



ISSN 0280-6819

# KAROLINSKA INSTITUTET

## TEKNISK AUDIOLOGI

Report TA133

Dec 1998

### **Hörseltest för urval av sonaroperatörer - fortsättning**

*Ann-Cathrine Lindblad, Björn Hagerman, Åke Olofsson*

| INNEHÅLL                                                        | sida |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| SAMMANFATTNING.....                                             | 2    |
| INTRODUKTION - BESKRIVNING AV UPPDRAGET .....                   | 5    |
| METOD .....                                                     | 6    |
| Försökspersoner .....                                           | 6    |
| Subjektiva bedömningar .....                                    | 7    |
| Betyg från undervattensskolan .....                             | 8    |
| Utrustning för hörselmätningarna.....                           | 8    |
| Hörselmätningar.....                                            | 9    |
| Tontrösklar med Békésymetod .....                               | 9    |
| Psychoacoustical modulation transfer function (PMTF) .....      | 9    |
| Otoakustiska emissioner .....                                   | 10   |
| TEOAEs.....                                                     | 10   |
| DPOAEs .....                                                    | 10   |
| SOAEs.....                                                      | 10   |
| Procedur .....                                                  | 11   |
| Statistiska analyser .....                                      | 11   |
| RESULTAT OCH DISKUSSION.....                                    | 11   |
| Preliminärt bedömningskriterium från SM94 och SM96.....         | 12   |
| Subjektiva bedömningar och deras inbördes samband .....         | 13   |
| Betyg från undervattensskolan .....                             | 15   |
| Tontrösklar.....                                                | 15   |
| Samband mellan hörselvariablerna .....                          | 16   |
| Förändring av hörseln under vpl-tjänstgöringen.....             | 16   |
| Selektion av personer med lämplig hörselförmåga, nytt kriterium | 19   |
| SLUTSATSER.....                                                 | 22   |
| ACKNOWLEDGMENTS.....                                            | 23   |
| REFERENSER.....                                                 | 24   |
| FIGURER .....                                                   | 25   |
| APPENDIX .....                                                  | 33   |



## Hörseltest för urval av sonaroperatörer - fortsättning

Ann-Cathrine Lindblad, Björn Hagerman, Åke Olofsson

### SAMMANFATTNING

Ett önskemål från försvarsmakten är att vid mönstring kunna välja ut personer med lämpliga hörselegenskaper för sonaroperatörstjänst. I projektet "Hörseltest för urval av sonaroperatörer", 1995, mättes hörsel efter uttryckning på före detta värnpliktiga sonaroperatörer. Två totalomdomen av deras funktion som sonaroperatörer som insamlats av Ledarskapsinstitutionen vid Militärhögskolan (Carlstedt & Mårdberg, 1995) kunde utnyttjas för att undersöka samband mellan denna funktion och resultat av hörseltest. Resultaten visade att egenskaper hos örats aktiva kompressiva olinearitet är väsentliga för en god sonaroperatör.

I aktuellt projekt har operatörer ur ytterligare två årgångar värnpliktiga sonaroperatörer mätts och bedömts i slutet av tjänstgöringen för att vinna tid och utöka underlaget. Antalet bedömningsskalor som sonarbefälen skall ta ställning till har därvid utökats, bl a för att ge en mer nyanserad bild. Mättiden för varje person har reducerats med utgångspunkt från de tidigare resultaten. Eftersom hörseln kan tänkas ändras under tjänstgöringen kan mätresultaten *efter* tjänstgöringen skilja sig från mätresultaten *före*. Den senaste årgången (-97) har därför mätts både före och efter.

För att snabbt kunna omsätta resultaten i ett mönstringstest uppställdes redan efter årgång -96 ett preliminärt hörselkriterium. Det baserades på resultaten från årgångarna -94 och -96 och har använts på RKS under 1998. Kriteriet avser dels svaga ljud som spontant kommer ur örat (spontana emissioner), dels maximal kompression i innerörat för en kort ton i intensitetsmodulerat brus.

Att dra slutsatser för hela materialet och omsätta *efter*-kriterier till *före*-kriterier har komplicerats av att

| Postadress                                                                                    | Besöksadress                | Telefon      | Telefax                  | Org.nr:             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| Teknisk Audiologi                                                                             | Drottning Kristinas väg 33A | 08-411 66 60 | 08-791 71 30             | 01 202100 2973 01   |
| Box 70025                                                                                     | Kungl Tekniska Högskolan    | 08-791 75 17 | <b>E-post</b>            | <b>Moms/VAT-nr:</b> |
| S-100 44 STOCKHOLM                                                                            | Stockholm                   | 08-791 75 18 | bjorn.hagerman@ood.ki.se | SE202100297301      |
| <b>Hemsida:</b> <a href="http://www.ki.se/ees/taudiology">http://www.ki.se/ees/taudiology</a> |                             |              |                          |                     |

- den senaste årgången (-97) tycks ha sämre hörsel än tidigare årgångar. Många saknar spontana emissioner. Endast 10 av 47 klarade det tidigare satta *efter*-kriteriet. 17 klarade det vid *före*-mätningar!! I årgångarna -94 och 96 tillsammans klarade 29 av 54.
- sammanhanget mellan bedömningarna på de olika skalorna och totalbedömningen i vissa fall tycks ologisk. Vi har försökt minska problemet genom att utesluta 4 försökspersoner. (Det är naturligtvis i sig problematiskt att ha många olika bedömare.)

De bedömningar som utförts av befäl visar att funktionen hos en operatör av passiva sonarsystem beror till 3/4 av förmågan att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud från målet och till 1/4 av koncentrationsförmågan. För en operatör med aktivt sonarsystem bestäms hälften av teknisk skicklighet, andra hälften av förmågan att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud från målet och koncentrationsförmågan i nämnd ordning. I krig anses teknisk skicklighet vara det avgörande för den aktive samt ambition. För den passive blir i krig koncentrations- och detektionsförmåga viktigare, liksom förmågan att taktiskt välja hur han/hon skall lyssna med de förutsättningar som finns.

De betyg som satts av lärare på skolan i Berga i slutet av ljudutbildningen där, visar inte det minsta samband med slutresultatet, funktionen som sonaroperatör. Det är med andra ord ingen fördel att ta in ett överantal och göra urval efter ljudutbildningen.

Vad gäller hörseln förändras den under tjänstgöringstiden. Hörtrösklarna förändras dock inte signifikant. Däremot minskar eller försvinner spontanemissionerna och vissa trösklar i modulerat brus förändras. Det handlar alltså om förändringar i innerörats aktiva olinearitet, som ännu ej gett utslag på hörtrösklarna. Det hörseltest som används vid mönstring bör därför ha ett inslag av bullerkänslighetstest. Den som är bra vid inryckning skall också vara bra i slutet. Detta aktualiserar frågan om **utnivåbegränsning på hörtelefonerna**, som används vid sonarlyssning. Det är sannolikt att de personer vars inneröron försämrats haft extra stora och långvariga tillfälliga

försämringar av signalanalysförmågan efter kraftiga transientljud. Införande av utnivåbegränsningar på hörtelefonerna skulle alltså inte bara skydda sonaroperatörernas hörsel för framtiden utan också förbättra deras funktion som operatör.

För de försökspersoner vi har mätt både *före* och *efter* har vi funnit ett **kriterium avseende såväl maximalkompression i innerörat som detektion**, vilket är **robust vad gäller både *före* och *efter***. Det har starka samband med subjektivt bedömd detektionsförmåga, förmåga att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud från målet samt med funktion som sonaroperatör. Det gäller också för avlyssning av både aktiva och passiva system. För det preliminära kriteriet var vi osäkra om det var bäst att mäta toner i brus med båda öronen samtidigt eller bara höger. Det står nu klart att resultaten blir tydligast om enbart höger öra mäts.

Två index med tillhörande kriterier har alltså hittills tagits fram ur olika sonaroperatörsårgångar med olika hörselförutsättningar. Enligt det första kriteriet, vid mätningar efter tjänstgöring var SOAEs nödvändiga. Enligt det andra är de ej nödvändiga. Det kriteriet kan till och med missgynna öron med SOAEs. Ett slutgiltigt kriterium måste ta hänsyn till detta, eller flera kriterier måste användas.

Under 1997 utförde vi hörselmätningar i Berga på ca 50 nyinryckta sonaroperatörer. Viss klassificering av hörsel gjordes också. Under 1998 har mätningar att utförts i augusti i Karlskrona och i oktober på Berga. Vi hoppas att forskningsarbete skall kunna ske utifrån dessa data, och så småningom utifrån mönstringsdata, tills kriteriet verifierats. I testet med modulerat brus har vi nu lagt in nya mått som eventuellt kan ge indikation om koncentrationsförmåga vid lyssning. Befälsbedömningar av funktion som sonaroperatör m m kommer att behövas såväl för dem som ryckt in 1997 och 1998 som för kommande årgångar.

*Detta projekt har stötts av Marinens taktiska centrum vid Försvarmakten, kontaktperson Kk Bengt Pergel.*

## INTRODUKTION - BESKRIVNING AV UPPDRAGET

Ett önskemål från försvarsmakten är att vid mönstring kunna välja ut personer med lämpliga hörselegenskaper för sonaroperatörstjänst. I projektet "Hörseltest för urval av sonaroperatörer", 1995 mättes hörsel efter uttryckning på före detta värnpliktiga sonaroperatörer.

Två totalomdömen av deras funktion som sonaroperatörer som insamlats av Carlstedt & Mårdberg (1995) kunde utnyttjas för att undersöka samband mellan funktion och resultat av hörseltest. Resultaten visade att egenskaper hos örats aktiva kompressiva olinearitet är väsentliga för en god sonaroperatör.

I juni 1996 erhöles av Marinens taktiska centrum vid Försvarsmakten uppdraget att fortsätta att göra hörselmätningar av sonaroperatörer och blivande sonaroperatörer med avsikten att finna ett hörselkriterium för selektion av blivande sonaroperatörer vid mönstring.

I aktuellt projekt har operatörer ur ytterligare två årgångar vpl sonaroperatörer mätts och bedömts i slutet av tjänstgöringen för att vinna tid och utöka underlaget. Antalet bedömningsskalor som sonarbefälen skall ta ställning till har därvid utökats bl a för att ge en mer nyanserad bild. Mättiden för varje person har reducerats med utgångspunkt från de tidigare resultaten.

Eftersom hörseln kan tänkas ändras under tjänstgöringen kan mätresultaten efter tjänstgöringen skilja sig från mätresultaten vid mönstring. Den senaste årgången (-97) har därför mätts vid två tillfällen: *före* och *efter* tjänstgöring.

För att snabbt kunna omsätta resultaten i ett mönstringstest uppställdes redan efter årgång -96 ett preliminärt hörselkriterium. Det baserades på resultaten från årgångarna -94 och -96 och har använts på RKS under 1998. Kriteriet avser dels (svaga) ljud som spontant kommer ur örat (spontana

emissioner), dels maximal kompression i innerörat för en kort ton i intensitetsmodulerat brus.

## METOD

### Försökspersoner

Tabell I nedan visar en sammanställning över antalet hittills mätta försökspersoner med aktiv resp. passiv lyssningstjänst i detta projekt och i ursprungsprojektet. Sifferbeteckningarna hänför sig till det år de tjänstgjort som sonaroperatörer.

Tabell I.

|         | Mätta efter utbildning |      |      | Summa | Mätta före utbildn. |
|---------|------------------------|------|------|-------|---------------------|
|         | SM94                   | SM96 | SM97 |       | SM97                |
| Aktiva  | 9                      | 18   | 16   | 43    |                     |
| Passiva | 12                     | 15   | 31   | 58    |                     |
| Summa   | 21                     | 33   | 47   |       | 62                  |
| Totalt  | 101                    |      |      |       |                     |

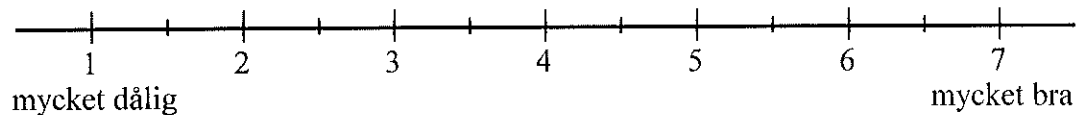
Grupperna **SM96** och **SM97** består av värnpliktiga sonaroperatörer som gått plutonbefälsutbildning (PB) eller gruppbefälsutbildning (GB). De mättes i december 1996 resp 1997 efter slutövning, just före utryckning.

Grupp **SM97** mättes efter inryckning, tyvärr efter fullgjord skjututbildning (pga missförstånd). PB mättes i oktober och GB i november 1996. Av de då mätta 62 återstod 47 vid mätning efter tjänstgöring.

I resultaten nedan ingår i vissa fall även den tidigare mätta gruppen **SM94** vars resultat också redovisats tidigare (Lindblad & Hagerman, 1995).

## Subjektiva bedömningar

Tio olika subjektiva bedömningsskalor har använts för att försöka separera hörselegenskaper från andra egenskaper som också är viktiga för en god sonaroperatör. Vid alla bedömningar användes den typ av skala som visas nedan, med ett område från 0,5 till 7,5 med 1 - *mycket dålig* och 7 - *mycket bra*.



Sju av skalorna gäller bedömd förmåga i olika avseenden, en gäller ambition (införd först för SM97) och de två sista gäller totalbedömningar. Till höger nedan står korta beteckningar för resp variabel:

- förmåga att tekniskt hantera anläggningen TEKN
- förmåga att koncentrera sig och tåla stress KONC
- förmåga att visuellt på skärm detektera målet VIS
- förmåga att med hörseln hjälp detektera målet  
i början av ett lyssningspass (efter ca 10 min) AUD1
- förmåga att med hörseln hjälp detektera målet  
i slutet av ett lyssningspass (efter ca 1 tim) AUD2
- förmåga att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud  
från målet (eventuellt i filtrerat eller signalbehandlat skick) AUD3
- förmåga att taktiskt välja hur han/hon skall lyssna med de  
förutsättningar som finns hos passiv respektive aktiv sonar TAK
- ambition att göra ett bra jobb AMB
- totalomdöme 1: "Fungerar som operatör" FUNK
- totalomdöme 2: "Jag skulle vilja ha honom /henne  
som operatör i krig" KRIG

De sista två sammanfattande bedömningarna användes av Carlstedt & Mårdberg (1995), i en studie av ett psykologiskt testbatteri för urval av sonaroperatörer. I den sista skalan, totalomdöme 2, betecknades 1 och 7 med *absolut inte* respektive *ja, absolut*. Instruktionen löd:

”Ange på skalorna nedan vad Du/Ni anser om operatörens förmåga i olika avseenden. **Markera med lodräta streck på skalorna. Strecken får sättas var som helst på skalorna, alltså även mellan och utanför markeringarna.** Först kommer bedömningar av ett antal specialförmågor. Därefter kommer två helhetsbedömningar.

*Läs igenom hela formuläret innan Du/Ni börjar fylla i. Notera att skalorna går mellan 0,5 och 7,5. Skalans mittpunkt är 4,0.”*

Bedömningarna utfördes av sonarbefäl eller annat befäl (en eller flera personer tillsammans). Beslut om vem eller vilka som skulle göra bedömningarna har tagits på resp fartyg. Avsikten var att vederbörande skulle känna den bedömde väl i sonaroperatörsfunktionen.

### **Betyg från undervattensskolan**

Ett betyg på lyssningsförmåga från undervattensskolan togs också med i analyserna. Det sattes av lärarna på passiva och aktiva system och baserades på ett antal lyssningsprov i slutet av utbildningen. Betygen utgjordes av procentsiffror 0 - 100% (som också omsatts i *ig, g, vg, mvg*).

### **Utrustning för hörselmätningarna**

Alla mätningar utfördes med samma utrustning och med samma datorprogram som i vårt förra experiment (Lindblad & Hagerman, 1995), med en liten skillnad. Vi ville nu även kunna mäta höger och vänster öra var för sig, varför vi införde en kopplingsbox med omkopplare så att ljudet kunde ledas till höger öra, vänster öra eller båda samtidigt.

När gruppen SM97 mättes i slutet av tjänstgöringen hade proben i utrustningen för TEOAE-mätningarna ersatts med en ny. Det har senare visat sig att givarna i den nya proben ger något annorlunda frekvensinnehåll i klickljudet, vilket resulterar i något starkare svar vid högre frekvenser. Detta kommer man inte åt vid normal kalibrering, varför mätningarna med den gamla och den nya proben inte är helt jämförbara. Eftersom vi arbetar med olinjära fenomen, går det tyvärr inte att i efterhand räkna om resultaten att gälla för samma prob.

## Hörselmätningar

### *Tontrösklar med Békésymetod*

Tontrösklar för vardera örat för sig mättes med rena toner (dvs sinustoner) först på höger öra för frekvenserna 1000, 1500, 2000 Hz och därefter 1000 Hz igen. Den första mätningen vid 1000 Hz betraktas som träning och den senare används som slutligt mätresultat. Samma mätningar gjordes sen på vänster öra. De förväntades dock inte vara användbara för val av lämpliga sonaroperatörer utan var avsedda för kontroll och som en grund för de övriga mätningarna.

### *Psychoacoustical modulation transfer function (PMTF)*

Vid PMTF-testet mäts tröskeln för en 4 ms lång tonpuls i närvaro av ett maskerande brus vars intensitet varierar. Periodtiden för intensitetsvariationerna är här vald till 400 ms (dvs 2,5 Hz modulationsfrekvens). Tröskeln mäts dels då tonpulsen är placerad på brusets "topp", dels i dess "dal". Mätningen beskrivs i detalj i vår förra rapport (Lindblad & Hagerman, 1995). Se även exempel på resultat i slutet av Appendix i den här rapporten. För SM94 mättes PMTF binauralt, dvs med ljudpresentation i bägge öronen samtidigt. Eftersom det då såg ut som om kraven på tontrösklarna för höger och vänster öra var radikalt olika mätte vi nu PMTF såväl binauralt som för höger och vänster öra var för sig. Endast kombinationerna 1000 Hz vid 25,

35, 45 och 55 dB SPL samt 2000 Hz vid 65, 75, 85 och 95 dB SPL mättes för SM96 och SM97 *före*. Vid mätningarna av SM97 *efter* lade vi dock åter till mätningarna 1000 Hz 65 dB SPL och 2000 Hz 55 dB SPL.

### *Otoakustiska emissioner*

Vid ljudstimulering sänder örat tillbaka ljud, ej bara som en rent akustisk reflektion utan också som ett resultat av aktiva processer i ett någorlunda väl fungerande inneröra. En prob sätts in i hörselgången, skickar ljud till örat och tar sedan emot ljudet som kommer tillbaka. Örats svar på ett impulsljud, en klick, kallas **TEOAEs** (transient evoked acoustic emissions). Svaret på två samtidigt presenterade sinustoner visar den lätta ljudförvrängning som uppstår i innerörat, **DPOAEs** (distortion-product otoacoustic emissions). Dessutom kan man mäta spontana emissioner, **SOAEs**, som uppstår i omkring hälften av alla normala öron utan yttre stimulus. Se exempel i slutet av Appendix. De datorprogram som användes för dessa mätningar har utvecklats på Teknisk Audiologi och ger tillsammans med kvalificerad generell utrustning bättre upplösning än kommersiell apparatur.

### **TEOAEs**

TEOAEs mättes denna gång bara på höger öra och endast med stimulusnivåerna 55, 65, 75 och 85 dB SPL. Förutom den vanliga olinjära moden (se Lindblad & Hagerman, 1995) mättes de två lägsta nivåerna även i linjär mod för att erhålla större säkerhet.

### **DPOAEs**

DPOAEs mättes bara på höger öra. Endast stimulusfrekvensen 2000 Hz och ljudnivåerna 35, 40 och 45 dB SPL användes.

### **SOAEs**

SOAEs mättes på höger och vänster öra var för sig.

## **Procedur**

Mätningarna utfördes på en person i taget i sessioner om cirka 2 timmar och 20 minuter. Först mättes Békésy-trösklar, SEOAEs, TEOAEs, DPOAEs, och binaurala PMTFs vid 1000 och 2000 Hz. Efter 10 min kafferast mättes motsvarande PMTFs på höger öra och därefter på vänster öra.

## **Statistiska analyser**

De statistiska analyserna är utförda med datorprogrammen Statgraphics® Plus for Windows version 2.1 samt MS Excel 5.0. Ett stort antal analyser har gjorts, men endast de intressantaste redovisas i denna rapport.

## **RESULTAT OCH DISKUSSION**

Vi har inriktat oss något mer på operatörer som arbetar med passiva sonarsystem eftersom de använder hörseln mer i sin tjänst och de tidigare visat bättre samband mellan hörselkriterier och bedömd förmåga än de som arbetar med aktiva sonarsystem.

I vissa fall tycks bedömningen på de olika skalorna inte ha något samband med totalbedömningen. Vi har därför uteslutit 4 försökspersoner (nr 19, 26 31 och 33 i grupp SM97) i alla analyser och resultat där subjektiva bedömningar ingår. Att ha många olika bedömare är en svaghet i försöksuppläggnen som tyvärr ej kan undvikas. I många fall har en bedömare haft endast en operatör att bedöma. Har denna bedömare dessutom bara erfarenhet av några få sonaroperatörer finns stor risk för osäkra resultat. I de fall samma bedömare bedömt flera personer ser vi, att vissa bedömare ger genomgående låga omdömen, andra är "generösa". De flesta differentierade bedömningarna ordentligt för de olika personerna. För kommande bedömningsomgångar kommer vi att "kalibrera" bedömarna för att försöka minska problemet. För de senast bedömda årgångarna låg medelbedömningen av FUNK på 5,03 i SM96 och på 4,86 i SM97. Medelvärden för några bedömningsvariabler visas i Tabell I.

Tabell I. Medelvärden av bedömningsvärden (efter tjänstgöring) för grupperna SM96 och SM97 sammanslagna.

| Grupp |         | AUD1 | AUD3 | FUNK | KRIG |
|-------|---------|------|------|------|------|
| SM96  | medelv. | 5,00 | 4,62 | 5,03 | 4,73 |
|       | N       | 33   | 28   | 33   | 32   |
| SM97  | medelv. | 5,05 | 4,72 | 4,86 | 4,33 |
|       | N       | 45   | 45   | 47   | 47   |

### Preliminärt bedömningskriterium från SM94 och SM96

Under våren 1997, så snart mätresultat och bedömningar av grupp SM96 förelåg, gjordes en omfattande statistisk bearbetning av det dåvarande materialet SM94 + SM96. Detta ledde till ett hörselkriterium för selektion av lämpliga sonaroperatörer. Matematiskt uttrycks kriteriet med våra variabelnamn som

$$\text{index97} = \text{SOAEh} + \text{SOAEv} + \text{MAXbd2} > -8$$

Det innebär att summan av dB-värdena för de spontana emissionerna på höger öra, vänster öra samt PMTF-daltröskelvärde vid 2 kHz mätt på bägge öronen samtidigt, skall överstiga -8. I fig 1 visas att detta kriterium väljer ut alla operatörer med passivt sonarsystem (utom en) som fått bedömningen  $\text{FUNK} > 5$  och sällar bort alla utom en som fått bedömningen  $\text{FUNK} < 5$ . Den som ej sällas bort är nr 8 i grupp SM96. Han har fått låga betyg, 2 - 4 i alla åtta bedömningsvariablerna. Vi förmodar att andra orsaker än hörsel spelat in här.

Vid användning av samma kriterium på operatörer av passivt sonarsystem i grupp SM97 (N=31) erhöles dock inte lika goda resultat. I denna grupp var det 16 personer som bedömdes med  $\text{FUNK} > 5$ . Endast 2 av dessa klarade det tidigare uppställda kriteriet. Detta gäller för *efter*-mätningen. Vid *före*-mätningen klarade 5 personer med  $\text{FUNK} > 5$  kriteriet. Orsaken till detta är oklar, men bidragande är helt klart att hörseln var sämre i hela denna grupp

jämfört med de två tidigare grupperna, att hörseln förändrades under tjänstgöringen samt att många olika bedömare använts.

### Subjektiva bedömningar och deras inbördes samband

De subjektiva bedömningarna av de olika förmågorna är olika starkt korrelerade med varandra. AUD1 och AUD2 bör t ex ha starkt samband med varandra eftersom de utgör bedömningar av samma egenskaper vid olika tidpunkter i lyssningspasset. Dessutom bör AUD2 påverkas negativt av dålig koncentrationsförmåga, vilket bör minska det positiva sambandet med KONC jämfört med AUD1. Nedan följer tabell II som visar den linjära korrelationen mellan alla subjektivt bedömda variabler för grupperna SM96 och SM97, passiva.

Tabell II. Linjär korrelationen mellan alla subjektivt bedömda variabler i grupperna SM96 och SM97. Övre högra delen visar antalet fall och nedre vänstra delen visar korrelationssiffran. Antalet stjärnor efter siffran visar signifikansnivån för sambandet.  $p < 0,001$  betecknas med \*\*\*,  $p < 0,01$  med \*\* och  $p < 0,05$  med \*.  $p$  står för sannolikheten att variablerna **inte** har något samband med varandra. Endast operatörer med passiv lyssningstjänst.

4 personer bortselektade:

|      | TEKN    | KONC    | VIS     | AUD1    | AUD2    | AUD3    | TAK     | AMB     | FUNK    | KRIG |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| TEKN |         | 42      | 21      | 42      | 42      | 42      | 38      | 27      | 42      | 42   |
| KONC | 0,52*** |         | 21      | 42      | 42      | 42      | 38      | 27      | 42      | 42   |
| VIS  | 0,74*** | 0,43    |         | 21      | 21      | 21      | 21      | 13      | 21      | 21   |
| AUD1 | 0,42**  | 0,63*** | 0,68*** |         | 42      | 42      | 38      | 27      | 42      | 42   |
| AUD2 | 0,51*** | 0,59*** | 0,66*** | 0,80*** |         | 42      | 38      | 27      | 42      | 42   |
| AUD3 | 0,57*** | 0,68*** | 0,55**  | 0,79*** | 0,73*** |         | 38      | 27      | 42      | 42   |
| TAK  | 0,48**  | 0,67*** | 0,51*   | 0,59*** | 0,55*** | 0,80*** |         | 23      | 38      | 38   |
| AMB  | 0,28    | 0,46*   | 0,84*** | 0,65*** | 0,51**  | 0,64*** | 0,50    |         | 27      | 27   |
| FUNK | 0,51*** | 0,74*** | 0,74*** | 0,74*** | 0,66*** | 0,86*** | 0,78*** | 0,72*** |         | 54   |
| KRIG | 0,44**  | 0,82*** | 0,64**  | 0,71*** | 0,62*** | 0,78*** | 0,77*** | 0,61*** | 0,85*** |      |

Endast 3 av de 45 variabelkombinationerna saknar signifikant samband. Alla bedömningsvariabler har trestjärniga samband med FUNK och nästan alla med KRIG. Detta visar att bedömda förmågor är relevanta för funktionen som sonaroperatör. De flesta variablerna har starka samband med varandra. Man kan bl a notera de höga, och i högsta grad rimliga, korrelationerna mellan FUNK och AUD3, resp mellan FUNK och KRIG, samt den märkligt höga korrelationen mellan VIS och AMB. För att ta reda på vilka egenskaper som är mest effektiva för att beskriva funktionen som sonaroperatör, har linjär multipel regressionsanalys utförts för samma grupp passiva operatörer som vid korrelationsanalysen ovan samt för aktiva operatörer. I dessa analyser har variablen AMB ej tagits med, eftersom antalet bedömningar är så litet (AMB infördes först för SM97). För passiva operatörer har, av samma skäl, inte heller VIS tagits med.

Tabell III. FUNK och KRIG som funktion av övriga bedömningsvariabler, SM96 + SM97 (38 passiva, 27 aktiva). Antal stjärnor anger signifikansnivå.

|                   | Passiva                      | Aktiva                     |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|
| FUNK              | AUD3***<br>KONC *            | TEKN***<br>AUD3**<br>KONC* |
| Förklarad varians | 80%                          | 70%                        |
| KRIG              | KONC***<br>AUD1**      TAK** | TEKN***                    |
| Förklarad varians | 80%                          | 40%                        |

Enligt tabell III är förmågan att med hörselns hjälp klassificera och bedöma ljud från målet, AUD3, den klart viktigaste för en sonaroperatör med passivt sonarsystem. Funktionen beror till 3/4 av denna förmåga. Dessutom beror

den av koncentrationsförmågan. Totalt kan AUD3 och KONC förklara ca 80% av variansen i resultaten.

I krig blir koncentrations- och detektionsförmåga viktigare liksom förmågan att taktiskt välja hur han/hon skall lyssna med de förutsättningar som finns. För en operatör med aktivt sonarsystem bestäms hälften av funktionen som operatör av teknisk skicklighet, andra hälften av förmågan att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud från målet samt koncentrationsförmågan, i nämnd ordning. I krig anses teknisk skicklighet vara det avgörande, men det går bara att förklara 40% av variansen i variabeln KRIG för aktiva operatörer.

Allt detta gäller alltså för det sammanslagna materialet SM96 + SM97. Gör man en regressionsanalys med avseende på KRIG för aktiva operatörer ur enbart SM97 förklaras 85% av variansen i KRIG av AUD3\*\*, TAK\*, AMB\*, dvs resultatet blir helt annorlunda! Det står därmed klart att bedömningarna, trots uteslutningen av fyra försökspersoner, skall tas med viss försiktighet, särskilt vad gäller variabeln KRIG.

### **Betyg från undervattenskolan**

De betyg som satts av lärare på skolan i Berga i slutet av ljudutbildningen där, visar inte det minsta samband med slutresultatet, funktionen som sonaroperatör. **Det är med andra ord ingen fördel att ta in ett överantal och göra urval efter ljudutbildningen.**

### **Tontrösklar**

Medelvärdena för Békéströsklarna visas i tabell IV nedan för grupperna SM96 och SM97 sammanslagna. Alla uppmätta trösklar låg inom gränsen 20 dB HL, normal hörsel, utom för en person i SM97. Han klarade vid eftermätningen på höger öra inte denna gräns vid någon av de tre frekvenserna. Hans övriga mätresultat visade dock inga särskilda problem.

Tabell IV. Medelvärden för Békésytrösklar (i dB HL) för grupperna SM96 och SM97 (*efter* tjänstgöring) sammanslagna. Antalet stjärnor efter skillnadsvärdena visar signifikansnivån. N= 80.

| Öra\Frekv. | 1000 Hz<br><i>träning</i> | 1000 Hz | 1500 Hz | 2000 Hz |
|------------|---------------------------|---------|---------|---------|
| Höger      | 3,5                       | 0,8     | 2,7     | 0.9     |
| Vänster    | 0,3                       | -0,4    | 0,4     | -1.8    |
| Skillnad   | 3,2***                    | 1,2*    | 2,3***  | 2,7***  |

Resultaten på vänster öra är signifikant bättre än på höger öra, men det beror med största sannolikhet på att höger öra mättes först och man alltså hade tränat sig litet innan vänster öra mättes. Detta syns också klart vid jämförelse mellan de båda mätningarna på 1000 Hz, som gjorts först och sist på ett öra.

### **Samband mellan hörselvariablerna**

En tabell med korrelationskoefficienter (Pearson produkt-moment) för de flesta hörselvariablerna finns i Appendix.

### **Förändring av hörseln under vpl-tjänstgöringen**

För grupp SM97 som mätts både *före* och *efter* vpl-tjänstgöringen har vi undersökt skillnaden i mätvärden för alla hörseltester mellan de två tillfällena. Se tabell V och VI nedan.

Tabell V. Tontröskelförändringen för grupp SM97, dvs skillnaden mellan tröskelvärdena *efter* och *före* utbildning. Medelvärden uttryckta i dB HL. N=47.

| Öra     | Frekv.       | 1000 Hz<br><i>träning</i> | 1000 Hz | 1500 Hz | 2000 Hz |
|---------|--------------|---------------------------|---------|---------|---------|
| Höger   | <i>Efter</i> | 3,7                       | 0,9     | 2,8     | 0,8     |
|         | <i>Före</i>  | 4,6                       | 1,8     | 3,7     | 0,6     |
|         | Skillnad     | -0,9                      | -0,9    | -0,9    | 0,2     |
| Vänster | <i>Efter</i> | 0,3                       | -0,6    | -0,1    | -1,8    |
|         | <i>Före</i>  | 0,6                       | -0,5    | 0,3     | -2,5    |
|         | Skillnad     | -0,3                      | -0,1    | -0,4    | 0,7     |

Skillnaderna i tontrösklar är inte signifikanta, men tendensen tycks faktiskt vara att de har något bättre tontrösklar efter utbildningen. Detta beror i så fall sannolikt på lyssningsträningen. Signifikanta förändringar uppträdde däremot för vissa andra variabler enligt tabell VI nedan.

Tabell VI. Medelvärden för ett antal variabler *före* och *efter* tjänstgöring. De hörselmätvärden som ej finns med visade ej signifikant skillnad. Observera att skillnaderna i TEOAE-mätningarna troligen beror på att olika probtyper använts vid mätning *före* och *efter*, vilket trots kalibrering slagit igenom, snarare än på en förbättring av hörseln. Dessa resultat är därför angivna med mindre typsnitt i tabellen. N=47, utom för ett fåtal mätpunkter där några data saknas.

| Mättyp                           | Frekvens<br>kHz | Stimulus-<br>nivå   | Medelv<br><i>efter</i> , dB | Medelv<br><i>före</i> , dB | Skillnad, dB<br><i>efter-före</i> |
|----------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| TEOAE<br>hö öra                  |                 | 55 dB linjär<br>mod | 10,6                        | 8,8                        | 1,8***                            |
|                                  |                 | 65 dB linjär<br>mod | 15,6                        | 12,4                       | 3,2***                            |
|                                  |                 | 55 dB               | 11,5                        | 10,0                       | 1,5**                             |
|                                  |                 | 65 dB               | 12,7                        | 12,4                       | 0,3**                             |
|                                  |                 | 75 dB               | 15,7                        | 13,6                       | 2,1***                            |
|                                  |                 | 85 dB               | 19,1                        | 15,5                       | 3,6***                            |
| DPOAE                            | 2               | 35 dB               | -14,1                       | -11,0                      | -3,1***                           |
|                                  | 2               | 40 dB               | -9,5                        | -7,5                       | -2,0***                           |
| PMTF<br>binauralt<br>topptröskel | 1               | 35 dB               | 12,0                        | 11,4                       | 0,6*                              |
|                                  | 1               | 45 dB               | 14,2                        | 12,2                       | 2,0***                            |
|                                  | 2               | 65 dB               | 14,5                        | 17,2                       | -2,7***                           |
|                                  | 2               | 85 dB               | 8,8                         | 10,4                       | -1,6***                           |
| PMTF<br>binauralt<br>daltröskel  | 2               | 65 dB               | -1,7                        | 2,3                        | -4,0***                           |
|                                  | 2               | 75 dB               | 0,8                         | 4,4                        | -3,6***                           |
|                                  | 2               | 85 dB               | -1,0                        | 2,0                        | -3,0***                           |
|                                  | 2               | 95 dB               | -3,9                        | -1,8                       | -2,1***                           |
|                                  | 2               | maxvärde            | 2,1                         | 5,7                        | -3,6***                           |
| PMTF<br>hö öra<br>topptröskel    | 1               | 35 dB               | 14,5                        | 13,3                       | 1,2*                              |
|                                  | 1               | 45 dB               | 17,3                        | 14,6                       | 2,7***                            |
|                                  | 1               | maxvärde            | 21,6                        | 19,1                       | 2,5***                            |
|                                  | 2               | 65 dB               | 17,9                        | 19,4                       | -1,5*                             |
| PMTF<br>hö öra<br>daltröskel     | 1               | 55 dB               | 2,5                         | 1,2                        | 1,3*                              |
|                                  | 2               | 65 dB               | 1,5                         | 5,8                        | -4,3***                           |
|                                  | 2               | 75 dB               | 3,7                         | 7,0                        | -3,3***                           |
|                                  | 2               | 95 dB               | -1,7                        | -0,5                       | -1,2**                            |
|                                  | 2               | maxvärde            | 5,2                         | 8,1                        | -2,9***                           |
| <b>Index97</b>                   |                 |                     | -15,7                       | -9,8                       | -5,9***                           |
| <b>Index98</b>                   |                 |                     | 20,6                        | 17,2                       | 3,2***                            |

De högre TEOAEs vid mätningen *efter* beror med största sannolikhet på skillnaden i proberna, som gav olika spektrum. Ett alternativt sätt att

analysera TEOAEs är att se på svarsnivån som funktion av stimulusnivå, räkna ut lutningen på denna kurva och se om den förändrats. Det blev ingen skillnad i lutning alls. Större lutning förknippas med hörselskada.

Alla mätresultat för 2 kHz, DPOAEs och PMTFs, tyder på en viss hörsel-försämring, vilken förmodas vara bullerrelaterad. Detta framgick dock inte av de vanliga tontröskelresultaten. Förmågan att detektera svaga ljud tycks vara mindre känslig för bullerskada än förmågan att analysera ljud vid högre ljudnivåer. Resultaten vid 1 kHz är svårare att tolka. Det nya indexet, index98, som baseras på mätningar vid 1 kHz, förbättras dock signifikant. Se vidare nedan under rubriken "Selektion av personer med lämplig hörselförmåga".

### **Selektion av personer med lämplig hörselförmåga, nytt kriterium**

Vårt preliminära kriterium,  $\text{index97} < -8$  visade sig inte alls fungera så bra för den senast mätta gruppen SM97. Vi kan skönja två orsaker till det:

- den senaste årgången (-97) har sämre hörsel än tidigare årgångar. Många saknar spontana emissioner. Endast 10 av 47 klarade det tidigare satta *efter*-kriteriet. 17 klarade det vid *före*-mätningar!! I årgångarna -94 plus -96, som samtliga mätts *efter*, klarade 29 av 54.
- som tidigare nämnts verkar vissa av de subjektiva bedömningarna osäkra.

För denna senaste grupp, SM97, som vi har mätt både *före* och *efter* vpl-tjänstgöring har vi dock funnit ett nytt **kriterium avseende såväl**

**maximalkompression i innerörat som detektion, vilket är robust vad gäller både mätningar *före* och *efter*.** Det har starka samband med

subjektivt bedömd detektionsförmåga, förmåga att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud från målet samt med funktion som sonar-operatör. Det gäller också för lyssning vid både aktiva och passiva system.

För det preliminära kriteriet var vi osäkra om det var bäst att mäta toner i brus med båda öronen samtidigt eller bara höger. Det står nu klart att enbart höger öra skall mätas.

Det **nya index** som vi valt är  $\text{index98} = \text{pt1h\_max} - \text{fb1h}$ , där  $\text{pt1h\_max}$  är den maximala topptröskeln vid 1000 Hz i modulerat brus, på den "alptopp" som för normalhörande bildas vid 45 - 65 dB och där  $\text{fb1h}$  är tontröskeln vid 1000 Hz. Vi hade efter SM96 lagt till 65 dB SPL (och fler vid behov) till de för SM96 mätta nivåerna 25, 35, 45 och 55 dB SPL just för att kunna identifiera topparna.

Ett tänkbart **kriterium** är  $\text{index98} > 18 \text{ dB}$  för mätningar gjorda före värnplikttjänstgöring, se figurerna 2 och 3. Detta kriterium sällar bort alla passiva (och alla aktiva utom två) som har FUNK lägre än 5 och alla passiva (och alla aktiva utom en) som har AUD1 lägre än 5, vid utnyttjande av hörselmätning *före* vpltg. Sannolikheten att detta resultat skulle ha uppkommit slumpartat är mindre än 1,3 % vare sig man tittar på FUNK eller AUD1 och gäller också vare sig man ser på enbart passiva eller både passiva och aktiva (Fischertest). AUD3 ger lika goda resultat. Med gränsen 15 dB blir den statistiska säkerheten ännu mycket bättre, men vi föreslår ändå en högre gräns. Innan man bestämmer sig definitivt bör man noga överväga om det är viktigast att välja ut enbart personer med (sannolik) topphörsel och förlora en del som skulle ha klarat sig bra som operatörer, högt satt gräns, eller om man i stället skall fånga upp alla som kan tänkas bli bra och därmed få med en del med riktigt dåliga hörselförutsättningar, lägre satt gräns. Figur 4 visar en betraktelse över följderna av kriterierna  $> 15$ ,  $> 17$  och  $> 18 \text{ dB}$  vad gäller AUD1, AUD3 och FUNK.

När man räknar på hur effektivt ett test kan diagnosticera en sjukdom talar man om sensitivitet, dvs andel av de sjuka som diagnosticeras korrekt som sjuka, och specificitet, dvs andel av de friska som diagnosticeras korrekt som friska. En ansats att betrakta god sonaroperatörshörsel som en sjukdom som skall diagnosticeras antyder, med en maximering av sensitivitet och specificitet för de tre variablerna, att  $\text{index98} > 17$  kunde vara lämpligt.

Att utnyttja kriteriet på mätningar gjorda efter vpltg är ju ej aktuellt i praktiken, men fig 5 och 6 visar ett hyggligt utfall även här, om än något sämre. I så fall skulle kriteriet sättas ca 3 dB högre, dvs 21 dB, enligt de

förändringar som visats ovan i tabell V. Även här blir den statistiska säkerheten något bättre vid 3 dB lägre kriterium, dvs 18 dB i detta fall.

För den tidigare gruppen SM96 (*efter*) blir resultaten sämre än för SM97 *efter*, vilket visas i figurerna 7 och 8. AUD1 ger dock bättre samband än FUNK, vilket man bör förvänta sig eftersom den förra variabeln är mer renodlat kopplad till hörseln.

Enligt tabell V ovan förbättrades index98 under värnplikstjänstgöringen i motsats till de flesta hörselmätvariabler. Knappt en dB härav härrör från den bättre tontröskeln vid 1 kHz (tabell IV), medan drygt 2 dB härrör från förhöjt värde hos *ptlh\_max*. De som klarade det nya kriteriet hade dock bara 2 dB förbättring i genomsnitt, medan de som inte klarade kriteriet hade hela 4,5 dB förbättring i genomsnitt av index98. Skillnaden är dock inte statistiskt signifikant. Man kan spekulera om att förbättringen av index98 torde vara hörselträningen i utbildningen samt i någon mån trötthet strax efter inryckningen. De som klarar kriteriet från början, som kanske redan är vana lyssnare, har kanske inte lika stor potential till förbättring som de övriga. Detta gör också att det nya kriteriet inte fungerar lika bra då det används på mätningar efter tjänstgöringen.

En liten diskussion enligt tabell VII kan vara belysande. I denna har kriteriet satts till att summan av AUD1, AUD3 och FUNK skall vara minst 15, för den grupp som klarar kriteriet *före* (och där alla klarar det även *efter*).

Signifikansnivån är som synes mycket hög,  $p = 0,0002^{***}$ . Av de tre som klarar hörselkriteriet men inte kriteriet för bedömningarna är en nära att klara det medan två är allmänt mycket lågt värderade. Av de åtta som ej klarar hörselkriteriet *före*, klarar fem det *efteråt*. De har höjt max topptröskel, men framförallt har de förbättrat sin vanliga tontröskel väsentligt mer än genomsnittet!

Tabell VII. Index98>18 vs. AUD1+AUD3+FUNK  $\geq 15$ .

Allt gäller höger öra vid 1 kHz och både passiva och aktiva.

Alla 23 (av 47) som klarar hörselkriteriet *före*, klarar det *efter*.

| AUD1+AUD3+FUNK $\geq 15$ | Klarar kriteriet <i>före</i> och <i>efter</i> |    |
|--------------------------|-----------------------------------------------|----|
|                          | nej                                           | ja |
| ja                       | 8                                             | 20 |
| nej                      | 16                                            | 3  |

p=0,0002\*\*\*

Det nya kriteriet baserat på index98 fungerar alltså bra för SM97. Problem kan dock uppstå för personer med starka spontanemissioner nära 1 kHz. Spontanemissionerna kan nämligen maskera tonen som används vid tontröskelmätningen och därmed ge sämre tröskel. En genomgång av SM96, där många har spontanemissioner, visar att flera datapunkter i övre vänstra delen ("dålig hörsel men bra funktion som operatör") förflyttas väsentligt åt höger ("bra hörsel, bra funktion") om man korregerar högerörats pga den närliggande emissionens sannolikt förhöjda tröskelvärde till vänsterörats värde. Ett vidareutvecklat index kan bygga på index98, men måste i så fall korrigeras för spontanemissioner.

## SLUTSATSER

Vad gäller hörseln förändras den under tjänstgöringstiden. Hörtrösklarna förändras dock inte signifikant. Däremot minskar eller försvinner spontanemissionerna och vissa trösklar i modulerat brus förändras. Det handlar alltså om förändringar i innerörats aktiva olinearitet, som ännu ej gett utslag på hörtrösklarna. Det hörseltest som används vid mönstring bör därför ha ett inslag av bullerkänslighetstest. Den som är bra vid inryckning skall också vara bra i slutet. Vi är också övertygade om att det är viktigt att

införa **utnivåbegränsning på hörtelefonerna** som används vid sonarlyssning.

För de försökspersoner vi har mätt både *före* och *efter* har vi utarbetat ett nytt kriterium avseende maximalkompression i innerörat, som är robust vad gäller både *före* och *efter*. Det har starka samband med subjektivt bedömd detektionsförmåga, förmåga att med hörseln hjälp klassificera och bedöma ljud från målet samt med funktion som sonaroperatör. Det gäller också både aktiv och passiv lyssning med enbart höger öra. Vårt tidigare preliminärt valda kriterium gällde lyssning med båda öronen.

Två index med tillhörande kriterier har hittills tagits fram ur olika sonaroperatörsårgångar med olika hörselförutsättningar. Enligt det första kriteriet, vid mätningar efter tjänstgöring var SOAEs nödvändiga. Enligt det andra är de ej nödvändiga. Det kriteriet kan till och med missgynna öron med SOAEs. Ett slutgiltigt kriterium måste ta hänsyn till detta, eller flera kriterier måste användas.

Under 1997 utförde vi hörselmätningar i Berga på ca 50 nyinryckta sonaroperatörer. Viss klassificering av hörsel gjordes också. Under 1998 utfördes mätningar i augusti i Karlskrona och i oktober på Berga. Vi hoppas att forskningsarbete skall komma att ske utifrån dessa data och så småningom utifrån mönstringsdata tills ett bra kriterium utformats. I testet med modulerat brus har vi nu även lagt in nya mått som eventuellt kan ge indikation om koncentrationsförmåga vid lyssning. Befälsbedömningar av funktion som sonaroperatör m m kommer att behövas också för kommande årgångar.

## ACKNOWLEDGMENTS

Detta arbete har beställts och stötts av Marinens taktiska centrum vid Försvarmakten, kontaktperson Kk Bengt Pergel. Mätningarna utfördes av civ ing Jun Cheng och civ ing Susanne Köbler.

## REFERENSER

- Arlinger S. 1983. Manual of Practical Audiometry, Vol 1. Whurr Publisher Ltd, London and New Jersey.
- Carlstedt B, Mårdberg B 1995. Prövning och validering av ett testbatteri för urval av värnpliktiga sonaroperatörer. Rapport från Ledarskapsinstitutionen, Militärhögskolan, Karlstad. (In Swedish.)
- Cheng J 1993. Time-frequency analysis of transient evoked otoacoustic emissions via smoothed pseudo Wigner distribution. *Scandinavian Audiology* 24, 91-96.
- Cheng J 1996. Frequency estimation of spontaneous acoustic emissions. Manuscript for *Acustica*.
- Hagerman B, Lindblad A-C, Olofsson Å, Laurén C. 1985. Hörselkrav för hydrofonoperatörer. Rapport från Teknisk Audiologi, Karolinska institutet, Stockholm. (In Swedish.)
- Lindblad A-C, Hagerman B, Olofsson Å. 1992. Tone thresholds in modulated noise. I. Level dependence and relations to SRT in noise for normal-hearing subjects. Report TA125 from Technical Audiology, Karolinska institutet, Stockholm.
- Lindblad A-C, Olofsson Å, Hagerman B. 1993. Hearing aid fitting using psychoacoustical modulation transfer functions. In *Recent developments in hearing instrument technology*, pages 491-496, eds. J Beilin and GR Jensen, Stougaard Jensen, Copenhagen.

# SM94+SM96, N=27+27=54

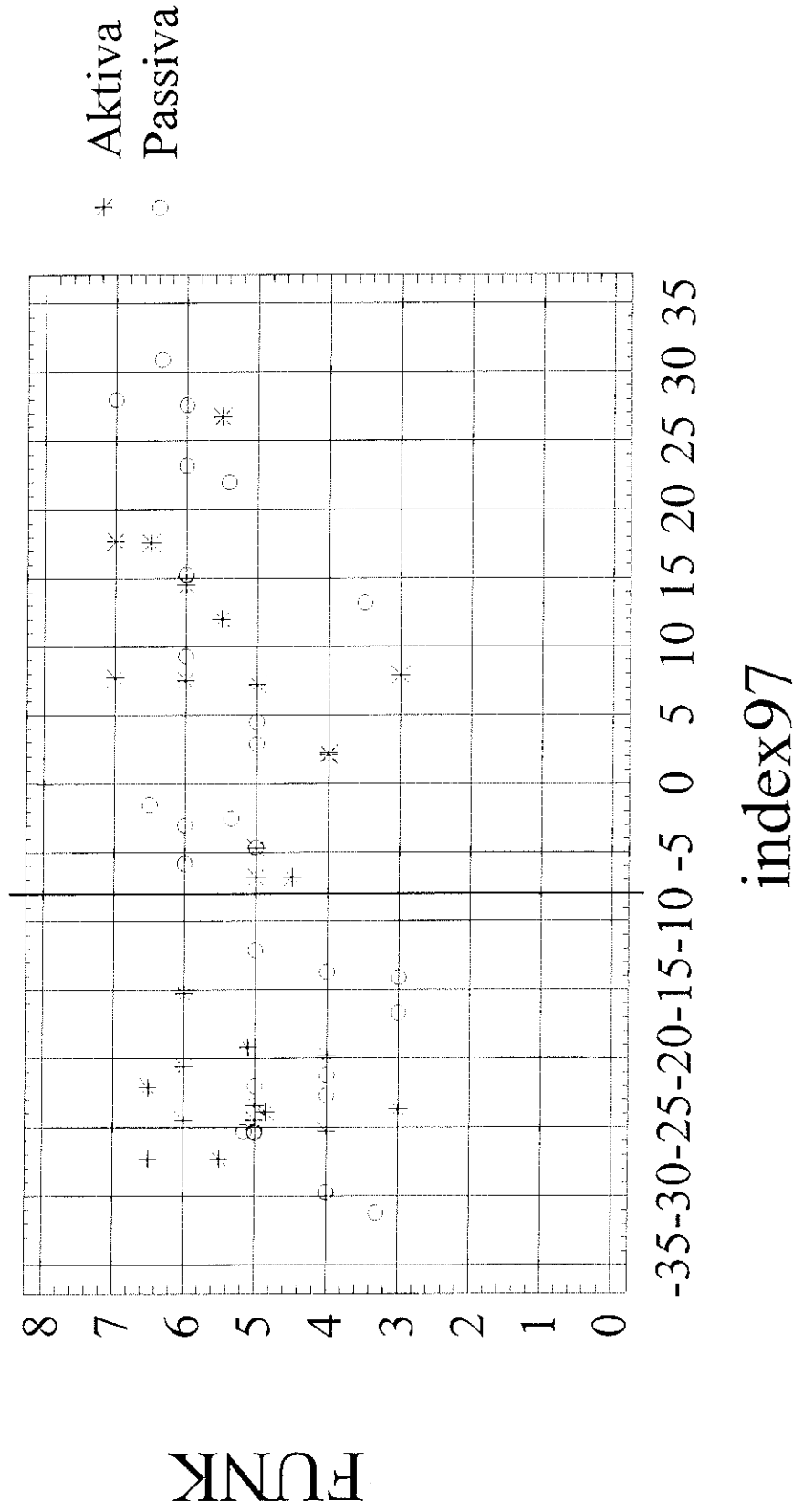


Fig 1. Samband mellan preliminärt index (index97 = SOAEh + SOAEv + MAXbd2) och bedömningsvariabeln FUNK för operatörer i grupperna SM94 och SM96. N = 54, varav 27 med passiv lyssningstjänst och 27 med aktiv. I koordinaterna (-25.3, 5) ligger två datapunkter och i koordinaterna (2.1, 4) och (2.2, 4) ligger två närliggande datapunkter som ej kan särskiljas från varandra på bilden.

## SM97 före, N=16+27=43

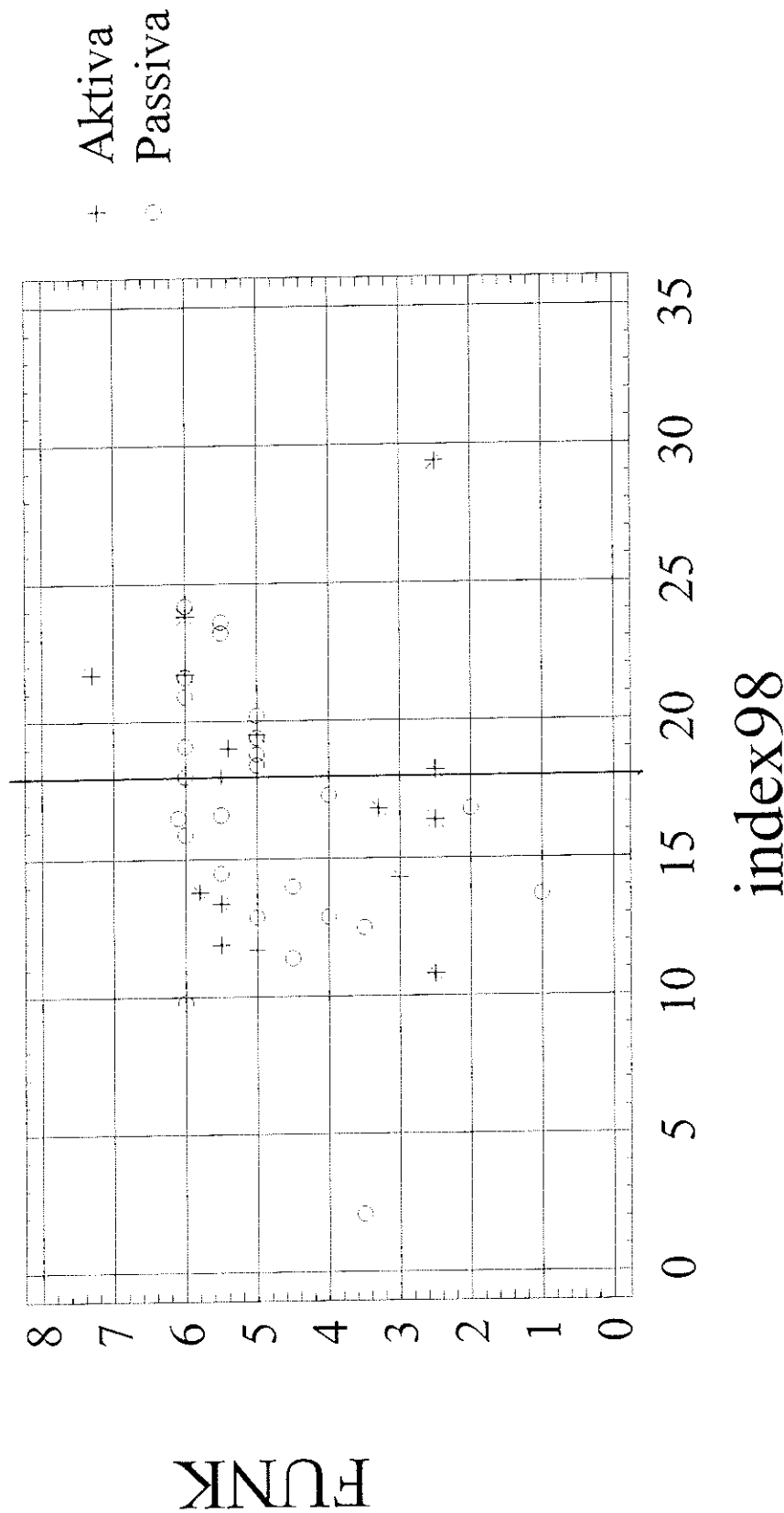


Fig 2. Samband mellan nytt index (index98 = ptlh\_max - fb1h) mätt före vplrig och bedömningsvariabeln FUNK för operatörer i grupp SM97. N = 43, varav 27 med passiv lyssningstjänst och 16 med aktiv.

# SM97 före, N=16+27=43

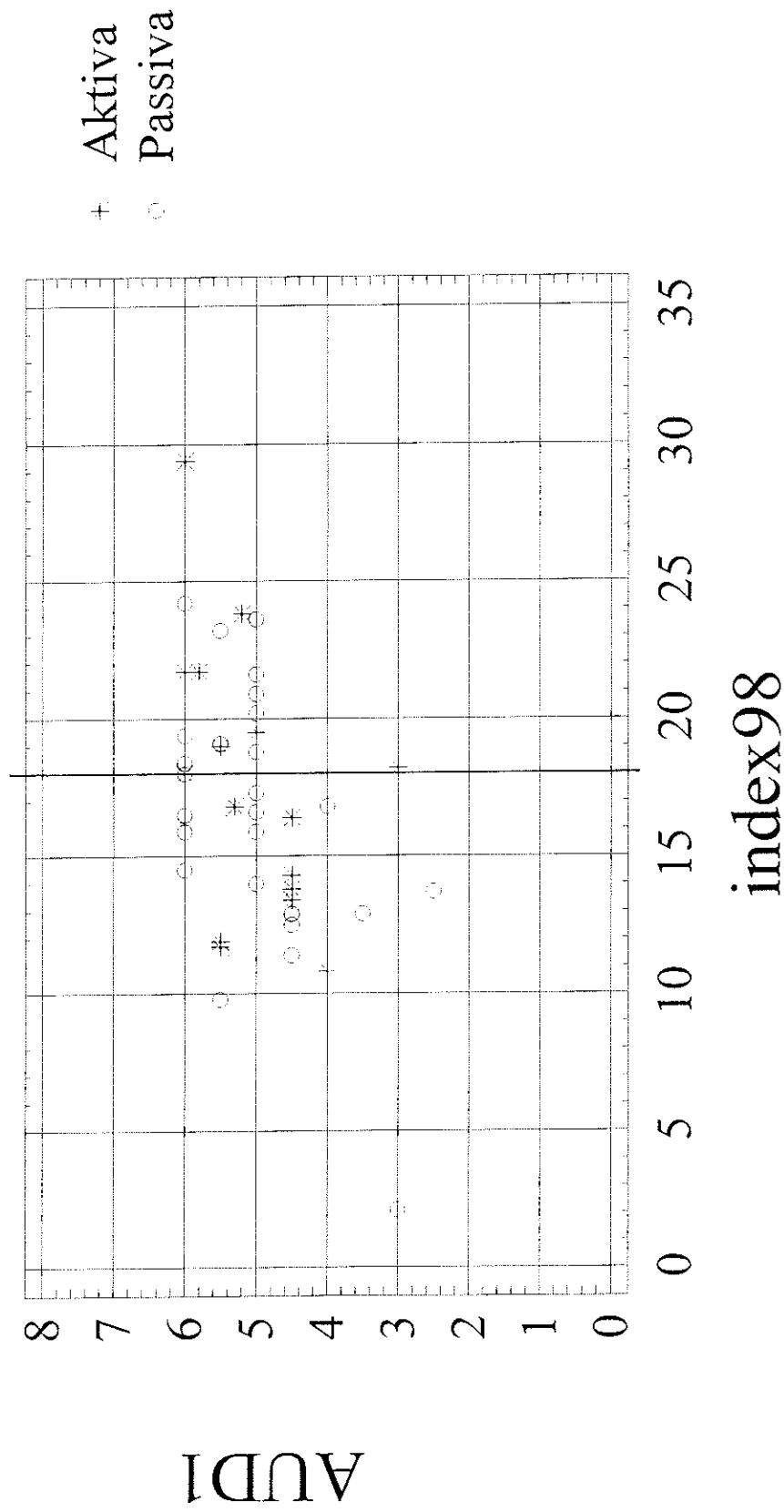


Fig 3. Samband mellan nytt index (index98 = ptlh\_max - fl1h) mätt före vplig och bedömningsvariabeln AUD1 för operatörer i grupp SM97. N = 43, varav 27 med passiv lyssningstjänst och 16 med aktiv.

**ALLA i SM97 FÖRE** utom nr 19, 26,31 o 33. **N=43**

| ***     | index98 ≤15 | index98 >15 | ***     | index98 ≤17 | index98 >17 | **      | index98 ≤18 | index98 >18 |
|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| AUD1 ≥5 | 5           | 25          | AUD1 ≥5 | 10          | 20          | AUD1 ≥5 | 13          | 17          |
| AUD1 <5 | 10          | 3           | AUD1 <5 | 12          | 1           | AUD1 <5 | 12          | 1           |

| ***     | index98 ≤15 | index98 >15 | **      | index98 ≤17 | index98 >17 | *       | index98 ≤18 | index98 >18 |
|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| AUD3 ≥5 | 2           | 19          | AUD3 ≥5 | 6           | 15          | AUD3 ≥5 | 9           | 12          |
| AUD3 <5 | 13          | 9           | AUD3 <5 | 16          | 6           | AUD3 <5 | 16          | 6           |

| *       | index98 ≤15 | index98 >15 | *       | index98 ≤17 | index98 >17 | *       | index98 ≤18 | index98 >18 |
|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|
| FUNK ≥5 | 7           | 22          | FUNK ≥5 | 11          | 18          | FUNK ≥5 | 13          | 16          |
| FUNK <5 | 8           | 6           | FUNK <5 | 11          | 3           | FUNK <5 | 12          | 2           |

Fig 4. Antal personer i grupp SM97 som väljs ut respektive inte väljs ut då kriteriet för index98 (mätt före vpligt) är valt till 15, 17 respektive 18, samt hur de har bedömts för variablerna AUD1, AUD3 och FUNK. Antalet stjärnor i övre vänstra hörnet anger signifikansnivån (som i tabell II) i Fishertestet och visar att den ojämna fördelningen i rutorna inte har uppkommit av en slump.

# SM97 efter, N=16+27=43

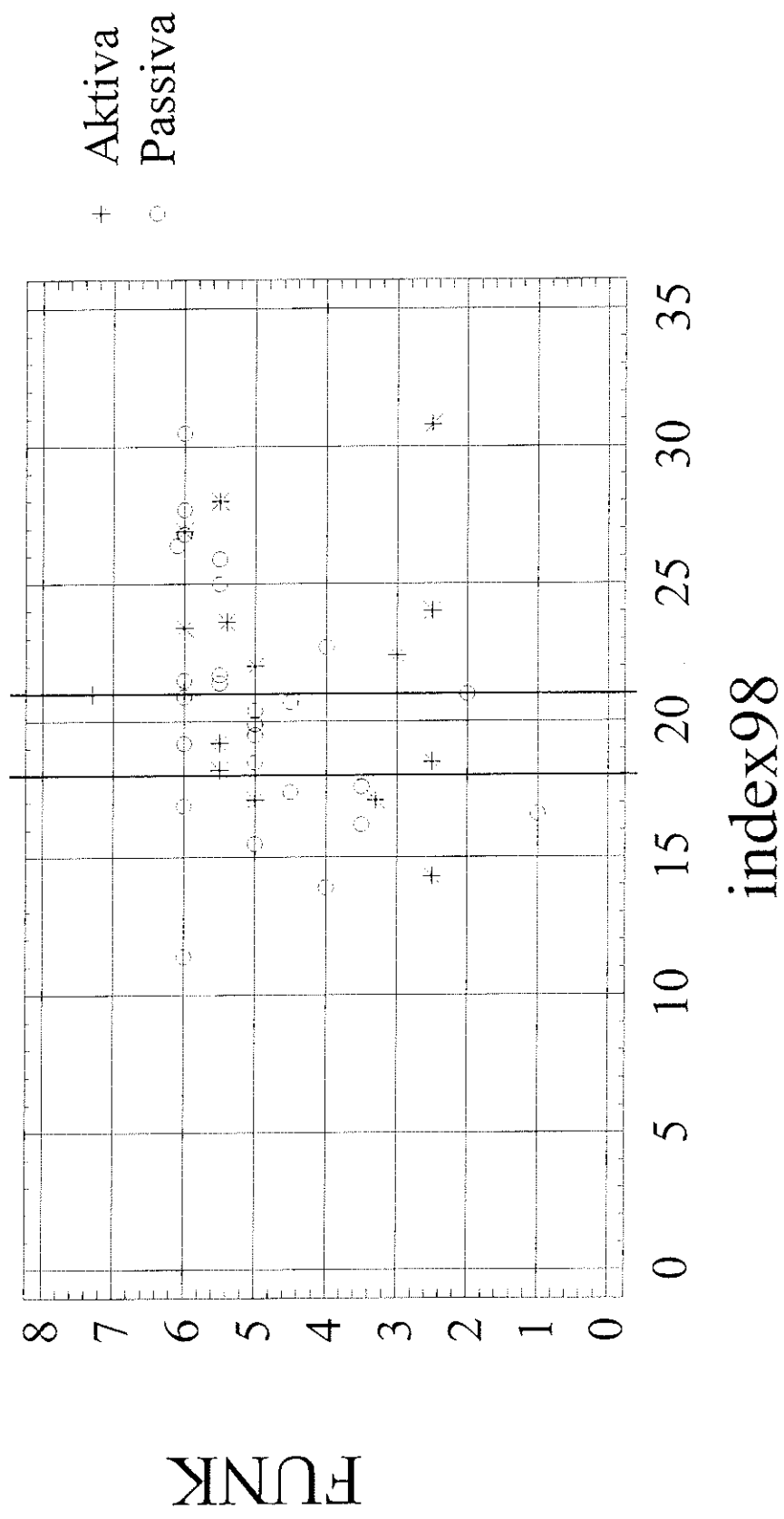


Fig 5. Samband mellan nytt index (index98 = pt1h\_max - fb1h) mätt **efter** vplrig och bedömningsvariabeln FUNK för operatörer i grupp SM97. N = 43, varav 27 med passiv lyssningstjänst och 16 med aktiv. OBS! En datapunkt (nr 7) ligger långt utanför bilden med koordinaterna (-9, 5.8). Jfr kommentar under rubriken Tontrösklar.

# SM97 efter, N=16+27=43

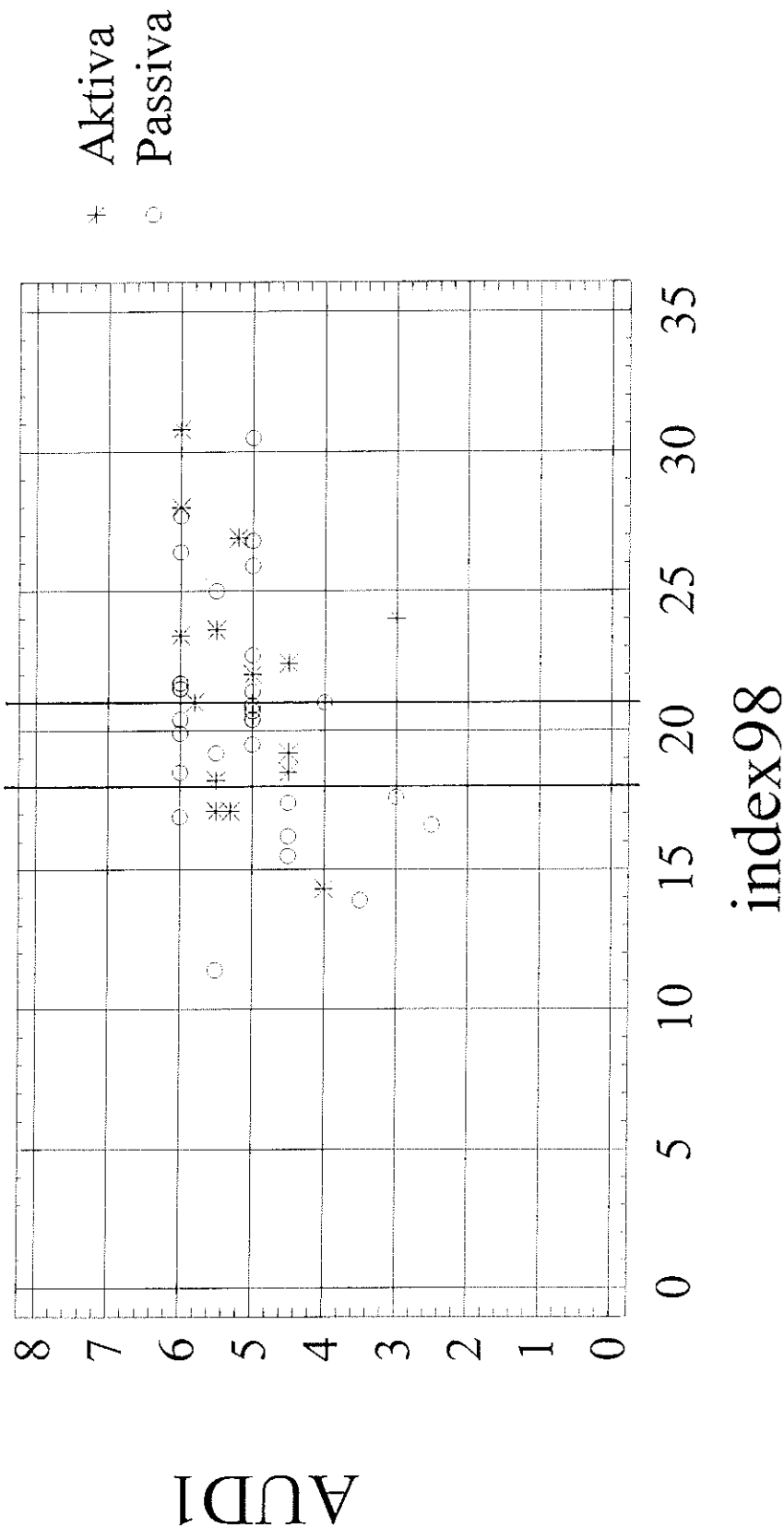


Fig 6. Samband mellan nytt index (index98 = ptlh\_max - fb1h) mätt efter vpljg och bedömningsvariabeln AUDI för operatörer i grupp SM97. N = 43, varav 27 med passiv lyssningstjänst och 16 med aktiv. OBS! En datapunkt ligger långt utanför bilden med koordinaterna (-9, 4.5). Jfr kommentar under rubriken Tontrösklar.

## SM96 efter, $N=18+15=33$

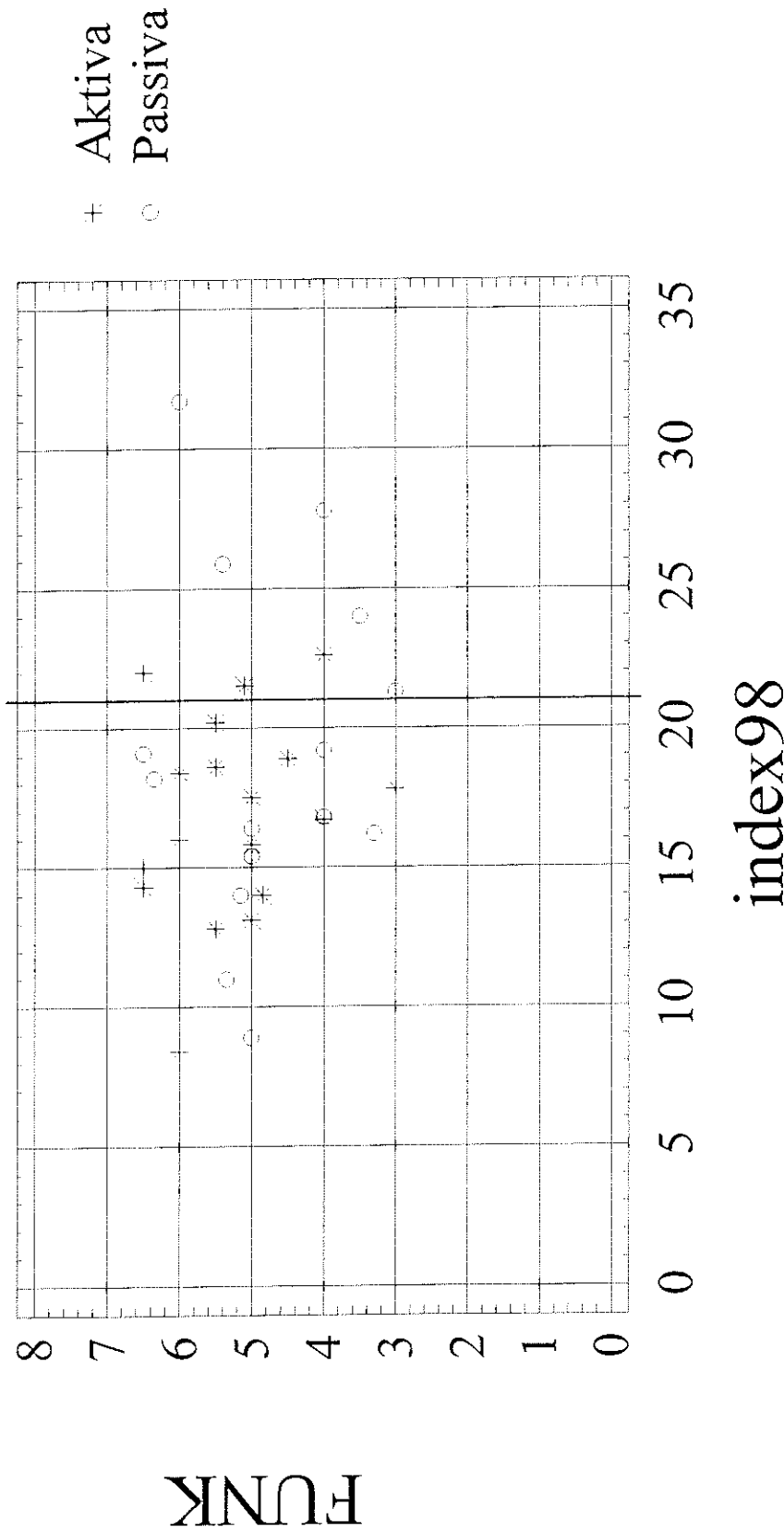


Fig 7. Samband mellan nytt index ( $\text{index98} = \text{ptlh\_max} - \text{fb1h}$ ) mätt **efter** vpltg och bedömningsvariabeln FUNK för operatörer i grupp SM96.  $N = 33$ , varav 15 med passiv lyssningstjänst och 18 med aktiv.

# SM96 efter, N=18+15=33

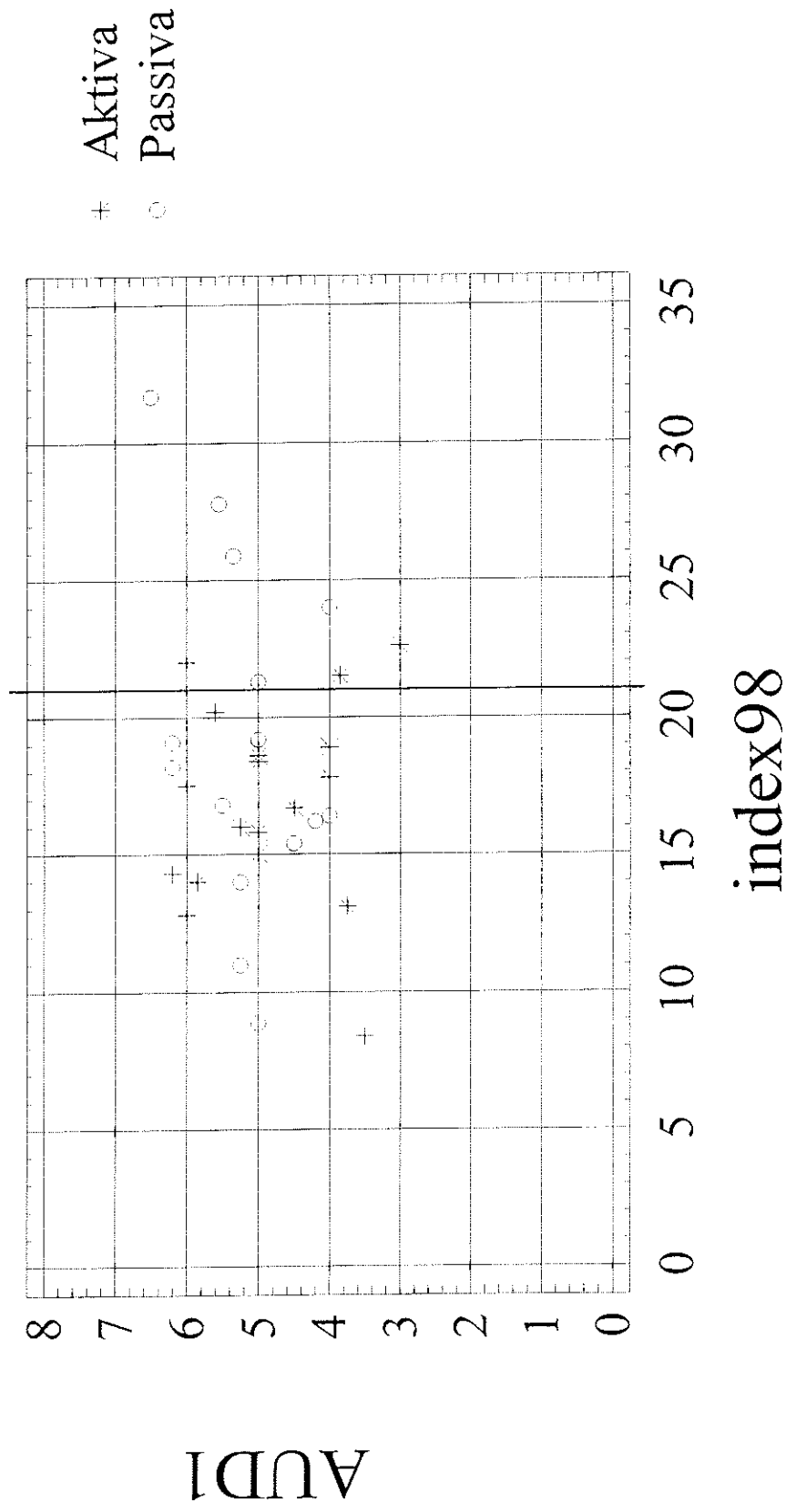


Fig 8. Samband mellan nytt index (index98 = ptlh\_max - fblh) mätt efter vplig och bedömningsvariabeln AUD1 för operatörer i grupp SM96. N = 33, varav 15 med passiv lyssningstjänst och 18 med aktiv.

## APPENDIX

Tabell över medelvärden och standardavvikelser för alla mätningar och deriverade data, dels alla SM94+96+97 *efter* vpltjg, dels SM97 *före* vpltjg. Data för bedömningar av enbart gruppen SM97, redovisas i tabellen SM97 *före*, trots att bedömningarna av dem gjorts i slutet av utbildningen.

### Variabelnamn i tabellen

**fb1h** och **fb1v** är fixbékésytrösklar för höger respektive vänster öra och 1 kHz. Motsvarande koder med siffrorna 15 och 2 står för 1,5 och 2 kHz. **fb1hR** och **fb1vR** innehåller **de först mätta** 1 kHz-trösklarna, mest avsedda för träning. PMTF-trösklarna har variabelnamn som t ex **pt1b25**, **pd2h35**, **pd2v65**. Första tecknet av de sex är alltid **p**, som i PMTF. Andra tecknet är **t**, för topptröskel, **d** för daltröskel eller **s** för skillnadströskel (topp-dal). Tredje tecknet betecknar frekvensen i kHz (15 betyder dock 1,5). Fjärde tecknet, **h**, **v** eller **b**, anger vänster eller höger öra eller binaural mätning. De två sista siffrorna betecknar ljudnivån, t ex 25 dB SPL. **U** betyder utan brus.

### Deriverade data

|            |                                                                                                  |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pd2b_upr_b | PMTF binaural daltröskel 2 kHz, position för övre brytpunkt                                      |
| pd2h_upr_b | PMTF höger daltröskel 2 kHz, position för övre brytpunkt                                         |
| TEOAE_lutn | Lutning för TEOAE-kurvan enl regression. Värden i linjär mod har använts i de fall där de finns. |
| DPOAE_lutn | Lutning för DPOAE-kurvan enl regression.                                                         |
| pt1h_max   | Maximala ("sämsta") tröskel för PMTF topp höger, alla nivåer.                                    |
| pt1b_max   | Maximala ("sämsta") tröskel för PMTF topp binauralt, alla nivåer.                                |
| fb1_min    | Bästa Bekesytröskel av vä o hö 1 kHz                                                             |
| fb2_min    | Bästa Bekesytröskel av vä o hö 2 kHz                                                             |

Vid en del analyser har ytterligare kombinationer av variabler använts, t ex (pt1b45 + pt1b25-2\*pt1b35) och (pt1b45 - pt1b35). Dessa redovisas ej här.

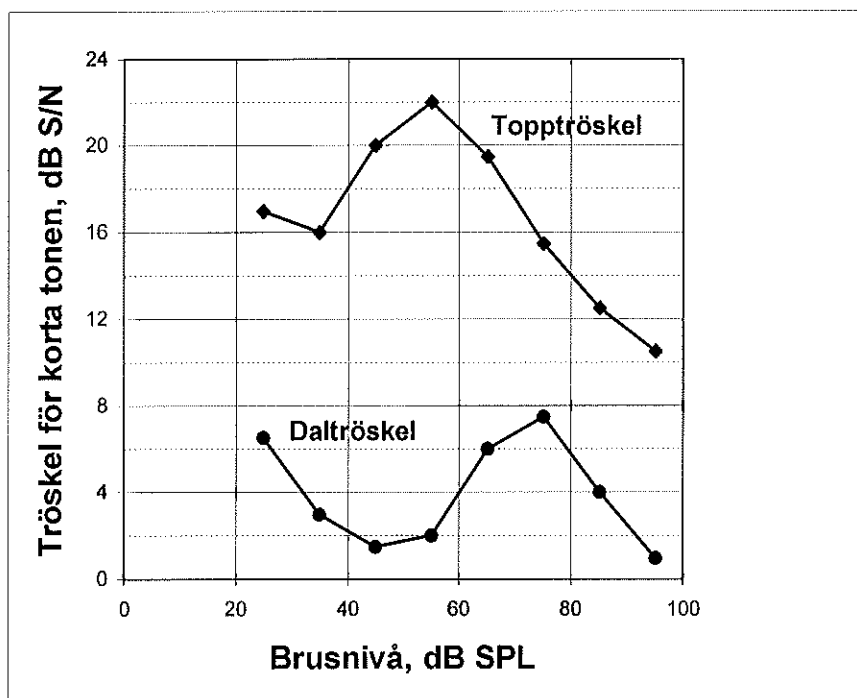
|        | SM94+96+97 |               |     | SM97 - före |               |    |
|--------|------------|---------------|-----|-------------|---------------|----|
|        | Mean<br>dB | St.dev.<br>dB | N   | Mean<br>dB  | St.dev.<br>dB | N  |
| fb1h   | 0,98       | 5,20          | 101 | 2,60        | 4,24          | 62 |
| fb15h  | 2,94       | 5,98          | 101 | 4,08        | 5,51          | 62 |
| fb2h   | 0,68       | 6,20          | 101 | 0,34        | 5,90          | 62 |
| fb1hR  | 3,46       | 6,32          | 80  | 4,97        | 4,68          | 62 |
| fb1v   | -0,48      | 4,32          | 101 | -0,31       | 4,68          | 62 |
| fb15v  | 0,47       | 4,84          | 101 | 0,73        | 4,57          | 62 |
| fb2v   | -1,83      | 5,68          | 101 | -2,35       | 5,47          | 62 |
| fb1vR  | 0,29       | 5,01          | 80  | 0,95        | 4,56          | 62 |
| soaeh  | -5,66      | 8,81          | 101 | -6,58       | 7,48          | 62 |
| soaev  | -7,49      | 7,66          | 101 | -8,44       | 7,89          | 62 |
| teh85  | 17,07      | 4,39          | 101 | 15,40       | 3,07          | 59 |
| teh75  | 14,40      | 3,88          | 100 | 13,49       | 2,89          | 56 |
| teh65  | 12,05      | 2,78          | 93  | 12,23       | 2,25          | 42 |
| teh55  | 10,18      | 2,90          | 87  | 10,03       | 1,86          | 29 |
| teh65L | 14,86      | 4,28          | 80  | 12,32       | 3,05          | 59 |
| teh55L | 10,25      | 3,79          | 78  | 8,70        | 2,85          | 56 |
| dp2h45 | -6,43      | 5,69          | 101 | -5,18       | 5,39          | 62 |
| dp2h40 | -8,79      | 4,56          | 101 | -6,91       | 4,49          | 62 |
| dp2h35 | -12,89     | 4,57          | 101 | -10,22      | 4,24          | 62 |
| pt1bU  | 22,61      | 3,42          | 80  | 23,04       | 3,51          | 62 |
| pt1b25 | 11,62      | 1,97          | 101 | 11,69       | 1,48          | 62 |
| pt1b35 | 11,95      | 2,32          | 101 | 11,48       | 1,46          | 62 |
| pt1b45 | 13,87      | 2,80          | 101 | 12,09       | 1,93          | 62 |
| pt1b55 | 16,63      | 3,38          | 101 | 15,50       | 2,65          | 62 |
| pt1b65 | 17,71      | 4,30          | 47  |             |               |    |
| pd1b25 | 5,80       | 2,55          | 101 | 5,93        | 2,43          | 62 |
| pd1b35 | 1,54       | 2,83          | 101 | 1,59        | 2,08          | 62 |
| pd1b45 | -0,25      | 2,85          | 101 | -0,54       | 2,30          | 62 |
| pd1b55 | 0,32       | 3,34          | 101 | 0,33        | 3,17          | 62 |
| pd1b65 | 2,56       | 4,68          | 47  |             |               |    |
| pt2bU  | 21,68      | 3,78          | 80  | 21,58       | 4,39          | 62 |
| pt2b55 | 15,78      | 3,11          | 47  |             |               |    |
| pt2b65 | 15,55      | 4,02          | 101 | 17,08       | 3,44          | 62 |
| pt2b75 | 12,57      | 3,89          | 101 | 12,57       | 3,30          | 62 |
| pt2b85 | 9,59       | 2,85          | 101 | 10,24       | 2,62          | 62 |
| pt2b95 | 8,05       | 3,83          | 101 | 8,14        | 3,93          | 62 |
| pd2b55 | -3,03      | 3,99          | 47  |             |               |    |
| pd2b65 | -0,29      | 5,25          | 101 | 2,51        | 5,80          | 62 |
| pd2b75 | 1,91       | 5,40          | 101 | 4,30        | 5,47          | 62 |
| pd2b85 | -0,20      | 4,16          | 101 | 1,92        | 3,85          | 62 |
| pd2b95 | -3,34      | 3,56          | 101 | -1,85       | 3,70          | 62 |

|        | SM94+96+97 |               |     | SM97 - före |               |    |
|--------|------------|---------------|-----|-------------|---------------|----|
|        | Mean<br>dB | St.dev.<br>dB | N   | Mean<br>dB  | St.dev.<br>dB | N  |
| pt1hU  | 26,53      | 3,56          | 80  | 27,68       | 4,08          | 62 |
| pt1h25 | 13,26      | 2,47          | 80  | 13,51       | 2,44          | 62 |
| pt1h35 | 14,09      | 2,65          | 80  | 13,37       | 2,95          | 62 |
| pt1h45 | 16,15      | 3,65          | 80  | 14,52       | 4,24          | 62 |
| pt1h55 | 19,33      | 3,74          | 80  | 18,56       | 5,27          | 62 |
| pt1h65 | 19,80      | 3,29          | 47  |             |               |    |
| pd1h25 | 9,03       | 3,28          | 80  | 10,16       | 3,87          | 62 |
| pd1h35 | 4,62       | 3,25          | 80  | 5,64        | 3,84          | 62 |
| pd1h45 | 2,14       | 3,52          | 80  | 2,89        | 4,66          | 62 |
| pd1h55 | 1,81       | 3,67          | 80  | 1,75        | 5,13          | 62 |
| pd1h65 | 5,56       | 5,53          | 47  |             |               |    |
| pt2hU  | 26,18      | 4,23          | 80  | 25,54       | 4,76          | 62 |
| pt2h55 | 19,66      | 4,46          | 47  |             |               |    |
| pt2h65 | 18,20      | 4,55          | 80  | 19,10       | 3,45          | 62 |
| pt2h75 | 13,82      | 3,65          | 80  | 13,23       | 3,53          | 62 |
| pt2h85 | 10,05      | 2,95          | 80  | 10,15       | 2,84          | 62 |
| pt2h95 | 8,36       | 3,49          | 80  | 8,67        | 3,27          | 62 |
| pd2h55 | 0,09       | 4,10          | 47  |             |               |    |
| pd2h65 | 1,24       | 5,57          | 80  | 5,86        | 5,92          | 62 |
| pd2h75 | 3,57       | 5,15          | 80  | 6,68        | 4,48          | 62 |
| pd2h85 | 2,04       | 3,98          | 80  | 2,92        | 4,00          | 62 |
| pd2h95 | -1,63      | 3,55          | 80  | -0,77       | 3,40          | 62 |
| pt1vU  | 26,16      | 4,07          | 32  | 26,50       | 4,18          | 62 |
| pt1v25 | 12,79      | 2,73          | 33  | 12,95       | 2,35          | 62 |
| pt1v35 | 13,05      | 2,53          | 33  | 13,09       | 2,83          | 62 |
| pt1v45 | 14,00      | 3,36          | 33  | 13,96       | 3,84          | 62 |
| pt1v55 | 17,40      | 4,41          | 33  | 17,65       | 5,09          | 62 |
| pd1v25 | 9,05       | 3,89          | 33  | 9,35        | 4,02          | 62 |
| pd1v35 | 3,70       | 2,86          | 33  | 4,66        | 3,84          | 62 |
| pd1v45 | 0,78       | 3,25          | 33  | 1,73        | 4,47          | 62 |
| pd1v55 | 0,54       | 3,80          | 33  | 1,14        | 5,36          | 62 |
| pt2vU  | 24,46      | 4,45          | 33  | 24,91       | 4,48          | 62 |
| pt2v65 | 17,32      | 2,67          | 33  | 18,11       | 3,45          | 61 |
| pt2v75 | 12,19      | 2,51          | 33  | 13,10       | 3,29          | 61 |
| pt2v85 | 9,65       | 2,66          | 33  | 10,48       | 3,28          | 61 |
| pt2v95 | 8,45       | 3,40          | 33  | 8,52        | 3,10          | 61 |
| pd2v65 | 1,05       | 5,51          | 33  | 4,72        | 6,20          | 61 |
| pd2v75 | 3,12       | 4,75          | 33  | 5,21        | 5,02          | 61 |
| pd2v85 | 0,37       | 3,31          | 33  | 2,52        | 4,37          | 61 |
| pd2v95 | -2,67      | 3,59          | 33  | -1,41       | 2,86          | 61 |
| Maxbd2 | 2,95       | 5,06          | 101 | 5,78        | 5,18          | 62 |
| Maxhd2 | 4,91       | 5,06          | 80  | 8,02        | 4,94          | 62 |

|            | SM94+96+97 |               |     | SM97 - före |               |    |
|------------|------------|---------------|-----|-------------|---------------|----|
|            | Mean<br>dB | St.dev.<br>dB | N   | Mean<br>dB  | St.dev.<br>dB | N  |
| Index97    | -10,20     | 16,40         | 101 | -9,24       | 13,97         | 62 |
| TEKN       | 5,04       | 1,12          | 80  | 5,14        | 1,27          | 47 |
| KONC       | 4,68       | 1,19          | 80  | 4,64        | 1,26          | 47 |
| VIS        | 5,33       | 0,94          | 58  | 5,48        | 0,95          | 32 |
| AUD1       | 5,03       | 0,89          | 78  | 5,05        | 0,89          | 45 |
| AUD2       | 4,28       | 1,16          | 78  | 4,31        | 1,07          | 45 |
| AUD3       | 4,68       | 1,14          | 73  | 4,72        | 1,09          | 45 |
| TAK        | 4,35       | 1,27          | 76  | 4,38        | 1,27          | 43 |
| AMB        | 5,21       | 1,47          | 47  | 5,21        | 1,47          | 47 |
| FUNK       | 5,00       | 1,23          | 101 | 4,86        | 1,37          | 47 |
| KRIG       | 4,64       | 1,64          | 100 | 4,33        | 1,72          | 47 |
| Betyg      | 1,88       | 0,78          | 41  | 1,88        | 0,78          | 41 |
| Betyg_proc | 77,32      | 9,13          | 41  | 77,32       | 9,13          | 41 |
| pd2b_upr_b | 77,70      | 6,94          | 100 | 77,26       | 5,25          | 62 |
| pd2h_upr_b | 78,50      | 6,58          | 80  | 76,77       | 4,26          | 62 |
| TEOAE_lutn | 0,23       | 0,07          | 93  | 0,21        | 0,05          | 53 |
| DPOAE_lutn | 0,66       | 0,61          | 97  | 0,50        | 0,39          | 43 |
| pt1h_max   | 20,27      | 3,49          | 80  | 19,09       | 3,66          | 62 |
| pt1b_max   | 17,38      | 2,91          | 68  | 15,74       | 2,31          | 62 |
| fb1_min    | -1,55      | 3,77          | 101 | -0,89       | 4,09          | 62 |
| fb2_min    | -2,82      | 5,37          | 101 | -3,23       | 5,08          | 62 |
| ps1b25     | 5,83       | 2,21          | 101 | 5,76        | 1,89          | 62 |
| ps1b35     | 10,41      | 2,19          | 101 | 9,89        | 1,82          | 62 |
| ps1b45     | 14,12      | 2,38          | 101 | 12,63       | 2,27          | 62 |
| ps1b55     | 16,31      | 2,88          | 101 | 15,17       | 3,45          | 62 |
| ps1b65     | 15,16      | 5,17          | 47  |             |               |    |
| ps2b55     | 18,81      | 3,33          | 47  |             |               |    |
| ps2b65     | 15,84      | 4,76          | 101 | 14,57       | 5,27          | 62 |
| ps2b75     | 10,66      | 5,05          | 101 | 8,27        | 4,82          | 62 |
| ps2b85     | 9,79       | 3,85          | 101 | 8,32        | 3,39          | 62 |
| ps2b95     | 11,39      | 3,87          | 101 | 9,99        | 3,47          | 62 |
| ps1h25     | 4,23       | 2,33          | 80  | 3,35        | 2,91          | 62 |
| ps1h35     | 9,46       | 2,63          | 80  | 7,73        | 3,42          | 62 |
| ps1h45     | 14,01      | 3,14          | 80  | 11,62       | 4,29          | 62 |
| ps1h55     | 17,52      | 3,53          | 80  | 16,80       | 4,92          | 62 |
| ps1h65     | 14,24      | 5,99          | 47  |             |               |    |
| ps2h55     | 19,57      | 4,56          | 47  |             |               |    |
| ps2h65     | 16,96      | 5,28          | 80  | 13,25       | 5,99          | 62 |
| ps2h75     | 10,25      | 4,82          | 80  | 6,55        | 4,25          | 62 |
| ps2h85     | 8,01       | 3,34          | 80  | 7,23        | 3,10          | 62 |
| ps2h95     | 9,99       | 3,19          | 80  | 9,44        | 3,38          | 62 |
| ps1v25     | 3,74       | 2,62          | 33  | 3,59        | 3,14          | 62 |

|        | SM94+96+97 |               |    | SM97 - före |               |    |
|--------|------------|---------------|----|-------------|---------------|----|
|        | Mean<br>dB | St.dev.<br>dB | N  | Mean<br>dB  | St.dev.<br>dB | N  |
| ps1v35 | 9,34       | 2,16          | 33 | 8,42        | 3,33          | 62 |
| ps1v45 | 13,22      | 2,77          | 33 | 12,23       | 3,85          | 62 |
| ps1v55 | 16,86      | 3,94          | 33 | 16,51       | 4,57          | 62 |
| ps2v65 | 16,27      | 5,19          | 33 | 13,18       | 5,97          | 62 |
| ps2v75 | 9,07       | 4,19          | 33 | 7,77        | 4,62          | 62 |
| ps2v85 | 9,28       | 2,48          | 33 | 7,83        | 3,00          | 62 |
| ps2v95 | 11,12      | 3,02          | 33 | 9,78        | 3,44          | 62 |

Principresultat för PMTF-mätningar på normalhörande personer:



Exempel på spontanemissioner (SOAEs), de vassa topparna i bilden.

Från en av försökspersonerna.

