya samtycken samlades in och nya mätningar med dosimeter utfördes på barn, personal och med fast mikrofon i taket. Barngruppen hade samma antal barn vid båda

mättillfällena, men två av barnen var ersatta av två andra och det hade anställts en extra barnskötare till gruppen. Inga väsentliga förändringar i rutiner infördes under perioden.

Arbetsfördelning

Datainsamling och förberedelser till detta arbete skedde i samarbete med Maja Jansson som skrev en masteruppsats vid Institutionen för bygg- och miljöteknik, Teknisk akustik, Vibroakustik vid Chalmers tekniska högskola.

Förberedelser i form av samtyckesblanketter, informationsbrev, kontakt med förskolor utfördes till 50% av Maja Jansson och 50% Sebastian Waltilla. Dosimeterdata insamlades till ca 80% av Maja Jansson och ca 20% Sebastian Waltilla. Tympanometri- och DPOAE-data insamlades till fullo av Sebastian Waltilla. Etikprövningen kompletterades gemensamt av Maja Jansson och Sebastian Waltilla från en tidigare etikprövning av Kerstin Persson Waye och Sofie Fredriksson.

Etikprövning

Projektet är godkänt av regionala etikprövningsnämnden i Göteborg med dnr: T617-17.

Resultat

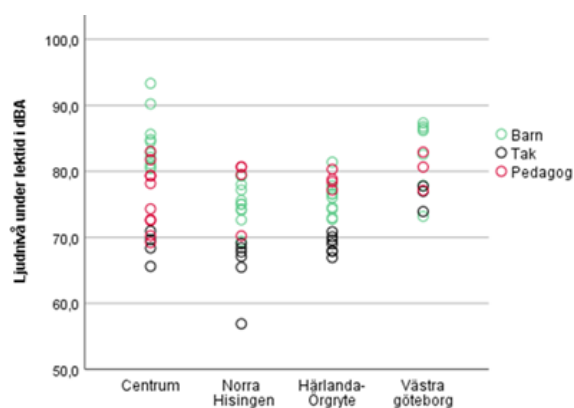
Dosimeter

Totalt utfördes 38 dosimetermätningar med barn, 21 mätningar med pedagoger samt 20 takmätningar sammantaget för alla förskolor vid mätningarna i oktober och mars. Barnens dosimetermätning visar att medelvärdet för ljudnivån under lektid hos barnen uppgick till 79,4 dB LAeq (SD=5,52) och den totala tiden för analys av lektid var i medeltal 140 minuter. De 21 pedagogernas mätningar visade en nivå på 77,5 dB LAeq [146 min] (SD=4,26) och mättiden var i medeltal 146 minuter. Dosimetermätningarna från taket visade 69,0 dB LAeq (SD=4,33) under mättiden 135 minuter.

Högst nivå bland barnen uppmättes på förskolan i centrum med en nivå i medel på 80,5 dB LAeq. Centrum hade även lägst nivå bland pedagogerna med medeltal på 76,1 dB LAeq. Högst nivå bland pedagogerna var på förskolan i västra Göteborg där nivån i medeltal visade 80,2 dB LAeq, här sågs även högst nivå vid takmätningarna på 76,2 dB LAeq i medeltal. Lägst nivå vid takmätningarna sågs på förskolan i norra Hisingen med 65,8 dB LAeq i medeltal, se tabell 3. Högst enskilda mätvärde sågs hos ett barn på förskolan centrum på 93,3 dBA och lägst sågs för en takmätning på förskolan norra Hisingen 56,9 dBA, se figur 9.

Tabell 3. Medelvärde av ljudnivå uppmätt med dosimeter buren av barn, hängande i tak, och buren av pedagog för respektive förskola och antal mätningar

	Barn dB LAeq [140 min] (n)	Tak dB LAeq [135 min] (n)	Pedagog dB LAeq [146 min] (n)
Centrum	84,6 (8)	68,6 (4)	76,1 (10)
Hisingen (Avdelning 1 och 2)	75,4 (11)	65,8 (6)	77,8 (4)
Örgryte (Avdelning 1 och 2)	76,0 (10)	68,9 (7)	78,7 (4)
Västra Göteborg	82,9 (7)	76,2 (3)	80,2 (3)



Figur 9. Enskilda mätningar med dosimeter för barn, tak och pedagog uppdelat på de fyra förskolorna: Centrum, Norra Hisingen (avdelning 1 och 2), Härlanda Örgryte (avdelning 1 och 2) samt Västra Göteborg.

Totalt överskreds 80 dBA vid sexton mättillfällen under lektid bland barnen, vilket motsvarade 42% av alla mätningar utförda med barnen. Samma siffra hos pedagogerna var sju tillfällen vilket innebär att 33% av pedagogernas mätvärden överskred 80 dBA under perioden lektid. Ingen av takmätningarna överskred 80 dBA. Sju mätningar mätt med barnen överskred 85 dBA vilket motsvarar 18% av mättillfällena. Inga mätningar uppmätt med pedagoger eller med dosimeter upphängd i taket överskred 85 dBA, se tabell 4.

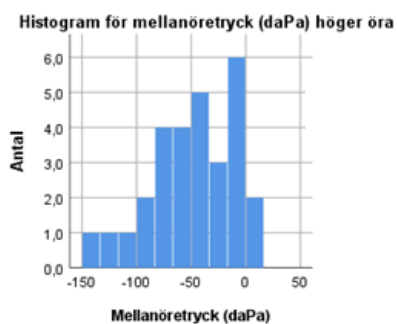
Tabell 4. Antal och andel mätningar bland barn, pedagoger och takmätningar vars nivåer är <75 dBA, ≥75, ≥80 och ≥85 dBA under lektid (ej exklusiva kategorier)

	Total (n)	<75 dBA n (%)	≥ 75 dBA n (%)	≥ 80 dBA n (%)	≥ 85 dBA n (%)
Barn	38	10 (26,3)	28 (73,7)	16 (42,1)	7 (18,4)
Tak	20	18 (90,0)	2 (10,0)	0 (0)	0 (0)
Pedagog	21	6 (28,6)	15 (71,4)	7 (33,3)	0 (0)
Totalt	79	34 (43,0)	45 (57)	23 (29,1)	7 (8,9)

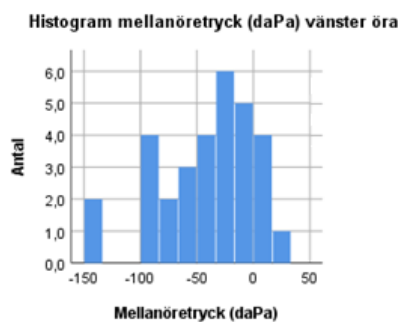
Tympanometri

42 barn otoskopades och genomgick tympanometri. Vax sågs endast bilateralt hos ett barn, dock ej i den omfattning att tympanometri inte gick att genomföra. Svar inom normalområdet sågs hos 34 högeröron och 35 vänsteröron. Vanligaste orsaken till svar utanför normalområdet var typ-C kurva som registrerades hos 9 öron. Totalt hade 32 barn svar inom normalområdet för båda öronen och 3 barn svar monauralt.

Av de barn vars mellanöretryck låg inom normalområdet och alla fyra mätningarna under mätveckan gick att genomföra vid DPOAE, var medelvärdet för höger öra -49,1 daPa och vänster öra -42,3 daPa. Som ses i histogrammen i figur 10a och 10b för mellanöretryck så hade merparten av barnen undertryck, inom normalområdet, vid tympanometri vid första mättillfället.



Figur 10a.



Figur 10b.

Figur 10a, 10b. Histogram för mellanöretryck vid första mättillfället, förmiddag tidig veckodag, hos de barn vars DPOAE-amplitud används vid analys.

Tympanometri sen veckodag mot tidig veckodag

Hos ett mindre antal barn (sex) utfördes tympanometri både tidigt i veckan och sent i veckan som resulterade i 6 mätningar per öra tidigt och sent i veckan. Mellanöretryck på höger öra låg i medeltal på -33,1 daPa i början av veckan och i slutet av veckan sågs -102,7 daPa. På vänster öra gick medelvärdet från -31,0 daPa i början av veckan till -35,3 daPa i slutet av veckan. Skillnaden i medeltal för volym mellan tidigt och sent i veckan för höger öra var en ökning med 0,14 ml från tidig veckodag (5,4 ml) till sen veckodag (5,54 ml). På vänster öra sågs en minskning med 0,27 ml mellan tidig veckodag (5,78ml) till sen veckodag (5,52 ml).

DPOAE Test – Retest

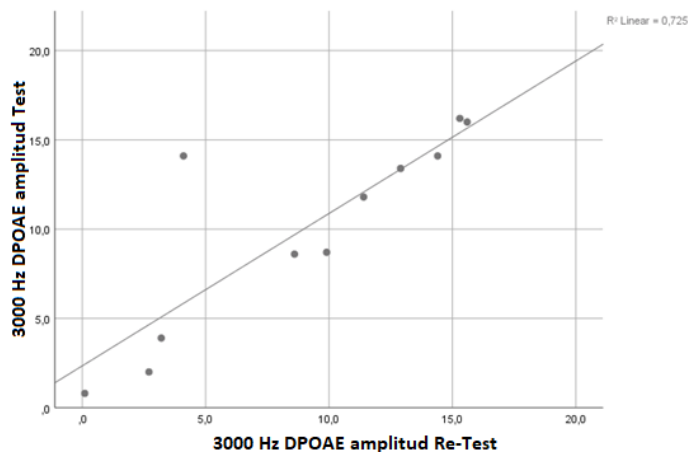
De mätningar på de elva barn som utfördes för att testa reliabilitet hos utförare och DPOAE utrustning, visar att mätningarna inte är signifikant olika. I tabell 5 ses resultatet för parat t-test för frekvensområdet 3000 Hz till 8000 Hz för höger respektive vänster öra.

Medeldifferens i första kolumnen i tabell 5 anger medelvärde av skillnaden av test och retest. I kolumn två anges standardavvikelsen (SD) för medeldifferensen. Kolumn 5 anger p-värdet, som om det överstiger 0,05 anger att skillnaden mellan test och retest inte är signifikant. Som exempel i tabell 5, ses för 3000 Hz höger öra att vid test, första införandet av mätproben (Medelvärde (M)= 9,9, Standard avvikelse (SD) =5.6, inte skiljer sig från det andra införandet av mätproben (M=8,9, SD=5,7). Skillnaden, M=1,0, är inte signifikant, $t(10)=1,1$, $p=0,28$.

Tabell 5. Parat t-test för DPOAE amplitud för frekvenserna 3000 Hz till 8000 Hz på höger och vänster öra.

	Medeldifferens	SD	t	df	P-värde
3000 Hz höger öra Test – 3000 Hz höger öra Retest	1,0	3,0	1,1	10	0,28
4000 Hz höger öra Test – 4000 Hz höger öra Retest	0,2	2,1	0,3	10	0,77
6000 Hz höger öra Test – 6000 Hz höger öra Retest	-1,1	2,7	-1,4	10	0,20
8000 Hz höger öra Test – 8000 Hz höger öra Retest	-1,3	4,1	-1,0	10	0,33
3000 Hz vänster öra Test – 3000 Hz vänster öra Retest	0,8	3,7	0,7	10	0,49
4000 Hz vänster öra Test – 4000 Hz vänster öra Retest	-0,5	1,8	-0,9	10	0,39
6000 Hz vänster öra Test – 6000 Hz vänster öra Retest	0,5	3,7	0,5	10	0,65
8000 Hz vänster öra Test – 8000 Hz vänster öra Retest	-0,9	2,3	-1,3	10	0,22

När en av test-retest mätningarna plottas ut i ett spridningsdiagram ses en samstämmighet bland merparten av mätningarna för 3000 Hz höger öra, se figur 11. Resultatet påverkas i detta fall mycket av den enstaka individ som avviker från normen, medan skillnaden är liten för de övriga individerna mellan första införandet av mätproben och andra införandet av mätproben på samma öra direkt efter varandra.



Figur 11. Spridningsdiagram för första införande av mätproben (test) och andra införande av mätproben (Retest) för frekvensen 3000 Hz.

DPOAE Resultat

Hypotesen vid mätningen av DPOAE var en minskad DPOAE-amplitud från förmiddag till eftermiddag, eller från tidig veckodag till sen veckodag för frekvenserna 3000-8000 Hz. Totalt exkluderades fyra enskilda DPOAE-amplituder från tre barn i området 3000-8000 Hz från den statistiska analysen eftersom de utöver kriterierna för tympanometri, inte uppfyllde inklusionskriterierna för ett SNR >6 dB, DPOAE-amplitud >-10 dB eller en reliabilitet på $\geq 98\%$. Vid analys inkluderades därför 27-29 höger öron och 30-31 vänster öron, beroende på frekvens.

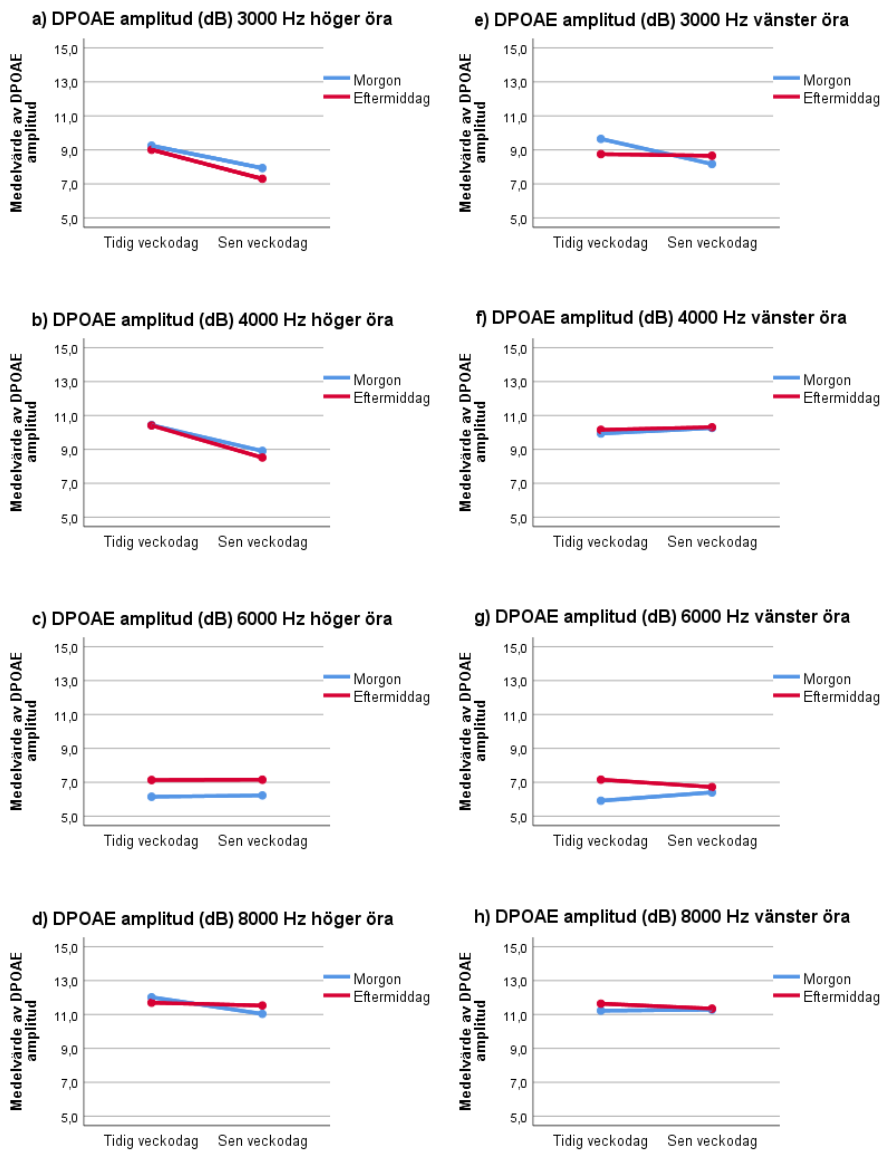
Analysen av förändring av DPOAE-amplitud utfördes med en variansanalys (two-way repeated ANOVA) för de fyra olika mättillfällena för frekvenserna 3000-8000 Hz för höger och vänster öra var för sig, vilket resulterade i åtta tester.

Variansanalys som jämförde DPOAE-amplitud tidig veckodag mot sen veckodag visade en signifikant sänkning av amplituden för frekvensen 3000 Hz höger öra, där sänkningen av amplituden var i medeltal 1,5dB SPL. Även för frekvensen 4000 Hz på samma öra sågs en signifikant sänkning av amplituden, där sänkningen i medeltal var 1,7 dB SPL. Ingen signifikant förändring sågs hos amplituden på vänster öra och inte heller vid 6000 eller 8000

Hz höger öra. Vi fann ingen signifikant skillnad i DOAE-amplitud för morgon jämfört med eftermiddag, se tabell 6 och figur 12.

Tabell 6. Variansanalys (two-way repeated ANOVA) för frekvenserna 4000 – 8000 Hz höger och vänster öron med p-värde från Greenhouse-Geisser test.

		n	Medelvärde över grupper Grand Mean (SE)	F- värde	p-värde
Höger					
3000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	29	8,6 (1,0) vs 8,2 (1,1)	1,4	0,255
3000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	29	9,1 (0,9) vs 7,6 (1,2)	7,0	0,013
4000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	29	9,7 (1,2) vs 9,5 (1,1)	0,2	0,666
4000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	29	10,4 (1,1) vs 8,7 (1,2)	7,1	0,013
6000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	27	6,2 (1,5) vs 7,1 (1,4)	1,4	0,247
6000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	27	6,6 (1,4) vs 6,7 (1,3)	0,0	0,913
8000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	29	11,5 (1,3) vs 11,6 (1,2)	0,0	0,878
8000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	29	11,9 (1,3) vs 11,3 (1,2)	1,0	0,323
Vänster					
3000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	31	8,9 (0,9) vs 8,7 (0,8)	0,2	0,628
3000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	31	9,2 (0,7) vs 8,4 (0,9)	3,2	0,082
4000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	31	10,1 (0,8) vs 10,2 (0,9)	0,2	0,648
4000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	31	10,0 (0,8) vs 10,3 (0,9)	0,5	0,504
6000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	30	6,2 (1,0) vs 6,9 (1,0)	3,1	0,089
6000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	30	6,5 (1,0) vs 6,6 (1,0)	0,0	0,957
8000 Hz	Morgon vs Eftermiddag	31	11,3 (1,1) vs 11,4 (1,0)	0,4	0,554
8000 Hz	Tidig veckodag vs Sen veckodag	31	11,4 (1,1) vs 11,3 (1,1)	0,1	0,782



Figur 12 a-h. Medelamplitud i dB SPL för morgon och eftermiddag under tidig och sen veckodag.

Metoddiskussion

Mellanöretryck och påverkan på DPOAE

En brist i metodiken är att majoriteten av barnen i studien endast genomgick mätning av tympanometri, inför det första mättillfället. Mätning av tympanometri utfördes således inte igen under den senare delen av veckan. Detta är en brist eftersom förändrad rörlighet i mellanöresystemet kan påverka amplituden på svaren från otoakustiska emissioner. För de sex barn, på vilka tympanometri utfördes upprepat både tidig veckodag och sen veckodag under den sista mätveckan, tyder data på att vänster öra är påverkat av ett förändrat och mer negativt mellanöretryck, medan höger öra uppvisade mellanöretryck inom normalområdet vid båda mätningarna. De mätningar på de sex barn som utfördes i slutet av veckan, kan dock inte beskriva mellanörefunktionen för de totalt 27-31 antal öron som analyserades till uppsatsens resultat. Därför kan vi inte avfärda möjligheten att resultatet kan vara påverkat av ökat negativt mellanöretryck, snarare än vistelsetid i förskolans ljudmiljö.

Resultatet från studien av Sun m. fl. (2009), med syfte att undersöka om negativt mellanöretryck påverkar svaren från otoakustiska emissioner, visar att testfrekvenserna 2000, 4000 och 6000 Hz inte påverkas av negativt mellanöretryck när det uppgick till så lågt som -290 till -420 daPa. För testfrekvensen 3000 Hz sågs en signifikant reduktion av svaren från DPOAE med omkring 5 dB vid mellanöretryck -70 till -95 daPa och upp till 12 dB för -290 till -420 daPa. Ingen skillnad sågs dock för ett undertryck i området -40 till -65 daPa för 3000 Hz. Studien visar även att problematiken med negativt mellanöretryck skulle kunna uteslutas helt med en tryckutjämnad DPOAE mätning. För att relatera till våra resultat, finns således risken att reduktionen av amplituden för frekvensen 3000 Hz under mätningarna sen veckodag, kan bero på ökat negativt mellanöretryck vid mätningarna av DPOAE. Detta om mellanöretrycket förändrats till minst -65 daPa från mätningarna tidigt i veckan, som visade i medeltal -49,14 daPa höger öra och -42,35 daPa för vänster öra. Vid 4000 Hz, sågs däremot ingen förändring av DPOAE-amplitud vid undertryck (Sun m. fl. 2009). Värt att notera är att Sun m. fl. (2009) hade ett lågt antal deltagare och inkluderade 6-20 öron samt att studien bedrevs på vuxna individer, vilket medför att resultaten inte direkt kan översättas till våra. I fortsatta studier bör detta beaktas.

Utöver påverkan på DPOAE-amplitud, skulle en avvikande mellanörefunktion som undertryck eller minskad rörlighet i mellanöresystemet kunna leda till en skyddande effekt i form av minskad ljudnivå till innerörat. Detta kan möjligen agera skyddande vid höga

Ljudnivåer och därmed göra att de otoakustiska emissionerna inte blir lika påverkade som ett ”oskyddat” inneröra. Detta skulle dock även kunna leda till att barnen temporärt höjer rösten, vilket i sin tur ökar nivån vid ljudnivåmätning, men också för resterande barn.

Dosimetermätningar

Dosimetermätningarna visar potentiellt den period på dagen som barnen framkallar högst buller och där rummet påverkar ljudmiljön mer, jämfört med till exempel utomhusmiljö. Det som presenteras som lektid har sannolikt högre nivåer, jämfört om medelvärdet för hela mät dagen skulle presenteras. Medelnivån skulle förmodligen gått ner på grund av vila, läs stunder och annan lugnare och tystare aktivitet. Då barnen inte observerades under mätningen finns även risk för felkällor så som att använda mikrofonen som sångmikrofon eller tala onaturligt på grund av känslan av observation. På förskolan i stadsdelen västra Göteborg sågs en hög ljudnivå, som kan vara färgad av att rummet användes som rörelserum snarare än lekrum, vilket för denna förskola betydde fri-lek utan observation av pedagoger. Ljudnivån som mäts med barnen som bär väst är dock mer relevant jämfört med den fasta mätning som är placerad i lekrummets tak, som visar generellt lägre nivå. Detta eftersom barnen är rörliga ljudkällor och befinner sig olika långt ifrån dosimetern i taket under lek. Då studien syftar till att undersöka barnens hörselpåverkan bör ljudnivåerna, så nära som möjligt, representera ljudnivån vid barnens öra.

Resultatdiskussion

DPOAE

En fördel med att registrera DPOAE är att det går att finna en temporär påverkan på hörseln (Hall & Luthman, 1999), samt att det kan vara möjligt att se en påverkan på hörseln i ett tidigare stadie, jämfört med tonaudiometri (Haygood & Walker, 2016; Pride & Cunningham, 2005). Förändringen av otoakustiska emissioner efter bullerexponering kan återgå till ursprungsamplituden efter en kort tids vila. Le Prell m.fl. (2012) beskriver att omkring fyra timmar torde vara tillräckligt för återhämtning.

I vår studie fann vi ingen signifikant reduktion av DPOAE-amplituden inom samma mät dag, det vill säga från morgon till eftermiddag, vilket kan tyda på att ljudnivån inte påverkar barnen tillräckligt under en och samma dag, eller att materialet är för litet för att kunna upptäcka en skillnad. Som ses i tabell 3 var det en förskola vars ljudnivå mätt med dosimeter på barn överskred 80 dB LAeq i medeltal under perioden lektid inomhus. Resterande

förskolor låg ljudnivån under 80 dB LAeq. Som ses i figur 9, så var den individuella skillnaden hög och två mätningar på förskolan centrum sticker ut med särskilt höga nivåer. För att åstadkomma en medelnivå på 93,3 dB LAeq under ca 120 minuter, som hos dessa extrema mätningar, krävs en hel del energi i form av buller från lek eller skrik. Ljudnivå och tiden för exponering av buller i förskolan ligger överlag inte i nivå med de ljudnivåer som används av Le Prell m. fl. (2012) på 94-100 dB LAeq [4h]. Vi skall dock ha i åtanke att de nivåer som anges är couplernivåer för vuxna, som inte motsvarar en ljudnivå för barn, samt att våra mätningar är utförda i fritt fält. Le Prell m.fl., (2012) skriver att 94 dB i couplernivå motsvarar ca 89 dB i fritt fält. Även studiepopulationens ålder som i medeltal var 21 år avviker från våran. Vi kan alltså inte direkt jämföra våra resultat med Le Prell m.fl., (2012).

Som ett resultat av att vi hade få dosimetermätningar för barn vars DPOAE-amplitud analyserades krävdes ett antagande i variansanalysen - att förskolorna inte skulle uppvisa någon skillnad i ljudnivå och därmed inte påverka barnens DPOAE-amplitud olika. Baserat på tillgänglig mätdata är det dock troligt att detta antagande inte håller. Således, resultatet kan ha påverkats av att vi i analysen inte kunnat ta hänsyn till och justera för vilken förskola barnen vistas i.

Något som kan diskuteras är om vi kan se en påverkan av DPOAE-amplituden då barnen utsätts för buller på 79,4 dB LAeq [140 min] per dag, upprepade tillfällen under en mätvecka. Vi ser att DPOAE-amplituden på gruppnivå för den mätning som sker tidig veckodag är högre, jämfört med amplituden senare i veckan, för 3000 och 4000 Hz. Amplituden varierar dock olika mycket beroende på frekvens för f2 och tidpunkt för mätning - amplituden reduceras endast för två av åtta frekvenser och ökar i vissa fall, se figur 12. Resultaten skall därför tolkas med försiktigt och en generell slutsats kan inte dras utifrån analysen. Vid bedömningen av analysens statistiskt signifikanta resultat skall även risken för typ-1 fel beaktas. Då vi utfört åtta variansanalyser av DPOAE-data, har risken för typ-I fel ökat till 33,7% vid beräkning av familywise error. I enlighet med en Bonferroni korrigering skulle vi behöva sänka den valda signifikansnivån till $p < 0,00625$ för att undvika typ-1 fel, vilket leder till att vi inte uppnår ett statistiskt signifikant resultat vid någon testfrekvens. Bonferroni-korrigering är dock en mycket konservativ metod för korrigering.

Vid fortsatta studier skulle det vara intressant att mäta även mitt i veckan för att se om det sker en gradvis sänkning av amplituden under veckan. Samt en uppföljande mätning måndag morgon, veckan efter första mättdagen, för att se om det sker en återhämtning av DPOAE-

amplituden under helgen. Att vi såg en sänkt amplitud under mätveckan kan vara en indikation på en kumulativ påverkan över veckan, och att den vila som sker under natten efter enskild dag inte är tillräcklig för återhämtning. En troligare möjlig orsak är dock att barnens mellanörestatus kan ha förändras av en förkylning eller dylikt, som uppkommit under veckan, vilket vi dessvärre saknar underlag för i denna studie. Det finns inga studier som specifikt har undersökt hur pass stor förändring i DPOAE-amplitud vi kan förvänta oss bland barn som exponeras för höga ljudnivåer i förskolan.

Test-Retest

Resultatet för de upprepade mätningarna hos de elva barn som uppmättes för att undersöka reliabiliteten vid registrering av DPOAE, visade ingen statistisk signifikant skillnad mellan första och andra införandet av mätproben vid parat t-test. Vi kan utifrån våra resultat med stor sannolikhet mäta en relativt liten skillnad i DPOAE-amplitud, trots att mätproben placeras på nytt vid upprepade mätningar under veckan. Inverkan av handhavande vid upprepade mätningar är troligen liten då vi ser att medeldifferensen vid test-retest ligger mellan -1,3 till 0,2 dB vilket är lägre än den uppmätta skillnaden hos DPOAE-amplituden på gruppnivå i vår data (1,51 dB för f2 höger öra 3000 Hz och 1,7 dB för f2 höger öra 4000 Hz).

Konklusion

En reduktion av amplituden av otoakustiska emissioner efter en tids vistelse i förskolemiljön antas i denna studie kunna ses som en indikation på att hörselfunktion bland barn påverkas av ljudnivån i förskolan. I studien har höga ljudnivåer i förskolorna registrerats genom dosimetermätningar, där 42% av barnen registrerade ljudnivåer över 80 dB LAeq under en mättid på 140 minuter. Motsvarande andel hos pedagogerna var 33%. Vidare sågs att 18% av barnen utsattes för 85 dB LAeq eller mer.

Mätningar som registrerat otoakustiska distorsionsprodukter (DPOAE) hos 29 högeröron har visat att amplituden sänktes under mätveckan för testfrekvensen 3000 Hz samt 4000 Hz på höger öra, mellan mätningar utförda tidig veckodag jämfört med sen veckodag. Dessa testfrekvenser uppvisar således en potentiell påverkan på barnens hörsel. Resultaten skall dock tolkas försiktigt eftersom övriga uppmätta testfrekvenser för DPOAE inte visar en samstämmighet med vår hypotes, och detsamma gäller resultaten för vänster öra. Vidare är individens hörselfunktion inte justerad för individuell ljudnivå, vilket förhindrar oss att dra

direkta slutsatser kring ljudnivåns effekt på DPOAE-amplitud. Vidare kan resultaten även vara påverkade av förändrad mellanörestatus under mätveckan. Analyser av test-retestmätning av DPOAE, visar att upprepade mätningar är möjliga att utföra på barn utan stor varians orsakat av handhavande.

Ytterligare studier behövs för att kunna besvara frågeställningen om det finns ett samband mellan individens exponering av ljudnivå och amplitudförändring vid DPOAE-mätning. En fortsatt studie skulle dels gynnas av ett större antal deltagare, dels tillräcklig exponeringsdata på individnivå kopplat till DPOAE-mätningar. Fortsatta studier skulle även kunna gynnas av en mätning av DPOAE mitt i veckan, för att se om en gradvis reduktion av DPOAE-amplituden sker.

Källförteckning

Abdala, C., & Visser-Dumont, L. (2001). Distortion Product Otoacoustic Emissions: A Tool for Hearing Assessment and Scientific Study. *The Volta Review*, 103(4), 281-302.

Arbetsmiljöverket. (2005). Buller (AFS 2005:16). Solna

Axelsson, A., Aniansson, G., & Costa, O. (1987). Hearing loss in school children a longitudinal study of sensorineural hearing impairment. *Scandinavian Audiology*, 16(3), 137-143.

Beaglehole, R., Bonita, R & Kjellström, T. (2010). Grundläggande epidemiologi Lund: Studentlitteratur AB

Bertilsson, A. Hageus, A. Sandqvist, Y. Skagelin, K. Björkman, M. Barregård, L. (2003). Rapport från ljudnivåmätningar på förskolor och skolor Lidköping och Skara 2002-2003. Lidköpings kommun, Skaras kommun och Västra Götalandsegenens Miljömedicinska centrum.

Brookhouser, P.E., Worthington, D.W., & Kelly W.J. (1992). Noise-induced hearing loss in children. *Laryngoscope*.102,645-55.

← **Formaterat:** Radavstånd: 1,5 rader, Justera inte mellanrum mellan latinsk och asiatisk text, Justera inte mellanrum mellan asiatisk text och siffror

Danermark, B., & Gellerstedt, L. (2004). Psychosocial work environment, hearing impairment and health. *International Journal of Audiology*, 2004, Vol.43(7), P.383-389.

Fels, J. (2008). From children to adults: How binaural cues and ear canal impedances grow. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(6), 3359.

Gamberale, F., Kjellberg, A., Akerstedt, T., & Johansson, G. (1990). Behavioral and psychophysiological effects of the physical work environment. Research strategies and measurement methods. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16 Suppl 1, 5-16.

Gerhardsson, L., & Nilsson, E. (2013). Noise disturbances in daycare centers before and after acoustical treatment. *Journal Of Environmental Health*, 2013, Vol. 75, Iss. 7, Pp. 36-40.

Hall, A., & Lutman, M. (1999). Methods for early identification of noise-induced hearing loss. *Audiology: Official Organ of the International Society of Audiology*, 38(5), 277-80.

Haygood, M., & Walker, B. (2016). Temporary and permanent hearing loss among college-aged drumline members. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60(1), 1009-1013.

Jansson, M. (2017). The sound environment at preschools and how it may affect children's hearing (Master's thesis). Göteborg: Institutionen för bygg- och miljöteknik, Teknisk akustik, Vibroakustik (-2017), Chalmers tekniska högskola. Hämtad 2018-12-13 från <http://studentarbeten.chalmers.se/publication/253999-the-sound-environment-at-preschools-and-how-it-may-affect-childrens-hearing>

Kemp, D.T. (2002) Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *British Medical Bulletin*, 63, 223-241.

Kemp, D. T., Ryan, S., & Bray, P. (1990). A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear and Hearing*, 11(2), 93-105.

Kujawa, S., & Liberman, M. (2009). Adding insult to injury: Cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 29(45), 14077-85.

Kujawa, S., & Liberman, M. (2006). Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: Evidence of a missed youth. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 26(7), 2115-23.

Le Prell, C. G., Dell, S., Hensley, B., Hall, J., Campbell, K., Antonelli, P., Guire, K. (2012). Digital music exposure reliably induces temporary threshold shift in normal-hearing human subjects. *Ear and Hearing*, 33(6), E44-E58

Marshall, L., Miller, J., & Heller, L. (2001). Distortion-product otoacoustic emissions as a screening tool for noise-induced hearing loss. *Noise and Health*, 3(12), 43-60.

Maxwell, L., & Evans, G. (2000). The effects of noise on pre-school children's pre-reading skills. *Journal of Environmental Psychology*, 20(1), 91-97.

Mcbride, D., & Williams, S. (2001). Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss. *Occupational and Environmental Medicine*, 58(1), 46-51.

Niskar A.S., Kieszak S.M., Holmes A.E., Esteban E., Rubin C., Brody D.J. (2001). Estimated prevalence of noise-induced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: the third national health and nutrition examination survey, 1988-1994, *United States Pediatrics*. 108(1):40-43.

Persson Wayne, K. Agge, A. Lindström, Fm Hult, M. (2011). God ljudmiljö i förskola - Samband mellan ljudmiljö, hälsa och välbefinnande före och efter åtgärdsprogram (Rapport nr 2:2011). Arbets- och miljömedicin Göteborgs Universitet.

Popelka, Osterhammel, Nielsen, & Rasmussen. (1993). Growth of distortion product otoacoustic emissions with primary-tone level in humans. *Hearing Research*, 71(1), 12-22.

Pride, J. A. & Cunningham, D. R. (2005). Early evidence of cochlear damage in a large sample of percussionists. *Medical Problems of Performing Artists*, 20(3), 135-139.

Psarommatis, R., Douniadakis, L., Neou, T., & Apostolopoulos, N. (2005). Etiological diagnosis of bilateral, sensorineural hearing impairment in a pediatric Greek population. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 69(4), 449-455.

Randall, B., Kenworthy, O., & Luna, C. (2003). Immediate and short-term reliability of distortion-product otoacoustic emissions. *International Journal of Audiology*, 2003, Vol.42(6), P.348-354.

- Roeser, R., Valente, M., & Hosford-Dunn, H. (2007). *Audiology: Diagnosis* (2.nd ed.). New York: Thieme.
- Seixas, N., Kujawa, S., Norton, S., Sheppard, L., Neitzel, R., & Slee, A. (2004). Predictors of hearing threshold levels and distortion product otoacoustic emissions among noise exposed young adults. *Occupational and Environmental Medicine*, 61(11), 899-907.
- Sjödin, F., Kjellberg, A., Knutsson, A., Landström, U., & Lindberg, L. (2012). Noise and stress effects on preschool personnel. *Noise and Health*, 14(59), 166-178.
- Skolverket. (2017). Barn och personal i förskolan hösten 2017, Dnr: 5.1.1-2017:671. Hämtad 2018-12-12, från https://www.skolverket.se/sitevision/proxy/publikationer/svid12_5dfce44715d35a5cdfa2899/55935574/wtpub/ws/skolbok/wpubext/trycksak/Blob/pdf3949.pdf?k=3949
- Stover, L., M P Gorga, S T Neely, and D. Montoya. "Toward Optimizing the Clinical Utility of Distortion Product Otoacoustic Emission Measurements." *The Journal of the Acoustical Society of America* 100.2 Pt 1 (1996): 956-67. Web.
- Sun, X. D., & Shaver, M. (2009). Effects of negative middle ear pressure on distortion Product Otoacoustic Emissions and Application of a Compensation Procedure in Humans. *Ear and Hearing*, 30(2), 191-202.
- Söderberg, L., Landström, U., & Kjellberg, A. (2001). Ljudmiljön i förskolor och dess inverkan på upplevelse och hälsa bland personal. Umeå: Arbetslivsrapport nr 2001:11 issn 1400-8211
- Trzaskowski, B., Jędrzejczak, W., Piłka, E., Cieślicka, M., & Skarżyński, H. (2014). Otoacoustic emissions before and after listening to music on a personal player. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 20, 1426-31.
- Vinck, B., Van Cauwenberge, P., Leroy, L., & Corthals, P. (1999). Sensitivity of transient evoked and distortion product otoacoustic emissions to the direct effects of noise on the human cochlea. *Audiology: Official Organ of the International Society of Audiology*, 38(1), 44-52.
- Walch, C., Anderhuber, W., Köle, W., & Berghold, A. (2000). Bilateral sensorineural hearing disorders in children: Etiology of deafness and evaluation of hearing tests. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 53(1), 31-38.