

Støykansellerende hodetelefoner
(Noise cancelling headphones)

Bacheloroppgave i audiologi

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Fakultet for medisin og helsevitenskap (MH)

Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap (INB)

Studieprogram for audiologi (AUD)

BAU2016

Kandidatnummer

10023, 10035, 10012

Sammendrag

Bakgrunn: Streamingtjenester og personlig lytteutstyr brukes idag av en stor andel av befolkningen. Mye forskning er tidligere gjennomført for å avdekke hvilke lydstyrker personer utsettes for når de benytter slikt utstyr. Tidligere er det vist at den selvvalgte lydstyrken øker når brukeren hører på musikk i støy. Hodetelefoner med gode evner til å dempe støy bidrar til å redusere denne økningen av preferert lyttestyrke (PLS).

Hensikt: Målet med denne studien var å undersøke hvilken effekt støykansellerende hodetelefoner har på personers selvvalgte lydstyrke i støyende omgivelser. Problemstillingen var: «Hvilken effekt har støykansellerende hodetelefoner på preferert lyttestyrke i støy?»

Metode: Totalt 28 deltakere ble bedt om å stille inn hodetelefonene til ønsket lydstyrke i tre lyttesituasjoner: I stille lyttesituasjon uten aktivert støykansellering, i støy uten aktivert støykansellering, og i støy med støykansellering aktivert. KEMAR ble brukt for å måle testpersonenes valgte lydstyrke. Det ble gjennomført rentoneaudiometri, og tympanometri på alle testpersonene.

Resultater: Tre testpersoner ble ekskludert fra studien grunnet ikke godkjent rentoneaudiometri. De resterende testpersonene hadde en gjennomsnittlig PLS på 60,98 dBA i stille lyttesituasjon, 71,06 dBA i støy uten støykansellering, og 64,24 dBA i støy med aktiv støykansellering.

Konklusjon: Testpersonenes ønskede lyttestyrke i støyende lyttesituasjon ble signifikant lavere når støykansellering var aktivert i hodetelefonene. Denne studien viser at støykansellering i hodetelefoner bidrar til en lavere økning av lyttestyrke i støy.

Abstract

Background: Streaming services and personal listening devices are used today by a large share of the population. A lot of research has therefore been done to reveal the sound pressure levels people are exposed to when they use such devices. It has previously been shown that the preferred listening level (PLL) increases when the user listens to music in noise. Headphones with good attenuation abilities contribute to reduce this increase of PLL.

Purpose: The aim of this study was to investigate the effect of noise cancelling headphones on people's preferred listening levels in noisy environments. The research question was: "Which effect does noise cancelling headphones have on preferred listening levels in noise?"

Method: A total of 28 test subjects was asked to adjust the headphones in three different listening situations: in a silent environment, in noise without noise cancelling, and in noise with noise cancelling activated. KEMAR was used to measure the participant's preferred sound pressure levels. Pure-tone audiometry and tympanometry was performed on all test subjects.

Results: Three test subjects were excluded from the study due to not passing the pure-tone audiometry test. The remaining test subjects had an average PLL on 60.98 dBA in a silent listening environment, 71.06 dBA in noise without noise cancelling, and 64.24 dBA in noise with active noise cancelling.

Conclusion: The test subject's preferred listening levels was significantly lower in a noisy listening situation when noise cancelling was activated in the headphones. This study shows that noise cancelling in headphones lead to a smaller increase of sound pressure levels in noise.

Forord

Vi vil først og fremst takke vår veileder som har gjort en svært god jobb, og satt av mye tid til oss. Vi vil også takke resten av lærerstaben som har hjulpet oss både i bachelorperioden, og resten av studietiden. Vi vil også takke alle testpersoner som har satt av tid til å hjelpe oss med å gjennomføre vår undersøkelse.

Innholdsfortegnelse

1.0 Introduksjon	1
1.1 Forebygging av hørselstap	1
1.2 Preferert lyttestyrke (PLS)	2
1.3 Støy på transport og PLS	2
1.4 Støykanselerende hodetelefoner	3
2.0 Problemstilling	4
2.1 Begrepsavklaring	4
3.0 Metode	4
3.1 Deltakere	4
3.2 Inkluderings- og ekskluderingskriterier	5
3.3 Testprosedyre:	5
3.4 Måleutstyr	6
3.5 Statistisk analyse	7
3.6 Validitet og reliabilitet	8
4.0 Etske forhold	9
5.0 Resultat	9
5.1 Spørreskjema	10
5.2 KEMAR-Test	10
5.3 Dempningskvaliteter	11
6.0 Diskusjon	11
6.1 KEMAR-test	12
6.2 Passiv demping og PLS	12
6.3 Aktiv demping og PLS	13
6.4 Signal- Støyforhold (SNR) og PLS	14
6.5 Forebygging og PLS	15
6.6 PLD i trafikk	16
7.0 Metodekritikk	17
7.1 Valg av vitenskapelig metode	17
7.2 Pilot	17
7.3 Deltakere og utredning	18
7.4 Spørreskjema	18
7.5 Måleutstyr	19
7.6 Støyfil og sang	19
7.7 Målemetode	20
7.8 Testsituasjon	21

8.0 Konklusjon	21
Referanseliste	22
Vedlegg.....	26
<i>I - Spørreskjema</i>	<i>26</i>
<i>II - Testprosedyre og instruksjon.....</i>	<i>28</i>
<i>III - Bakgrunnsstøy og støyspektrum</i>	<i>30</i>
<i>IV - Etterklangstid testrom</i>	<i>31</i>
<i>V - Høytalere</i>	<i>32</i>
<i>VI - Samtykkeskjema.....</i>	<i>33</i>

1.0 Introduksjon

I dag er det vanlig å høre på musikk ved hjelp av online streamingtjenester. Tall fra Jensen & Krøyer (2018), viser at nordmenn er de hyppigste brukerne av streamingtjenester for musikk i norden med gjennomsnittlig 18 timers bruk av musikkstreaming ukentlig. 88% av nordmenn bruker streamingtjenester. Unge mennesker mellom 18-29 år er de hyppigste brukerne (Jensen & Krøyer, 2018). Tidligere undersøkelser viser også til at over 90% av unge mennesker bruker “personal listening devices” (PLD) (Kim et al., 2009, s. 773).

Den høye bruksfrekvensen av personlig lytteutstyr har i flere år gjort at fagpersonell har stilt spørsmål om det kan være skadelig for hørselen til brukeren (Muchnik, Amir, Shabtai, & Kaplan-Neeman, 2012, s. 291). World Health Organization (WHO) oppgir at 1.1 milliarder ungdommer, og unge voksne står i fare for å utvikle et hørselstap grunnet høy lyd fra aktiviteter med personlig lytteutstyr, konserter, og nattklubber (WHO, 2015). Personlig lytteutstyr har derfor naturligvis blitt et tema som det er gjort mye forskning innenfor.

1.1 Forebygging av hørselstap

Et viktig område innen audiologien er forebygging av støyrelatert hørselstap. WHO sine retningslinjer for Europa anbefaler at eksponeringsstøy ikke skal overstige et ekvivalentnivå på mer enn 80 dB på en 8 timers arbeidsdag. Grensen på 80 dB er satt som en indikasjon på hvor grensen går mellom skadelig og ikke skadelig lyd (WHO, 2018, s. 95). I Norge sier Forskriften om tiltaks- og grenseverdier at det maksimale lydtrykknivået en person kan utsettes for i løpet av en arbeidsdag ligger på 85 dB over en periode på 8 timer. I tillegg kan peakverdien på lydtrykket maksimalt være på 130 dB (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013, § 2-2). Hver gang lydnivået øker med 3 dB, halveres anbefalt eksponeringstid (NIOSH, 1998, s. 25).

Siden det ikke er satt noen standard for rekreasjonslyd, kan man se på WHO sine retningslinjer for støy for å vurdere fare for hørselsskade. Dagens ungdommer utsetter ikke bare seg selv for en type lyd i hverdagen, men går på både utesteder, konserter og fester med høy lyd, samt bruker PLD til å høre på musikk. Det spekuleres om at den totale mengden lyd ungdom utsetter seg selv for på fritiden overstiger den anbefalte dosen for en arbeidsdag (Weichbold & Zorowka, 2007, s. 128-129).

1.2 Preferert lyttstyrke (PLS)

Preferert lyttstyrke (PLS) er en måling av subjektive responser fra testpersoner, og det kan derfor forekomme variasjoner mellom ulike testresultater. Metoden på selve målingen kan variere mellom bruk av Coupler, KEMAR, og Real Ear Measurements (REM) (Muchnik et al., 2012, s. 291). Også faktorer som hodetelefontype, og sjanger kan påvirke preferert lyttstyrke. I en studie der ulike påvirkningsfaktorer for PLS ble sammenlignet, ble musikk sjanger, og hodetelefontype sett på som to av de største faktorene for preferert lyttstyrke. I en sammenligning mellom, In-Ear, og Ear Buds, og Supra Aurale hodetelefoner fikk Supra Aurale lavest PLS blant testpersonene (Breinbauer et al., 2012, s. 2552-2553).

En undersøkelse gjort i Malaysia på skolebarn mellom 13 og 16 år kom frem til en gjennomsnittlig PLS på 75 dBA i stille omgivelser ved bruk av In-Ear hodetelefoner (Sulaiman, Seluakumaran, & Husain, 2013, s. 712-713). Resultater fra USA på samme aldersgruppe kom frem til en gjennomsnittlig PLS på 68.3 dBA (Portnuff, Fligor, & Arehart, 2011, s. 672). Selv om de gjennomsnittlige resultatene fra undersøkelsene i seg selv ikke overskrider 85 dBA vil det være naturlig å regne med at variasjonen innad i testmaterialet vil ha noen som overskrider 85 dBA. I undersøkelsen gjort av Breinbauer et al. (2012) stilte totalt 17,3 % av testpersonene PLS over 85 dBA i stille omgivelser. I undersøkelsen gjort av Portnuff et al. (2011) valgte under 10% av testpersonene et lyttenivå over 85 dBA.

1.3 Støy på transport og PLS

Med tanke på at PLD gjør det mulig å ha med seg musikk hvor som helst, vil det være naturlig å tro at det også blir brukt i stor grad på steder med mye støy.

Buss, T-bane, T-banestasjoner, tog, trikk, sirener, gatemusikk, og generelle lyder forårsaket av store grupper mennesker som beveger seg rundt i urbane omgivelser, er alle kilder til støy. En pilotstudie av Gershon, Neitzel, Barrera, & Akram (2006), rapporterte at støynivået på T-baneplattformene i New York City (NYC) var i gjennomsnitt 85,7 dBA, og at støynivået inne i selve T-banen var fra 84-112 dBA. Flere studier har målt lydnivået på T-banen i NYC og funnet gjennomsnittlig støy på 80-90 dBA, med en peakverdi på 104-121 dBA (Shah, Suen, Cellum, Spitzer, Lalwani, 2017; Gershon, Neitzel, Barrera, Akram, 2006; Neitzel, Gershon, Zeltser, Canton, Akram, 2009). Med mangel på lignende studier fra norske transportsystemer, benyttes amerikanske studier for å vurdere støy på offentlig transport.

Støy er en faktor som har vist å føre til at volumet på PLD stilles opp (Gelfand, 2016, s. 463). Tidligere nevnte studier av Breinbauer et al. (2012), og Portnuff et al. (2011) viser at antallet personer med en PLS over 85 dBA økte i støy, og at også her spiller typen hodetelefoner inn (Breinbauer et al., 2012, s.2552-2553; Portnuff et al., 2011, s. 672). Hodetelefontyper med gode dempningskvaliteter gir en mindre økning av PLS i støy (Breinbauer et al., 2012, s. 2552-2553).

1.4 Støykansellerende hodetelefoner

Støykansellerende hodetelefoner skiller seg fra andre typer PLD ved at den i tillegg til den passive dempingen som medfølger ved å ta på seg hodetelefoner, også benytter aktiv demping for støykansellering (Liang, Zhao, French, & Zheng, 2012, s. 4527). Støykansellerende hodetelefoner det gjør derfor mulig å ytterligere dempe støy slik at brukeren slipper å forstyrres av omgivelseslyder når de hører på musikk. Støyen kanselleres ved hjelp av en mikrofon som fanger opp omgivelseslyd, før det videre genereres en motlyd som kansellerer omgivelseslyder (Oppenheim, Weinstein, Zangi, Feder, & Gauger, 1994, s. 285). Den aktive dempingen har størst effekt ved frekvenser som er lavere enn 1000 Hz (Liang et al., 2012, s. 4530).

Liang et al. (2012) gjennomførte en undersøkelse av PLS med støykansellerende hodetelefoner. De sammenlignet PLS på 26 deltakere med to typer circum-aurale støykansellerende hodetelefoner, og ett sett ear buds. Deltakerne hadde gjennomsnittlig lavere PLS enn 70dB i en stille lyttesituasjon, men også Liang et al. (2012) sin studie økte PLS-verdiene i støy. PLS-verdiene ble målt med opptak av trafikkstøy på 75dBA, og t-banestøy på 85 dBA. PLS-verdiene økte i takt med støynivå. Støykansellering viste seg å ha en effekt på PLS i støy med en reduksjon av PLS på opptil 4 dB med støykansellering aktivert. Differensen mellom aktiv og passiv støydemping var størst på Subway-målingen. Andre interessante funn i studien var at testpersonenes PLS var høyere i en stille lyttesituasjon med støykansellerende hodetelefoner, enn med vanlige ear buds, og at PLS ble høyere i stille omgivelser når støykansellering ble aktivert. Ut ifra Breinbauer et al. (2012) sine funn om dempningskvaliteter, og Liang et al. (2012) sine funn om støykansellerende hodetelefoners egenskaper, er hensikten med denne studien å se nærmere på hvilken effekt støykansellerende hodetelefoner har på PLS i støy.

2.0 Problemstilling

Problemstillingen er dermed:

«Hvordan påvirker støykansellerende hodetelefoner preferert lyttstyrke i støy?»

2.1 Begrepsavklaring

I oppgaven kommer både passiv, og aktiv demping til å bli sentrale begreper. Med passiv demping mener vi den passive effekten av å ha hodetelefonene plassert over ørene. Med aktiv demping mener vi dempingen den støykansellerende teknologien i hodetelefonene tilfører. I tilfeller der støykansellering blir nevnt vil det da alltid være snakk om den aktive dempingen i hodetelefonene. Når stille lyttesituasjon beskrives, er både støykansellering og støy avslått. Andre sentrale begreper i oppgaven er preferert lyttstyrke (PLS), og personal listening devices (PLD). PLS er en persons selvvalgte lydsvolum, mens PLD er alle typer personlig utstyr som kan brukes til musikkavspilling både i form av hodetelefoner, mobiltelefoner, etc.

3.0 Metode

Hensikten med denne studien var å undersøke hvilken effekt støykansellerende hodetelefoner har på PLS i støy. For å finne svar på problemstillingen var det derfor behov for målinger av testpersoners selvvalgte lydstyrke, som videre kunne analyseres for å avdekke adferdsmønstre på PLS i støy. Ved hjelp av en kvantitativ metode kan man forme informasjon om til målbare enheter fra et stort representativt utvalg, som igjen kan gi muligheten til å utføre statistiske analyser. Det er dermed mulig å finne blant annet gjennomsnitt og prosent av en større mengde tallverdi. Resultatene vises i form av variabler og talldata som man kan føre inn i et statistikkprogram (Dalland, 2007, s. 82-83). En kvantitativ metode var derfor nødvendig for å kunne finne svar på problemstillingen.

3.1 Deltakere

Totalt 28 deltakere ble testet i studien. For å få tak i testpersoner ble det lagt ut forespørsel på sosiale medier samt personlig forespørsler til bekjente. Det ble forsøkt å ha et likt antall testpersoner av begge kjønn. I analysen ble kjønnene først sammenlignet med hverandre, og deretter analysert som en felles gruppe da det ikke ble funnet noen forskjeller. Totalt 15 kvinner og 13 menn ble rekruttert til studien. Alderen på testpersonene varierte fra 18 til 41 år, og gjennomsnittlig alder var 22 år.

3.2 Inkluderings- og ekskluderingskriterier

Som nevnt er de hyppigste brukerne av streamingtjenester personer i alderen 18-29 år. Jensen & Krøyer, 2018). Det er naturlig å regne med at bruk av streamingtjenester også henger sammen med bruk av personlig lytteutstyr. Testpersoner over 29 år ble derfor ekskludert fra studien. For å få et likt utgangspunkt for testing av preferert lyttestyrke, ble det valgt å inkludere kun normalthørende testpersoner. Testpersonene skulle derfor ha normal høreterskel på alle frekvenser mellom 125-8000 Hz. Ved mildt forhøyet eller minsket komplians på tympanometri, ble ikke testpersonen ekskludert dersom høreterskler var innenfor normalområdet. Dersom rentoneterskel var på grensen av normalområdet, skulle benleder brukes for å avdekke eventuelle gap mellom luft- og benledning. Dersom det da fantes en forskjell, og tympanometriresultater var unormale, kunne det tyde på at tympanometriresultatene hadde en påvirkning på hørselen. Et slikt resultat ville ført til ekskludering.

3.3 Testprosedyre:

Rentoneaudiometri, og Tympanometri ble gjennomført for å vurdere deltakernes hørselsfunksjon. Datainnsamlingen besto også av et spørreskjema med lukkede spørsmål, og tre ulike målinger med KEMAR som målte deltakernes prefererte lyttenivå i tre situasjoner: I stille omgivelser, i støy uten støykansellering aktivert i hodetelefonene, og i støy med støykansellering aktivert i hodetelefonene. I lyttesituasjonen med stille omgivelser var ikke støykansellering aktivert. Spørreskjema ligger vedlagt (vedlegg I).

For å sikre at alle deltakerne ble testet på samme måte, og fikk samme instruksjon, ble det laget en testprosedyre i forkant av undersøkelsen. For å vurdere preferert lyttestyrke ble testpersonene plassert i en stol med fem høyttalere plassert rundt seg. I alle tre testsituasjonene fikk de på seg hodetelefonene og ble bedt om å stille lyden slik de ønsket å høre på. Hodetelefonene ble deretter plassert på KEMAR for å måle ekvivalentnivå på lydstyrke (LAeq 60sec), og Peak-nivå i 1/3-oktavbånd fra 20Hz-20kHz. Dataene ble deretter omgjort til ekvivalent frittfelt (FF). Målingene ble gjort etter målestandard ISO-11904-2:2004. På hver testperson ble det gjennomført en måling for hver av de tre nevnte testsituasjonene. Rekkefølgen på situasjonene ble randomisert for å hindre at rekkefølgen skulle påvirke resultatet. I situasjonene med støy ble et støysignal presentert gjennom de fem høyttalerne med et lydnivå på 75 dBA. Støysignalet ble daglig kalibrert til samme lydnivå før

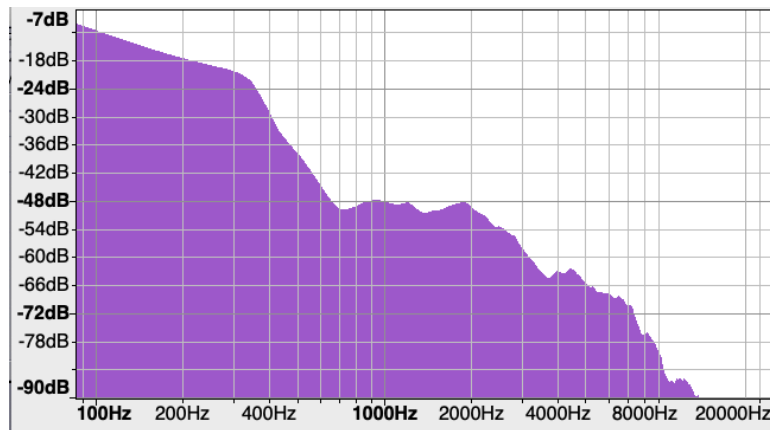
testing ble utført. Støyfilen ble stoppet før lydnivået ble målt på KEMAR, for å sikre at kun lydtrykket fra hodetelefonene ble målt. Nærmere detaljer om prosedyre, samt instruksjon til testperson ligger vedlagt (vedlegg II).

I forkant av PLS-målingene ble det gjort en måling av hodetelefonenes passive, og aktive dempningskvaliteter med støysignalet som skulle brukes i undersøkelsen. Etter at støysignalet var kalibrert til 75 dBA, ble hodetelefonene plassert på KEMAR, før det deretter ble målt lydtryknivå på støysignalet med og uten støykansellering aktivert i hodetelefonene. resultatene ble deretter lagt inn i Excel, og sammenlignet i et linjediagram for å vise forskjeller på lydtrykk mellom passiv, og aktiv demping i ulike frekvenser av støysignalet

3.4 Måleutstyr

OTOSuite med supra-aurale Telephonics TDH-39P hodetelefoner ble brukt til rentoneaudiometri. GSI Grason-Stadler Tymptar Pro tympanometer ble brukt til tympanometri. Rentoneaudiometrien ble utført i standard testrom.

Måling av preferert lyttestyrke ble gjennomført med følgende utstyr: circum-aurale, støykansellerende hodetelefoner av typen Bose QC 35 II ble brukt til å spille av musikk. Hodetelefonene var tilkoblet via bluetooth til en Huawei P20 Pro modell CLT-L29 med Bose connect app versjon 8.0, og sangen ble presentert gjennom Spotify versjon 8.4.97.807. Målingen av selve lydstyrken ble gjort med KEMAR med Øresimulator: (IEC 60318-4). Alle målinger ble gjort med øresimulator plassert til venstre på KEMAR. Lydmåleren tilkoblet KEMAR var en Brüel & Kjær (B&K 2270). For å regne om målingene til ekvivalentnivå FF-verdier, etter målestandard ISO-11904-2:2004, ble Excel v. 16.24 brukt. Informasjon om etterklangtid, og støy i rommet der testen ble gjennomført ligger vedlagt (vedlegg III og IV) Testpersonene satt omringet av fem høyttalere plassert rundt personen for surround lyd. Høyttalerne som ble brukt var AMT ver.1.0 Frittfeldthøytaler. Spesifikasjoner for disse høyttalerne ligger vedlagt (vedlegg V). Høyttalerne var tilkoblet en Marantz AV Surround receiver SR5009-forsterker. Støysignalet som ble brukt under testingen ble sendt til forsterkeren ved hjelp av en vifteløs Microsoft pc.



Figur 1. Frekvensanalyse av støysignal

Støysignalet ble hentet fra Pac DV, og er et opptak av busslyd (PacDV, 2019). Med tanke på at forskningsprosjektet ønsket å undersøke preferert lyttestyrke i støy, var det naturlig å velge et støysignal som kan finnes igjen i hverdagen. Busslyd ble derfor valgt for å skape en mest mulig realistisk lyttesituasjon. Støysignalet ble videre omgjort til fem-kanals lydfil med forsinkelse i hver kanal slik at lyden fra høyttalerne ble uavhengig av hverandre, og ikke skapte faseforstyrrelser. Redigeringen ble gjort i Audacity versjon 2.1.2. Signalets lydtrykk var sterkest mellom 50-100 Hz, og hadde fallende lydtrykknivå helt opp til 12 kHz (Se figur 1).

Testpersonene fikk ikke anledning til å velge sang selv. Alle testpersonene fikk høre samme sang for å unngå unødvendige variabler i testsituasjonen, og for å sørge for at resultatet kunne tolkes så presist som mulig. Sangen som ble brukt under målingen var «Happy» av Pharrell Williams. Denne sangen ble valgt da den har vært kjent i mange år blant målgruppen for undersøkelsen. Med tanke på at den fremdeles er kjent etter å ha vært mest solgte låt i 2014 (Wikipedia, 2019), er den en god låt å bruke som standard på en variert gruppe testpersoner. For å unngå at preferert sjanger skulle påvirke resultatene, ble derfor «Happy» valgt da den ble antatt å være kjent for alle testpersoner. Sangen har også lite oppbygning, og dynamisk variasjon slik at den er passende å bruke til en en-minutters ekvivalentmåling.

3.5 Statistisk analyse

Lagring, og analysering av datamateriale ble gjort med SPSS versjon 25. Testpersonene ble lagt inn med informasjon om alder, kjønn, og rekkefølge på KEMAR-testene, samt resultater fra spørreskjema. Disse faktorene ble deretter analysert i ulike grupper ved hjelp av Analysis of Variance (ANOVA) Repeated measures opp mot KEMAR-målingene, for å se om de

hadde noen påvirkning på resultatet. Resultatene fra KEMAR-målingene ble lagt inn som dBA frittfelt (FF). Greenhouse-Geisser og Bonferroni-korreksjon ble brukt til å vurdere resultatet. Signifikansnivået ble satt til 5% ($p < 0.05$), som er den vanligste grenseverdien for eventuell forkastningsfeil for å sikre at hypotesen ble riktig vurdert til gyldig, eller ugyldig (Løvås, 2018, s. 259).

3.6 Validitet og reliabilitet

Validitet (relevans) og reliabilitet (pålitelighet) er kontroll på kvaliteten i en måling. Når man forsker på en problemstilling er validitet et uttrykk for om det man har målt er det man ønsker å ha svar på. For å kunne gjøre en konklusjon må man vite at man sitter med resultater som svarer på problemstillingen (Dalland, 2007, s.93) Reliabilitet er forbundet med målesikkerhet/pålitelighet i et resultat. Det kan være påliteligheten ved gjentatte målinger med samme måleinstrument, og om leddene i prosessen er fri for unøyaktigheter, og dermed gir samme grunnlag for et resultat (Dalland, 2007, s. 94-95).

For å sikre god validitet ble det viktig med tydelige inkludering, og ekskluderingskriterier på testpersoner, som alder, og hørsel. Med et lite antall testpersoner var det hensiktsmessig å velge en smal testgruppe med størst mulig relevans for problemstillingen for å komme frem til en sikker konklusjon (Dalland, 2007, s. 93-94). Spørreskjemaet ble også benyttet til å vurdere om resultater på preferert lyttstyrke hadde sammenheng med de ulike faktorene i spørreskjema. Slik ble det mulig å avdekke om et fåtall testpersoner ga store utslag på resultatet.

Preferert lyttstyrke velges subjektivt av enkeltpersoner. Derfor er det en sannsynlighet for variasjoner i resultatene. For å sikre best mulig reliabilitet må derfor rammene rundt testsituasjonen sikre så få feilkilder som mulig (Dalland, 2007, s. 94-95). De tidligere nevnte grepene fra testprosedyren ble derfor viktig for å sikre god reliabilitet, og mulighet for å gjenskape studien. Det ble derfor gjennomført pilotundersøkelse i forkant av studien for å kontrollsikre testprosedyren. Signifikansnivået er også viktig for å kunne se om variasjonene på preferert lyttstyrke følger et fast mønster, eller om tilfeldig variasjon på enkelte testpersoner har gitt utslag (Løvås, 2018, s. 259).

4.0 Etiske forhold

I alle undersøkelser der testpersoner skal inkluderes må man tenke på etiske aspekter. Testpersonene i undersøkelsen skulle gjennomgå en hørselstest. Det er da viktig på forhånd å ta stilling til hva man skal gjøre dersom man oppdager hørselsproblematikk. Det ble ikke oppdaget noen betydelige hørselsnedsettelse i denne undersøkelsen. Noen få testpersoner hadde likevel nedsatt høreterskel på enkelte frekvenser. Siden det var snakk om små nedsettelse, ble det ikke vurdert som betydelig nok til å anbefale videre utredning. De ble likevel informert om resultatet, slik at de selv kan vurdere om det er noe de vil undersøke nærmere.

All deltakelse i undersøkelsen var frivillig. Det ble utdelt infoskriv, samt samtykkeskjema til alle deltakerne (se vedlegg VI). Testpersonene hadde mulighet til å trekke seg fra undersøkelsen når som helst. Alle resultatene ble også lagt anonymt inn i datainnsamlingen slik at ingen av testpersonene kunne gjenkjennes. I denne oppgaven ble det forsøkt å undersøke preferert lyttestyrke. For at ingen skulle føle seg ukomfortabel med å stille lyden til sitt ønskede nivå, ble alle nøye informert om at undersøkelsen ikke var ute etter å avsløre skadelige lyttevaner, men heller å se på lyttevaner i et større bilde. Hodetelefonene som ble brukt ble målt på maks lydstyrke på KEMAR i forkant av undersøkelsen med den forhåndsvalgte sangen. Det maksimale lydnivået som var mulig å få ut av hodetelefonene var 88 dBA. Med tanke på at testsituasjonen for KEMAR-målingene ikke oversteg 15 minutter, ble det vurdert at lydnivået ikke oversteg skadelige verdier på den korte perioden testpersonene brukte hodetelefonene (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013, § 2-2; NIOSH, 1998, s. 25).

5.0 Resultat

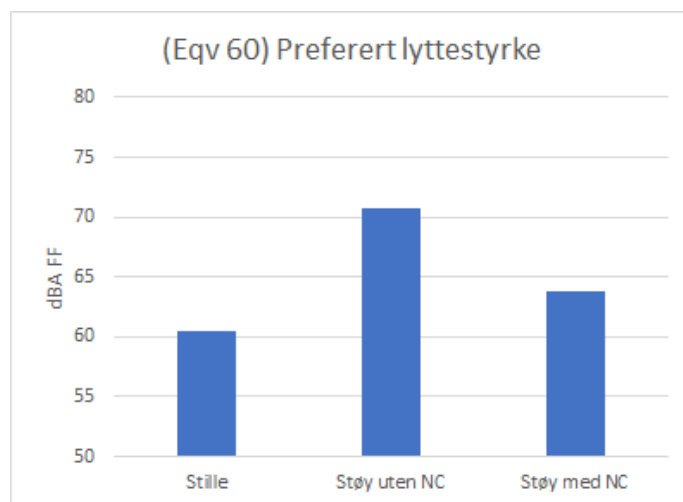
Resultatene fra rentoneaudiometri viste at 25 av 28 testpersoner hadde høreterskel på 20 dBHL eller lavere mellom 125 og 8000 Hz. De tre testpersonene med nedsatt høreterskel på en eller flere frekvenser ble ekskludert fra resultatet. Etter hørselstestene var gjennomført var det dermed 25 testpersoner igjen til analysering av resultat ($n = 25$). Aldersspennet på de resterende testpersonene er 18-23 år. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell mellom kjønn i analysen ($p = 0.066$) Testmaterialet ble derfor videre analysert som en felles gruppe.

5.1 Spørreskjema

Samtlige testpersoner oppga at de fikk stilt lyden slik de ville. På spørsmål om å rangere sangen etter terningkast ga ingen sangen lavere terningkast enn 2. En person rangerte sangen med terningkast 6, 10 personer med terningkast 5, ni med terningkast 4, to med terningkast 3, og tre med terningkast 2. Syv av testpersonene oppga at de bruker bluetooth hodetelefoner til vanlig, mens ni bruker hodetelefoner med ledning. De resterende testpersonene brukte begge deler. På spørsmål om hvilke hodetelefoner folk bruker, svarte 15 personer circum-aurale, 1 supra-aurale, 8 in-ear (I ørekanal), og 10 ear-buds (utenfor ørekanal) hodetelefoner. 10 av testpersonene brukte mer enn en type hodetelefoner. 12 av testpersonene hadde erfaring med bruk av støykansellering i hodetelefoner.

5.2 KEMAR-Test

De ulike faktorene i spørreskjemaet viste ingen signifikante utslag på resultatene for KEMAR-målingene. Dermed er alle 25 resultatene fra KEMAR-målingene presentert i et felles resultat. Figur 1. Mellom KEMAR-målingene var det signifikante forskjeller på PLS, $F(1.91, 43.96) = 31.76, p < 0.001$. Figur 1 viser gjennomsnittlig PLS.



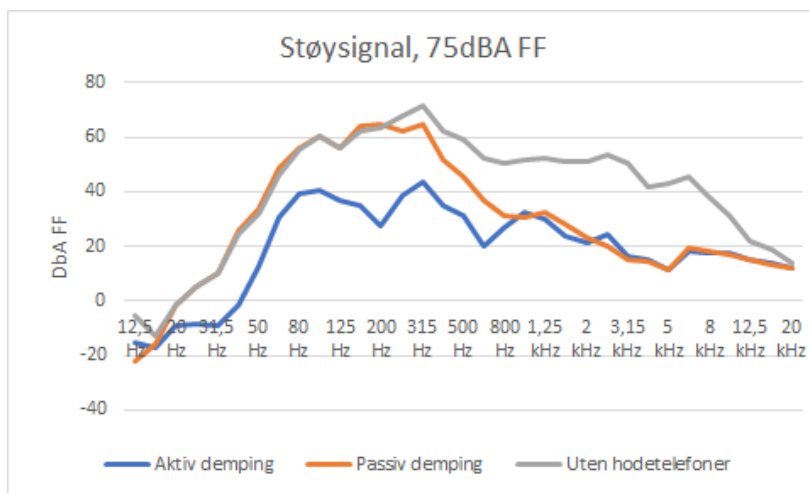
Figur 2. Preferert lyttestyrke målt i dB A-veiet ekvivalentnivå i frittfelt.

I testsituasjonen uten støy hadde testpersonene en gjennomsnittlig PLS på 60,98 dBA. I støy med kun passiv demping ble gjennomsnittlig PLS målt til 71,06 dBA. PLS-verdiene i støy med passiv demping var signifikant høyere enn i stille testsituasjon med en økning på 10,08 dB ($p = < 0.001$). Med aktiv demping ble gjennomsnittlig PLS i støy målt til 64,29 dBA. PLS i støy med aktiv demping, var signifikant lavere enn med passiv demping alene med en differanse på 6,77 dB ($p = < 0.001$). Det var ingen signifikant forskjell på PLS i stille

lyttesituasjon og i støy med aktiv demping ($p=0.087$). Det var kun en testperson som fikk målt PLS over 85 dBA. PLS-verdien ble målt i støy med kun passiv demping, og hadde et ekvivalentnivå på 86 dBA og en peakverdi på 110.6 dBA.

5.3 Dempningskvaliteter

Med kun passiv demping i hodetelefonene, ble støysignalet ekvivalentnivå dempet fra 75 dBA til 71 dBA. Når det ble tatt i bruk aktiv demping ble ekvivalentnivået målt til 48,3 dBA.



Figur 3. Hodetelefonens påvirkning av støysignal

Figur 3 viser forskjellene på støysignalet lydstyrke i ulike frekvenser. Hodetelefonenes passive dempningssegenskaper ga en demping av frekvenser over 800 Hz. Når hodetelefonene tok i bruk aktiv demping, ble i tillegg frekvenser under 800 Hz dempet. Frekvensene over 800 Hz var like høye med aktiv demping, som med passiv demping alene. Forskjellen i frekvensområdet under 800 Hz utgjorde en stor differanse på støysignalet ekvivalentnivå, og ga 26,7 dB lavere lydnivå enn støysignalet originale lydnivå på 75 dBA.

6.0 Diskusjon

Med antall testpersoner benyttet i studien gir resultatet mest tyngde når testpersonene kan analyseres som en felles gruppe. Dersom det hadde blitt funnet avvik mellom de ulike faktorene i spørreskjemaet, ville det resultert i en gruppering av testmaterialet, og dermed færre testpersoner i hver gruppering. Det ville igjen gitt et svakere grunnlag for en konklusjon. I denne studien utgjorde ikke de forskjellige svarene fra spørreskjemaet noen

tydelig påvirkning på resultatet. Resultatet på KEMAR-målingene kan derfor diskuteres med de 25 inkluderte deltakerne som utgangspunkt, uten å legge vekt på spørreskjema-resultatene.

6.1 KEMAR-test

I stille omgivelser hadde testpersonene en gjennomsnittlig PLS på 60,98 dB. Sammenlignet med Portnuff et al. (2011), og Sulaiman (2013) sine resultater på 68,3 dBA og 75 dBA, ble PLS-verdiene i vår undersøkelse noe lavere. Forskjellene mellom resultatene kan skyldes at det ble brukt circum-aurale hodetelefoner i vår studie. Breinbauer et al. (2012) viste at PLS var lavere for supra-aurale hodetelefoner enn earbuds, og in-ear hodetelefoner. Circum-aurale hodetelefoner vil sannsynligvis også gi en lavere PLS blant brukere sammenlignet med earbuds, og in-ear hodetelefoner.

Som tidligere studier på PLS i støy (Breinbauer et al., 2012; Portnuff et al., 2011) ble det også vist ved KEMAR-resultatene i vår undersøkelse at støy er en faktor som resulterer i høyere PLS-verdier. Den største forskjellen i PLS mellom testresultatene var mellom stille omgivelser, og i støy med passiv demping med en differanse på 10,08 dBA. Ingen av deltakerne hadde PLS over 85 dBA i stille testsituasjon, eller i støy med aktiv demping. Bare en av deltakerne i vår studie fikk en PLS-verdi over 85 dBA i støy med passiv demping. I kontrast til tidligere studier gir resultatet ikke en tydelig indikasjon på at antall personer med skadelige hørselsvaner øker i støy (Breinbauer et al., 2012; Portnuff et al., 2011), da én person er vanskelig å bruke til sammenligning. Samtidig medførte støy med kun passiv demping en tydelig økning av PLS, som er et tegn på at risikoen for å nå høye PLS-verdier øker i takt med økning av støy.

6.2 Passiv demping og PLS

Liang et al. (2012) utførte en måling av passiv demping på earbuds, og circum-aurale hodetelefoner. Resultatet viste at passiv demping i earbuds ikke er tilstedeværende før 4000 Hz, som tyder på dårligere dempningskvaliteter i denne typen hodetelefoner. Breinbauer et al. (2012) fant også høyere PLS i støy med ear buds-hodetelefoner. Ear buds har ikke den samme dekningen over ørene som circum-aurale hodetelefoner med øreputer har, og dermed blir det et mindre objekt å trenge gjennom for lyden (Liang, et al, 2012, s. 4533). En kan regne med at alt som blir plassert over ørene vil ha en større eller mindre grad av passiv dempingseffekt.

Hodetelefontyper med gode dempningskvaliteter fører til en mindre økning av PLS i støy (Breinbauer et al., 2012, s. 2552-2553). Derfor kan en regne med at også den passive dempingen i hodetelefonene brukt i vår studie har hatt en innvirkning på PLS i støysituasjon, og ført til et lavere økning av PLS. På samme måte som Liang et al. (2012) viste målingen av hodetelefonenes dempningskvaliteter at passiv demping er tilstedeværende i circum-aurale hodetelefoner i mellom- til høyfrekvensområdet. Hodetelefonene brukt i vår studie hadde en passiv dempningseffekt på frekvenser over 800hz.

6.3 Aktiv demping og PLS

Når hodetelefonenes støykansellerende teknologi ble tatt i bruk ble dempningskvalitetene enda bedre. Som Liang et al. (2012), viste også vår undersøkelse at aktiv støykansellering er mest effektiv i lave frekvenser, og headsettet brukt i vår studie hadde mest demping på frekvenser opp til 800 Hz. Kombinert med den passive dempingen av høye frekvenser ble støysignalet derfor betydelig dempet.

Med aktiv demping i støy var den gjennomsnittlige PLS-verdien signifikant lavere enn med passiv demping alene ($p < 0.001$). Når støykansellering aktiveres skal det gi hodetelefonene enda bedre dempningskvaliteter, da det dermed benyttes både passiv, og aktiv demping. Forskjellen mellom PLS i støy med, og uten aktiv demping var gjennomsnittlig 6,83 dBA. Differansen var større enn i Liang et al. (2012) sin studie, der den største målte differansen var 4dBA. I Liang et al. (2012) sin studie ble det vist at PLS i stille testsituasjon ble høyere med støykansellering aktivert hodetelefonene. Det tyder på at støykansellerende hodetelefoner sin effekt på PLS kan være forskjellig i stille omgivelser, og i situasjoner med støy. Det kan tenkes at støykanselleringen fører til andre lytteforhold i hodetelefonene, og at det påvirker brukerens prefererte lyttestyrke. Det at PLS i støy ble lavere med aktiv demping tyder på at Breinbauer et al. (2012) sin antakelse om dempningskvalitetens påvirkning på PLS også er overførbar til støykansellerende hodetelefoner i situasjoner med støy.

Aktiv støykansellering sin effekt på PLS i støy vil mest sannsynlig variere ut ifra hvor mye den kansellerer. Kvaliteten på lyden, og støykanselleringen vil variere mellom produkter. Siden det kun ble benyttet ett sett hodetelefoner i vår studie, kan man ikke vite om andre hodetelefoner ville gitt et annet resultat. Når det gjelder forskjellen på resultatet i vår undersøkelse sammenlignet med Liang et al. (2012), kan det skyldes at støylyden som ble

brukt i vår studie muligens var lettere for hodetelefonene å kansellere, og at PLS i støy dermed ble lavere. Det kan også være på grunn av kvaliteten på selve hodetelefonene da teknologien kan ha kommet lengre, og hodetelefonene i vår studie var av en dyrere prisklasse enn de som Liang et al. (2012) benyttet. Hodetelefonene i vår studie kan derfor ha vært noe bedre, både i forhold til den støykansellerende effekten, og lyd kvaliteten. Det varierte i Liang et al. (2012), hvilken av hodetelefonene som presterte best i ulike målinger. Det tyder på at det ikke var noen stor fordel for de dyreste hodetelefonene som ble brukt, sammenlignet med de billige. Det er derfor vanskelig å si om prisklassen på hodetelefonene har hatt noen påvirkning på resultatene i vår studie.

6.4 Signal- Støyforhold (SNR) og PLS

Man kan se på økningen av PLS i støyende omgivelser som et resultat av dårligere signal-støyforhold (SNR), der musikken i lytterens PLD regnes som signalet. Med et støysignal på 75 dBA hørte lytterne på musikk med SNR-nivåer på -4 dB uten aktiv støykansellering, og -10,71 dB med støykansellering aktivert. SNR viser tydelig hvilken effekt dempingen i hodetelefonene har på PLS i støy. Når hodetelefonene dekker øret, og demper støyen blir det reelle SNR-forholdet bedre for lytteren da støyen som når fram til øret vil være dempet.

Da hodetelefonene ble satt på KEMAR, og støysignalet ble målt med passiv demping, ble støysignalet dempet fra 75 dBA til 71 dBA. Med en gjennomsnittlig PLS på 71,06 dBA i samme lytteforhold, var det reelle SNR nivået når kun passiv demping ble benyttet 0 dB SNR. For å forstå talesignal trenger normalhørende mellom -2,5 til + 5 dB SNR (Gelfand, 2016, s. 241). PLS i støy med passiv demping kan derfor tenkes å bli høyere dersom det er nødvendig for å nå et lignende SNR område som for taleforståelse. Med aktiv demping ble støysignalet som nådde mikrofonen i KEMAR redusert fra 75 dBA til 48,3 dBA. PLS i støy med aktiv demping var 64,29 dBA, noe som tilsier et reelt SNR-nivå på + 16dB. Det høye SNR-nivået tyder på at støyen på 75 dBA ble nok dempet av den aktive støykanselleringen til at lytteren ikke hadde behov for signifikant høyere lyd enn i en stille lyttesituasjon ($p=0.087$). Signifikansnivået viser at forskjellene i PLS mellom stille testsituasjon, og i støy med aktiv demping er for små til å utelukke tilfeldige variasjoner. Resultatene fra både stille testsituasjon, og i støy med aktiv demping kan derfor begge regnes som testpersonenes generelle PLS.

6.5 Forebygging og PLS

Muchnik et al. (2012) undersøkte om kunnskap til sammenhengen mellom høye lyttenivåer, og risiko for hørselstap påvirket lyttevanene til deltakerne. De kom frem til at deltakerne ikke nødvendigvis hørte på lavere volum selv med kunnskap om risikoen høye lydnivåer medfører. Dersom en da kan bruke andre ytre påvirkningsfaktorer som hodetelefontype for å påvirke personers PLS, er hodetelefoner med gode dempningskvaliteter og god lyd kvalitet et godt alternativ.

Med 18 timer gjennomsnittlig brukstid av streamingtjenester i uken (Jensen & Krøyer, 2018), tilsvarer det ca. 2,5 timer daglig. Forskningen viser at svært mange bruker PLD mye, og at PLS derfor er en faktor som kan medføre risiko for hørselstap i befolkningen dersom nivåene er for høye. I dag er musikk tilgjengelig når man selv måtte ønske, da PLD i dag stort sett er en mobiltelefon tilkoblet hodetelefoner. Med de lyttevolumene som er vist i stille lyttesituasjon tyder det på at det er få som hører på skadelige lydstyrker i slike situasjoner. Samtidig er det en stor sannsynlighet for at flere av de ukentlige brukstimene foregår på steder med støy enten på transportmiddel, treningssenter, skole, eller i bymiljø. PLS på slike steder kan bli høy dersom støyen når nivåer som er vanskelige å overdøve. Best mulig dempningskvalitet i PLD vil derfor kunne hjelpe lytteren til å overdøve omgivelseslyden uten å måtte stille PLS fysisk høyere enn omgivelseslyden. En annen fordel med god demping i hodetelefonene er at de ikke bare vil påvirke PLS, men også omgivelseslyden for den som bruker hodetelefonene. Nedgangen i PLS er et resultat av at omgivelseslyden er blitt nok dempet for brukeren til at høyere PLS ikke er nødvendig. Det vil derfor kunne være en dobbel gevinst på steder man hører på musikk med høy støy da man både kan blokkere ut støyen, og samtidig høre musikk med en trygg PLS.

For å nå dagsgrensen for lyd etter forskrift om tiltaks- og grenseverdier (2013) med PLD alene trengs det lyd volum fra PLD på 91 dBA (NIOSH, 1998, s. 25). Det er lite sannsynlig at lyd fra PLD er den eneste lyden man utsetter seg for i løpet av en dag, så lavere lyttevolum enn 91dB må likevel regnes som potensielt skadelig for hørsel. Ved bredbåndsstøy regnes samtidig lyd som skadelig fra en lydstyrke mellom 75-80 dB (Gelfand, 2016, s. 460). Dersom en skal se på lyd på nivåer fra 75 dB som skadelig vil det også øke antallet personer med PLS over skadelig nivå. Samtidig er de forskjellige grenseverdiene ment som anbefalinger, og man må ta høyde for at individuelle faktorer spiller inn på faren for en hørselsskade. En 18 timers gjennomsnittlig brukstid i en befolkning vil også si at noen bruker streamingtjenester flere

timer enn 2,5 daglig. Dersom PLS er høyere blant personer med høy brukstid vil det bety at de i en større grad har en risiko for en hørselsskade.

I tilfeller der rentoneaudiogrammet ikke er blitt påvirket av høye lydvolument kan likevel hørselen ha blitt skadet på andre måter. Ødeleggelse av akustiske nervefibre kan skje uten påvist nedsatt hørsel på et rentoneaudiogram. Tap av nervefibre kan føre til tinnitus, dårligere evne til å skille raskt etterfølgende lyder fra hverandre, og til å skille lignende frekvenser slik man også ser hos eldre med færre aktive nervefibre (Plack, Barker, & Prendergast, 2014, s. 7-8). Det kan tenkes at lydnivåer som er over anbefalte nivå kan skade nervefibre på kortere tid enn de bruker på å påvirke et rentoneaudiogram. Dersom høye PLS-verdier er et resultat av et ønske om å høre musikken tydelig over omgivelsene, er det et paradoks om man da ødelegger denne evnen med å velge et lyttevolum som skader evnen til god lydoppfattelse.

Dersom man vil se på resultatene fra vår studie med et forebyggingsperspektiv, kan man se på Breinbauer et al. (2012) sine funn om at hodetelefontype og musikk sjanger er avgjørende faktorer for PLS. Lydforholdene i forskjellige sjangre vil nok kunne ha noe påvirkning på PLS, men man kan ikke vite om PLS også påvirkes av øvrig personlighet blant de som hører på forskjellige musikk sjangre. Dersom musikk som er assosiert med høy lyd, også høres på blant personer som er mindre forsiktige med hørsel i andre sammenhenger, vil det også kunne gi utslag på en PLS-måling. En kan derfor velge å se på musikk sjanger som en indre påvirkningsfaktor, og PLD som en ytre påvirkningsfaktor av PLS. Det kan derfor være lettere å velge hodetelefoner med gode dempningskvaliteter, enn å endre personlig favorittsjanger. Støykansellerende hodetelefoner gir enda bedre dempningskvaliteter da det tillater demping i et utvidet frekvensområde sammenlignet med passiv demping alene. Dermed kan det være en anbefaling til de som allerede er i risikogruppen for PLS.

6.6 PLD i trafikk

Det er ikke bare faren for hørselsskade det har blitt forsket på når det gjelder PLD. Det at faren for å høre på høy lyd øker i takt med støy, kan tyde på at PLD brukes for å stenge ute omgivelseslyder. Tall fra 2011 viser at per 100.000 innbygger blir ca. 20 personer skadd i trafikken, og 1,46 personer per 100.000 innbygger dør i trafikkuhell ("Traffic safety facts 2011 data - Pedestrians," 2013, s. 612). En undersøkelse på forekomst av ulykker forbundet med hodetelefonbruk viste at 116 personer ble utsatt for påkjørsel i perioden 2004-2011. Av

disse tilfellene var 81 av ulykkene dødsfall. Flest ulykker oppsto mellom 2010-2011 med 47 påkjørsler (Lichenstein, Smith, Ambrose, & Moody, 2012, s. 288). Tallene utgjør en svært liten andel påkjørsler som kan assosieres med hodetelefonbruk, men viser likevel at det kan argumenteres for en sammenheng mellom hodetelefonbruk og påkjørsler. Selv om man kan bevare hørsel ved å stenge ute mer omgivelseslyd ved hjelp av aktiv støydemping, er det likevel viktig å være klar over at man samtidig risikerer å stenge ute lyd som er viktig for å bli oppmerksom på en farlig situasjon. Likevel er det ikke sikkert at støykansellerende hodetelefoner utgjør noen større risiko enn annen PLD dersom brukeren uansett stiller opp lydstyrken for å overdøve omgivelseslyd.

7.0 Metodekritikk

7.1 Valg av vitenskapelig metode

Med mangel på tilstrekkelig litteratur som tar for seg PLS med støykansellerende hodetelefoner, var det få muligheter for litteraturstudie som vitenskapelig metode. Den kvantitative metoden ga mulighet for å få konkrete svar på adferdsmønster for PLS i støy da det ga tydelige tallverdier som kunne analyseres av et større testmateriale. Dersom undersøkelsen skulle blitt gjort med en kvalitativ metode måtte konklusjonen basert seg på personers subjektive oppfatning av hvordan de behandler sine PLD i ulike situasjoner, og vi ville vært avhengige av erfarne brukere av støykansellerende hodetelefoner. Materialet ville da heller ikke kunne brukes til å si noe om støykansellering sin påvirkning på PLS, men heller beskrevet brukernes selvopplevde lyttevaner.

7.2 Pilot

Som nevnt gir PLS mulighet for store variasjoner mellom tester. Derfor var det viktig å sikre lik gjennomføring for alle testpersoner slik at færrest mulige faktorer påvirket resultatet. Pilottest ble derfor gjennomført på to medstudenter. Det at pilottesten ble gjennomført på audiologistudenter har både fordeler og ulemper. Deres evne til å forstå testen ga gode grunnlag for tilbakemeldinger på gjennomføringen, men samtidig kan deres kunnskapsnivå påvirke gjennomføring, og resultatet på testen. Dersom pilottest ble gjennomført på utenforstående testpersoner kunne man hatt bedre grunnlag for å vite om testen var godt nok tilrettelagt målgruppen. De viktigste punktene for pilottesting var å finne ut hvor lang tid testen tok med oppsatt testprosedyre, og om instruksjon og spørreskjema var forståelig.

Testpersonene til pilottesten kunne kanskje med fordel vært eksterne for å vurdere spørreskjema, og instruksjon, men tidsbruken ville mest sannsynlig vært den samme. Pilotundersøkelsen ga muligheten for å være konkrete i hvor lang tid testen ville ta når det senere skulle hentes inn testpersoner.

7.3 Deltakere og utredning

De fleste deltakerne fikk vite om studien gjennom jungeltelegrafene. Det medførte at det i stor grad var bekjente av testerne som ble med i studien. Det ble likevel unngått å invitere personer som kjente til studiens problemstilling på forhånd for å unngå at det skulle påvirke testsituasjonen. En fordel med å benytte bekjente av alle testerne var at det ble mulig å hente inn testpersoner med jevnt aldersspenn, men med varierende studiebakgrunn. Det ble unngått å inkludere medstudenter i studien av samme grunn som kritikken nevnt for pilottesting. En kritikkverdig faktor når det kommer til ekskluderingskriterier, er at unormale resultater på tympanometri ikke førte til ekskludering. Da kan man stille spørsmål til nødvendighet av tympanometri i studien. Man kan ikke fullstendig utelukke muligheten for at tympanometriresultater utenfor normalområdet kan ha noe innvirkning på testpersonens lydoppfattelse, til tross for normal rentone. Med normal rentoneaudiometri ble de likevel inkludert i studien, med tanke på at mellomøreproblematikk ikke nødvendigvis fører til unormal oppfattelse av endringer i loudness (Gelfand, 2016, s. 279). De ble derfor inkludert i KEMAR-testen da studien undersøker differansen på PLS mellom tre testsituasjoner, og ikke forsøker å konkludere generell PLS på en enkeltsituasjon.

7.4 Spørreskjema

Behovet for spørreskjema i undersøkelsen ble lenge diskutert. Det ble likevel valgt å bruke for å kunne vurdere resultatets validitet, og reliabilitet. Spørreskjemaet kunne avdekke om noen faktorer fikk for stor påvirkningsgrad på resultatet. Undersøkelsen målte PLS i støy, og derfor var støy den eneste tiltenkte påvirkningsfaktoren i testsituasjonen. Dersom testpersoner for eksempel hadde svart nei på spørsmål om de fikk stilt lyden slik de ønsket, ville det tydet på at en annen måte å stille PLS på burde vært brukt i undersøkelsen. Slike kontrollspørsmål var derfor med på å kontrollsikre både at testsituasjonen var god, og at svarene i testen ikke skyldtes andre påvirkningsfaktorer enn det som var tiltenkt. Spørsmålene i spørreskjemaet ga i seg selv ikke svar på problemstillingen, men kunne brukes til å avdekke eventuelle mangler og feilkilder i testsituasjonen i etterkant.

7.5 Måleutstyr

En usikkerhetsfaktor under målingen var støynivået som ble brukt. Forsterkeren som presenterte støyfilen ga ved noen tilfeller høyere lyd enn forhåndskalibrert, uten at manuelle justeringer var gjort. Feilen ble oppdaget i tilfeller der forsterkeren hadde stått påslått i en lengre periode. Forsterkeren måtte ved disse tilfellene startes på nytt, og på grunn av usikkerheten måtte kalibrering gjennomføres ved jevne mellomrom. Ved stor lyddifferanse var feilen lett å oppdage, men det finnes likevel en mulighet for at feilen kan ha gått uoppdaget dersom lydnivået endret seg med små forskjeller innenfor en kortere tidsperiode.

Det er uvisst om batterilevetiden på hodetelefonene har noen påvirkning på lydnivået. Hodetelefonene ble ikke fulladet på forhånd ved hver anledning, men det ble alltid sikret at batterinivået var tilstrekkelig. Også her ble spørreskjema viktig, for å kontrollere at testpersonene hadde fått stilt lyden slik de ville. Siden alle svarte ja, antas det at batterinivået ikke har gitt noen utslag på resultatet da lydnivået uansett ble stilt slik testpersonene selv prefererte.

7.6 Støyfil og sang

Det var mangel på teorigrunnlag for å velge støynivå som var tilpasset norske forhold. Teoridelen som beskriver støy på offentlig transport baserer seg i stor grad på målinger gjort ved utenlandske storbyer, og er ikke nødvendigvis overførbart til Norge. Hvilke støyende situasjoner folk er i når de hører på musikk vil nok også variere i stor grad, og da også lydstyrken på støyen. Derfor ville det muligens vært hensiktsmessig å gjennomføre målinger med flere nivåer støy. Med mangel på tid, og med hensyn til testpersoner ble det bare gjennomført målinger med støynivå på 75 dBA. Det er et lydnivå som ikke overskrider anbefalinger, men som vi samtidig regner som relevant for en reell lyttesituasjon.

Det ble som nevnt valgt en sang med tilnærmet konstant intensitetsnivå. Sangen ble valgt for å sikre at det minuttet som det ble målt ekvivalentnivå på skulle ha minst mulig variasjoner i lydstyrke, og dermed gi sikre resultater. Det er samtidig en mulighet for at musikk med større dynamikk, og detaljnivå gjør lytteren mer avhengig av god hørbarhet i støy. Som nevnt ville vi ha så lav risiko for variasjon i testsituasjonen som mulig. Selv om kun første minuttet av sangen ble brukt, kan det likevel variere nøyaktig hvilke sekunder en testperson finner sin

PLS. Minst mulig dynamikkendring var derfor hensiktsmessig for å unngå at PLS ble valgt på tidspunkt med forskjellig intensitet.

7.7 Målemetode

Det ble ikke utført måling av PLS i stille omgivelser med aktiv støykansellering. Ved å ha gjort den testen kunne vi ha analysert resultatet for å se om støykanselleringen hadde noen effekt på PLS i en stille lyttesituasjon. Siden forskningen baserte seg på hvilken effekt støykansellering har på PLS i støy, valgte vi å ikke gjennomføre den fjerde testen med hensyn til tidsbruk.

Det ble valgt at testpersonene skulle øke lydstyrken for å finne sin PLS. Et annet alternativ kunne vært å la testpersonene senke lydnivået for å finne sin PLS. En slik prosedyre ville krevd at hodetelefonene ble stilt til maks lydstyrke før testpersonene fikk på seg hodetelefonene. Det er ikke umulig at en testprosedyre med senkende lydstyrke hadde ført til andre PLS-verdier for testpersonene. Etiske forhold rundt målemetoden ville vært diskuterbare dersom testpersonene måtte utsettes for maksimal lydstyrke. Den valgte testprosedyren hindret at testpersoner ble utsatt for høyere lydvolument enn de selv ønsket. Siden denne undersøkelsen ønsket å se på forskjellen på PLS mellom tre testsituasjoner, var det viktig at samme testprosedyre ble brukt på alle testpersonene. Selv om en testprosedyre med en senkende lydstyrke kunne ført til andre PLS-verdier, ville sannsynligvis KEMAR-resultatet vist en lignende forskjell mellom testsituasjonene.

Det ble valgt å benytte KEMAR for å måle PLS-verdiene. Det kunne også ha blitt brukt øresimulator, eller Real Ear Measurement (REM). Siden vi målte PLS med circum-aurale hodetelefoner ble det valgt å ikke benytte øresimulator, da vi trengte muligheten for å sette hodetelefonbøylen over et hode. Utstyrsbegrensninger førte også til at KEMAR ble det mest opplagte valget. REM ville gjort det mulig å måle PLS ved testpersonens trommehinne, og dermed målt PLS-verdien slik personen selv hører musikken. En REM-måling ville samtidig krevd mer utstyr koblet til testpersonen. Utstyret er også sensitivt for små endringer i plassering, noe som ville ført til at testpersonen måtte sitte mer i ro. Det kunne derfor gått ut over komfort i testsituasjonen. Vi mener det er viktig at testpersonen er komfortabel når PLS skal undersøkes slik at det ikke påvirker resultatet på undersøkelsen.

7.8 Testsituasjon

Det ble rullert mellom to personer som ga instruksjoner til KEMAR-testen, noe som kan gi noe variasjon i hvordan instruksjon ble gitt. Det ble brukt manus for å sikre lik instruksjon, men man kan ikke utelukke små variasjoner som videre kan føre til ulik forståelse blant testpersoner. Noen av testpersonene var også raske med å ta av seg hodetelefonene, selv om de ble informert om at det skulle gjøres av testeren. Grunnen til at testeren skulle håndtere hodetelefonene, var for å sikre at volumkontrollen forble uendret når hodetelefonene ble flyttet til KEMAR. Når testpersonene selv tar av hodetelefonene kan det gi en liten usikkerhet i resultatene, men testpersonene fikk kontrollspørsmål om de hadde kommet borti knappene dersom de tok av hodetelefonene selv. Denne usikkerhetsfaktoren kunne vært unngått dersom hodetelefonene ble koblet til et eksternt lydkort via ledning. Da kunne testpersonene brukt lydkortets volumkontroll, og hodetelefonenes volumknapper ville ikke vært aktive. For å unngå unødvendig mengde utstyr, samt for å teste mest mulig reell situasjon ble likevel hodetelefonene benyttet med bluetooth-tilkobling, og aktive volumknapper. (Plack et al., 2014)

8.0 Konklusjon

Tallene fra denne studien gir et godt grunnlag for å konkludere med at situasjoner der støy påvirker brukeren, kan støykansellerende hodetelefoner bidra til lavere PLS. Resultatet bekrefter at støy er en faktor som fører til høyere PLS. Hodetelefonenes evne til å dempe støy er derfor avgjørende for å holde PLS-verdiene lave blant brukerne. Resultatene indikerer at den aktive dempingen i hodetelefonene demper støy i en så stor grad at brukeren får tilnærmet lik PLS i støy på 75 dB, som i en stille lyttesituasjon. Sammenlignet med tiltak som kunnskapsøkning, og valg av mindre risikoassosierte musikkjangre, virker støykansellerende hodetelefoner derfor å ha en mer effektiv påvirkning på PLS i støy. Videre studier er nødvendig for å vurdere hvilken effekt støykansellerende hodetelefoner har på PLS når støy ikke er en faktor.

Referanseliste

- Breinbauer, H. A., Anabalón, J. L., Gutierrez, D., Cárcamo, R., Olivares, C., & Caro, J. (2012). Output capabilities of personal music players and assessment of preferred listening levels of test subjects: Outlining recommendations for preventing music-induced hearing loss. *Laryngoscope*, *122*(11), 2549-2556. doi:10.1002/lary.23596
- Dalland, O. (2007). *Metode og oppgaveskriving for studenter* (4. utg. ed.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Forskrift om tiltaks- og grenseverdier. (2013). Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer. (FOR-2011-12-06-1358). Hentet fra <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-tiltaks--og-grenseverdier/>
- Gelfand, S. A. (2016). *Essentials of audiology* (4th ed. ed.). New York: Thieme Medical Publishers, Inc.
- Gershon, R., Neitzel, R., Barrera, M., & Akram, M. (2006). Pilot Survey of Subway and Bus Stop Noise Levels. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, *83*(5), 802-812. doi:10.1007/s11524-006-9080-3
- Jensen, S. B., Krøyer, M. C. (2018). Digital Music in the Nordics. YouGov. Hentet fra <https://www.tono.no/wp-content/uploads/2018/11/Digital-Music-in-the-Nordics-2018.pdf>
- Kim, M. G., Hong, S. M., Shim, H. J., Kim, Y. D., Cha, C. I., & Yeo, S. G. (2009). Hearing threshold of Korean adolescents associated with the use of personal music players. *Yonsei medical journal*, *50*(6), 771. doi:10.3349/ymj.2009.50.6.771

- Liang, M., Zhao, F., French, D., & Zheng, Y. (2012). Characteristics of noise-canceling headphones to reduce the hearing hazard for MP3 users. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(6), 4526. doi:10.1121/1.4707457
- Lichenstein, R., Smith, D. C., Ambrose, J. L., & Moody, L. A. (2012). Headphone use and pedestrian injury and death in the United States: 2004–2011. In (pp. 287): BMJ Publishing Group Ltd.
- Løvås, G. G. (2018). *Statistikk for universiteter og høyskoler* (4. utg. ed.). Oslo: Universitetsforl.
- Muchnik, C., Amir, N., Shabtai, E., & Kaplan-Neeman, R. (2012). Preferred listening levels of personal listening devices in young teenagers: Self reports and physical measurements. *International Journal of Audiology*, 51(4), 287-293. doi:10.3109/14992027.2011.631590
- National Highway Traffic Safety Administration. (2008). Traffic Safety Facts. Hentet fra <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811163>
- National Institute for Occupational Safety and Health Administrations. (1998). *Occupational Noise Exposure, Revised Criteria 1998*. Hentet fra <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/pdfs/98-126.pdf>
- Neitzel, R., Gershon, R. R. M., Zeltser, M., Canton, A., & Akram, M. (2009). Noise levels associated with New York City's mass transit systems. *American journal of public health*, 99(8), 1393. doi:10.2105/AJPH.2008.138297
- Oppenheim, A. V., Weinstein, E., Zangi, K. C., Feder, M., & Gauger, D. (1994). Single-sensor active noise cancellation. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 2(2), 285-290. doi:10.1109/89.279277
- PacDV. (2019). Transportation Sound Effects. Hentet fra http://www.pacdv.com/sounds/ambience_sounds/bus-1.mp3

- Plack, C. J., Barker, D., & Prendergast, G. (2014). Perceptual Consequences of "Hidden" Hearing Loss. *Trends Hear.*, 18. doi:10.1177/2331216514550621
- Portnuff, C., Fligor, B., & Arehart, K. (2011). Teenage Use of Portable Listening Devices: A Hazard to Hearing? *Journal of the American Academy of Audiology*, 22(10), 663-677. doi:10.3766/jaaa.22.10.5
- Shah, R. R., Suen, J. J., Cellum, I. P., Spitzer, J. B., & Lalwani, A. K. (2017). The influence of subway station design on noise levels. *Laryngoscope*, 127(5), 1169-1174. doi:10.1002/lary.26242
- Sulaiman, A. H., Seluakumaran, K., & Husain, R. (2013). Hearing risk associated with the usage of personal listening devices among urban high school students in Malaysia. *Public Health*, 127(8), 710-715. doi:10.1016/j.puhe.2013.01.007
- The international organization for standardization (2004) Acoustics
 Determination of sound immission from sound sources places close to the ear - Part 2: Technique using a manikin. (ISO- 11904-2:2004). Hentet fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=114465>
- Traffic safety facts 2011 data - Pedestrians. (2013). *Annals of Emergency Medicine*, 62(6), 612. doi:10.1016/j.annemergmed.2013.09.018
- Weichbold, V., & Zorowka, P. (2007). Can a hearing education campaign for adolescents change their music listening behavior?: ¿Puede una campaña de educación auditiva para adolescentes cambiar sus conductas para escuchar música? *International Journal of Audiology*, 46(3), 128-133. doi:10.1080/14992020601126849
- Wikipedia. (2019, 3. mai). Happy (Pharrell Williams Song). Hentet fra [https://en.wikipedia.org/wiki/Happy_\(Pharrell_Williams_song\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Happy_(Pharrell_Williams_song))
- World Health Organisation. (2015). *1.1 billion people at risk of hearing loss*. Hentet fra <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/en/>

World Health Organisation. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Hentet fra <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>.

Vedlegg

I - Spørreskjema

Forskningsprosjekt

Kjønn.....

Fødselsdato.....

Rentone.....

Tymp.....

KEMAR Test 1 Filnavn.....

KEMAR Test 2 Filnavn.....

KEMAR Test 3 Filnavn.....

Spørreskjema (Sett ring rundt ditt svar, det er lov å sette ring på mer enn ett alternativ)

1. Fikk du skrudd volumet slik du ville?

Ja

Nei

Vet ikke

2. Ranger sangen du hørte med terningkast 1-6

1

2

3

4

5

6

3. Bruker du hodetelefoner med bluetooth eller ledning?

Bluetooth

Ledning

Begge

4. Hva slags type hodetelefoner bruker du?



Hodetelefoner /m bøyle (rundt øret)



Hodetelefoner /m bøyle (På øret)



Hodetelefoner (i ørekanal)



Hodetelefoner (utenpå ørekanal)

Annet (spesifiser).....

5. Bruker du støykanselerende hodetelefoner til vanlig?

Ja

Nei

Noen ganger

II - Testprosedyre og instruksjon

Test 1: Ingen støy, ingen støykansellering

1. Sørg for at støykanselerende er av.
2. Sett hodetelefoner på testpersonen
3. Før testpersonens hånd på volumkontrollen
4. Skru på musikk og gi tegn til testpersonen
5. Når pasient gir tegn, pause musikk og flytt hodetelefoner til KEMAR
6. Start musikk på ny og start lydmåling
7. Når lydmåling stopper, ta hodetelefoner av KEMAR og nullstille volum **før** du skrur av musikken.

Test 2: Støy og ingen støykanselerende

1. Sørg for at støykanselerende er **av**.
2. Sett hodetelefoner på testperson
3. Før testpersonens hånd på volumkontrollen
4. **Skru på støy og la stå i 10 sekunder**
5. Skru på musikk og gi tegn til testpersonen
6. Når pasient gir tegn, pause musikk, **pause støy** og flytt hodetelefoner til KEMAR
7. Start musikk på ny og start lydmåling
8. Når lydmåling stopper, ta hodetelefoner av KEMAR og nullstille volum **før** du skrur av musikken.

Test 3: Støy og støykanselerende

1. Sørg for at støykansellering er **påskrudd**.
2. Sett hodetelefoner på testperson
3. Før testpersonens hånd på volumkontrollen
4. **Skru på støy og la stå i 10 sekunder**
5. Skru på musikk og gi tegn til pasient
6. Når pasient gir tegn, pause musikk, **pause støy** og flytt hodetelefoner til KEMAR
7. Start musikk på ny og start lydmåling
8. Når lydmåling stopper, ta hodetelefoner av KEMAR og nullstille volum **før** du skrur av musikken.

Instruksjon

1. «Du skal testes i tre situasjoner, og får ikke vite NOE om disse på forhånd, utenom at to av de er med bakgrunnstøy.
2. Dette er hodetelefonene vi skal bruke (viser hodetelefonene) Her er de eneste knappene du trenger å tenke på (viser volumknappene og forklarer pluss og minus) Vi kommer også til å legge handen din på disse knappene før vi starter musikken på hver test.
3. Med en gang musikken skrur seg på kan du begynne å stille inn mot det volumet du ønsker å høre på.
4. Vi gir tommel opp når musikken begynner, du gir tommel opp når du er fornøyd med volumet.
5. Mellom hver test tar vi av hodetelefonene av og setter den på KEMAR. Og vi skal alltid ta av/på øreklokkene.
6. Målingen på KEMAR tar 1 minutt, og da sitter vi bare stille og venter.
7. Vi er ikke ute etter å ta noen på å høre på for sterk musikk, du kommer heller ikke til å klare skru disse hodetelefonene på et skadelig nivå.
Det eneste du trenger å tenke på, er å bruke disse knappene (viser knappene) til du finner det volumet du ønsker å høre på.
8. Du skal nå trekke en lapp slik at vi vet hvilken rekkefølge vi skal gjøre testene i.

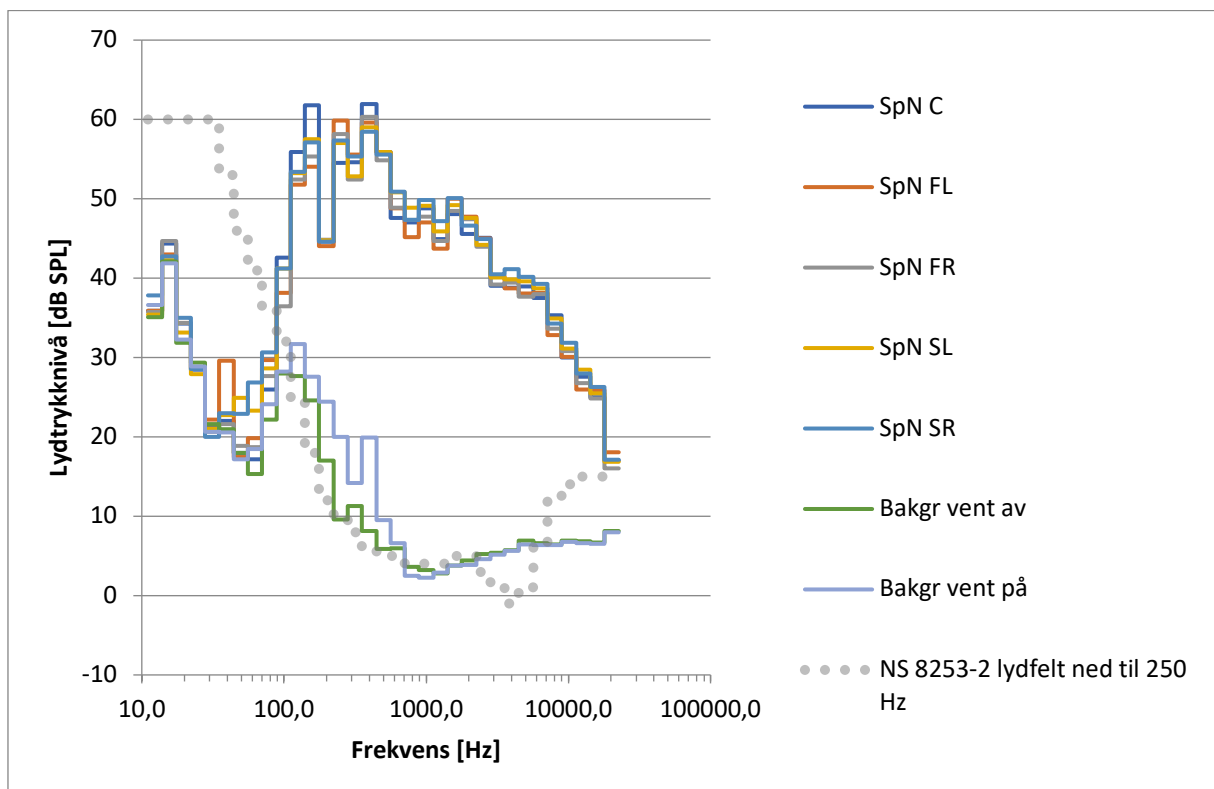
III - Bakgrunnsstøy og støyspektrum

Bakgrunnsstøy og støyspektrum i surroundrom målt i 1/3-oktaver desember 2014.

Kravene i NS 8253-2 tabell 2 gjelder toneaudiometri lydfelt ned til hørerskel 0 dB HL med 2 dB usikkerhet p.g.a bakgrunnsstøy.

Det finnes ikke egne krav i standardene for bakgrunnsstøy ved taleaudiometri, men man kan regne med at taleaudiometri er noe mer robust.

Standard lydåmalere har problemer med å måle under 5 dB. Bakgrunnsstøyen i rommet er målt til lavere enn -5 dB for frekvensene over 1000 Hz med mikrofon for lavt-støynivå-målinger både med og uten ventilasjon.



IV - Etterklangstid testrom

Frequency [Hz]	Meas.1	Meas.2	Meas.3	Meas.5	Meas.6	Meas.7	Mean
100	0.67	0.63	0.66	0.68	0.74	0.8	0.7
125	0.73	0.64	0.65	0.62	0.39	0.51	0.59
160	0.32	0.31	0.35	0.25	0.39	0.44	0.34
200	0.24	0.2	0.27	0.23	0.27	0.2	0.24
250	0.14	0.11	0.18	0.12	0.17	0.16	0.14
315	0.14	0.15	0.14	0.13	0.02	0.11	0.11
400	0.17	0.15	0.11	0.13	0.16	0.18	0.15
500	0.11	0.1	0.09	0.09	0.11	0.11	0.1
630	0.08	0.09	0.09	0.08	0.11	0.1	0.09
800	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08
1000	0.06	0.06	0.08	0.11	0.11	0.09	0.09
1250	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
1600	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08
2000	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07
2500	0.07	0.07	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08
3150	0.07	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07
4000	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07
5000	0.08	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.08

VI - Samtykkeskjema

Prosjektets formål

Formålet med forskningsprosjektet er å vurdere hvordan preferert lyttestyrke påvirkes av støy, og i hvilken grad støykansellering i hodetelefoner påvirker den prefererte lyttestyrken i støy.

Tester:

Testpersonene blir målt hørsel på etter standard hørselsutredning i form av rentoneaudiometri, samt en tympanometri. Dette gjøres for å ha data om grunnlaget for de videre testene.

Testing av preferert lyttestyrke foregår i et rom med fem høyttalere plassert rundt testpersonen. Testpersonen får her utlevert et sett hodetelefoner. Testpersonen sitter da i en stol midt i rommet, og får beskjed om å stille inn lydvolument slik vedkommende selv ønsker i tre ulike testsituasjoner: 1. i stillhet, 2. med bakgrunnsstøy, 3. med bakgrunnsstøy og støykansellering i hodetelefonene.

Til slutt bes testpersonen fylle ut et kort spørreskjema som har til hensikt å vurdere låtpreferanse, og erfaring med musikklytting gjennom hodetelefoner.

Behandling av data

Forskningsprosjektet gjennomføres av studenter ved audiologistudiet på NTNU. Alle resultater føres anonymt. Testresultatene blir sortert ved hjelp av et deltakernummer slik at ingen personopplysninger blir brukt i forskningen.

Samtykke

Deltakelse i undersøkelsen skjer frivillig. Samtykke kan trekkes på hvilket som helst tidspunkt i løpet av forskningsperioden. Testpersonene trenger ikke gi noen begrunnelse for å trekke sitt samtykke.

Jeg samtykker til at mine testresultater kan benyttes i dette forskningsprosjektet:

Underskrift:
