

Rapport

Måling av støydemping til øreklokker i kombinasjon med vernebriller og balaklava.

Forfatter:
Tone Berg



SINTEF IKT

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

Sentrållbord: 73589000
Telefaks: 75594302

postmottak.ikt@sintef.no
www.sintef.no
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Måling av støydemping til øreklokker i kombinasjon med vernebriller og balaklava.

EMNEORD:

Støy
Dempning
Vern

VERSJON

2

DATO

2014-01-02

FORFATTER(E)

Tone Berg

OPPDRAKSGIVER(E)

Norsk Olje & Gass

OPPDRAKSGIVERS REF.

Reidulf Klovning

PROSJEKTNR

102003008

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

53+ vedlegg

SAMMENDRAG

En har målt dempning med Peltor Optime III alene og i kombinasjon med 5 ulike briller, - 3 ulike goggles, og 4 ulike balaklava.

Målingene viser at hørselvernet gir lite dempning ved lave frekvenser ($f < 200\text{Hz}$), og i kombinasjon med dårlig egnede briller og enkelte balaklava vil en få forsterkning ved lave frekvenser på grunn av lekkasjer.

I kombinasjon med egnede briller gir hørselvernet en dempning på 26 dB, mens det med dårlig egnede briller kun demper 15 dB (SNR verdier). For gode og dårlige goggles oppnår man henholdsvis 23 og 19 dB, mens en god/dårlig egnet balaklava i kombinasjon med hørselsvernet gir en dempning på 24/15 dB.

Smale, korte og avbøyde brillestenger gir minst lekkasje.

Goggles bør ha enkle bånd over hvert øre, og strammemekanismen bør være på bakhodet.

Balaklava bør ikke være foret, ha et enkelt snitt, og være uten glidelåser, trykk-knapper eller andre festemekanismer i nærheten av ørene. De bør også være ettersittende.

Målinger med to aktive headsett; Bose A20 og David Clark i rosa støy og helikopterstøy viste at ingen av headsettene egner seg for bruk på helidekk da de "bryter sammen" ved 105 dBA.

UTARBEIDET AV

Tone Berg

KONTROLLERT AV

Idar Granøien

GODKJENT AV

Odd Kr. Ø. Pettersen

RAPPORTNR

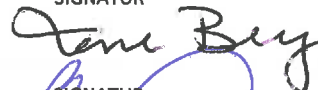
SINTEF F24310

ISBN

ISBN-nummer

GRADERING

Åpen

SIGNATUR**SIGNATUR****SIGNATUR****GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2013-04-01	Versjon 1

2	2014-01-02	Versjon 2
---	------------	-----------

1	Innledning	4
2	Måleoppsett	4
2.1	Passivt vern med og uten briller/balaklava	4
2.1.1	Rom og lydfeltvariasjon	4
2.1.2	Testpersoner og instrumentering av disse	6
2.1.3	Testutstyr	6
2.1.4	Signalpåtrykk og frekvensområde	11
2.1.5	Måleprosedyre	11
2.2	Aktivt vern med og uten brille	12
2.2.1	Rom og lydfeltvariasjon	12
2.2.2	Testpersoner og instrumentering av disse	12
2.2.3	Signalpåtrykk og frekvensområde	13
2.2.4	Testutstyr	13
2.2.5	Måleprosedyre	14
3	Resultater & diskusjon	15
3.1	Peltor Optime III i kombinasjon med briller	15
3.2	Passivt hørselvern. Peltor Optime III med Goggles	19
3.3	Passivt hørselvern. Peltor Optime III med balaklava	22
3.4	Standardiserte dempeverdier	25
3.5	Eksempler på dempning ved daglig bruk	26
3.6	Resultat og diskusjon aktivt hørselvern	32
3.6.1	Dempning i rosa støy og helikopterstøy	32
3.6.2	Opphør av motlydskompensasjon	37
3.6.3	Kunsthodemåling	37
4	Konklusjon	39
5	Appendiks	40
5.1	Feltvariasjon og bakgrunnsstøy	40
5.2	Måleresultater enkeltpersoner	42
5.2.1	Enkeltpersoner & Briller	42
5.2.2	Enkeltpersoner & Goggles	43
5.2.3	Enkeltpersoner & Balaklava	44
5.3	Statistikk Peltor Optime III og enkeltobjekter	45

1 Innledning

Bruk av hørselvern er svært vanlig for mange yrkesgrupper, og det finnes i dag mange typer utformet med tanke på dedikerte arbeidsoperasjoner/omgivelser. I mange situasjoner må en i tillegg benytte vernebriller, eller vanlige briller for den saks skyld; og dette kan redusere hørselvernets virkningsgrad da briller vanligvis ikke inkluderes i designet av hørselvernet. Under arbeid ute spesielt vinterstid kan også bruk av lue/hette/balaklava være nødvendig, og også slike hodeplagg kan også redusere dempingen til hørselvernet. Det eksisterer en mengde ulike vernebriller og hetter, med svært ulik design. Vi har i dette prosjektet målt reduksjon i demping når det passive hørselvernet 3M Peltor Optime III benyttes i kombinasjon med en rekke ulike briller og hetter/balaklavaer. I tillegg har en målt tre ulike aktive hørselvern med og uten vernebrille under to ulike støyforhold; A) helikopterstøy på helidekk, B) Rosa støy. For begge typer er det aktive hørselvernet også målt i passiv modus; altså med den aktive delen avslått.

2 Måleoppsett

2.1 Passivt vern med og uten briller/balaklava.

En ønsker å måle innskuddsdempning når hørselvernet brukes i kombinasjon med en brille, goggle eller Balaklava. Dette krever at man måler i samme målepunkt med og uten hørselvernet på. For å utelukke store variasjoner i lydfeltet er det ønskelig å gjøre slike målinger i et diffusfelt, der variasjonene i feltet er små. Hvis en person forflytter hodet litt mellom målinger med og uten hørselvern vil ikke dette få store konsekvenser. Det benyttede rommet er derfor testet i henhold til krav til diffusfelt gitt i ISO standard 4869. For å øke antall måleserier er testpersonene utstyrt med en miniatyrmikrofon i hvert øre.

2.1.1 Rom og lydfeltvariasjon.

Målingene er gjort i Klangrom 1 ved NTNU, som er 6 x 8 x 5 meter, og som har en etterklangstid på 4-6 sekunder.

Det er benyttet to høyttalere for påtrykk, plassert tilnærmet i hvert sitt takhjørne diagonalt i rommet. Rommet er utstyrt med en rekke reflektorer for å gjøre feltet tilnærmet diffust. Rommet er ikke i akustisk kontakt med resten av bygningen. Bakgrunnsstøyen er derfor lav.

Testperson sitter tilnærmet midt mellom de to høytalerne. Testpersonene har ulik høyde, men for å teste variasjonen i feltet ble det valgt et referansepunkt 120cm over gulvet, tilnærmet midt mellom ørene til testpersonene. Følgende måling av lydfeltet ble gjort i alle delbånd fra 64Hz til 8kHz:

1. Forskjell mellom referansepunkt og +/- 15cm opp/ned, - venstre/høyre.
2. Forskjellen mellom høyre og venstre / foran og bak / over og under referansepunkt (med avstand til referansepunkt = 15cm) .
3. Variasjon i nivå i ulike pekeretninger i horisontalplanet, når dette måles med en ikke omnidireksjonal mikrofon, ved $f = 10 \text{ kHz}$, plassert i referansepunktet.

Målingene er utført med Norsonic Nor140.

Målingene viste at :

1. Forskjell mellom referansepunkt og +/- 15cm opp/ned, - venstre/høyre er mindre enn +/- 2.5 dB i alle oktavbånd.
2. Forskjellen mellom ytterpunkter som høyre og venstre / foran og bak / over og under rel referansepunkt (med avstand til referansepunkt = 15cm) er mindre enn 3.5 dB.
3. Variasjon i nivå i ulike pekeretninger i horisontalplanet er mindre enn 1.2 dB

Tabell 1, 2 og 3 viser de målte variasjonene.

Tabell 1 Max differanse (uavhengig delbånd), mellom ulike målepunkt og referansepunkt. Kolonne merket høyre viser maks differanse mellom høyre målepunkt og referansepunkt o.s.v.

Målepunkt	Høyre	Venstre	Foran	Bak	Over	Under
Differanse relativt referanse punkt [dB]	1	0.9	1.3	1.6	1.4	1.4

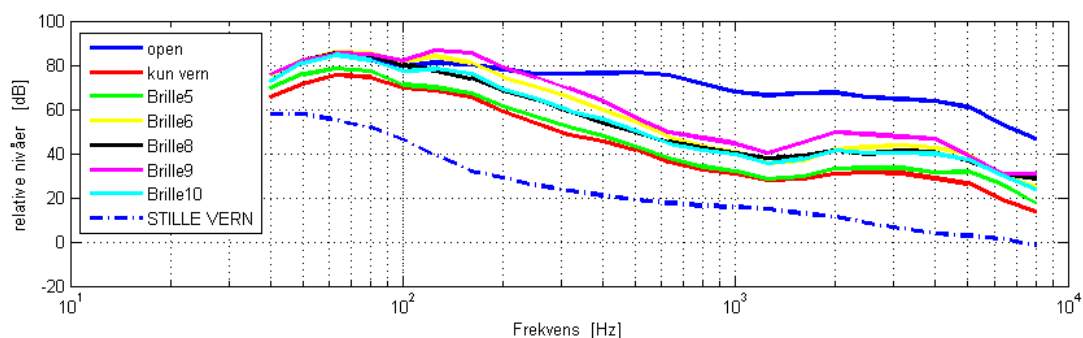
Tabell 2 Max differanse mellom ytterpunkt for hver akse. Uavhengig av delbånd.

Målepunkt	Høyre-Venstre	Foran - Bak	Over Under
Maks differanse ytterpunkter [dB]	2.3	1.6	2.1

Tabell 3 Målte nivåer ved $f_0=10$ kHz. Mikrofonen er plassert i referansepunktet, og dreid 360 grader rundt, med avlesning hver 45. grad.

θ rel x-akse:	0	45	90	135	180	225	270	315
Nivå [dB]:	54	53.7	52.8	54	54	53.8	54	53.2

Bakgrunnsstøyen ble målt i 1/3 oktavbånd. Støyen var svært lav under 500Hz. Over 500Hz er nivået høyere enn kravene for terskelmåling. For å kontrollere at egenstøy og bakgrunnsstøy ikke dominerer er nivået med hørselvern, men uten støypåtrykk målt på hver testperson. Et typisk eksempel er vist i Figur 1. Som vi ser er signal-støyforholdet nede i 8dB rundt 1 kHz.



Figur 1 Målte nivåer i øret med rosa støy og uten vern (blått), rose støy og kun vern(rødt), rosa støy og vern sammen med diverse briller (mange farger), og bakgrunnsstøy/egenstøy målt med vern (stiplet blå).

Måleresultater av bakgrunnsstøy er vist i Appendiks A.

2.1.2 Testpersoner og instrumentering av disse.

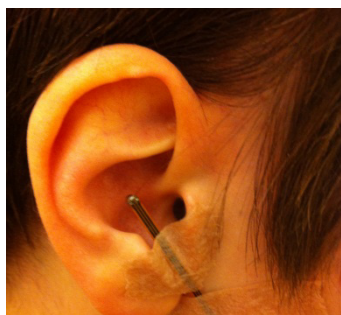
Det ble benyttet 7 testpersoner, i alder 18 til 40 år. Av disse var en kvinne. Det var rimelig variasjon i mengde hår og hodeomkrets.

Tabell 4 Testpersoner med personalia.

Person – Kjønn	Hodemål [cm]	Kmmentarer
TP1 – Mann (Kr)	58.5	Rundt hode
TP2 – Mann (Be)	62.0	Avlangt hode/ endel hår
TP3 – Kvinne (Em)	56.0	Mye hår
TP4 – Mann (TC)	61.0	Bredt hode
TP5 – Mann (Bj)	60.0	Smalt hode
TP6 – Mann (To)	60.5	Smalt hode/skallet
TP7 – Mann (Er)	59.5	Smalt hode

Tabell 4 viser hodemål på de ulike testpersoner, samt kjønn og enkle kommentarer relatert til hodeform og hår. Som vi ser varierer omkrets fra 56 til 62cm, i tillegg varierer hodeformen fra veldig bredt (TP4) til veldig smalt (TP5), og fra lite hår (TP6) til masse hår (TP3).

Testpersonene fikk montert en miniatyr mikrofon i hvert øre (Knowles BG-serien). Mikrofon 1 er koblet via en tynn film med innlagte ledere, og lager ingen lekkasje. Mikrofon 2 er koblet via vanlig leder som kan introdusere litt lekkasje. De to mikrofonene samt hørselvernet er vist i bildene under. Mikrofonene er tapet på huden til testpersonen, og flyttes ikke under måleseansen. Hørselvernet (til høyre i figur under) taes forsiktig av og på hver gang en brille etc. skal byttes. Når en bruker Balaklava har en forsøkt å teste at mikrofonene står "korrekt", men de kan selvsagt bli liggende helt inntil hetta.



Figur 2 Mikrofon 1



Mikrofon 2.



Peltor Optime III

2.1.3 Testutstyr

Utgangspunktet for alle målinger er hørselvernet 3M Peltor Optime III; et hørselvern i øvre klasse, med oppgitt demping lik 35 dB. Hørselvernet skal kunne benyttes i omgivelser med nivåer fra 95 til 110 L_{pA} i henhold til produsent, og er konstruert med tanke på god virkningsgrad ved lave frekvenser. Putene er brede og myke, fylt med skum, men presser relativt hardt mot hodet.

Hørselsvernet måles alene, og i kombinasjon med en rekke briller / Goggles / balaklavaer. Disse er listet i Tabell 5 og Tabell 6.

For alle objekter er det oppgitt et nummer (kolonne "Ref nr"), som er referansen til brillen i grafer og diskusjon. I tillegg inneholder tabellene noe informasjon om objektene som kan ha relevans til resultatene. Briller med stang er vist i Figur 3 og Figur 4, Goggles i Figur 5 og Figur 6; hetter og Balaklava i Figur 7 til Figur 10.

Tabell 5 Testede Briller & Goggles med kommentar

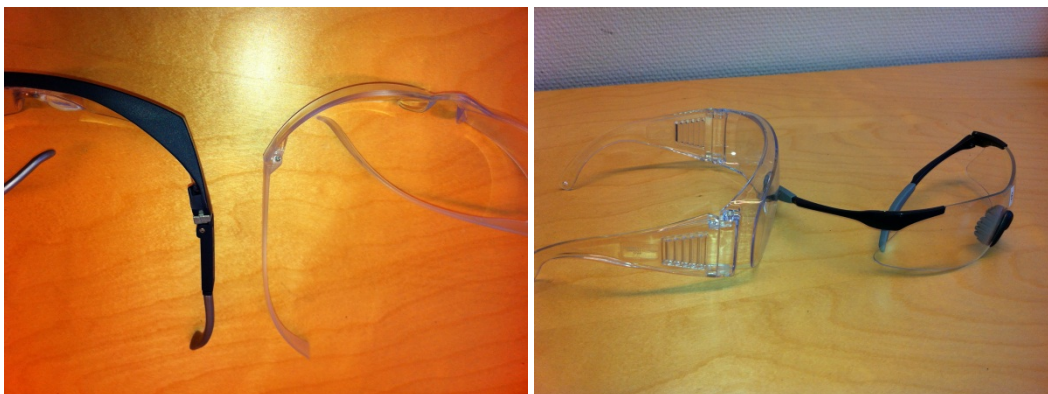
Testobjekt	Ref nr	Produsent / Artnr.	Kommentar
Brille	5	3M/71500-0000 1M VIRTUA	Laget for å brukes med vern Uten innfatning
Brille	6	Wenaas Model 901-101	Uten innfatning
Brille	8	Swiss One Artnr 08215 Guidor	Med innfatning. Justerbar lengde og vinkel på stenger.
Brille 9	9	Swiss One Artnr 08831Touring	Uten innfatning
Brille 10	10	Sperian /Amber Lens Dura-Streme 1028644 (FL)	Med tetning. Avtagbare stenger
Goggles	11	Sperian /Amber Lens Dura-Streme 1028640 (FL)	Som 10, men med avtagbar stropp.
Goggles	12	Sumarai Klar Linse Artnr. 08821 (Wen)	Tette Goggles med stropp
Goggles	13	Swiss One Advantage. Klar linse. ADVS 4V23C Artnr 08820 (Wen)	Tette Goggles med stropp

Tabell 6 Testede hetter/Balaklava med kommentar

Testutstyr	#	Produsent / Artnr.	Kommentar
Balaklava	14	Wenaas 36701-19680 Order 96285	Med hjelmfeste. Avtagbar nakke.
Balaklava	15	Victoria Workline Artnr. 029409900	Flanel, ikke tynn. Med hjelmfeste
Balaklava	16	Devold Spirit Hood Artnr. 120-818-950	Enkel, tynn 50% ull. Ikke hjelmfeste
Balaklava	17	Howard Leight Polar Hood	Markert område for plassering klokke. Ikke hjelmfeste.
Balaklava	18	Howard Leight Polar Hood + Brille 8	Markert område for plassering klokke. Ikke hjelmfeste.



Figur 3 Samtlige testede vernebriller; - i rekkefølge øverst – nederst: Nr. 9, 8, 5, 6 og 10.



Figur 4 Variasjon i fysiske dimensjoner på briller.

Til venstre: Stangtykkelse: Brille 5 og 8 har stor forskjell i tykkelse på brillestangen. Nr 8 kan i tillegg vinkles.

Stangform : Begge har godt bøyde stenger som bretter seg bak øret på de fleste.

Stanglengde : Stengene er ikke er så lange.

Til høyre:

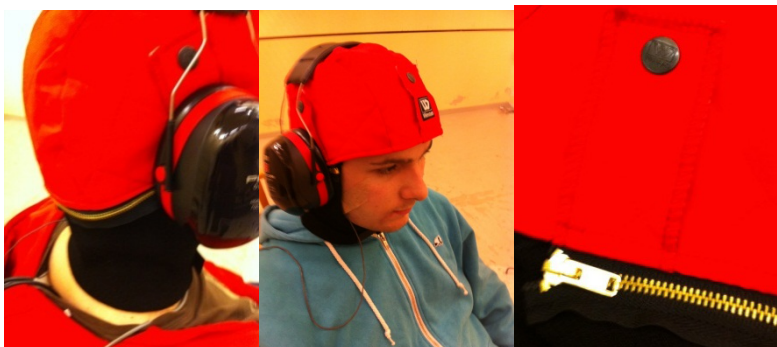
Stanghøyde : Brille 9 og 6 har stor forskjell i stangbredde.



Figur 5 Testede Goggles. Forrest nr 11, deretter 12 og bakerst nr. 13. Bildet viser den store variasjonen i bredden på stroppebåndet. Nr 13 har et svært bredt bånd. I tillegg viser bildet den spesielle festeanordning til stroppen på Goggle 12, som strekker seg langt inn mot øret.



Figur 6 Testede Goggles. Forrest nr 11, deretter 12 og bakerst nr. 13. Størrelsen på brillen er svært forskjellig, nr 12 og 13 er i tillegg mer tette, og ser ut som en alpinbrille.



Figur 7 Hette fra Wenaas. Med glidelås som går over ørene.



Figur 8 Hette fra Devold. Helt enkel, uten noen ekstra sømmer eller knapper.



Figur 9 Hette fra Victoria. Med festeknapper som er plassert like ved ørene. Foret.



Figur 10 Hette fra Howard Leight. Skinn i et område rundt ørene, spesial-puste-stoff over ørene.

2.1.4 Signalpåtrykk og frekvensområde.

Det påtrykkes rosa støy. Nivået i begge ører måles og analyseres i MATLAB. Dempningsverdier presenteres som 1/3 oktavbåndsverdier fra 80Hz til 8kHz.

For å ikke komme ned i støyen er påtrykket rimelig høyt. Hørselvernet har en oppgitt forventet dempning fra 15 til ca 40dB avhengig av frekvens. Produsenten definerer forventet dempning som middelerdi minus 1xstandardavvik. Nivået ble derfor satt til 95 L_{pA} (101 dBC) under hele måleseansen. Testpersonene ble eksponert i 6-7 sekunder for dette nivået uten hørselvern når referansenivået ble målt (altså nivået i øret uten hørselvern).

Instrumentering benyttet:

Norsonic Generator 310/719.

Elektrokompaniet linjeforsterker

Adyton XPI effektfosterker.

EDIROL UA101 lyd kort.

Selvbygde høyttalere.

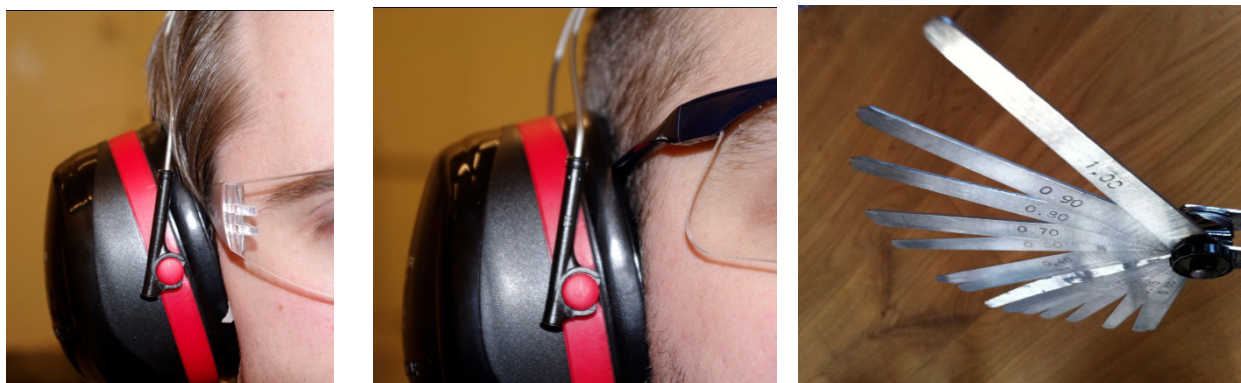
Nivået i referansepunktet ble målt med Bruel & Kjaer 9413 tilkoblet Norsonic Front End 336, samt begge Knowles mikrofoner koblet direkte til lyd kortet.

Nivået i rommet ble målt med Norsonic Nor140.

2.1.5 Måleprosedyre

For hver testperson ble følgende målt:

- 1) Nivå i øret, uten hørselvern, - med eksponering.
- 2) Nivå i øret, med kun hørselvern og med eksponering.
- 3) Nivå i øret, med kun hørselvern og uten eksponering.
- 4) Nivå i øret, med hørselvern og Brille 5,6,8,9 og 10, - med eksponering. Se tabell for Brillebeskrivelse.
- 5) Nivå i øret, med hørselvern og Balaklava 1 til 4, med eksponering.
- 6) Nivå i øret, med hørselvern, Brille 5 (3M) og Howard Leight Balaklava.



Figur 11 To ulike briller på samme testperson. Til høyre stålblad med definerte tykkelser som ble benyttet for å måle åpningen generert av brillestanga.

Under målingene ble testpersonene bedt om å kommentere utstyret/opplevelsen med å ha det på. I tillegg ble det forsøkt å estimere lekkasje åpningen som brillestangen genererte. Det ble benyttet tynne metallblad med tykkelse fra 0.1mm til 1mm, som ble forsøkt stukket inn i åpningen. Det var opp til testpersonen å angi når han/hun kjente at tykkelsen ble så stor at det presset. Tykkelsen kunne økes mye ved å sette samme flere blad. Metallbladene er vist i Figur 11.

Testleder observerte om brillestengene stakk ut bak ørene, og hvordan briller/Goggles/hetter/balaklava satt på relativt hørselvernet.

2.2 Aktivt vern med og uten brille.

Denne delen av prosjektet ønsker å måle effektiviteten til dedikerte aktive headset i to ulike støyscenarioer. En viktig parameter er når den aktive delen slutter å virke fordi nivåene blir for store.

2.2.1 Rom og lydfeltvariasjon.

Målingene ble gjort i lydrommet "Gruva" ved NTNU, som er et svært lite men godt isolert lydrom, med mulighet for nivåer opp mot 113 L_{pA} . Rommet er tilnærmet diffust, men ikke på alle frekvenser i henhold til definisjon. Det er derfor svært viktig at hodet med mikrofoner ikke flyttes under måleseansen. Rommet er utstyrt med to svært store basselementer, samt 4 mindre høyttalere som henger i hvert sitt hjørne. 4 effektforsterkere sørger for et maksimumsnivå rundt 112 L_{pA} . Volumkontrollen går i stepp, og det er derfor ikke mulig å justere helt nøyaktig de nivåsprang en kan ønske. I forkant av målingene ble nivået i rommet målt som funksjon av justering på volumkontrollen.

2.2.2 Testpersoner og instrumentering av disse.

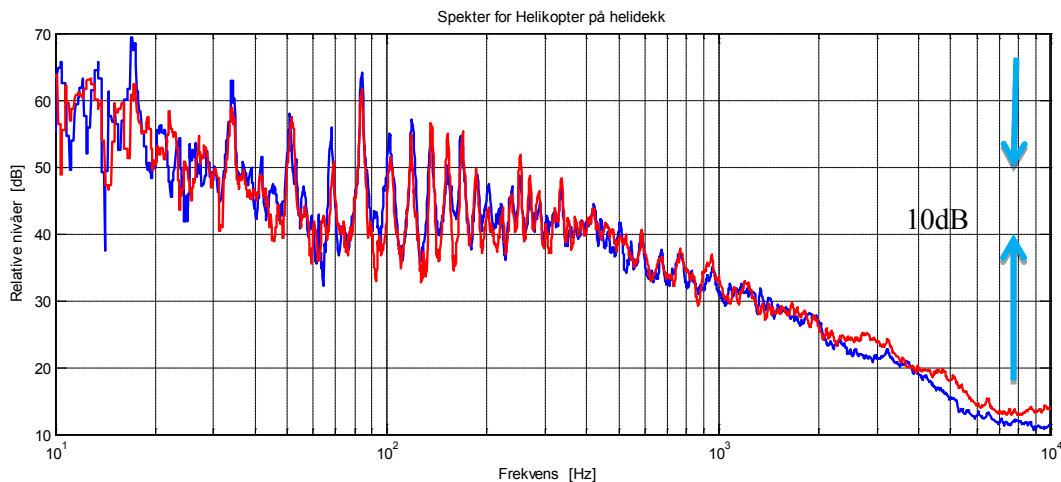
For å beregne dempningen er lydtrykket målt uten hørselvern ved alle påtrykte nivåer. Siden det var ønskelig å måle helt opp i 112 L_{pA} er det ikke forsvarlig å bruke reelle testpersoner. Det ble derfor forsøkt med kunsthode; se Figur 12. Da kunsthodematerialet er mye stivere enn menneskehud vil ikke hørselvernutene forme seg etter hodet på samme måte som på et menneske. Dette kan få innvirkning når en bruker briller i tillegg, fordi lekkasjene kan bli annerledes. I tillegg er det tilløp til sprekker der de to halvdelene av kunsthodet er satt sammen. Disse er ikke mulig å tette, og representerer sannsynlig lekkasjer. Det er derfor gjort opptak på virkelige hoder ved 95 L_{pA} påtrykk for å ha en måling som viser reell virkning i aktiv modus. Det ble da benyttet samme mikrofon som under målingene med passivt hørselvernet. I tillegg ble nivået justert opp gradvis med hørselvernet på for å finne maksimums støynivå med aktivt system intakt. Kunsthodet er av typen Neuman Ku81i, som har fastmonterte mikrofoner inne i øregangen. Det ble målt med og uten Brille 8 i kombinasjon med de to aktive vernene.



Figur 12 Kunsthode med aktivt headset fra David Clark, i kombinasjon med Brille 8.

2.2.3 Signalpåtrykk og frekvensområde.

Testpersonen skal i denne testen utsettes for helikopterstøy slik det fortoner seg på Helidekk, samt rosa støy. Begge støykildene skal varieres i nivå fra ca 90 L_{pA} til 112 L_{pA} . Helikopterstøyen er opptak fra Helidekk på Oseberg, og har svært sterke spektrale komponenter under 100Hz, spesielt ved ca 20Hz. Ved 100Hz er nivået falt ca 10 dB. Spekter for to uavhengige målinger er vist i figuren under.



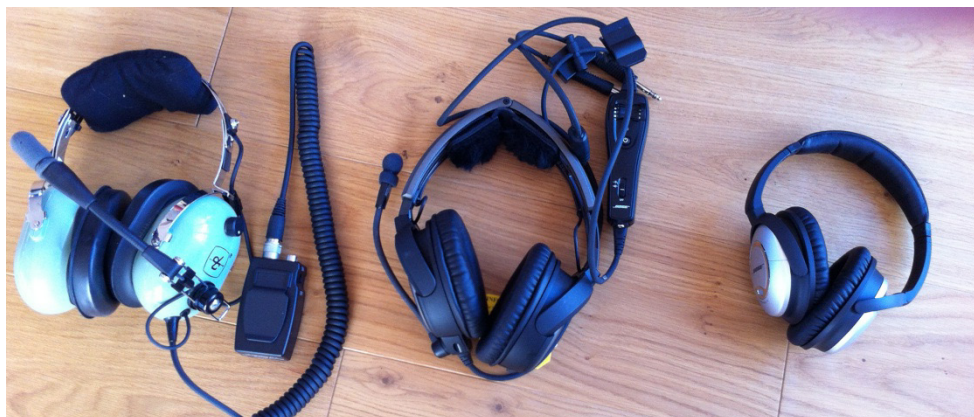
Figur 13 Spekter for to uavhengige målinger av helikopterstøy på Oseberg.

2.2.4 Testutstyr

Tre ulike aktive headset er testet. Dette er:

- 1) David Clark Electronic Noise Cancelling Headset - Modell H10-56HX.
Dette headsettet er ikke spesifisert i medfølgende infomateriell. Det står kun at det vil virke mye bedre enn passive headset "ved bruk i fly som generer støy ved lave frekvenser".
- 2) Bose A20 Aviation Headset
Dette headsettet er spesifisert å virke opp til 115 L_{pC} .
- 3) Bose Quiet Comfort 15- Acoustic Noise Cancelling Headset
Dette headsettet er ikke spesifisert i medfølgende infomateriell, men det står at det ikke skal brukes av piloter, og ikke som kommunikasjons headset i luftfart. Brukere er flypassasjerer som vil lytte til musikk uforstyrret.

Alle de tre aktive headsettene er vist i Figur 14.



Figur 14 De tre testede aktive headset. Fra venstre David Clark, Bose A20 og Bose Quiet Comfort 15.

Headsettene er utstyrt med en vender til å skru av/på den aktive dempningen. For David Clark og Bose A20 er denne montert i en egen boks som må kobles til Head settet. På Bose Quiet Comfort 15 er denne på selve klokken. Head-settet fra Clark er desidert størst, med store klokker, og tykke puter som danner et stort volum innenfor. Dette er vist i Figur 15. Bose A20 har også rimelige store klokker relativt BOSE QC15. Dette skyldes at BOSE QC15 er laget for en helt annen bruk enn D. Clark & Bose A20; som begge er ment for å virke i sterk støy.



Figur 15 Bose A20 og David Clark for sammenlikning. Clark er generelt en god del større, med større areal og tykkere puter.

2.2.5 Måleprosedyre

Med head-settene på kunsthodet, og på et reelt hode ble det målt følgende:

- Måling uten headset
- Måling med headset – Passiv dempning uten brille
- Måling med headset – Passiv dempning med Brille 8 i kombinasjon.
- Måling med headset – Aktiv dempning med Brille 8 i kombinasjon.
- Måling med headset – Aktiv dempning uten brille.

På kunsthodet ble det målt ved 5-6 ulike nivåer; fra 90 L_{pA} til 112 L_{pA}.
 På det virkelige hodet ble det målt ved 95 og 99 L_{pA}.

3 Resultater & diskusjon

Passivt hørselvern.

Dempning for samtlige kombinasjoner av Peltor Optime III + Brille, Peltor Optime III + Goggle og Peltor Optime III + Balaklava er beskrevet i kapittel 3.1 til 3.3. Dempningen for den enkelte kombinasjon presenteres ved middelveien minus 1 x standardavvik; der middelvei og standardavvik er basert på 14 måleserier (2 ører x 7 personer). Denne størrelsen benevnes "Forventet **Dempning**", og er i samsvar med hørselsvernproduzentenes presentasjon og definisjon. Brillere med store variasjoner i datasettet vil dermed få et større "fretrek" enn brillere med liten variasjon, og dermed en lavere forventet dempning hvis middelveier ellers var lik.

Kurvene viser forventet dempning som funksjon av frekvens, med 1/3 oktavnånds oppløsning.

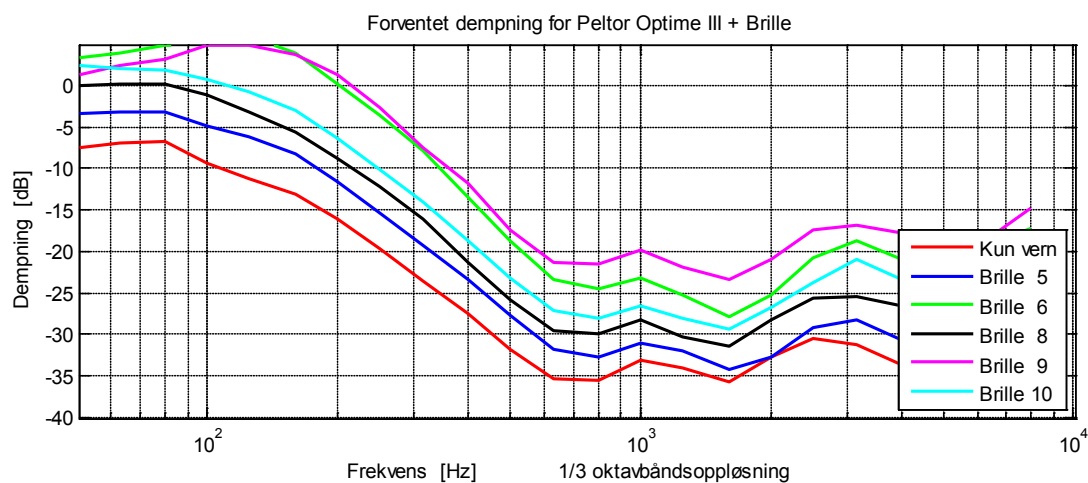
$$\text{Forventet dempning} = \mu - \sigma$$

μ = middelvei til dempning over begge ører for alle testpersoner

σ = standardavviket til dempning over begge ører for alle testpersoner

3.1 Peltor Optime III i kombinasjon med briller.

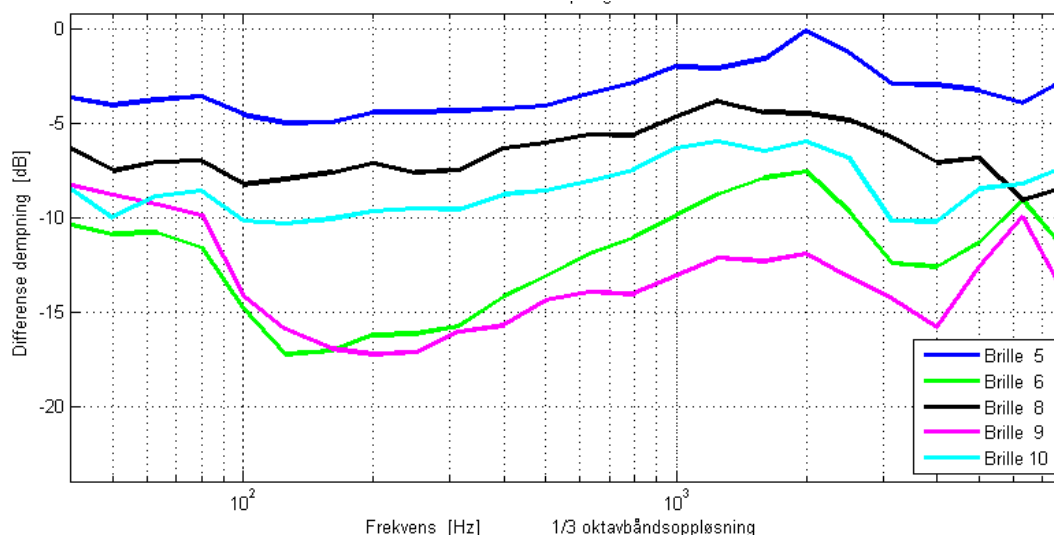
Figur 16 viser forventet dempning med Peltor Optime III alene, og i kombinasjon med ulike briller. Den røde kurven viser dempning kun med hørselvernet. Hørselvernet alene gir mer enn 30 dB dempning fra 400 Hz og oppover, noe som må betegnes som meget bra. I bassen derimot er dempningen lav; fra 200 Hz og ned tilnærmet 5 dB. Figur 16 viser sogar at de tre dårligste brillene gir en forsterkning fra 200Hz og nedover. Vi har mulighet for lekkasje både foran og bak øret, på grunn av åpning forårsaket av brillestangen. Putene klarer ikke å tette helt rundt stangen. Peltor Optime III er derfor lite egnet i helikopterstøy, der vi har klare sterke spektrale komponenter under 100Hz. Alle brillene i kombinasjon med hørselvernet har tilnærmet konstant dempningsreduksjon (+/- 4 dB) mellom 0.5Hz og 8 kHz. Dette er vist i Figur 17, der beste brille reduserer dempningen med ca 2.5 dB; mens verste reduserer med hele 14 dB.



Figur 16 Forventet dempning for Peltor Optime III i kombinasjon med ulike vernebriller. Verdien er basert på 14 måleserier. De enkelte briller er beskrevet i Tabell 5.

Middelvei, standardavvik, maks og min-verdier for "Forventet Dempning" med hørselvernet i kombinasjon med den enkelte brille er vist i Figur 18 - Figur 20. I Appendiks kan en i tillegg se median samt 25 og 75%

kvantiler. Median er i forhold til middelerverdi ikke påvirket av "outliers", som er målerverdier svært ulik andre i en måleserie, og som kan representere en feilmåling.



Figur 17 Reduksjon i demping når vernebrillen kombineres med Peltor Optime III. Figuren viser differensen mellom forventet demping med kun hørselvern, og med hørselvern + brille. Negative verdier tilsvarer en reduksjon i demping.

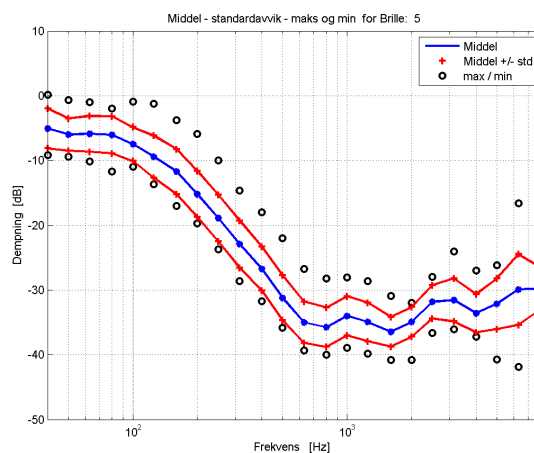
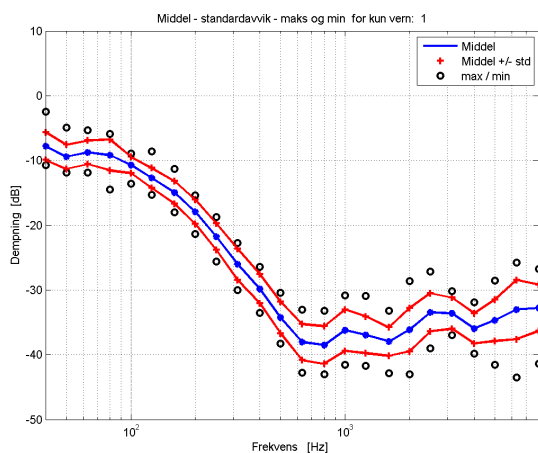
3.1.1.1 Virkning av brillens utforming og størrelse.

Av de 5 benyttede brillene var det en som utmerket seg. Denne brillen var best i 10 av 14 måleserier. I de resterende 4 var brillen nest best. Dette er Brille5, produsert av 3M. Forventet demping med denne brillen i kombinasjon med hørselvernet er 3-4 dB høyere enn nest beste brille. Figur 18 viser at denne brillen har høyest middelerverdi, samt mindre standardavvik enn de andre. Denne brillen er mindre enn de andre; både i bredde, lengde og tykkelse. Den har en meget enkelt design; stanga er svært tynn (horisontalt), og brillen er passe bøyelig. Stangtykkelse samt andre viktige beskrivelser av brillen er vist i Tabell 7. Stanga til Brille 5 introduserer små lekkasjer når den stikkes inn under puta til hørselvernet. Selv om stanga er kort, bøyer den ikke nok av til å holde seg innenfor puta i bakkant. For 5 testpersoner stakk den skikkelig ut, for 1 flukta den med puta bak, mens for en stakk den ikke ut i det hele tatt. Tykkelsen på stanga er 2mm, i motsetning til de andre som er to og tre ganger så tykke. Reduksjon i demping var ca 3-4dB i hele frekvensområdet, bortsett fra et lite område rundt 2 kHz, der den er null (se Figur 17). Den nest beste brillen; Brille 8 fra Swiss One medfører en reduksjon i demping på 6-8 dB; altså rundt 3 dB dårligere enn 3M (Se Figur 19). Brillestangen her stikker ikke ut bak på noen fordi stanga er godt bøyd, men lager en større lekkasje i forkant enn Brille 5 fordi stanga er 3 ganger så tykk. Standardavviket for Brille 8 er noe større enn for Brille 5 (Figur 19). Ytterligere reduksjon i demping får vi med Brille 10 (se Figur 20), som stikker ut bak på 3 testpersoner, flukter på 3, og kommer innenfor putene på en. Denne brillen fra Howard Leigh har omtrent samme tykkelse som de andre (bortsett fra brille 5). Standardavviket for denne er en anelse høyere enn for Brille 8, i tillegg er middelerverdien lavere. Reduksjon i demping med denne brillen ligger mellom 8-10 dB, altså 2dB mer enn Brille 8. Et midlere standardavvik er vist i Tabell 7, - siste kolonne. De to dårligste brillene er Brille 9 fra Swiss One (Figur 20) og Brille 6 fra Wenaas (Figur 19). Middelerverdien for disse er omtrent lik, men Brille 9 har mye større spredning i data, og får derfor en dårligere forventningsverdi. Nr 9 har relativ smal brillestang, men veldig bred i vertikalretningen (høy). I tillegg er brillen veldig stiv. Det fører til at den passer mye bedre på folk med brede ansikter. To av testpersonene hadde markert bredere ansikt enn de andre, og for disse to var resultatene ganske bra med brille 9 (TP1 & TP4). På smale ansikter vil stengene presse putene ut og lage lekkasjer. Alle målinger fra enkeltpersoner er vist i Appendiks.

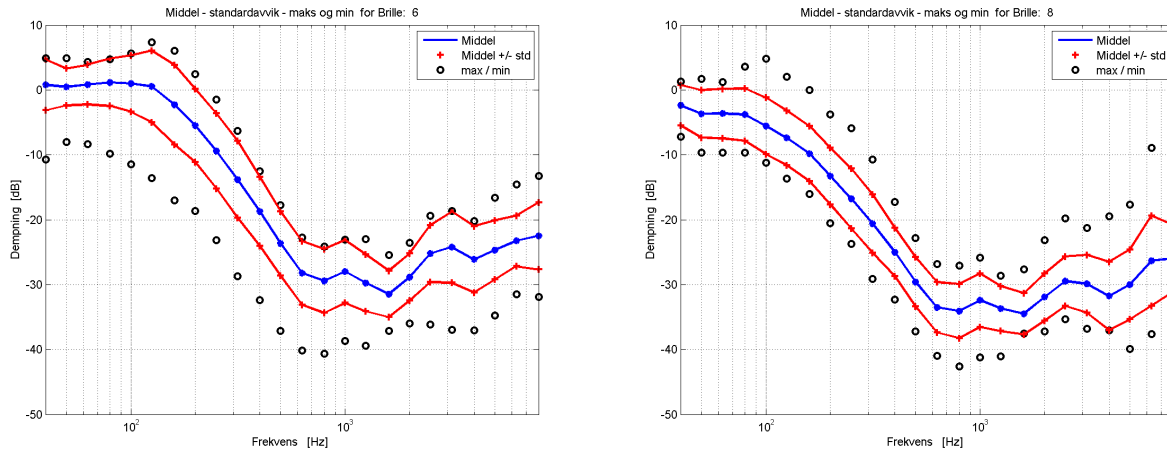
Brille 6 stakk ut bak på samtlige testpersoner, og laget den største åpningen foran. For Brille 6 og Brille 9 ble forventet dempning redusert med 7 til 17 dB. Når lekkasjen blir for stor kan vi få forsterkning i stedet for dempning ved lave frekvenser. Åpningen med hulrommet kan sammenliknes med en Helmholtz resonator. Dette skjer fra 200 Hz og lavere i frekvens. Dette skjedd med 3 av 5 testede briller.

Tabell 7 Oppsummering briller. Forventet dempningsreduksjon når briller adderes.

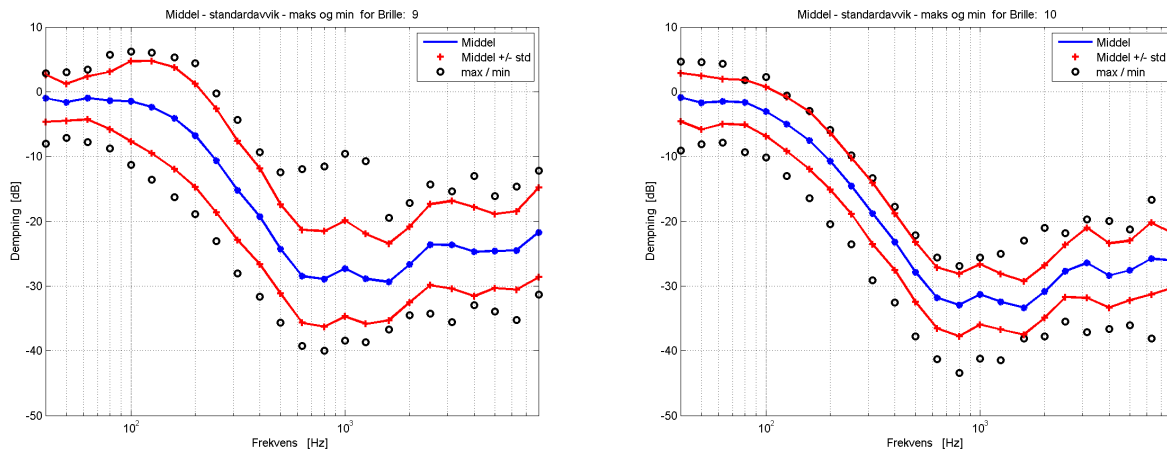
Brille	Estimert åpning [mm]	# ut bak/ # flukter bak/ # innenfor	Tykkelse stang [mm]	Kommentar	Forventet dempningsreduksjon under 3 kHz.	Midlere standardavvik i hele båndet [dB]
3M (B5)	2.5 - 3	10 / 2 / 2	2	Smal/bøyelig Delvis bøyde stenger	0 - 4 dB	3.2
Wenaas (B6)	4 - 5	14 / 0 / 0	6	Veldig lange stenger	11 - 17 dB	4.2
Swiss One Guidor (B8)	3.5 - 4	0 / 14 / 0	6	Korte, bøyde stenger	4 - 8 dB	4.4
Swiss One Touring (B9)	2.5 - 4	6 / 4 / 4	4	Bred/stiv	11 - 17 dB	4.7
H.Leight (B10)	3 - 3.5	6 / 6 / 2	Varierer fra 3 til 5		5 - 10 dB	6.4



Figur 18 Middelerverdi (blått), middelerverdi +/- et standardavvik (rødt) og maksimums og minimumsverdier (sirkler) for måling på kun vern (venstre) og vern & Brille 5 (høyre).



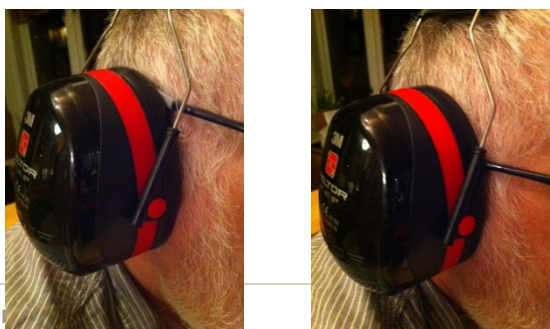
Figur 19 Middelerdi (blått), middelerdi +/- et standardavvik (rødt) og maksimums og minimumsverdier (sirkler) for måling på vern & Brille 6 (venstre) og vern & Brille 8 (høyre).



Figur 20 Middelerdi (blått), middelerdi +/- et standardavvik (rødt) og maksimums og minimumsverdier (sirkler) for måling på vern & Brille 9 (venstre) og vern & Brille 10 (høyre).

3.1.1.2 Virkning av montering

Alle testpersonene fikk sette på brillene slik de ønsket. Alle minus 1 satte brillen på slik at stanga lå så langt ned mellom øre og hode som mulig (se Figur 21- høyre). TP6 satte stanga mye høyere opp, slik at stanga kun lå under puta, og ikke inn i klokkevolumet (se Figur 21- venstre). Dette førte til mindre lekkasje for samtlige briller. Variasjonen mellom beste og verste brille var for denne testpersonen ca 1/3 relativt variasjonene hos de andre testpersonene, som satte på brillen på den mer tradisjonelle måten (Se Appendiks). Bildene under viser brillen montert på disse to ulike måtene.



Figur 21 Påsetting på to ulike måter under test. Til venstre påsett hos TP6, der stanga presses under puta. Til høyre "normalt" påsett, hos 6 av 7 personer. Stanga går gjennom klokkevolumet.

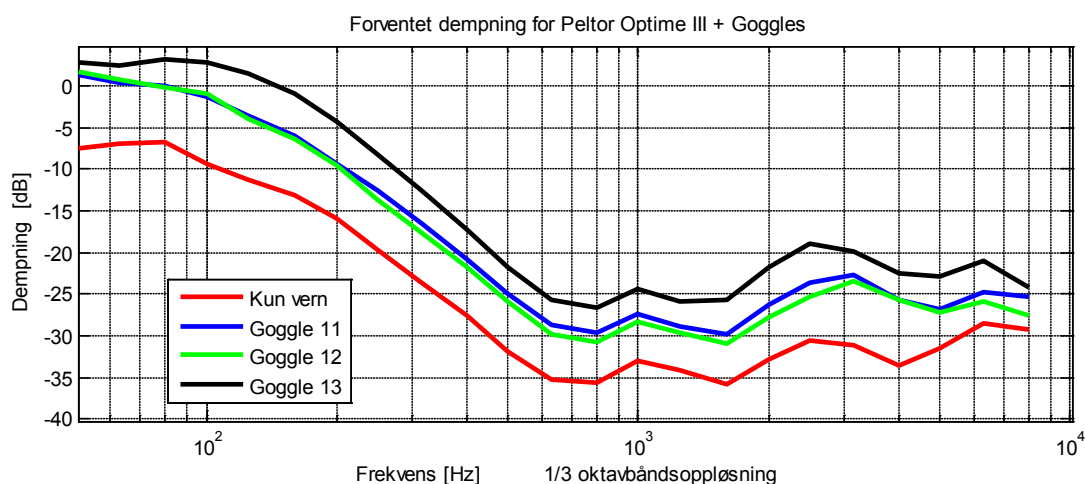
Brille 8 har leddet stang, og kan lett settes på slik at stanga vippes over klokkene. Dette ble ikke gjort i disse målingene, men TP6, som er mekaniker og har egne vernebriller med ledd fester de normalt på denne måten. Dette er vist i Figur 22. Brillene vil dermed ikke redusere hørselvernets dempning.



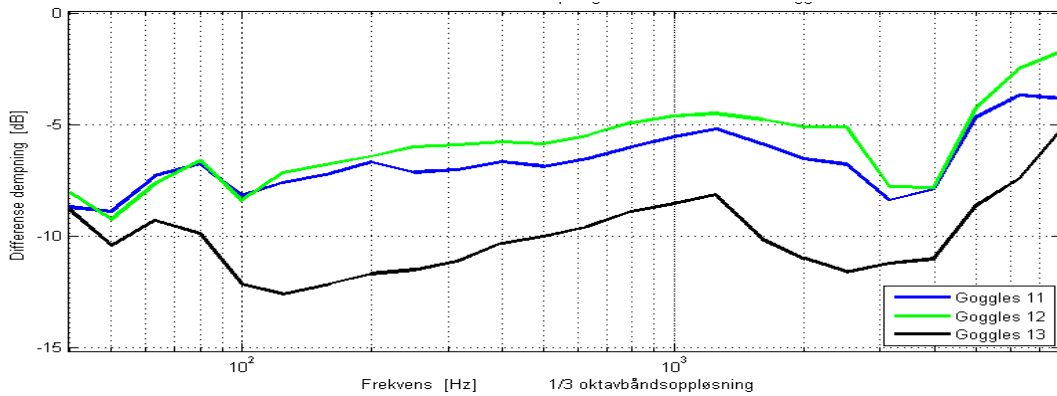
Figur 22 Leddet brille som muliggjør påsett utenfor hørselvernet.

3.2 Passivt hørselvern. Peltor Optime III med Goggles.

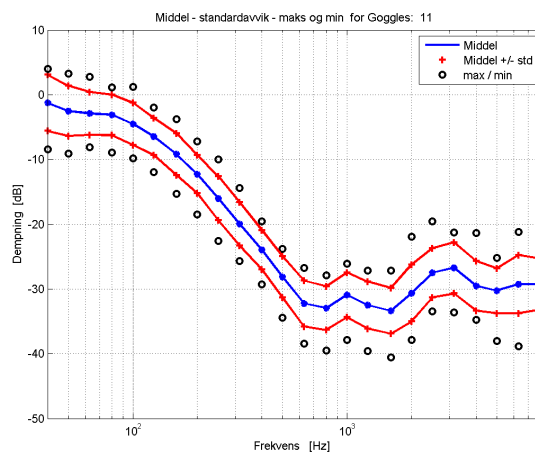
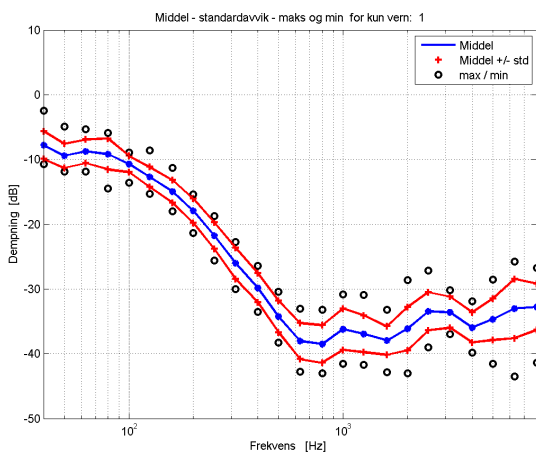
Figur 23 viser forventet dempning med Peltor Optime III i kombinasjon med ulike goggles. De to beste goggles er på høyde med Brille 8 (den nest beste av brillene), mens den dårligste tilsvarer den nest dårligste brillen. Spredningen er med andre ord mindre, men utvalget er også mindre. Mindre variasjon er forventet da det ikke er stenger på Goggles. Størrelsen er svært ulik, Goggle 13 ser ut som en dykkerbrille, har store brede festebånd, og er ca 3 ganger så stor som Goggle 11. Alle Goggles gir forsterkning i bassen med rundt 3 dB. Middelverdi med standardavvik, samt maks og minimumsverdier er vist i Figur 25 og Figur 26 for de enkelte goggles i kombinasjon med Peltor Optime III. Median og kvantiler for de enkelte måleserier er vist i Appendiks. Goggle 11 og 12 har tilnærmet samme middelverdi, men Goggle 11 har høyere standardavvik, og faller dermed litt dårligere ut.



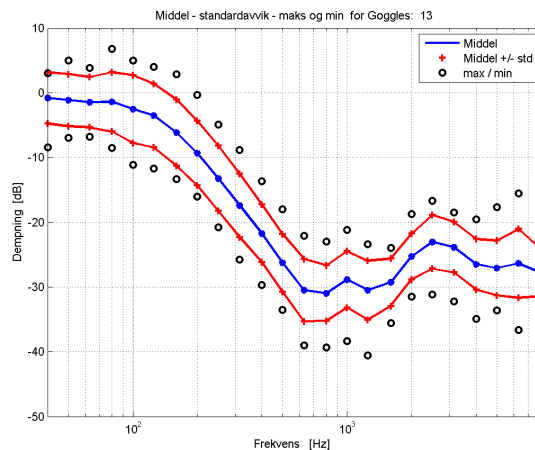
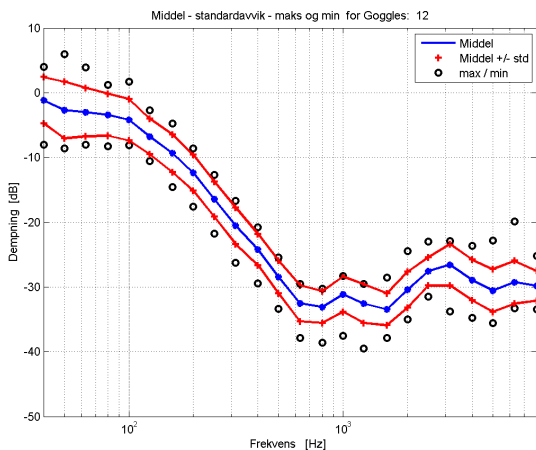
Figur 23 Forventet dempning for Peltor Optime III i kombinasjon med ulike Goggles. Verdiene er basert på 14 målesett. De enkelte Goggles er beskrevet i Tabell 5.



Figur 24 Reduksjon i demping når goggles settes på. Figuren viser differensen mellom forventet demping med kun hørselvern, og med hørselvern + goggle. Negative verdier tilsvarer en reduksjon i demping.



Figur 25 Middelerdi (blått), middelerdi +/- et standardavvik (rødt) og maks og minverdier (sirkler) for måling på kun vern (venstre) og vern & Goggle 11 (høyre).



Figur 26 Middelerdi (blått), middelerdi +/- et standardavvik (rødt) og maks og min-verdier (sirkler) for måling på vern & Goggle 12 (venstre) og vern & Goggle 13 (venstre).

3.2.1.1 Virkning av utforming og størrelse på Goggles.

Den viktigste parameteren for reduksjon i dempning er festebåndet. Mer spesifikt; båndets bredde, tykkelse, og hvordan festemekanismen er. For Goggle 11 og 12 reduseres dempningen med ca. 7 – 10 dB i hele området 40Hz til 5 kHz, mens det høyere opp er mindre enn 7 dB reduksjon. For Goggles 13 må en legge til ytterligere 2-3 dB.

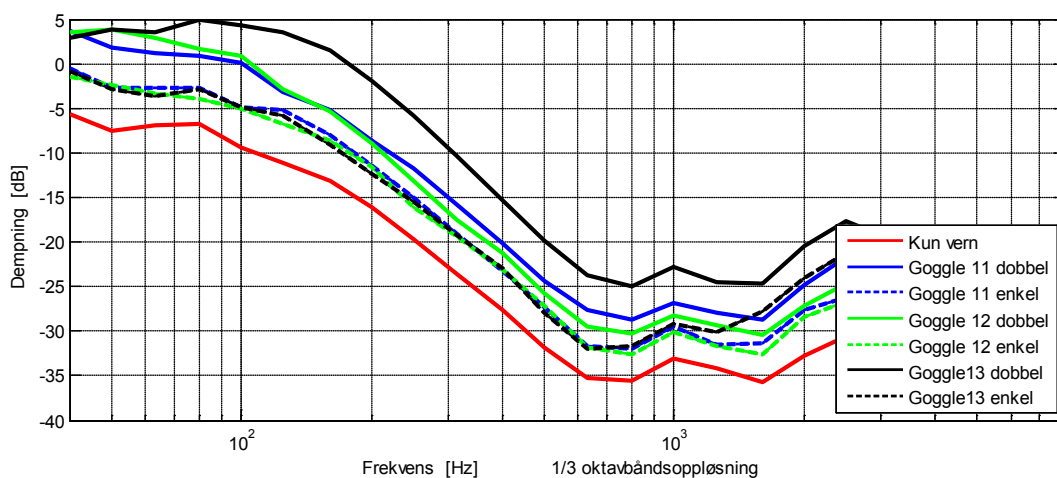
Goggles 11 og Goggles 12 har festebånd av bredde 1.7 og 2 cm, mens festebåndet på Goggle 13 er 3.5cm bredt. Et så bredt festebånd lager problemer når man skal sette på brillen. Med Goggle 11 og 12 ble festebåndet plassert mellom øret og hodet, slik som brillestangen. Selv for Goggle 12 var dette litt ubehagelig for enkelte (se Figur 27 helt til venstre). Festebåndet til 13 var for bredt til å få mellom øre og hodet, det ble derfor satt over øret hos de fleste. Dette er vist i

Figur 27, helt til høyre. Festebåndet skal kunne justeres i lengden, og dette er for alle løst med dobbelt bånd og justerbar spenne på en side. Dette gjør at den totale tykkelsen blir stor ved det ene øret; spesielt for Goggle13. Dette er vist i Figur 27; nr 3 fra venstre. En løsning på dette er å ha to justeringer plassert bak, slik at festebåndet er enkelt ved hvert øre. For målingene gjorde dette utslag i at resultatene for hvert øre var svært ulikt for Goggle13; som hadde det brede båndet. Dette er vist i Figur 28. Målinger på de to ørene er vist som heltrukne linjer (dobbelt bånd), og stiplede linjer (enkelt bånd). Forskjellen mellom Goggle 11, 12 og 13 blir mindre ved måling over kun ett bånd. Forventet dempning med enkelt bånd er ca. 6 dB høyere enn med dobbelt bånd for Goggle 13, ca. 4 dB for Goggle 11, og 3 for Goggle12.

Goggle 12 har en spesiell festeanordning til båndet som hos enkelte kommer svært nær øret. For små hoder kan dette føre til at vernet kommer oppå festeanordningen, noe som kan lage lekkasje. Dette er vist i Figur 27; nr. 2 fra venstre.



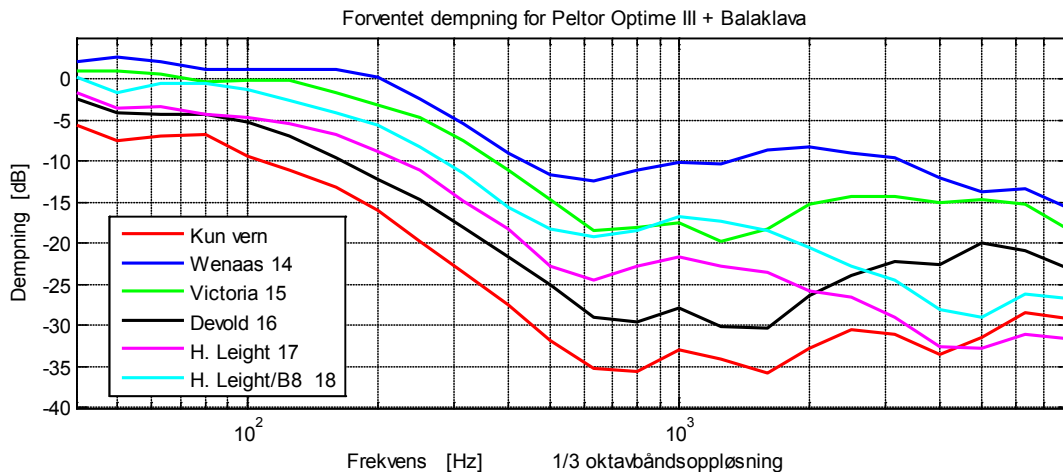
Figur 27 Påsett av Goggle 12 (nr 1 & 2 fra venstre), og Goggle 13 (nr 3 & 4 fra venstre) .



Figur 28 Forventet dempning med Peltor Optime III i kombinasjon med Goggles 11,12 og 13. Heltrukne linjer viser forventet dempning når båndet til hørselsvernet er dobbelt ved øret, stiplede linjer når det er enkelt. Se bildene over.

3.3 Passivt hørselvern. Peltor Optime III med balaklava.

Figur 29 viser forventet dempning med Peltor Optime III alene, og i kombinasjon med ulike balaklava. De fire balaklavatypene var svært forskjellige, både i materialvalg og design. Den som falt best ut var den eneste som ikke var laget for anvendelse med verneutstyr; en hette i Merino ull fra Devold. Dette er tynn ull, og hetta er helt enkel, uten noe knapper eller glidelåser eller annet. Hetta har en søm bak ørene, som krysser baksiden av putene, og som kan forårsake en liten lekkasje. Tykkelsen gjør den lett å forme og komprimere. Den er ikke vindtett.



Figur 29 Forventet dempning for Peltor Optime III i kombinasjon med balaklava. Verdiene er basert på 14 måleserier. Den enkelte balaklava er beskrevet i Tabell 5. Figuren viser i tillegg forventet dempning med kombinasjonen Peltor Optime III + Howard Leight Balaklava + Brille 8.

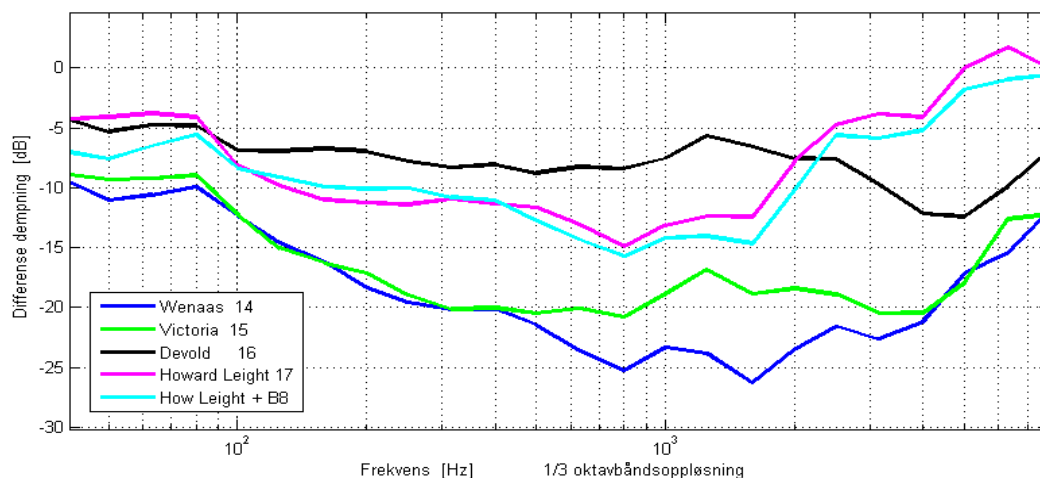
Figur 29 viser at den dårligste hetta (Wenaas) i kombinasjon med Peltor Optime III gir 10 dB dempning i området 0.5 til 8 kHz; noe som er svært lite, og tilnærmet ubrukelig i mange situasjoner offshore. Til sammenlikning gir Devold i kombinasjon med Peltor Optime III en dempning rundt 30 dB i samme frekvensområde. Denne kan derfor fungere bra i mange situasjoner. Standardavviket for Devoldhetta ligger rundt 2 dB, i samme størrelsesorden som for Victoria og Wenaas, - de to dårligste balaklavaene.

Figur 30 viser spredning i dempning for de ulike hettene. Spredningen er ca 17 - 20 dB fra 500 Hz og oppover.

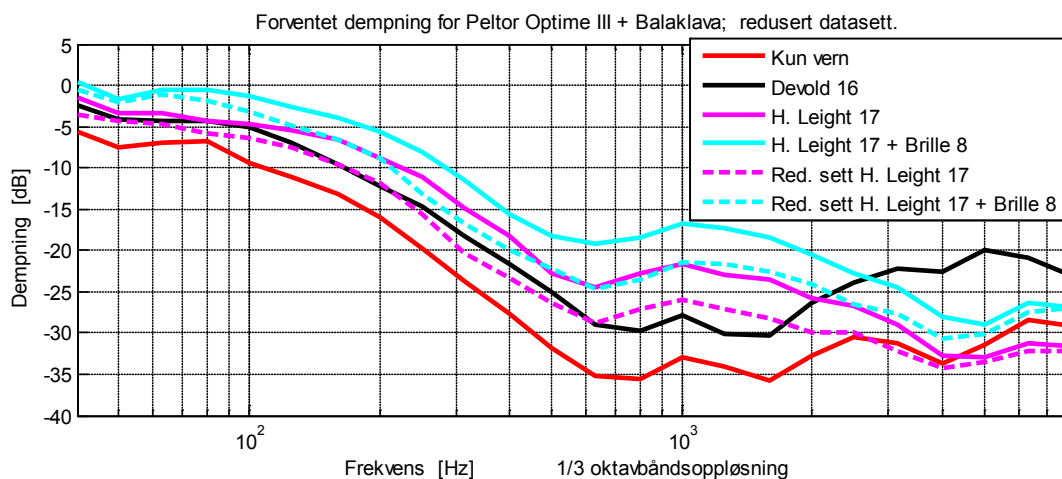
Den nest beste hetta er fra Howard Leight. Denne er spesialdesignet med kunstskinn under klokkene (skai). I tillegg er det ekstra pustende stoff over øret. Stoffet i hetta virker rimelig vindtett, og er ikke tykt, noe som er en fordel. Standardavviket for dette datasettet er noe høyere, og skyldes to av 14 målinger med veldig dårlig tetting. Dette skyldes at hetta var altfor stor til testpersonen, slik at stoffet ikke ble strukket ut ordentlig.

Figur 35 og Figur 35 viser stor forskjell mellom maks og minimums verdier i dette datasettet. Ser vi på datasett fra de enkelte testpersonene (Appendiks), ser vi at verdiene for spesielt TP1 skiller seg ut.

Ekskluderes disse fra datagrunnlaget vil vi få en kurve som i Figur 31, der de reduserte datasettene er vist i samme farge som tidligere, men stipla og tynnere (rosa og lyseblå). Forventet dempning er nå hevet med ca. 3-5 dB, og er tilnærmet lik dempningen med Devold. Ved høye frekvenser (over 4 kHz) vil Howard Leight øke total dempning til ~32 dB uten briller, og tilnærmet ~28 dB med bruk av Brille 8 i tillegg. Den gir altså en tilleggs dempning på 3-4 dB relativt hørselvernet alene. Påsett av Brille 8 med denne kombinasjonen reduserer dempningen med 2-5 dB.



Figur 30 Reduksjon i dempning når balaklava benyttes i kombinasjon med hørselsvernet. Figuren viser differensen mellom forventet dempning med kun hørselsvern, og med hørselsvern + balaklava. Negative verdier tilsvarer en reduksjon i dempning.



Figur 31 Forventet dempning for hørselsvern i kombinasjon med Devold hette, og Howard Leight. Figuren viser forventet dempning med fullt og redusert datasett for Howard Leight; med og uten brille. Det reduserte settet er vist som stiplede streker i samme farge som det fulle datasettet.

De to dårligste hettene er "Wenaas" og "Victoria". "Wenaas" har en glidelås som går tvers over øret, og som lager store lekkasjer. Begge har en festknapp for hjelm, som er plassert der øreklokkene sitter. "Victoria" har tykt stoff, og er attpåtil foret. Dette gjør at klokkene ikke presses godt inn mot huden. Ingen av disse er brukbare i sterkt støyende omgivelser da den forventede dempningen for Peltor Optime III i kombinasjon med "Wenaas" er mindre enn 12 dB helt opp til 3 kHz, mens den for "Victoria" er mindre enn 20 dB.

Figur 34 til Figur 36 viser middelerdi, standardavvik samt maks/min verdier for den enkelte Balaklava i kombinasjon med Peltor Optime III. I Figur 36 ser vi også en testperson avbildet med Howard Leight + Brille 8 + Peltor Optime III.



Figur 32 Devold Balaklava



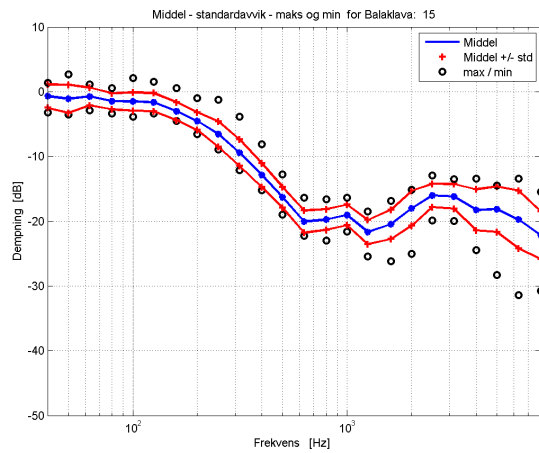
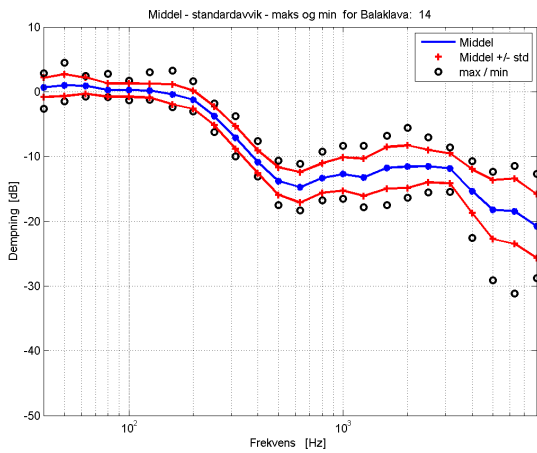
Howard Leight Balaklava



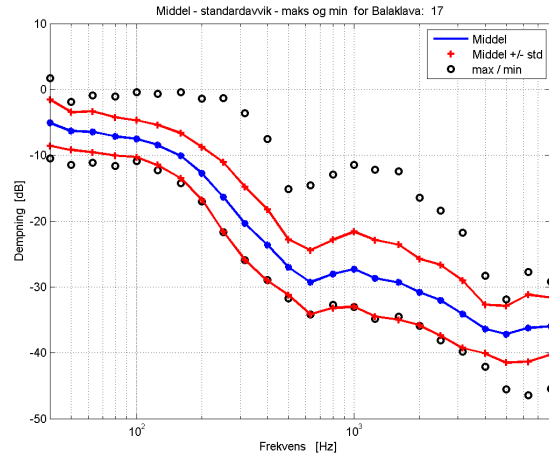
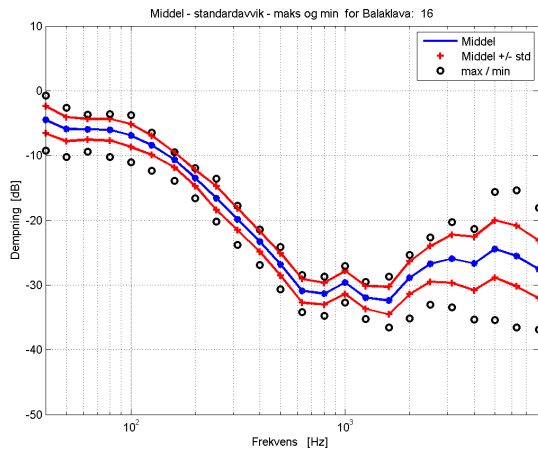
Figur 33 Wenaas Balaklava



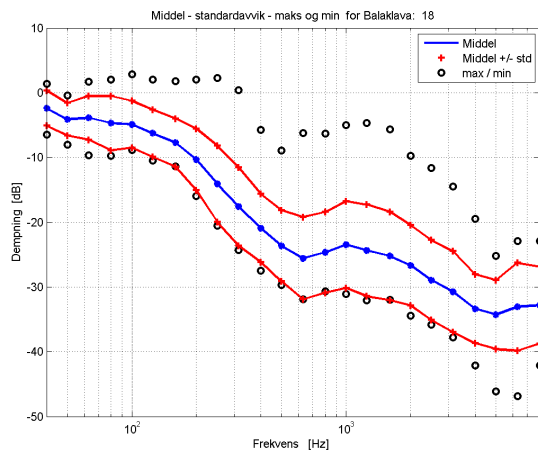
Victoria Balaklava



Figur 34 Middelverdi (blått), middelverdi +/- et standardavvik (rødt) og maks og minverdier (sirkler) for måling på vern & Wenaas balaklava (venstre), samt vern & Victoria balaklava (høyre).



Figur 35 Middelerdi (blått), middelerdi +/- et standardavvik (rødt) og maks og minimums verdier (sirkler) for måling på vern & Devold hette (venstre), samt vern & Howard Leight balaklava (høyre).



Figur 36 Middelerdi, standard avvik, samt maks og min verdier for Peltor Optime II + Howard Leight balaklava + Brille 8.

3.4 Standardiserte dempeverdier.

SNR og HML er beregnet i henhold til ISO 4869-2. SNR er basert på et rosa støyspekter, og forventede dempningsverdier i ulike oktavbånd. Som forventet dempningsverdi er det benyttet middelerdi minus 1 x standardavvik.

$$SNR = 100 \text{ dB} - 10 \log \sum_{k=1}^{k=8} 10^{0.1(L_{Af(k)} - APV_{f(k)})}$$

HML er basert på 8 ulike støyspektre med ulik L_C - L_A verdi. Beregningen av H, M og L veier forventet dempning i 4 ulike spektre. Også her defineres forventet dempning som middelerdi minus et standardavvik.

Tabell 8 viser SNR, og HML for Peltor Optime III, og Peltor Optime III i kombinasjon med de ulike briller/goggles/balaklavaer.

Tabell 8 HML og SNR for Peltor Optime III alene og i kombinasjon med de ulike briller/goggles/balaklava.

KOMBINASJON	SNR	H	M	L
Kun Peltor Optime III	30	33	28	18
PO + Brille 5	26	31	24	14
PO + Brille 6	16	22	13	3
PO + Brille 8	23	27	21	11
PO + Brille 9	15	20	13	3
PO + Brille 10	21	25	19	9
PO + Goggle 11	23	28	21	11
PO + Goggle 12	22	26	19	9
PO + Goggle 13	19	23	18	8
PO + Wenaas	15	20	13	3
PO + Victoria	16	16	14	7
PO + Devold	24	25	23	15
PO + How Leight	23	27	21	13
PO + How Leight + Brille8	20	22	17	10

Produsenten opplyser at Peltor Optime III har en SNR på 35 dB, som er 5 dB høyere enn det som er målt. I denne målingen settes vernet på av forsøksperson, og dette kan utgjøre en forskjell hvis forsøksleder har satt på vernet under produsentens målinger. Det er ikke satt noen krav til forsøksperson med hensyn på hodeform / størrelse / hår.

H, M og L er oppgitt å være 40,32 og 22dB for vernet alene. For H er avviket på 7dB, for M 4 dB, og for L 4 dB. Avviket på 7 dB for H kan komme av outliers ved de høye frekvensene, som kan sees i Appendiks C; "Statistikk på Peltor Optime III og enkeltobjekter".

For brille 6 og 9 får vi en lav L, som tegn på at disse brillene i kombinasjon med vernet gir dårlig demping i omgivelser med mye lavfrekvent støy. Begge har forsterkning ved lave frekvenser; jamfør Figur 18 og 19.

Som allerede nevnt er forskjell på beste og verste brille i kombinasjon med vernet ca 10dB.

Forskjell på beste og verste goggle er ca 4 dB.

Forskjell på beste og verste balaklava ca 9 dB.

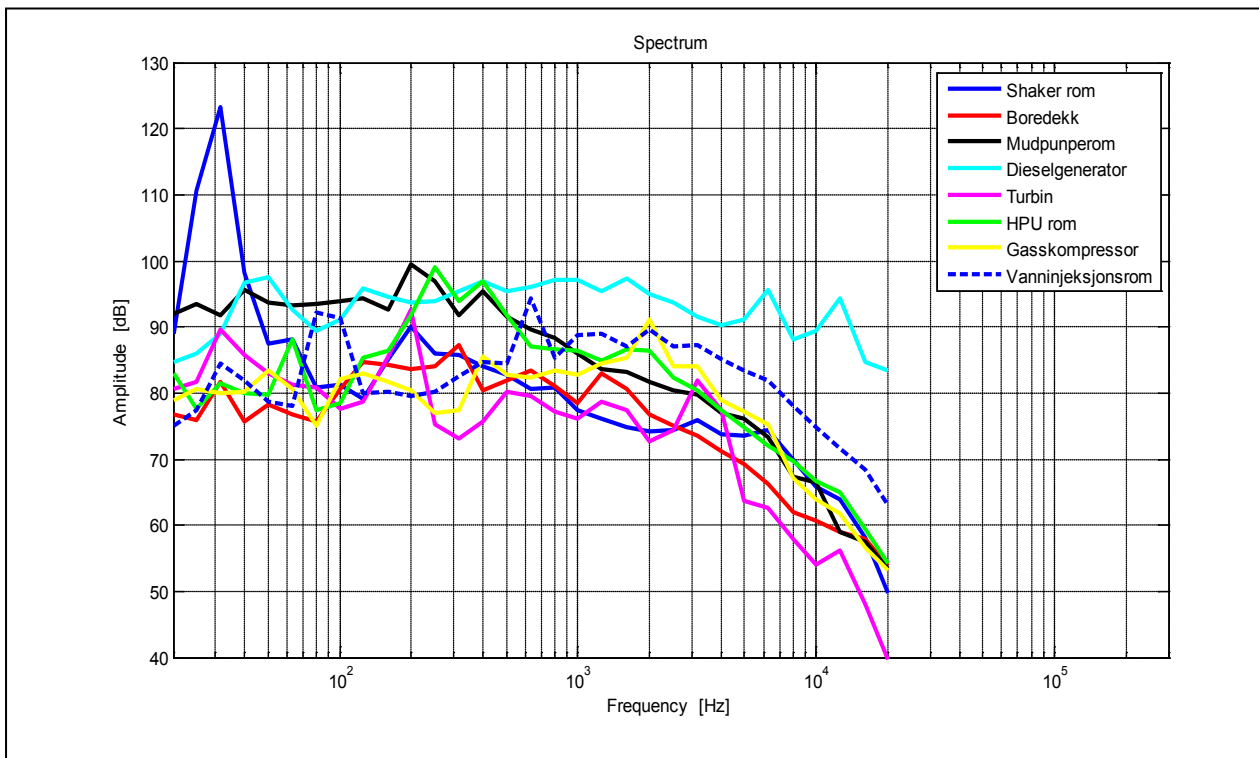
3.5 Eksempler på demping ved daglig bruk.

Figur 37 viser spektralfordeling for støy i typiske områder på plattform. Støydata er innhentet fra SINUS, oppgitt i 1/3 oktavbånd. Spesielt shaker rom skiller seg ut med svært mye lavfrekvent støy.

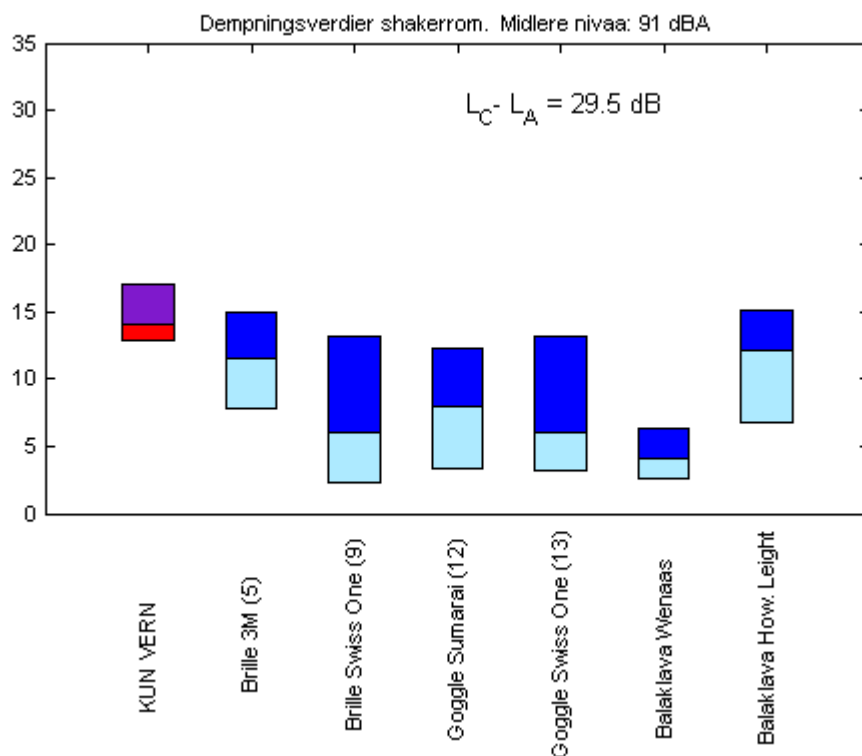
Figur 38 til Figur 45 viser dempingen til vern alene og i kombinasjon med Brille 5, Brille 9, Goggle 12 & 13, Balaklava Wenaas og Howard Leight i ulike omgivelser. Dette representerer beste og verste brille, -

beste og verste goggle, beste og verste balaklava i kombinasjon med Peltor Optime III. Dempningen representeres med stolper som avgrenses av 10 og 90 % persentilen i dempedata for den angitte kombinasjon i de spesifikke omgivelsene. 90% av testpersonene har altså bedre demping enn bunnen av stolpen, mens 10% har høyere demping enn toppen av stolpen. Overgang fra en farge til en annen angir medianverdi, som innebærer at halvparten har demping høyere enn denne verdien. C-A nivå er også vist, noe som beskriver lavfrekvensinnholdet i støyen. I tillegg er typisk nivå oppgitt i teksten under figurene.

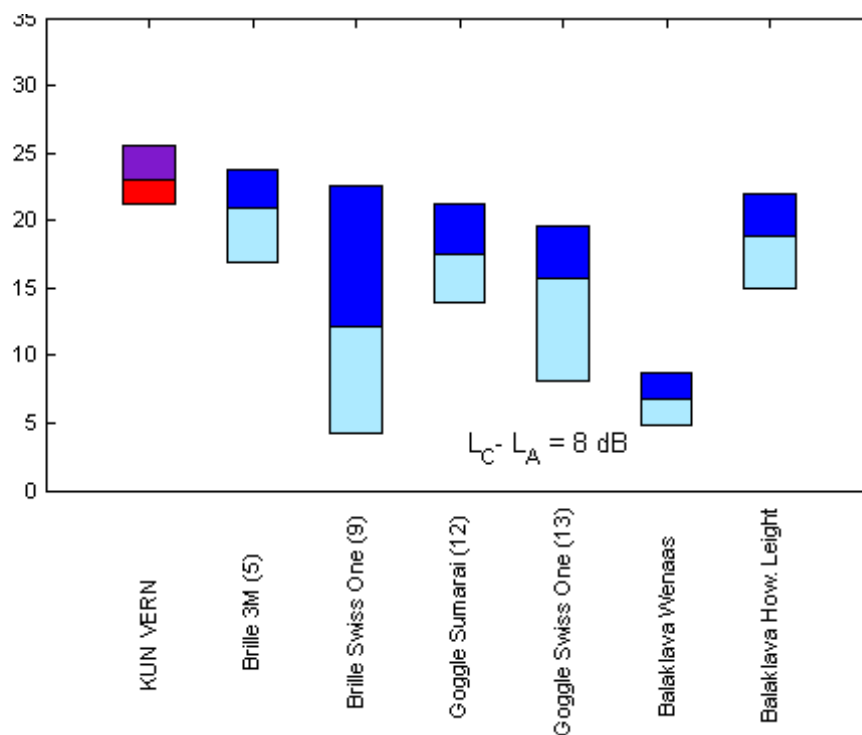
Hørselsvernet gir svært lite demping ved lave frekvenser, og omgivelser med mye lavfrekvent støy som en finner i shaker rom viser at eksponeringsnivået blir svært høyt. Eksempelvis vil halvparten av testpersonene eksponeres for 78dBA i disse omgivelsene (shaker rom; 91dBA – 13 dB) med kun vern på, mens nivået øker til 88dBA hvis de benytter vern i kombinasjon med Balaklava fra Wenaas.



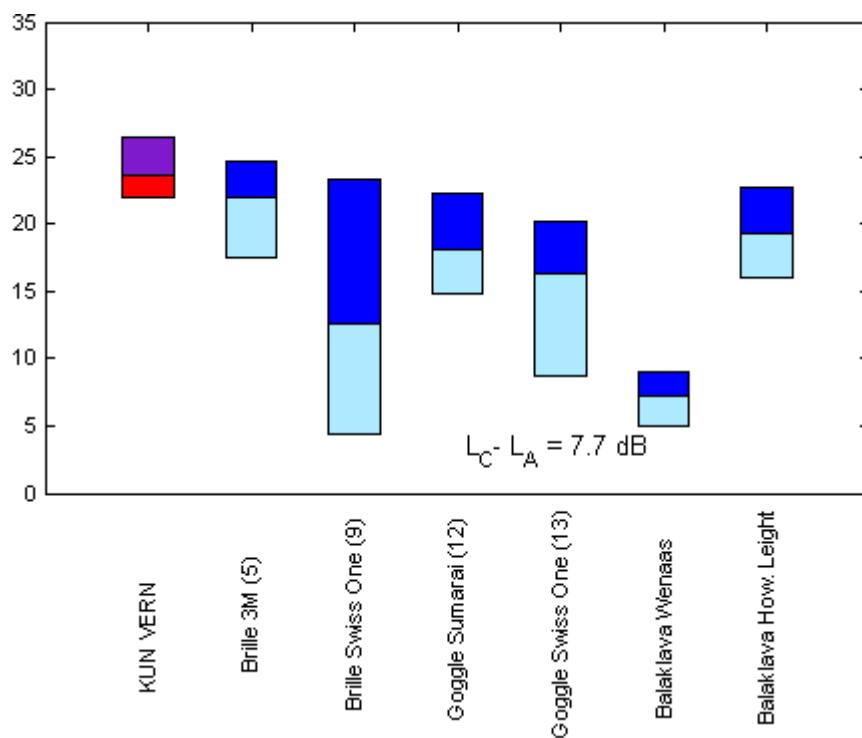
Figur 37 Spektralfordeling til støy i typiske områder på plattform.



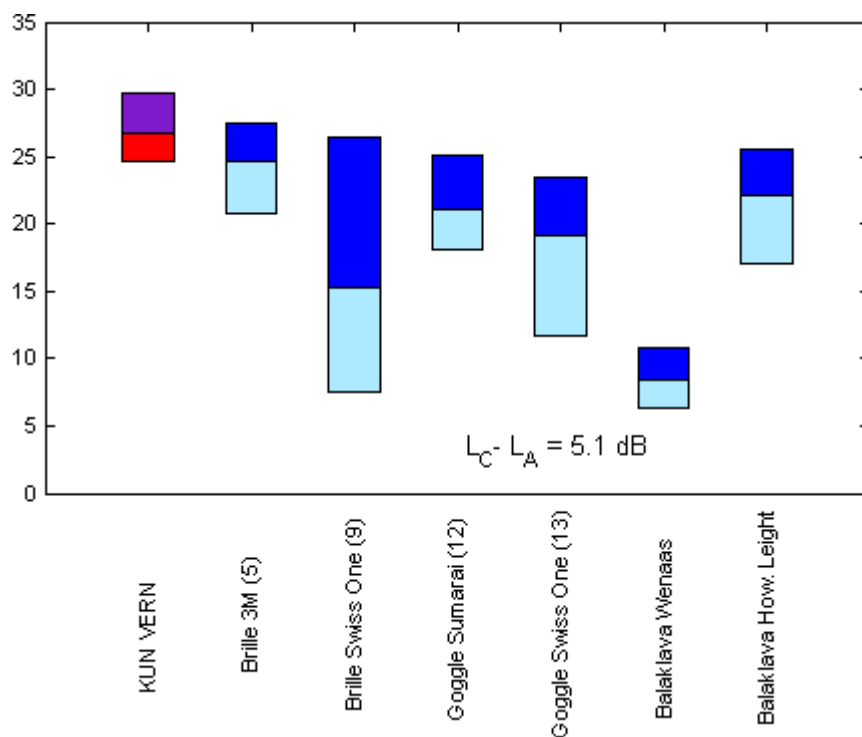
Figur 38 Dempningsverdier i dB i Shaker rom. Midlere støynivå 91 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).



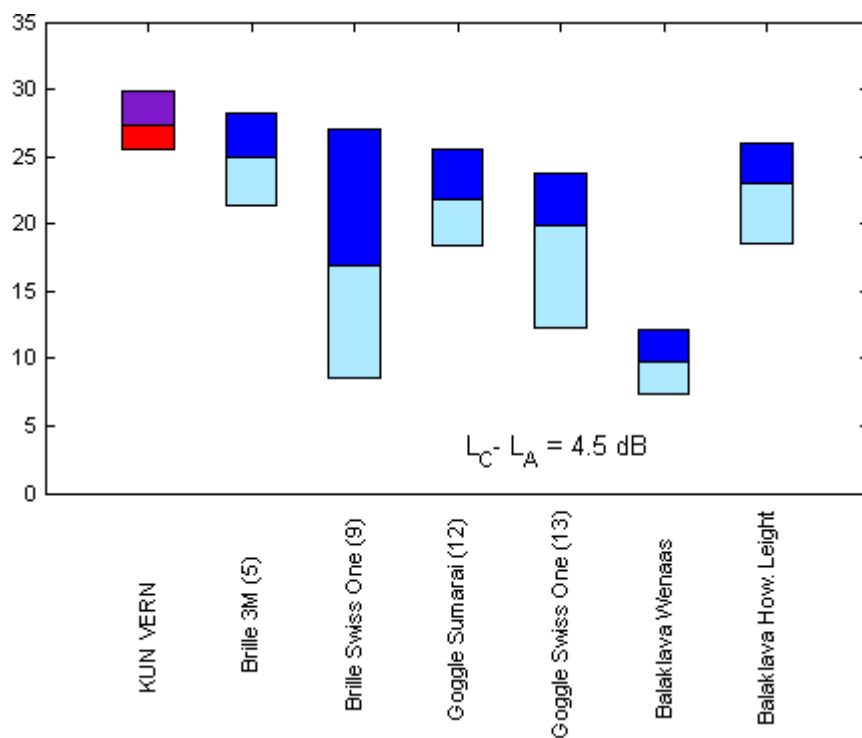
Figur 39 Dempningsverdier i dB i Mudpumpe rom. Midlere støynivå 98 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler, samt medianverdi.



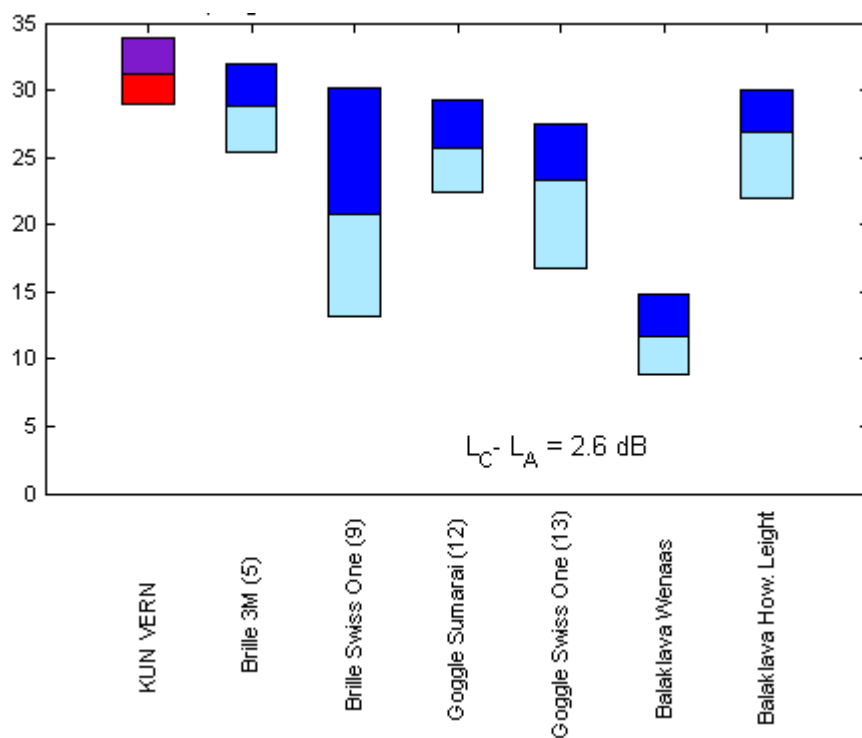
Figur 40 Dempningsverdier i dB i turbin rom. Midlere støynivå 89dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).



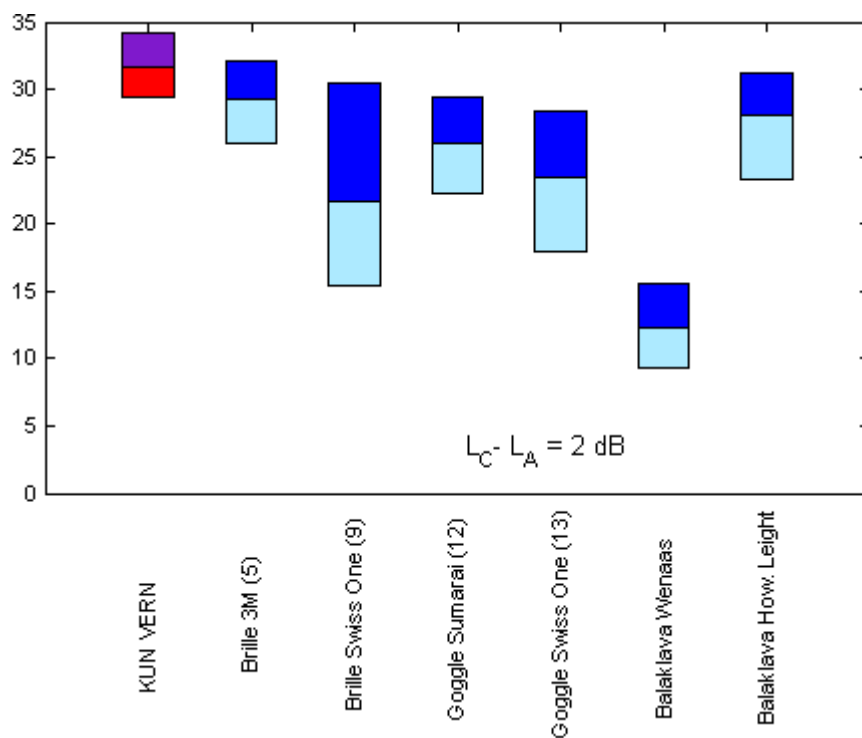
Figur 41 Dempningsverdier i dB i HPU rom. Midlere støynivå 99 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).



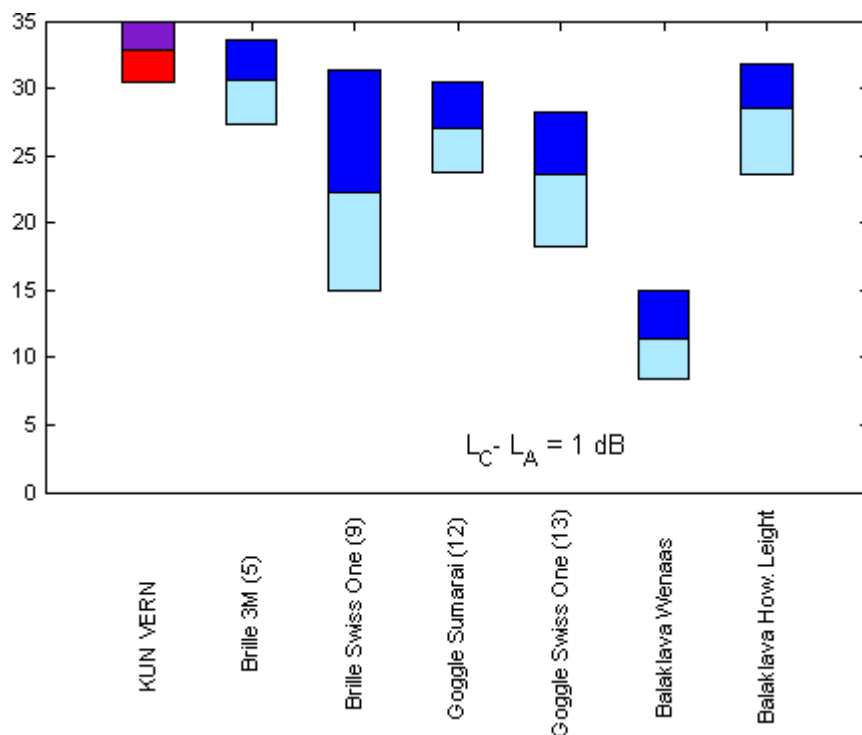
Figur 42 Dempningsverdier i dB på Boredekk. Midlere støynivå 91 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).



Figur 43 Dempningsverdier i dB ved diesel Generator. Midlere støynivå 106 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).



Figur 44 Dempningsverdier i dB i Vanninjeksjonsrom. Midlere støynivå 99 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).



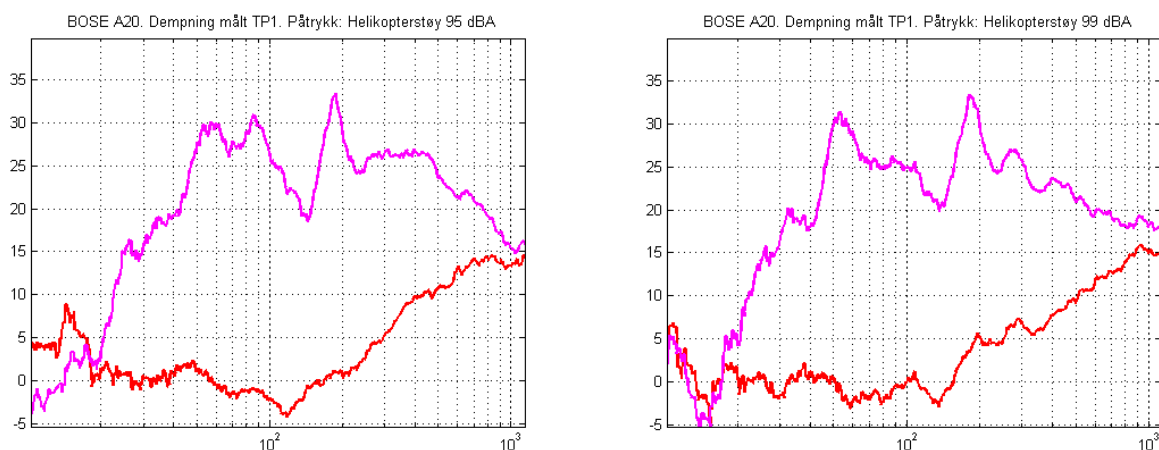
Figur 45 Dempningsverdier i dB ved gasskompressor. Midlere støynivå 96 dBA. Boksene viser 10 og 90% percentiler (topp/bunn), samt medianverdi (fargeskifte).

3.6 Resultat og diskusjon aktivt hørselvern.

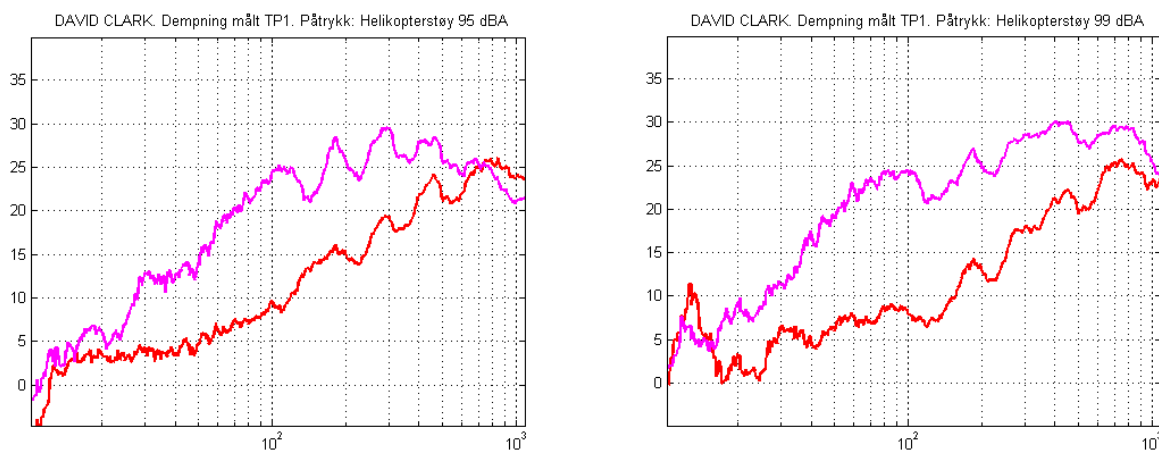
Målinger med kunsthode kan ikke benyttes, da disse avviker for mye fra målinger på mennesker. Kapittel 3.6.3 presenterer og oppsummerer kort disse målingene. Diskusjonen rundt de aktive head-settene er derfor basert på noen få målinger. Siden antall datasett er lite estimeres ikke forventet dempning (middelverdi +/- et standardavvik). Eksempler på målte data blir derfor vist.

3.6.1 Dempning i rosa støy og helikopterstøy.

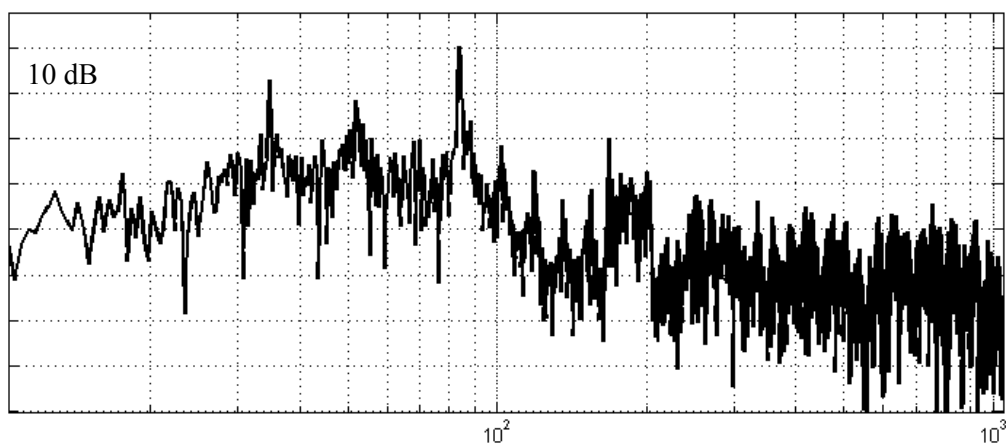
Målt dempning i helikopterstøy på 95 og 99 L_{pA} for Bose A20 og David Clark er vist i Figur 46 og Figur 47 opp mot 1 kHz. Spektralfordelingen målt i øret uten vern er vist i Figur 48 (NB, ikke kalibrert nivå). Nivået med helikopterstøy faller av fra 100 Hz, og har tre spektrale topper under 100 Hz. Liknende kurver med rosa støy påtrykt er vist i Figur 49 og Figur 50. Spektralfordeling uten vern i øret med rosa støy påtrykt er vist i Figur 51. Som forventet har vi ikke så markante spektrale topper i bassen, men en rundt 130Hz, som høyst sannsynlig er en rom mode.



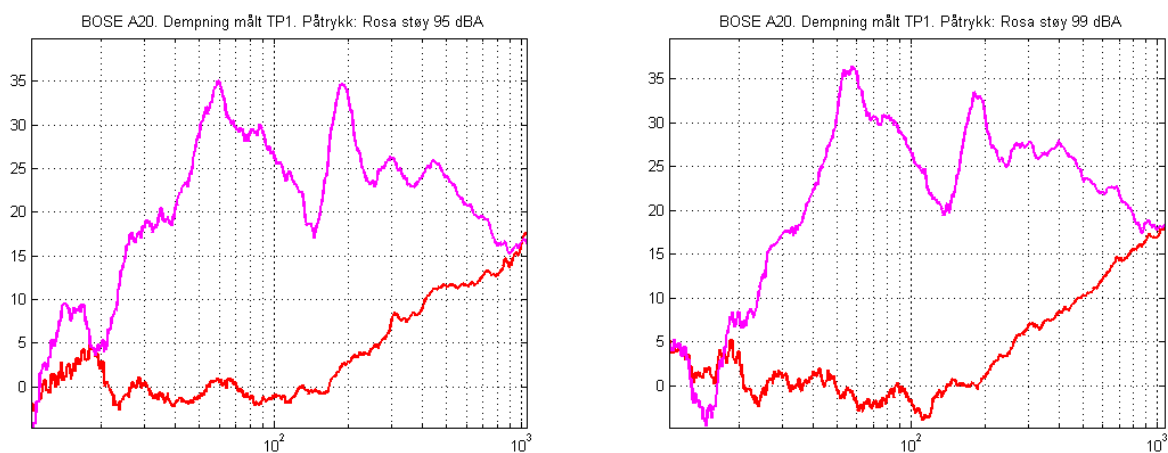
Figur 46 Dempning i passiv (rød) og aktiv (rosa) modus for BOSE A20 i 95 og 99 L_{pA} helikopterstøy. X-aksen viser frekvens, y-aksen demping i dB



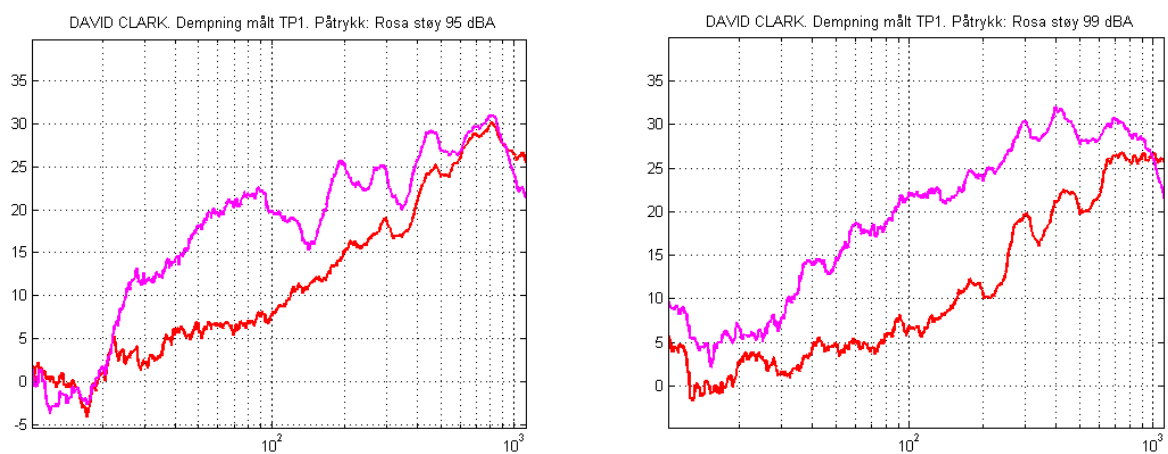
Figur 47 Dempning i passiv (rød) og aktiv (rosa) modus for David Clark i 95 og 99 L_{pA} helikopterstøy. X-aksen viser frekvens, y-aksen demping i dB



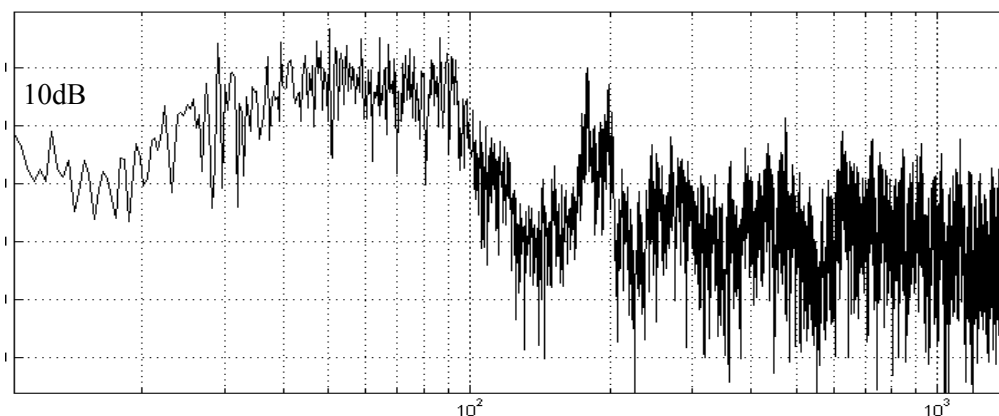
Figur 48 Relative nivåer i øret uten hørselvern; - med helikopterstøy som kilde.



Figur 49 Dempning i passiv (rød) og aktiv (rosa) modus for BOSE A20 i 95 og 99 L_{pA} rosa støy. X-aksen viser frekvens, y-aksen dempning i dB



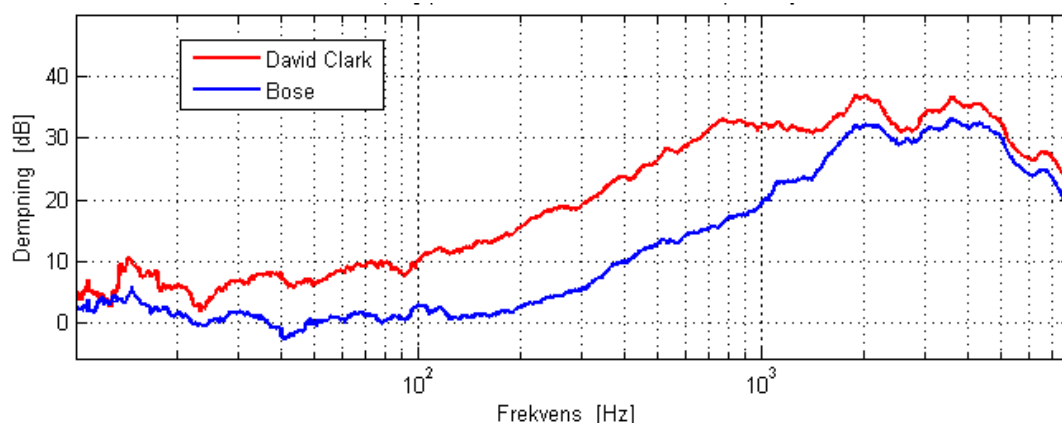
Figur 50 Dempning i passiv (rød) og aktiv (rosa) modus for David Clark i 95 og 99 L_{pA} rosa støy. X-aksen viser frekvens, y-aksen dempning i dB



Figur 51 Relative nivåer i øret uten hørselvern; - med rosa støy som kilde.

Passiv modus:

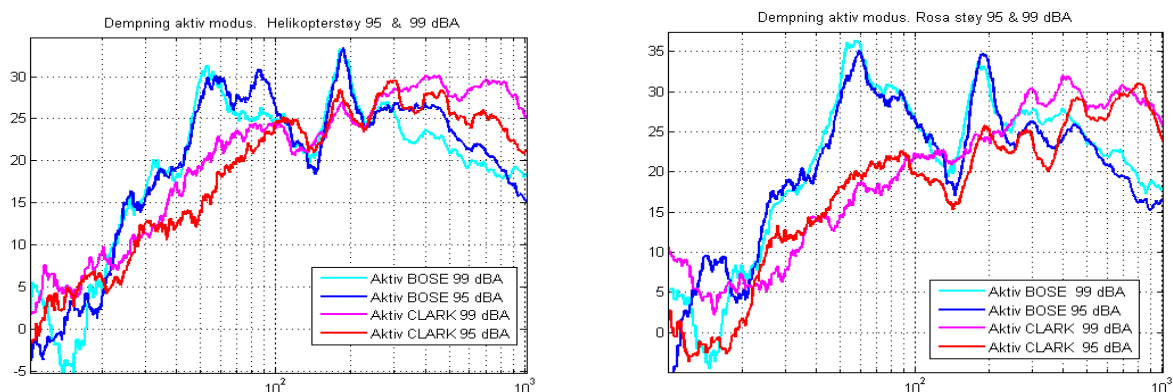
Over 1kHz dominerer den passive delen av dempningen. Figur 52 sammenlikner dempningsdata fra de to headset i passiv modus. Headsettet fra Clark har større puter og større volum, og dermed bedre passiv dempning. Forskjellen er 8-13 dB opp mot 1kHz; deretter reduseres forskjellen til 2 – 3 dB. Bose har ingen dempning under 200 Hz i passiv modus.



Figur 52 Dempning i passiv modus for Bose A20 (blå) og David Clark (rød) målt i helikopterstøy.

Aktiv Modus:

Figur 53 sammenlikner dempningen med de to headset i Aktiv modus, under to ulike nivåer og to ulike påtrykk. Kurvene viser summen av aktiv og passiv dempning. To uavhengige måleserier for hver kombinasjon vises, der mikrofon og headset er tatt av og på. I aktiv modus demper BOSE A20 mye bedre enn David Clark i bassen, og spesielt i helikopterstøy merker en dette godt. Kurven viser at Bose har en variabel dempning med to topper som matcher relativt godt de frekvensområdene der vi har markerte topper i støyspekteret. I bassen under 100 Hz der vi har flere spektrale komponenter med helikopterstøy påtrykt dempes ikke den laveste (ca 30 Hz) komponenten like godt som de rundt 50Hz og 80 Hz. Dempningen mellom 500 og 1000Hz ligger mellom 20 og 30 dB i helikopterstøy, og mellom 25 og 35 dB i rosa støy. Ved 130 Hz, der vi har en ny markant nivå økning, - får vi en ny dempningstopp, også denne mellom 30 og 35 dB. David Clark har en svært ulik dempningskurve, som har en tilnærmet lineær økning fra 10Hz og opp til 100 Hz, og deretter en avflating mot 1 kHz.

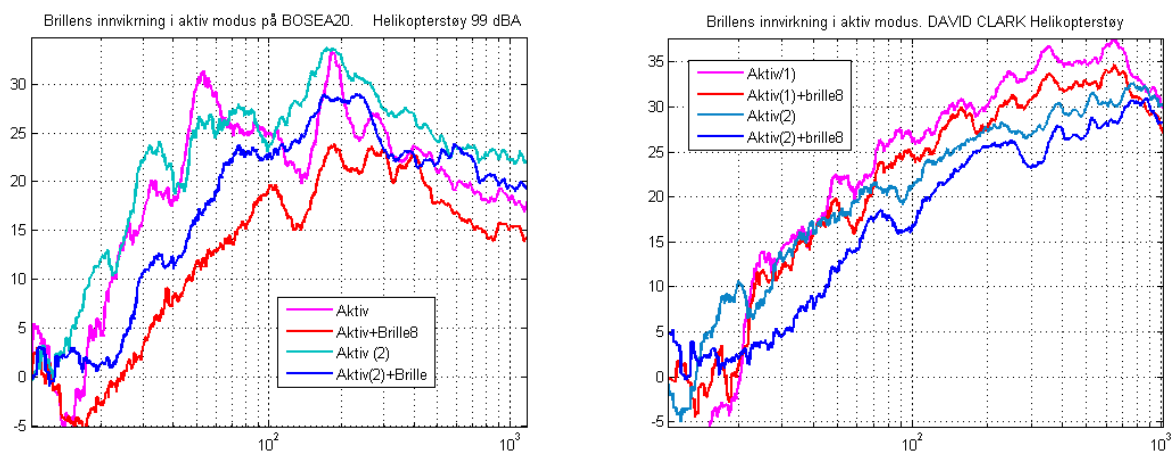


Figur 53 Dempning i aktiv modus for Bose A20 og David Clark headsett i helikopterstøy (venstre) og rosa (høyre). To uavhengige målinger med nytt påsett av mikrofon og headsett er vist for begge headset i rosa støy og helikopterstøy. Rød kurve viser resultater med D. Clark, blå kurve BOSE A20.

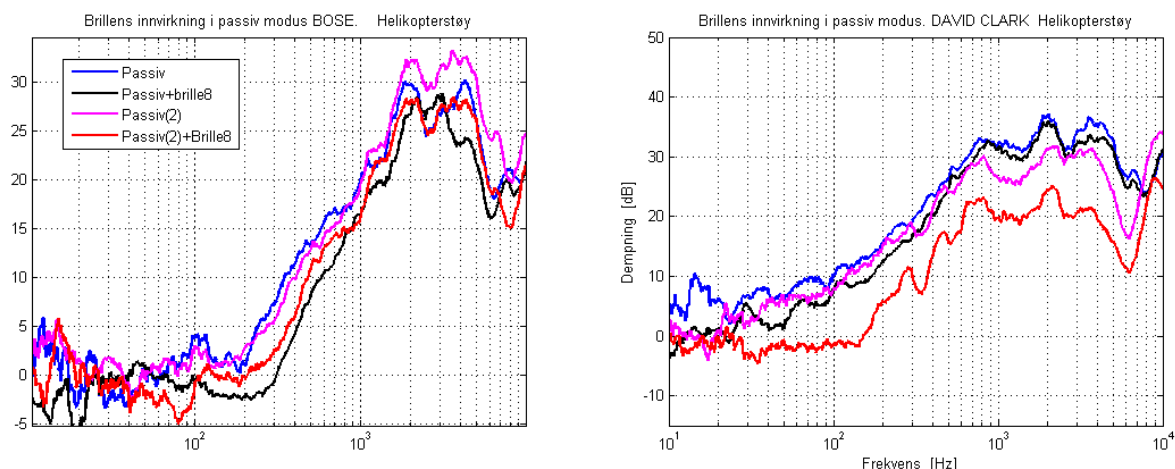
Mellom 200Hz og 1 kHz demper Clark mer enn BOSE A20, men totalinntrykket er likevel at BOSE demper mer i helikopterstøy. Med head settet i aktiv modus føles det som David Clark nesten ikke kompenserer aktivt i det hele tatt. Dette kan skyldes at den passive dempingen er mye høyere enn hos Bose, noe som fører til en betydelig mindre forskjell når det aktive systemet aktiveres. Med David Clark får vi en tillegg demping opp mot 15 dB under 100Hz, mens vi for Bose får opp mot 35 dB. Dette vises i Figur 47 for Bose, og Figur 49 - Figur 50 for David Clark.

Bruk av brille og aktive headset.

Med vernebrille 8 i tillegg til hørselvern ble dempingen redusert med 2 – 5 dB i passiv modus for begge headset. Forskjellene varierte fra måling til måling. I aktiv modus var variasjonene større, avhengig av hvor mye lekkasje brillene lager. I aktiv modus kunne variasjonene komme opp i 15 dB. Variasjonene var typisk større for Bose enn Clark i aktiv modus. Fra dette kan vi konkludere at motlydsfunksjonen er svært følsom for lekkasjer. To eksempler for hvert headset i aktiv og passiv modus er vist i Figur 54 og Figur 55.

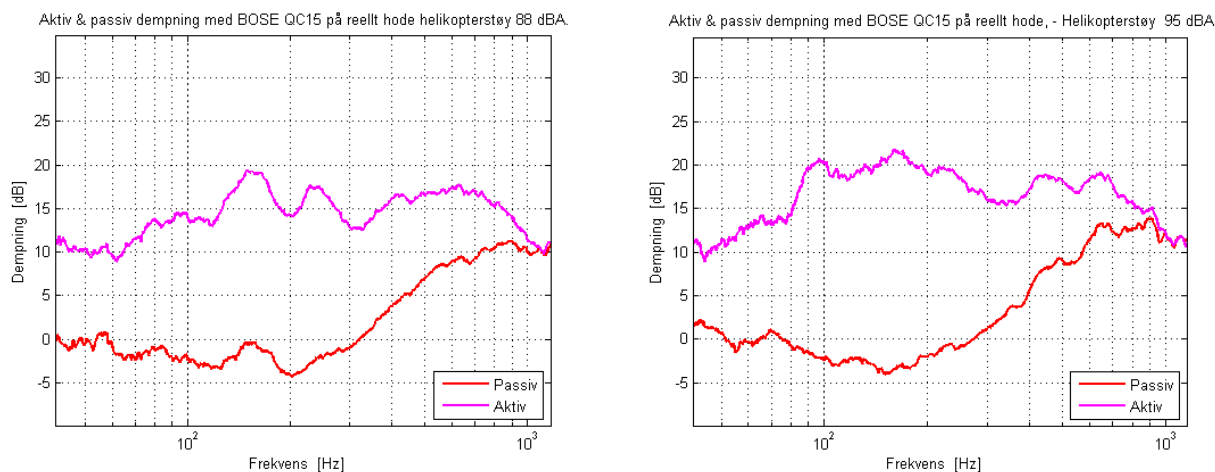


Figur 54 Brille 8's innvirkning på demping i aktiv modus for begge headset. Bose til venstre, Clark til høyre. Begge figurer viser 2 målinger med og uten brille.

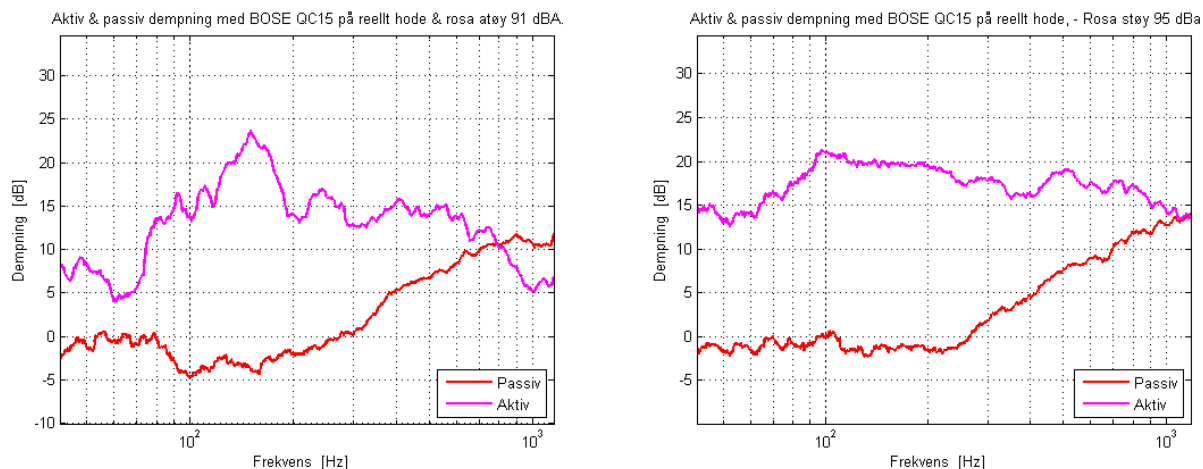


Figur 55 Brille 8's innvirkning på dempning i passiv modus for begge headsett. Bøse til venstre, Clark til høyre. Begge figurer viser 2 målinger med og uten brille.

Målinger ble noe senere utført med BOSEQC 15. Målinger i rosa støy og helikopterstøy ved 88/91 og 95 L_{pA} er presentert i Figur 56 og Figur 57. Kurvene viser at dette hørselvernet demper adskillig mindre enn DAVID CLARK og BOSEA20. Dempningen er maksimalt 23 dB i aktiv modus (130 Hz & rosa støy). Forskjellen i dempning mellom aktiv og passiv modus er for dette vernet rundt 15 – 20 dB under 400 Hz. Head settet har tilnærmet null dB dempning i passiv modus under 300 Hz; ved enkelte tilfeller får vi også her forsterkning. Ved 1 kHz er den passive dempningen økt til 10 – 15 dB; det samme som i aktiv modus. Også her har eventuelle lekkasjer forårsaket av briller størst følger i aktiv modus.



Figur 56 Passiv og aktiv dempning for BoseQC 15 i helikopterstøy. Til venstre er nivået 88 L_{pA} ; - til høyre 95 L_{pA} .



Figur 57 Passiv og aktiv dempning for BoseQC 15 i rosa støy.
 Til venstre er nivået 91 L_{pA} ; - til høyre 95 L_{pA} .

3.6.2 Opphør av motlydskompensasjon

Alle tre headset ble testet med økende støypåtrykk for å finne nivået der den aktive delen ikke klarer å holde tritt. Dette skjedde mellom 103 og 106 L_{pA} (ca 112 – 118 dBC) for Bose A20, og rundt 105 L_{pA} for Clark. Se

Tabell 9. Når dette skjer føles det svært ubehagelig med BOSE A20 da en får følelsen av at det er løse deler inni headsettet. **Fordi breakdown skjer rundt 105 L_{pA} , er ingen av headsettene brukbare på helidekk.**

Tabell 9 Maksimalt nivå før aktiv motlyd bryter sammen. Basert på måling på testperson og ulikt støyspekter.

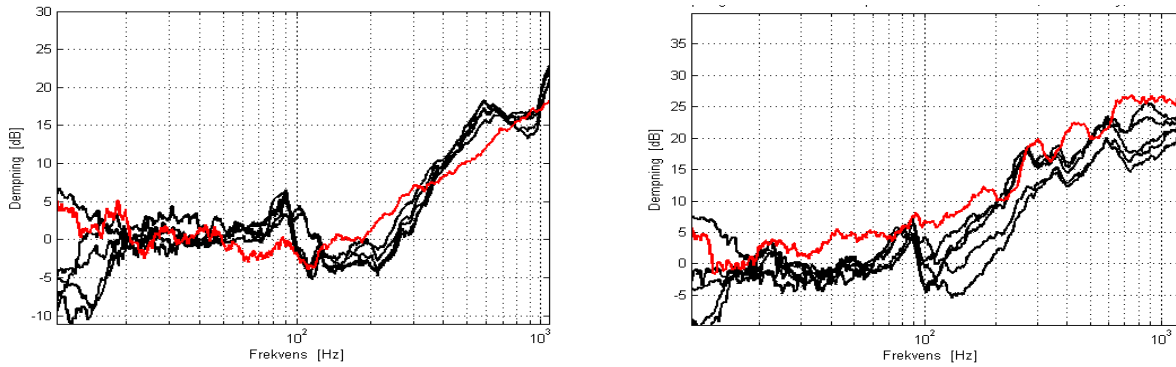
Headset	Max påtrykk [L_{pA}] Rosa Støy	Max påtrykk [L_{pC}] Rosa Støy	Max påtrykk [L_{pA}] Helikopterstøy	Max påtrykk [L_{pC}] Helikopterstøy
Bose QC 15	96	106	94	107
Bose Av. 20	106	112	103	118
David Clark	105	111	105	122

3.6.3 Kunsthodemåling

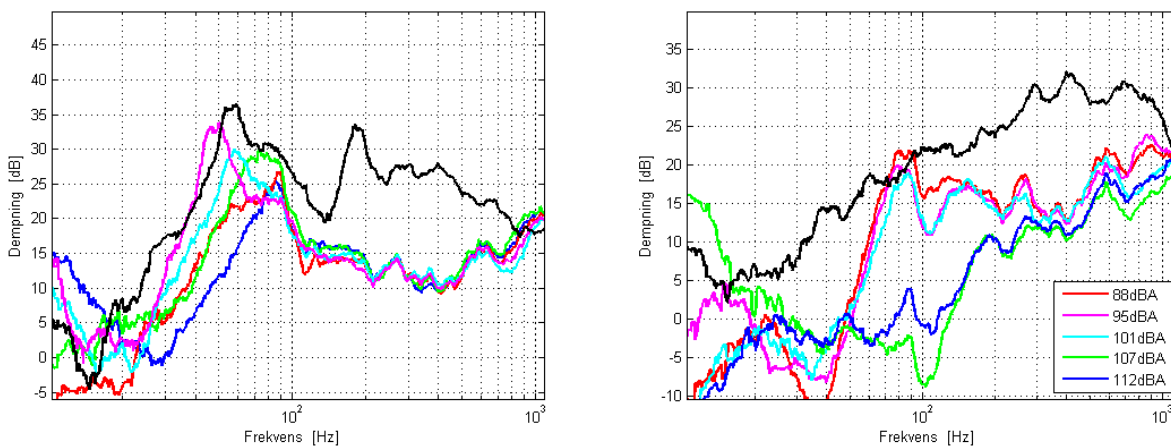
Dempningen ble også forsøkt målt på kunsthode. Målinger ble utført med støynivå fra 90 L_{pA} til 113 L_{pA} , i helikopter støy og rosa støy. Figur 58 viser målinger på kunsthode og reelt hode; de svarte kurvene viser passiv dempning fra kunsthodemålinger i varierende bakgrunnsnivå (rosa støy), mens den røde kurven viser måling fra et reelt hode med bakgrunnsstøy på 95 L_{pA} . Den venstre figuren viser målinger med Bose A20, den høyre målinger med Clark. For Bose som har svært lite passiv dempning i bassen er målingene tilnærmet identiske med målinger på et reelt hode, mens det for Clark er noen få dB i forskjell. Tilsvarende figurer basert på helikopterstøy som bakgrunnsstøy er vist i Figur 61.

I aktiv modus er forskjellene noe større. Figur 59 og Figur 62 viser samme type målinger som Figur 58, men i aktiv modus, med rosa støy og helikopterstøy som kilde. De svarte kurvene viser måling på et reelt

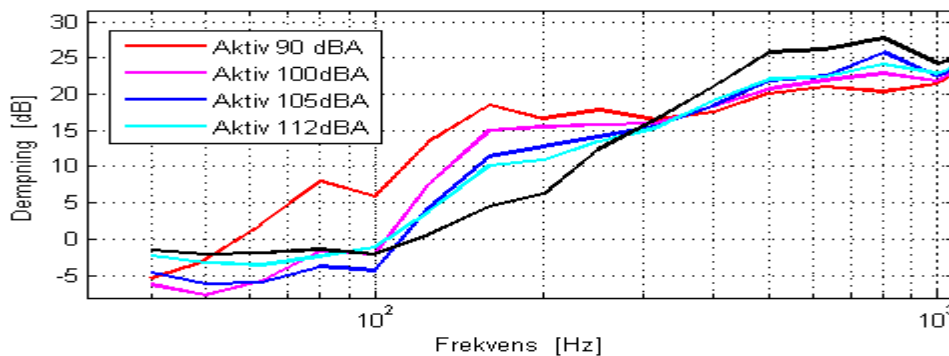
hode, mens de andre viser måling på kunsthode under forskjellige bakgrunnsnivå. Målinger på kunsthodet gir lavere dempningsverdier enn på et reelt hode. Med Clark er forskjellen størst, opp mot 20 dB ved enkelte frekvenser. En viktig årsak kan være dårlig påsett av headsettet; det er vanskelig å vite hvordan vernet sitter på når en ikke kan lytte selv. Andre årsaker kan være ulike sprekker i kunsthodet, spesielt der de to halvpartene er limt sammen.



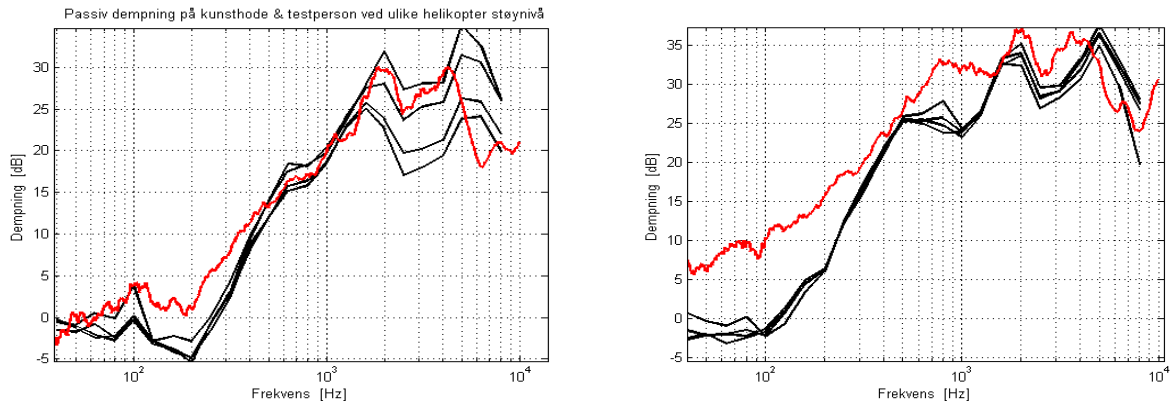
Figur 58 Passiv demping på kunsthodet (svarte kurver), og på testperson (rød kurve), målt med Bose A20 (venstre), samt David Clark (høyre) i rosa støy. Målepunkt er ikke identisk i de to tilfellene, da mikrofonene i kunsthodet står ved trommehinnen.



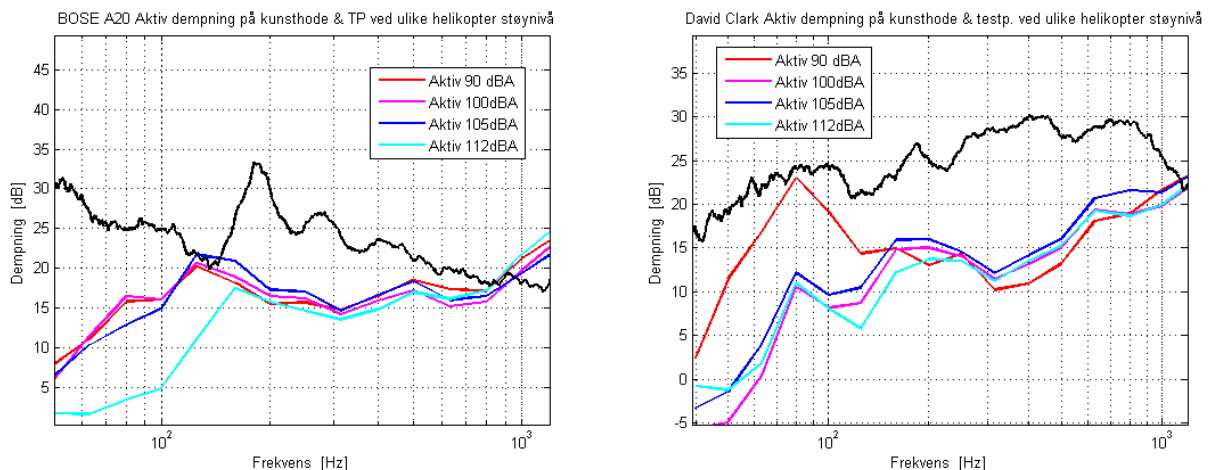
Figur 59 Aktiv demping på kunsthodet (mange farger), og på testperson (svart kurve), målt med Bose A20 (venstre), samt David Clark (høyre) i rosa støy. Målepunkt er ikke identisk i de to tilfellene, da mikrofonene i kunsthodet står ved trommehinnen.



Figur 60 Aktiv & passiv demping i helikopterstøy målt på kunsthode ved ulike støynivåer. Aktiv demping er vist i ulike farger for de ulike nivå, mens passiv demping er vist i sort.



Figur 61 Passiv demping på kunsthodet (svarte kurver), og på testperson (rød kurve), målt med Bose A20 (venstre), samt David Clark (høyre) i helikopterstøy. Målepunkt er ikke identisk i de to tilfellene, da mikrofonene i kunsthodet står ved trommehinnen.



Figur 62 Aktiv demping på kunsthodet (mange farger), og på testperson (svart kurve), målt med Bose A20 (venstre), samt David Clark (høyre) i helikopterstøy. Målepunkt er ikke identisk i de to tilfellene, da mikrofonene i kunsthodet står ved trommehinnen.

4 Konklusjon

Målingene viser at hørselvernet Peltor Optime III gir svært god demping for frekvenser over 500Hz ; i middel mer enn > 35dB demping. Under 200Hz er vernet markant dårligere, midlere demping er mindre enn 15 dB. Dempningen øker fra 15 til 30 dB i området 200 til 500Hz. Ved bruk i kombinasjon med briller bør brillen ikke ha for lang eller bred/tykk stang, og stangen bør bøye av bak øret. Av de testede brillene er brillen fra 3M den desidert beste, med korte tynne stenger som bøyes av i bakkant. Disse brillene reduserer dempingen mellom 3 og 5 dB over hele frekvensområdet. En leddet stang kan ha den fordel at brillen kan settes over puten slik at brillen ikke lager noe lekkasje i det hele tatt.

For goggles er det viktigst at strammemekanismen ikke er i nærheten av øret, og fortrinnsvis laget slik at det ikke er doble bånd over noe øre. Dette reduserer lekkasjen betraktelig. Med enkle bånd vil reduksjonen i demping med bruk av goggles være tilnærmet 3dB over hele frekvensbåndet. Det er viktig at båndet festes til "brillen" lengst mulig vekk fra øret, slik at dette ikke kommer i konflikt med putene til hørselvernet.

For at en balaklava skal fungere godt i kombinasjon med hørselvernet bør man benytte balaklava som ikke er laget for å festes til hjelmer, da disse kan ha trykk knapper, glidelåser, og andre festemekanismer som kommer i veien for putene i hørselvernet. Balaklavaen bør ikke være foret da dette kan føre til lekkasje fordi

de to stoffene ikke presses godt nok sammen. Det er også viktig at balaklavaen ikke er for stor, men strekkes i stoffet når den settes på slik at den presses godt mot huden under putene. En dårlig egnet balaklava reduserer ytelsen med 15 – 20 dB. Balaklavaer som har få sømmer, tynt enkelt ettersittende stoff vil fungere rimelig godt, og gi en redusert dempning på ca 4-5 dB.

Det aktive headsettet BOSE A20 fungerer svært godt i helikopterstøy, gitt at nivået er lavere enn 105 L_{pA}. Headsettet demper bassen med 30 dB.

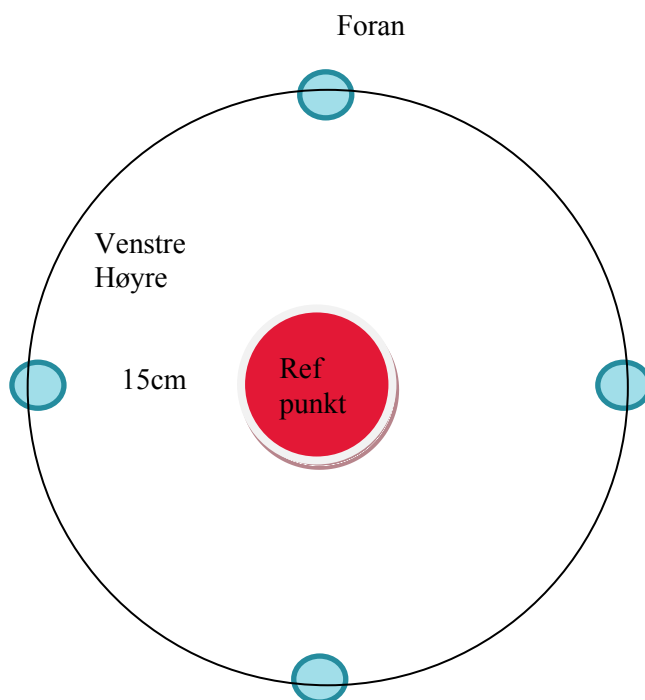
Ingen av de tre headsettene kan benyttes på helidekk fordi den aktive kompensasjonen opphører ved 105 L_{pA}.

5 Appendiks

5.1 Feltvariasjon og bakgrunnsstøy.

Tabell 10. Målinger av diffusfeltvariasjon i og rundt referansepunkt (15 cm til side) i ulike 1/3 oktavbånd
Måleverdi gitt i dB rel 20 uPa.

Senter frekvens	Ref	Venstre	Høyre	Foran	Bak	Over	Under
31							
40							
50							
63	55	55.7	54.8	54.8	55.6	55.6	54.3
80	55.2	55.5	55.2	55.6	56.8	56.2	56.1
100	53.3	52.5	53	53.5	52.7	54.7	52.9
125	56.5	57.4	55.1	56.5	55.5	57.5	55.4
160	57.4	56.9	57.3	57.7	56.8	57.6	56.6
200	54	54.4	54.7	54.4	55.6	53.9	55
250	55.6	56.4	56	55.9	55.6	56.2	57
315	56.8	56.8	57.8	56.8	57.2	58.2	57
400	57.5	57.4	57	56.8	57.6	58.1	57.7
500	59.2	59.3	58.2	58.9	58.6	59.2	58.8
630	59.1	58.7	58.4	57.8	59.4	58.1	59.3
800	58.2	57.9	58.7	58.4	58.7	58.2	58.2
1k	56	56.4	56.4	55.8	56.8	56.8	56.7
1.25k	55.9	55.7	55.1	55.5	55.2	55.6	55.2
1.6k	58.6	58.2	58.3	58.7	58.7	58.	58.6
2k	60.7	60.4	61.1	61.0	60.6	61.0	60.7
2.5k	60.3	60.8	60.7	61.1	61.3	60.7	61.
3.15k	62.8	63.2	63.2	62.9	62.8	63.1	63.5
4k	62.1	62.8	63.1	62.5	62.6	62.8	62.9
5k	60.9	61.1	60.8	60.7	61.	61.1	60.8
6.3k	58.7	59.2	58.9	58.9	58.5	58.9	59.2
8k	57.1	57.1	57.7	57.6	57.4	56.8	57.24



Figur 63 Grafisk framstilling av 4 av 6 målepunkter for å kartlegge diffusiteten rundt referansepunkt, som tilsvarer punktet mellom testpersonens ører.

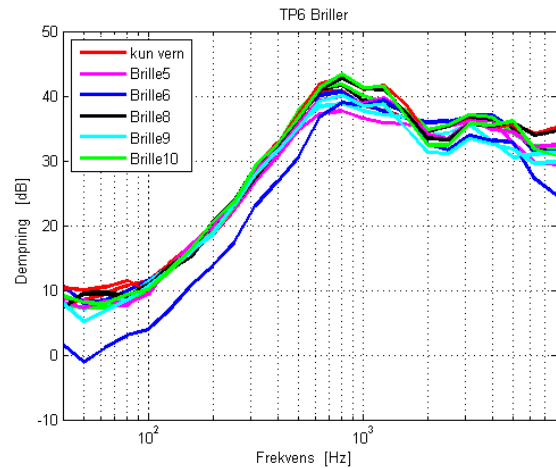
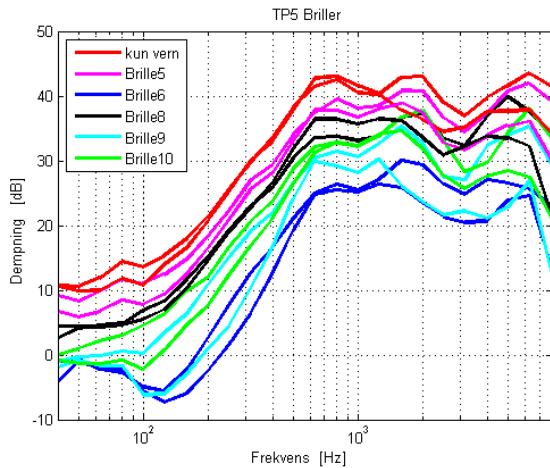
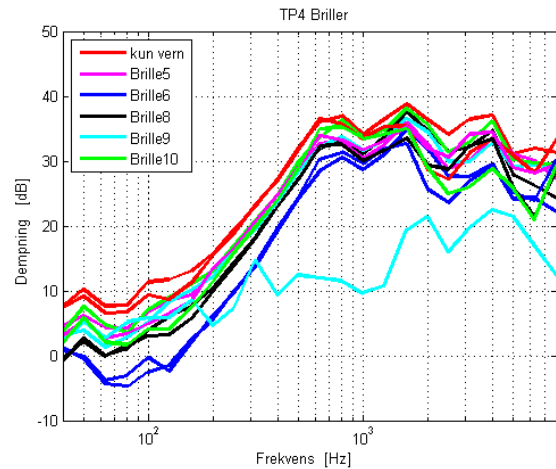
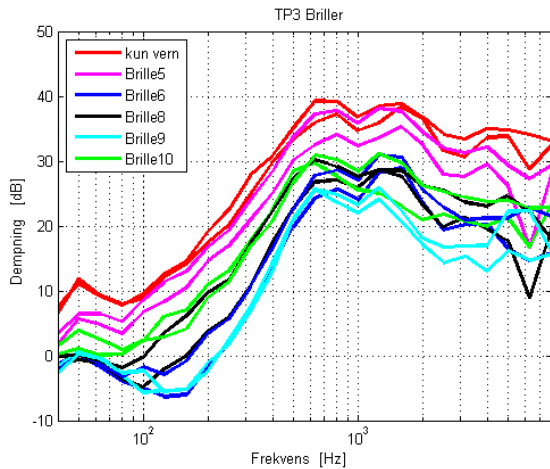
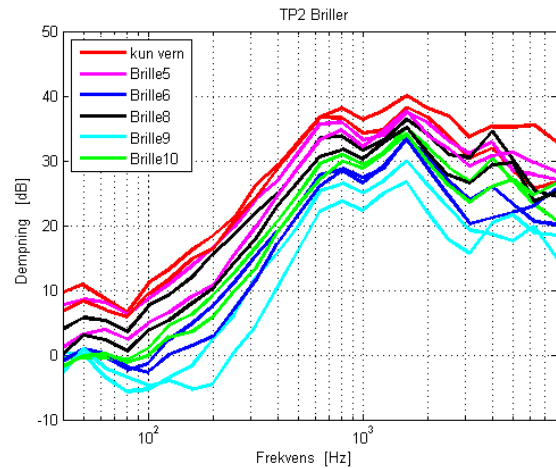
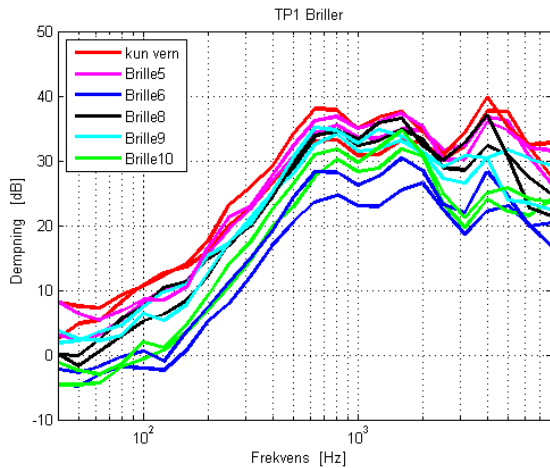
Tabell 11 Bakgrunnsstøy i klangrom. Målt med Norsonic 1231.

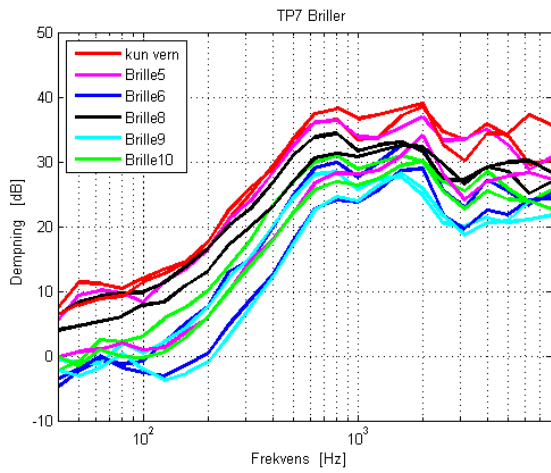
Senter frekvens	Målt nivå [L _{pA}]		Senter frekvens	Målt nivå [L _{pA}]
31	31.4		500	2.5
40	28.2		630	3.9
50	29.3		800	3.8
63	27.3		1k	5.4
80	16.9		1.25k	3.6
100	15.4		1.6k	5.8
125	7.9		2k	6.7
160	5.6		2.5k	5.5
200	2.7		3.15k	5.9
250	2.4		4k	6.4
315	2.8		5k	7.4
400	2.7		6.3k	8.1

5.2 Måleresultater enkeltpersoner.

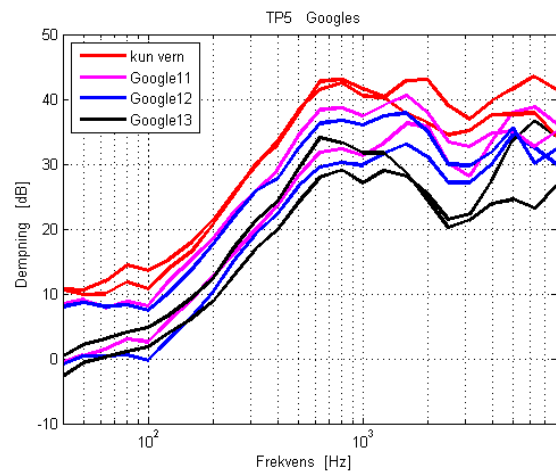
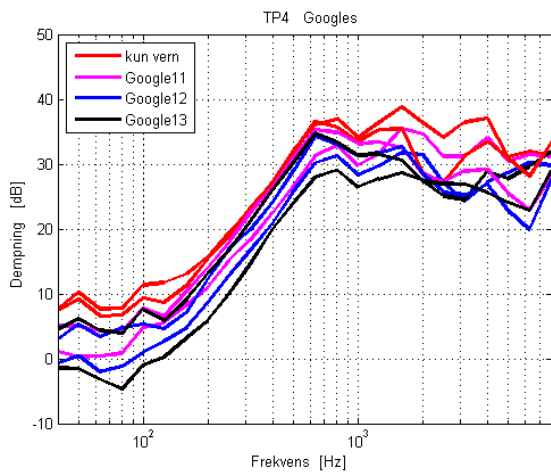
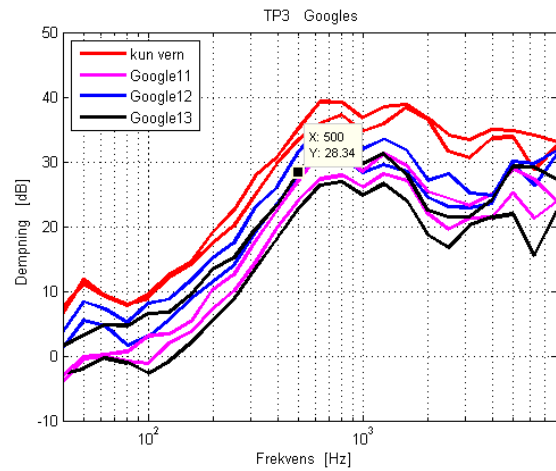
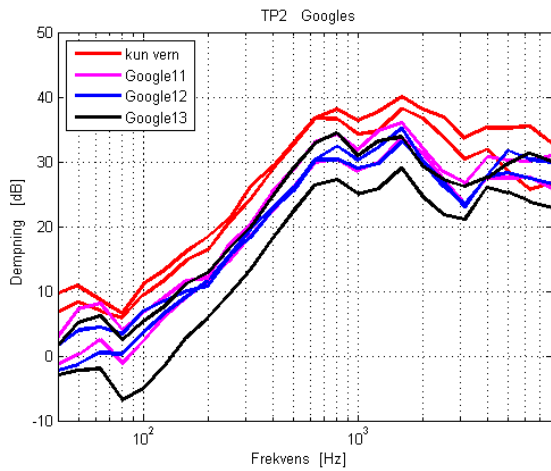
I det følgende vises måleserier for den enkelte person, slik at spredningen i dempning for de ulike objektene relatert til en enkeltperson kan studeres. I hver figur har to linjer samme farge, de representerer målinger på høyre og venstre øre. Dempningsverdier er vist med positivt fortegn.

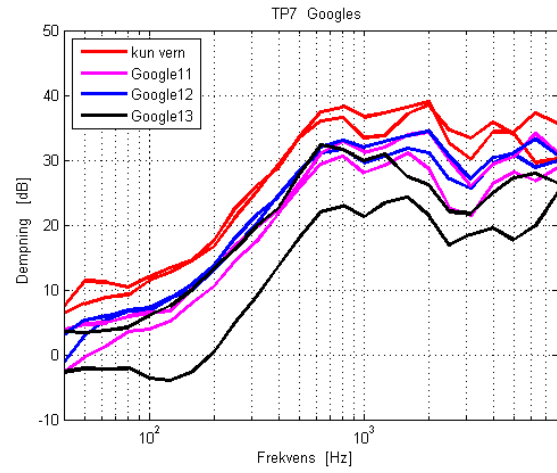
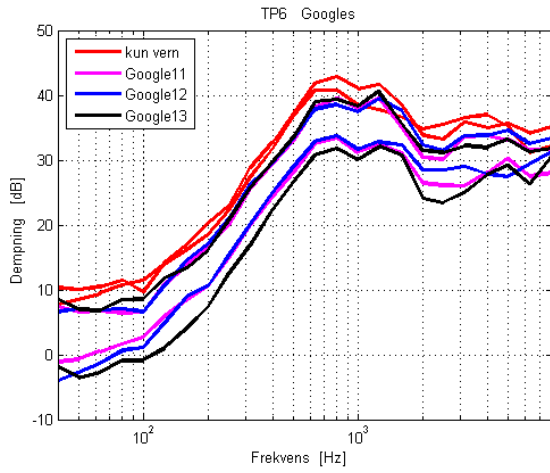
5.2.1 Enkeltpersoner & Briller



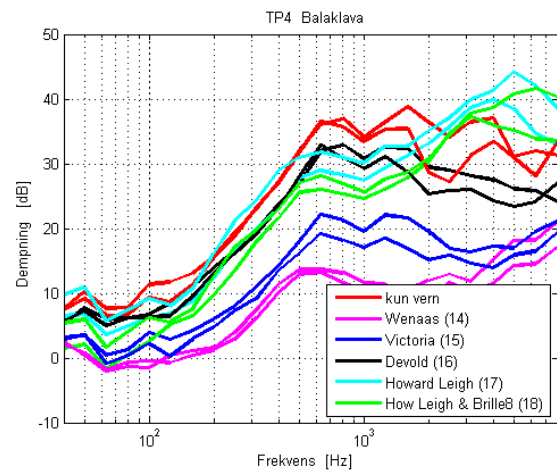
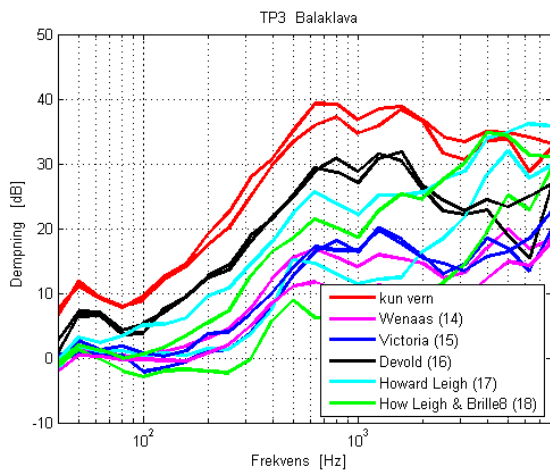
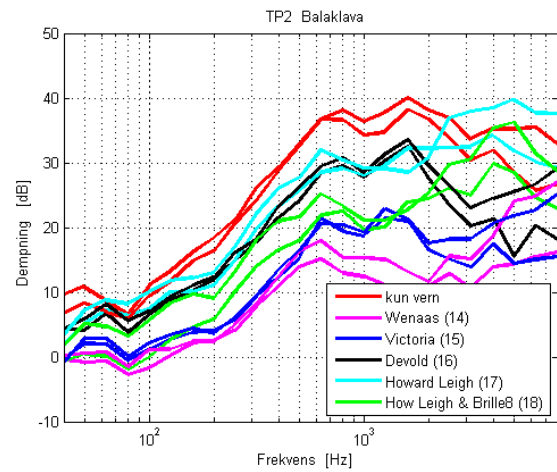
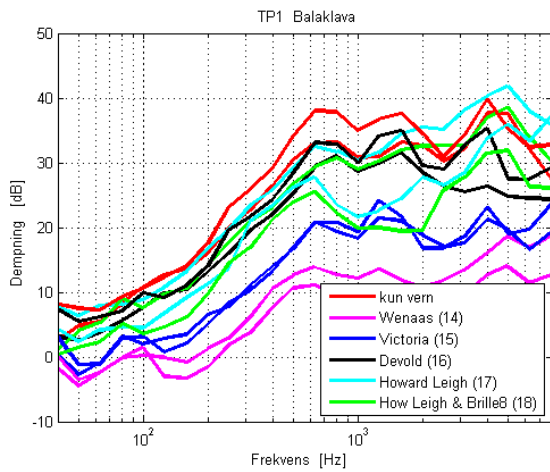


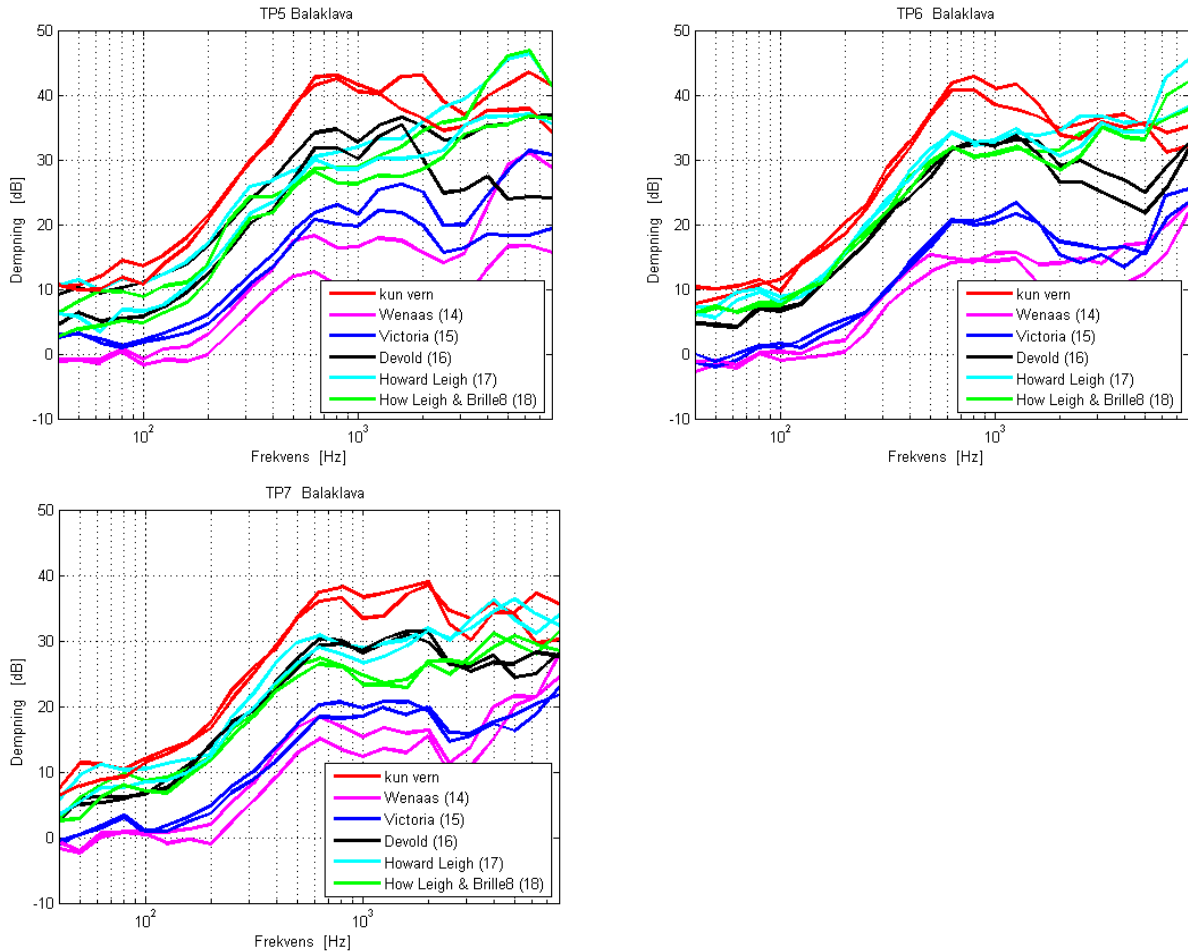
5.2.2 Enkeltpersoner & Goggles





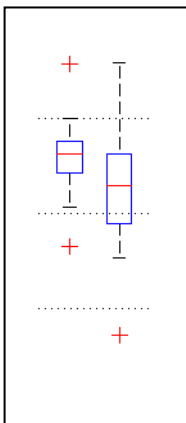
5.2.3 Enkelt personer & Balaklava.



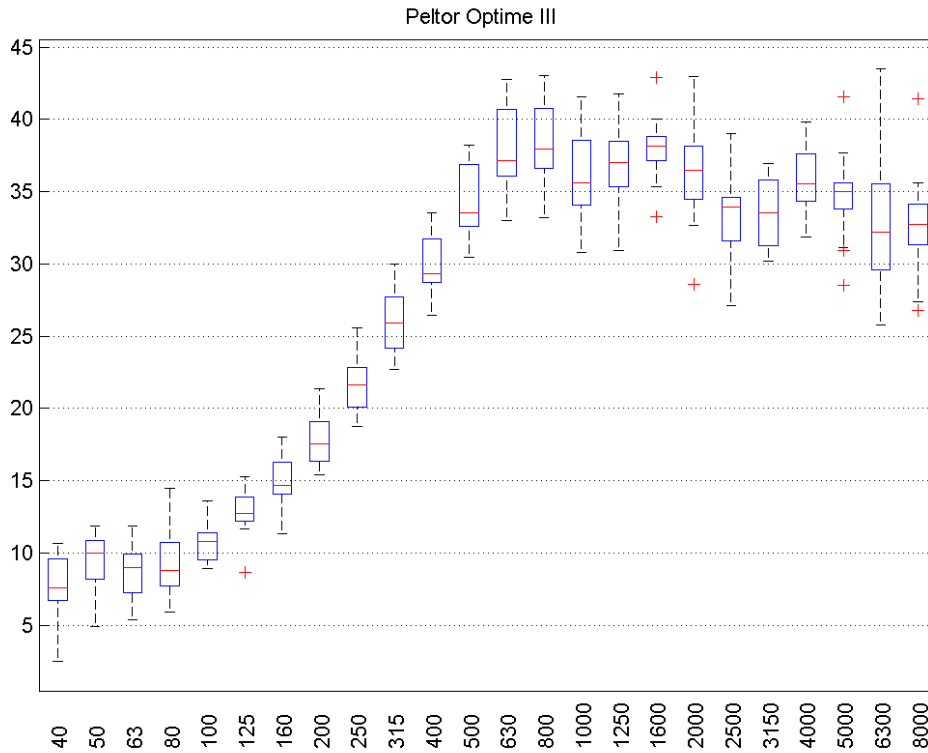


5.3 Statistikk Peltor Optime III og enkeltobjekter.

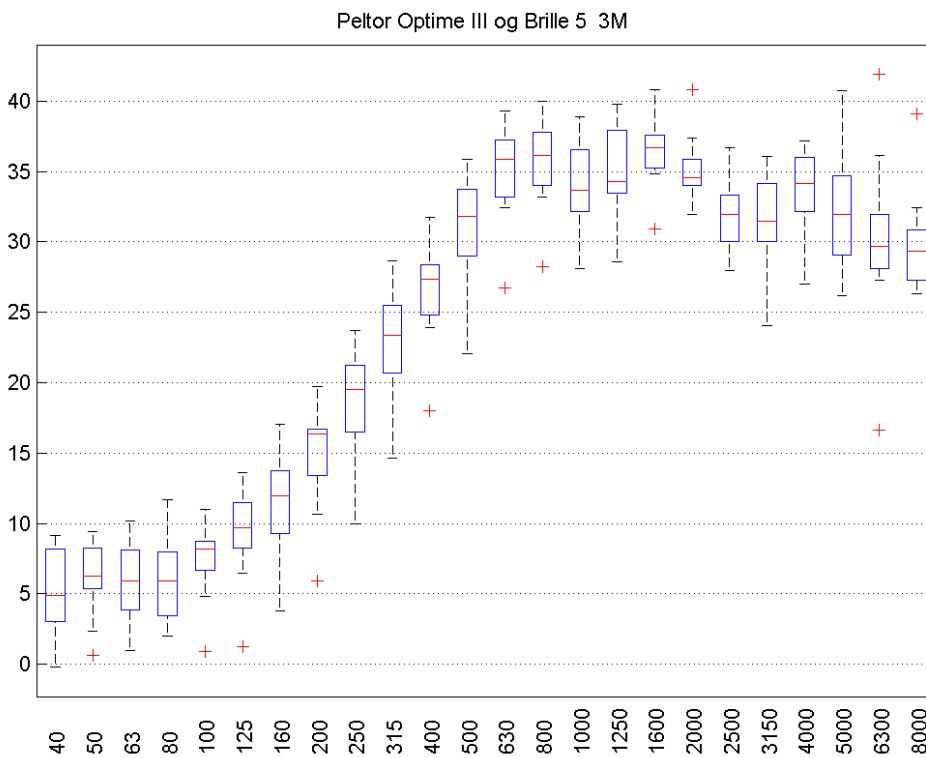
I det påfølgende vises statistikk over dempningsdata på samtlige måleserier av enkeltobjekter; presentert i 1/3 oktavbånd mellom 40Hz og 8kHz. For hver senterfrekvens vises en boks, med en rød strek inni, samt en strek over og under boksen, koblet til denne med en vertikal linje. Dette er vist i Figur 64. Den røde streken er medianen i datasettet, mens endene på boksen representerer 25 og 75 % kvantilene. Altså halve datasettet ligger "inni" boksen. Strekene utenfor boksen representerer dynamikken i datasettet. Hvis det er veldig stor spredning i datasettet kan enkeltverdier representeres som "outliers", vist som røde kors. Hvis avstanden fra boksens ende til datapunktet er mer enn 1.5 ganger høyden av boksen, defineres punktet som en outlier. Medianene vil ikke være så påvirket av outliers som middelverdien.



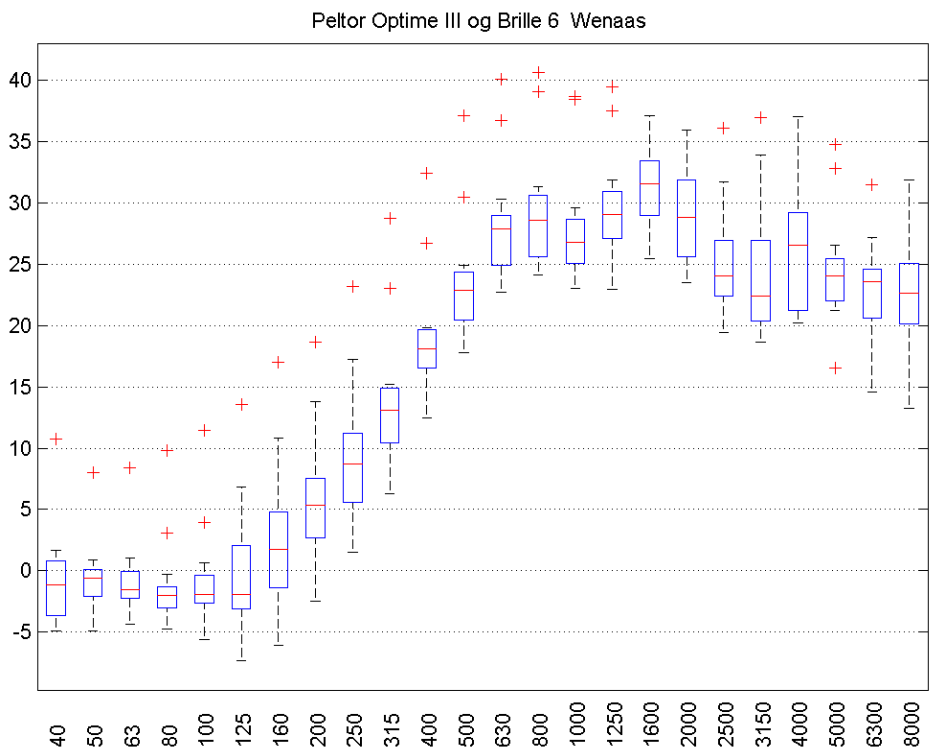
Figur 64 Representasjon av statistiske parametre i påfølgende figurer.



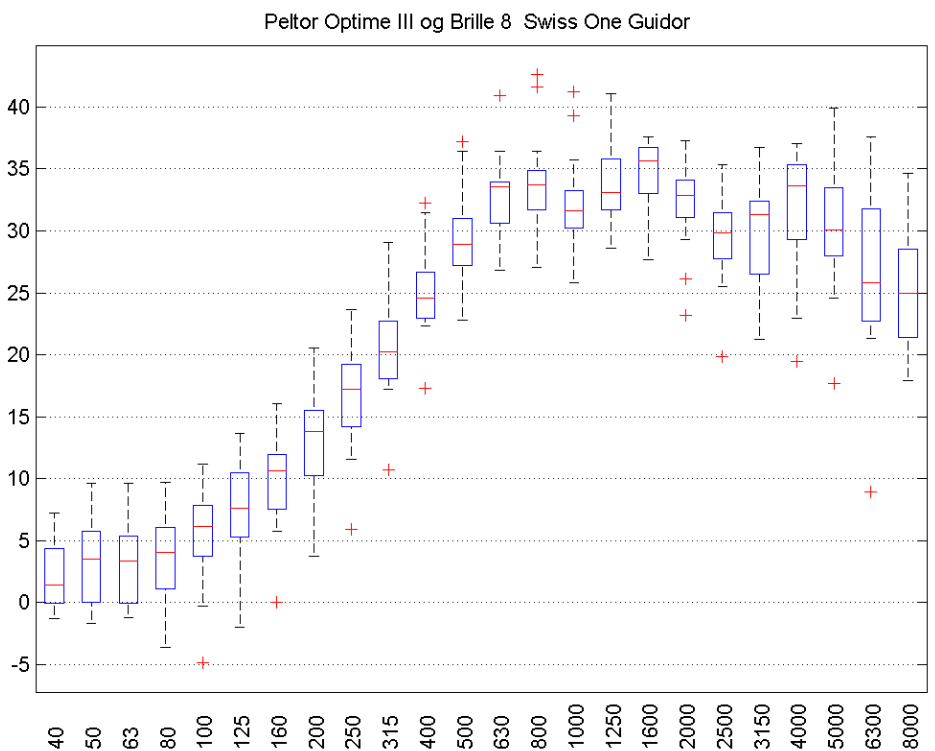
Figur 65 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III alene. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



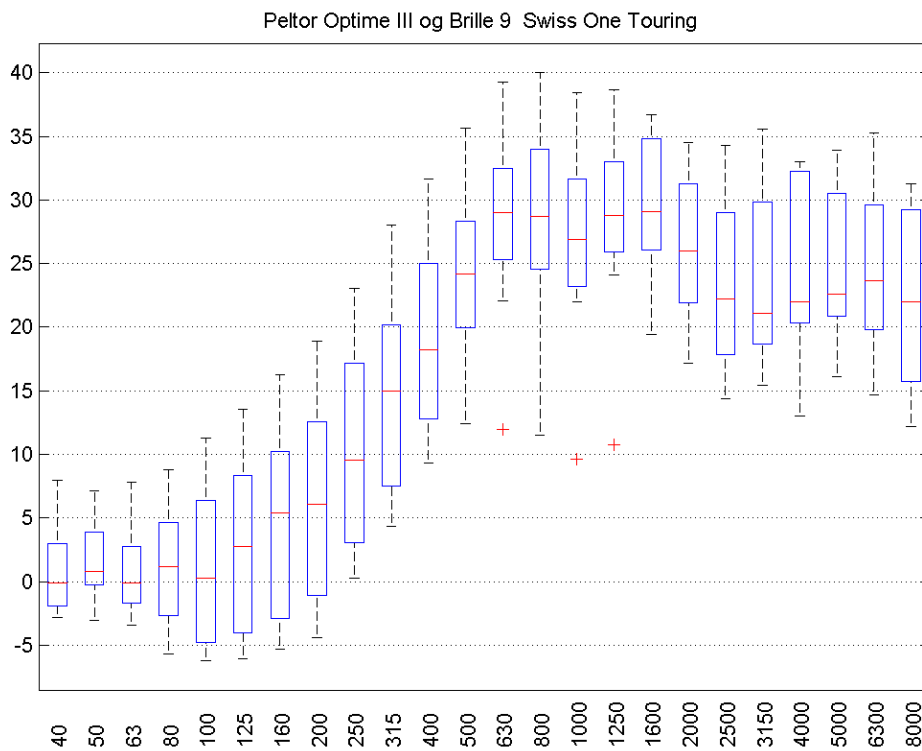
Figur 66 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Brille 5 fra 3M. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



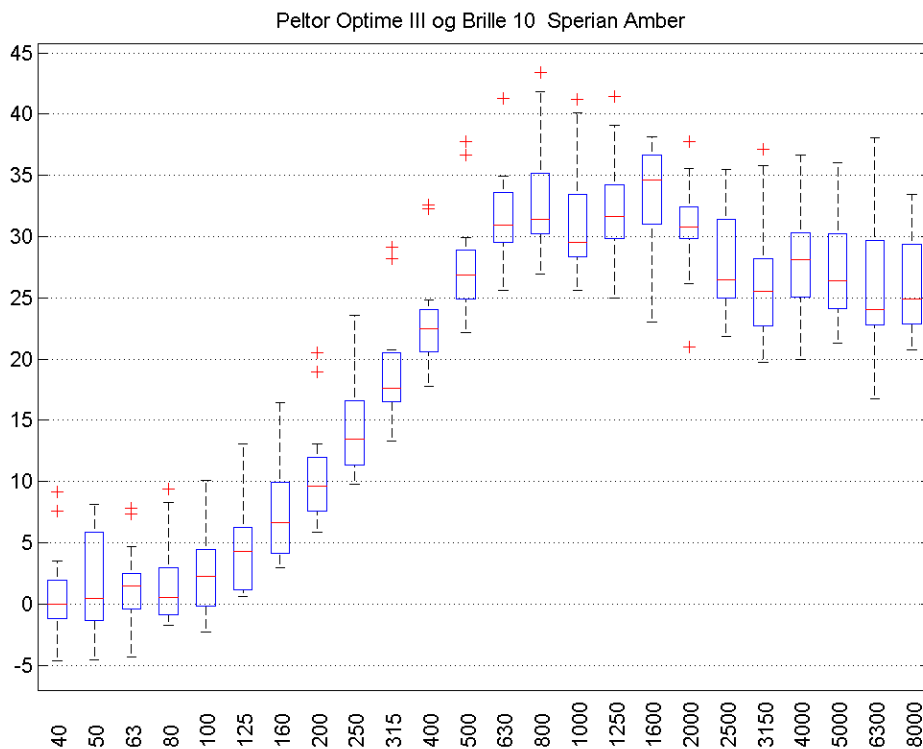
Figur 67 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Brille 6 fra Wenaas.. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



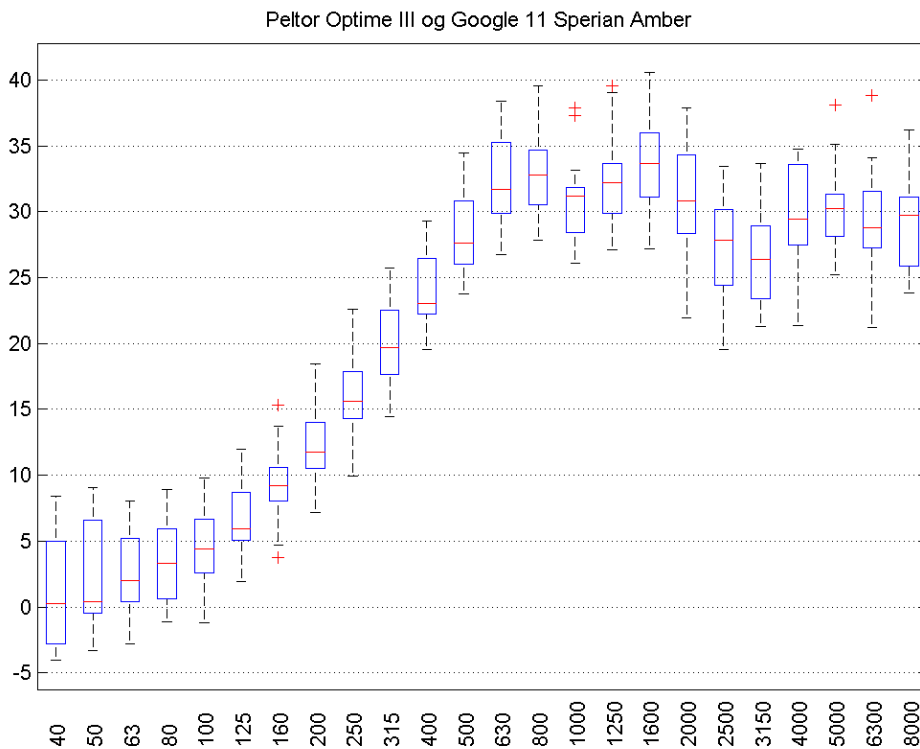
Figur 68 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Brille 8 fra Swiss One. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



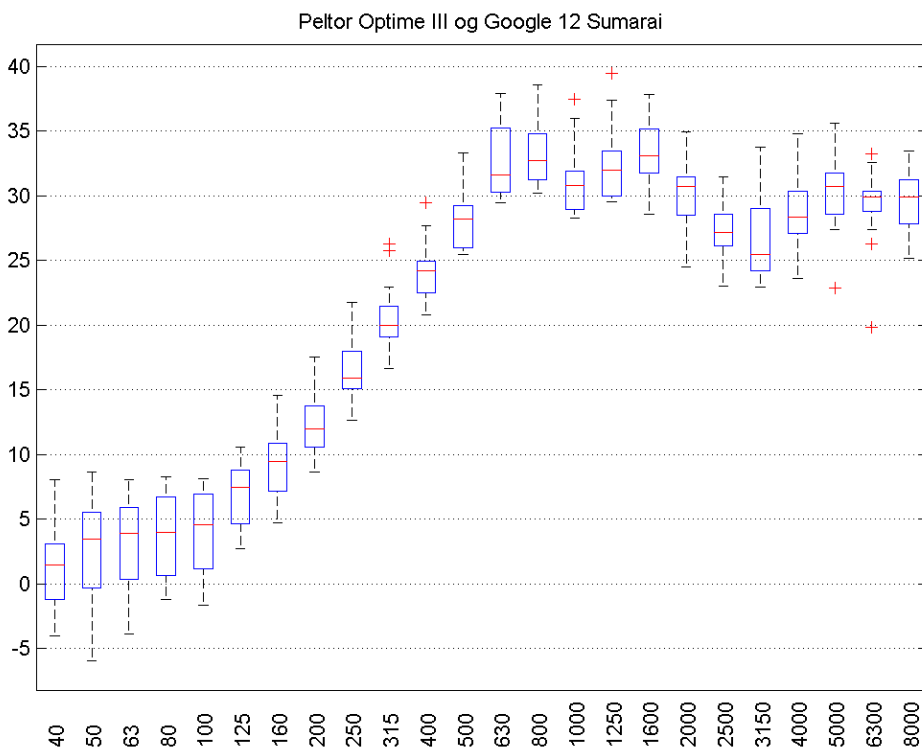
Figur 69 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Brille 9 fra Swiss One. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



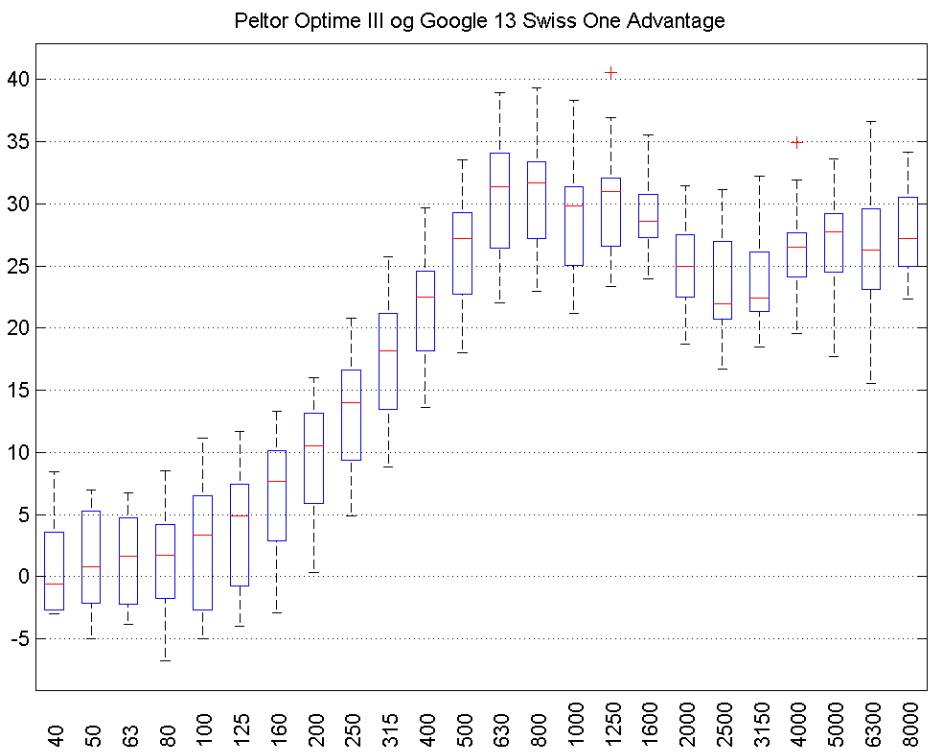
Figur 70 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Brille 10 fra 3Sperian. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



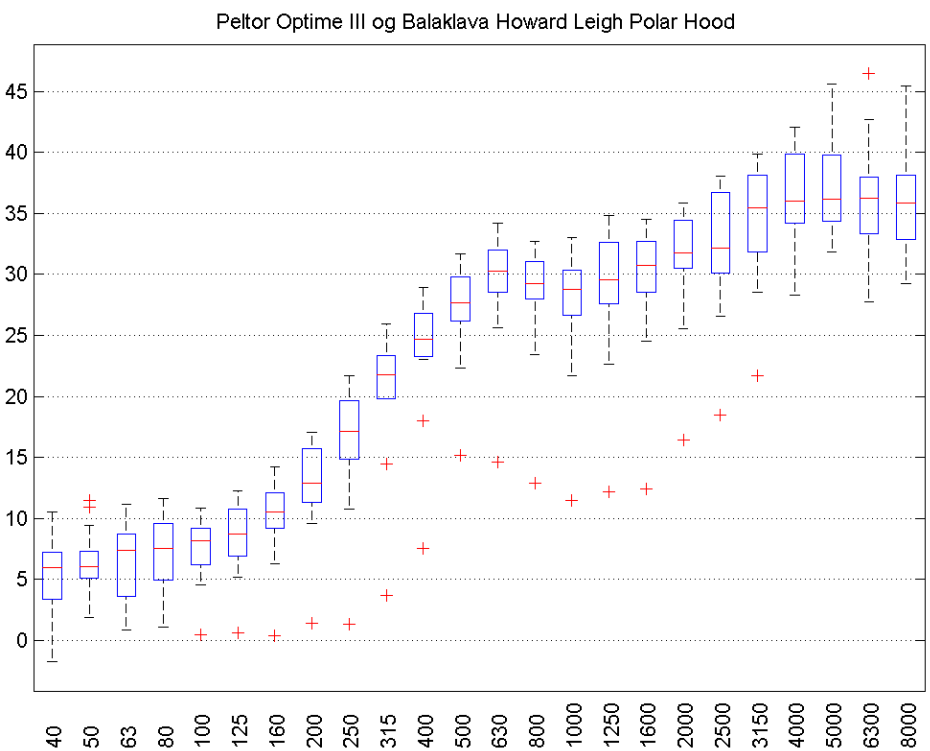
Figur 71 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Goggle 11 fra Sperian. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



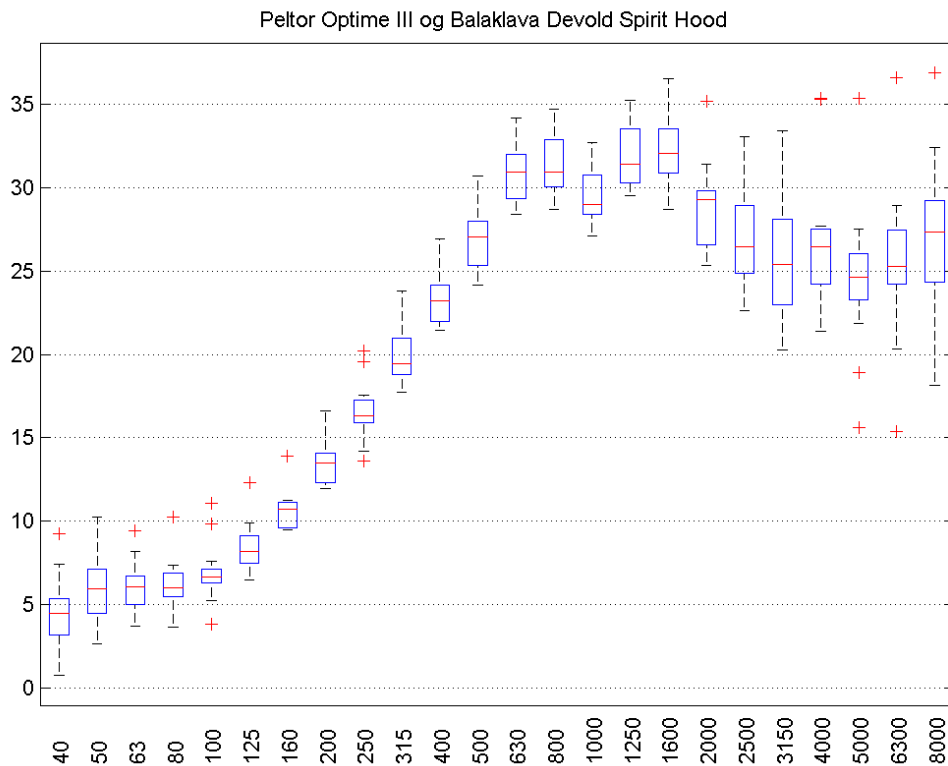
Figur 72 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Goggle 12 fra Sumarai. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



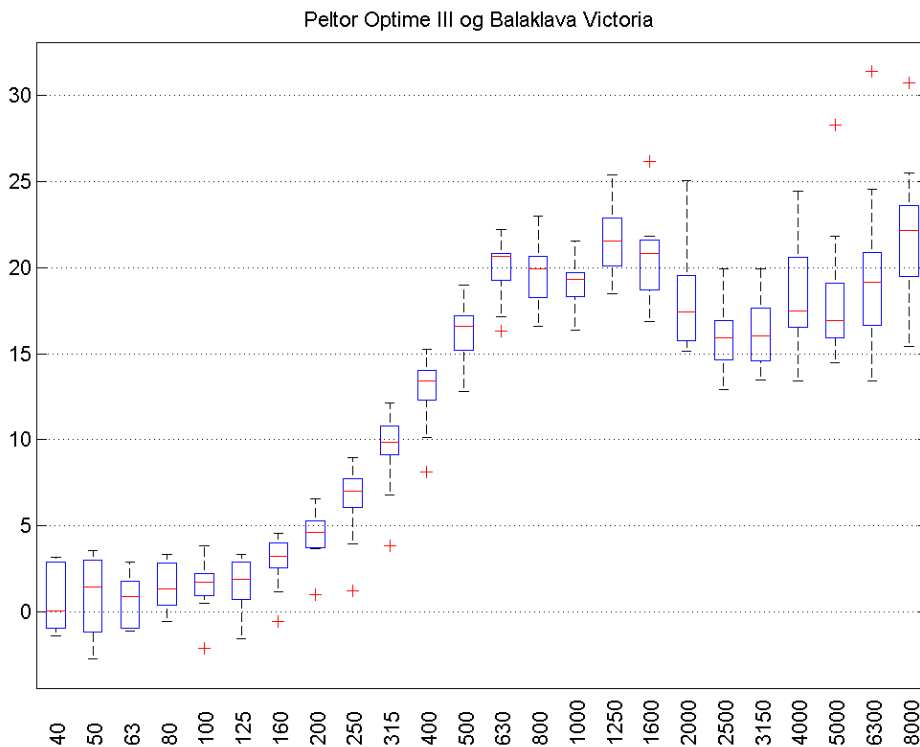
Figur 73 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Goggle 13 fra Swiss One. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



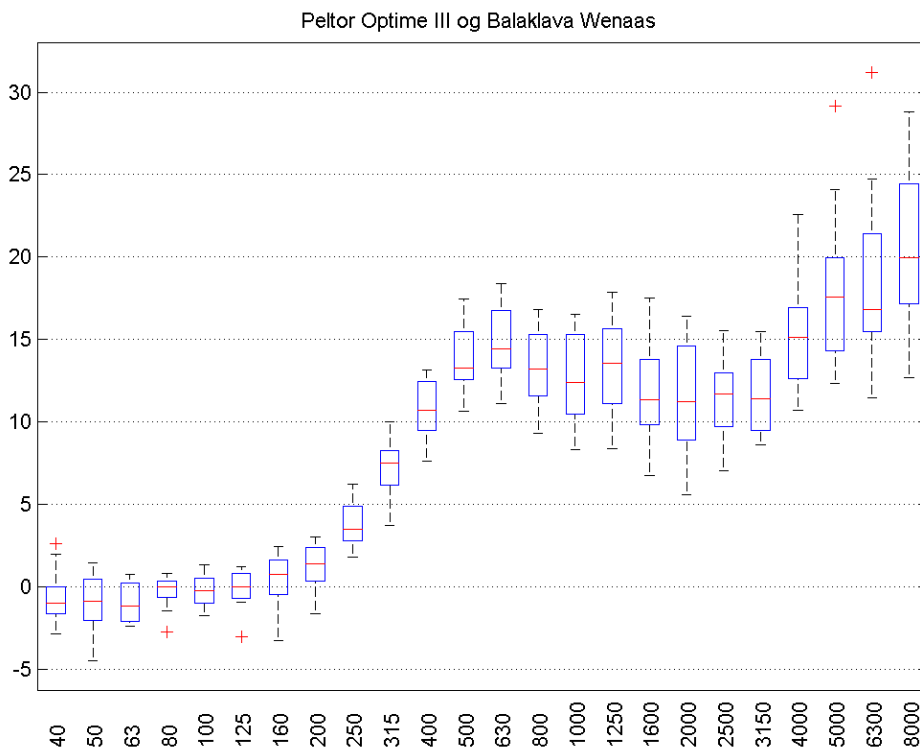
Figur 74 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Balaklava fra Howard Leight. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



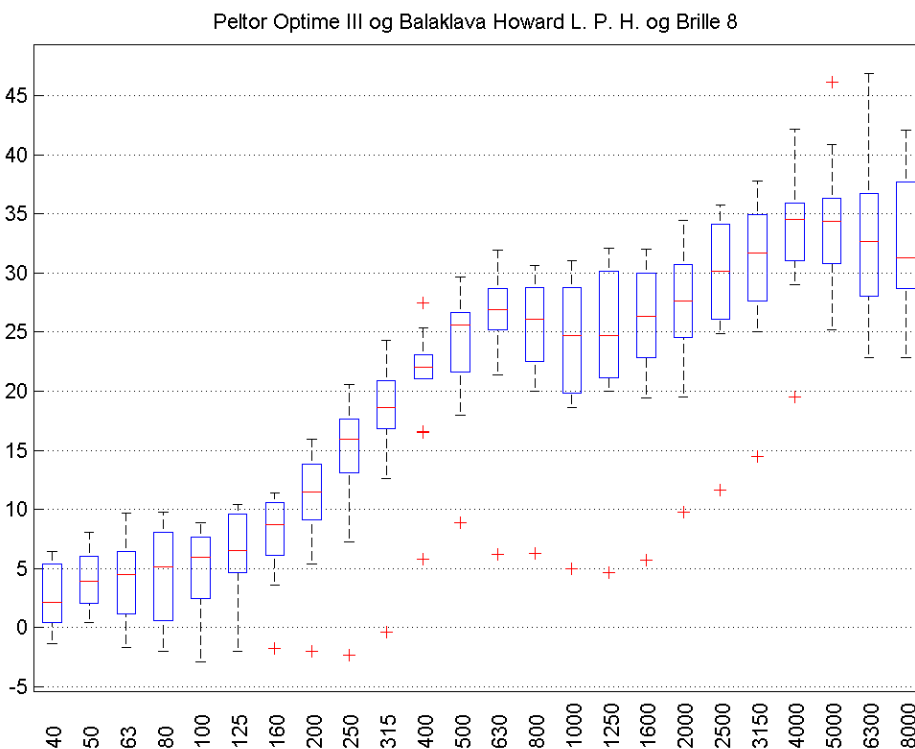
Figur 75 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Balaklava fra Devold. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



Figur 76 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Balaklava fra Victoria. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



Figur 77 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Balaklava fra Wenaas. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



Figur 78 Statistikk demping [dB] for Peltor Optime III i kombinasjon med Brille 8 og Balaklava fra Howard Leight. X-aksen viser frekvens. Y-aksen demping [dB].



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no