



MEDICINSKA FAKULTETEN

Lunds universitet

Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi

Institutionen för kliniska vetenskaper, Lund

Speech intelligibility impact Level (SiimpL) - Beskrivning och utvärdering

Niklas Edvall & Daniel Reimers

Audionomutbildningen, 2014

Vetenskapligt arbete, 30 högskolepoäng

Handledare: Per Hiselius

Lunds Universitet
Medicinska fakulteten
Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi
Institutionen för kliniska vetenskaper, Lund

Arbetets art: Magisteruppsats, omfattande 30 högskolepoäng
Titel: Speech intelligibility impact Level (SiimpL) - Beskrivning och utvärdering
Författare: Niklas Edvall & Daniel Reimers
Handledare: Per Hiselius
Datum: 2014-06-09
Antal sidor: 24

SAMMANFATTNING

Bakgrund: Höga ljudnivåer och bullerskador är ett vanligt problem på arbetsplatser. Många väljer att inte använda hörselskydd då de upplevs försvåra kommunikation. En metod som med ett enkelt mått kan utvärdera hörselskydds påverkan av taluppfattning vore värdefullt.

Syfte: Syftet med studien var att undersöka möjligheten att med metoden *Speech intelligibility impact Level* (SiimpL) mäta skillnad mellan olika hörselskydd med hänsyn till deras påverkan på taluppfattning i buller samt att utvärdera inlärningseffekter, tidsåtgång och ordmaterial.

Metod: Studien genomfördes i tre experiment med normalhörande forskningspersoner. I experiment 1 deltog fem forskningspersoner (22-29 år) som utförde SiimpL fem gånger om dagen i fem dagar för att kartlägga inlärningseffekter och tidsåtgång. Testgruppen i experiment 2 bestod av 20 forskningspersoner (19-37 år) som utförde SiimpL sju gånger i olika kombinationer av brus och simulerade hörselskydd. I experiment 3 ingick sex forskningspersoner från experiment 2 som visat stor skillnad mellan olika hörselskydd. Fyra (22-26 år) testades om i ett högfrekvent brus och två (19-20 år) testades i ett lågfrekvent brus. Totalt utförde forskningspersonerna i experiment 3 ytterligare 12 omgångar för att undersöka skillnader på individnivå.

Resultat: Experiment 1 visade en statistiskt signifikant förbättring för gruppen mellan testomgång ett och fem under den första dagen. Även mellan dag två och tre fanns en statistiskt signifikant förbättring. I experiment 2 kunde statistiskt signifikanta skillnader påvisas mellan olika hörselskydd i högfrekvent brus och med och utan hörselskydd i lågfrekvent brus. Hörselskydden resulterade genomgående i att brusnivån som kunde tolereras innan taluppfattningen påverkades blev lägre. Tidsåtgången för en testomgång minskades i experiment 2 med 65 sekunder jämfört med experiment 1 utan konsekvens för stabiliteten i resultatet. Resultatet i experiment 3 visade att det inte var möjligt att uppnå statistiskt signifikanta skillnader mellan hörselskydd på individnivå.

Diskussion: Utifrån resultaten diskuteras förslag på framtida studier och klinisk relevans för SiimpL.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
1. INLEDNING.....	1
1.1. Bullerexponering och hälsa.....	1
1.2. Hörselskyddsanvändning.....	2
1.3. Syfte.....	2
1.4. Taluppfattning med hörselskydd.....	2
1.5. Taluppfattningstest.....	3
1.5.1. Hearing In Noise Test (HINT).....	3
1.5.2. Quick-SIN.....	4
1.5.3. Modified Rhyme Test (MRT).....	4
1.6. Inlärningseffekter.....	4
1.7. Speech intelligibility impact Level (SiimpL).....	5
1.8. Frågeställningar.....	6
2. METODBESKRIVNING.....	6
2.1. Ordmaterial och brus.....	7
2.2. Resultat av SiimpL.....	8
2.3. Kalibrering.....	9
3. EXPERIMENT.....	9
3.1. Experiment 1.....	10
3.1.1. Metod.....	10
3.1.2. Resultat.....	10
3.2. Experiment 2.....	13
3.2.1. Metod.....	13
3.2.2. Resultat.....	14
3.3. Experiment 3.....	16
3.3.1. Metod.....	16
3.3.2. Resultat.....	16
4. RESULTATSAMMANFATTNING.....	17
5. DISKUSSION.....	18
5.1. Stabilitet.....	18
5.2. Inlärningseffekter inom SiimpL.....	18
5.3. Tidsåtgång.....	19
5.4. Jämförelse mellan hörselskydd.....	20
5.5. SiimpL och hörsel.....	21
5.6. Ordmaterial.....	21
5.7. Jämförelse – taluppfattningstester.....	21
6. SLUTSATS.....	22
7. TACK.....	22
8. REFERENSER.....	23

1. INLEDNING

Signal-brus-förhållande eller på engelska signal-noise ratio, förkortas vanligen i litteraturen som SNR. Förkortningen SNR kommer att användas genom denna text för att undvika förvirring med att introducera en ny svensk variant.

1.1. Bullerexponering och hälsa

I Sverige lever över en miljon människor med en hörselnedsättning (HNS). Av dessa är 55 % aktiva i arbetslivet (HRF Årsrapport, 2009). En del av dessa personer vistas dagligen i påfrestande ljudmiljöer som försvårar arbetet och som i värsta fall kan ge ytterligare påverkan på hörseln. Höga ljudnivåer på arbetsplatser är vanligt förekommande och trots lagstiftning som är till för att arbetstagare inte ska utsättas för dessa ljudnivåer är bullerskador ett utbrett problem. Arbetsmiljöverket (2012) redovisade att HNS och/eller tinnitus som huvudsakligt besvär stod för 16 % av anmälda arbetsskador för män respektive 3 % för kvinnor. För män är det den näst vanligaste anmälningsorsaken efter muskel- och ledbesvär. I en studie av Nelson, Nelson, Concha-Barrientos & Fingerhut (2005) undersöktes i vilken utsträckning som bullerexponering på arbetet var grunden till HNS och kom fram till att 16 % av HNS på global nivå är orsakade av bullerexponering på arbetsplatsen.

Problem med höga ljudnivåer är komplicerat, framförallt i miljöer som inte bara är en arbetsplats. Konserter, festivaler och nattklubbar är exempel där överexponering av ljud förekommer där människor vistas både som personal och besökande. I vissa fall överstiger dessa ljudnivåer de som finns i industrier. Denna exponering är svårreglerad då det även gäller människors fritid. Det finns endast allmänna råd som behandlar dessa platser och användande av hörselskydd nämns inte i dessa råd (Socialstyrelsen, 2005).

Flera sekundära och även tertiära problem kan uppstå till följd av HNS och ha stor negativ påverkan på den drabbade individens hälsa. Ljudkänslighet och problem med att uppfatta tal har i många fall negativa konsekvenser i sociala miljöer och kan innebära att en individ drar sig tillbaka och lever ett mer isolerat liv (Ciorba, Bianchini, Pelucchi & Pastore, 2012). Holt-Lunstad, Smith & Layton (2010) visade i en metaanalys av 148 studier med sammanlagt 308 849 forskningspersoner att minskad eller avsaknad av social aktivitet har ett väldigt stort genomslag på individers hälsa och ökar risken för tidig död.

Studier har också påvisat en koppling mellan ljudexponering och förhöjt blodtryck (van Kempen et al., 2002). Detta samband kompliceras då det inte bara är en direkt effekt av bullret. Stress och sömnsvårigheter som uppkommer till följd av buller påverkar också blodtrycket. Sådana psykosomatiska förändringar kan i sin tur leda till ökade risker för hjärt-och kärlsjukdomar (van Kempen et al., 2002; Yousefi Rizi & Hassanzadeh, 2013).

Det har även visats att minskad auditiv stimulans på grund av HNS ökar risken för en nedsatt kognitiv förmåga. Lin et al. (2013) fann att en grupp med HNS försämrades årligen med 30-40% på kognitiva tester jämfört med en grupp med normalhörande.

Bullerexponering och de medföljande problemen kan i många fall undvikas med ett preventivt arbete. Att reducera eller eliminera ljudkällan är optimala strategier för att handskas med bullerexponering. Detta är lösningar som inte fungerar på alla arbetsplatser. I dessa fall är hörselskydd en viktig komponent för att skapa en säker arbetsplats och är samtidigt en relativt billig åtgärd. Hörselskydd som är anpassade till ljudmiljön kan öka taluppfattning i situationer

med ett lågt eller negativt signal-brusförhållande (SNR) och samtidigt dämpa skadliga nivåer (Candido Fernandes, 2003).

Den reella användningen på arbetsplatser är sällan optimal trots lagstiftning som säger att hörselskydd ska användas vid ljudnivåer på 85dB A och över (Arbetsmiljöverket, 2005).

1.2. Hörselskyddsanvändning

Hickson, Phua & McPherson (1995) undersökte vilka anledningar som industriarbetare uppgav för att inte använda hörselskydd. 20,9 % av arbetarna i studien uppgav att de inte använde hörselskydd för att det skulle påverka deras kommunikation med kollegor och förmåga att uppfatta varningssignaler. Det var den näst vanligaste anledningen efter att arbetet skedde i fluktuerande buller. Liknande resultat rapporterades av Patel et al. (2001) som utförde intervjuer med fokusgrupper bestående av gruvarbetare. De vanligaste individuella hindren mot hörselskyddsanvändning som rapporterades av arbetarna var oro för nedsatt hörsel funktion med skydd och oro för social isolering på arbetet. Båda av dessa anledningar kan sammanfattas som att hörselskydd skulle försvåra kommunikationen.

Det är således mycket viktigt med hörselskydd som är anpassade för individen som ska använda dem och ljudmiljön på arbetsplatsen för att underlätta kommunikation och maximera bärighet. För att veta vilken påverkan ett hörselskydd har på kommunikationsaspekter räcker det inte att bara titta på skyddets dämpning. Ett mått för taluppfattning med hörselskydd skulle vara användbart för att jämföra hörselskydds påverkan på kommunikation.

1.3. Syfte

Syftet med studien var att undersöka möjligheten att med metoden *Speech intelligibility impact Level* (SiimpL) mäta skillnad mellan olika hörselskydd med hänsyn till deras påverkan på taluppfattning i buller samt att utvärdera inlärningseffekter, tidsåtgång och ordmaterial.

1.4. Taluppfattning med hörselskydd

Studier som undersökt hur hörselskydd påverkar taluppfattning i buller påvisar att de mest avgörande faktorerna för påverkan är bullrets parametrar och det SNR presentationen sker med (Candido Fernandes, 2003; Abel & Spencer, 1999; Hashimoto, Kumashiro & Miyake, 1996; Lazraus, 2005). Påverkan av ett hörselskydds dämpningskaraktäristik skiljer sig mellan studier men generellt kan sägas att en rakare dämpning över frekvenser är fördelaktigt för taluppfattning.

Candido Fernandes (2003) kom fram till att det fanns en direkt relation mellan ett hörselskydds dämpningskaraktäristik och dess påverkan på taluppfattning. En grupp med 25 unga normalhörande män hade i uppgift att identifiera enstaviga ord i rosa brus med SNR: +10, +5, 0, -5 och -10 dB. Påverkan på taluppfattningen jämfördes mellan fyra olika hörselskydd. Resultatet visade att mer rakt dämpande pluggar hade fördelaktiga egenskaper jämfört med kåpor som hade mindre dämpning vid låga frekvenser (<500 Hz). Studien visade också att hörselskydd förbättrar taluppfattning vid låga SNR (0, -5 och -10) men försämrar den vid högre SNR (+5, +10) och utan buller.

En studie av Hashimoto et al. (1996) visade liknande resultat. Tio forskningspersoner (varav fem män) med normal hörsel deltog i studien. Taluppfattning testades i tre olika SNR (0, +5 och +10dB) som utgick från två talnivåer (65 dB A och 85 dB A) och med tre olika hörselskydd. Resultaten visade att hörselskyddet med mer dämpning vid låga frekvenser (<500 Hz), vilket gav en rakare dämpningskaraktäristik, gav en förbättrad taluppfattning i test med presentationsnivå av tal på 85 dBA och 0 dB SNR. Förbättringen var omkring 10 procentenheter jämfört med inget hörselskydd, vilket var den största förbättringen av alla testsituationer.

En studie av Abel & Spencer (1999) undersökte hur diskriminering av konsonanter påverkades av två typer av hörselskydd med *Four Alternative Auditory Feature Test* (FAAF). I studien deltog 12 forskningspersoner med normal hörsel (20-50 år). Hörselskydden som användes var rakdämpande pluggar som dämpade mellan 35-40 dB och en kåpa som dämpade ca 15 dB vid 250 Hz med ökning av dämpning till ca 30 dB vid 1 kHz och högre frekvenser. Talmaterialet bestod av 80 set med fyra enstaviga konsonant-vokal-konsonant-ord. Den initiala konsonanten skiljde sig på 36 av seten och resterande skilde sig på den finala. Talet presenterades på 85 dB SPL i tystnad och i talvägt brus med fyra SNR (+5, 0, -5 och -10). Resultaten visade signifikanta men små skillnader mellan de olika skydden. Den största skillnaden var i tyst miljö där taluppfattning med det rakdämpande skyddet (93 %) var två procentenheter sämre än kåpan (95 %). Stor påverkan på konsonantdiskrimineringen hade det SNR som hörselskydden testades i. I -10 dB SNR hade forskningspersonerna endast 70 % rätt oavsett vilket skydd som användes.

För individer med HNS som har svårigheter med att uppfatta tal i bakgrundsljud kan hörselskyddsanvändning försämra en redan svår lyssningssituation. I en studie av Lazarus (2005) undersöktes hur olika varningssignaler som presenterades i buller uppfattades av 45 hörselskadade män (26-60 år, medelvärde (MV)= 49) och 18 normalhörande män (23-30 år, MV= 27) med och utan ett rakdämpande hörselskydd. När tonmedelvärdet för hörtrösklar (TMV3) översteg 20-30 dB HL höjde hörselskyddet det SNR för vilket varningssignaler uppfattades jämfört med utan hörselskydd. Ju högre hörtrösklar forskningspersonerna hade desto svårare blev uppgiften med hörselskydd. Troligen skulle uppgiften att identifiera en mer komplex signal, som en talsignal, vara svårare. Framförallt för forskningspersoner med HNS.

1.5. Taluppfattningstest

Det finns flera olika subjektiva metoder för att testa taluppfattning i buller för personer med HNS. Dessa skulle potentiellt även kunna användas till att utvärdera taluppfattning med hörselskydd. Nackdelen för dessa test är generellt att de utformade för att användas diagnostiskt. En överblick av några tänkbara kandidater är relevant för jämförelse.

1.5.1. Hearing In Noise Test (HINT)

HINT består av totalt 250 meningar fördelade på listor innehållande 10 eller 20 meningar som presenteras i ett talvägt brus på en fast nivå: 65 dB A. Stimuli och brus kan presenteras med hörtelefoner eller i ljudfält. Meningarna är anpassade för att vara lika i längd och svårighetsgrad, de är också fonetiskt matchade och balanserade. Meningarna är inspelade av en manlig talare och är fem till sju stavelser långa. Nivån på talmaterialet är adaptiv och varierar svårighetsgraden på testet efter forskningspersonens svar. HINT har fördelen över test som använder enskilda ord då talmaterialet är mer likt naturligt tal gällande betoning och

koartikulation. HINT har också fördelen att resultatet blir det SNR då en forskningsperson uppfattar 50 % av orden, vilket ger mer information än ett enkelt procent-korrekt resultat. Ett SNR-resultat är inte heller lika känsligt för golv- eller takeffekter som ett procent-korrekt resultat (Duncan & Aarts, 2006).

HINT finns också i en svensk version, då med vissa modifikationer. Bland annat är meningarna inspelade av en kvinnlig talare (Hällgren, Larsby & Arlinger, 2006).

1.5.2. Quick-SIN

Quick-SIN är en vidareutveckling av testet *Speech In Noise* (SIN). Quick-SIN omarbetades 2001 för att vara snabbare än sin föregångare och modifierades också för att göra talmaterialet i listorna mer lika. Även svårighetsgraden justerades. Testet består av 18 unika listor innehållande sex meningar vardera inspelade av en kvinnlig talare. Meningarna innehåller fem nyckelord, vilka den forskningsperson som utför testet ska upprepa. Talmaterialet presenteras på en fast nivå på 70 dB HL om forskningspersonen har TMV <45 dB HL och på en nivå som bedöms som stark men inte obehaglig för forskningspersoner med TMV >50 dB HL. Brusnivån varierar under testet i 5 dB-steg från +25 till 0 dB SNR. Störsignalen meningarna presenteras i är ett *4 talker babble*, alltså fyra simultana talare. Metoden kan användas med hörtelefoner eller i ljudfält. Resultatet av testet är hur mycket högre SNR en forskningsperson med hörselnedsättning behöver för att nå 50 % korrekt ordidentifiering jämfört med normalhörande. Liknande HINT har Quick-SIN fördelen att talmaterialet som används till stor del liknar naturligt tal och att resultatet redovisas som SNR (Duncan & Aarts, 2006).

1.5.3. Modified Rhyme Test (MRT)

Modified Rhyme Test (MRT) använder enstaviga ord för att mäta taluppfattning med fokus på initiala och finala konsonanter i likhet med FAAF. Talmaterialet består av 50 set om sex enstaviga ord vardera indelade i 25 set som testar initial konsonant och 25 som testar final konsonant. Orden i varje enskilt set rimmar. Ett ord från ett set presenteras och alla ord i setet erbjuds som svarsalternativ. Till exempel kan det engelska ordet *led* presenteras och uppgiften är att identifiera ordet utifrån alternativen: *red, shed, led, fed, bed, wed*. Ordet presenteras på en nivå på 65 dB A i vitt brus och SNR kan varieras från -18 till -6 dB i 3 dB-steg. Resultatet av testet ges som procent-korrekt svar (Blue-Terry & Letowski, 2011).

1.6. Inlärnings effekter

Hur inlärnings effekter påverkar resultatet i ett taltest är en viktig aspekt att beakta både vid klinisk användning och vid jämförelser mellan hörselskydd. Det vill säga, påverkas testresultatet eller förbättras förmågan hos en forskningsperson som utför testet vid upprepade tester?

En studie av Song, Skoe, Banai & Kraus (2011) visade att det går att förbättra det SNR för vilket tal uppfattas. För att uppnå en statistisk signifikant förbättring av SNR på omkring 1 dB i HINT och Quick-SIN krävdes 20 sessioner om 30 minuter i fyra veckor med ett omfattande träningsprogram (*Listening and Communication Enhancement* - LACE) innehållande både top-down och bottom-up typ av träning. Den tränade gruppen bestod av 28 forskningspersoner i

åldrarna 19-35 år (MV= 26, SD= 3,8). En kontrollgrupp bestående av 32 forskningspersoner i åldrarna 20-31 år (MV= 23,7 SD= 2,8) som inte genomgick någon träning visade ingen förbättring av SNR i HINT eller Quick-SIN.

Yund & Woods (2010) undersökte inlärningseffekter för åtta normalhörande forskningspersoner (ålder 21-51 år, MV= 35,3 SD= 14,0) under fem sessioner med HINT. I varje session repeterades samma tallista två gånger, i session ett och fem ingick dessutom en unik lista. Talnivån då 50 % av orden uppfattades förbättrades i genomsnitt 2,7 dB mellan session ett och fem för den tränade listan. En skillnad i SNR från -2,79 dB till -5,52 dB. En statistiskt signifikant förbättring påvisades mellan session 1-2, 1-3 och 2-3 men inte mellan efterföljande sessioner. Talnivån för 50 % uppfattade ord förbättrades även signifikant inom sessionerna för gruppen. Förbättringen var som störst inom den första sessionen (~1,5 dB) jämfört med de övriga sessionerna (<1 dB).

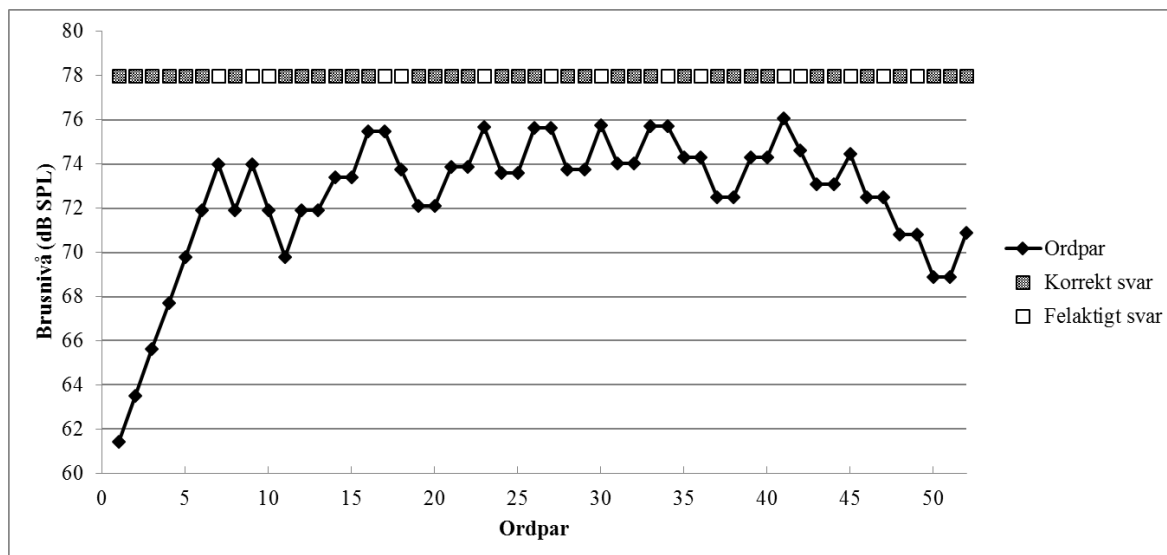
För de unika tallistorna skedde en icke signifikant förbättring på 0,3 dB mellan den första och sista sessionen. Resultatet tyder på att det finns en skillnad mellan inläring av ordmaterial och procedur där inläring av ordmaterial ger den största förbättringen.

En studie av Burk, Humes, Amos & Strauser (2006) använde en grupp bestående av 16 (varav 6 män) normalhörande forskningspersoner i åldrarna 20-30 år (MV= 23,6) som genomgick ett träningsprogram för att undersöka om deras taluppfattning i brus kunde förbättras. Träningsprogrammet pågick under två veckor med fem sessioner om 60 minuter. Uppgiften var att identifiera 75 enstaviga ord i 0 dB SNR. Under den första sessionen testades även en unik ordlista med 75 nya enstaviga ord. I slutet av träningsprogrammet användes denna lista för att undersöka om träningen resulterade i generalisering till andra ordmaterial. För att undersöka generalisering till andra talare testades båda ordlistorna med två nya talare. Resultaten visade att träningen förbättrade förmågan att uppfatta de 75 tränade orden även med de otränade talarna. Förbättringen var däremot begränsad för andra ordmaterial med den tränade talaren. Detta indikerar att lyssnarna fokuserar mer på lexikal memorering än utmärkande akustiska drag hos talaren.

1.7. Speech intelligibility impact level (SiimpL)

Den stora skillnaden mellan de tester som tas upp ovan och SiimpL, som används i denna studie, är att SiimpL är specifikt designat för att testa hörselskydds påverkan på taluppfattning i buller, inte individuell hörselfunktion. SiimpL är alltså inte ett diagnostiskt test. Metoden är designad för att kunna testa både fysiska hörselskydd i ljudfält och simulerade hörselskydd i hörtelefoner.

SiimpL är automatiserat och adaptivt, nivån på bruset ändras beroende på inmatningarna den forskningsperson som utför testet gör (figur 1). Talet presenteras på en fast nivå. Ord presenteras i slumpmässiga par tillsammans med ett bakgrundsbrus. Korrekt svar på två efterföljande ordpar gör att brusnivån ökar och signal-brusförhållandet blir sämre, ett felaktigt svar gör omvänt att brusnivån minskar och signal-brusförhållandet förbättras. Resultatet ges som den brusnivå som tolereras innan taluppfattningen påverkas.



Figur 1. Brusnivåns förändring under ett test med SiimpL. Brusnivån förändras beroende på inmatning av korrekt eller felaktigt svar.

Genom att använda ett begränsat antal ord ska en testperson relativt snabbt kunna lära sig ordmaterialet i testet vilket bör ge ett stabilare resultat mellan tester med olika förutsättningar. Ett mindre ordmaterial bör också innebära att högre funktioner som språkliga och lexikala förmågor inte påverkar resultatet i lika stor utsträckning.

1.8. Frågeställningar

En genomgång av litteraturen har visat hur olika aspekter hos hörselskydd påverkar taluppfattning och hur inlärningseffekter inom taluppfattningstester uppträder. Med detta som bakgrund formulerades följande frågeställningar för att uppnå syftet med studien.

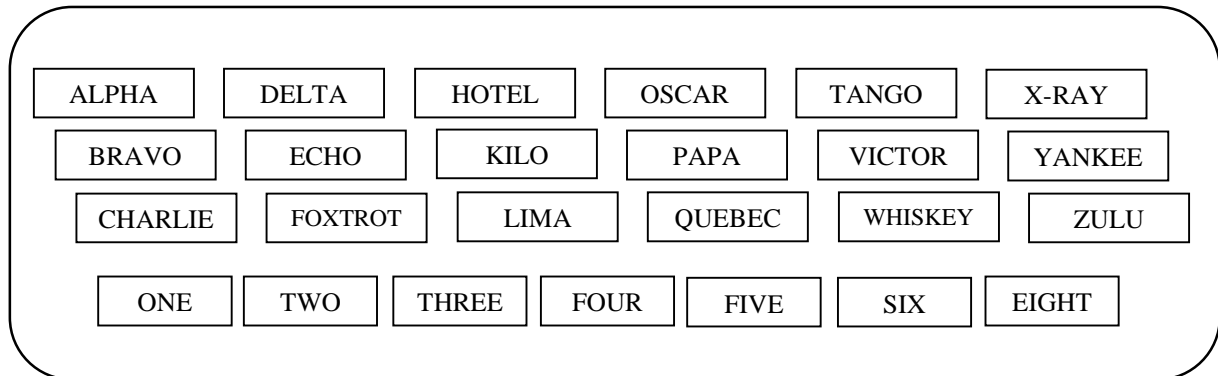
- Är metoden SiimpL genomförbar och stabil mellan olika testsituationer?
- Kan SiimpL användas för att mäta skillnad på hur olika hörselskydd påverkar taluppfattning i buller på grupp- och individnivå?
- Påverkar inlärningseffekter inom en testsession och under flera efterföljande dagar resultatet för SiimpL?
- Kan tidsåtgången för en testomgång minskas genom att resultatet medelvärdesbildas från färre vändpunkter?
- Vilken är den relativa svårighetsgraden inom ordmaterialet, det vill säga är vissa ord lättare eller svårare att uppfatta?

2. METODBESKRIVNING

Nedan beskrivs hur SiimpL utformades och kalibrerades inför den aktuella studien. SiimpL programmerades i Matlab, version R2001b.

2.1. Ordmaterial och brus

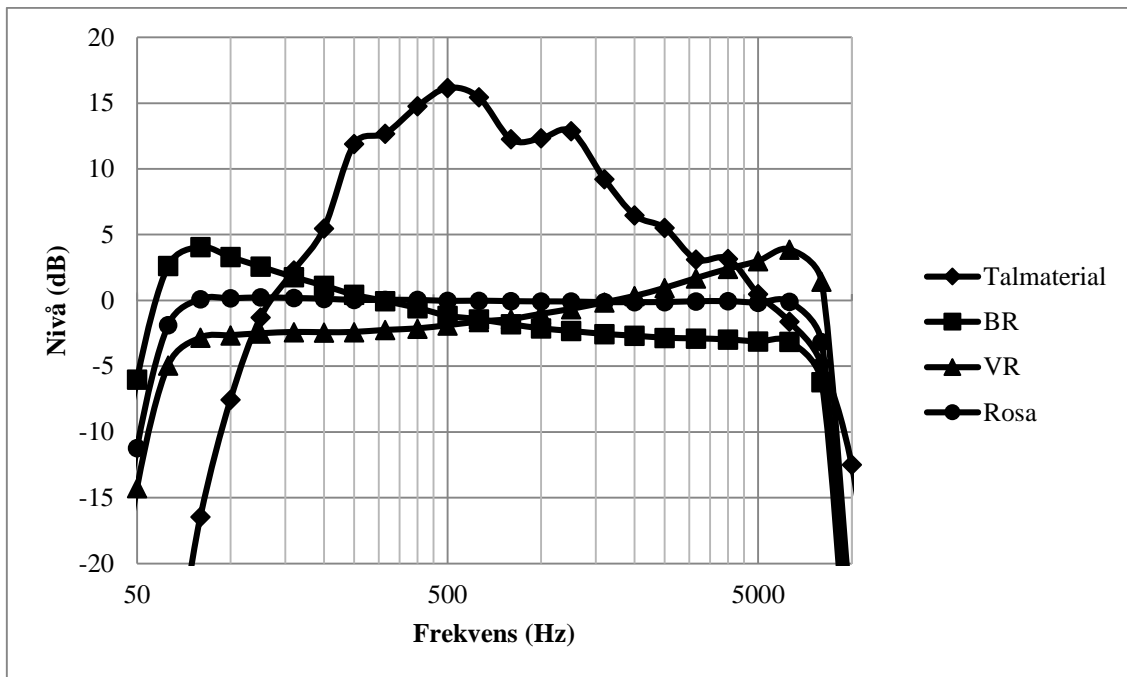
Ordmaterialen i SiimpL är hämtat från *Callsign Acquisition Test (CAT)* och bestod av 25 engelska anropsord vanliga inom det militära (Blue-Terry & Letowski, 2011). Orden finns listade i figur 2 som också visar layouten för den svarsmodul forskningspersonerna använde för inmatningar.



Figur 2. Ordmaterialen och schematisk översikt för den svarsmodul som användes i studien.

Ordmaterialen presenterades av en syntetiserad röst skapad i programmet *Acapelabox* med talaren *Will* som representerar en amerikansk-engelsk mansröst. Parametern *Voice Shaping* ställdes till +10 för att ge en högre grundtonsfrekvens vilket gav en röst som ligger mellan typisk kvinnlig och manlig. Hastigheten på talet anpassades för de olika orden för att låta så naturlig som möjligt. Talet anpassades vidare med equalizer för att passa röstkvaliteten för *raised voice* som finns beskriven i Olsen (1998).

De brus som användes i den här studien finns redovisade i figur 3. Bruserna är baserade på rosa brus uppmätt med tersbandsfilter (± 0 dB/oktav) som adderades till *Brownian noise* (-3 dB/oktav) respektive vitt brus (+3 dB/oktav). Bruserna bandpassfilterades mellan 60-8000 Hz. Fortsättningsvis kommer de använda bruserna att benämnas BR för det mer lågfrekventa *Brownian*/rosa-bruset och VR för det mer högfrekventa vit/rosa-bruset. Den maximala brusnivån var begränsad till 80 dB SPL vilket motsvarar 76 dB A för BR och 79 dB A för VR, detta för att potentiellt skadliga nivåer inte skulle uppnås.

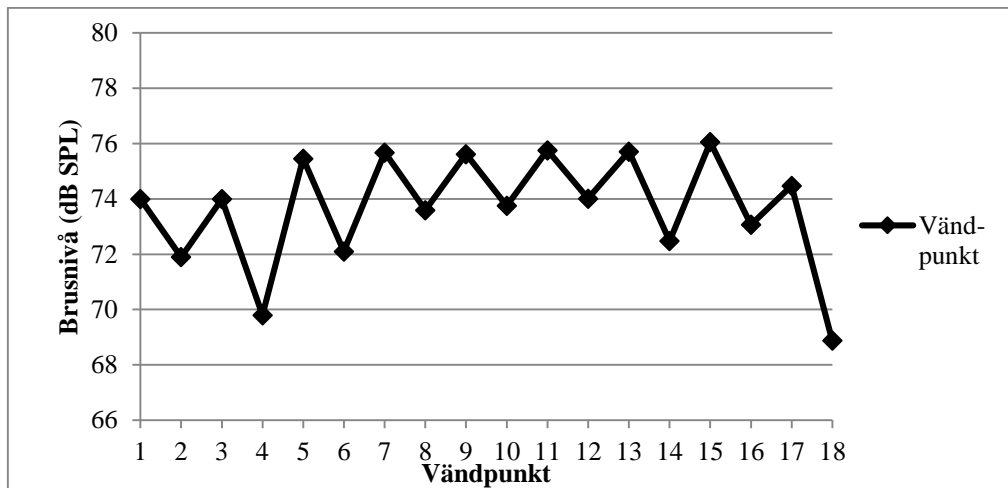


Figur 3. Relativa nivåer för talmaterial och använda brus uppmätt med tersbandsfilter. Rosa brus presenteras som referens.

En testomgång med SiimpL inleds med en insvängningsperiod som pågår tills att fyra vändpunkter registrerats. Under insvängningsperioden är nivåförändringen av bruset alltid 2,1 dB för att snabbt uppnå relevant nivå. Därefter är nivåförändringen randomiserad inom ett definierat område (1,4-2,1 dB). Även tidskonstanterna för när presentation av ett ord sker är randomiserade. Det första ordet presenteras efter 0,4-1,6s brus, mellan orden presenteras 0,5-1,5s brus och efter det sista ordet ca 0,5s brus (beroende på det andra ordets längd). Varje ord är ca 0,5s långt vilket gör att den totala tiden för presentationen för ett ordpar är ca 3 sekunder.

2.2. Resultat av SiimpL

När brusnivåns förändring byter riktning från stigande till fallande eller tvärtom registreras en vändpunkt som sedan används för medelvärdesbildning. Medelvärdet för den brusnivå som tolereras innan taluppfattningen påverkas räknas ut baserat på de vändpunkter för brusnivå som bildas under en testsession (figur 4). Antalet vändpunkter i testet kan justeras. Om testet görs med n vändpunkter sammanställs resultatet även för $n-2$ och $n-4$ vändpunkter. Till exempel består 18 vändpunkter av 9 toppar och 9 dalar. De tre första topparna respektive de tre första dalarna räknas som insvängning och tas inte med i medelvärdet. Även den högsta och lägsta av topparna och den högsta och lägsta av dalarna exkluderas från medelvärdesbildningen. De kvarstående vändpunkterna omvandlas till sin intensitetskvot och medelvärdesbildas innan de omvandlas till det slutgiltiga resultatet: genomsnittlig brusnivå i dB SPL.



Figur 4. Vändpunkter som registrerats under en testomgång och används för medelvärdesbildning.

2.3. Kalibrering

Nivån för talet kalibrerades för de hörtelefoner (Sennheiser HD 650) som sedan användes i studien. Kalibreringen utfördes på en G.R.A.S - 45CA testfixtur med överföringsfunktionen *free-field frequency response* från ISO 11904-2. Nivån anpassades under kalibreringen för att motsvara 55 dB A för en typisk talsignal. Med samma inställningar uppmättes spänningen för en frekvens-modulerad kalibreringston som RMS-nivå i en parallell kontakt till hörtelefonskabeln till 0,198 V för höger och 0,201 V för vänster. Det var dessa värden som sedan användes för att kalibrera nivån i hörtelefonerna i fält.

Talnivån, den nivå ordmaterialet presenteras på är alltid densamma, i den här studien 55 dB A vilket motsvarar 57 dB SPL. Resultatet av testet är den genomsnittliga brusnivån en testperson tolererar innan taluppfattningen påverkas och kan betraktas både som brusnivå eller signal-brusförhållande (talnivå-brusnivå). Att brusnivån kan uppnå 80 dB SPL innebär att det maximala SNR som kan uppnås är $57-80 = -23$ dB. Ett potentiellt stort negativt SNR gör testet relevant för att undersöka hörselskydd eftersom hörselskydd ska användas i miljöer med kraftigt buller där en typisk talsignal är förhållandevis svag.

3. EXPERIMENT

Studien har godkänts av den Etiska kommittén vid avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi, institutionen för kliniska vetenskaper, Lunds universitet. Alla forskningspersoner tog del av skriftlig information om studien och signerade medgivandeblankett för deltagande. Forskningspersonerna informerades om att de fick avbryta studien när som helst utan påföljder. Instruktioner om testerna gavs vid första mötet. Eventuella frågor och förtydliganden besvarades muntligt inför testet. Alla tester genomfördes i tystast möjliga hemmiljö. Alla tester utfördes på bärbar PC med internt ljudkort (*IDT High Definition Audio*), samplingsfrekvens 22 050 Hz/16 bitar. Alla statistiska analyser utfördes i *IBM SPSS Statistics 22*.

Studien genomfördes i tre experiment. Metod och resultat för de olika experimenten presenteras separat följt av en gemensam diskussion.

3.1. Experiment 1

Experiment 1 utfördes som en pilotstudie för att undersöka genomförbarheten av SiimpL-testet, den genomsnittliga tidsåtgången i en testomgång och för att undersöka andelen korrekta svar inom ordmaterialet. Experiment 1 syftade också till att svara på frågeställningen angående inläringseffekter.

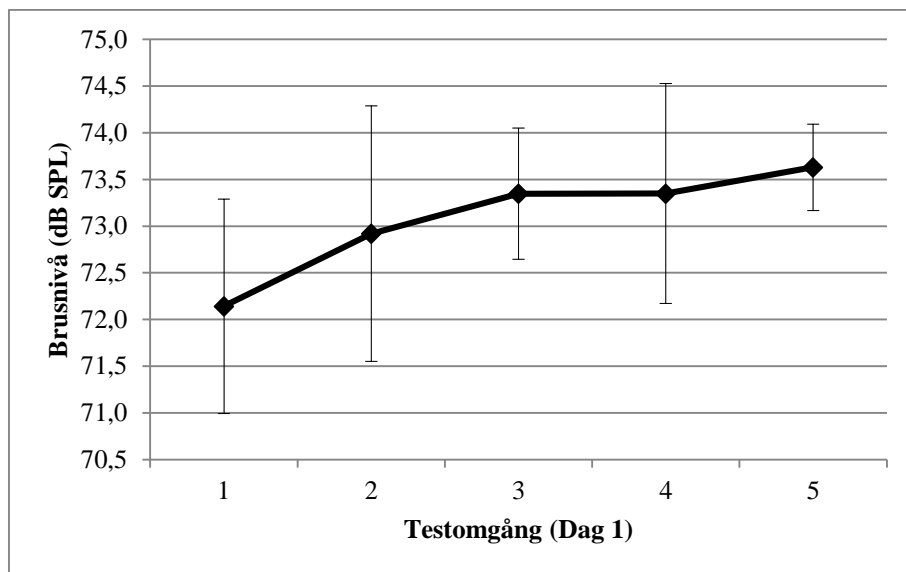
3.1.1. Metod

Gruppen i experiment 1 bestod av fem forskningspersoner (varav tre kvinnor) i åldrarna 22-29 år (MV= 24,2, SD= 3,19), alla med svenska som modersmål. Forskningspersonerna rekryterades från uppsatsförfattarnas bekantskapskrets. Samtliga forskningspersoner hade normal hörsel (TMV4 <20 dB HL) och otoskopering genomfördes utan anmärkning. Luftledningströsklar uppmättes enligt modifierad Hughson-Westlake med audiometer GSI-66 och hörtelefon TDH39, kalibrerade inför studien. Ingen av deltagarna rapporterade några allvarliga tinnitusbesvär i formuläret *Tinnitus Handicap Inventory* (THI) (Newman, Jacobson & Spitzer, 1996; Newman, Sandridge & Jacobson, 1998). Totalpoängen i THI var mellan 0-18 (MV= 3,6, SD= 8,05) av max 100. Deltagarna utförde SiimpL med hörtelefon Sennheiser HD 650. Utnivån för hörtelefonen kontrollerades inför varje deltagare med multimeter UNI-T UT58B. Under kontroll av utnivåer varierade värdena för höger mellan 0,196-0,198 V (MV= 0,197, SD= 0,0004) och för vänster mellan 0,202-0,203 V (MV= 0,202, SD= 0,0005).

Efter audiologisk utvärdering genomförde testdeltagarna SiimpL i BR-brus utan simulerat hörselskydd fem gånger om dagen i fem efterföljande dagar. Innan det första testet varje dag fick forskningspersonerna lyssna igenom orden en gång för att bekanta sig med ordmaterialet innan testet startade. Mellan de fem testerna som gjordes varje dag fick deltagarna en cirka fem minuters paus för att motverka uttrötningseffekter. Testdeltagarna genomförde också uppföljningstester cirka två och sex veckor efter den sista av de fem testsessionerna. En forskningsperson uteblev från omtest efter sex veckor.

3.1.2. Resultat

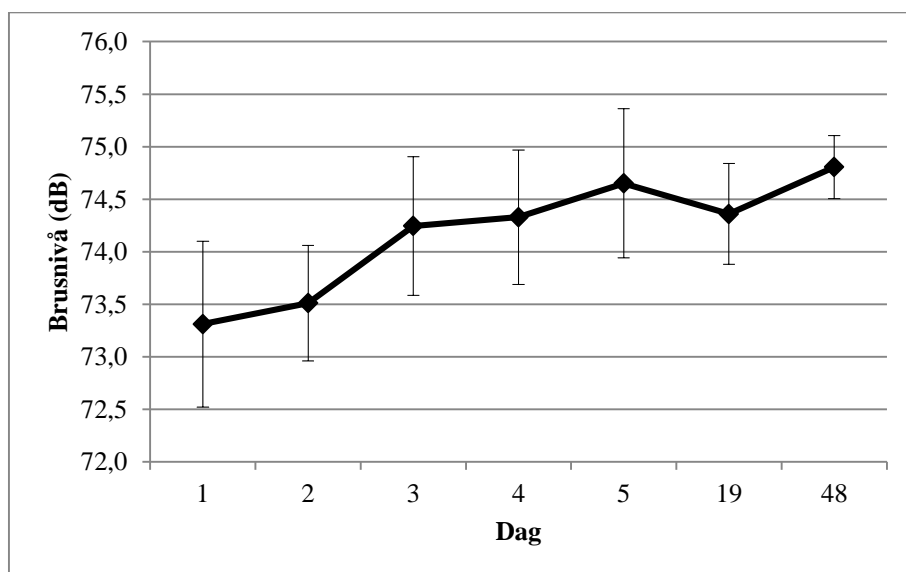
För analys av korttidsinläring av SiimpL sammanställdes gruppens medelvärde för de fem testomgångarna deltagarna genomförde under dag ett (figur 5). Analysen är relevant för att undersöka hur inläring av ordmaterial och procedur under de första fem testomgångarna påverkar resultatet för en forskningsperson som testas med SiimpL för första gången.



Figur 5. Hela gruppens medelvärde (± 1 SD) per testomgång dag ett.

Vid tvåsidigt t-test för parvisa stickprov fanns statistiskt signifikant skillnad endast mellan testomgång ett (MV= 72,14, SD= 1,15) och fem (MV= 73,63, SD= 0,46); $t(4) = -2,918$, $p = 0,043$. Den största förbättringen (0,78 dB) mellan två efterföljande testomgångar skedde mellan den första och andra omgången. Förbättringen avtar mellan efterföljande testomgångar.

För analys av långtidsinläring av Siimpl exkluderades testomgång ett för varje dag innan resultaten sammanställdes som gruppens medelvärde per testdag (figur 6).



Figur 6. Hela gruppens medelvärde (± 1 SD) per dag. Testomgång ett för varje dag är exkluderad.

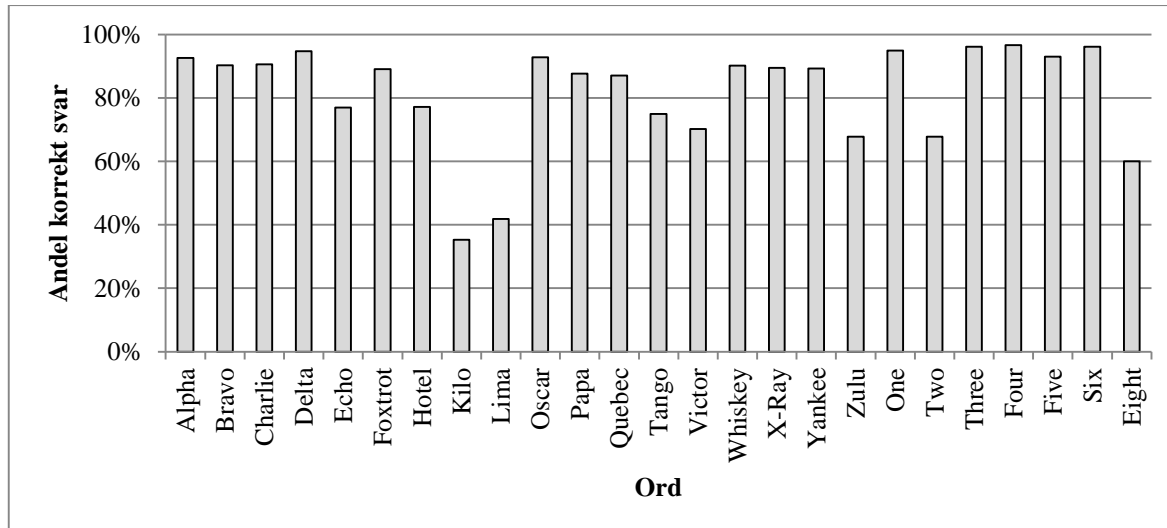
De enskilda forskningspersonernas resultat medelvärdesbildades per dag och tvåsidigt t-test för parvisa stickprov utfördes. Ingen statistiskt signifikant skillnad fanns mellan dag ett och två eller mellan dag ett och tre. Statistiskt signifikant skillnad uppträdde mellan dag två (MV= 73,51, SD= 0,55) och tre (MV= 74,25, SD= 0,66); $t(4) = -5,580$, $p = 0,005$. Noterbart är att resultatet från dag fem höll i sig även efter sex veckor. Skillnader mellan dagarna samt statistiskt signifikanta skillnader redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Differens i dB för hela gruppens medelvärde per dag, testomgång ett exkluderad (rad subtraherat kolumn). Statistiskt signifikant skillnad ($p < 0,05$) markerad med *.

Dag	1	2	3	4	5	19	48
1	0						
2	0,20	0					
3	0,94	*0,74	0				
4	1,02	*0,82	0,08	0			
5	1,34	*1,14	*0,40	*0,32	0		
19	1,05	*0,85	0,11	0,03	-0,29	0	
48	1,50	*1,30	0,56	0,48	0,16	0,45	0

De medelvärden som presenteras i figur 6 är uträknade från 18 vändpunkter. Vid Levenes test för skillnad i varians mellan genomsnittlig intensitetskvot bildad från 18 och 16 vändpunkter fanns ingen statistiskt signifikant skillnad ($F = 1,161$, $p = 0,282$). Statistisk signifikant skillnad i varians fanns när medelvärde beräknat från 18 och 14 vändpunkter jämfördes ($F = 4,644$, $p = 0,032$). Det genomsnittliga resultatet i dB SPL för alla tester medelvärdesbildat på 18, 16 och 14 vändpunkter var 73,72, 73,71 respektive 73,73.

När alla testomgångar togs med i analys av tidsåtgång tog en testomgång mellan 210-483 sekunder ($MV = 308$, $SD = 50$). Under dag ett tog en testomgång mellan 287-483 sekunder ($MV = 354$, $SD = 47$) och under dag fem tog en testomgång mellan 210-435 sekunder ($MV = 290$, $SD = 50$). Tidsåtgången för ett test förkortades i genomsnitt med 64 sekunder mellan dag ett och fem, vilket var en statistiskt signifikant förändring, $t(48) = 4,680$, $p < 0,001$.



Figur 7. Figuren visar andel korrekt svar per ord i experiment 1.

Vid analys av ordmaterialet (figur 7) var andelen korrekt svar per ord mellan 35,3% för *Kilo* och 96,6% för *Four* ($MV = 0,817$, $SD = 0,166$). Två ord, *Kilo* och *Lima*, skilde sig från övriga med en låg andel korrekta svar: 35,3% respektive 41,9%. En anekdotisk kommentar är att flera forskningspersoner påpekade att det var svårt att höra skillnad mellan just *Kilo* och *Lima*.

3.2. Experiment 2

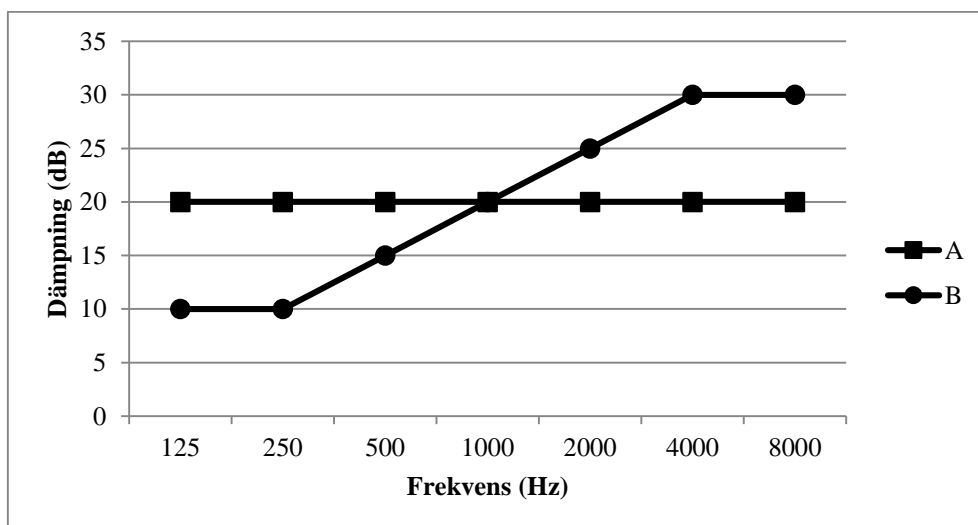
Huvudsyftet med experiment 2 var att undersöka om skillnader med, utan och mellan olika hörselskydd i olika brus kunde påvisas med SiimpL. Efter analys av resultaten i experiment 1 gjordes två modifieringar i SiimpL-metoden. Nivån för orden *Kilo* och *Lima* förstärktes med 2 dB eftersom de verkade vara betydligt svårare att uppfatta än övriga ord. I experiment 2 avslutas ett test efter att 16 vändpunkter registrerats istället för 18. Variansanalys av medelvärdesbildningen som utfördes i experiment 1 påvisade ingen statistiskt signifikant skillnad mellan 16 och 18 vändpunkter. Därför syftar experiment 2 även till att undersöka tidsåtgången för testet när medelvärdesbildningen sker på 16 vändpunkter istället för 18 och hur andelen korrekta svar för de olika orden påverkas efter modifieringen av talmaterialet.

3.2.1. Metod

Gruppen i experiment 2 bestod av 20 forskningspersoner (varav 11 kvinnor) alla med svenska som modersmål. Forskningspersonerna rekryterades från uppsatsförfattarnas bekantskapskrets. Åldern för forskningspersonerna var mellan 19-37 år (MV= 26,3, SD= 4,51). Otoskopering, audiometri och tinnitusutvärdering utfördes på samma sätt som i experiment 1. Alla forskningspersoner hade normal hörsel (TMV4 <20 dB HL) och rapporterade inga tinnitusbesvär i THI (0-8 poäng av max 100, MV= 1,50 SD= 2,82). På grund av olämplig mätmiljö testades en forskningsperson om sex veckor efter det första mättillfället. Endast resultatet från den senaste mätningen inkluderades i studien.

Inför varje forskningsperson kontrollerades utnivån för hörtelefonerna med multimeter UNI-T UT58B. Värdena för höger varierade mellan 0,196-0,198 V (MV= 0,197, SD= 0,0005) och för vänster mellan 0,201-0,203 V (MV= 0,202, SD= 0,0006).

I experiment 2 användes två simulerade hörselskydd i olika brus. Bruserna som användes var BR och VR (figur 3). Hörselskydd A var ett rakdämpande skydd med 20 dB dämpning över hela frekvensområdet. Hörselskydd B gav 10 dB dämpning upp till 250 Hz och ökning av dämpning till 30 dB vid 4000 Hz och högre frekvenser (figur 8).



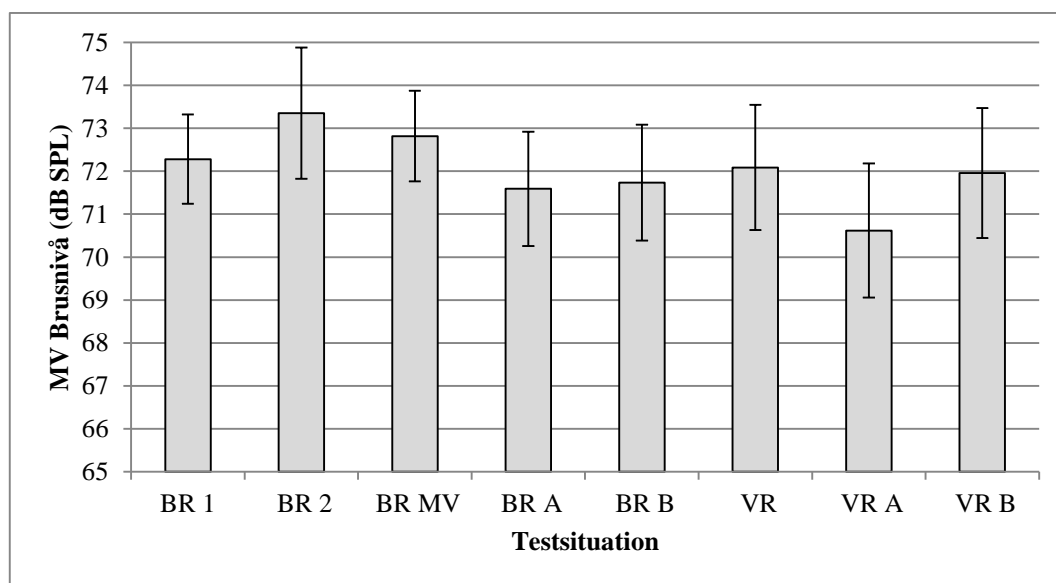
Figur 8. De simulerade hörselskyddens dämpningskaraktäristik.

Forskningspersonerna inledde testsessionen med att lyssna igenom ordmaterialet en gång för att bekanta sig med orden. Därefter genomfördes sju test: BR utan hörselskydd (BR 1), BR med hörselskydd A, BR med hörselskydd B, BR utan hörselskydd (BR 2), VR utan hörselskydd, VR med hörselskydd A och VR med hörselskydd B. De olika testen benämns fortsättningsvis som testsituationer. Ordningen för hörselskydden alternerades mellan forskningspersonerna.

3.2.2. Resultat

Resultaten i experiment 2 sammanställdes som hela gruppens medelvärde för varje testsituation (figur 9). Medelvärdet för testsituationerna BR 1 (72,28 dB SPL) och BR 2 (73,35 dB SPL) räknades ut till BR MV (72,82 dB SPL) för att användas till jämförelser i BR utan och med hörselskydd. Genom att medelvärdesbilda test ett och fyra i ordningen minimeras inlärningseffekten mellan testerna och värdet för BR MV blir en bättre jämförelse till BR A och BR B som var test två och tre i ordningen.

Levenes test för skillnad i varians visade ingen statistiskt signifikant skillnad mellan någon av testsituationerna ($p > 0,05$). Det innebär att den individuella variansen var lika stor inom de olika testsituationerna vilket är en indikation på att SiimpL är stabilt mellan testsituationer.



Figur 9. Hela gruppens medelvärde (± 1 SD) per testsituation.

Vid tvåsidigt t-test för parvisa stickprov påvisades en statistisk signifikant skillnad mellan BR MV (MV= 72,82, SD= 1,06) och både BR A (MV= 71,59, SD= 1,33); $t(19) = 3,758$, $p = 0,001$ och BR B (MV= 71,73, SD= 1,35); $t(19) = 2,985$, $p = 0,008$. Detta innebär att i BR minskar båda hörselskydden den brusnivå som tolereras innan taluppfattningen påverkas. I genomsnitt tolererades 1,23 dB mindre BR-brus med hörselskydd A och 1,09 dB med hörselskydd B. Det fanns ingen statistiskt signifikant skillnad mellan de båda skydden i BR, $t(19) = -0,427$, $p = 0,674$.

I VR brus fanns ingen statistiskt signifikant skillnad mellan VR (MV= 72,09, SD= 1,46) och VR B (MV= 71,96, SD= 1,51); $t(19) = 0,269$, $p = 0,791$. VR A (MV= 70,62, SD= 1,56) gav en statistiskt signifikant skillnad, $t(19) = 3,059$, $p = 0,006$ jämfört med VR och det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan de båda skydden, $t(319) = -3,704$, $p = 0,002$. Det innebär

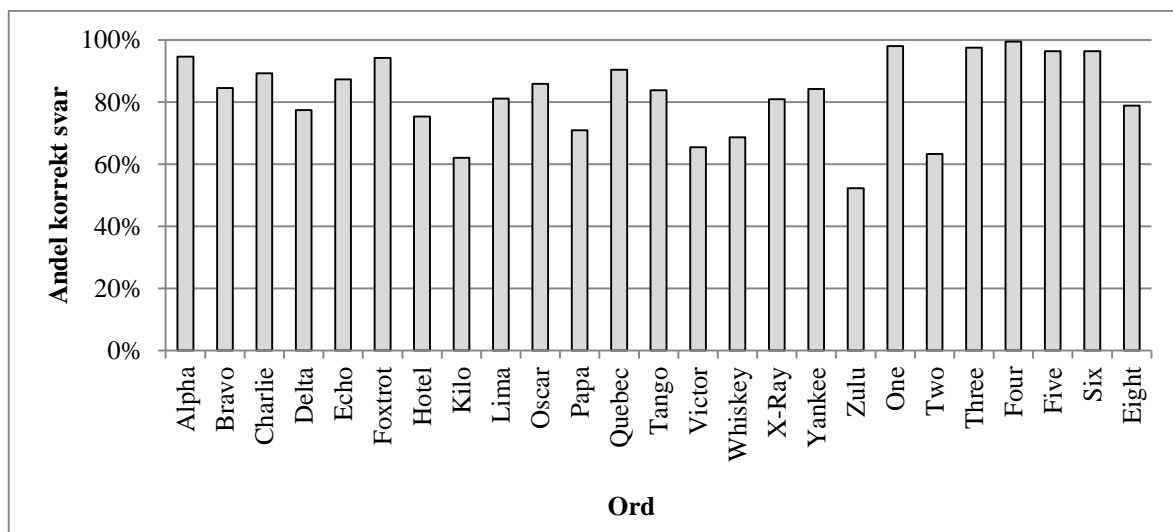
att hörselskydd B skulle vara fördelaktig att använda i VR-brus framför hörselskydd A. I genomsnitt tolererar gruppen 1,34 dB mer VR-brus med hörselskydd B än A. Ses resultaten som SNR klaras ett SNR på -13,62 dB med hörselskydd A jämfört med -14,96 dB med hörselskydd B. Skillnader mellan jämförbara testsituationer redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Skillnad i brusnivå (dB) för testsituationer (utan hörselskydd i BR uträknat från BR MV). Statistiskt signifikant skillnad ($p < 0,05$) markerad med *.

	Utan skydd-A	Utan skydd-B	A-B
BR	*1,23	*1,09	0,14
VR	*1,43	0,13	*-1,34

En testomgång tog mellan 188-547 sekunder ($MV = 289$, $SD = 62$) för deltagarna i experiment 2. Vid jämförelse med dag ett från experiment 1 gick en testomgång i genomsnitt 65 sekunder snabbare när 16 vändpunkter registrerades istället för 18 innan en testomgång avslutades. Förändringen är statistiskt signifikant med $t(163) = 4,926$, $p < 0,001$.

För alla testsituationer som utfördes i experiment 2 var andelen korrekt svar per ord mellan 52,3% för *Zulu* och 99,5% för *Four* ($MV = 0,824$, $SD = 0,129$) (figur 10).



Figur 10. Andelen korrekta svar per ord i alla testsituationer.

För testsituation BR 1 och BR 2, de testsituationer som kan jämföras med samma analys för experiment 1, var andelen korrekt svar per ord mellan 52,2% för *Victor* och 99,2% för *Six* ($MV = 0,826$, $SD = 0,120$). Efter att ha förstärkt *Kilo* och *Lima* med 2 dB var andel korrekt svar 66,7% respektive 69,4% för orden. En ökning med 31,4 respektive 27,5 procentenheter jämfört med innan förstärkningen.

3.3. Experiment 3

Syftet med experiment 3 var att undersöka om markanta skillnader mellan hörselskydd A och B som påvisades i experiment 2 gav statistiskt signifikanta skillnader mellan hörselskydd för individuella forskningspersoner.

3.3.1. Metod

Forskningspersonerna i experiment 3 värvades från experiment 2. De tillfrågades därför att de var bland dem som visade störst skillnad mellan hörselskydd A och B. Experiment 3 utfördes ca en månad efter experiment 2. Fyra personer (varav två kvinnor) ställde upp på ytterligare tester i VR. Åldern för dessa var 22-26 år (MV= 24,75, SD= 1,89). Två personer (båda kvinnor) ställde upp på ytterligare tester i BR. Åldern för dessa var 19-20 år (MV= 19,5, SD= 0,70). De som testades i VR hade i experiment 2 en skillnad mellan hörselskydden (B-A) mellan 1,77–4,09 dB (MV= 2,96, SD= 0,99) för den brusnivå som tolererades. De som testades i BR hade i experiment 2 en skillnad på (B-A) 2,61 dB respektive 2,77 dB (A-B).

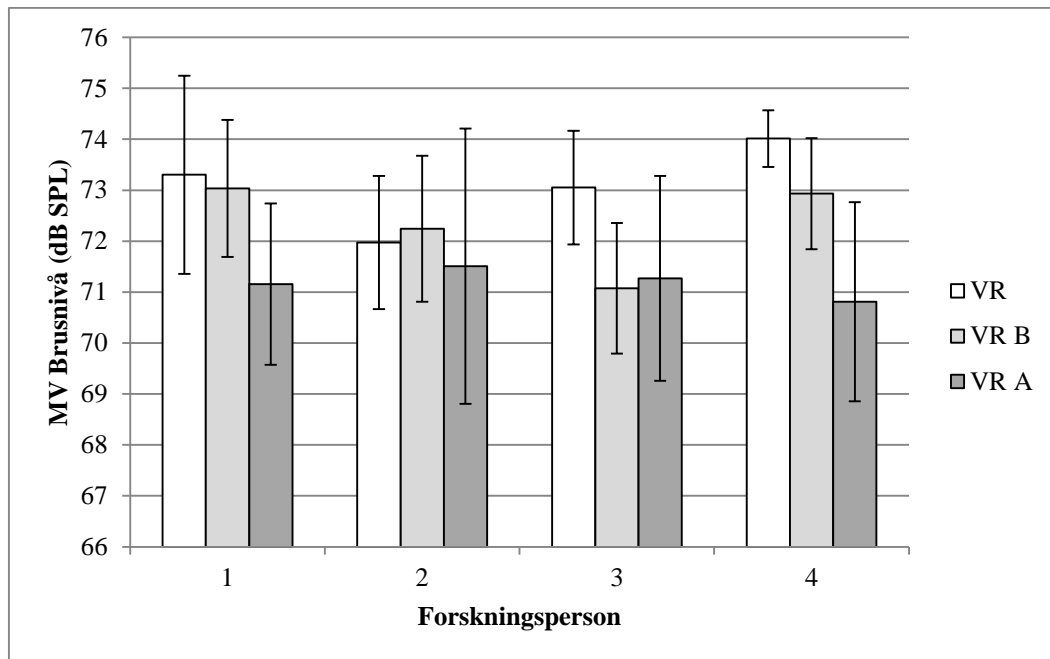
De olika testsituationerna presenterades i två omgångar, ordningen var: Inget hörselskydd, A B, A, B, inget hörselskydd och omvänd ordning för hörselskydden den andra omgången. Dessutom alternerades ordningen på omgångarna mellan forskningspersoner. Totalt utförde varje forskningsperson 12 testomgångar. I övrigt utfördes testet på samma sätt som under experiment två.

Inför varje forskningsperson kontrollerades utnivån för hörtelefonerna med multimeter UNI-T UT58B. Värdena för höger varierade mellan 0,197-0,198 V (MV= 0,197, SD= 0,0005) och för vänster mellan 0,202-0,203 V (MV= 0,202, SD= 0,0006).

3.3.2. Resultat

Vid tvåsidigt t-test för oberoende stickprov för hela gruppen som gjorde tester i VR fanns statistiskt signifikanta skillnader mellan VR (MV= 73,09, SD= 1,43) och VR A (MV= 71,19, SD= 1,95); $t(38)= 3,516$, $p= 0,001$. Statistiskt signifikant skillnad fanns också mellan VR A och VR B (MV= 72,32, SD= 1,43); $t(38)= 2,101$, $p= 0,042$, uträknat med data från alla gånger forskningspersonerna genomfört respektive testsituation under studien.

För de enskilda forskningspersonerna sammanställdes resultaten som medelvärde för de olika testsituationerna (figur 11). Statistiskt signifikant skillnad fanns för person 3 mellan VR (MV= 73,05, SD= 1,11) och VR B (MV= 71,08, SD= 1,28); $t(8)= 2,604$, $p= 0,031$. För forskningsperson 4 fanns statistiskt signifikant skillnad mellan VR (MV= 74,01, SD= 0,56) och VR A (MV= 70,81, SD= 1,96); $t(8)= 3,518$, $p= 0,008$.



Figur 11. Medelvärde för de olika testsituationerna per forskningsperson.

Forskningspersonerna med störst skillnad mellan VR A och VR B i experiment 2 valdes ut till experiment 3 och det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan VR A och VR B för dem som grupp. Ändå kunde det för de individuella forskningspersonerna inte påvisas en statistiskt signifikant skillnad mellan de båda hörselskydden på 5 %-nivå. Värt att rapportera är att forskningsperson 1 hade skillnad mellan VR A (MV= 71,15, SD= 1,58) och VR B (MV= 73,03, SD= 1,34); $t(8)= 2,025$, $p= 0,077$ och forskningsperson 4 en skillnad mellan VR A (MV= 70, 81, SD= 1,96), och VR B (MV= 72,93, SD= 1,09); $t(8)= 2,117$, $p= 0,067$. Det vill säga en signifikansnivå på 7,7 % respektive 6,7 %.

För de som genomförde testerna i BR fanns inga statistiskt signifikanta skillnader mellan någon av testsituationerna, varken för de individuella forskningspersonerna eller de båda som grupp.

4. RESULTATSAMMANFATTNING

- Efter fem testomgångar uppnådde forskningspersonerna i experiment 1 en statistiskt signifikant förbättring (~1,5 dB) under dag ett.
- För att undersöka långtidsinläring under experiment 1 exkluderas testomgång ett. Statistiskt signifikant förbättring (<1 dB) sågs efter tre dagar. Inga statistiskt signifikanta skillnader uppträdde efter dag tre.
- Variansanalys av resultaten som intensitetskvot visade ingen statistiskt signifikant skillnad mellan 16 och 18 vändpunkter i medelvärdesbildningen. När 16 vändpunkter registrerades jämfört med 18 i en testomgång minskade tidsåtgången i genomsnitt med 65 sekunder.
- I experiment 2 fanns statistiskt signifikanta skillnader med och utan hörselskydd i BR-brus. Inga statistiskt signifikanta skillnader påvisades mellan hörselskydd A och B i BR-brus.

- I experiment 2 fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan hörselskydd A och utan hörselskydd i VR-brus. Forskningspersonerna tolererade en lägre brusnivå med hörselskydd A jämfört med hörselskydd B. Ingen skillnad mellan hörselskydd B och utan hörselskydd kunde påvisas.
- Båda hörselskydden sänkte brusnivån som forskningspersonerna tolererade i BR och VR jämfört med inget hörselskydd i experiment 2.
- Levenes test för skillnad i varians visade inga statistiskt signifikanta skillnader mellan de olika testsituationerna i experiment 2, vilket indikerar att SiimpL är stabilt mellan testsituationer.
- I experiment 3 fanns statistiskt signifikanta skillnader mellan VR och VR B för forskningsperson tre och mellan VR och VR A för forskningsperson fyra. Det kunde inte påvisas skillnader mellan hörselskydden på 5 % signifikansnivå hos individuella forskningspersoner.
- Efter viss modifiering av talmaterialet inför experiment 2 var svårighetsgraden mellan de olika ord som användes relativt jämn bortsett från fem ord som var över 95 % korrekt svar (*One, Three, Four, Five* och *Six*).

5. DISKUSSION

Resultaten i studien besvarar de frågeställningar som formulerades tidigare. Resultaten diskuteras nedan utifrån frågeställningarna med förslag på framtida studier och klinisk relevans i fokus.

5.1. Stabilitet

För att undersöka SiimpL:s stabilitet mellan testsituationer i experiment 2 utfördes Levenes test för skillnad i varians. Ingen statistiskt signifikant skillnad kunde påvisas mellan någon av testsituationerna ($p > 0,05$). Detta indikerar att skillnaden i resultatet mellan de olika testsituationerna inte beror på stor individuell variation utan att svårighetsgraden för ett test är det som påverkar resultatet för gruppen. Det vore fördelaktigt att utföra en framtida studie med det specifika syftet att undersöka stabiliteten i SiimpL.

5.2. Inläringseffekter inom SiimpL

I experiment 1 fanns att det under dag ett endast skedde en statistiskt signifikant förbättring mellan testomgång ett och fem. Att det inte skedde någon signifikant förändring mellan de första fyra testomgångarna innebär att jämförelsen mellan de fyra första testomgångarna under experiment 2 kan göras utan att inläringseffekter under testning har stor effekt. Det var de omgångarna som gjordes i BR i experiment 2. Testomgång fem, sex och sju i ordningen i experiment 2 gjordes i VR. Troligen påverkade inläring från och med omgång fem inte resultatet i jämförelsen mellan dessa tester då förbättringen mellan efterföljande testomgångar avtog efter testomgång tre i experiment 1.

Det första testet en forskningsperson utförde gav ett något lägre resultat, vilket kunde ses både i experiment 1 och för testsituation BR 1 i experiment 2. För att minimera inverkan av detta användes BR MV i jämförelse med och utan hörselskydd i experiment 2, alltså ett medelvärde av omgång ett och fyra i ordningen som jämförelse till omgång två och tre i ordningen. Andra strategier som övervägdes för jämförande var att ge BR 1 en tredjedelsvägning och BR 2 två tredjedels vägning vid medelvärdesbildning eller att endast jämföra med och utan hörselskydd med BR 2. Det hade emellertid inte ändrat resultatet att de båda hörselskydden ledde till en signifikant lägre brusnivå, men att överväga olika tekniker för att hantera detta kan vara relevant inför framtida studier. Med ett större antal forskningspersoner vore det möjligt att balansera testordningen för att eliminera inlärningseffekter på gruppnivå som uppstår till följd av ordningen av de testsituationer som undersöks.

Resultaten från Burk et al. (2006) visade att förbättrad förmåga att uppfatta tal i brus inte är generaliserbar till andra ordmaterial än det tränade och Song et al. (2011) visade att det krävs omfattande träning för att förbättra förmågan. Med detta som bakgrund går det att med relativt stor säkerhet säga att de förbättringar som sker inte beror på att forskningspersonernas förmåga att uppfatta tal i brus förbättrats.

Med stor sannolikhet var orsaken till en viss men inte signifikant skillnad mellan testomgång ett och efterföljande omgångar under dag ett i experiment 1 inlärning av testproceduren liknande resultatet i Yund & Woods (2010). Det vill säga att forskningspersonerna som utförde testet bekantade sig med svarsmodulen och testets utformning. Troligen beror den förbättring som sker mellan dag två och tre i analysen av långtidsinlärning på inlärning av ordmaterialet. Det vill säga att forskningspersonerna bekantat sig med ordmaterialet tillräckligt för att lättare kunna urskilja enskilda ord i bakgrundsbrus. Brusnivån borde därmed vara den dominerande begränsande faktorn för ordidentifiering. Att inlärning av ordmaterialet skulle ske under dag tre liknar det resultat som presenteras i Yund & Woods (2010).

Analysen visar att generellt är inlärningseffekter under SiimpL inte så stora eller oförutsägbara att de har en signifikant påverkan på resultatet vid ett fåtal tester. Inlärningseffekter bör tas i beaktande vid flera efterföljande testomgångar förslagsvis genom att inte använda den första testomgången för jämförelser. I denna studie fick varje forskningsperson lyssna igenom orden en gång innan testet startade. Detta vore möjligt och fördelaktigt att ersätta med en aktiv introduktion där hela ordmaterialet och proceduren presenteras.

Experiment 1 utfördes endast i en testsituation, BR-brus utan hörselskydd. Det är svårt att dra några generella slutsatser om hur den statistiskt signifikanta förbättring som sågs mellan dag två och dag tre påverkar det resultatet som eftersöks med SiimpL, alltså skillnad mellan hörselskydds påverkan på taluppfattning. En framtida studie som undersöker hur förhållandet mellan olika testsituationer påverkas av flera efterföljande dagar av tester vore intressant för att vidare kartlägga inlärningseffekter i metoden.

5.3. Tidsåtgång

Den uppmätta tiden i testomgångarna med 16 vändpunkter i medelvärdesbildningen var 65 sekunder snabbare än med 18 vändpunkter. Värt att notera är att om jämförelsen hade gjorts mellan dag fem i experiment 1 och alla testomgångar i experiment 2 hade förbättringen endast varit en sekund. Det tyder på att träning av proceduren har stort inflytande på tidsåtgången. En

grupp som testas intensivt med 16 vändpunkter kan troligen minska tidsåtgången ytterligare. Att tidsåtgången för SiimpL kan kortas ner utan konsekvens för stabiliteten i resultatet är en fördel om jämförelser mellan olika testsituationer i framtida studier ska utföras med en fokusgrupp.

5.4. Jämförelse mellan hörselskydd

Resultatet i denna studie tyder på att SiimpL kan användas för att se skillnader mellan hur hörselskydd påverkar taluppfattning i brus då det på gruppnivå kunde påvisas statistiskt signifikanta skillnader i VR. Detta innebär att SiimpL i framtiden skulle kunna användas för att klassificera hörselskydd eller rekommendera hörselskydd som är fördelaktiga för taluppfattning i specifika buller.

I alla testsituationer i experiment 2 gjorde simulerade hörselskydd att forskningspersonerna tolererade lägre brusnivåer innan taluppfattningen påverkades. Det var endast i VR-brus en statistiskt signifikant skillnad mellan hörselskydden kunde påvisas. Till skillnad från litteraturen där hörselskydd med rak dämpningskaraktäristik var de mest gynnsamma (Candido Fernandes, 2003; Hashimoto et al., 1996) så visade resultaten i experiment 2 det motsatta. En trolig förklaring är att VR innehåller mer ljudenergi vid höga frekvenser och att hörselskydd B minskar mer av den högfrekventa delen av störsignalen med den ökade dämpningen från 1 kHz och uppåt samtidigt som mer information lämnas kvar under 1 kHz. Den raka dämpningen hos hörselskydd A dämpade inte det höga frekvensinnehållet lika effektivt. I BR, som innehöll mer lågfrekvent ljudenergi, var det område där hörselskyddens dämpning skiljde sig som mest troligtvis inte tillräckligt bidragande för taluppfattning för att det skulle vara möjligt att påvisa skillnader mellan skydden. Eftersom hörselskydd A i studien är simulerat och har en onaturligt rak dämpning där skyddet inte påverkar frekvensinnehållet i signalen utan bara ger en nivåsenkning, så kan en annan förklaring till försämringen som skyddet ger vara att delar av talet närmar sig hörtröskeln. Resultatet visar att överdämpning kan vara ett problem för normalhörande även med perfekt raddämpande hörselskydd.

I experiment 3 kunde inga statistiskt signifikanta skillnader mellan hörselskydden ses på individnivå. Däremot kunde en statistiskt signifikant skillnad ses med och utan hörselskydd för två forskningspersoner. Det vore intressant att i framtida studier testa SiimpL med andra brusparametrar och hörselskydd med olika dämpningskaraktäristik för att se om individuella skillnader tydliggörs. Det vore även intressant att testa fysiska hörselskydd i ljudfält.

De skillnader mellan hörselskydd som ses med SiimpL kan vara svåra att sätta i ett sammanhang. I den här studien sågs en statistiskt signifikant skillnad mellan VR A och VR B i experiment 2. Med hörselskydd B klarade forskningspersonerna i genomsnitt ett SNR där skillnaden mellan signal och brus var 1,3 dB större än med hörselskydd A. Ett annat resultat var att när orden *Kilo* och *Lima* förstärktes 2 dB ökade andelen gånger de uppfattades korrekt i genomsnitt med 29,5 procentenheter (i BR-brus). Slutsatsen är att även om en skillnad på 1,3 dB i SNR mellan VR A och VR B kan verka liten är skillnaden med hänsyn till taluppfattning knappast försumbar.

5.5. SiimpL och hörsel

Sannolikt är bullerskador (och även åldersrelaterad HNS) vanligt förekommande i den population som är målgrupp för hörselskyddsanvändning. I denna studie deltog endast forskningspersoner med normal hörsel vilket väcker frågan hur resultaten för en forskningsperson med HNS ser ut. Ett möjligt problem för forskningspersoner med HNS som ska utföra SiimpL är att talnivån i testet blir för låg. För måttliga HNS bör en modifiering av talnivån vara tillräckligt för att testet ska vara användbart för att se skillnad mellan hörselskydd. Dock är det viktigt att ökningen av talnivån inte blir så stor att testet mister sin relevans för jämförelse till verkliga situationer. Som studien av Lazarus (2005) visade är hörselskyddsanvändning för forskningsperson med HNS problematisk och för de med hörtrösklar över 20-30 dB HL försvårar hörselskydd detektering av signaler. Det vore därför intressant att undersöka vilka resultat SiimpL skulle ge för forskningspersoner med HNS. En sådan studie kan resultera i förslag på relevanta modifieringar för att optimera SiimpL även för icke-normalhörande.

5.6. Ordmaterial

För alla taluppfattningstest är ordmaterialet som används avgörande för ett bra test, så också för SiimpL. Ordmaterialiet i SiimpL är anropsord från det militära, trots det är flera av orden vanligt förekommande i det engelska talade språket. Framförallt räkneorden, med också bland annat orden *Hotel* och *Bravo* och namn (*Charlie*, *Victor*, *Oscar*) bör inte vara okända för en engelsktalande. Det leder till att SiimpL med ordmaterialet som användes i denna studie generellt bör ses som ett engelskspråkigt test.

Det begränsade ordmaterialet som används i metoden kan inte sägas täcka alla aspekter av normalt tal. Eftersom syftet med metoden i första hand är att jämföra olika situationer, till exempel med och utan hörselskydd eller påverkan av olika skydd, kan denna begränsning vara acceptabel.

Analysen av korrekt svar per ord som gjordes i studien visade att svårighetsgraden mellan de olika orden är förhållandevis jämn bortsett från fem ord (*One*, *Three*, *Four*, *Five* och *Six*). Att dessa är lättare att uppfatta kan bero på att de är räkneord kända även för svensktalande. Dessa ord är dessutom enstaviga, vilket ger färre möjliga svarsalternativ om ett enstavigt ord uppfattas men inte kan identifieras. Det är dock svårt att dra några generella slutsatser om hur forskningspersonernas kunskaper i engelska påverkar resultatet. Det ska även påpekas att presentationen av orden är randomiserad, vilket gör att det krävs många datapunkter för analys av andel korrekt svar för att variansen av randomiseringen inte ska förskjuta enskilda ord.

Framtida studier skulle behövas för att justera svårighetsgraden i det ordmaterial som användes i den här studien. Det vore även intressant att undersöka hur en annan syntetiserad eller inspelad talare skulle påverka resultatet.

5.7. Jämförelse - taluppfattningstester

Konsonantidentifiering är viktigt för taluppfattning men resultaten i Abel & Spencer (1999) visar att taluppfattningstester med konsonantdiskriminering (till exempel FAAF och MRT) inte är användbara för att påvisa skillnader mellan olika hörselskydd. Detta indikerar att

ordmaterialet i SiimpL är användbart för jämförelser trots att det inte innehåller ordpar där konsonanter är betydelseskiljande.

Eftersom Quick-SIN och HINT främst används som diagnostiska verktyg är de SNR som används anpassade till att testa individer med HNS och är därmed lättare för normalhörande. De positiva SNR som till exempel Quick-SIN testar (+25 till 0 dB) är inte användbara för att jämföra hörselskydd. För att uppnå störst nytta för taluppfattning ska hörselskydd användas i negativa SNR i hänsyn till talsignal (Candido Fernandes, 2003).

Resultaten i HINT presenteras som det SNR där en forskningsperson uppfattar 50 % av orden och Quick-SIN ger hur mycket bättre SNR en forskningsperson med HNS behöver för att uppfatta 50 % av orden jämfört med normalhörande. Båda resultaten är svårtolkade i förhållande till hörselskydds-användning.

De övriga testen har ett ordmaterial som i högre utsträckning liknar naturligt tal. SiimpL:s metod gör det inte möjligt att ta hänsyn till vissa delar av det sammanhängande flöde som vanligtvis utgör tal och ger ledtrådar för tolkning. Det vore därför intressant att göra jämförande studier med SiimpL och andra metoder som mäter taluppfattning, framför allt med HINT.

6. SLUTSATS

Denna studie indikerar att SiimpL är stabilt mellan olika testsituationer. Inlärningseffekter förekommer men påverkar inte resultatet signifikant vid ett fåtal tester. Effekten av procedurinlärning bör kunna motverkas med en aktiv introduktion av ordmaterial och procedur.

Statistiskt signifikanta skillnader kunde påvisas mellan olika hörselskydd i högfrekvent brus och med och utan hörselskydd i lågfrekventa brus. Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan hörselskydd kunde påvisas på individnivå. Däremot fanns statistiskt signifikanta skillnader med och utan hörselskydd för två forskningspersoner. Tidsåtgången för en testomgång kortades ner med 65 sekunder efter att medelvärdesbildningen kunde göras av färre vändpunkter.

Vidare studier behövs för att justera den relativa svårighetsgraden inom ordmaterialet. Andra intressanta aspekter för framtida studier är att utföra *Speech intelligibility impact Level* (SiimpL) med fysiska hörselskydd i ljudfält, använda en grupp forskningspersoner med hörselnedsättning och göra en jämförande studie med andra liknande taluppfattningstest, förslagsvis *Hearing In Noise Test* (HINT).

7. TACK

Stort tack till de forskningspersoner som deltog i studien, handledare Per Hiselius samt Ingrid Lennart och Lucas Holm vid avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi vid Lunds universitet.

8. Referenser

- Abel, S.M., & Spencer, D.L. (1999). Speech understanding in noise with earplugs and muffs in combination. *Applied Acoustics*, 57, 61-68.
- Arbetsmiljöverket (2005). Buller - Föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. *AFS 2005:16*.
- Arbetsmiljöverket (2013). Arbetsskador 2012. *Arbetsmiljöstatistik Rapport 2013:1*.
- Blue-Terry, M. & Letowski, T. (2011). Effects of white noise on Callsign Acquisition Test and Modified Rhyme Test scores. *Ergonomics*, 54, 139-145.
- Burk, M.H., Humes, L.E., Amos, N.E. & Strauser, L.E. (2006). Effect of training on word-recognition performance in noise for young normal-hearing and older hearing-impaired listeners. *Ear & Hearing*, 27, 263-278.
- Candido Fernandes, J. (2003). Effects of hearing protector devices on speech intelligibility. *Applied Acoustics*, 64, 581-590.
- Ciorba, A., Bianchini, C., Pelucchi, S. & Pastore, A. (2012). The impact of hearing loss on the quality of life of elderly adults. *Clinical Interventions in Aging*, 7, 159-163.
- Hashimoto, M., Kumashiro, M. & Miyake, S. (1996). Speech perception in noise when wearing hearing protectors with little low-frequency attenuation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18, 121-126.
- Hickson, L., Phua, S. & McPherson, B. (1995). Use of hearing protection by factory workers: if not, why not? *Journal of Occupational Health & Safety*, 11, 265-270.
- Holt-Lunstad, J., Smith, T.B. & Layton, J.B. (2010). Social relationships and mortality risk: a meta-analytic review. *Public Library of Science Medicine*, 7, 1-20.
- Hällgren, M., Larsby, B. & Arlinger, S. (2006). A Swedish version of the Hearing In Noise Test (HINT) for measurement of speech recognition. *International Journal of Audiology*, 45, 227-237.
- Hörselskadades riksförbund (2009). John Wayne bor inte här - om hörselskadade och hörselvården i Sverige. *Årsrapport 2009*.
- ISO (2004). ISO 11904-2:2004. Acoustics: Determination of sound immersion from sound sources placed close to the ear part 2: Technique using a manikin. *International Organization of Standardization*.
- Lazarus, H. (2005). Signal recognition and hearing protectors with normal and impaired hearing. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 11, 233-250.
- Lin, F.R., Yaffe, K., Xia, J., Xue, Q-L., Harris, T., Purchase-Helzner, E., Satterfield, S., Ayonayon, H.N., Ferrucci, L. & Simonsick, E.M. (2013). Hearing loss and cognitive decline

in older adults. *Journal of the American Medical Association Internal Medicine*, 173, 293-299.

Nelson, D.I., Nelson, R.Y., Concha-Barrientos, M. & Fingerhut, M. (2005). The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 441-458.

Newman, C.W., Jacobson, G.P. & Spitzer, J.B. (1996). Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Archives of Otolaryngology - Head & Neck Surgery*, 122, 143-148.

Newman, C.W., Sandridge, S.A., Jacobson, G.P. (1998). Psychometric adequacy of the Tinnitus Handicap Inventory (THI) for evaluating treatment outcome. *Journal of the American Academy of Audiology*, 9, 153-160.

Olsen, W.O. (1998). Average speech levels and spectra in various speaking/listening conditions: A summary of the Pearson, Bennett, & Fidell (1977) report. *American Journal of Audiology*, 7, 21-25.

Patel, D.S., Witte, K., Zuckerman, C., Murray-Johnson, L., Orrego, V., Maxfield, A.M., Meadows-Hogan, S., Tisdale, J. & Thimons, E.D. (2001). Understanding barriers to preventive health actions for occupational noise-induced hearing loss. *Journal of Health Communication: International Perspectives*, 6, 155-168.

Socialstyrelsen (2005). Höga ljudnivåer. *SOSF 2005:7*.

Song, J.H., Skoe, E., Banai, K. & Kraus, N. (2011). Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms. *Cerebral Cortex*, 22, 1180-1190.

Van Kempen, E.E.M.M., Kruize, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Staatsen, B.A.M & de Hollande, A.E.M. (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 110, 307-317.

Yousefi Rizi, H.A. & Hassanzadeh, A. (2013). Noise exposure as a risk factor of cardiovascular diseases in workers. *Journal of Education and Health Promotion*, 2, 1-5.

Yund, E.W. & Woods, D.L. (2010). Content and procedural learning in repeated sentence tests of speech perception. *Ear & Hearing*, 31, 769-778.