MEDICINSKA FAKULTETEN
Lunds universitet
Avdelningen för Logopedi, Foniatri och Audiologi
Institutionen för Kliniska Vetenskaper Lund

Samband mellan taluppfattning och rak dämpning i hörselskydd

Kristina Jadner
Camilla Olofsson
Petra Åkerfeldt

Audionomutbildningen, 2005
Vetenskapligt arbete, 20 poäng

Handledare: Per Hiselius och Erling Nilsson

SAMMANFATTNING

Syftet med denna studie var att undersöka om det fanns ett samband mellan bra taluppfattning och frekvensoberoende (rak dämpning) i hörselskydd. Ett annat syfte var att undersöka om det fanns någon skillnad på taluppfattningen mellan normalhörande och hörselskadade vid objektiva och subjektiva taluppfattningstester med simulerade hörselskydd, där talet var blandat med talvägt brus. I undersökningen användes fyra olika hörselkåpor, vars dämpning var simulerad i testmaterialet: Bilsom 717, Bilsom 817, Bilsom 717 med modifierad dämpning på 4000 Hz samt ett fiktivt hörselskydd. Lennart Magnussons CD-skiva "Tal i brus", där talet är mixat med talvägt brus och med signal/brusförhållande +4 dB, låg till grund för det testmaterial som användes i undersökningen. CD-skivan användes dels i ett objektivt test där försökspersonerna fick upprepa ord och dels i ett subjektivt test där försökspersonerna fick göra parvisa jämförelser och avgöra med vilket hörselskydd de lättast kunde avgöra vad som sades. Totalt deltog 32 försökspersoner som var uppdelade i två grupper. 22 personer ingick i gruppen med normalhörande och 10 personer ingick i gruppen med hörselskadade. Försökspersonernas ålder varierade mellan 26 och 65 år. De normalhörande hade en lägre medelålder än de hörselskadade. Resultaten i studien var olika för de normalhörande och hörselskadade. Resultatet från studien visar att hörselskadade kräver en rakare dämpning över hela frekvensområdet för att få en bra taluppfattning medan rak dämpning inte är lika viktig för de normalhörande. Skillnaderna i resultaten för de respektive grupperna kan även bero på att medelåldern för de normalhörande var lägre än för gruppen med de hörselskadade.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sida
1. INLEDNING	1
1.1. Olika dämpning i hörselskydd	1
1.2. Talförståelse i buller	2
1.2.1. SNR	3
1.2.2. Signalens nivå jämförd med hörtröskeln	3
1.2.3. Maskeringseffekter	4
1.3. Hörselskyddens påverkan på taluppfattningen	4
1.4. Syfte	5
1.4.1. Frågeställning	5
2. METOD	6
2.1. Pilotstudie	6
2.2. Försökspersoner	6
2.3. Hörselskydd	9
2.4. Testinstrument	9
2.5. Apparatur	10
2.6. Procedur	10
2.6.1. Testförfarande för tonaudiometri	10
2.6.2. Testförfarande för objektivt test	11
2.6.3. Testförfarande för subjektivt test	11
3. RESULTAT	11
3.1. Resultat utifrån frågeställningar	12
3.1.1. Skillnader mellan normalhörande och hörselskadade i respektive test	12
3.1.1.1. Objektivt test	12
3.1.1.2. Subjektivt test	13
3.1.2. Samband mellan objektiva och subjektiva test	14
3.1.3. Samband mellan definition av rak dämpning och bra taluppfattning	14
4. DISKUSSION	19
4.1. Objektivt test	19
4.2. Subjektivt test	20
4.3. Jämförelse av objektivt och subjektivt test	21
4.4. Jämförelse av de olika definitionerna på rak dämpning	21
4.5. Metoddiskussion	22
4.6. Slutsatser	22
TACK	23
REFERENSER	24
BILAGOR	

1. INLEDNING

I dagens samhälle är buller en av de primära orsakerna till att man förvärvar en hörselskada (Fernandes, 2003). Under 2002 anmäldes, enligt Arbetsmiljöverket (2003), 21 541 arbetssjukdomar. Av dessa anmäldes 6 % som bullerskador vilka ofta resulterar i hörselnedsättningar och i vissa fall även i tinnitus. För att undvika hörselskador i bullriga miljöer är den vanligaste metoden att använda hörselskydd. Enligt rekommendationer från Arbetarskyddsstyrelsens regler AFS 1992:10 Buller anges:

> "Den genomsnittliga ljudnivån under en 8- timmars arbetsdag får inte överstiga 85 dB (A). Den högsta ljudnivån får inte vara högre än 115 dB (A). Ett kortvarigt ljud (impulsljud) som varar mindre än en sekund får inte vara högre än 140 dB (C).
> (A) = Ljudnivån mätt med ett A- vägningsfilter som efterliknar örats känslighet för olika frekvenser vid svaga ljud.
> (C) = Ljudnivån mätt med ett C- vägningsfilter vilket efterliknar örats känslighet för olika frekvenser vid starka ljud." (sid. 2)

Det finns problem med att övertyga personer som arbetar i bullrig miljö att använda hörselskydd eftersom de upplever det besvärligt att kommunicera då de använder dessa. De anser även att det är problem med att höra varningssignaler av olika slag eller ljud från maskiner som kan vara indikation på att något är fel. En annan orsak till att användaren inte använder hörselskydd hela tiden är att de kan vara obekväma och varma (Liedtke, 2002). En minskning av användningstiden innebär en reducering av skyddseffekten. Denna reducering bidrar till en ökad risk för bullerskador. Då hörselskydd med 30 dB dämpning används når endast 0,1 % av ljudenergin örat. Detta innebär att 1 minut utan hörselskydd ger samma skador som 1000 minuter med hörselskydd (Hiselius, 1999). För att komma tillrätta med dessa problem krävs en produktutveckling av hörselskydd som inriktar sig på brukarens olika krav, såsom komfort, kommunikation, ljudlokalisering och förmåga att uppfatta tal. (Fernandes, 2003; Liedtke, 2002).

1.1 Olika dämpning i hörselskydd

Det finns en mängd olika hörselskydd på marknaden och med få undantag dämpar dessa mest i diskantområdet, 1500-4000 Hz, vilket påverkar taluppfattningen negativt. Det är främst i detta frekvensområde som konsonanternas ljudenergi finns. Konsonanterna är de språkljud som är mest avgörande för att förstå tal. En ny typ av hörselskydd, som är frekvensoberoende och har en rak dämpning över hela frekvensområdet, har utvecklats och finns redan på marknaden. Dessa främjar taluppfattningen eftersom de dämpar mindre i diskantområdet och har mer dämpning i basområdet. Hörselskydd med rak dämpning återger en naturligare ljudbild eftersom dämpningen vid de olika frekvenserna är ungefär den samma, vilket bidrar till att användaren nyttjar hörselskydden mer (Hiselius, 2000).
Traditionella hörselskydd dämpar följaktligen mest i de frekvenser som är kritiska för talförståelsen. Vid dessa frekvenser, 1500-4000 Hz, uppstår även de flesta bullerskador som förknippas med en försämring av hörtröskeln som är mest utpräglad vid 4000 Hz (Gelfand, 2001). Även personer med presbyacusis har en försämring av hörtrösklar i diskantområdet. Resultatet av detta blir att när personer med hörselskador av denna typ använder traditionella hörselskydd får de svårt att uppfatta konsonanterna i talet. Det beror på att konsonanterna finns i det område där hörselskadan förekommer samtidigt som det är här hörselskydden dämpar mest (Hiselius, 1999). En studie gjord av Abel, Alberti, Haythornthwaite och Riko (1982) visade att personer med hörselskador som använder hörselskydd kan få en försämring av taluppfattningen på 50 % jämfört med utan hörselskydd,

beroende på bl.a. hörselskyddens dämpning, signal-brus förhållande (eng. signal-to-noise ratio, SNR) och hörselnedsättningens art.

Ett hörselskydd som enbart är optimerat för maximal talförståelse är inte nödvändigtvis önskvärt eftersom ljudbilden kan upplevas som obehaglig och onaturlig (Hiselius, 1999). För att öka brukartiden bör hörselskydden ge tillräcklig dämpning för att motverka hörselskador men samtidigt inte dämpa så mycket att taluppfattningen påverkas. Dessutom bör de, enligt Hiselius (1999), dämpa lika mycket över alla frekvenser s.k. rak dämpning. En fördel med rak dämpning är att ljudet blir mer naturligt vilket främjar brukandet av hörselskydd. Detta beror på att det är mindre förändring på dämpningen mellan frekvenserna. Det innebär att det talområde som ligger inom frekvenserna 1000-4000 Hz inte dämpas lika mycket som i traditionella hörselskydd, vilket resulterar i att brukaren av hörselskydd med rak dämpning inte upplever talet förvrängt. Enligt EN 458:1993 rekommenderas att hörselskydd med rak dämpning över hela frekvensområdet är att föredra för att undvika ovanstående problem.

Rak dämpning kan definieras på olika sätt. Enligt Hiselius (1999) är ett sätt att subtrahera den lägsta dämpningen från den högsta genom att använda tillgänglig information om hörselskydden vid de olika frekvenserna. Genom att koncentrera sig på de frekvenser, 250-4000 Hz, som är viktiga för talsignalen får man ett mer exakt mått på rak dämpning. Ju mindre differens på dämpningen mellan 250 och 4000 Hz desto rakare blir dämpningen. Eftersom 125 och 8000 Hz har liten påverkan på taluppfattningen tas dessa inte med i beräkningen av rak dämpning.

Ytterligare ett sätt att definiera rak dämpning föreslår Liedtke (2002). Hans definition av rak dämpning är att utföra beräkningar med linjär regression på dämpningens medelvärde enligt ISO 4869-1: 1990 för 125- 4000 Hz. Är gradienten mindre än 3.6 dB/oktav anser Liedtke att dämpningen är jämn och ger därmed en förbättring av bl.a. taluppfattning och varseblivning av signaler.

Författarna har utformat en egen definition av rak dämpning som utvärderades i undersökningen. Denna definition koncentrerar sig på frekvenserna 1000- 4000 Hz som är viktiga för talet. I detta frekvensområde subtraheras den lägsta dämpningen från den högsta.

Hashimoto, Kumashiro och Miyake (1996) undersökte hur en minskning av dämpningen i lågfrekvensområdet påverkar taluppfattningen. De kom fram till att taluppfattningen inte förbättras med minskad dämpning i lågfrekvensområdet, däremot nämner de inte något om dämpningen i diskantområdet. Abel och Spencer (1999) visade att vid användning av hörselkåpor i kombination med proppar ökar dämpningen i området under 2000 Hz med 30 dB samtidigt som diskriminationen av konsonanter minskar med endast 4 %. Detta stärker teorin om att rak dämpning är mer fördelaktig för taluppfattningen.

1.2 Talförståelse i buller

För att kunna förstå tal i buller är det viktigt att kunna diskriminera den önskade talsignalen från det oönskade bruset i bakgrunden. För att kunna diskriminera talsignalen krävs att man samtidigt kan skilja mellan flera ljud med olika frekvenser.

Pekkarinen, Salmivalli och Suonpää (1990) undersökte taldiskrimination i tyst miljö. De upptäckte inga större skillnader mellan personer med sensorineurala hörselskador och normalhörande. Båda dessa grupper uppfattade näst intill alla ord korrekt. Däremot visade det sig att i bullrig miljö hade personer med sensorineurala hörselskador svårare att uppfatta tal. Vid en

ökning av bullernivån påverkades personer med sensorineurala hörselskador mer än personer med normal hörsel respektive konduktiva hörselskador. Orsaken till att personer med konduktiva hörselskador inte påverkas på samma sätt som de med sensorineurala hörselskador beror på att deras hårceller i innerörat fortfarande är intakta.

Förmågan att uppfatta tal i bullrig miljö beror framför allt på tre faktorer:

- Signal/brus förhållande (eng. signal-to-noise ratio, SNR)
- Nivån på signalen jämförd med hörtröskeln
- Maskeringseffekter

1.2.1 SNR

SNR är relationen mellan den önskade signalen och det oönskade bruset. Ett högt värde på SNR, till exempel + 15 dB, innebär att signalen är 15 dB starkare än det oönskade bruset. Detta betyder att det är lätt att uppfatta tal i denna miljö.

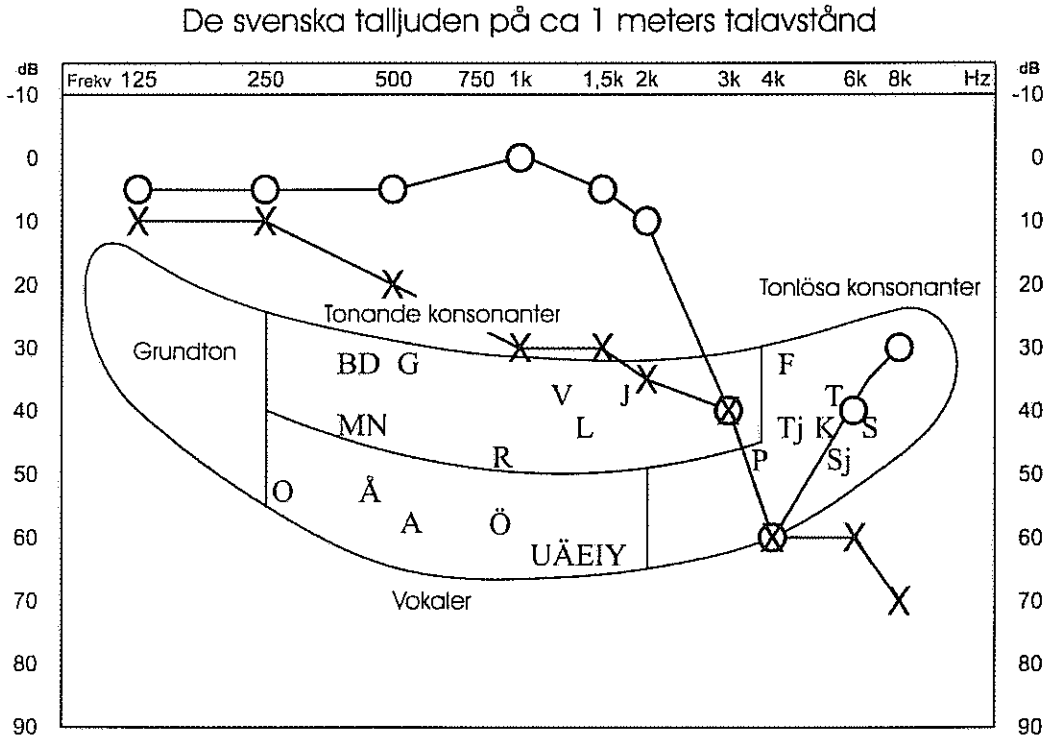
I en studie gjord av Howell och Martin (1975) undersöktes hur normalhörande talare och lyssnare påverkades då de använde hörselskydd jämfört med då de inte använde hörselskydd. Man kom fram till att vid användning av hörselskydd i bullriga miljöer var talförståelsen densamma som när man inte använde hörselskydd. Detta berodde på att skydden dämpade buller och tal lika mycket så SNR förblev oförändrat. Tidigare forskning har visat att vid lågt eller negativt SNR vid höga ljudnivåer ökade talförståelsen vid användning av hörselskydd. Proppar gav bättre talförståelse än kåpor (Fernandes, 2003). Pittman och Wiley (2001) kom fram till att vid tal i bullrig miljö ökade talnivån, den spektrala sammansättningen (dvs. talet blev mer högfrekvent) och ordens varaktighet jämfört med tal i tyst miljö.

En undersökning gjord av Frank och Tufts (2003) visade att vid användning av hörselskydd i bakgrundsbuller sänktes talnivån med 4-11 dB, däremot höjdes talnivån utan hörselskydd. Vid tal i bullrig miljö, utan hörselskydd, ökade mängden högfrekvent energi hos den som talade. Enligt Frank och Tufts (2003) gynnar detta personer som ej använder hörselskydd, men brukare av hörselskydd får ej samma fördel av den högfrekventa energin. De hävdar att förutom den önskade effekten att hörselskydd dämpar omgivningsljud orsakar de också en sänkning av den totala talnivån. Fördelen med den ökade talnivån går förlorad vid användning av hörselskydd, eftersom SNR sänks och den spektrala kurvan ändras (Frank & Tufts 2003). Enligt Howell och Martin (1975) påverkar inte hörselskydd taluppfattningen negativt. Om talaren däremot använder hörselskydd sjunker talnivån och dess kvalitet så pass mycket att taluppfattningen minskar. Då både talare och lyssnare använde hörselskydd blev den kombinerade effekten en allmän sänkning av taluppfattning jämfört med utan hörselskydd.

1.2.2 Signalens nivå jämförd med hörtröskeln

Vid användning av hörselskydd kan signalens nivå hamna under de absoluta hörtrösklarna. Detta drabbar främst personer med hörselskador vilka redan har sämre hörtrösklar jämfört med normalhörande. Enligt Denes och Pinson (1993) måste intensiteten på talet vara 30-40 dB starkare än de absoluta hörtrösklarna för att vara begripligt. Vid användning av traditionella hörselskydd som dämpar mycket i diskanten får hörselskadade med hörselnedsättning i detta område, stora problem att uppfatta vad som sägs jämfört med normalhörande.

Enligt Lindblad (1986) bör personer med diskanthörselnedsättning ha bättre chans att urskilja en del vokaler än många konsonanter eftersom vokalerna har mer ljudenergi på låga frekvenser. Många konsonanter, som t.ex. tonlösa frikativor (f, s, sje, tje, h) har viktig information på de högre frekvenserna. Dessa kännetecknas av brusljud vars energi ofta ligger högt i frekvensområdet vilket gör det svårt för personer med diskanthörselnedsättning att uppfatta dem, se figur 1.



Figur 1. De svenska talljudens placering och tonaudiogram med exempel på bullerskada på höger öra och presbyacusis på vänster öra.

1.2.3 Maskeringseffekter

Vi utsätts dagligen för olika typer av buller som kan vara både lågfrekvent och högfrekvent. Beroende på bullrets frekvensinnehåll påverkar det talljud på olika sätt (Denes & Pinson, 1993). Bullrets frekvens och intensitet bestämmer vilken signal som maskeras och hur mycket den maskeras. Frekvenser som ligger nära maskeringsfrekvensen maskeras mer än de som ligger längre ifrån denna. När intensiteten på bullret ökar, ökar också området som maskeras uppåt i frekvenserna, vilket kallas uppåtmaskering. Maskeringseffekten är asymmetrisk vilket innebär att de lågfrekventa signalerna maskerar de högfrekventa mer än tvärtom. Dessa effekter beror på basilarmembranets mekanismer (Gelfand, 2001). För att minska risken för uppåtmaskering är rak dämpning att föredra enligt Hiselius (1999).

1.3 Hörselskyddens påverkan på taluppfattningen

Effekterna av hur hörselskydd påverkar taluppfattningen, i bullrig miljö, för normalhörande respektive personer med bullerskador har beskrivits av Abel, Kunov, Pichora-Fuller och Alberti (1985). De kom fram till att för personer med bullerskador på 3000 Hz och hörtröskelar

med ett medelvärde på 65 dB HL, krävdes en nivå på mer än 100 dBA vid presentation av en smalbandig signal centrerad kring 3150 Hz, oavsett om signalen presenterades i tyst eller bullrig miljö då försökspersonerna använde hörselskydd. Med samma test på normalhörande konstaterades en förbättring på 3 dB då de använde EAR hörselskydd (skumplast) i bullrig miljö medan de i tyst miljö fick en försämring av hörtrösklarna motsvarande dämpningen i hörselskydden på 3000 Hz. De gjorde samma test med smalbandig signal centrerad kring 1000 Hz och fann då att normalhörande varken fick bättre eller sämre hörtrösklar då de använde hörselskydd i bullrig miljö medan de i tyst miljö fick en försämring motsvarande hörselskyddens dämpning. Inte heller de hörselskadade krävde en starkare signal i bullrig miljö för att fastställa hörtrösklarna då de använde hörselskydd. Detta visar att för personer med bullerskador är det viktigt att dämpningen i hörselskydd inte är för hög i diskantområdet. Abel och Spencer (1997) fann att då kontexten i tal var dålig och dämpningen ökade, försämrades taluppfattningen för hörselskadade i både tyst och bullrig miljö.

Maskering av tal och annan information kan bli resultatet av att använda traditionella hörselskydd i lågfrekvent buller, eftersom denna typ av hörselskydd dämpar lite i basen och ökar därmed risken för uppåtmaskering (Liedtke 2002).

Hörselskydd med rak dämpning kan innebära en lösning på problemet med att inte uppfatta tal då hörselskydd används. Speciellt för personer med hörselnedsättning i diskantområdet kan dessa ge en förbättrad taluppfattning eftersom dämpningen i diskantområdet är lägre än i traditionella hörselskydd.

1.4 Syfte

Det huvudsakliga syftet med studien var att undersöka om det fanns ett samband mellan bra taluppfattning och rak dämpning i hörselskydd. Ett annat syfte var att undersöka om det fanns någon skillnad mellan normalhörande och hörselskadade vid objektiva och subjektiva taluppfattningstester.

1.4.1 Frågeställning

- Finns det någon skillnad på hur hörselskydd påverkar taluppfattningen hos normalhörande respektive hörselskadade?
- Finns det samband mellan objektiva och subjektiva resultat?
- Finns det ett samband mellan bra taluppfattning och rak dämpning i hörselskydd?
- Vilken definition av rak dämpning motsvarar bäst önskemålen om bra taluppfattning?

2. METOD

I undersökningen genomfördes tre olika tester vid ett och samma tillfälle. Utförandet av testerna tog sammanlagt en timme och genomfördes vid institutionen för logopedi, foniatri och audiologi, Lunds universitet. Testerna som utfördes var ett hörseltest, ett objektivt test för att undersöka hur försökspersonerna uppfattade tal i bullrig miljö med simulerade hörselskydd och slutligen ett subjektivt test där försökspersonerna fick göra parvisa jämförelser mellan olika simulerade hörselskydd för att avgöra med vilket det var lättast att uppfatta vad som sades. Både i det objektiva och subjektiva testet slumpades ordningsföljden på hörselskydd och FB-listor för att undvika eventuella för- eller nackdelar med att ha samma ordning. I denna studie innebar objektivt test att försökspersonerna inte gavs möjlighet att ha synpunkter på testmaterialet.

2.1 Pilotstudie

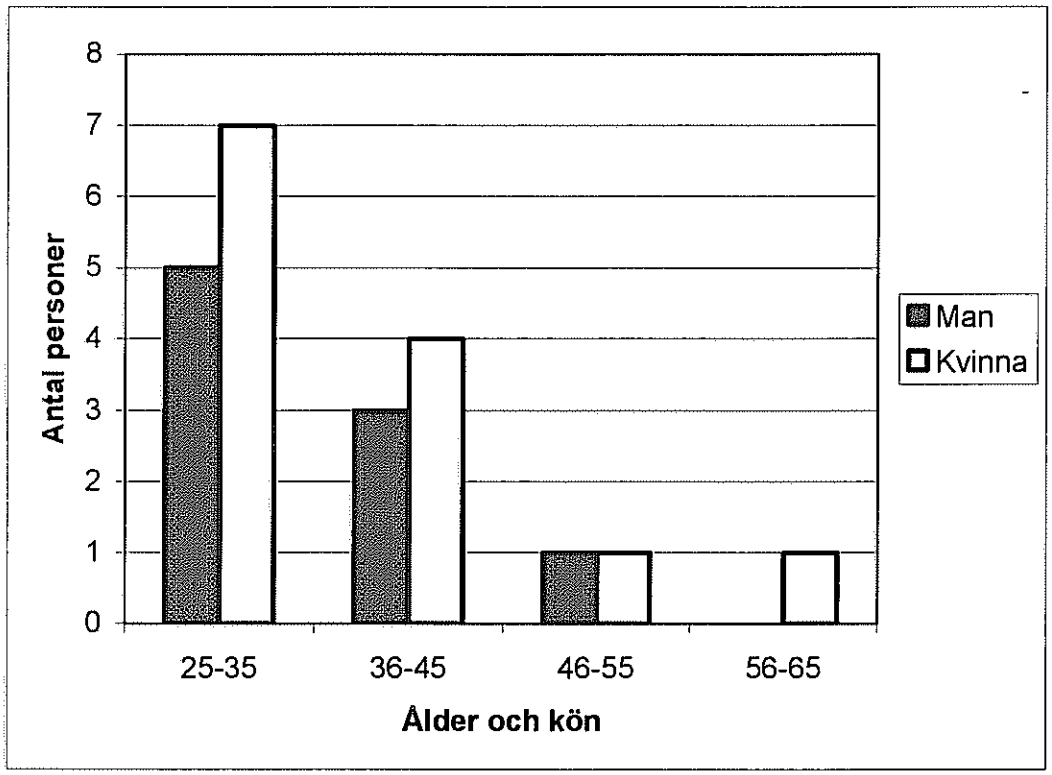
För att få en uppfattning om vilken testnivå som var lagom att använda sig av vid testerna samt att kontrollera att instruktionerna till försökspersonerna var tydliga gjordes en pilotstudie. Detta var viktigt eftersom testerna, ett objektivt och ett subjektivt test, har utvecklats av författarna i samråd med handledaren och har aldrig tidigare utförts.

Pilotstudien genomfördes på tre normalhörande och två hörselskadade personer vilka inte ingick i studien. Som normalhörande räknas de som har absoluta hörtrösklar på 20 dB HL eller bättre. Kriterier för hörselskadade var ett diskanttonmedelvärde (DTMV; 3, 4 och 6 kHz) sämre än 20 dB HL. Med utgångspunkt från försökspersonernas resultat i pilotstudien bekräftades teorin att testnivån skulle ligga 50 dB över DTMV. Denna teori bygger på att i tyst miljö anses lagomnivån erfarenhetsmässigt ligga ca 30-35 dB över tonmedelvärdet (Magnusson, 1996). Utöver denna nivå har ytterligare 20 dB lagts till för att kompensera den genomsnittliga dämpningen i hörselskydden och säkerställa att inte signalen hamnade under hörtrösklarna.

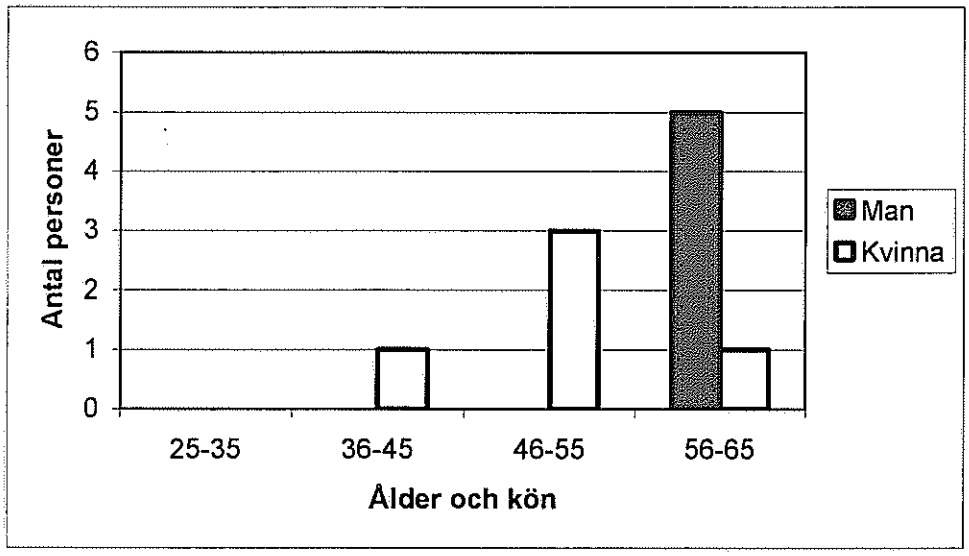
Det visade sig att de ursprungliga instruktionerna i både de objektiva och subjektiva testerna var något otydliga. Detta åtgärdades utifrån försökspersonernas synpunkter. Denna åtgärd bestod av att först ge en övergripande instruktion av samtliga tester. Därefter fick försökspersonerna mer utförliga instruktioner inför varje deltest.

2.2 Försökspersoner

Tilltänkta försökspersoner erhöll ett informationsblad samt anmälningsblankett (bilaga 1). På informationsbladet informerades det om syftet med uppsatsen och testerna. Dessutom meddelades att testerna var frivilliga och kunde när som helst avbrytas. Försökspersonerna kontaktades för överenskommelse om tid och eventuella frågor besvarades.
Deltagarantalet var 22 normalhörande, 13 kvinnor och 9 män. 10 var hörselskadade, 5 kvinnor och 5 män, figur 1 och 2. Försökspersonernas ålder varierade mellan 26 och 65 år. Medelåldern var 42,5 år och medianåldern 39,5 år.



Figur 2. Fördelning av ålder och kön hos de medverkande normalhörande försökspersonerna.



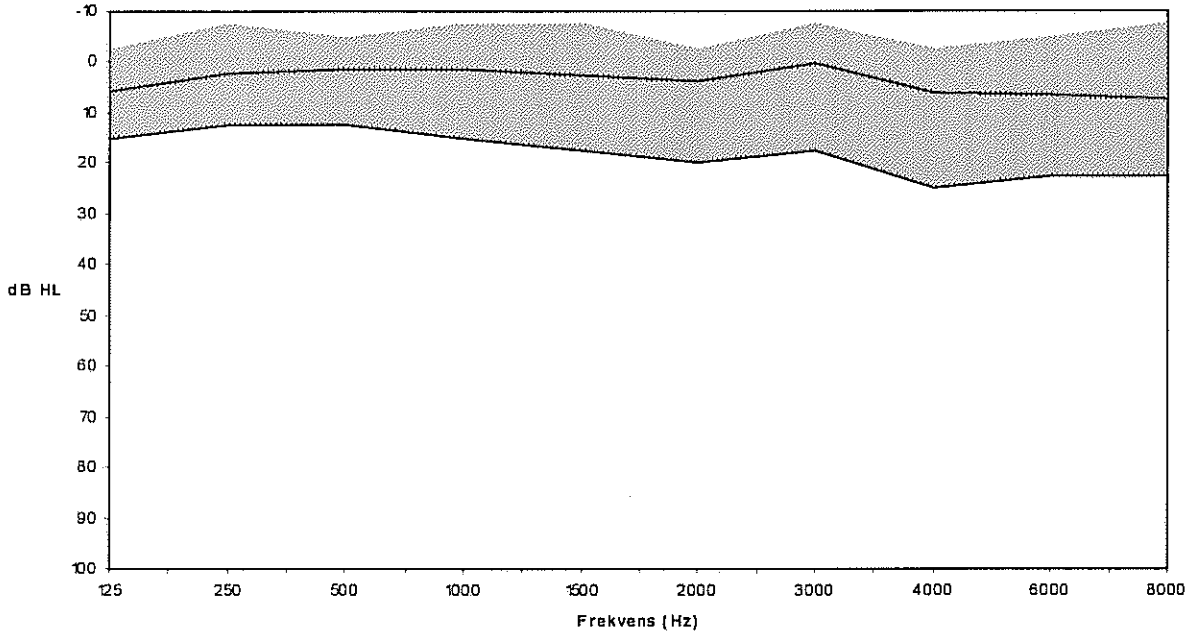
Figur 3. Fördelning av ålder och kön hos de medverkande hörselskadade försökspersonerna.

Kriterierna för att delta i testet var:

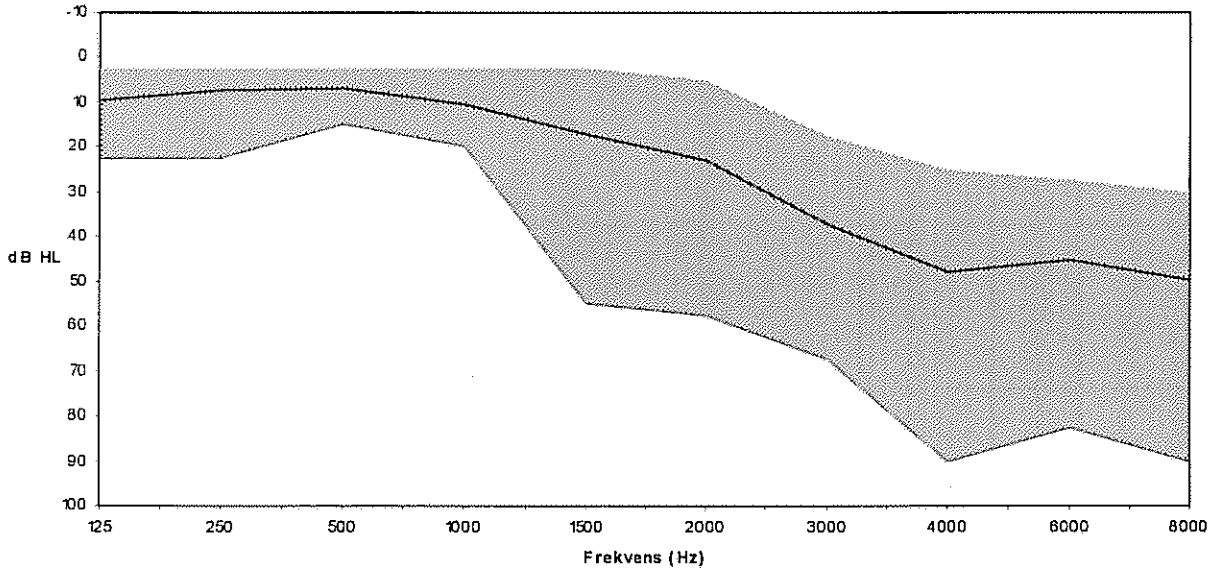
- 18-65 år
- tala flytande svenska
- antingen normalhörande
- eller hörselskadad med DTMV sämre än 20 dB HL

Försökspersonerna erhöll ingen ekonomisk ersättning, däremot fick de hörselkåpor från Bacou-Dalloz.

Figurerna nedan visar den genomsnittliga hörtröskeln för försökspersonerna samt området för de lägsta och högsta hörtrösklarna.



Figur 4. Medelvärde på de normalhörande försökspersonernas hörtrösklar inklusive högsta och lägsta hörtröskelområde.



Figur 5. Medelvärde på de hörselskadade försökspersonernas hörtrösklar inklusive högsta och lägsta hörtröskelområde

Försökspersonerna informerades skriftligen om att såväl muntlig som skriftlig presentation av resultaten kommer att redovisas på ett sådant sätt att identifiering omöjliggörs. För att genomföra denna avidentifiering gavs försökspersonerna en kod. Alla testresultat och audiogram förvarades inlåsta.

2.3 Hörselskydd

Följande hörselskydd testades:

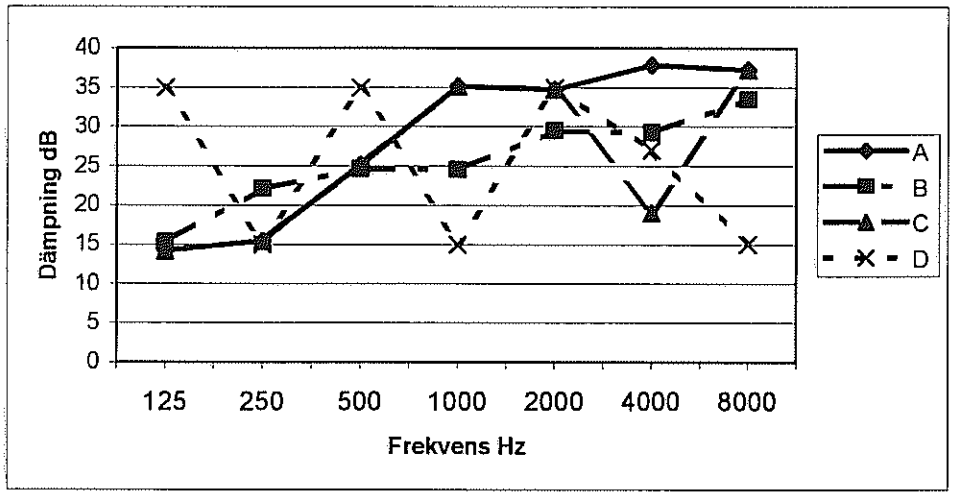
- A= Bilsom 717
- B= Bilsom 817 Natural Sound Technology (NST)
- C= Bilsom 717 med modifierad dämpning på 4000 Hz
- D= Fiktivt hörselskydd med linjär (rak) dämpning enligt Liedtkes mått

Bilsom 717 är ett traditionellt hörselskydd med låg dämpning i basområdet och hög dämpning i diskantområdet. Bilsom 817 är utvecklat för att förbättra taluppfattningen särskilt hos personer med hörselnedsättning. Det har högre dämpning vid de låga frekvenserna och lägre dämpning vid de höga frekvenserna än i traditionella hörselskydd. Bilsom 817 och 717 är identiska i form och vikt medan underplatta och tätningsring i 817 är modifierade för att minska frekvensberoendet. Hörselskydd C och D skapades för att testa de olika definitionernas validitet.

Tabell 1 och figur 6 beskriver dämpning för de olika frekvenserna i de hörselskydd som användes i testerna.

Tabell 1. Dämpning i de hörselskydd som användes i testerna.

Hörselskydd	Frekvens Hz						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	Dämpning dB						
A	14,2	15,5	25,1	35,2	34,8	37,9	37,3
B	15,3	22,1	24,6	24,5	29,5	29,3	33,5
C	14,2	15,5	25,1	35,2	34,8	19	37,3
D	35	15	35	15	35	27	15



Figur 6. Dämpningsnivåer för de fyra hörselskydden som användes i testerna.

2.4 Testinstrument

I både de objektiva och subjektiva testerna var ursprungsmaterialet CD-skivan "Tal i brus" som är utvecklad av Lennart Magnusson vid Göteborgs universitet. På skivan används 6 listor med vardera 50 fonetiskt balanserade (FB) och enstaviga ord med bärfras (bilaga 2). Bär-

frasen tillför ingen information om de enstaviga orden. Talet är mixat med talvägt brus där SNR är + 4 dB. Det är viktigt att tal och buller är mixat på samma kanal för att öka reliabiliteten. Talvägt brus användes då det effektivt maskerar tal eftersom de har samma frekvensinnehåll. När tal och brus har samma spektrum bibehålls SNR efter filtrering. Det fasta SNR är bäst lämpat för de flesta personer för att undvika tak och golveffekter, dvs. ingen ska få 100 % eller 0 % rätt. Testet är utformat så att normalhörande uppfattar ca 80 % av orden korrekt. För att få en rättvis bedömning av hörselskadades svårigheter att uppfatta tal i bullrig miljö krävs det att man testar dem i en liknande miljö (L. Magnusson, 1995).

Ovanstående material låg till grund för det testmaterial som användes i undersökningen. På detta material simulerades dämpningen hos fyra olika hörselskydd. Hörselskyddens dämpning simulerades med hjälp av FFT filtrering i programmet "Cool Edit™ 96" tillverkat av Syntrillium Software Corporation. Filtreringen verifierades i Matlab.

2.5 Apparatur

Testmaterialet finns inspelat på CD: n "Tal i brus". FB-listorna är inspelade mixat med brus på skivans kanal 2 och synkront på kanal 1 finns samma listor utan brus. På spår 1 finns en kalibreringston (1 kHz warble) som har samma nivå som kalibreringstonen på CD: n "Svensk talaudiometri". Audiometern skall vara kalibrerad så att denna ton ger en ljudtrycksnivå i standardiserad 6 cm^3-coupler motsvarande aktuell attenuatorinställning + 22 dB (Magnusson, 1996).

Alla mätningar gjordes i en ljudisolerad mätbox tillverkad av CA Tegnér AB. Audiometrarna som användes var av märket GSI-16, kalibrerade 2003-08-22 enligt ISO 389. Testerna påbörjades 2004-03-04. Till audiometrarna var CD-spelare av märket Technics cd SL-P777 och SL-PS740A kopplade. Alla luftledningsmätningar gjordes med hörtelefoner av märket THD-50P. Benlednings- mätningar gjordes med bentelefoner av märket RADIOEAR B-71.

2.6 Procedur

Försökspersonerna otoskoperades för att kontrollera eventuell förekomst av vax samt konstatera att det fanns ljusreflex från trumhinnan. Testerna fullföljdes även om det förekom vax eftersom inverkan är begränsad och lika för alla hörselskydd.
Vid testtillfället utfördes tre deltest:

- Tonaudiometri
- "Tal i brus" med simulerade hörselskydd
- Parvisa jämförelser mellan olika simulerade hörselskydd

Försökspersonerna fick först en övergripande, muntlig information om hur testerna skulle genomföras. Inför varje deltest gavs utförliga instruktioner (bilaga 3).

2.6.1 Testförfarande för tonaudiometri

För att kunna beräkna ljudnivåerna inför de följande testerna genomfördes mätningar för bestämning av hörtröskar för rena toner. Dessa presenterades via hörtelefon enligt den modifierade Hughson-Westlakemetoden. Metoden innebär att försökspersonerna får höra sinustoner med en varaktighet på 1-2 sekunder. Försökspersonen indikerar med en knapptryckning då signalen uppfattas, därefter sänks nivån med 10 dB. Uppfattas inte denna ton höjs nivån i 5 dB steg tills signalen åter är hörbar. Detta upprepas tills tre svar erhållits på

samma nivå. Försökspersonens bästa öra testades först. Vid skillnad mellan testörats luftledningströskel och maskeringsörats bästa luft-eller benledningströskel på 40 dB eller mer användes kontralateral maskering. Testfrekvenserna var följande: 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 1000, 500, 250 och 125 Hz (SAME, 1996).

Benledningsmätningar utfördes enligt den modifierade Hughson-Westlake metoden vid sidoskillnad och när hörtrösklarna för luftledning var sämre än 20 dB. Då det inte fanns sidoskillnad utfördes benledningsmätning endast på det sämre örat medan då det förekom sidoskillnad utfördes mätningen bilateralt. Detta för att konstatera om skadan var sensorineural eller konduktiv. Testfrekvenserna var följande: 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 1000, 500 och 250 (SAME, 1996).

2.6.2 Testförfarande för objektivt test

Försökspersonerna instruerades att de skulle få lyssna på fyra olika listor, en för varje hörselskydd; dessa listor innehöll vardera 50 meningar. De fick börja med att lyssna på en träningslista som avvek något i svårighetsgrad. Träningslistan användes för att försökspersonerna skulle förstå hur testet fungerade utan att använda någon av listorna som ingick i testet. Försökspersonerna instruerades att de skulle upprepa det sista ordet i varje mening. Försöksledaren noterade antalet korrekt uppfattade ord. Vid beräkning av testnivå lades det till 50 dB på medelvärdet på DTMV för höger och vänster öra. Testnivån överskred inte 95 dB HL. Ansåg försökspersonerna att testnivån var för hög sänktes nivån i 5dB steg tills nivån var acceptabel. Sedan fick försökspersonerna lyssna på de fyra listorna, en för varje hörselskydd och upprepa sista ordet i varje mening.

2.6.3 Testförfarande för subjektivt test

I det subjektiva testet gjordes sex parvisa jämförelser av hörselskydden, försökspersonerna fick höra en lista med samma meningar där hörselskyddens dämpning var simulerad. Försökspersonerna instruerades att de skulle trycka på blå respektive röd knapp för att alternera mellan hörselskydden och att det alltid var det "blå" hörselskyddet som spelades upp först. När de var säkra på med vilket av de två hörselskydden som de uppfattade orden lättast skulle de informera detta till försöksledaren. Försökspersonerna fick börja med att lyssna på två simulerade hörselskydd som inte skulle ingå i testet för att de skulle förstå hur det gick till att skifta mellan hörselskydden. Hörselskydden låg parvist på samma spår på CD skivan men på två olika kanaler på audiometern och när försökspersonen tryckte på blå respektive röd knapp ändrade försöksledaren kanal.

3. RESULTAT

De statistiska beräkningarna av resultaten, på det objektiva testet, gjordes i Microsoft Excel version 2000. Ett tvåsidigt t-test där två sampel antar lika varians användes i statistikberäkningarna Vid analysen undersöktes hur taluppfattningen påverkades av dämpning i olika hörselskydd. Vidare undersöktes sambandet mellan dämpning och taluppfattbarhet för att ta reda på vilken definition av rak dämpning som bäst överensstämmer med resultaten på taluppfattningstestet. Dessutom analyserades resultaten av det subjektiva testet, där försökspersonerna fick rangordna vilket hörselskydd som de upplevde att de hade lättast att uppfatta vad som sades, med hjälp av Thurstones modell (Guilford 1954). Slutligen jämfördes resultaten för att undersöka om det fanns något samband mellan det objektiva testet och det subjektiva testet.

3.1 Resultat utifrån frågeställningar

3.1.1 Skillnader mellan normalhörande och hörselskadade i respektive test

3.1.1.1 Objektivt test

Vår första frågeställning gällde om det fanns någon skillnad på hur hörselskydd påverkar taluppfattningen hos normalhörande respektive hörselskadade. Försökspersonerna i gruppen med normalhörande presterade i medeltal klart bättre än de hörselskadade i det objektiva testet där taluppfattningen undersöktes.

Nollhypotesen i det objektiva testet var att hörselskydden har samma medelvärde på taluppfattningen.

Nedan i tabell 2 redovisas de normalhörande försökspersonernas resultat för de hörselskydd som ingick i testerna. Resultaten för de hörselskadade försökspersonerna redovisas i tabell 3.

Tabell 2. Antal försökspersoner (n) som ingick i testet. Medelvärde (medel), medianvärde (m), standardavvikelse (SD) samt högsta (max) och lägsta (min) värde på taluppfattningen i % för normalhörande med respektive hörselskydd.

Hörselskydd	n	medel	m	SD	max	min
A	22	80	78	7	94	64
B	22	82	84	9	90	50
C	22	80	80	6	92	70
D	22	84	84	7	90	64

Tabell 3. Antal försökspersoner (n) som ingick i testet. Medelvärde (medel), medianvärde (m), standardavvikelse (SD) samt högsta (max) och lägsta (min) värde på taluppfattningen i % för hörselskadade med respektive hörselskydd.

Hörselskydd	n	medel	m	SD	max	min
A	10	60	71	21	80	22
B	10	70	73	11	82	50
C	10	66	73	17	88	28
D	10	54	55	19	78	24

I tabellerna ovan kan man konstatera att det fanns stora skillnader på medelvärdet mellan de två grupperna. Medelvärdet för hörselskydd A var för de normalhörande 80 % och för de hörselskadade 60 %. För hörselskydd B var det inte lika stor skillnad på medelvärdet mellan den normalhörande och hörselskadade gruppen som för de andra hörselskydden. De normalhörande hade 82 % och de hörselskadade hade 70 %. För hörselskydd C var medelvärdet för normalhörande 80 % och för de hörselskadade 66 %. Det var störst skillnad på medelvärdet mellan grupperna för hörselskydd D, där de normalhörande hade 84 % medan de hörselskadade endast hade 54 %.

Det fanns en större spridning i den hörselskadade gruppens resultat än i den normalhörande. Standardavvikelsen för de normalhörande låg mellan 6-9 %, medan standardavvikelsen för de hörselskadade låg mellan 11-21 %. Minst skillnad i standardavvikelse var det för hörselskydd B, där normalhörande hade 9 % och hörselskadade hade 11 %.

Vid en jämförelse av de olika hörselskydden, för de normalhörande, visade det sig att det fanns en skillnad mellan D och A men den nådde inte statistisk signifikans. Detta innebär att nollhypotesen inte kunde förkastas på 95 % nivå. Nollhypotesen kunde förkastas på 97 % nivå vid jämförelsen av hörselskydd C och D där D var signifikant bäst med ett p-värde på 0,03. Det kunde inte påvisas någon signifikant skillnad vid jämförelse mellan de övriga hörselskydden (bilaga 4).

För de hörselskadade fanns det endast signifikant skillnad vid jämförelse mellan hörselskydd B och D där B var signifikant bättre med ett p-värde på 0,03. Nollhypotesen kunde därmed förkastas på 97 % nivå. För de övriga hörselskydden fanns det inga signifikanta skillnader, vilket kan bero på att två av försökspersonerna i gruppen hade klart avvikande resultat (bilaga 5).

För gruppen med normalhörande blev rangordning på de fyra hörselskydden D, B, C och A och för de hörselskadade blev rangordningen B, C, A och D. Intressant att notera är att rangordningen av hörselskydden är densamma för de två grupperna om man bortser från hörselskydd D, som hamnar först respektive sist i de två grupperna.

3.1.1.2 Subjektivt test

Statistiken för det subjektiva testet beräknades med hjälp av Thurstones modell (Guilford 1954). Ett högt skalvärde enligt Thurstonemodellen innebar att försökspersonerna upplevde att det var lättast att uppfatta orden med det hörselskyddet.

Nedan i tabell 4 redovisas de normalhörande försökspersonernas resultat för de hörselskydd som ingick i testerna. Resultaten för de hörselskadade försökspersonerna redovisas i tabell 5.

Tabell 4. Antal försökspersoner (n), skalvärde (s) och standardavvikelse (SD) för de normalhörande på det subjektiva testet med respektive hörselskydd.

Hörselskydd	n	s.	SD
A	22	-0,65	0,99
B	22	0,15	0,66
C	22	-0,18	1,25
D	22	0,68	1,1

Tabell 5. Antal försökspersoner (n), skalvärde (s) och standardavvikelse (SD) för de hörselskadade på det subjektiva testet med respektive hörselskydd.

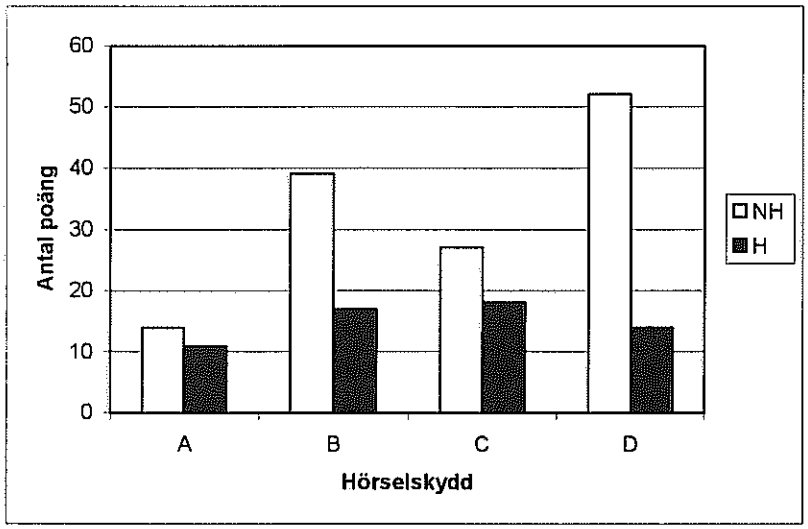
Hörselskydd	n	s.	SD
A	10	-0,28	0,95
B	10	0,15	1,03
C	10	0,21	1,3
D	10	-0,08	0,72

Skalvärdet för hörselskydd D skiljer sig mest åt med ett skalvärde på 0,68 för de normalhörande och -0,08 för de hörselskadade. Hörselskydd C har ett skalvärde på -0,18 för de normalhörande och 0,21 för de hörselskadade. Minst skillnad på skalvärdet hade hörselskydd A vars värde var -0,65 för de normalhörande och -0,28 för de hörselskadade.

Standardavvikelsen för de olika hörselskydden varierade mellan 0,66 och 1,25 för de normalhörande. För gruppen med de hörselskadade låg standardavvikelsen för hörselskydden mellan 0,72 och 1,30.

P-värdet, som beräknades enligt Thurstones modell, är ett värde på hur bra denna modell återspeglar verkliga data (Guilford 1954). För de normalhörande var p-värdet 0,84 och för de hörselskadade var p-värdet 0,08. P-värdena ligger mellan 0 och 1 och ju närmare p-värdet ligger 1 desto bättre överensstämmer det med hur försökspersonerna svarat i det subjektiva testet.

I de sex parvisa jämförelserna av hörselskydden fick det hörselskydd som ansågs bäst i varje jämförelse 1 poäng. Fördelning av antalet poäng för de olika hörselskydden efter hur de normalhörande respektive de hörselskadade försökspersonerna har svarat visas i figur 7.



Figur 7. Figuren visar antalet poäng/hörselskydd för normalhörande (NH) respektive hörselskadade (H).

3.1.2 Samband mellan objektiva och subjektiva test

Vid en jämförelse av de två testen kan det konstateras att de normalhörandes rangordning av hörselskydden överensstämmer. Däremot fanns det skillnad i rangordningen av hörselskydden, på de objektiva och subjektiva testerna, hos de hörselskadade.

3.1.3 Samband mellan definition av rak dämpning och bra taluppfattning

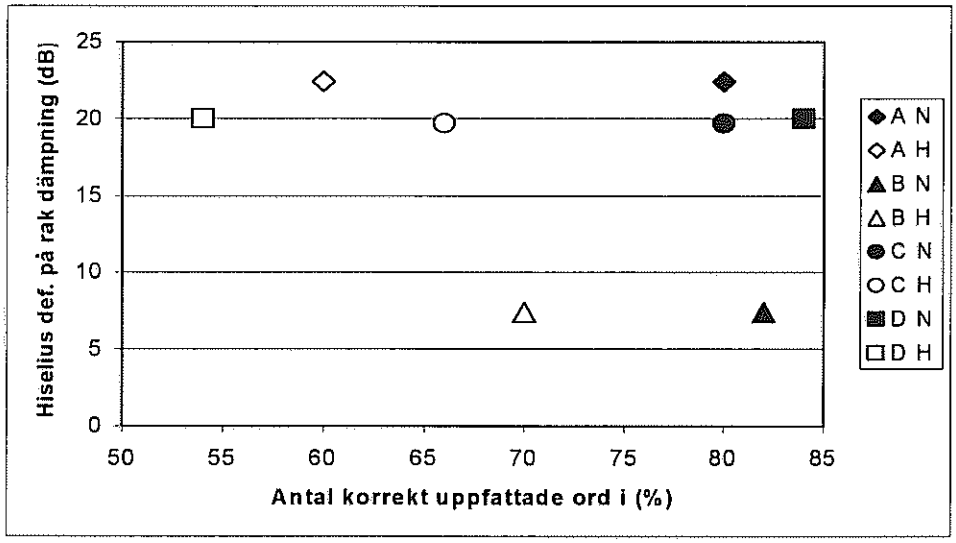
I tabell 6 visas resultatet av beräkningarna för de olika definitionerna på rak dämpning för de olika hörselskydden.

Tabell 6. Olika mått på rak dämpning för hörselskydden.

Hörsel-skydd	His. mått (dB)	Lie. mått (dBsek)	Förf. mått (dB)
A	22.4	5.3	3.1
B	7.4	2.6	5.1
C	19.7	2.6	16.2
D	20.0	0.0	20.0

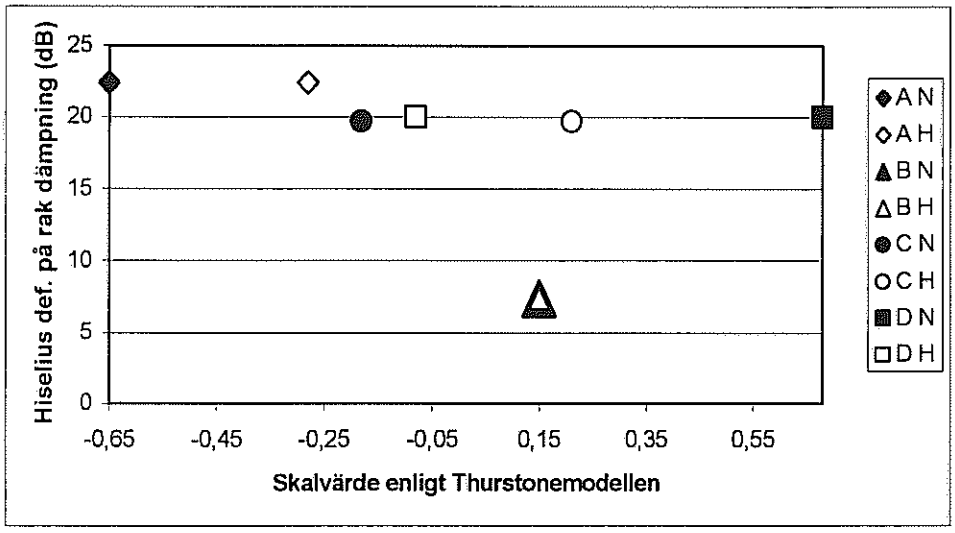
Enligt Hiselius definition är hörselskydd B bäst (7,4 dB), därefter C (19,7 dB), D (20,0 dB) och sist hörselskydd A (22,4 dB). Enligt Liedtkes definition är hörselskydd D bäst (0,0 dB/ oktav), därefter B och C som båda har 2,6 dB/oktav och sist kommer hörselskydd A (5,3 dB/oktav). Enligt författarnas definition är hörselskydd A bäst (3,1 dB), därefter B (5,1 dB), C (16,2 dB) och sist kommer hörselskydd D (20,0 dB).

I följande figurer, 8-13, har resultaten från de objektiva och subjektiva testerna för både de normalhörande och hörselskadade jämförts med de olika definitionerna av rak dämpning.



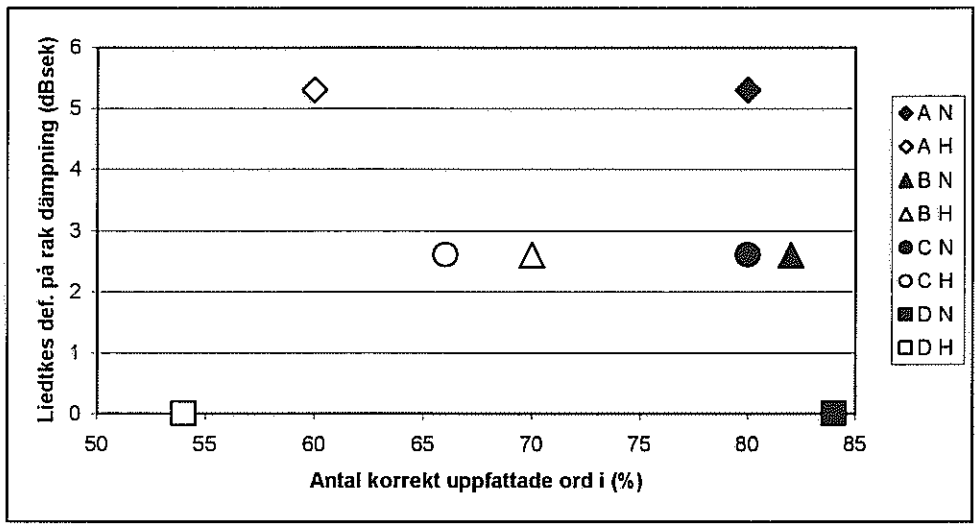
Figur 8. Figuren visar sambandet mellan Hiselius definition och antal korrekt uppfattade ord i % för respektive hörselskydd (A-D) och grupp (N= normalhörande, H= hörselskadade). Ju lägre värde på Y-axeln desto rakare dämpning. Ju högre värde på X-axeln desto bättre resultat.

Enligt Hiselius definition är hörselskydd B bäst men resultaten från det objektiva testet visar att de normalhörande fick bäst taluppfattning med hörselskydd D. Detta visar att det inte finns något tydligt samband mellan Hiselius definition och resultatet i studien för de normalhörande. Däremot finns det ett samband mellan Hiselius mått och de hörselskadade för hörselskydd B och C.



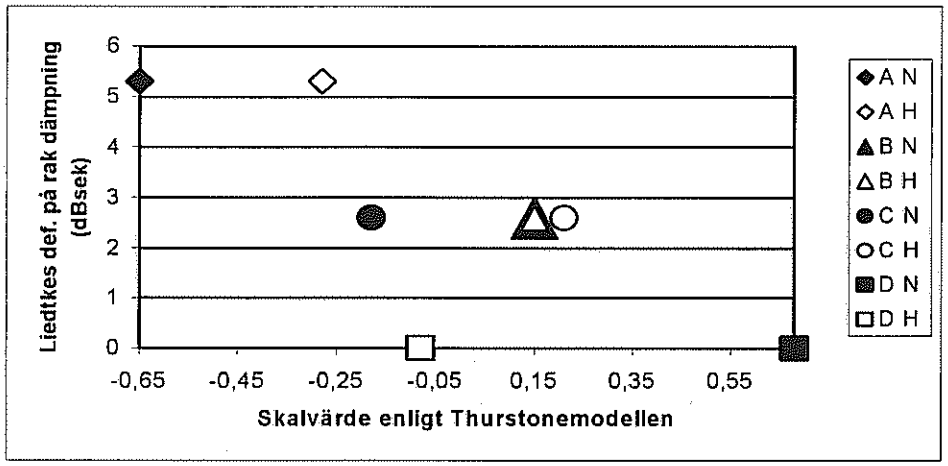
Figur 9. Figuren visar sambandet mellan Hiselius definition och resultat för det subjektiva testet för respektive hörselskydd (A-D) och grupp (N= normalhörande, H= hörselskadade). Ju lägre värde på Y-axeln desto rakare. dämpning. Ju högre värde på X-axeln desto bättre resultat. Hörselskydd B har samma värde både för de normalhörande och för de hörselskadade

Hiselius definition på rak dämpning i jämförelse med resultaten på det subjektiva testet visar inte på något tydligt samband för de normalhörande men för de hörselskadade finns det ett samband för hörselskydd A och D.



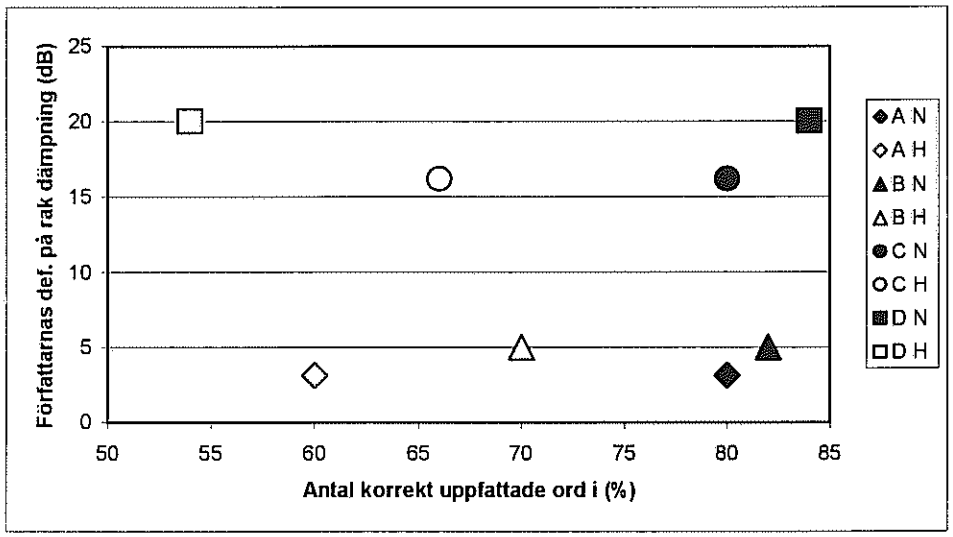
Figur 10. Figuren visar sambandet mellan Liedtkes definition och antal korrekt uppfattade ord i % för respektive hörselskydd (A-D) och grupp (N= normalhörande, H= hörselskadade). Ju lägre värde på Y-axeln desto rakare dämpning. Ju högre värde på X-axeln desto bättre resultat.

I det objektiva testet finns det ett samband mellan Liedtkes definition och resultaten för de normalhörande. För de hörselskadade finns det däremot inget tydligt samband.



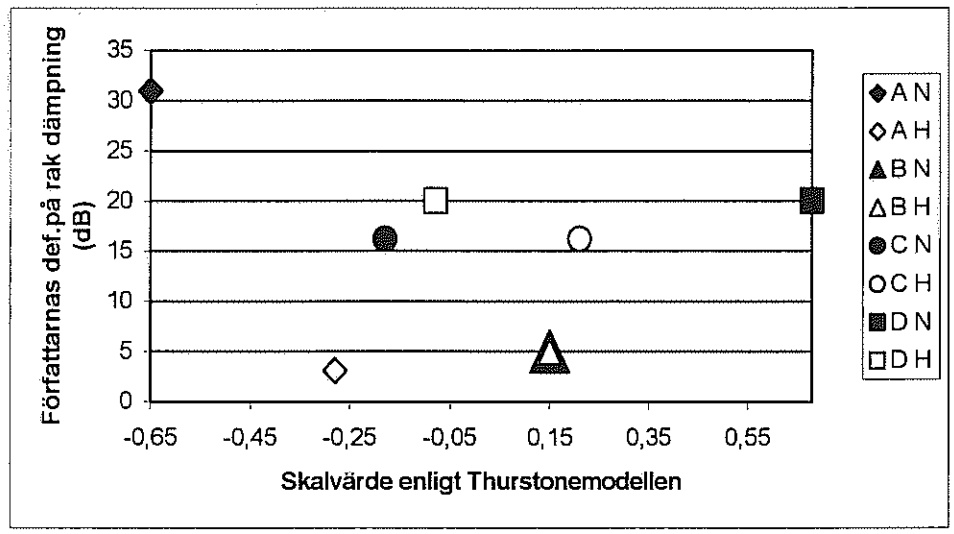
Figur 11. Figuren visar sambandet mellan Liedtkes definition och resultat för det subjektiva testet för respektive hörselskydd (A-D) och grupp (N= normalhörande, H= hörselskadade). Ju lägre värde på Y-axeln desto rakare dämpning. Ju högre värde på X-axeln desto bättre resultat. Hörselskydd B har samma värde både för de normalhörande och hörselskadade.

Liedtkes definition stämmer för de normalhörande i det subjektiva testet. För de hörselskadade stämmer definitionen för hörselskydd A. Detta kommer sist enligt Liedtkes rangordning och även enligt försökspersonernas resultat.



Figur 12. Figuren visar sambandet mellan författarnas definition och antal korrekt uppfattade ord i % för respektive hörselskydd (A-D) och grupp (N= normalhörande, H= hörselskadade). Ju lägre värde på Y-axeln desto rakare dämpning. Ju högre värde på X-axeln desto bättre resultat.

Det finns samband mellan författarnas definition och resultaten i det objektiva testet för de normalhörande för hörselskydd B och C. Däremot för de hörselskadade finns det bara samband mellan författarnas definition och resultaten i det objektiva testet för hörselskydd D.



Figur 13. Figuren visar sambandet mellan författarnas definition och resultat för det subjektiva testet för respektive hörselskydd (A-D) och grupp (N= normalhörande, H= hörselskadade). Ju lägre värde på Y-axeln desto rakare dämpning. Ju högre värde på X-axeln desto bättre resultat. Hörselskydd B har samma värde både för de normalhörande och hörselskadade.

Författarnas definition överensstämmer med resultaten för de normalhörande för hörselskydd C.

Tabellerna 7-10 visar hörselskyddens placering enligt resultaten i testerna jämfört med placeringen hörselskydden får enligt de olika definitionerna.

Tabell 7. Hörselskyddens placering enligt det objektiva testet för de normalhörande jämfört med de olika definitionerna på rak dämpning.

Resultat	Hiselius	Liedtke	Vårt
D	3	1	4
B	1	2	2
A	4	4	1
C	2	2	3

Tabell 8.Hörselskyddens placering enligt det objektiva testet för de hörselskadade jämfört med de olika definitionerna på rak dämpning.

Resultat	Hiselius	Liedtke	Vårt
B	1	2	2
C	2	2	3
A	4	4	1
D	3	1	4

Tabell 9.Hörselskyddens placering enligt det subjektiva testet för de normalhörande jämfört med de olika definitionerna på rak dämpning.

Resultat	Hiselius	Liedtke	Vårt
D	3	1	4
B	1	2	2
C	2	2	3
A	4	4	1

Tabell 10.Hörselskyddens placering enligt det subjektiva testet för de hörselskadade jämfört med de olika definitionerna på rak dämpning.

Resultat	Hiselius	Liedtke	Vårt
C	2	2	3
B	1	2	2
D	3	1	4
A	4	4	1

4. DISKUSSION

I denna uppsats var syftet att undersöka hur hörselskydd påverkar taluppfattningen hos normalhörande respektive hörselskadade. Vidare var vår avsikt att jämföra de olika sätten med vilka man definierar rak dämpning och försöka ta reda på vilken definition som bäst predikterar hörselskydds påverkan på taluppfattning. För att ta reda på detta utfördes ett objektivt test där försökspersonerna, via simulerade hörselskydd, fick höra ord i brus och försöka upprepa dessa. Dessutom utfördes ett subjektivt test där försökspersonerna fick utföra parvisa jämförelser av hörselskydd och avgöra med vilket de lättast kunde uppfatta vad som sades.

4.1 Objektivt test

Det finns som väntat stor skillnad på medelvärdet på taluppfattningen för hörselskydden mellan den normalhörande gruppen och gruppen med de hörselskadade. Denna skillnad kan bero på hörsel, men även på åldersskillnaden mellan grupperna. För hörselskydd B är skillnaden mindre i medelvärde mellan grupperna jämfört med de övriga hörselskydden. Detta beror troligen på att det är en jämnare dämpning i detta hörselskydd över hela frekvensområdet vilket kan underlätta talförståelsen för de hörselskadade. Hörselskydd B har dessutom mindre dämpning i högfrekvensområdet där flertalet av konsonanterna, enligt Lindblad (1986), har sin ljudenergi. Detta kan också gynna talförståelsen för de hörselskadade. Eftersom en stor del av de yrkesverksamma i industrin har en hörselskada är dessa resultat intressanta då man kan konstatera att hörselskydd B ger signifikant bättre taluppfattning för de hörselskadade än D som i sin tur gav bäst taluppfattning hos de normalhörande. För de hörselskadade som har sämre hörtrösklar i de högre frekvenserna är det viktigt att inte dämpningen är för hög i dessa områden. Detta stärker teorin att mindre dämpning i diskantområdet och mer dämpning i basområdet ger bättre talförståelse för hörselskadade.

Hörselskydd D är det hörselskydd som får högst medelvärde på taluppfattningen för de normalhörande och lägst för de hörselskadade. Detta hörselskydd varierar mycket i dämpning mellan de olika frekvenserna, vilket ytterligare stärker teorin om att hörselskadade kräver en rakare dämpning över hela frekvensområdet för att få en bättre taluppfattning. På grund av den varierande dämpningen blir talsignalen distorderad vilket kan försvåra för hörselskadade att uppfatta tal. Anledningen till att hörselskydd D är bättre för de normalhörande kan bero på redundans, vilket innebär att talet innehåller mycket överflödig information i förhållande till den språkliga innebörden. Därför är valet av dämpning inte så kritiskt för normalhörande. Är signalen tillräckligt stark finns det vid eventuell uppåtmaskering så mycket information kvar att normalhörande ändå klarar att förstå vad som sägs. Den överflödiga informationen som finns i högfrekvensområdet kommer därmed inte de hörselskadade till godo.

Det är en stor spridning på de hörselskadades resultat jämfört med de normalhörandes. Det kan förklaras med att det finns för få försökspersoner i gruppen med hörselskadade och ingen homogenitet av hörtrösklarna.

Standardavvikelsen för de normalhörande och de hörselskadade skiljer sig markant åt för alla hörselskydd utom för hörselskydd B.

Vid jämförelse mellan de olika hörselskydden är inget hörselskydd exceptionellt bättre än de andra för de normalhörande. Däremot finns det signifikanta skillnader mellan några av

hörselskydden. Anledningen till att inget hörselskydd är signifikant bättre än de övriga kan bero på att SNR, för de normalhörande, var för stort.
Vid ett lägre SNR kan resultaten sannolikt bli mer utslagsgivande.

Studerar man däremot den hörselskadade gruppen är hörselskydd B signifikant bättre än hörselskydd D. Vid jämförelse av de andra hörselskydden kunde ingen signifikans konstateras, men om man jämför medelvärdena på taluppfattningen för hörselskydden kan man konstatera att B har betydligt bättre medelvärde än de andra hörselskydden. Pga. den stora variansen för hörselskydd A, C och D blir det en större osäkerhet vilket gör att man inte kan dra någon säker slutsats.

Liedtkes definition av rak dämpning stämmer inte för de hörselskadade som har sämst medelvärde på hörselskydd D i det objektiva testet som enligt Liedtke är bäst. Det kan konstateras att Hiselius definition av rak dämpning stämmer för de hörselskadade som får bäst resultat med hörselskydd B. Hörselskydd B har mer dämpning vid låga frekvenser och mindre dämpning vid höga frekvenser än traditionella hörselskydd. Detta kan vara anledningen till att hörselskydd B fungerar bäst för de hörselskadade eftersom risken för uppåtmaskering minskar. Denes och Pinson (1993) beskriver hur viktig intensiteten på talsignalen är för att den ska bli begriplig. Den lägre dämpningen vid de höga frekvenserna reducerar risken för att talsignalen hamnar under de hörselskadades hörtröskelar.

4.2 Subjektivt test

P-värdet enligt Thurstones modell är ett värde på hur bra denna modell återspeglar verkliga data. För de normalhörande är p-värdet 0,84 och för de hörselskadade är p-värdet 0,08. Ju närmare p-värdet ligger 1,0 desto bättre överensstämmer det med hur försökspersonerna svarat i det subjektiva testet. För de hörselskadade har vi fått en låg förklarandegrad (p-värde =0, 08) vilket innebär att resultaten inte är lika tillförlitliga som för de normalhörande. Anledningen kan, som tidigare nämnts, vara att gruppen med hörselskadade hade för få deltagare.

Både den normalhörande och hörselskadade gruppen har hörselskydd B som andraval, där skalvärdet är samma i båda grupperna. Däremot skiljer sig standardavvikelsen markant åt mellan grupperna. Detta kan bero på att det finns stor variation både när det gäller typ och grad av hörselskada i gruppen med de hörselskadade.

Svaren från de normalhörande och hörselskadade visar att båda grupperna vill undvika hörselskydd A. Anledningen till detta beror troligen för att dämpningen är större i frekvensområdet 1000-8000 Hz än de övriga hörselskydden som har testats i undersökningen och detta kan leda till att talförståelsen blir negativt påverkad. Dessutom skiljer det mycket i dämpningen mellan basområdet och diskantområdet vilket ökar risken för uppåtmaskering (Hiselius, 1999).

Rangordningen av hörselskydd D skiljer sig åt mellan de båda grupperna. De normalhörande upplever D som det hörselskydd som det är lättast att uppfatta vad som sägs med, medan däremot de hörselskadade anser att hörselskydd D är ett av de sämre.

Det hörselskydd som de hörselskadade tyckte var bäst i det subjektiva testet var hörselskydd C, endast en poäng efter kommer hörselskydd B. Att man väljer C på första plats kan bero på att dämpningen i detta hörselskydd är lägre vid 4000 Hz där personer med bullerskada har en utpräglat sämre hörtröskel.

4.3 Jämförelse av objektivt och subjektivt test

Vid jämförelsen av det objektiva och subjektiva testet för normalhörande visar det sig att rangordningen av hörselskydden blir lika i de båda testen. Bortser man från hörselskydd D i det objektiva testet för de hörselskadade är hörselskydd A sämst för båda grupperna i både de objektiva och subjektiva testerna. Dämpningen i hörselskydd A är representativ för alla traditionella hörselskydd. Denna typ av dämpning är, enligt våra resultat, sämsta möjliga för taluppfattningen.

Det som är anmärkningsvärt vid jämförelsen av det objektiva och subjektiva testet för de hörselskadade försökspersonerna är att rangordningen för det subjektiva testet inte överensstämmer med resultaten från det objektiva testet. Detta innebär att de hörselskadade föredrar ett annat hörselskydd i det subjektiva testet än det de får bäst resultat med i det objektiva. Som Hiselius (1999) påpekar är det inte alltid de hörselskydd som är optimerade för bra taluppfattning som subjektivt upplevs som bäst och därmed väljs.

4.4 Jämförelse av de olika definitionerna på rak dämpning

De olika definitionerna på rak dämpning som beskrivs i texten ovan ger olika rangordning på vilka hörselskydd som är bäst för taluppfattningen. Liedtkes definition fungerar bra för normalhörande där rangordningen stämmer överens med resultaten i undersökningen i både de objektiva och subjektiva testerna. Detta stärker Liedtkes teori om fördelen med att beräkna rak dämpning med hjälp av linjär regression på dämpningens medelvärde.
Hörselskydd D som enligt Liedtkes definition har en rak dämpning (0,0 dB/oktav) har en dämpning som är ojämnt fördelad i frekvensområdet (se figur 5) vilket kan vara orsaken till att de hörselskadade får sämst resultat i det objektiva testet för hörselskydd D och att det väljs näst sist i det subjektiva testet.

Jämför man resultaten från det objektiva testet med Hiselius teori, som innebär att ju mindre differens på dämpningen mellan 250-4000 Hz desto rakare dämpning, skulle hörselskydd B vara bäst och hörselskydd D komma på 3: e plats. Hiselius definition stämmer inte lika bra för normalhörande, men däremot för de hörselskadade. Hörselskydd B, som enligt Hiselius är bäst, är det hörselskydd som de hörselskadade hade bäst resultat med i det objektiva testet.

Resultaten från de båda grupperna visar att författarnas definition, som innebär att ju mindre differens på dämpningen mellan 1000-4000 Hz desto rakare dämpning, inte är ett bra mått på rak dämpning trots att dessa frekvenser är bland de viktigaste för taluppfattningen. Detta visar att för att få en bra definition på rak dämpning krävs det troligen att man även tar med frekvenserna 250-500 Hz för att få en bra taluppfattning. Hörselskydd A anses vara sämst för taluppfattningen både enligt Liedtkes och Hiselius definition och detta stämmer överens med resultaten i undersökningen. Däremot, enligt författarnas definition, skulle hörselskydd A komma på första plats vilket tydligt fastställer att denna definition inte lämpar sig för beräkning av rak dämpning. Detta stämmer för de normalhörande i både det subjektiva och objektiva testet.

Då man använder definition på rak dämpning, för att prediktera hur bra ett hörselskydd fungerar, är det viktigt att ta hänsyn till hur hörselskadade upplever hörselskydden eftersom många är drabbade av försämrad hörsel. För att de ska använda hörselskydden under den tid de vistas i buller krävs att de får en bra taluppfattning med dessa. Eftersom de normalhörande och hörselskadade har så olika preferenser och resultat när det gäller vilka hörselskydd som är

bäst är det viktigt att anpassa dämpningen i hörselskydden beroende på respektive brukares hörsel. Det är viktigare för de hörselskadade att dämpningen i hörselskydden är rak.

4.5 Metoddiskussion

För att få mer utslagsgivande resultat kan man använda ett lägre SNR. I testerna som utfördes användes SNR på +4 dB, vilket resulterar i att det inte blir några större skillnader mellan de olika hörselskydden. Osäkerheten som finns i resultaten för de hörselskadade kan bero på att antalet försökspersoner är för lågt. Eftersom antalet försökspersoner med hörselskador var så lågt bedömdes att även personer med konduktiva komponenter skulle ingå i studien. Det finns en skevhet i materialet, som beror på att antalet deltagare i grupperna var olika stort.

4.6 Slutsatser

Resultaten från dessa test visar att effekterna på taluppfattning vid användning av hörselskydd varierar beroende på vilken dämpning som hörselskydden har samt försökspersonernas grad av hörselnedsättning. Åldersskillnaden mellan de normalhörande och hörselskadade kan också ha påverkat resultaten.

Vidare finns det ett visst samband mellan rak dämpning och bra taluppfattning men pga., för högt SNR samt för lågt deltagarantal i den hörselskadade gruppen kan inga genomgående samband konstateras. Däremot kan vissa tendenser urskiljas såsom att en rakare dämpning över hela frekvensområdet främjar de hörselskadades taluppfattning. För de normalhörande överensstämmer resultaten från de objektiva och subjektiva testerna. För de hörselskadade är inte rangordningen samma i det objektiva och subjektiva testet vilket tyder på att bäst resultat på taluppfattningstestet inte behöver betyda att det är subjektivt bäst.

De hörselskadade har ett större behov av hörselskydd med rakare dämpning än normalhörande.

Liedtkes definition på rak dämpning stämmer bäst för de normalhörande medan Hiselius definition på rak dämpning stämmer bäst för de hörselskadade.

TACK!

Ett stort Tack vill vi framföra till;

Erling Nilsson, vår handledare.

Per Hiselius, vår handledare som guidat oss med säker hand genom uppsatsdjungeln och har i alla lägen kunnat vända mörker till ljus.

Ann-Charlotte Johansson för ovärderlig hjälp med statistiken för det subjektiva testet.

Ingrid Lennart, som alltid gav sig tid att svara på frågor.

Anders Jönsson, som kan "allt" när det gäller audiometrarna i källaren.

Lennart Magnusson, för testmaterialet.

Byggnads i Lund, som hjälpte oss med försökspersoner.

Försökspersonerna, för all tid ni gav oss.

Bacou-Dalloz för sponsring av tackgåvor till försökspersonerna.

REFERENSER

Abel, SM., Alberti, PW., Haythornthwait, C., & Riko, K.(1982). Speech intelligibility in noise: effects of fluency and hearing protector type. *Journal of Acoustical Society of America, 71(3)*, 708-715.

Abel, SM., Kunov, H., Pichora-Fuller, K., & Alberti, PW. (1985). Signal detection in industrial noise: effects of noise exposure history, hearing loss, and the use of ear protection. *Scandinavian Audiology, 14*, 161-173.

Abel, SM. & Spencer, DL. (1997). Active noise reduction versus conventional hearing protection. Relative benefits for normal-hearing and impaired listeners. *Scandinavian Audiology, 26*, 155-167.

Abel, SM. & Spencer, DL. (1999). Speech understanding in noise with earplugs and muffs in combination. *Applied Acoustics, 57*, 61-68.

Arbetarskyddsstyrelsen.(1998). *Buller och hörselskydd.* AFS 1992:10. Solna:Arbetarskyddsstyrelsens publikationsservice.

Arbetsmiljöverket 2003:1. *Arbetsmiljö statistik.* Solna: Arbetsmiljöverkets publikationsservice.

Denes, PB. & Pinson, EN. (1993). *The speech chain: the physics and biology of spoken language.* New York: W.H. Freeman and Company.

Fernandes, JC. (2003). Effects of hearing protector devices on speech intelligibility. *Applied Acoustics, 64*, 581-590.

Frank, T. & Tufts, JB. (2003). Speech production in noise with and without hearing protection. *Journal Acoustical Society of America, 114 (2)*, 1069-1080.

Gelfand, S.A. (2001). *Essentials of Audiology second edition.* New York: Thieme.

Guilford, J.P. (1954). *Psychometric methods.* New York: Mc Graw-Hill.

Hashimoto, M., Kumashiro, M. & Miyake, S. (1996). Speech perception in noise when wearing hearing protectors with little low-frequency attenuation. *Industrial Ergonomics, 18*, 121-126.

Hiselius, P. (1999). *Speech intelligibility and the use of hearing protective devices.* Paper presented to The Sixth International Congress on Sound and Vibration was held at DTU from 5 to 8 July 1999. iscv6, Lyngby, Denmark.

Hiselius, P. (2000). A new generation. *Occupational Health & Safety, 69*, 50-54.

Howell, K & Martin, AM. (1975). An investigation of the effects of hearing protectors on vocal communication in noise. *Journal of Sound and Vibration, 41 (2)*, 181-196.

ISO (the International Organization for Standardization)-4869-1-1990, Acoustics – Hearing protector – Subjective methods for the measurement of sound attenuation.

Liedtke, M. (2002). Specifying a general criterion for hearing protectors with aim of ensuring good acoustic perception. *Noise & Vibration Worldwide,* 19- 23.

Lindblad, P. (1986). *Språkljuds akustiska mönster i relation till diskanthörselnedsättning.* Göteborg: Göteborgs universitet, Institution för lingvistik.

Magnusson, L. (1995). Reliable clinical determination of speech recognition scores using Swedish PB words in speech-weighted noise. *Scandinavian Audiology, 24,* 217-223.

Magnusson, L. (1996). *Tal i brus enligt Sahlgrenska sjukhuset.* Stockholm: C-A Tegner AB.

Pekkarinen, E., Salmivalli, A. & Suonpää, J. (1990). Effect of noise on word discrimination by subjects with impaired hearing, compared with those with normal hearing. *Scandinavian Audiology, 19,* 31-36.

Pittman, AL. & Wiley, TL. (2001). Recognition of speech produced in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 44,* 487-496.

SAME (1996). *Metodbok i praktisk hörselmätning.* Stockholm: CA Tegnér AB.

The European Standard EN 458:1993 E. *Hearing protectors – Recommendations for selection, use, care and maintenance- Guidance document.*

Bilaga 1

Till Dig som är normalhörande eller har bullerskada/ åldershörselnedsättning

Vi heter Kristina Jadner, Camilla Olofsson och Petra Åkerfeldt och studerar audiologi på Institutionen för logopedi, foniatri och audiologi vid Lunds universitet. Nästa termin (VT 2004) är vår sista och då skriver vi vår magisteruppsats. I vår uppsats studerar vi hur taluppfattningen påverkas av dämpningen i olika hörselskydd.
Vi vänder oss därför till Dig som är antingen normalhörande eller har en bullerskada/åldershörselnedsättning och undrar om Du kan tänka Dig att medverka i vår undersökning.

Det finns en mängd olika hörselskydd på marknaden och med få undantag dämpar dessa i det område som är viktigast för talet, 1500-4000 Hz, vilket påverkar taluppfattningen negativt. Detta kan medföra att användaren måste ta av sig hörselskydden vid kommunikation. Även en kort tid utan hörselskydd kan orsaka hörselnedsättning.
På marknaden finns även hörselskydd med en annan typ av dämpning, som uppges vara mer fördelaktig för taluppfattningen. Denna typ har en jämnare dämpning i området som påverkar talet.

Vi vill med vår magisteruppsats undersöka sambandet mellan hörselskyddens dämpning och taluppfattning.

För att kunna undersöka detta genomför vi en del tester där Du får höra ord i brus. Dessa ord kommer att presenteras med dämpning som motsvarar olika hörselskydd. Före ordtestet genomförs ett hörseltest på Dig som inte har ett aktuellt sådant.
Tetsnivåerna är helt ofarliga. Du deltar frivilligt och kan när som helst avbryta testerna, det kommer inte att påverka bemötandet av Dig som patient i övrigt på Hörselvården.
Testerna genomförs på Institutionen för logopedi, foniatri och audiologi vid Lunds universitet (samma hus som hörselvården), under perioden v. 10-14.
Testerna beräknas ta ungefär 2 timmar.
Vår önskan är att Du kan avvara denna tid till våra tester.

Endast vi som är delaktiga i testerna kommer att ha tillgång till audiogram och testresultat. Vid såväl muntlig som skriftlig presentation av resultaten kommer dessa att redovisas på ett sådant sätt att identifiering omöjliggörs.

Vi är tacksamma om du fyller i nedanstående blankett och sänder oss snarast, dock senast vecka 6.
Om du önskar ytterligare information är du välkommen att kontakta oss;

Kristina Jadner	040-234758	e-post: krissej@spray.se
Camilla Olofsson	040-122360	e-post: cam.olofsson@home.se
Petra Åkerfeldt	0416-12548	e-post: petra.akerfeldt.479@student.lu.se

Med vänliga hälsningar Kristina Jadner, Camilla Olofsson och Petra Åkerfeldt

Jag är intresserad av att delta! ☐

Namn:_____

Tfn:_____

Du som har ett nytaget audiogram, vänligen medtag kopia till testtillfället.

Vi kontaktar dig för överenskommelse om tid.

Önskad tid:

Dag ☐ Kväll ☐

Vardag ☐ Helg ☐

Tack på förhand!

Camilla, Kristina och Petra

CD TAL I BRUS FB-listor

Lista 1 track 02 ch 1 utan brus ch 2 med brus	Lista 3 track 03 ch 1 utan brus ch 2 med brus	Lista 4 track 04 ch 1 utan brus ch 2 med brus
vårt	het	doft
park	lätt	känns
mur	slant	skärp
frukt	skämt	lik
ditt	blixt	grabb
två	tolv	stund
skuld	helst	nord
näbb	plugg	sjuk
hiss	häl	slips
sill	tung	här
rad	förr	tjog
spalt	dån	bly
skratt	gift	mjölk
just	trots	frö
glatt	knyck	puss
narr	ring	skydd
salt	spis	grav
vass	norsk	sin
nos	fru	damm
vin	kam	synd
bra	kniv	dräng
sol	haj	dvärg
träff	mål	glass
trång	brev	vink
kök	skur	kust
lång	stänk	tjänst
fort	med	sits
pang	den	plats
eld	håv	liv
köp	kött	bred
sen	fjäll	fjol
vilt	små	hål
spalt	glans	nerv
ärr	kring	blek
tjur	tand	snår
bär	vitt	blad
chef	knä	kort
pil	ord	frid
stygg	god	fet
sko	kryp	smek
spår	bland	spansk
jämt	kök	smörj
släkt	folk	vas
blink	glas	tack
var	hatt	torsk
slakt	barr	dans
död	döv	kalv
strunt	samt	stork
föll	vind	fart
lån	smal	slut

FB-lista 5 track 05 ch 1 utan brus ch 2 med brus	FB-lista 11 track 06 ch 1 utan brus ch 2 med brus	FB-lista 12 track 07 ch 1 utan brus ch 2 med brus
fat	som	tam
vinst	hörn	blick
frakt	trött	lönn
broms	form	flik
vid	fack	höjd
rån	tofs	smäll
struts	lim	tjat
tur	vem	ben
strå	stel	far
skal	bränn	sex
brant	skutt	hår
kall	hård	klubb
gräl	rygg	vers
stopp	sträv	napp
halm	lat	roll
not	nick	rast
stum	ras	stöld
barn	tratt	ljus
bör	prov	svag
sträck	fly	mjuk
stark	fest	dal
hur	torr	kors
vek	hast	hett
fem	brun	våg
lott	pigg	knöl
syn	dag	säng
rik	båt	krok
block	flit	tagg
glöd	ned	torg
orm	pärm	gro
rum	punkt	där
fläkt	svår	fält
sitt	svar	stå
knapp	varm	stryk
själv	dam	valp
mört	gnäll	till
pingst	berg	natt
bänk	träd	blank
ton	boll	hav
tysk	jord	band
fransk	vård	blus
kär	jul	slott
svett	lök	fet
spö	lin	häst
låt	färd	trygg
bild	sak	viss
bank	pank	pump
vad	mjöl	lugn
flykt	tal	löv
hel	knuff	mark

Instruktioner till försökspersoner

Jag ska testa hur olika hörselskydd påverkar taluppfattningen. Hörselskyddens dämpning är simulerad.

Audiogram
Luft
Jag ska börja med att ta ett hörselprov på dig för att kunna beräkna ljudnivåerna för de andra testerna.

Du kommer att få höra korta toner först på det ena örat och sedan på det andra. Tonerna är ibland mycket svaga. Tryck på knappen så fort du hör en ton. Jag börjar testa det öra som du anser är bäst. Finns det ingen skillnad börjar jag med höger.

Ben
Nu ska jag testa innerörats funktion.
Du kommer att få höra korta toner först på det ena örat och sedan på det andra. Tonerna är ibland mycket svaga. Tonerna kan höras antingen i ena eller andra örat eller i båda öronen samtidigt. Tryck på knappen så fort du hör en ton. Bentelefonen ska inte flyttas ur sitt läge sedan den väl är placerad.

Objektivt test
Detta är ett test för att ta reda på hur väl du kan uppfatta tal i bullrig miljö med olika hörselskydd. För att uppnå detta får du höra meningar där hörselskyddens dämpning är simulerade.

Du kommer att få höra några meningar från en träningslista för att veta hur testet låter.
Din uppgift är att upprepa sista ordet i varje mening. Meningen lyder "Nu hör ni bil". Då upprepar du ordet "bil". Orden som presenteras är enstaviga.

Samtidigt med talet kommer det att finnas ett brus. Detta ska du inte bry dig om utan endast koncentrera dig på att upprepa orden.

Är du osäker bör du gissa.
Testet är utformat så att du inte kan uppfatta alla ord korrekt.
Totalt kommer du att får höra 4 listor.

Subjektivt test
Nu ska du jämföra 2 hörselskydd åt gången och avgöra med vilket av dessa som du har lättast för att uppfatta vad som sägs. Hörselskydden benämns "blått" respektive "rött".
Du får börja med att lyssna på hörselskydd "blått". När du vill höra på rött tryck på röd knapp. Du kan skifta mellan blått och rött hörselskydd, hur mycket du vill, genom att trycka på blå respektive röd knapp. Du har 4 minuter på dig. När du bestämt dig för med vilket hörselskydd som det är lättast att uppfatta vad som sägs talar du om det för försöksledaren. Totalt kommer du att få göra sex olika jämförelser.
Jag börjar alltid med blått hörselskydd.
Du kan när som helst avbryta testet!

Statistiska jämförelser mellan hörselskydd för de normalhörande

Hörselskydd A-B: Vid jämförelse av hörselskydd A och B fanns ingen signifikant skillnad, p= 0, 50.

Hörselskydd A-C: Vid jämförelse av hörselskydd A och C fanns ingen signifikant skillnad, p= 1,0.

Hörselskydd A-D: Vid jämförelse av hörselskydd A och D fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,06.

Hörselskydd B-C: Vid jämförelse av hörselskydd B och C fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,47.

Hörselskydd B-D: Vid jämförelse av hörselskydd B och D fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,33.

Hörselskydd C-D: Vid jämförelse av hörselskydd C och D visade det sig att D var signifikant bättre på 97 % konfidensnivå, p= 0,03.

Statistiska jämförelser mellan hörselskydd för de hörselskadade

Hörselskydd A-B: Vid jämförelse av hörselskydd A och B fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,22.

Hörselskydd A-C: Vid jämförelse av hörselskydd A och C fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,49.

Hörselskydd A-D: Vid jämförelse av hörselskydd A och D fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,50.

Hörselskydd B-C: Vid jämförelse av hörselskydd B och C fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,60.

Hörselskydd B-D: Vid jämförelse av hörselskydd B och D visade det sig att B var signifikant bättre än D på 97 % konfidensnivå, p = 0,03.

Hörselskydd C-D: Vid jämförelse av hörselskydd C och D fanns ingen signifikant skillnad, p= 0,15.