



FFI-rapport 2015/01416

Evaluering av støy fra håndvåpen ved måleanlegget på FFI



Morten Huseby



Evaluering av støy fra håndvåpen ved måleanlegget på FFI

Morten Huseby

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

14. desember 2015

FFI-rapport 2015/01416

1355

P: ISBN 978-82-464-2628-0

E: ISBN 978-82-464-2629-7

Emneord

Skuddstøy

Støymåling

Skytefelt

Akustisk kildenivå

Håndvåpen

Godkjent av

Eirik Svinsås

Forskningsleder

Jon E. Skjervold

Avdelingsjef

Sammendrag

De ti siste årene har FFI publisert om lag 40 rapporter og artikler om akustisk støy fra våpen. Denne rapporten beskriver metoden vi benytter for å bestemme den akustiske kildestyrken til et våpen. Noe er nytt, men vi har også samlet på ett sted de metodiske fremskrittene som er fragmentarisk dokumentert i mange av de tidligere publikasjonene.

Det er tre grunner til at man ønsker å ha kontroll med støy fra skyting:

- Støy kan føre til hørselsskader for skytteren
- Støy kan oppleves belastende for naboer til skytefelt
- Operativt kan støy avsløre posisjonen til en soldat

Denne rapporten er rettet mot støy hos naboer til skytefelt og operasjonell støy. Når man skal predikere støyen langt unna våpenet, er man avhengig av å måle kildestyrken

5–20 m fra et håndvåpen og 250 m fra en 155 mm haubits. Man måler da kildestyrken i et område der man kan anta at videre utbredelse i terrenget vil være lineær og dermed lettere å beregne. Fra disse målingene produserer vi kildedata som benyttes som startpunkt for beregning av støyutbredelse i terrenget.

FFI har arbeidet mye med å forbedre verktøyene Forsvarsbygg benytter til å forvalte støygrensene rundt Forsvarets skyte- og øvingsfelt. En del av dette handler om å etablere kildedata for hvor mye et våpen støyer 10 meter unna. Disse kildedataene inngår i en database i beregningsprogrammet MilNoise, som brukes av Forsvarsbygg når de forvalter skyte- og øvingsfeltene.

FFI har også en aktivitet knyttet til å ha kontroll på signaturen man har operativt når man skyter. Vi ønsker å unngå at fienden kan benytte lydsignaturen fra våpenet til å lokalisere oss og skyte tilbake. Et håndvåpen vil ved skyting avgi en signatur bestående av lyd og lys. I mange scenarioer er det ønskelig å redusere denne signaturen ved å montere en signaturdemper på munningen. Både flammedempere, lyddempere og rekyldempere går inn under begrepet signaturdemper, og alle disse vil påvirke både lyd og lys.

En viktig del av arbeidet med signaturkontroll har vært å lage analysemetoder for å sikre at Forsvaret kjøper riktige lyddempere. Vi har vært med i en Nato-gruppe som har utarbeidet en ny metode for måling av lyddempere (NATO Army Armaments Group, Land Capability Dismounted Soldier Systems group, Weapons & Sensors Working Group, team of experts NATO suppressor testing protocol). Denne metoden vil komme ut som en STANREC, antagelig i løpet av 2015. Metoden kan benyttes både for dempede og udempede våpen.

Denne rapporten inneholder støydata for nytt lett maskingevær til Forsvaret, FN Minimi i kaliber 5.56 x 45 mm Nato. Dette er en leveranse til Forsvarsbygg og FLO i forbindelse med anskaffelsen. Støymåleanlegget ved FFI er utformet og bygget av FFI etter anbefaling fra Forsvarsbygg om at en slik kapasitet burde etableres, da man jevnlig har behov for MilNoise-kildedata for nye våpen som innføres i Forsvaret. Rapporten inneholder dokumentasjon på utstyr og virkemåte for dette støymåleanlegget.

English summary

Over the last ten years FFI has published about 40 reports and articles on acoustic noise from weapons. This report describes the methods used to determine the acoustic source level of a weapon. Noise from shooting must be controlled for three reasons:

- Shooting noise may lead to hearing loss for the shooter
- Noise may be of annoyance to firing range neighbors
- Operationally noise may disclose the position of the shooter and allow the enemy to shoot back

This report is concerned with noise in the far field. To predict noise in the far field we first need to know the noise level of the source at 5–20 m for small arms and at 250 m for a 155 mm. This emission data is then used as the input to propagation models.

This report contains noise emission data for FN Minimi in caliber 5.56 x 45 mm NATO. The report was requested as part of the acquisition process of the weapon. The small arms noise measurement facility at FFI was built to support this acquisition, realizing that many more weapons need to have their emission levels determined in the future. This report also includes documentation of the equipment and description of use. The appendices that might be especially relevant for foreign readers are written in English.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Rapportens innhold	9
2	Beregningsmetoder	10
2.1	Geometri	11
2.2	Korrigerer for drift eller offset i målingene	13
2.3	Tidsvindu	13
2.4	Skalering	15
2.5	Sound exposure level	16
2.6	Gjennomsnitt av akustisk energi over skuddene	16
2.7	Frekvensvekting for relevant scenario	16
2.8	Lineær beregning av 10 m kildenivå	17
2.9	Kurvetilpassing	17
2.10	Scenariobasert retningsbestemt vekting	18
2.10.1	Skyting utendørs i fiendtlige omgivelser	18
2.10.2	Skyting i bygninger	18
2.10.3	Bakhold	18
3	Støydata for Minimi 5.56 mm	19
Vedlegg A	Datainnsamling	21
A.1	Sensorer og datalogger	21
A.2	Dataloggeprogram	22
A.3	50 m kabel vs 5 m kabel	24
A.4	The influence of cable capacitance on the high frequency response of Integrated Circuit Piezoelectric (ICP) sensors.	24
A.4.1	Deriving the formula	26
A.5	Mikrofonrespons	26
Vedlegg B	Støyindikatorer	30
B.1	Kvantifisering av hvor høy er lyden er	30
B.2	A og C-vekting	30
B.3	Akustisk energi	31

Vedlegg C	1/3-oktav SEL-spekter	32
C.1	SEL av hele signalet	32
C.2	Forklaring av 1/3-oktavnband	32
C.3	Frekvensspekter av SEL	33
C.4	Direktivitet av SEL-spektret	35
Vedlegg D	Scaling	36
D.1	Reference conditions (0) at sea level	36
D.2	Standard atmosphere	36
D.3	Sachs scaling	37
D.4	Scaling of sound exposure level	37
D.5	An example of scaling measurements	38
Vedlegg E	Tidsserier for trykket	40
Vedlegg F	Fritt felts referanseverdier 10 m, uniforme vinkelsegmenter	47
Vedlegg G	Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Standard, NM255	55
Vedlegg H	Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Standard, SS109	57
Vedlegg I	Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Para, NM255	59
Vedlegg J	Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Para, SS109	61
Vedlegg K	Emissionsdata for MILSTØY: HK 416 N	63
Vedlegg L	Emissionsdata for MILSTØY: HK 416 K	65
Vedlegg M	Emissionsdata for MILSTØY: AG3	67

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

De ti siste årene har FFI publisert en rekke rapporter og artikler om akustisk støy fra våpen [1–40]. Denne rapporten beskriver metoden vi benytter for å bestemme den akustiske kildestyrken til et våpen. Noe er nytt, men i hovedsak har vi samlet på ett sted metodiske fremskritt dokumentert i fragmenter i mange av de tidligere publikasjonene.

Det er tre grunner til at vi ønsker å ha kontroll med støy fra skyting:

- Støy kan føre til hørselsskader for skytteren
- Støy hos naboer til skytefelt kan oppleves belastende
- Operativt kan støy avsløre posisjonen til en soldat

Når det gjelder hørselsskader ved skyting har mange som en basis MIL-STD 1474D [41]. Denne fokuserer på makstrykk, med noe justering for støy fra tyngre våpen (B-durasjon). Det er uklart i hvilken grad makstrykk er den eneste størrelsen som er viktig for hørselsskader. MIL-STD 1474E er under utarbeidelse, og man kan håpe at denne vil være mer nyansert. Flere andre forsvarsorienterte, internasjonale grupper er også innom dette temaet.

Denne rapporten er imidlertid rettet inn mot operativ støy og mot støy hos naboer til skytefelt. For å evaluere hvorvidt hørselsskade kan oppstå benyttes makstrykk nær der skytteren befinner seg. Når man skal finne kildestyrken til bruk for prediksjon av operativ støy og nabostøy er man imidlertid avhengig av å måle lenger unna, typisk 5–20 m fra et håndvåpen og 250 m fra en 155 mm haubits. Man måler da kildestyrken i et område der man kan anta at videre utbredelse i terrenget vil være lineær, og dermed lettere å beregne. Vi bruker ikke makstrykk, men energibaserte indikatorer for å se på operativ støy og nabostøy (se Vedlegg B).

FFI har tidligere (2005–2009) gjort mye arbeid for å forbedre verktøyene Forsvarsbygg benytter til å forvalte støygrensene rundt Forsvarets skyte- og øvingsfelt [2, 3, 8, 9, 13–16, 23]. En oversikt over arbeidet er gitt i [1]. En del av dette handler om å etablere kildedata for hvor mye et våpen støyer 10 m unna. Disse kildedataene inngår i en database i beregningsprogrammet MilNoise, som brukes av Forsvarsbygg når de forvalter skyte- og øvingsfeltene. Analysen som fører frem til slike kildedata er først beskrevet i [2], men også i andre FFI-rapporter. I denne rapporten forsøker vi å oppsummere analysemetoden slik den benyttes i dag, delvis ved å oppsummere tidligere arbeider, dels med tillegg av ny beregningsmetodikk. Vi har også for helheten tatt med i forkortet form relevante utledninger fra andres publikasjoner. Hensikten er å dokumentere metoden på ett sted slik at man unngår å måtte slå opp i 5–10 rapporter.

FFI har også en aktivitet knyttet til å ha kontroll på signaturen man har operativt når man skyter. Vi ønsker å unngå at fienden kan benytte lydsignaturen fra våpenet til å lokalisere oss og skyte tilbake. Et håndvåpen vil ved skyting avgi en signatur bestående av lyd og lys. I de fleste scenarier



Figur 1.1 Måleoppsettet med 8 mikrofoner 10 m fra munningen.



Figur 1.2 Måleoppsettet.

er det ønskelig å redusere denne signaturen ved å montere en signaturdemper på munningen. Både flammedempere, lydempere og rekyldempere går inn under begrepet signaturdemper, og alle disse vil påvirke både lyd og lys.

En viktig del av arbeidet med signaturkontroll har vært å lage analysemetoder for å sikre at Forsvaret kjøper riktige lydempere. Vi har vært med i en NATO-gruppe som har utarbeidet en ny metode for måling av lydempere (NATO Army armaments group, land capability group dismounted soldier systems, weapons & sensors working group, team of experts NATO suppressor testing protocol). Denne metoden vil antagelig komme ut i løpet av 2016 [42], og vil i store trekk være lik det som beskrives i denne rapporten. Metoden kan benyttes både for dempede og udempede våpen.

Denne rapporten inneholder støydata for nytt lett maskingevær til Forsvaret, FN Minimi i kaliber



Figur 1.3 Måleoppsettet.

5.56 x 45 mm NATO (Figur 3.1). Dette er en leveranse til Forsvarsbygg og FLO i forbindelse med anskaffelsen. Støymåleanlegget ved FFI (Figur 1.1) er utformet og bygget av FFI etter anbefaling fra Forsvarsbygg om at en slik kapasitet burde etableres, da man jevnlig har behov for MilNoise-kildedata for nye våpen som innføres i Forsvaret. Denne rapporten inneholder dokumentasjon på utstyr og virkemåte for dette støymåleanlegget.

1.2 Rapportens innhold

I denne rapporten viser vi fremgangsmåten for å finne kildestyrken for støy fra håndvåpen. I Vedlegg B og Vedlegg C forklarer vi om lydindikatorer og hvordan man finner 1/3-spekteret til sound exposure level. I Vedlegg D viser vi hvordan målingene skaleres til standard forhold ved havnivå ved Sachs-skalering. Vi dokumenterer en del tekniske sider ved måleanlegget som er bygget i Dampa i Vedlegg A, slik som valg av utstyr, mikrofonrespons og kabelytelse. Måleanlegget er designet av Ingeniør Haakon Fykse og forfatteren. Våpen og ammunisjon er håndtert av våre forskningsteknikere Andreas Haugland og Lasse Sundem-Eriksen.

I Kapittel 3 anvender vi metoden på Minimi 5.56 mm og tar også med støy fra noen vanlig våpen i Forsvaret, for sammenligning. Det ble benyttet målinger i 7 retninger, omtrent 10 m fra munningen (Figur 1.1). Vi har også plottet tidsserier til trykket (Vedlegg E) og forskjellige tabeller som er relevante for bruk i MilNoise (F.2). I vedleggene er det også emisjonsdata for støy på en form som er egnet for å inkluderes i databasen til MilNoise.

Målingene er gjort med FN Minimi Para 5.56x45 mm NATO med løpslengde 355 mm og FN Minimi 5.56x45 mm med løpslengde 470 mm (ofte kalt standard). Ammunisjon var NM255 lot 14-CG-12 og SS109 lot 27-T-11.

2 Beregningsmetoder

Når vi skal anskaffe et våpen ønsker vi å beregne et tall (indikator) for støyen. En slik indikator oppgis ofte i dB. Det finnes mange forskjellige fremgangsmåter for å finne dette tallet. En utgreiing om dette er gitt i Vedlegg B. Vi har valgt å benytte støyindikatoren sound exposure level (SEL). Når man skal se på utbredelsen i terrenget og ørets respons vil dette være avhengig av frekvens, slik at man velger å se på 1/3-oktav spekteret til SEL. Hvordan man beregner dette er beskrevet i Vedlegg C.

Man må imidlertid alltid starte med et scenario der man ønsker å oppnå en effekt ved å ha kontroll på signaturen. I denne rapporten har vi valgt å definere tre indikatorer for hvor mye lydsignaturen vi har ved bruk av tre scenarioer [3].

1. Skyting utendørs i fiendtlige omgivelser. Her er utfordringen at fiender vil komme løpende til fra et omkringliggende areal der lyden er over et visst nivå.
2. Skyting i bygninger: Her ønsker man at personer utenfor bygningen i minst mulig grad skal oppfatte at det skytes.
3. Bakhold: Her vil det være viktigst at fienden ikke kan lokalisere hvor skuddene kommer fra.

Forskjellige våpen og lydempere vil ha forskjellig direktivitet. Typisk vil dempere som er lite effektive ha større forskjell mellom lydnivået forover og lydnivået bakover. Et våpen uten demper kan ha opp mot 20 dB høyere lyd i skyteretningen i forhold til bak våpenet. For et godt dempet våpen kan forskjellen være så lite som 5 dB. Skytteren vil ofte kun høre lyden bak våpenet eller lyden rett til siden for andres våpen. Det er dermed lett å gå glipp av at en demper kan lage vesentlig mer lyd enn en annen i skyteretningen, selv om de oppleves som like på standplass. Dempere som demper lite vil også ofte høres mer ut som et våpen uten demper, ved at smellet er mørkere, og dermed lettere å lokalisere. Tyngre kalibere med større drivladning vil ha en mørkere lyd og vil ofte ha mindre forskjell mellom foran og bak. Likevel vil formen på munning og signaturdemper ha avgjørende betydning på direktiviteten til lyden, det vil si forskjellen mellom lyden i forskjellige retninger.

For støy fra våpen med lydempere har industristandarden vært at man måler makstrykk med en sensor 1 m til venstre for munningen. Det er mange problemer med dette, som at det er dårlig sammenheng mellom den målte verdien og både hørselsskader og lydnivået lenger unna våpenet. Det er også ugunstig å bare måle i en retning, hvis dette fører til at produsentene lager dempere for å bråke mindre akkurat der sensoren er, men ikke ellers. Det største problemet har likevel vært mangelen på repeterbarhet. Det synes som om leverandørindustrien og en del av det militære anskaffelsesapparatet har tilskrevet dette variasjon i meteorologiske forhold og for lave ytelser på måleutstyret. Vi tror imidlertid at grunnen er at makstrykket fra et våpen med lydempere ikke godt beskriver den akustiske energien. Makstrykket vil være avhengig av overlaging av flere frekvenskomponenter som varierer i fase seg i mellom. Dermed blir det tilfeldig hvor stort makstrykket er og hvor i trykkbølgen det oppstår, når målingen gjøres i et punkt. Et eksempel på dette ser vi i høyre plot i Figur 2.4. Der ser vi tidsserien til trykket for et dempet våpen, på skrått bakover. Som vi ser oppstår

makstrykket noe ut i tidsserien. Størrelsen på makstrykket og plasseringen i tidsserien vil variere relativt mye fra måling til måling. Imidlertid er den akustiske energien og den akustiske intensiteten mye mer repeterbare ved måling (disse begrepene er satt i sammenheng i Vedlegg B). Dette anvendes ved at man finner sound exposure level i stedet for makstrykk.

Hos de i NATO som kjøper signaturdempere til håndvåpen har man oppdaget mye av det samme som er nevnt her. Derfor har vi i 2013 og 2014 vært med på å utvikle en målemetode for støy fra håndvåpen som antagelig blir gitt ut som en NATO standard i 2016 [42]. Denne metoden fokuserer på hvordan man gjør selve målingen, siden en del av beregningene i etterkant vil være spesifikke for hvert land. Målemetoden er i hovedsak lik det vi beskriver i denne rapporten. Vi måler på 10 m mens standarden sier 5 m. Vi måler 6–7 m over bakken, mens standarden sier 4 m. Vi bruker mer nøyaktige metoder for å måle sensorposisjonen enn standarden krever. Likevel ligger det godt til rette for å utveksle måledata over landegrensene. For leverandørindustrien er det nytt at man går over fra å vurdere peak trykk til en energibasert indikator (sound exposure level). Det største skillet kan imidlertid vise seg å være at man går fra å se på støyen i en retning til å vurdere støyen i alle retninger. Dette kan på sikt føre til at produsentene lager egne dempere til forskjellige scenarioer, som demper lyden mer i spesielle retninger. I denne rapporten beskriver vi scenarioavhengige indikatorer som vektet lyden i forskjellige retninger [3]. Gitt at Forsvaret i store land stiller slike krav ved anskaffelser antar vi at industrien vil forme produktene for å gjøre det bedre på scenarioavhengige indikatorer.

Når vi beregner lydnivået ved skyting fra håndvåpen går vi gjennom følgende steg som vi beskriver i større detalj i dette kapittelet:

1. Geometri: Mål og beregn avstand fra våpenet til sensorene. Beregn vinkel mellom skyteretningen og linja fra våpenet til sensor.
2. Korrigering for eventuell drift eller offset i målingene
3. Finn et tidsvindu i tidsserien for trykket som utelater prosjektilsmellet, alle refleksjoner og samtidig har med den vesentlige delen av den akustiske energien
4. Juster til 15 grader Celsius ved havnivå ved Sachs-skalerting
5. Beregn sound exposure level 1/3-oktav spekter
6. Ta gjennomsnitt av den akustiske energien over 10 skudd (9 med signaturdemper)
7. Frekvensvekting for det relevante scenarioet
8. Justering til lydnivå på 10 m
9. Tilpass en kurve til målingene i de 6–8 forskjellige retningene
10. Benytt en scenarioavhengig retningsbestemt vekting til å finne et kombinert nivå for alle retninger

2.1 Geometri

Lydnivået avtar når man beveger seg lenger vekk fra lydkilden. Når man skal karakterisere lydstyrken til en lydkilde er det dermed helt avgjørende at man vet hvor langt unna lydkilden man har målt lyden. Dersom lydkilden er 10 m unna og man for eksempel bommer på avstanden mellom

lydkilde og sensor med 40 cm vil feilen i lydnivå bli 0.35 dB (se ligning 2.3). Dette er en feil som er merkbar relativt til ønskelig presisjon på resultatene, ikke minst når det gjelder repeterbarhet av resultatene.



Figur 2.1 Totalstasjon for oppmåling av sensorposisjoner: Topcom GPT 3107NW. Til høyre vises koordinater i aksekorset som bestemmes ved oppstart av instrumentet.

For å redusere disse målefeilene benytter vi en totalstasjon (Figur 2.1). Denne måler avstand og vinkel til et objekt. Det er enkelt å få ut koordinater i et egendefinert koordinatsystem. Vi bruker gjerne et koordinatsystem med munningen i origo, der x-aksen går gjennom siktepunktet i målskiva. Totalstasjonen vår har en nøyaktighet på 10 mm i avstand og 0.002 grader i vinkel. Den største usikkerheten vil være plasseringen av våpenet.

På skyteplattformen er det montert i gulvet en brakett der man fester en skytestøtte. Skytteren hviler så våpenet på denne. Vi anslår at usikkerheten i plasseringen av våpenet på denne måten er mindre enn 5 cm. Aksekorset totalstasjonen bruker er referert til skytestøtten. Hvert våpen har imidlertid ulik lengde. Derfor noterer vi oss våpenets lengde fra skytestøtten til munning, slik at vi i ettertid kan beregne korrekte mål for avstanden fra munning til sensorer, for hvert enkelt våpen. Man sitter dermed igjen med geometri (avstand og vinkel) som er forskjellig for hvert våpen.

I Tabell 2.1 er geometrien gitt for FN Minimi Standard.

Sensor	Avstand [m]	Vinkel [grader]
1	9.58	8
2	9.21	58
3	9.25	71
4	9.32	91
5	9.12	115
6	9.72	144
7	9.77	167

Tabell 2.1 Avstand og vinkel på skyteretningen for sensorene ved måling med FN Minimi Standard.

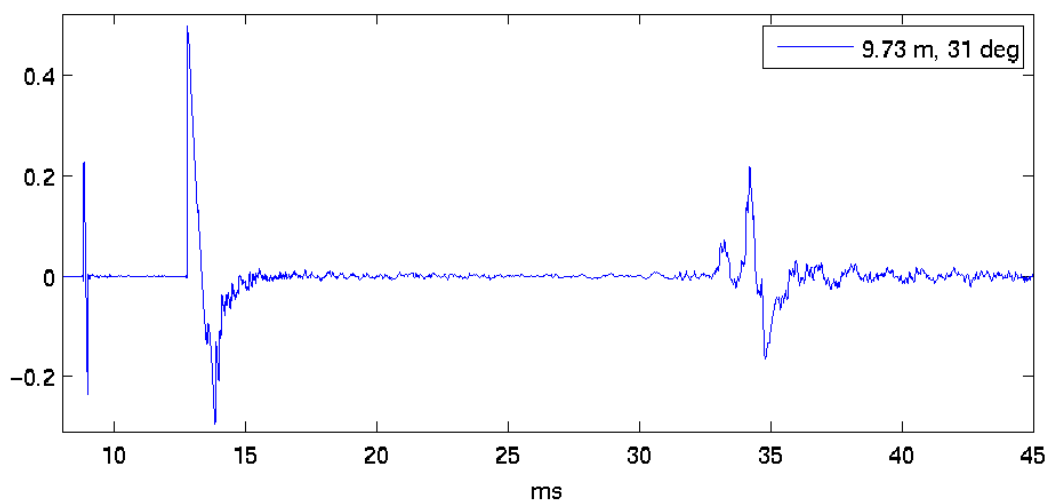
2.2 Korrigerer for drift eller offset i målingene

Ideelt sett ønsker man at målt trykk skal ligge på null både før og etter trykkbølgen har passert. Avhengig av hva slags måleutstyr man har, vil man kunne få noe drift på nullverdien. Som oftest har man en liten konstant offset. Noen ganger vil man kunne ha en offset som forandrer seg merkbart mens trykkbølgen passerer sensoren. Dersom man ikke korrigerer dette vil man få for store verdier for energibaserte indikatorer. Dersom ikke starten og slutten av tidsserien har samme verdi vil man også få en del uønskede effekter når man finner spekteret.

Vanligvis løser vi dette ved å finne gjennomsnittet av målepunktene rett før smellet. Vi antar dette som nullnivå og subtraherer det fra tidsserien. I spesielle tilfeller kan det være aktuelt å trekke fra et lineært eller kvadratisk polynom som beskriver tendensen, men dette er en mer manuell prosess der behandlingen av hver tidsserie må kvalitetssikres. Feilene som oppstår ved å gjøre dette feil kan i mange tilfeller reduseres ved å benytte et frekvensfilter som faller av både mot høye og lave frekvenser, slik som f.eks. A-vekting eller C-vekting.

2.3 Tidsvindu

Når et våpen avfyres og prosjektilet kommer ut av munningen vil kruttgasser under høyt trykk presses ut av løpet og forbi prosjektilet. Etter noe tid vil prosjektilet ta igjen og gå ut av kruttgassen. Kruttgassen vil fortsette fremover som en stråle med noe spredning. Til sidene vil vi få virvler ut fra denne strålen. Mønsteret er avhengig av formen på munning og signaturdemper. Kruttgassen vil presse på lufta rundt og lage en trykkbølge som brer seg utover i lufta. Selve volumet med kruttgass vil til slutt trekke seg noe sammen. Anslagsvis vil kruttgassen holde seg innenfor 1 m fra munningen [8]. Trykkbølgen som brer seg utover i lufta vil oppfattes som lyd, og er det vi her kaller munningsmellet.

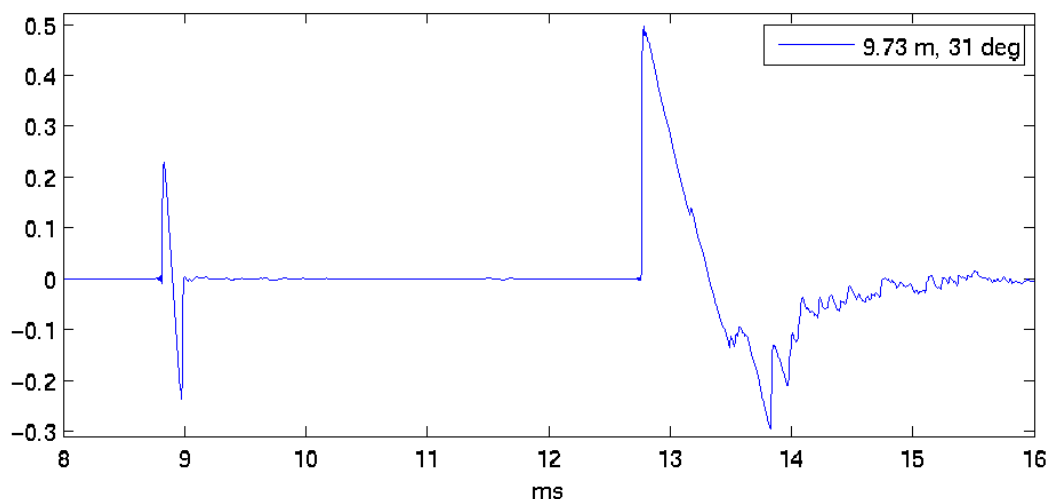


Figur 2.2 Tidsserien til trykket for et våpen uten demper på 31 grader, 9.73 m fra munningen.

I Figur 2.2 ser vi tidsserien til trykket ved en mikrofon som står 31 grader på skyteretningen, 9.73

m fra munningen. Vi ser at munningssmellet når mikrofonen etter omtrent 13 ms (tid 0 refererer til når prosjektilsmellet når den forreste mikrofonen). Munningssmellet vil bli reflektert fra bakken. Sensorer og våpen er plassert 6-7 m over bakken, slik at det reflekterte munningssmellet kommer frem til sensorene etter 33 ms, altså omtrent 20 ms etter den direkte pulsen. Det varierer hvor lang denne tidsseparasjonen er, men den er alltid minst 13 ms.

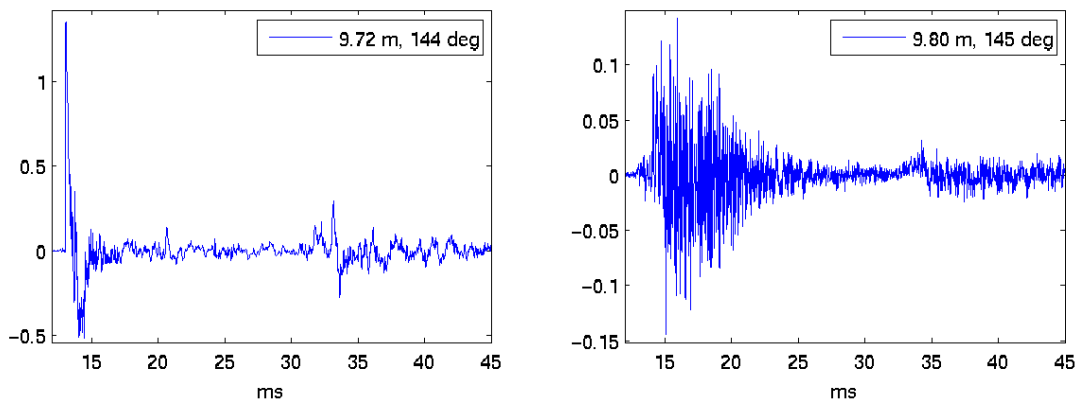
I tillegg til munningssmellet vil supersoniske prosjektiler lage et prosjektilsmell [43]. Det er dette vi ser på 9 ms på Figur 2.3. Prosjektilsmellet har form som en N-bølge, og er avhengig av formen på prosjektilet og mikrofonens avstand til kulebanen. Prosjektilet vil dra prosjektilsmellet med seg som en V-formet bølge. Sett fra munningen vil vi kun ha prosjektilsmell til stede ut til en vinkel på omtrent 65 grader på skyteretningen (med utgangshastighet for prosjektilet på 800 m/s). Nærmere på skyteretningen vil prosjektilsmellet ankomme mikrofonen før munningssmellet. Jo mindre vinkelen på skyteretningen er, jo større er tidsseparasjonen. I Vedlegg E ser vi hvordan tidsseparasjonen mellom kulesmellet og munningssmellet blir mindre lenger ut til siden for skyteretningen.



Figur 2.3 Tidsserien til trykket for et våpen uten demper på 31 grader, 9.73 m fra munningen.

Som vi ser i Figur 2.2 kan vi klippe ut det direkte munningssmellet mellom prosjektilsmellet og det reflekterte munningssmellet. Vi har brukt et tidsvindu på 13 ms som starter rett før munningssmellet ankommer sensoren. På rundt 65 grader på skyteretningen ankommer prosjektilsmellet og munningssmellet på likt. Når dette skjer har vi ikke mulighet til å plukke ut munningssmellet. Vi utelater derfor målinger i nærheten av denne vinkelen. Typisk har vi måling på 30 og 70 grader. Der- som vi for eksempel skyter med pistol (lavere prosjektilhastighet) vil det være andre vinkler som anvendes.

I figur 2.4 ser vi tidsserien til trykket av et våpen uten og med signatordemper, målt 9.80 m fra munningen i en vinkel på 145 grader på skyteretningen. Som vi ser gir det udempede våpenet en definert første peak som avtar mot null i løpet av omtrent 3 ms (avhengig av våpen og ammunisjon). Vi ser da at refleksjonen fra bakken kommer inn omtrent 15 ms senere etter at direktestøyen har



Figur 2.4 Til venstre ser vi tidsserien av trykket uten signaturdemper, til høyre med. Forskjellen i avstand og vinkel kommer av at munningen havner lenger frem med signaturdemper montert.

dødd ut. For det dempede våpenet ser vi imidlertid at trykket relativt maksstrykket er stort i mye lenger tid. I dette tilfellet trenger vi altså de omtrent 13 ms med tid mellom direkte og reflektert støy som vi har oppnådd ved å ha våpen og sensorer så pass høyt over bakken.

I denne rapporten ser vi kun på munningsmellet, ikke på kulesmellet. En av grunnene er at det er munningsmellet som høres når man befinner seg langt unna både våpen og prosjektil. En annen grunn er at munningsmellet er det vi kan gjøre noe med.

For å oppsummere kutter vi tidsserien slik at vi får bort prosjektilsmellet og støyen som reflekteres fra bakken.

2.4 Skalering

Målingene av Minimi som vi analyserer i denne rapporten er gjort ved omtrent 23 grader Celsius. Det ble målt 1.4 m/s vind i høyde med våpenet (omtrent 7 meter over bakken). Lufttrykket var 997 hPa og luftfuktigheten 39 %. Måledata skaleres til en referansetilstand ved havnivå (1013.25 hPa) og 15 grader Celsius. Vi benytter Sachs-skalering, som beskrevet i [15], men gjengitt i Vedlegg D for helhetens skyld. Vi skalere da både trykk, tid og rom. I forhold til referansetilstanden vil vi få lavere lydnivå når vi har lavere lufttrykk og høyere lufttemperatur. En tidsserie av trykket målt på 1000 m (895 hPa) ved 10.5 grader Celsius vil f.eks. få 0.51 dB lavere sound exposure level enn ved referansetilstanden. I denne rapporten har vi skalert alle måleresultater som er gjengitt i dB, dvs. alt utenom tidsseriene til trykket.

2.5 Sound exposure level

I bunnen for de scenariobaserte beregningene av lydsignatur ligger det beregning av retningsavhengig “sound exposure level” (L_E). SEL kan defineres som [44]

$$E_A = \int_0^\tau p_A(t)^2 dt, \quad (2.1)$$

der $p_A(t)$ er A-vektet trykk som funksjon av tiden (se Kapittel 2.7).

Hvordan man beregner L_{AE} er beskrevet i [2]. Det indikerer støynivået relativt til referansetrykket $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa, og kan defineres som [44]

$$L_{AE} = 10 \log \left(\frac{1}{T_0 p_0^2} E_A \right) = 10 \log \left(\frac{1}{T_0 p_0^2} \int_0^\tau p_A(t)^2 dt \right), \quad (2.2)$$

der $T_0 = 1$ s. Vi kan også dele opp disse størrelsene i et spekter. Det er beskrevet i Vedlegg C hvordan man gjør dette.

2.6 Gjennomsnitt av akustisk energi over skuddene

For alle våpnene ble det i utgangspunktet målt 10 skudd. Med lyddemper har det første skuddet ofte et lydnivå som er mellom 0 og 4 dB høyere. Derfor ser vi bare på de siste 9 skuddene når våpenet har lyddemper. For å beregne nivåene som er gitt i denne rapporten tar vi gjennomsnittet av sound exposure (altså energien) over disse 10 eller 9 skuddene [2]. Dette betyr altså at man ikke kan ta gjennomsnitt av dB verdiene. Man tar gjennomsnittet av energien først, og så tar man logaritmen i dB-beregningen etterpå.

2.7 Frekvensvekting for relevant scenario

Når Forsvarsbygg bruker MilNoise til forvaltning av skytefeltene leverer vi kun uvektede kilde-data til databasen. Deretter kan man si at det er MilNoise som beregner lydnivået i det relevante scenarioet. Det vil si at MilNoise beregner en frekvensavhengig lydreduksjon mellom kilde og mot-takere. Hvis vi skal se på lyd fra signaturdempere i taktiske scenarioer kunne man benyttet lignende metoder som i MilNoise. Imidlertid ønsker man ofte å gjøre vurderingen mer generisk. I forbindelse med innkjøpsprosesser ønsker man ønsker for eksempel oftest ikke å gjøre beregningen avhengig av terrenget.

Vi benytter ofte A-vektet SEL. A-vekting kompenserer for ørets respons når det er 40 phon, dvs. ganske stille. En 40 dB lyd på 1000 Hz er definert som 40 phon høy. Ørets følsomhet er f.eks. lavere på 200 Hz, slik at en 200 Hz lyd på 40 phon vil måtte være på mer enn 40 dB. Vi A-vekting denne fordi det er først og fremst når lyden er ganske lav vi ønsker å evaluere lydnivået, dvs. når vi ligger i nærheten av deteksjonsnivået. Man kan velge andre frekvensvektinger for andre lydnivåer eller for å vurdere faren for å bli detektert av systemer som har en annen respons enn øret. C-vekting (100 phon respons) vil kunne være mer riktig nærmere våpenet. Mange foretrekker å bruke en flat vekting (ingen vekting) for å slippe å argumentere for hvilken vekting som er mest relevant.

Enkelte ganger får man store verdier på lave og høye frekvenser der øret har liten respons. Dette kan være reelt, men er for små våpen ofte et resultat av problemer med målingene eller postprosesseringen. I slike tilfeller kan et filter som faller av mot lave og høye frekvenser løse problemet, slik som A-vekting og C-vekting. Ved sammenligning av spekter fra flere nasjoner kan dette være en god metode da man filtrerer bort forskjeller i postprosessering som ikke har relevans for utfallet av evalueringen.

2.8 Lineær beregning av 10 m kildnivå

Som nevnt oppgir vi lydnivåer ved en referanseavstand på 10 m, L_{10_ref} . Dette referansenivået er definert ved (2.3).

$$L_{10_ref} = L_{free\ field} + 20 \log(r/10\text{ m}), \quad (2.3)$$

der $L_{free\ field}$ er fritt felts nivå ved sensoren og r er avstanden til våpenet. Dette er altså ikke nødvendigvis lydnivået ved 10 m, men en referanseverdi som kan brukes til å finne lydnivået ved målepunktet ved en lineær beregning.

2.9 Kurvetilpassing

Ofte ønsker vi å si noe om lydnivået i retninger der vi ikke har hatt sensorer. Det er også slik at sensorene ikke nødvendigvis står på nøyaktig samme sted to forskjellige måledager. Sensorenes posisjon måles med en totalstasjon, og så konstruerer vi i ettertid en kurve som gir oss lydnivået på 10 m for en hvilken som helst retning.

Det er foretatt en kurvetilpassing som beskrevet i C.4. Denne består i hovedsak i å tilpasse en cosinusrekke til dataene. For beregningene som er gjort i denne rapporten er det brukt cosinusrekker med seks ledd, men dette er avhenging av direktiviteten til våpenet. Man kan også velge andre interpolasjonsmetoder. Det vesentlige er at man forsikrer seg om at valg gjort i interpolasjonsrutinene ikke leder til feil i sluttresultatet.

Når det gjelder lydnivået bak skytteren er dette mer utfordrende enn rett frem og til siden. Årsaken er at skytteren i større eller mindre grad skygger for lyden. Dette vil avhenge av størrelsen på skytteren og skytestillingen. For visse typer våpen vil det også ha betydning hva slags stativ man skyter fra eller om våpenet er montert på kjøretøy. Slike variasjoner vil gjøre målingene våre mindre repeterbare rett bakover. Imidlertid burde den reelle variasjonen være enda større, da brukerne på Forsvarets skytebaner nok varierer enda mer i størrelse og skytestilling enn FFI sine forskningsteknikere. For å redusere feilmåling rett bak skytter måler vi kun ut til omtrent 165 grader, og interpolerer resten av kurven ut til 180 grader, for å redusere følsomheten for bytte av skytter. Kostnaden er imidlertid en reduksjon i repeterbarhet med samme skytter, som et resultat av interpolasjonsrutinen (C.4). Som bruker av emisjonsdataene trenger man ikke å forholde seg til dette, bortsett fra muligens å ha i bakhodet at nivåene bakover er noe mer usikre enn de fremover.

2.10 Scenariobasert retningsbestemt vekting

Når Forsvarsbygg forvalter støy fra skytebaner vil MilNoise effektivt sett gjøre en vekting av støyen i forskjellige retninger basert på blant annet landskapet.

Når man skal gi råd i forbindelse med anskaffelse av våpen, ammunisjon og signaturdempere må man være mer generell. Man må se på hva man ønsker å oppnå i scenarioet utstyret skal brukes. Det er for eksempel ikke hensiktsmessig å si at man ønsker en demper som reduserer støy med et visst antall dB. Operativt er det viktig hva som er ytelsen til det systemet man har, mens det ikke er viktig hvor mye støy systemet lagde uten demper. Lydnivået for de tre scenarioene som ble definert i innledningen er gitt under.

2.10.1 Skyting utendørs i fiendtlige omgivelser

Her er utfordringen at fiender vil komme løpende fra et omkringliggende areal der lyden er over et visst nivå.

Her er lyden i det horisontale planet viktigst. Det vil si at lyden som går oppover vektes ned. Vi kan benytte horisontal akustisk energi for å beskrive dette [3]. Denne indikatoren vil være slik at dersom nivået er 6 dB høyere så vil man grovt sett doble deteksjonsavstanden. Dette er en tommelfingerregel som ikke tar hensyn til at høyfrekvent lyd (som vi har mer av til sidene og bakover og på bedre dempere) vil dempes raskere enn lavfrekvent lyd.

$$L_1 = 10 \log \left(\frac{1}{T_0 p_0^2} \frac{1}{\pi} \int_0^\pi E_A(\theta) d\theta \right). \quad (2.4)$$

Denne størrelsen kalles effMidLevel i tidligere rapporter [2].

2.10.2 Skyting i bygninger

Her ønsker man at personer utenfor bygningen i minst mulig grad skal oppfatte at det skytes. Lyd fra våpenet vil reflekteres både via vegger og tak, slik at summen av total lydenergi i alle retninger vil være det som er viktigst for hvor lett skytingen kan høres utenfor bygningen. Dette vil være en tilnærming, siden forskjellige frekvenser vil bli dempet forskjellig når lyden går fra våpenet gjennom vegger og tak i bygningen.

Dette kan beskrives med en indikator basert på sfærisk akustisk energi [3]. Her får lyden som går til siden og oppover relativt mer betydning enn ved skyting utendørs.

$$L_2 = 10 \log \left(\frac{1}{T_0 p_0^2} \frac{1}{2} \int_0^\pi E_A(\theta) \sin(\theta) d\theta \right). \quad (2.5)$$

2.10.3 Bakhold

Her vil det være viktig at fienden ikke kan lokalisere hvor skuddene kommer fra. Det viktigste området vil da være det foran våpenet, anslagsvis 0–45 grader på skyteretningen. Jo høyere lyden er, jo lettere vil det være for fienden å lokalisere våpenet. Enda viktigere kan det være at en signaturdem-

per som demper mye lyd oftest gjør lyden mer høyfrekvent, mindre likt et udempet skudd, som det er lettere å høre retningen på.

Vi definerer det her slik at området 0–45 grader på skyteretningen samlet sett er dobbelt så viktig som området 45-180 grader. Dette gir en vektingsfunksjon

$$w(\theta) = \begin{cases} 24/(9\pi) & \theta \in [0, \pi/4) \\ 4/(9\pi) & \theta \in [\pi/4, \pi] \end{cases} \quad (2.6)$$

Definisjonen av denne indikatoren blir da at

$$L_3 = 10 \log \left(\frac{1}{T_0 p_0^2} \int_0^\pi w(\theta) E_A(\theta) d\theta \right). \quad (2.7)$$

3 Støydata for Minimi 5.56 mm

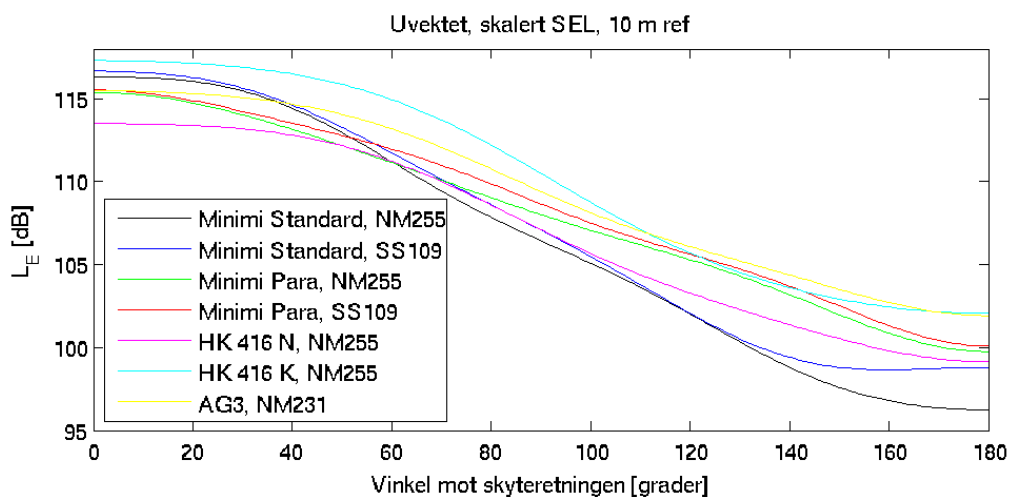
FN Minimi i kaliber 5.56x45 NATO er anskaffet av Norge (Figur 3.1). Dette er et lett, bærbart maskingevær. Målingene er gjort med FN Minimi Para 5.56x45 mm NATO med løpslengde 355 mm og FN Minimi 5.56x45 mm med løpslengde 470 mm (ofte kalt standard). Våpennummeret var N100942 (vi byttet løp). Ammunisjon var NM255 lot 14-CG-12 og SS109 lot 27-T-11. Som referanse målte vi også HK 416N (våpennummer 88-006854) og HK 416K (våpennummer 88-048211) med NM255 samt AG3 (våpennummer 228217) med NM231 (lot 04-CG-07).

I dette kapitlet presenterer vi kildedata for støy fra dette våpenet til bruk i MilNoise, beregnet med metoden beskrevet i foregående kapittel.



Figur 3.1 Minimi Para i kaliber 5.56x45 mm NATO.

I Figur 3.2 ser vi retningsavhengig støynivå for alle våpnene. Som vi ser er det totalt sett små forskjeller. Vi ser at direktiviteten er noe forskjellig for FN Minimi med kort og standard løp. Med kort løp får vi mindre lyd fremover, og mer støy til siden og bakover. Vi har tatt med data for HK 416N, HK 416K og AG3 for sammenligningens skyld.



Figur 3.2 Retningsavhengig støynivå for alle våpnene.

I Tabell 3.1 ser vi “effMidLevel” som er et slags mål på det totale støynivået til våpenet. Vedlegg F gir i tillegg tall for støynivået i forskjellige retninger.

Våpen	Ammunisjon	effMidLevel
FN Minimi Standard	NM255	111.1
FN Minimi Standard	SS109	111.4
FN Minimi Para	NM255	110.5
FN Minimi Para	SS109	110.8
HK 416 N	NM255	109.6
HK 416 K	NM255	111.6
AG3	NM231	113.2

Tabell 3.1 “Gjennomsnittlig” SEL (dB) for alle våpnene.

Tidsserier for det målte trykket fra våpnene er gitt i Vedlegg E. I Vedlegg F er det tabulert L_E (sound exposure level) for våpnene. Støydata er gitt i Vedlegg G til Vedlegg M på en form som egner seg for å legges inn i emisjonsdatabasen til Milnoise.

Vedlegg A Datainnsamling

Vi har gravd ned fundament for 9 mikrofonmaster (Figur A.1). Vi benytter ofte 7 eller 8 mikrofoner, og har dermed noe frihet i hvor vi plasserer mikrofonene for forskjellige våpen. Mikrofonmastene er plassert omtrent 10 m fra munningen på våpenet i en halvsirkel på høyre side av våpenet. Etter at systemet er satt opp måler vi opp nøyaktig avstand og korrigerer for dette. Fra mikrofonmastene er det gravd ned kabler som går inn til dataloggemaskinen i bygget ved siden av.

Den fremste sensoren står på omtrent 5 grader. Den bakerste på omtrent 165 grader. Vi har ikke sensor rett bak skytteren, da vi har erfart at vi får en skjermingseffekt rett bak skytteren som vi ikke ser på lengre avstand. Vi finner derfor i stedet lydnivået bak skytteren ved å gjøre en kurvetilpassing til sensorene. Avhengig av prosjektillets utgangshastighet kommer ofte kulesmellet frem til sensoren samtidig som munningssmellet på rundt 60 grader på skyteretningen. Ofte fører det til at vi kun benytter 7 sensorer i den videre analysen, dvs. at vi benytter sensorene på 30 og 70 grader, men utelater den på 50 grader.



Figur A.1

Skytter står på hjørnet av skytetårnet og legger våpenet an mot en skytestøtte som er fastmontert i plattformen. Sensorene ligger i nærheten av et skrått plan som går gjennom munningen og målet, slik at de bakerste sensorene er litt høyere enn de forreste. Bakken under er ikke flat, men det er omtrent 6–7 meter fra munning/kulebane til bakken.

A.1 Sensorer og datalogger

På 10 m fra munningen benytter vi 8 stk. 1/4" frittfeltmikrofoner fra Brüel & Kjær (BK) av typen 4939. For målinger nær våpenet disponerer vi to stk. 1/4" trykkfeltmikrofoner fra Brüel & Kjær (BK) av typen 4938. Disse mikrofonene er montert sammen med forforsterkere fra Brüel & Kjær (BK) av typen 2670. Mikrofon og forforsterker er matchet fra fabrikken og kommer med en felles

oppgitt følsomhet. Som felles enhet er typebetegnelsen 4939-A-001 og 4938-A-001. Serienummer og følsomhet for mikrofonene er oppgitt i Tabell A.1 og Tabell A.2.

Nr.	Enhet	Mikrofon	Forforsterker	Følsomhet
	SN	SN	SN	mV/Pa
1	2728296	2696621	2758988	4.16
2	2728297	2696622	2758989	4.00
3	2728298	2696623	2758990	3.99
4	2728299	2696624	2759000	4.14
5	2728300	2696625	2759001	4.34
6	2728301	2696627	2759002	4.10
7	2728302	2696628	2759003	3.92
8	2728303	2696629	2759005	4.03

Tabell A.1 Følsomhet for mikrofonene av type 4939-A-001.

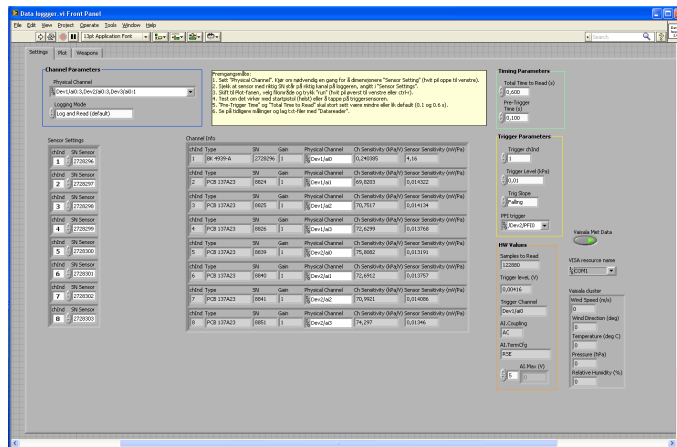
Nr.	Enhet	Mic	Forforsterker	Følsomhet
	SN	SN	SN	mV/Pa
9	2794465	2793534	2792812	1.328
10	2794464	2793533	2792810	1.540

Tabell A.2 Følsomhet for mikrofonene av type 4938-A-001.

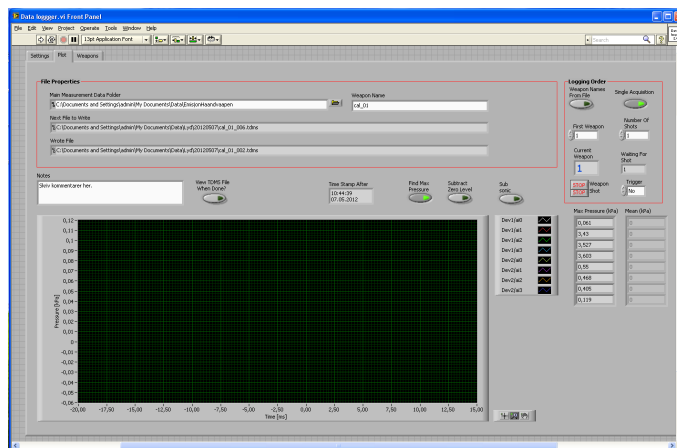
Forforsterkerne er koblet til 50 m lange 7-leders Lemokabler til tre stk. firekanals strømforsyninger av typen Brüel & Kjær 2829. Derfra går det korte coax-kabler til tre firekanals datainnsamlingskort fra National Instruments av typen NI-PCI 4462. Kortene er koblet sammen ved hjelp av en RTSI-kabel. Det ble logget 24-bits data, med 204.8 kS/s per kanal, simultan sampling. Vi benyttet en kalibrator av typen BK 4231, som vi stiller på 114 dB. Systemet viser god stabilitet. På tross av til dels store variasjoner i været er det svært sjelden at kalibratoren viser et avvik på mer enn 0.1 dB.

A.2 Dataloggeprogram

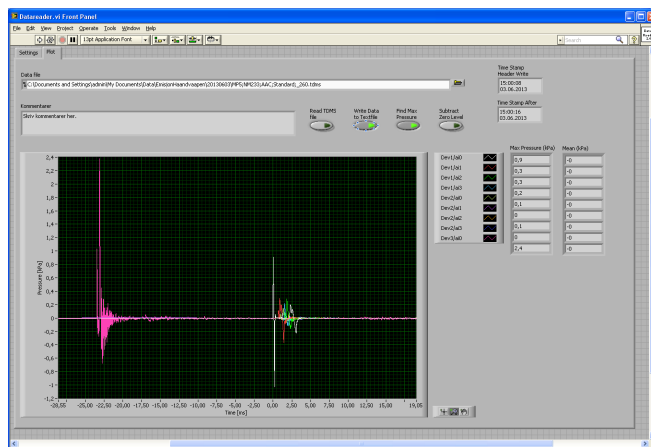
Datamaskinen kjører et egenutviklet program i LabView. Systemet settes oftest til å trigge på signalet fra mikrofonen som står nærmest skyteretningen. For våpen som lager lite lyd kan vi benytte en egen setting det vi skrur opp forsterkningen på dataloggekortet.



Figur A.2 Side for oppsett av sensorer og datalogger.



Figur A.3 Målingene plottes underveis.



Figur A.4 Dataleseprogram som leser måledata fra fil.

A.3 50 m kabel vs 5 m kabel

Som nevnt benytter vi 50 m kabel fra mikrofonene ute og inn i huset der loggemaskinen står. En lang kabel vil ha mindre evne til å overføre høyfrekvente signaler. Dette synes å være nært knyttet til kapasitansen i kablene som benyttes. Spørsmålet er hvor høye frekvenser som kan overføres med våre kabler, og ikke minst hvordan våre signaler vil se ut. Mikrofonene av type 4939 er oppgitt opp til 100 kHz og de av type 4938 er oppgitt opp til 70 kHz. Vi ønsker at kabelen ikke skal filtrere bort signaler under disse grensene. Dataloggekortene inneholder anti-aliasing filtre som filtrerer bort signaler under omtrent 102.4 kHz.

Leverandøren (Brüel & Kjær) har oppgitt at systemet som ble levert ville ha ønsket frekvensrespons. Kombinasjonen av mikrofoner, kabler og strømforsyning sikrer dette. Likevel ønsket vi å gjøre en test for å se om systemet for våre signaler fungerer likt som det ville gjort med korte kabler. Vi satte derfor opp to mikrofoner ved siden av hverandre, en med 5 m kabel og en med 50 m kabel. Så logget vi et typisk signal fra et skudd. Målingene ble gjort i Domba ved FFI 22/5-2012.

Det er målt med BK 4938 mikrofoner på omtrent 1 m. Sensoren stod med mikrofonaksen 90 grader på skuddretningen. Tidsserien til trykket er omtrent identisk for de to sensorene, tatt i betraktning at de faktisk ikke står på nøyaktig samme punkt i rommet. Det samme gjelder 1/3-oktav spektrene til sound exposure level (i praksis energien i signalet). Når vi ser på spekteret i Figur A.6 kan det være nyttig å huske på at de to sensorene har forskjellig frekvensrespons. Når sensoren er oppgitt med øvre frekvensgrense på 70 kHz betyr det at den er mindre enn 2 dB feil innenfor dette området. Slike feil trenger ikke å opptre på det samme stedet i spekteret for de to sensorene.

Dette vil altså si at vi ikke kan se at vi får andre resultater selv om vi har lange signalkabler. Vi ser riktignok at det er en tidsforskjell på de to signalene på omtrent 0.01 ms. Dette tilsvarer at den ene sensoren er omtrent 3.4 mm nærmere munningen enn den andre. I en annen sammenheng har vi gjort en betraktning om effekten av kabellengde og kabeltype på frekvensresponsen til systemer. Vi gjengir dette nedenfor (A.4).

A.4 The influence of cable capacitance on the high frequency response of Integrated Circuit Piezoelectric (ICP) sensors.

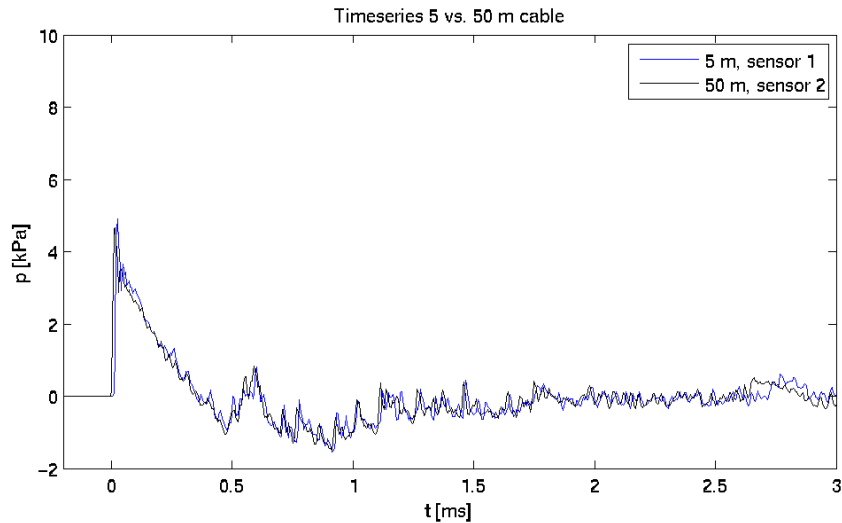
Author: Bjørn Hugsted, Leiv Eirikssons vei 9, 1472 Fjellhamar, Norway.

We have derived the cable formula for maximum frequency as given in several PCB piezotronics publications.

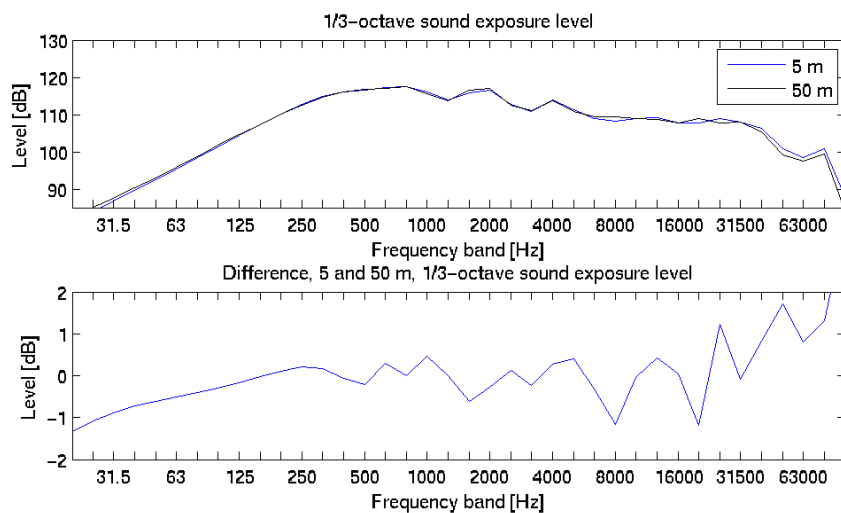
PCB presents the following formula (exactly reproduced) for the maximum frequency for the ICP sensors when connected to the signal conditioning amplifier.

$$f_{max} = \frac{10^9}{2\pi CV / (I_c - 1)} \quad (\text{A.1})$$

Where f_{max} is the maximum frequency (Hz), C is the cable capacitance (pF), V is maximum voltage output (V), I_c is the constant current level from power unit (mA), and 10^9 is a scale factor to equate



Figur A.5 HK 416K measured at 1 meter from the muzzle



Figur A.6 HK 416K measured at 1 meter from the muzzle

units. This formula indicates that increasing either of the cable capacitance or the maximum voltage output will reduce the maximum frequency. Increasing the constant current level will increase the maximum frequency.

We may use the formula to calculate the upper frequency limit (due to cable capacitance) for two popular cable types. Viz. the RG59 at 67 pF/m and the RG58 at 101 pF/m. One hundred meters of each of these cables will have a capacitance of 6700 pF and 10100 pF respectively. We set the constant current to its maximum value of 20 mA, and assume we will allow for 5 V output to be reached. The RG59 will have a upper frequency limit of 90 kHz, while the RG58 will have 60 kHz upper frequency.

A.4.1 Deriving the formula

For a possible derivation of this formula we may start by establishing the required slew rate (V/s) for an amplifier to faithfully reproduce a sinusoidal input signal. If such a signal has a frequency of f and a maximum peak voltage of V_p the signal is represented by:

$$V_o = V_p \sin(2\pi ft) \quad (\text{A.2})$$

The maximum slew rate is at the zero crossings and is the derivative of the function evaluated at $t = 0$. The required slew rate will then be $2\pi fV_p$. If we relax the requirement so that the output signal reaches the peak voltage within one quarter period the required slew rate is $4fV_p$. For a capacitance (the cable) the equation $Q = CU$ relates the charge on the capacitor to the voltage, through the capacitance C . The fastest rate of change of the charge will in our case be the current set on the constant current source. I.e.:

$$\frac{dQ}{dt} = I_c - 0.001A = C \frac{dV}{dt} \quad (\text{A.3})$$

Here 1 mA has been subtracted from the current set on the conditioning amplifier. According to PCB this is the current used by the internal electronics in the ICP sensors. When we equate the voltage slew rate to the previously derived expression we obtain:

$$2\pi fV_p C = I_c - 0.001A \quad (\text{A.4})$$

With some manipulation this is identical to the expression given by PCB. We have chosen the most faithful way to realize the frequency response.

We may again insert values for 100 m of RG59 coaxial cable. As above we assume the 0.020 A setting on the power supply and also allow for reaching 5 V output. The capacitance of 100 m RG59 is $6700 \cdot 10^{-12}$ F and the right side is 0.019 A. The frequency limit again computes to 90 kHz.

A.5 Mikrofonrespons

Orienteringen av mikrofoner har effekt på responsen til mikrofonen, spesielt på høyere frekvenser. Det har også effekt om man har på beskyttelsesgitteret til mikrofonen. Mikrofonene er svært lett å ødelegge uten beskyttelsesgitteret, men gitteret gir opphav til feil på høye frekvenser der bølgelengdene er sammenlignbare med geometrien til gitteret.

Vi har både trykkfeltmikrofoner og frittfeltmikrofoner. Trykkfeltmikrofoner er nøytrale på den måten at dersom man hadde montert dem kant i kant i en vegg ville de målt innkommende lyd-bølger med flat frekvensrespons. Dersom man har trykkfeltmikrofoner ute i friluft vil lydbølgene sette opp en strømning av luft rundt mikrofonen, noe som vil modifisere trykket i forhold til hva det ville vært dersom mikrofonen ikke var der. Denne strømningen vil være forskjellig ut i fra hvordan mikrofonen er rettet i forhold til støykilden. Typisk gir en trykkfeltmikrofon ganske bra frekvensrespons når mikrofonaksen står 90 grader på støyretningen, selv om responsen ofte er litt mindre på høye frekvenser. Setter man mikrofonaksen i retning støykilden vil man imidlertid få ganske

mye mer signal på høye frekvenser med en trykkfeltmikrofon. I noen mikrofoner har man bygget inn en kompensasjon for dette som gjør at frekvensresponsen blir flat når mikrofonaksen peker på støykilden. Slike mikrofoner kalles frittfeltmikrofoner.

Vi har her gjort noen tester for å se på hvordan mikrofonenes respons påvirker målinger av skytestøy. For å gjøre dette satte vi opp fire frittfeltmikrofoner på en mast 9.70 m fra munningen, 7.3 grader på skyteretningen (Figur A.7). Sensorposisjonen er oppgitt for mikrofon 1. To av mikrofonene stod med mikrofonaksen rettet mot munningen slik de er laget for (1 og 2), og to av mikrofonene stod med mikrofonaksen 90 grader på skyteretningen (3 og 4). To av mikrofonene hadde beskyttelsesgitteret tatt av slik de er laget for (1 og 3, se Figur A.7). Nummereringen på mikrofonene er identisk med den i Tabell A.1. Det ble skutt med AG3 med NM231 ammunisjon. Målingene ble utført i Dompa ved FFI 8/10-2012.

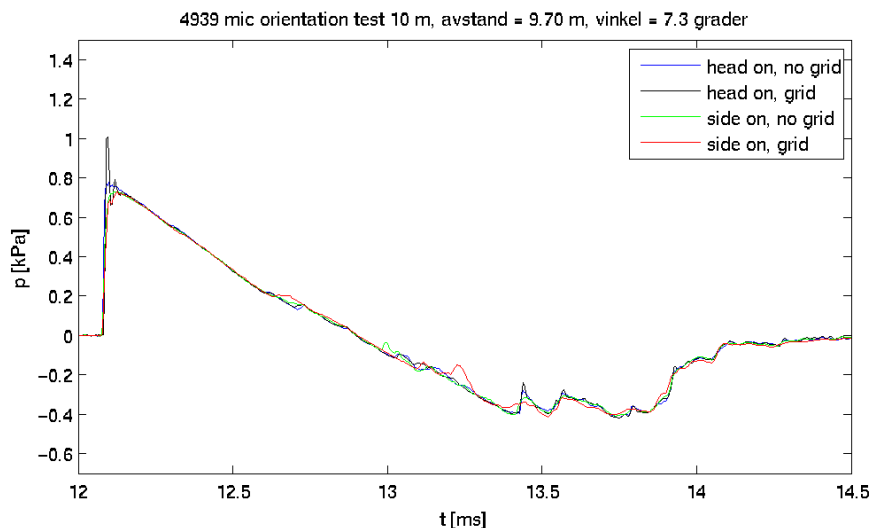


Figur A.7 De fire frittfeltmikrofonene. Mikrofon 1 øverst, så nr. 2, 3 og 4.

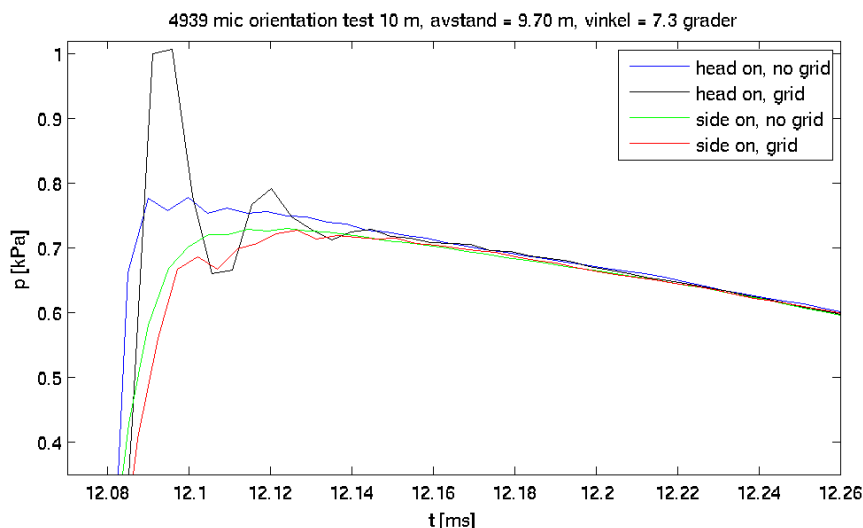
I Figur A.8 og Figur A.9 ser vi tidsserien til trykket. Det er korrigert for forskjellene i ankomsttid som oppstår fordi mikrofonene står på litt forskjellige steder. Vi ser at vi får et høyt makstrykk med gitteret montert på mikrofonen (mikrofon 2) som er rettet riktig vei (head on). Mikrofonene 3 og 4, som har mikrofonaksen 90 grader på lydutbredelsen (side on), måler for lite makstrykk. Med denne orienteringen ser det imidlertid ikke ut til å spille så stor rolle om beskyttelsesgitteret er på.

I Figur A.10 ser vi 1/3-oktav spekteret til de fire målingene. Vi ser at forskjellene opptrer på frekvenser over 10 kHz. Selv om det synes avgjørende å skru av gitteret for å måle makstrykket riktig så er dette som oftest egentlig ikke nødvendig dersom man benytter seg av energibaserte indikatorer slik som f.eks. sound exposure level. Dette er på grunn av at det er svært lite energi i det kortvarige (feilmålte) makstrykket. For alle de fire målingene er samlet sound exposure level innenfor 0.1 dB. En indikator basert på makstrykket vil gi store forskjeller.

Dersom man ønsker å måle makstrykk som man tror er relevant i forhold til hørselsskader er dette helt sentralt. Både type sensorer, orientering, plassering og målesystemet generelt vil da bidra til



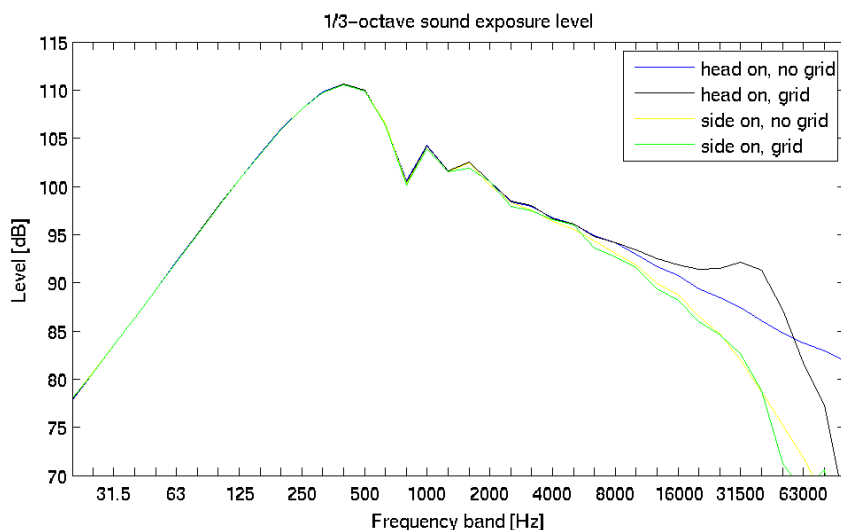
Figur A.8 Tidsserie av trykket justert for ankomsttid.



Figur A.9 Tidsserie av trykket justert for ankomsttid. Den blå kurven er mye nærmere det virkelige trykket enn de andre mikrofonene.

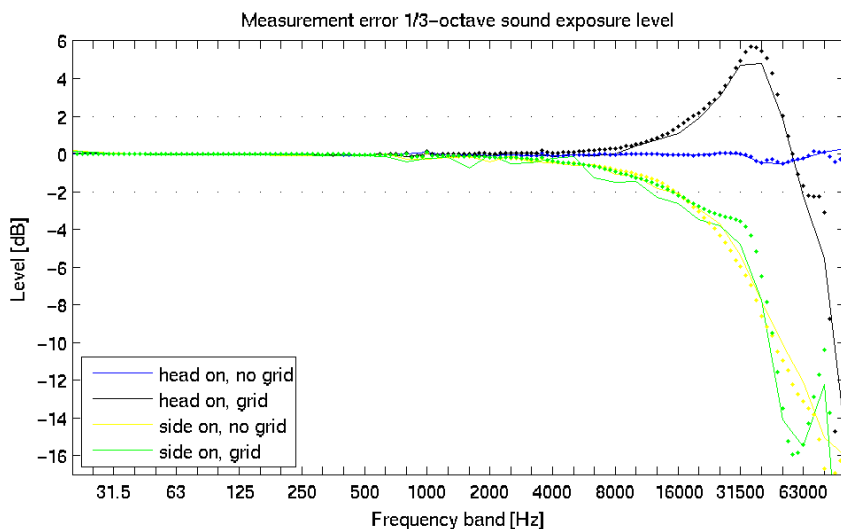
forskjellig makstrykk. Med andre ord blir måleresultatet avhengig av målesystemet, noe man må håndtere på et vis. Dette er grunnen til at det er vanskelig å lage en felles standard for måling av støy for utredelse i terrenget og for støy som gir hørselsskader.

Brüel & Kjær legger ved mikrofonene en CD der man kan se responsen for forskjellige orienteringer av mikrofonene, med og uten beskyttelsesgrid. Vi har hentet ut responsen for de fire mikrofonene hver for seg, slik de var montert. Dette er plottet med punkter i Figur A.11. Det er et punkt for hvert målepunkt fra tabellen fra Brüel & Kjær. Vi plotter måledataene med heltrukne linjer. Som vi ser er sensor 1 oppgitt til å ha svært liten feil helt opp til 100 kHz. Vi har likevel korrigert kurven for sensor 1 med responsen som er oppgitt fra Brüel & Kjær. Vi kan da finne målefeilen i de andre tre sensorene. Som vi ser er disse målefeilene svært likt det som Brüel & Kjær oppgir. Det er markert



Figur A.10 Den blå kurven er ganske nær det riktige trykket.

linjer på 2 dB som er grensen Brüel & Kjær bruker for hva som er akseptable målefeil innenfor et frekvensområde. Vi ser at mikrofon 2, 3, og 4 bare ville kunne aksepteres opp til et sted mellom 10 og 20 kHz. Vi må altså bruke mikrofonen uten gitter, rettet mot lyd-kilden dersom vi ønsker å måle lyd over 10–20 kHz.



Figur A.11 1/3-oktav spekteret til målefeilen. Heltrukne linjer er målte data. Punktene er mikrofonresponsen oppgitt fra Brüel & Kjær.

Vedlegg B Støyindikatorer

For en lyd ønsker vi å ha et tall som sier noe om hvor høy lyden er. Dette kalles en støyindikator. Her finnes det mange varianter å velge mellom, f.eks. SPL (sound pressure level), SEL (sound exposure level), L_{den} (vekting for forskjellige tider på døgnet), og mange, mange andre. Hensikten er at indikatoren skal stemme så godt så mulig med enten hvor høy en lyd er eller hvor plagsomt den oppleves.

Når man måler lydtrykk fra en støykilde måler man trykket som en funksjon av tid. MilNoise og andre beregningsprogrammer for støy regner i frekvensdomenet. Det vil si at tidshistorien til trykket må regnes om til et frekvensspekter. Det er da vanlig at beregningsprogrammer regner i hele oktavnåb, eller i 1/3-oktavnåb. Disse programmene gjør da en beregning for hvert frekvensbånd. Resultatene fra målingene av lydtrykk som gjøres i denne rapporten presenteres i 1/3-oktav SEL-spekter. I [45] er det beskrevet hvordan man finner 1/3-oktav SEL-spekter.

Videre i dette kapittelet og i Vedlegg C er det gitt en enda mer utfyllende beskrivelse av en del forhold rundt SEL-spekter. Dette er ikke ment som bevis for de ligningene som fremkommer. Notasjonen er litt løs i kantene, og en del overganger skjer uten beviser. Alt kan hentes ut av vanlige lærebøker i akustikk og signalbehandling [46–49]. Formålet er å gi en oversikt for lesere som ikke er så kjent med fagfeltet, samt å dokumentere implementasjonen som er benyttet i denne rapporten for å finne 1/3-oktav SEL-spektre.

B.1 Kvantifisering av hvor høy er lyden er

Det er et nært forhold mellom hvor høyt en lyd oppfattes og en størrelse som kalles den akustiske intensiteten. Den akustiske intensiteten sier noe om hvor stort arbeid lufta (ved hjelp av lydbølgene) utfører på trommehinnen. For de fleste forhold vi opplever til vanlig vil SPL (sound pressure level) eller SEL (sound exposure level) kunne brukes i stedet for henholdsvis kontinuerlig og impulsiv lyd. SPL og SEL vil i disse tilfellene være proporsjonale med den akustiske intensiteten. Nedenfor skal vi gå litt igjennom noen begreper rundt akustisk energi, SEL og hvordan man finner frekvensspektret av SEL.

B.2 A og C-vekting

Ørets følsomhet for lyd varierer med frekvens og hvor høy lyden er. Spesielt for svak lyd er øret mindre følsomt for lyd på lave frekvenser i forhold til lyd rundt 1000 Hz. En lyd (uavhengig av frekvens) på 40 phon er en lyd som oppfattes som like høy som en ren 1000 Hz tone på 40 dB. Når vi regner ut støyindikatorer er det vanlig å bruke forskjellige vektinger som tar hensyn til ørets respons på forskjellige frekvenser. De vanligste vektingene er A og C-vekting. A-vektingen er laget for å korrigere for ørets respons ved forskjellige frekvenser, for lyder på 40 phon. C-vektingen er laget for tilsvarende lyd på 100 phon [50]. Ørets følsomhet for lave frekvenser (i forhold til følsomheten på 1000 Hz) øker når lydtrykket øker. Derfor vil en A-vekting trekke fra mye mer for lave frekvenser enn en C-vekting når vi beregner en støyindikator. Siden lyd fra tunge våpen ofte vil kunne ha et

lydtrykk rundt 100 dB ute ved mottaker virker det rimelig at C-vekting skal benyttes, og dette er også blitt mer og mer vanlig. Imidlertid er nok A-vekting fortsatt mest vanlig, også for høy lyd. En begrunnelse for dette er at det er ganske store variasjoner mellom menneskers følsomhet for lyd. En annen begrunnelse er at dersom man har lyd som har mesteparten av energien over 100 Hz (som mindre våpen), så vil ikke forskjellen mellom A og C-vekting være så stor.

B.3 Akustisk energi

Vi definerer komplekst trykk og hastighet til

$$p_c = p_r + jp_i, \quad (\text{B.1})$$

$$\mathbf{v}_c = \mathbf{v}_r + j\mathbf{v}_i. \quad (\text{B.2})$$

Her er $j = \sqrt{-1}$. Den akustiske intensiteten \mathbf{I} er

$$\mathbf{I} = p\mathbf{v} = \frac{1}{2}p_r\mathbf{v}_r + \frac{1}{2}p_i\mathbf{v}_i = \text{Re} \left(\frac{1}{2}p_c^*\mathbf{v}_c \right). \quad (\text{B.3})$$

Den akustiske intensiteten kan tolkes som energifluksen (acoustic energy flux), dvs. kraft ganger vei, delt på tid, delt på flaten det strømmer gjennom. Den har en retning som er lik strømmens. Man har valgt å definere begrepet akustiske energitetthet (acoustic energy density) til

$$w = \frac{1}{2}\rho\mathbf{v}^2 + \frac{1}{2}\frac{p^2}{\rho c^2}. \quad (\text{B.4})$$

Det første leddet kalles acoustic kinetic energy density, og det andre leddet acoustic potential energy density. Dette er gjort fordi man da vil ha en relasjon mellom w og \mathbf{I} som er en konserveringslov. Relasjonen mellom disse to størrelsene kan ved en omskriving av bevegelsesligningen og kontinuitetsligningen vises å være

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{I} = 0. \quad (\text{B.5})$$

For en planbølge er de to delene i w like store slik at

$$w = \rho\mathbf{v}^2 = \frac{p^2}{\rho c^2}, \quad (\text{B.6})$$

og

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{n}p^2}{\rho c} = c\mathbf{n}w, \quad (\text{B.7})$$

der \mathbf{n} er enhetsvektoren i strømningsretningen.

Det er den akustiske intensiteten som er den størrelsen vi i utgangspunktet ville sett på. Denne gir hvor mye energi som overføres gjennom en flate, som f.eks. en trommehinne. Imidlertid er intensiteten, i tilfellet der vi har plane bølger, proporsjonal med både w og p^2 . Derfor velger vi å se på exposure for $p(t)^2$. Dette er kalt sound exposure. Vi har da et måltall for virkningen av lyden på øret. Sound exposure er definert til [51]

$$SE \equiv \int_0^T p(t)^2 dt = \tau \sum_{n=0}^{N-1} p_n^2. \quad (\text{B.8})$$

Her er T det tidsrommet lydtrykket er forskjellig fra null, p_n er sampler av $p(t)$ slik at $p(n\tau) = p_n$, $\tau = 1/f_s$, f_s er samlingraten og N er antall sampler.

Vedlegg C 1/3-oktav SEL-spekter

For kontinuerlig lyd er det vanlig å benytte SPL som støyindikator. Dette består essensielt av energinivået i tidsserien til trykket, delt på tiden vi har målt dette. For en lyd med kort varighet, som for eksempel et skudd med en rifle, vil øret ha begrenset følsomhet. Øret trenger noe tid til å reagere for å få med seg lyden, og lyden vil dermed oppfattes som lavere enn om den var en kontinuerlig lyd med like stor energitetthet per tidsenhet. SPL vil dermed være like stor (gitt et lite integrasjonsdomene). SPL er derfor ikke så egnet til å indikere hvor høyt impulslyd oppfattes av øret. I stedet bruker man indikatoren SEL, som summerer opp den totale energien i lyden. En lyd med samme energinivå som varer dobbelt så lenge vil altså ha høyere SEL, og gjenspeile at øret vil oppfatte denne lyden som høyere.

C.1 SEL av hele signalet

Vi bruker Matlab til å gjøre prosesseringen av data, og tar derfor utgangspunkt i Matlab sin definisjon av FFT og invers FFT.

$$P_k = \sum_{n=0}^{N-1} p_n e^{-j(2\pi/N)kn}, \quad (\text{C.1})$$

$$p_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} P_k e^{j(2\pi/N)kn}. \quad (\text{C.2})$$

Ut i fra denne definisjonen blir den tidsdiskrete utgaven av Parsevals teorem ([47], side 223)

$$\sum_{n=0}^{N-1} p_n^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |P_k|^2. \quad (\text{C.3})$$

Da kan vi finne SE av lydtrykket fra (B.8) enten direkte fra p_n eller ved summasjon av P_k .

$$SE = \tau \sum_{n=0}^{N-1} p_n^2 = \frac{\tau}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |P_k|^2. \quad (\text{C.4})$$

Sound pressure level (SEL) uttrykkes i dB relativt til referansetrykk $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$.

$$\text{SEL} = 10 \log \left(\frac{SE}{p_0^2 s} \right) = 10 \log \left(\frac{\tau}{s p_0^2} \sum_{n=0}^{N-1} p_n^2 \right) = 10 \log \left(\frac{\tau}{s p_0^2 N} \sum_{n=0}^{N-1} |P_n|^2 \right). \quad (\text{C.5})$$

SPL kan finnes fra SEL ved at

$$\text{SPL} = \text{SEL} - 10 \log(T), \quad (\text{C.6})$$

der vi har integrert over et tidsvindu av lengde T . SPL gir altså uttrykk for tidsmidlet energi, mens SEL er den totale energien i signalet.

C.2 Forklaring av 1/3-oktavnåbånd

De følgende detaljene rundt 1/3-oktavnåbånd kan finnes i de internasjonale standardene [44, 52, 53]. Et oktavnåbånd defineres av en senterfrekvens. En oktavnåbånd med senterfrekvens 1000 Hz vil f.eks. ha

kantfrekvenser 707.95 Hz og 1412.54 Hz. Det er da slik at den øverste frekvensen i båndet er (omtrent) dobbelt så stor som den minste frekvensen. Slik vil det være for alle oktavnåb. Neste senterfrekvens over 1000 Hz vil også være (omtrent) dobbelt så høy, dvs. 1995.3 Hz.

Et 1/3-oktavnåb er 1/3 så bredt som et oktavnåb, og det er 3 ganger så mange nåb og senterfrekvenser innen for et frekvensdomene. Her defineres bredden av et nåb til forholdet mellom høyeste og laveste frekvens i båndet. For eksempel for 1/3-oktavnåb med senterfrekvens 1000 Hz, så er kantfrekvensene 891.25 Hz og 1122.0 Hz. Den øverste frekvensen dividert på den nederste vil da være omtrent $2^{(1/3)}$.

Grunnen til at forholdene mellom nåbene er omtrent 2 og $2^{(1/3)}$ er at det er vanlig å jobbe i et 10-tallssystem i stedet for et 2-tallssystem. Man har da byttet ut basisen 2 med $10^{(3/10)}$. Til fire siffer etter koma er dette tallet lik 1.9953. Man kan også jobbe i et 2-tallssystem, men et 10-tallssystem er foretrukket i følge [52]. Man kan legge merke til at i 10-tallssystemet vil ikke bare 1000 Hz være en pen og rund senterfrekvens, men også for eksempel 100 Hz, 10 Hz og 1 Hz.

Oktavnåbene er spesifisert i [52]. Vi vil her gjengi noen definisjoner. Basisen er

$$G = 10^{3/10}. \quad (\text{C.7})$$

For et 1/b-oktavnåb er den eksakte senterfrekvensen

$$f_m = f_r G^{(x-30)/b}, \quad (\text{C.8})$$

der referansefrekvensen er $f_r = 1000$ (eksakt) og x er et heltall (som kan være positivt, negativt eller null) som angir nummeret til nåbet. For et 1/3-oktavnåb er $b = 3$. Kantfrekvensene til et nåb er

$$f_1 = G^{-1/2b} f_m \quad \text{og} \quad f_2 = G^{+1/2b} f_m. \quad (\text{C.9})$$

Når man gjør beregninger med 1/3-nåb analyse benytter man senter og kant-frekvensene over. Imidlertid ville ikke disse urunde frekvensene se så godt ut på aksene i et plot. Derfor har man definert såkalte "nominal midband frequency", eller navnefrekvenser. Disse navnefrekvensene er avrundede versjoner av de eksakte senterfrekvensene. For eksempel er den eksakte frekvensen $f_m = 25.119$ Hz navnefrekvens 25 Hz. Når man presenterer et 1/3-oktavnåb i et plot plotter man altså verdien i det aktuelle nåbet på det stedet på frekvensaksen som tilsvarer den eksakte frekvensen. Deretter skriver man navnefrekvensen på aksene på dette stedet. For en liste over navnefrekvensene kan man se i ANSI S1.11-2004 eller ANSI S1.6. Navnefrekvensen finnes ved å runde av til tre signifikante sifre når første siffer i frekvensen er mellom 1 og 4, og å runde av til to signifikante sifre når første siffer i frekvensen er mellom 5 og 9.

C.3 Frekvensspekter av SEL

Ovenfor har vi sett på SEL for hele signalet, også funnet ved summasjon av koeffisienter i FFT-rekka. Nå skal vi se på hvordan vi kan finne SEL for forskjellige frekvensnåb i signalet. En måte å tenke seg dette frekvensspekteret er at vi deler tidsserien for trykket opp i mange tidsserier som hver bare

inneholder energi ved visse frekvenser. Dersom disse tidsseriene summeres får vi den opprinnelige tidsserien. Ved å ta SEL av hver av disse tidsseriene hver for seg får vi vite hva som er SEL ved forskjellige frekvenser, dvs. hvor høy lyden er ved forskjellige frekvenser. Nedenfor beskrives dette noe mer formelt.

Diskret tid Fourier transform kan uttrykkes

$$p_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} P(\omega) e^{j\omega n} d\omega, \quad P(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} p_n e^{-j\omega n}. \quad (\text{C.10})$$

Dette relaterer til frekvensen til trykksignalet, f , ved at $\omega = 2\pi f / f_s$. Parsevals teorem sier at ([47], side 380)

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |p_n|^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |P(\omega)|^2 d\omega. \quad (\text{C.11})$$

Ved hjelp av dette og (B.8) kan vi skrive

$$SE = \frac{\tau}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |P(\omega)|^2 d\omega = \tau^2 \int_{-f_s/2}^{f_s/2} |P(\omega)|^2 df = 2\tau^2 \int_0^{f_s/2} |P(\omega)|^2 df, \quad (\text{C.12})$$

der vi har her benyttet at $|P(-\omega)| = |P(\omega)|$. Dersom vi antar at $P(\omega) = 0$ når $f < f_1^{(1)}$ og når $f > f_2^{(L)}$, så er

$$SE = 2\tau^2 \int_{f_1^{(1)}}^{f_2^{(L)}} |P(\omega)|^2 df \quad (\text{C.13})$$

Vi kan nå dele opp integralet i L frekvensbånd slik at

$$SE = 2\tau^2 \sum_{l=1}^L \int_{f_1^{(l)}}^{f_2^{(l)}} |P(\omega)|^2 df. \quad (\text{C.14})$$

For frekvensbånd nummer l er da altså sound exposure gitt ved at

$$SE_l = 2\tau^2 \int_{f_1^{(l)}}^{f_2^{(l)}} |P(\omega)|^2 df. \quad (\text{C.15})$$

Kantfrekvensene til bånd nummer l er gitt av $f_1^{(l)}$ og $f_2^{(l)}$. Sound exposure for hele signalet er gitt ved summen, dvs. $SE = \sum_{l=1}^L SE_l$.

For å finne $|P(\omega)|$ sammenligner vi (C.1) og (C.10), og finner at $|P_k| = |P(\omega_k)|$, der $\omega_k = k\omega_0$ og $\omega_0 = 2\pi/N$. Vi vet altså at verdien til $P(\omega)$ i de N punktene ω_k , er gitt ved P_k . Vi vet ikke noe om hva $P(\omega)$ er i resten av frekvensdomenet.

Siden vi skal integrere over en funksjon som vi bare vet verdien av i noen få punkter må vi interpolere mellom dem. Det er flere måter å gjøre dette på. Her har vi av praktiske årsaker valgt lineær interpolasjon mellom punktene. Dvs.

$$P(\omega) = \left(\frac{(k+1)\omega_0 - \omega}{\omega_0} \right) P_k + \left(\frac{\omega - k\omega_0}{\omega_0} \right) P_{k+1}, \quad k\omega_0 < \omega < (k+1)\omega_0. \quad (\text{C.16})$$

Interpolasjonen kan i matlab gjøres enkelt ved funksjonen `trapz()` som interpolerer lineært gitt inn en liste med frekvenser og en liste med verdier for $P(\omega)$ som gjelder i det frekvensbåndet vi integrerer i. Dette vil i praksis være $|P_k|$ i det båndet vi integrerer i, og i tillegg verdier for endepunktene i båndet, som finnes ved interpolering ved formelen over. For å sikre at vi alltid har minst tre FFT-verdier i det laveste frekvensbåndet padder vi tidsserien med nuller, slik at $N_{FFT} \geq 13/(\tau f_1^{(1)})$, der N_{FFT} er lengden av tidsserien inkludert nullpadding.

Etter at vi har beregnet SE for alle de L frekvensbåndene, kan SEL i hvert frekvensbånd finnes ved

$$SEL_l = 10 \log \left(\frac{SE_l}{p_0^2 s} \right). \quad (\text{C.17})$$

C.4 Direktivitet av SEL-spektret

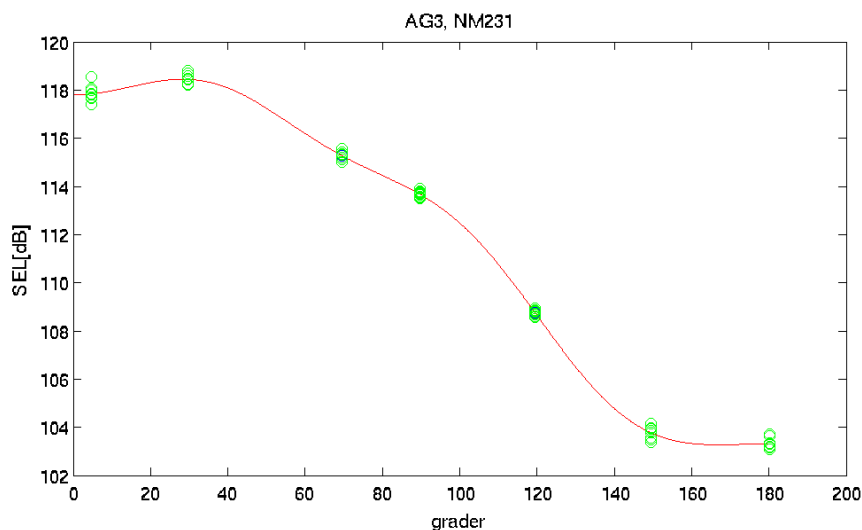
For hvert våpen vil vi sitte på 70 måleserier. Vi beregner da SE_l for alle de L frekvensbåndene. Hvert av frekvensbåndene behandles hver for seg. I hvert bånd sitter vi da med SE for 10 skudd og 7 retninger. Vi må da interpolere mellom disse 7 vinklene for å kunne gi et estimat på lydstyrken i alle retninger. Det vi er ute etter er SEL_l beskrevet ved hjelp av en cosinusrekke [54]. Direktiviteten er da beskrevet ved hjelp av koeffisientene i cosinusrekka.

Det er flere måter å gjøre en slik interpolasjon mellom disse 70 måleverdiene. Fire av dem er:

1. For hver vinkel midles SE. Det regnes deretter SEL av denne verdien. Vi har da 7 SEL-verdier, en for hver av de 7 vinklene. Koeffisientene i en cosinusrekke mellom disse punktene finnes ved hjelp av minste kvadraters metode.
2. Det beregnes SEL av alle de 70 SE-verdiene. Vi har da 70 SEL-verdier fordelt på de 7 vinklene. Koeffisientene i en cosinusrekke mellom disse beregnes ved hjelp av minste kvadraters metode.
3. En cosinusrekke legges mellom de 70 SE-verdiene ved hjelp av minste kvadraters metode. Denne interpolerte kurven føres over til SEL, og det tilpasses en cosinusrekke til denne kurven.
4. Som over, bortsett fra at vi bruker cubic spline i frekvens, SE-planet.

Fremgangsmåtene 3 og 4 gir for visse frekvenser merkelige resultater som forårsakes av at interpolasjonen i frekvens, SE-planet noen ganger kan gi veldig små eller negative frekvenser for visse vinkler. Fremgangsmåte 1 og 2 gir ganske like verdier. Fremgangsmåte 1 vil gi høyere verdier enn fremgangsmåte 2. Forskjellen er stort sett mindre enn 0.1 dB høyere (i visse tilfeller kan forskjellen være opp mot 0.2 dB). Disse to metodene er med andre ord omtrent like gode. Vi velger da metode 1, av den grunn at vi da får en entydighet i SEL for de frekvensene det er gjort målinger. Dersom vi bare hadde sett på en målt vinkel ville vi tatt SE-snittet og deretter regnet ut SEL av dette. Denne verdien vil ligge på kurven som lages etter fremgangsmåte 1.

Vi benytter i denne rapporten en cosinusrekke med 7 ledd. Dermed vil altså den interpolerte kurven gå gjennom alle målepunktene. Et eksempel på en interpolasjon er vist for total SEL, AG3, NM231 i Figur C.1.



Figur C.1 Interpolert total SEL for AG3, NM231. Hver av de grønne sirklene representerer et målt skudd ved en sensor. Den røde kurven representerer interpolerte verdier gjennom disse.

Vedlegg D Scaling

The measured time series of the pressure depends on the ambient air pressure and the air temperature. Emission data is often given at sea level conditions. We therefore need to scale the data from the conditions at the measurement cite, to sea level conditions. The propagation medium is here defined by the ambient air pressure, $p_{\text{atm}}^{(h)}$, at height h above sea level and the air temperature, T .

D.1 Reference conditions (0) at sea level

At sea level the ambient air pressure is taken to be $p_{\text{atm}}^{(0)} = 101.325$ kPa. The reference temperature is 15 degrees Celsius. Then the speed of sound is $c^{(0)} = 340.3$ m/s.

D.2 Standard atmosphere

If we do not know the ambient pressure, one approximation is to calculate the ambient air pressure from height above ground. In [55] variation of the atmospheric pressure, $p_{\text{atm}}^{(h)}$, as a function of h is given for a standard atmosphere, together with the sound speed, $c^{(h)}$, as a function of temperature.

Up to 11000 m above sea level the following formula can be used for the standard pressure at the height h

$$p_{\text{atm}}^{(h)} = p_{\text{atm}}^{(0)} \left[\frac{288.15}{288.15 - 0.0065h} \right]^{-5.2559} \quad (\text{D.1})$$

The sound speed is given by

$$c^{(h)} = c^{(0)} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} \quad (\text{D.2})$$

Note that $c^{(0)} = 340.3$ m/s is the speed of sound at 15 degrees Celsius ($h = 0$), not at 0 degrees Celsius.

D.3 Sachs scaling

By Sachs scaling ([56, 57]) we find dimensionless pressure, \bar{p} , time, \bar{t} and distance, \bar{r} .

Given a measurement of a time series of pressure at a specific distance, we can apply Sachs scaling. We then get the time series of dimensionless pressure (as a function of dimensionless time) at a dimensionless distance from the source. We have knowledge only of the time series at the specific (measured) dimensionless distance. We may now scale the dimensionless time series back to standard pressure and temperature conditions (sea level, 15 degrees Celsius). We then get a dimensional time series at a new dimensional distance from the source. If we are interested in the pressure at the original distance from the source, some sort of calculation must be performed to transfer the characteristics of the time series to the original distance. This is easily done for the present application, since the measurements are conducted in the linear region.

The input to the scaling are the distance to the source, r , the energy of the explosives, E , the time, t and the pressure, p . These four combines to the dimensionless quantities

$$\begin{aligned}\bar{r} &= \frac{r p_{\text{atm}}^{1/3}}{E^{1/3}}, \\ \bar{p} &= \frac{p}{p_{\text{atm}}}, \\ \bar{t} &= \frac{t c p_{\text{atm}}^{1/3}}{E^{1/3}}.\end{aligned}\tag{D.3}$$

D.4 Scaling of sound exposure level

Looking at the Sachs scaling we see that for lower air pressure the sound pressure from a weapon will be smaller. Usually we will see this at measurement sites high above sea level. For low air temperature, the sound speed is lower and the time series of the pressure will change more slowly with time.

We equate the dimensionless quantities from the measurement (height h) and from the virtual measurements at standard conditions (height 0). We get the scaling factors

$$\begin{aligned}r^{(0)} &= \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}}\right)^{1/3} r^{(h)}, \\ p^{(0)} &= \frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} p^{(h)}, \\ t^{(0)} &= \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}}\right)^{1/3} \frac{c^{(h)}}{c^{(0)}} t^{(h)} = \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}}\right)^{1/3} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} t^{(h)}.\end{aligned}\tag{D.4}$$

Ultimately we want to estimate at standard conditions L_E (sound exposure level [2]) or sound levels that can be found from L_E .

$$L_E = 10 \log \left(\frac{SE}{s p_{\text{ref}}^2} \right),\tag{D.5}$$

where the sound exposure is given by

$$SE \equiv \int_0^{t_e} p(t)^2 dt, \quad (\text{D.6})$$

$p_{\text{ref}} = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa and t_e is the exposure time.

Scaling of SE is given by

$$SE^{(0)} = \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} \right)^2 \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}} \right)^{1/3} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} SE^{(h)}, \quad r = r^{(0)}, \quad (\text{D.7})$$

since the distance from the source is also scaled. However, we often want SE for the original distance $r = r^{(h)}$. We now assume linear sound propagation, i.e. no shift of energy to other frequencies and pressure proportional to $1/r$. Thus the pressure $p^{(0)}$ at $r = r^{(0)}$ implicates that we get the pressure $p^{(0)} \frac{r^{(0)}}{r^{(h)}}$ at $r = r^{(h)}$. Then

$$\begin{aligned} SE^{(0)} &= \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} \right)^2 \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}} \right)^{1/3} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} SE^{(h)} \left(\frac{r^{(0)}}{r^{(h)}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} \right)^2 \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}} \right)^{1/3} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} SE^{(h)} \left(\left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}} \right)^{1/3} \right)^2 \\ &= \frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} SE^{(h)}, \quad r = r^{(h)}. \end{aligned} \quad (\text{D.8})$$

The difference in L_E is then given by

$$L_E^{(0)} = 10 \log \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} \sqrt{\frac{273.15 + T}{288.15}} \right) + L_E^{(h)}. \quad (\text{D.9})$$

D.5 An example of scaling measurements

As an example we consider a measurement cite near Hjerkin, closer to Dombås. Shooting from Turraugen 960 m above sea level, the pressure was measured to $p_{\text{atm}}^{(h)} = 0.895 \cdot 10^5$ Pa and the temperature $T = 10.5$ degrees Celsius. The ratio of ambient pressure is $p_{\text{atm}}^{(h)}/p_{\text{atm}}^{(0)} = 0.883$. Then from (D.9) we get

$$L_E^{(0)} = 0.54 \text{ dB} - 0.03 \text{ dB} + L_E^{(h)} = 0.51 \text{ dB} + L_E^{(h)}, \quad r = r^{(h)}, \quad (\text{D.10})$$

where we see the individual contributions of the ambient pressure and temperature respectively.

When we are working with spectral components we need to scale the time series of the pressure, since the frequency of the acoustic energy is different under different conditions. From (D.2) we get

the sound speed $c^{(h)} = 337.6$ m/s. From (D.4) we get

$$\begin{aligned} r^{(0)} &= \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}} \right)^{1/3} r^{(h)}, \\ p^{(0)} &= \frac{p_{\text{atm}}^{(0)}}{p_{\text{atm}}^{(h)}} p^{(h)}, \\ t^{(0)} &= \left(\frac{p_{\text{atm}}^{(h)}}{p_{\text{atm}}^{(0)}} \right)^{1/3} \frac{c^{(h)}}{c^{(0)}} t^{(h)}. \end{aligned} \quad (\text{D.11})$$

By inserting the parameters for the condition at the measurement cite we get

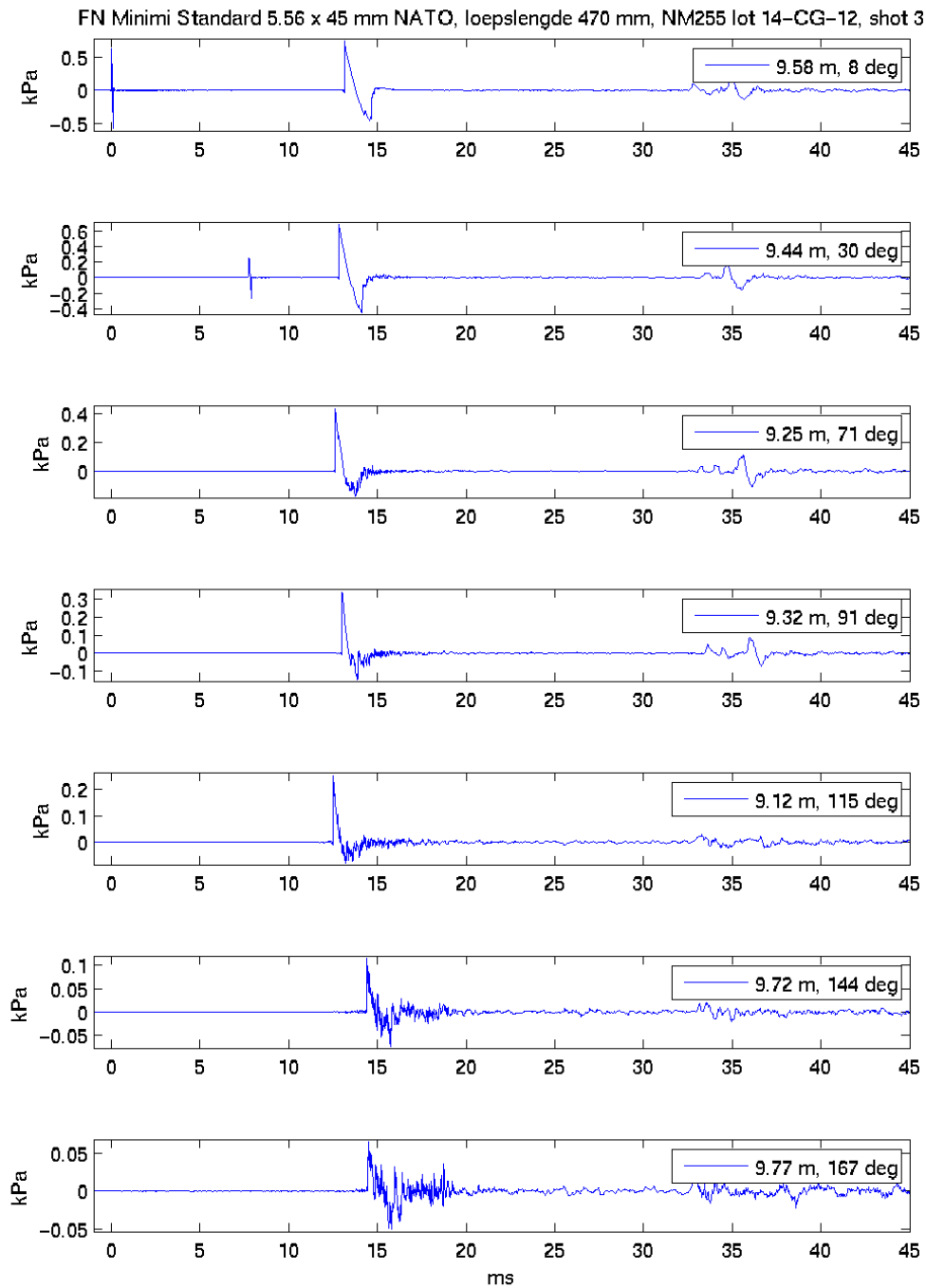
$$\begin{aligned} r^{(0)} &= 0.959 r^{(h)}, \\ p^{(0)} &= 1.132 p^{(h)}, \\ t^{(0)} &= 0.952 t^{(h)}, \end{aligned} \quad (\text{D.12})$$

at the distance $r = r^{(0)}$ from the source. By performing the same linear calculation as in D.4 we get

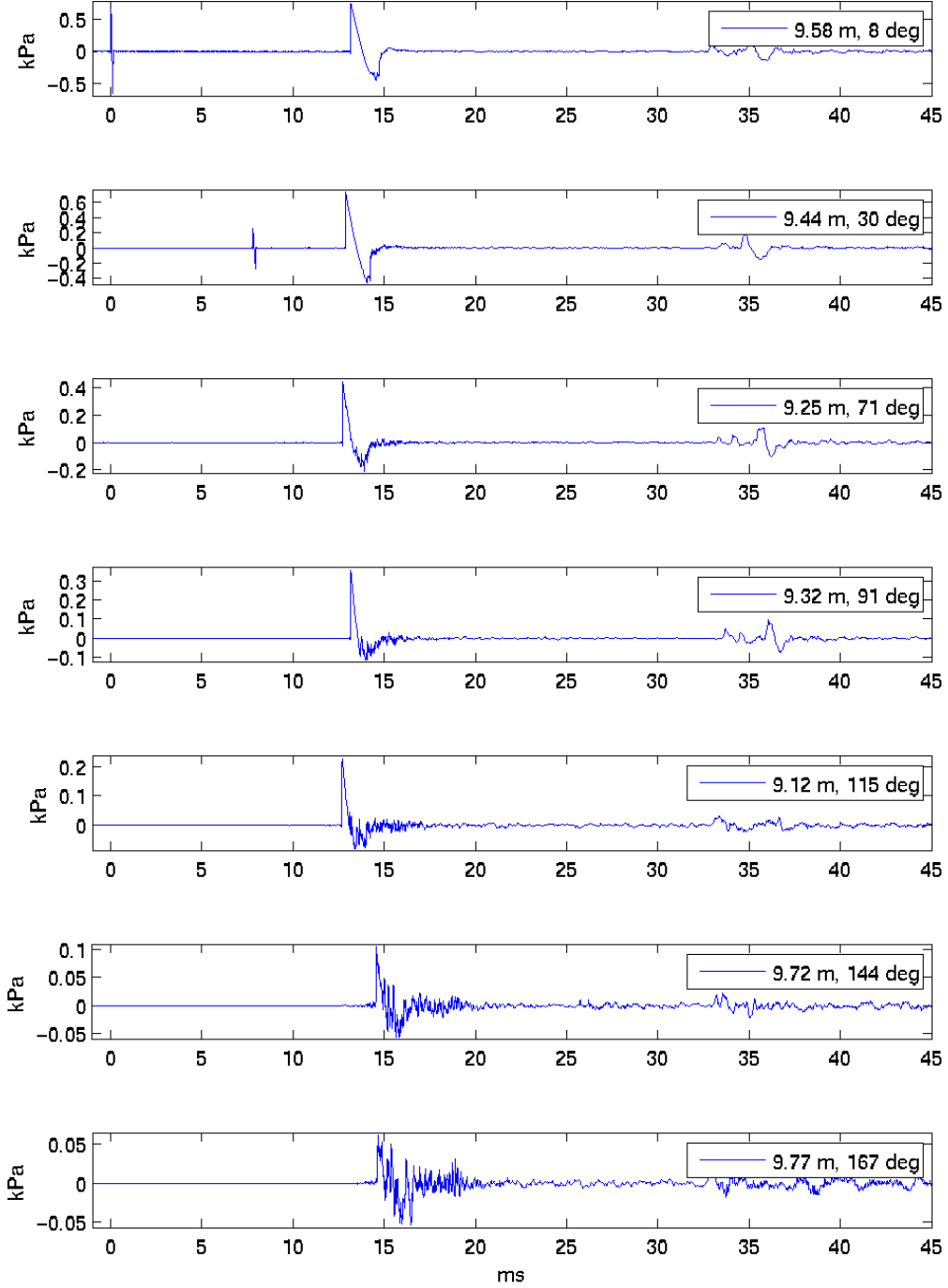
$$\begin{aligned} p^{(0)} &= 1.086 p^{(h)}, \\ t^{(0)} &= 0.952 t^{(h)}, \end{aligned} \quad (\text{D.13})$$

at the distance $r = r^{(h)}$ from the source.

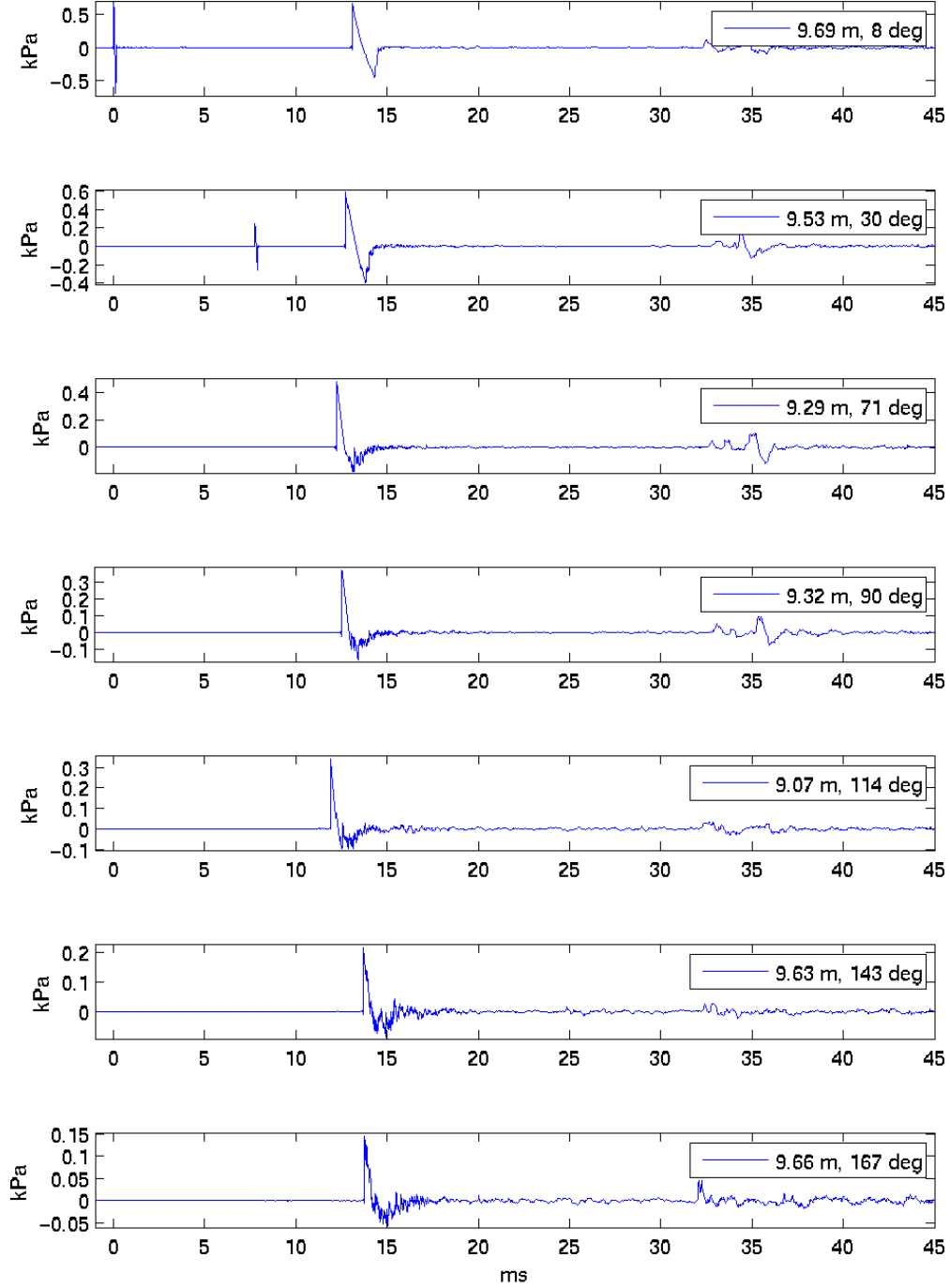
Vedlegg E Tidsserier for trykket



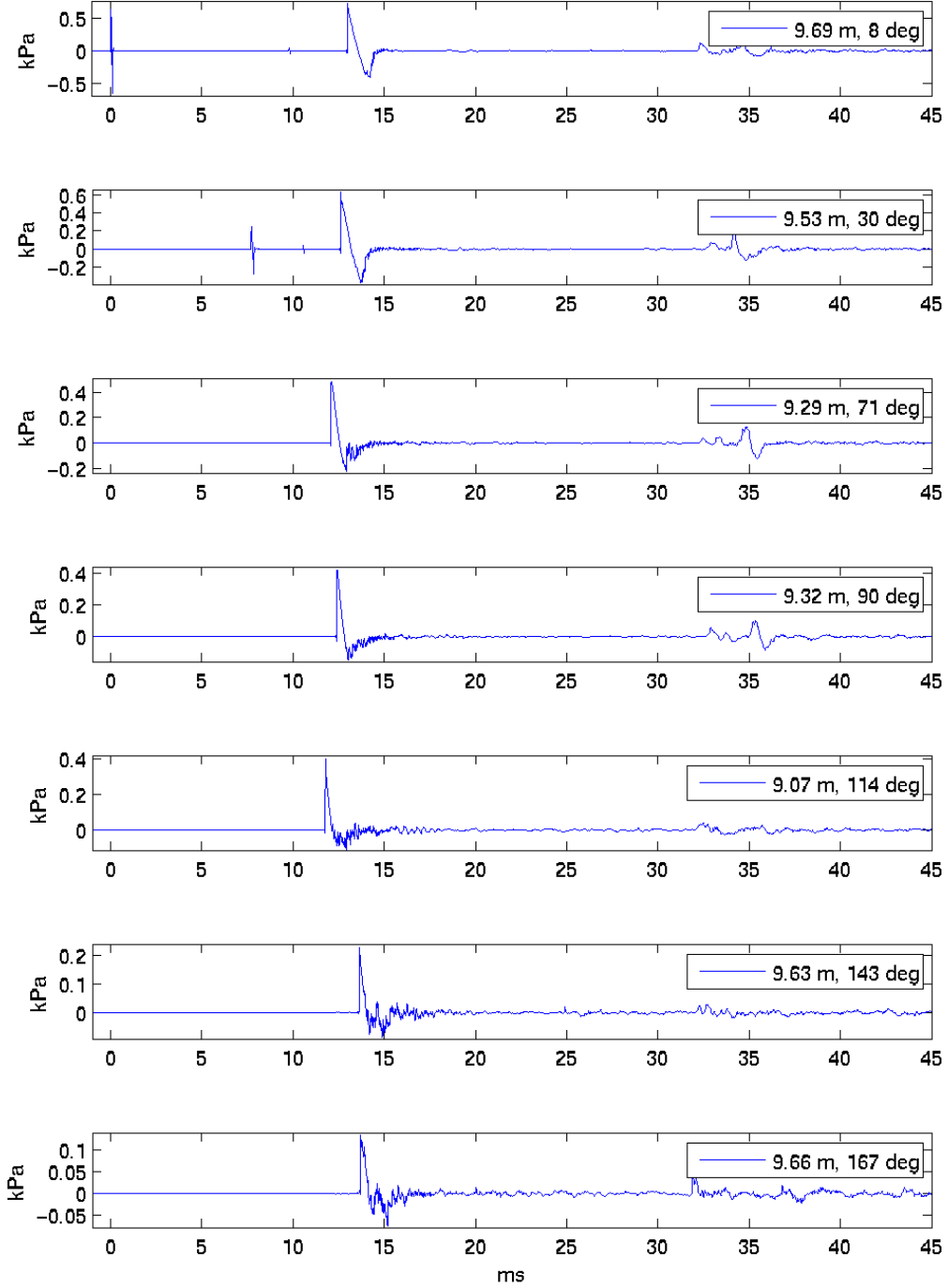
FN Minimi Standard 5.56 x 45 mm NATO, loeps lengde 470 mm, SS109 lot 27-T-11, shot 3



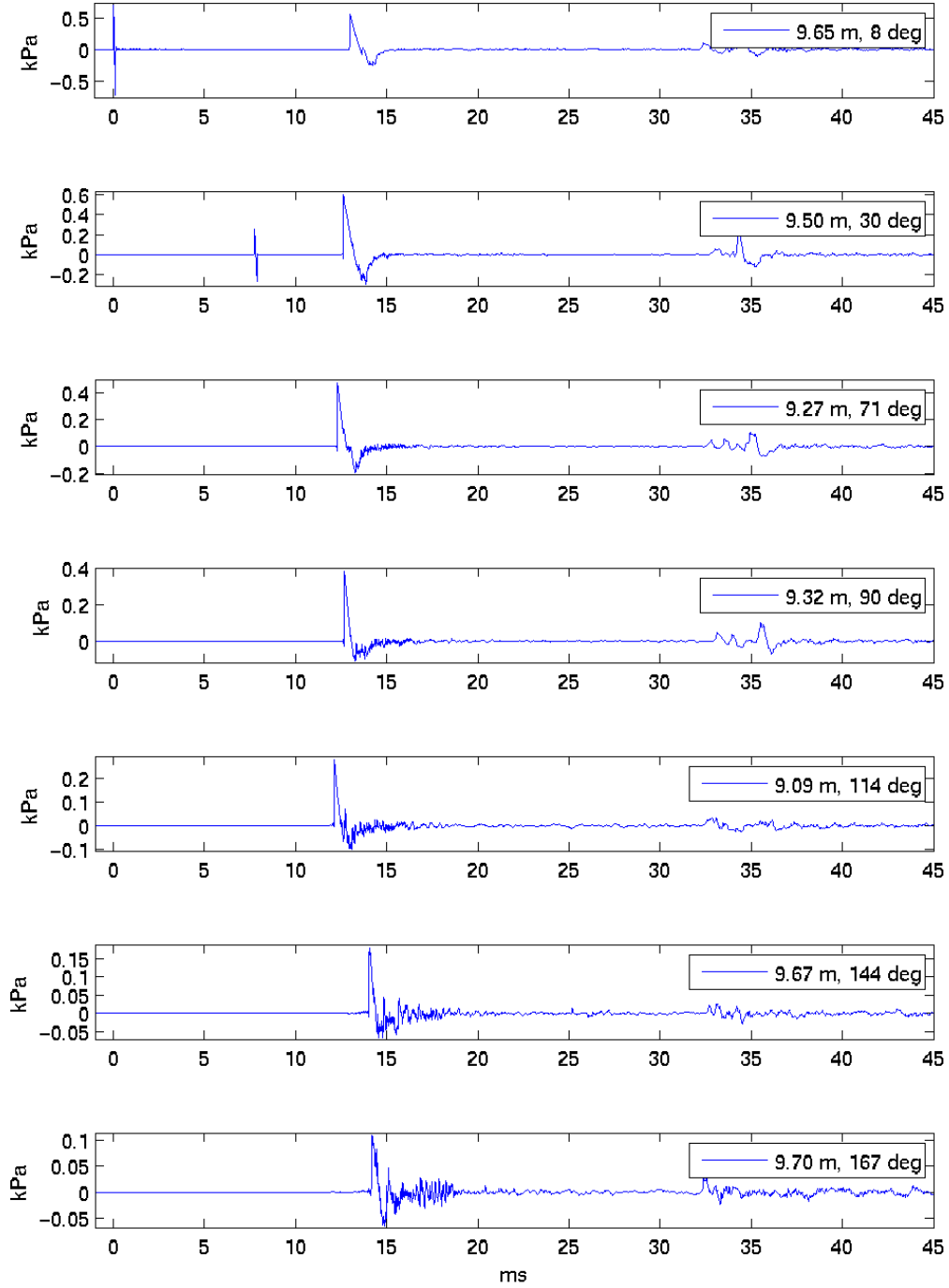
FN Minimi Para 5.56 x 45 mm NATO, loepsengde 355 mm, NM255 lot 14-CG-12, shot 3



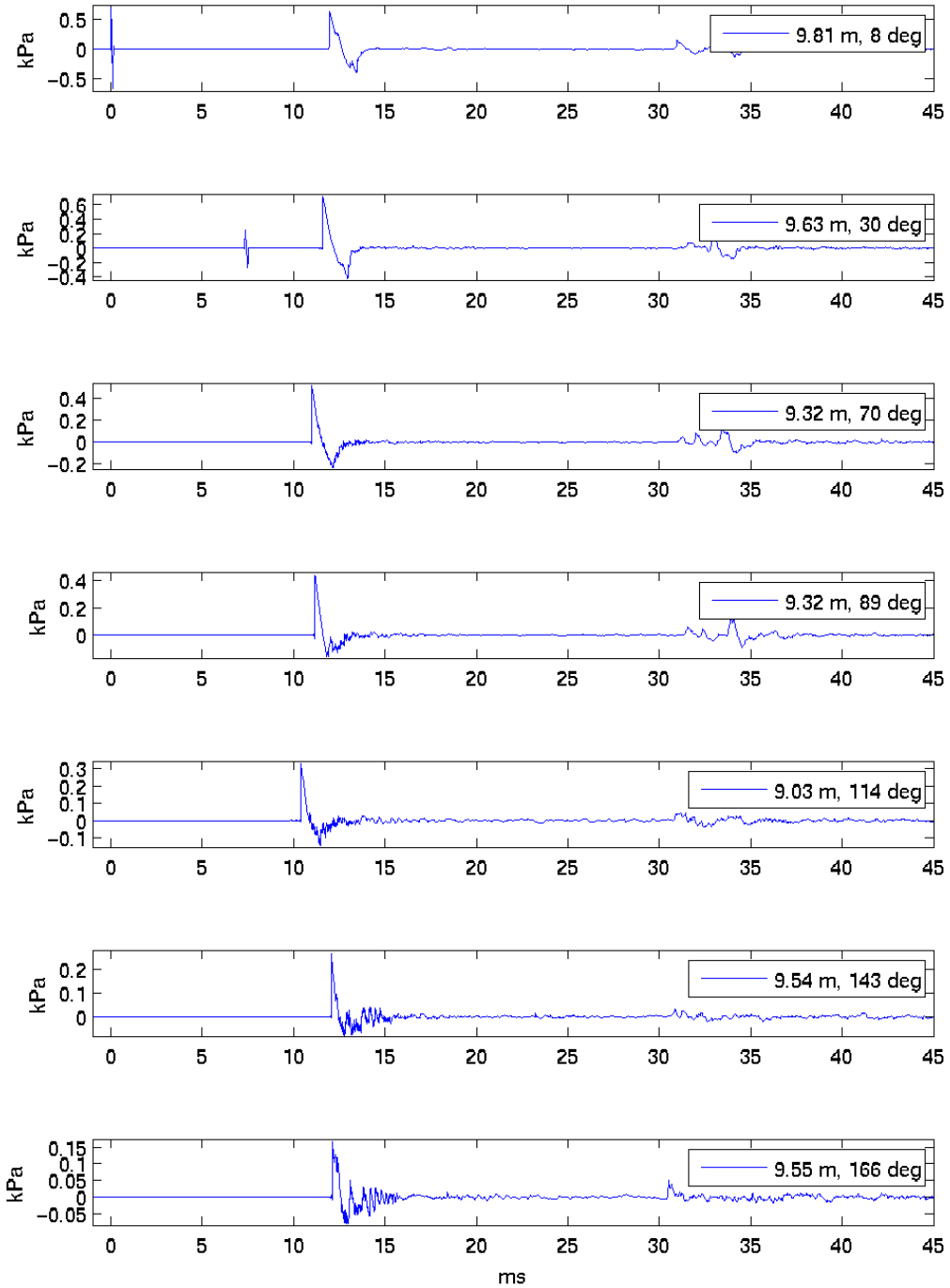
FN Minimi Para 5.56 x 45 mm NATO, loeps lengde 355 mm, SS109 lot 27-T-11, shot 3



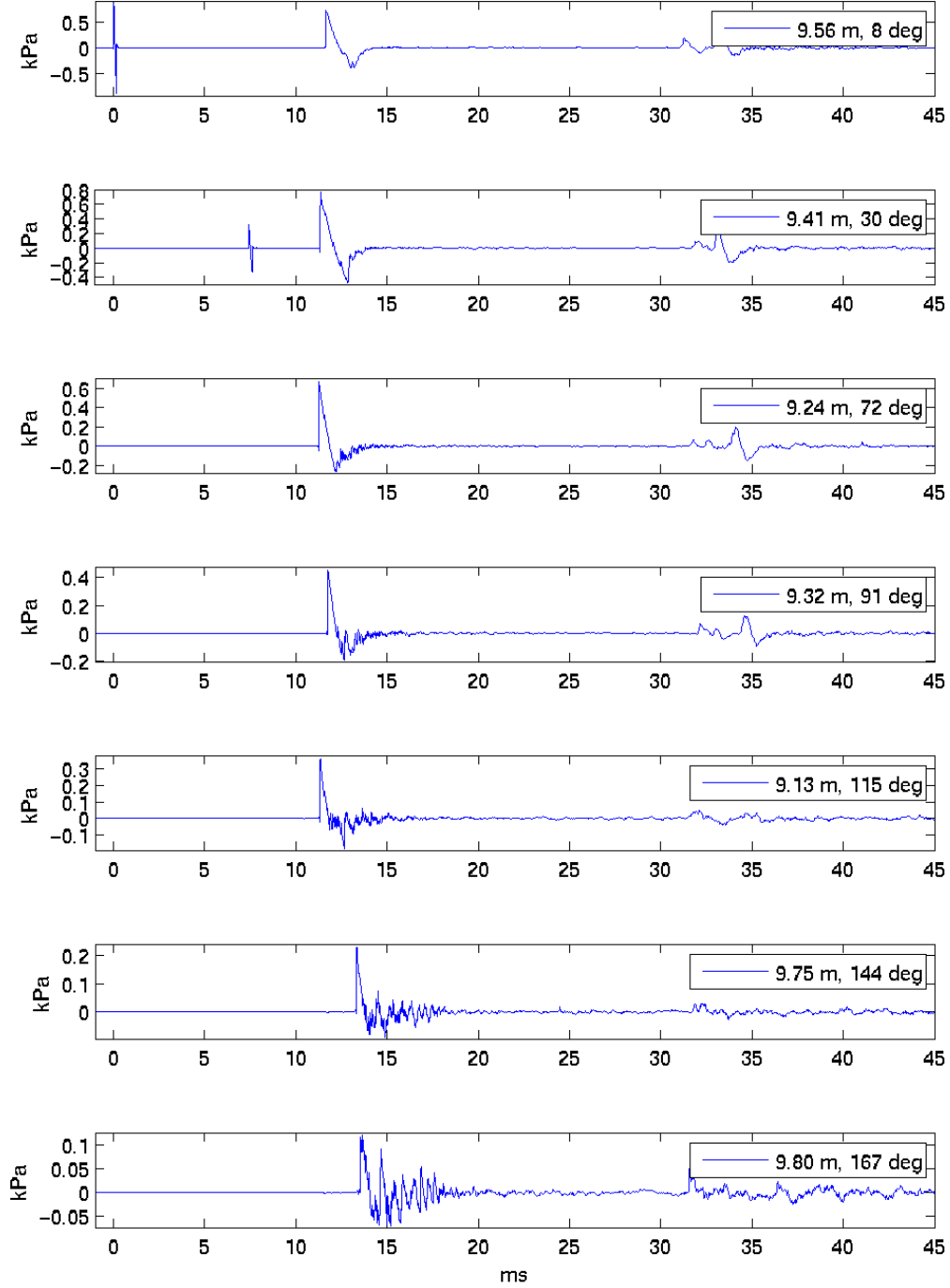
HK 416 N, kaliber 5.56 x 45 mm NATO, NM255 lot 14-CG-12, shot 3



HK 416 K, kaliber 5.56 x 45 mm NATO, NM255 lot 14-CG-12, shot 3



AG3, kaliber 7.62 x 51 mm NATO, NM231 lot 04-CG-07, shot 3



Vedlegg F Frittfelts referanseverdier 10 m, uniforme vinkelsegmenter

Tabellene F.2–F.8 gir referanseverdier på 10 m for frittfelts 1/3-oktav SEL-spekter, for uniforme vinkelsegmenter. I Tabell F.1 ser vi kildestyrken i de forskjellige retningene for våpnene. Vi ser her størrelser som beskriver både direktiviteten og det totale energinivået til våpnene. I Tabell F.1 er effMidLevel det gjennomsnittlige energinivået over forskjellige retninger. Dette tallet beskriver det totale støynivået til våpenet.

	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg	effMidLevel
FN Minimi Std NM255	116.3	115.5	111.3	106.4	101.9	97.5	96.4	111.1
FN Minimi Std SS109	116.6	115.8	111.7	107.1	101.9	98.7	99.0	111.4
FN Minimi Para NM255	115.4	114.0	111.0	108.1	105.2	102.0	99.8	110.5
FN Minimi Para SS109	115.5	114.3	111.8	108.7	105.5	102.5	100.1	110.8
HK 416 N NM255	113.5	113.2	111.2	107.1	103.3	100.4	99.3	109.6
HK 416 K NM255	115.4	115.2	113.1	109.4	106.0	103.4	102.1	111.6
AG3 NM231	117.3	116.9	114.9	110.5	105.6	102.9	102.1	113.2

Tabell F.1 Frittfelts SEL (dB) for alle våpnene, uniforme vinkelsegmenter, 10 m.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	116.3	115.5	111.3	106.4	101.9	97.5	96.4
0.8	40.9	33.5	31.2	38.1	44.0	46.4	44.8
1	41.9	35.1	32.6	39.1	45.1	47.4	45.9
1.25	43.0	36.9	34.3	40.1	46.2	48.3	47.0
1.6	44.1	39.0	36.1	41.2	47.3	49.3	48.1
2	45.4	41.2	38.1	42.3	48.4	50.2	49.2
2.5	46.8	43.6	40.3	43.6	49.5	51.1	50.3
3.15	48.3	46.2	42.7	45.0	50.6	52.0	51.4
4	50.1	48.9	45.3	46.7	51.8	53.0	52.6
5	52.2	51.6	48.1	48.5	52.9	53.9	53.7
6.3	54.5	54.4	51.0	50.5	54.1	54.9	54.9
8	57.1	57.2	54.0	52.8	55.3	55.9	56.1
10	59.8	60.1	57.0	55.2	56.6	57.0	57.3
12.5	62.7	63.0	60.1	57.6	58.1	58.2	58.6
16	65.7	65.9	63.2	60.2	59.6	59.5	59.9
20	68.8	68.8	66.3	62.9	61.3	60.9	61.2
25	72.0	71.8	69.4	65.6	63.3	62.5	62.6
31.5	75.3	74.8	72.4	68.4	65.5	64.2	63.8
40	78.7	77.9	75.5	71.2	67.9	66.0	64.9
50	82.1	81.1	78.5	74.1	70.5	67.7	65.6
63	85.4	84.3	81.6	76.9	73.1	69.5	66.4
80	88.7	87.5	84.6	79.8	75.5	71.6	69.0
100	91.9	90.7	87.4	82.6	77.6	74.3	73.1
125	95.1	93.9	90.2	85.1	79.9	76.7	75.9
160	98.4	97.1	93.0	87.4	82.5	78.8	77.3
200	101.5	100.2	95.6	89.8	84.5	81.3	80.9
250	104.1	102.9	98.1	92.1	86.5	83.0	83.0
315	106.8	105.4	100.2	94.1	88.9	85.0	83.9
400	108.6	107.1	102.5	95.2	91.3	88.0	84.4
500	109.4	108.2	103.4	96.6	92.9	88.2	84.2
630	108.1	108.0	103.4	96.9	91.8	85.2	81.6
800	103.0	105.4	101.3	96.6	91.6	81.5	78.2
1000	100.1	98.6	95.9	96.6	89.6	81.4	82.2
1250	104.0	101.2	97.4	95.9	90.4	86.1	86.7
1600	97.8	100.6	98.1	93.9	88.9	85.4	88.1
2000	101.2	98.2	95.6	92.4	89.1	86.3	83.1
2500	98.3	97.6	93.5	92.3	89.9	86.0	86.5
3150	96.9	97.0	95.6	92.0	87.1	83.9	83.4
4000	96.0	96.3	93.6	89.9	87.9	83.4	80.1
5000	95.2	94.9	93.1	89.7	86.3	82.6	80.2
6300	94.3	93.7	91.3	88.3	85.4	82.8	82.0
8000	92.9	93.1	91.1	87.8	85.4	82.7	81.4
10000	92.0	91.9	89.8	86.5	83.9	80.6	78.9
12500	90.9	90.8	88.2	85.6	83.0	79.6	78.7
16000	89.6	89.4	87.1	84.2	81.6	78.4	77.1
20000	88.4	88.5	85.9	83.3	80.2	76.5	75.9

Tabell F.2 Frittfeltets SEL (dB): FN Minimi Standard 5.56 x 45 mm NATO, løpslengde 470 mm.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	116.6	115.8	111.7	107.1	101.9	98.7	99.0
0.8	44.5	39.7	34.3	34.7	37.8	39.4	38.8
1	45.5	40.8	35.5	35.8	38.8	40.4	39.8
1.25	46.6	42.0	36.9	37.0	39.8	41.4	40.8
1.6	47.7	43.3	38.4	38.2	40.8	42.4	41.8
2	48.8	44.7	40.0	39.6	41.9	43.4	42.8
2.5	50.0	46.2	41.9	41.2	43.0	44.5	43.9
3.15	51.4	48.0	44.1	43.0	44.2	45.5	44.9
4	52.9	50.0	46.5	44.9	45.5	46.6	46.1
5	54.6	52.2	49.0	47.1	46.9	47.7	47.2
6.3	56.6	54.6	51.8	49.5	48.6	48.8	48.5
8	58.7	57.2	54.6	52.1	50.4	50.0	49.9
10	61.2	59.9	57.4	54.8	52.3	51.4	51.5
12.5	63.8	62.8	60.3	57.7	54.5	52.9	53.2
16	66.5	65.8	63.3	60.6	56.9	54.6	55.1
20	69.5	68.9	66.2	63.5	59.4	56.5	57.0
25	72.6	72.0	69.3	66.5	62.1	58.7	59.0
31.5	75.8	75.2	72.4	69.3	64.9	61.2	61.0
40	79.2	78.4	75.6	72.2	67.8	63.8	62.7
50	82.6	81.7	78.9	74.9	70.7	66.5	64.4
63	86.1	85.0	82.2	77.7	73.5	69.3	66.5
80	89.4	88.2	85.3	80.4	75.9	72.0	69.6
100	92.6	91.4	88.1	83.2	78.1	74.6	73.4
125	95.7	94.5	90.9	85.8	80.4	76.8	76.0
160	99.1	97.8	93.7	88.1	82.9	79.2	77.8
200	102.0	100.8	96.3	90.4	84.9	81.6	81.3
250	104.6	103.5	98.6	92.7	87.0	83.4	83.4
315	107.2	105.9	100.6	94.8	89.2	85.0	84.7
400	109.0	107.5	102.9	95.8	91.6	87.4	83.6
500	109.7	108.5	103.7	97.2	93.0	87.4	83.3
630	108.2	108.2	103.2	97.9	91.5	82.8	80.5
800	102.6	105.3	100.4	98.3	90.2	80.5	84.6
1000	101.5	98.3	97.0	97.4	91.2	88.4	90.3
1250	103.6	101.0	100.2	96.0	90.3	91.3	91.9
1600	99.3	100.1	99.0	93.8	87.9	87.6	89.9
2000	100.1	99.0	96.3	93.1	89.4	87.0	87.1
2500	99.2	97.5	93.9	92.9	89.1	86.8	89.2
3150	97.2	97.2	95.8	91.9	86.1	84.3	85.7
4000	96.7	96.0	93.7	90.2	87.2	83.6	81.2
5000	95.5	94.8	94.0	89.9	86.8	85.1	82.6
6300	94.5	94.0	92.2	89.0	85.0	83.5	84.0
8000	93.2	92.6	91.3	88.2	84.8	82.2	80.5
10000	92.3	91.9	90.3	86.9	84.0	81.4	79.3
12500	90.9	90.8	88.8	85.9	82.3	79.7	79.5
16000	89.8	89.7	87.6	84.7	81.5	78.6	77.8
20000	88.6	88.6	86.7	83.4	80.5	77.7	76.2

Tabell F.3 Fritt felts SEL (dB): FN Minimi Standard 5.56 x 45 mm NATO, løpslengde 470 mm.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	115.4	114.0	111.0	108.1	105.2	102.0	99.8
0.8	47.0	50.7	47.0	41.0	50.3	48.9	39.3
1	48.0	51.7	48.1	42.0	51.3	49.9	40.3
1.25	49.0	52.7	49.1	43.1	52.3	50.9	41.3
1.6	50.1	53.7	50.2	44.1	53.3	51.9	42.3
2	51.2	54.8	51.4	45.3	54.3	52.9	43.4
2.5	52.3	55.9	52.6	46.4	55.3	54.0	44.4
3.15	53.5	57.0	53.9	47.7	56.4	55.0	45.5
4	54.9	58.2	55.3	49.1	57.4	56.1	46.6
5	56.3	59.6	56.9	50.7	58.5	57.2	47.9
6.3	58.0	61.0	58.7	52.5	59.6	58.4	49.2
8	59.8	62.6	60.6	54.5	60.8	59.6	50.7
10	61.9	64.4	62.7	56.7	62.1	60.8	52.5
12.5	64.2	66.5	64.9	59.2	63.6	62.2	54.4
16	66.7	68.7	67.2	61.9	65.2	63.5	56.7
20	69.3	71.1	69.6	64.7	67.0	65.0	59.1
25	72.1	73.6	72.1	67.6	68.8	66.5	61.5
31.5	74.9	76.2	74.6	70.5	70.8	68.1	64.0
40	77.9	78.8	77.2	73.3	72.8	70.0	66.3
50	81.1	81.4	79.8	76.0	74.9	72.1	68.5
63	84.4	84.0	82.4	78.7	76.9	74.4	71.0
80	87.6	86.8	85.0	81.6	79.1	76.8	74.3
100	90.6	89.8	87.6	84.5	81.5	79.1	78.0
125	93.5	92.7	90.3	87.3	83.9	81.5	81.0
160	96.7	95.5	93.0	89.6	86.2	84.1	83.4
200	99.8	98.8	95.5	92.1	88.6	86.0	86.0
250	102.2	101.4	98.0	94.4	90.5	87.7	87.8
315	104.8	103.6	100.1	96.2	92.4	89.5	88.8
400	107.1	105.5	101.9	97.1	94.3	92.2	89.9
500	108.1	106.7	102.5	98.3	96.1	92.6	89.9
630	108.1	106.5	102.5	98.5	94.9	91.3	89.6
800	105.3	104.6	101.3	98.1	94.3	89.6	87.9
1000	97.5	98.7	100.5	97.3	93.9	91.0	87.8
1250	102.0	98.3	98.5	97.4	95.0	93.1	88.4
1600	101.1	99.4	95.6	95.5	93.1	88.3	87.8
2000	98.7	96.0	95.5	95.7	91.2	86.5	84.4
2500	97.0	95.8	94.4	93.1	92.1	87.6	83.0
3150	96.8	94.6	93.3	92.8	90.8	86.7	83.2
4000	95.7	93.7	92.6	91.4	90.4	87.4	83.1
5000	94.8	93.3	92.4	90.5	88.2	85.5	82.6
6300	93.4	92.7	90.9	90.3	88.4	85.5	84.9
8000	92.6	91.4	89.7	88.8	87.5	84.7	82.7
10000	91.8	90.2	88.8	87.7	86.0	83.3	81.1
12500	90.9	89.4	88.1	86.2	85.2	82.2	78.2
16000	89.5	88.0	86.6	85.5	84.2	81.2	78.2
20000	88.2	87.1	85.6	84.2	83.0	79.8	76.5

Tabell F.4 Frittfeltets SEL (dB): FN Minimi Para 5.56 x 45 mm NATO, løpslengde 355 mm.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	115.5	114.3	111.8	108.7	105.5	102.5	100.1
0.8	46.9	45.8	37.7	37.3	43.7	41.9	40.4
1	47.9	46.9	38.9	38.4	44.7	42.9	41.4
1.25	48.9	48.0	40.3	39.6	45.6	44.0	42.3
1.6	49.9	49.1	41.8	40.9	46.6	45.1	43.3
2	51.0	50.3	43.5	42.2	47.6	46.2	44.3
2.5	52.1	51.6	45.4	43.7	48.6	47.3	45.3
3.15	53.2	53.0	47.5	45.4	49.7	48.5	46.3
4	54.5	54.6	49.7	47.2	50.9	49.7	47.4
5	55.9	56.3	52.1	49.3	52.2	51.0	48.7
6.3	57.5	58.2	54.6	51.5	53.6	52.3	50.1
8	59.3	60.4	57.1	54.0	55.3	53.7	51.8
10	61.4	62.7	59.8	56.7	57.2	55.2	53.8
12.5	63.7	65.2	62.5	59.5	59.2	56.8	56.0
16	66.2	67.9	65.2	62.4	61.4	58.6	58.3
20	68.9	70.6	68.0	65.3	63.8	60.7	60.8
25	71.8	73.4	70.8	68.2	66.3	63.0	63.2
31.5	74.9	76.1	73.8	71.0	68.9	65.6	65.5
40	78.1	78.8	76.7	73.8	71.5	68.5	67.6
50	81.5	81.5	79.7	76.5	74.2	71.4	69.6
63	84.9	84.3	82.7	79.3	76.8	74.3	71.9
80	88.3	87.3	85.5	82.2	79.3	77.0	74.9
100	91.3	90.4	88.2	85.1	81.8	79.4	78.4
125	94.1	93.3	90.9	87.9	84.3	81.8	81.4
160	97.2	96.2	93.6	90.2	86.6	84.4	83.9
200	100.3	99.4	96.1	92.5	89.0	86.4	86.3
250	102.6	101.9	98.6	94.8	90.8	88.1	88.1
315	105.1	104.0	100.6	96.5	92.6	89.6	89.0
400	107.4	105.8	102.3	97.3	94.4	92.2	89.8
500	108.2	106.9	102.9	98.5	95.8	92.1	89.5
630	108.0	106.5	102.8	99.0	94.7	90.2	88.3
800	105.2	104.3	102.0	99.4	94.9	89.8	88.0
1000	99.6	99.0	101.5	99.1	94.9	93.6	90.8
1250	101.4	99.8	100.9	98.6	95.6	94.2	90.8
1600	99.5	99.7	97.2	95.6	93.5	88.4	86.6
2000	99.8	96.0	95.4	94.8	92.4	87.1	80.7
2500	97.0	96.7	96.2	94.6	92.7	89.1	85.9
3150	97.3	94.9	94.5	93.0	91.5	88.6	83.7
4000	96.1	94.7	93.8	91.6	88.8	86.4	84.1
5000	95.1	94.0	93.3	91.1	90.1	87.5	83.1
6300	93.9	92.6	92.5	90.0	88.0	85.9	82.0
8000	92.7	91.3	91.1	89.7	87.8	85.0	81.4
10000	91.7	90.5	89.9	88.3	86.2	83.5	80.8
12500	90.3	89.4	89.1	87.2	85.8	83.1	79.2
16000	89.2	88.4	87.6	86.0	84.4	81.7	78.8
20000	87.8	87.5	86.8	84.5	83.5	80.3	76.1

Tabell F.5 Frittfeltets SEL (dB): FN Minimi Para 5.56 x 45 mm NATO, løpslengde 355 mm.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	113.5	113.2	111.2	107.1	103.3	100.4	99.3
0.8	53.0	44.5	37.9	44.7	38.8	35.2	42.4
1	54.0	45.5	38.9	45.7	39.8	36.2	43.4
1.25	55.0	46.6	40.0	46.7	40.8	37.3	44.4
1.6	56.0	47.7	41.2	47.8	41.9	38.3	45.4
2	57.0	48.9	42.4	48.8	43.0	39.4	46.4
2.5	58.0	50.1	43.8	49.9	44.1	40.6	47.4
3.15	59.1	51.5	45.3	51.0	45.3	41.8	48.4
4	60.2	53.0	47.1	52.2	46.5	43.2	49.4
5	61.3	54.7	49.1	53.5	47.9	44.7	50.5
6.3	62.5	56.6	51.3	54.9	49.5	46.4	51.6
8	63.9	58.8	53.9	56.5	51.3	48.3	52.8
10	65.4	61.2	56.6	58.2	53.3	50.4	54.2
12.5	67.2	63.7	59.6	60.1	55.5	52.7	55.8
16	69.2	66.5	62.6	62.3	58.0	55.2	57.5
20	71.4	69.3	65.7	64.6	60.5	57.7	59.4
25	73.9	72.2	68.9	67.1	63.2	60.4	61.3
31.5	76.5	75.1	72.1	69.8	66.0	63.1	63.2
40	79.4	78.1	75.4	72.5	68.8	65.7	64.9
50	82.4	81.2	78.8	75.3	71.6	68.3	66.4
63	85.4	84.3	82.0	78.1	74.3	70.9	68.4
80	88.5	87.5	85.1	80.9	76.8	73.5	71.6
100	91.5	90.6	87.8	83.8	79.3	76.2	75.5
125	94.3	93.4	90.5	86.4	81.7	78.6	78.1
160	97.1	96.1	93.2	88.7	84.0	80.9	80.1
200	99.7	99.0	95.6	91.1	86.2	83.1	82.8
250	101.6	101.2	98.0	93.4	88.1	84.3	83.8
315	103.5	103.0	99.9	95.2	90.1	85.9	84.6
400	105.1	104.4	101.9	96.1	92.0	88.7	85.7
500	105.4	105.4	102.8	97.6	93.4	89.2	86.6
630	104.6	105.2	103.0	98.1	92.8	89.0	88.2
800	101.2	103.3	101.5	97.3	93.2	89.2	89.2
1000	99.2	98.8	98.3	95.5	92.0	90.7	90.2
1250	101.8	98.0	96.8	95.7	91.5	91.6	92.3
1600	99.1	98.6	98.7	96.1	91.5	89.3	88.7
2000	96.7	96.4	95.7	93.0	92.5	86.6	78.9
2500	97.6	96.7	95.9	90.8	89.7	87.5	81.1
3150	95.6	95.5	94.8	92.6	89.0	86.2	85.2
4000	94.3	94.1	93.0	90.1	88.0	87.0	86.0
5000	93.6	93.7	93.4	89.6	87.0	85.1	82.5
6300	92.8	92.1	91.3	88.8	86.4	84.2	82.0
8000	91.3	91.0	90.3	88.1	85.7	83.2	81.3
10000	90.4	89.8	89.3	86.6	84.8	82.9	80.2
12500	88.9	88.9	87.9	85.9	83.7	81.4	80.3
16000	87.8	87.9	86.8	84.6	83.1	80.2	77.8
20000	86.6	86.8	86.1	83.3	81.8	78.9	75.4

Tabell F.6 Frittfeltets SEL (dB): HK 416 N, kaliber 5.56 x 45 mm NATO.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	115.4	115.2	113.1	109.4	106.0	103.4	102.1
0.8	39.0	41.0	35.2	33.2	35.7	34.2	36.0
1	40.3	42.2	36.7	34.5	36.7	35.4	37.0
1.25	41.6	43.4	38.3	35.9	37.8	36.5	37.9
1.6	43.2	44.7	40.0	37.5	38.9	37.7	38.9
2	44.9	46.1	42.0	39.3	40.0	39.0	39.9
2.5	46.8	47.7	44.0	41.2	41.4	40.3	41.0
3.15	49.0	49.5	46.2	43.4	42.9	41.8	42.2
4	51.4	51.5	48.6	45.8	44.6	43.4	43.6
5	54.0	53.6	51.0	48.4	46.5	45.1	45.2
6.3	56.7	56.0	53.6	51.1	48.7	47.1	47.1
8	59.5	58.6	56.3	54.0	51.1	49.2	49.2
10	62.4	61.3	59.1	56.9	53.7	51.6	51.5
12.5	65.3	64.2	61.9	59.8	56.4	54.1	54.0
16	68.3	67.1	64.9	62.7	59.2	56.8	56.6
20	71.3	70.1	67.9	65.7	62.1	59.5	59.2
25	74.3	73.2	71.0	68.6	65.1	62.4	61.9
31.5	77.4	76.4	74.2	71.6	68.1	65.3	64.4
40	80.6	79.7	77.5	74.5	71.1	68.2	67.0
50	83.8	83.0	80.8	77.4	74.1	71.1	69.5
63	87.1	86.3	84.1	80.4	77.0	74.1	72.3
80	90.4	89.5	87.2	83.5	79.8	77.0	75.5
100	93.5	92.6	90.2	86.4	82.5	79.8	78.8
125	96.4	95.6	93.0	89.2	85.1	82.3	81.7
160	99.3	98.5	95.7	91.8	87.4	84.9	84.5
200	102.3	101.4	98.3	94.3	89.8	87.0	86.9
250	104.5	104.0	100.7	96.7	92.0	88.3	88.2
315	106.4	105.8	102.8	98.5	93.9	90.1	89.1
400	107.9	107.0	104.5	99.5	95.4	92.9	90.9
500	107.9	107.7	105.2	100.4	96.9	93.1	90.4
630	106.4	106.7	104.4	100.7	96.3	92.7	92.4
800	101.7	103.3	102.1	98.9	94.2	91.3	92.5
1000	99.5	98.5	98.4	98.0	94.9	93.5	93.9
1250	99.7	100.9	101.5	97.6	95.0	94.7	93.6
1600	99.3	98.9	99.1	96.4	93.9	89.9	85.2
2000	99.5	99.8	96.5	93.1	92.6	88.9	86.0
2500	98.6	96.8	97.3	95.4	92.7	89.2	84.1
3150	95.9	96.5	95.8	91.6	91.3	91.5	88.9
4000	95.0	95.0	95.2	92.2	91.1	88.4	83.7
5000	94.5	94.1	93.6	90.7	88.4	86.1	83.2
6300	93.5	93.2	92.6	89.9	88.8	87.0	83.9
8000	92.2	92.1	91.6	89.4	87.6	85.2	82.9
10000	91.0	91.3	90.6	88.1	86.5	84.5	82.7
12500	89.7	90.1	89.4	86.5	85.4	83.0	80.1
16000	88.5	88.9	88.3	85.6	84.6	82.1	79.0
20000	87.4	87.7	87.0	84.2	83.1	80.8	77.9

Tabell F.7 Fritt felts SEL (dB): HK 416 K, kaliber 5.56 x 45 mm NATO.

Freq	0 deg	30 deg	60 deg	90 deg	120 deg	150 deg	180 deg
Sum	117.3	116.9	114.9	110.5	105.6	102.9	102.1
0.8	40.7	41.2	34.2	34.7	40.9	40.4	41.6
1	42.2	42.5	36.2	36.3	41.8	41.5	42.5
1.25	43.8	44.0	38.4	37.9	42.7	42.7	43.3
1.6	45.6	45.7	40.7	39.7	43.7	43.9	44.2
2	47.7	47.6	43.2	41.7	44.7	45.1	45.2
2.5	50.0	49.7	45.9	43.8	45.9	46.3	46.2
3.15	52.5	51.9	48.6	46.1	47.2	47.6	47.3
4	55.2	54.4	51.4	48.6	48.8	49.0	48.5
5	57.9	57.0	54.3	51.3	50.6	50.4	49.9
6.3	60.8	59.8	57.2	54.0	52.6	52.1	51.4
8	63.7	62.6	60.1	56.8	54.8	53.9	53.2
10	66.6	65.5	63.1	59.7	57.3	55.9	55.1
12.5	69.6	68.5	66.0	62.7	59.8	58.2	57.3
16	72.6	71.5	69.0	65.7	62.5	60.6	59.6
20	75.6	74.5	72.1	68.7	65.3	63.0	62.0
25	78.6	77.5	75.1	71.7	68.1	65.6	64.4
31.5	81.7	80.6	78.2	74.7	70.9	68.0	66.7
40	84.8	83.7	81.3	77.7	73.7	70.4	68.9
50	87.9	86.9	84.4	80.7	76.5	72.8	70.9
63	91.1	90.1	87.6	83.6	79.2	75.2	73.2
80	94.3	93.2	90.6	86.4	81.8	78.0	76.1
100	97.3	96.3	93.4	89.0	84.4	81.0	79.5
125	100.2	99.1	96.0	91.6	86.7	83.3	82.3
160	103.1	102.0	98.6	94.0	88.9	85.2	84.4
200	105.6	104.7	101.2	96.1	91.0	87.5	86.8
250	107.5	106.8	103.1	98.4	92.6	88.3	88.0
315	109.2	108.4	104.7	99.9	94.0	89.2	88.4
400	109.9	109.2	106.4	100.4	95.6	90.5	86.4
500	109.0	109.1	106.7	101.2	95.8	90.0	86.5
630	104.9	107.1	106.4	101.0	93.8	89.3	89.6
800	100.2	102.0	104.2	100.5	94.8	93.1	93.0
1000	105.1	100.9	101.9	99.4	94.6	95.3	93.0
1250	101.8	102.5	100.4	98.2	95.4	91.7	91.3
1600	100.6	99.9	98.3	96.4	92.6	91.4	93.1
2000	100.0	99.7	98.8	96.4	91.9	90.1	91.2
2500	99.1	98.4	98.5	93.5	90.2	90.6	88.6
3150	98.0	97.6	96.5	94.5	90.5	88.4	88.8
4000	96.4	96.6	96.3	93.7	90.5	87.3	85.2
5000	95.5	95.7	95.3	92.5	88.8	86.5	85.9
6300	94.5	94.6	94.3	91.3	88.9	86.9	84.8
8000	93.2	93.7	93.4	90.4	87.8	85.3	83.4
10000	92.3	92.6	92.0	89.4	86.5	83.9	82.7
12500	91.1	91.4	90.7	88.2	85.5	83.3	82.4
16000	89.9	90.4	89.6	87.2	84.4	81.8	80.8
20000	88.7	89.4	88.5	85.6	83.4	80.6	78.6

Tabell F.8 Frittfeltets SEL (dB): AG3, kaliber 7.62 x 51 mm NATO.

Vedlegg G Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Standard, NM255

Data til MilstoeyII:

Vaapen: FN Minimi Standard 5.56 x 45 mm NATO, loepslengde 470 mm.

Ammunisjon: NM255 lot 14-CG-12.

Maaling: 5. juni 2015, Domba, FFI.

Versjon kildedata: 1.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01406.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalinger i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i Milstoey:

SEL L Lls Lfast Limp

1 111.1 111.1 120.1 125.7

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i Milstoey:

-1.4 -8.8 -11.1 -4.1 1.8 4.2 2.6 4.2 1.8 -4.1 -11.1 -8.8 -1.4
-1.4 -8.2 -10.6 -4.2 1.8 4.1 2.6 4.1 1.8 -4.2 -10.6 -8.2 -1.4
-1.3 -7.4 -10.1 -4.2 1.8 4.0 2.6 4.0 1.8 -4.2 -10.1 -7.4 -1.3
-1.3 -6.4 -9.3 -4.2 1.9 3.9 2.7 3.9 1.9 -4.2 -9.3 -6.4 -1.3
-1.1 -5.3 -8.4 -4.2 1.9 3.7 2.7 3.7 1.9 -4.2 -8.4 -5.3 -1.1
-0.9 -4.1 -7.4 -4.1 1.8 3.4 2.6 3.4 1.8 -4.1 -7.4 -4.1 -0.9
-0.6 -2.8 -6.2 -3.9 1.7 3.1 2.5 3.1 1.7 -3.9 -6.2 -2.8 -0.6
-0.2 -1.5 -5.0 -3.7 1.4 2.6 2.2 2.6 1.4 -3.7 -5.0 -1.5 -0.2
0.3 -0.3 -3.8 -3.4 1.1 2.0 1.9 2.0 1.1 -3.4 -3.8 -0.3 0.3
0.9 0.8 -2.6 -3.1 0.5 1.3 1.3 1.3 0.5 -3.1 -2.6 0.8 0.9
1.5 1.7 -1.6 -2.8 -0.2 0.3 0.5 0.3 -0.2 -2.8 -1.6 1.7 1.5
2.1 2.4 -0.7 -2.6 -1.1 -0.7 -0.4 -0.7 -1.1 -2.6 -0.7 2.4 2.1
2.6 2.8 -0.0 -2.5 -2.1 -1.9 -1.5 -1.9 -2.1 -2.5 -0.0 2.8 2.6
3.0 3.2 0.5 -2.5 -3.1 -3.2 -2.8 -3.2 -3.1 -2.5 0.5 3.2 3.0
3.4 3.4 0.9 -2.5 -4.1 -4.5 -4.2 -4.5 -4.1 -2.5 0.9 3.4 3.4
3.7 3.5 1.1 -2.6 -5.0 -5.7 -5.7 -5.7 -5.0 -2.6 1.1 3.5 3.7
4.1 3.6 1.2 -2.8 -5.7 -7.0 -7.4 -7.0 -5.7 -2.8 1.2 3.6 4.1
4.4 3.7 1.2 -3.0 -6.3 -8.2 -9.3 -8.2 -6.3 -3.0 1.2 3.7 4.4

4.7 3.7 1.2 -3.3 -6.8 -9.6 -11.7 -9.6 -6.8 -3.3 1.2 3.7 4.7
5.0 3.8 1.1 -3.5 -7.3 -11.0 -14.0 -11.0 -7.3 -3.5 1.1 3.8 5.0
5.1 3.9 1.0 -3.8 -8.1 -12.0 -14.6 -12.0 -8.1 -3.8 1.0 3.9 5.1
5.2 4.1 0.8 -4.1 -9.0 -12.4 -13.5 -12.4 -9.0 -4.1 0.8 4.1 5.2
5.4 4.2 0.5 -4.6 -9.8 -13.0 -13.8 -13.0 -9.8 -4.6 0.5 4.2 5.4
5.6 4.3 0.2 -5.4 -10.3 -14.0 -15.5 -14.0 -10.3 -5.4 0.2 4.3 5.6
5.7 4.5 -0.1 -6.0 -11.3 -14.5 -14.9 -14.5 -11.3 -6.0 -0.1 4.5 5.7
5.7 4.6 -0.3 -6.2 -11.9 -15.4 -15.3 -15.4 -11.9 -6.2 -0.3 4.6 5.7
6.0 4.5 -0.6 -6.7 -12.0 -15.9 -16.9 -15.9 -12.0 -6.7 -0.6 4.5 6.0
6.0 4.4 -0.2 -7.5 -11.4 -14.7 -18.2 -14.7 -11.4 -7.5 -0.2 4.4 6.0
5.8 4.6 -0.3 -7.0 -10.8 -15.4 -19.4 -15.4 -10.8 -7.0 -0.3 4.6 5.8
5.0 4.8 0.2 -6.3 -11.4 -17.9 -21.5 -17.9 -11.4 -6.3 0.2 4.8 5.0
2.7 5.1 1.0 -3.7 -8.7 -18.8 -22.1 -18.8 -8.7 -3.7 1.0 5.1 2.7
4.5 3.0 0.3 1.0 -6.0 -14.2 -13.4 -14.2 -6.0 1.0 0.3 3.0 4.5
6.1 3.3 -0.5 -2.0 -7.5 -11.8 -11.2 -11.8 -7.5 -2.0 -0.5 3.3 6.1
1.6 4.4 1.9 -2.2 -7.2 -10.7 -8.1 -10.7 -7.2 -2.2 1.9 4.4 1.6
6.0 3.0 0.4 -2.8 -6.1 -8.9 -12.1 -8.9 -6.1 -2.8 0.4 3.0 6.0
4.4 3.7 -0.4 -1.6 -4.0 -7.9 -7.4 -7.9 -4.0 -1.6 -0.4 3.7 4.4
3.4 3.4 2.1 -1.6 -6.4 -9.6 -10.2 -9.6 -6.4 -1.6 2.1 3.4 3.4
3.6 3.9 1.2 -2.5 -4.5 -9.0 -12.3 -9.0 -4.5 -2.5 1.2 3.9 3.6
3.8 3.4 1.7 -1.8 -5.1 -8.9 -11.2 -8.9 -5.1 -1.8 1.7 3.4 3.8
4.1 3.4 1.1 -1.9 -4.9 -7.4 -8.2 -7.4 -4.9 -1.9 1.1 3.4 4.1
3.2 3.5 1.5 -1.9 -4.2 -6.9 -8.2 -6.9 -4.2 -1.9 1.5 3.5 3.2
3.6 3.5 1.4 -1.8 -4.5 -7.8 -9.5 -7.8 -4.5 -1.8 1.4 3.5 3.6
3.7 3.6 0.9 -1.6 -4.2 -7.7 -8.6 -7.7 -4.2 -1.6 0.9 3.6 3.7
3.6 3.5 1.2 -1.7 -4.3 -7.5 -8.9 -7.5 -4.3 -1.7 1.2 3.5 3.6
3.6 3.7 1.1 -1.5 -4.6 -8.3 -8.9 -8.3 -4.6 -1.5 1.1 3.7 3.6

Foelgende skal inn i SPEKTER i Milstoey:

-68.8 -67.8 -66.8 -65.7 -64.6 -63.4 -62.1 -60.8 -59.2 -57.5 -55.5 -53.3 -51.0
-48.4 -45.7 -42.8 -39.9 -36.9 -33.8 -30.6 -27.5 -24.4 -21.4 -18.3 -15.3 -12.7
-10.3 -8.4 -7.4 -7.9 -10.8 -15.5 -13.2 -14.9 -15.9 -17.2 -17.5 -18.7 -19.7
-20.9 -21.5 -22.7 -23.8 -25.2 -26.3

Vedlegg H Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Standard, SS109

Data til MilstoeyII:

Vaapen: FN Minimi Standard 5.56 x 45 mm NATO, loepslengde 470 mm.

Ammunisjon: SS109 lot 27-T-11.

Maaling: 5. juni 2015, Domba, FFI.

Versjon kildedata: 1.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01416.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalinger i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i Milstoey:

SEL L Lls Lfast Limp

1 111.4 111.4 120.4 126.0

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i Milstoey:

5.5 0.7 -4.7 -4.3 -1.2 0.4 -0.2 0.4 -1.2 -4.3 -4.7 0.7 5.5
5.5 0.8 -4.5 -4.3 -1.3 0.3 -0.2 0.3 -1.3 -4.3 -4.5 0.8 5.5
5.4 0.9 -4.3 -4.2 -1.3 0.3 -0.3 0.3 -1.3 -4.2 -4.3 0.9 5.4
5.4 1.0 -3.9 -4.0 -1.4 0.1 -0.5 0.1 -1.4 -4.0 -3.9 1.0 5.4
5.3 1.2 -3.5 -3.8 -1.6 -0.0 -0.7 -0.0 -1.6 -3.8 -3.5 1.2 5.3
5.2 1.4 -2.9 -3.6 -1.8 -0.3 -0.9 -0.3 -1.8 -3.6 -2.9 1.4 5.2
5.1 1.7 -2.2 -3.3 -2.1 -0.8 -1.3 -0.8 -2.1 -3.3 -2.2 1.7 5.1
5.0 2.0 -1.5 -3.0 -2.4 -1.4 -1.9 -1.4 -2.4 -3.0 -1.5 2.0 5.0
4.8 2.3 -0.8 -2.7 -2.9 -2.2 -2.6 -2.2 -2.9 -2.7 -0.8 2.3 4.8
4.6 2.6 -0.2 -2.4 -3.4 -3.1 -3.4 -3.1 -3.4 -2.4 -0.2 2.6 4.6
4.5 2.9 0.3 -2.2 -3.9 -4.3 -4.3 -4.3 -3.9 -2.2 0.3 2.9 4.5
4.3 3.1 0.6 -2.0 -4.5 -5.5 -5.3 -5.5 -4.5 -2.0 0.6 3.1 4.3
4.3 3.3 0.8 -1.8 -5.0 -6.6 -6.3 -6.6 -5.0 -1.8 0.8 3.3 4.3
4.2 3.5 0.9 -1.7 -5.4 -7.8 -7.3 -7.8 -5.4 -1.7 0.9 3.5 4.2
4.2 3.6 1.0 -1.7 -5.8 -8.7 -8.2 -8.7 -5.8 -1.7 1.0 3.6 4.2
4.3 3.7 1.0 -1.8 -6.2 -9.6 -9.3 -9.6 -6.2 -1.8 1.0 3.7 4.3
4.4 3.8 1.0 -2.1 -6.5 -10.2 -10.4 -10.2 -6.5 -2.1 1.0 3.8 4.4
4.6 3.8 1.0 -2.4 -6.8 -10.8 -11.9 -10.8 -6.8 -2.4 1.0 3.8 4.6

4.8 3.8 1.1 -2.9 -7.2 -11.4 -13.4 -11.4 -7.2 -2.9 1.1 3.8 4.8
5.0 3.9 1.1 -3.5 -7.7 -11.9 -14.7 -11.9 -7.7 -3.5 1.1 3.9 5.0
5.1 4.0 1.0 -3.9 -8.4 -12.3 -14.7 -12.3 -8.4 -3.9 1.0 4.0 5.1
5.2 4.1 0.8 -4.2 -9.3 -12.8 -14.0 -12.8 -9.3 -4.2 0.8 4.1 5.2
5.4 4.2 0.5 -4.6 -10.0 -13.5 -14.3 -13.5 -10.0 -4.6 0.5 4.2 5.4
5.6 4.3 0.2 -5.4 -10.5 -14.2 -15.6 -14.2 -10.5 -5.4 0.2 4.3 5.6
5.7 4.5 -0.1 -6.0 -11.4 -14.7 -15.1 -14.7 -11.4 -6.0 -0.1 4.5 5.7
5.7 4.6 -0.3 -6.2 -11.9 -15.5 -15.5 -15.5 -11.9 -6.2 -0.3 4.6 5.7
5.9 4.6 -0.7 -6.5 -12.1 -16.3 -16.6 -16.3 -12.1 -6.5 -0.7 4.6 5.9
5.9 4.5 -0.2 -7.3 -11.5 -15.7 -19.5 -15.7 -11.5 -7.3 -0.2 4.5 5.9
5.8 4.6 -0.3 -6.7 -11.0 -16.5 -20.7 -16.5 -11.0 -6.7 -0.3 4.6 5.8
4.9 4.9 -0.1 -5.3 -11.8 -20.4 -22.8 -20.4 -11.8 -5.3 -0.1 4.9 4.9
2.5 5.2 0.2 -1.9 -10.0 -19.6 -15.6 -19.6 -10.0 -1.9 0.2 5.2 2.5
5.0 1.8 0.5 0.9 -5.3 -8.2 -6.3 -8.2 -5.3 0.9 0.5 1.8 5.0
5.2 2.5 1.8 -2.4 -8.1 -7.1 -6.5 -7.1 -8.1 -2.4 1.8 2.5 5.2
2.8 3.7 2.5 -2.7 -8.5 -8.9 -6.5 -8.9 -8.5 -2.7 2.5 3.7 2.8
4.6 3.6 0.8 -2.3 -6.1 -8.4 -8.3 -8.4 -6.1 -2.3 0.8 3.6 4.6
5.0 3.3 -0.4 -1.3 -5.1 -7.4 -5.0 -7.4 -5.1 -1.3 -0.4 3.3 5.0
3.5 3.5 2.1 -1.8 -7.7 -9.4 -8.0 -9.4 -7.7 -1.8 2.1 3.5 3.5
4.2 3.6 1.2 -2.2 -5.2 -8.8 -11.3 -8.8 -5.2 -2.2 1.2 3.6 4.2
3.6 3.0 2.1 -1.9 -5.0 -6.8 -9.2 -6.8 -5.0 -1.9 2.1 3.0 3.6
3.8 3.3 1.5 -1.7 -5.7 -7.2 -6.7 -7.2 -5.7 -1.7 1.5 3.3 3.8
3.7 3.0 1.8 -1.3 -4.7 -7.3 -9.1 -7.3 -4.7 -1.3 1.8 3.0 3.7
3.6 3.3 1.7 -1.8 -4.6 -7.3 -9.3 -7.3 -4.6 -1.8 1.7 3.3 3.6
3.5 3.4 1.5 -1.4 -5.1 -7.7 -7.9 -7.7 -5.1 -1.4 1.5 3.4 3.5
3.6 3.4 1.4 -1.5 -4.7 -7.6 -8.4 -7.6 -4.7 -1.5 1.4 3.4 3.6
3.5 3.4 1.6 -1.8 -4.7 -7.5 -8.9 -7.5 -4.7 -1.8 1.6 3.4 3.5

Foelgende skal inn i SPEKTER i Milstoey:

-72.4 -71.4 -70.3 -69.1 -67.9 -66.6 -65.1 -63.5 -61.6 -59.5 -57.1 -54.6 -51.9
-49.1 -46.1 -43.1 -40.0 -36.8 -33.6 -30.3 -27.1 -24.1 -21.1 -18.0 -15.0 -12.5
-10.1 -8.3 -7.5 -8.1 -11.2 -14.9 -13.0 -15.0 -16.0 -17.2 -17.7 -19.0 -19.6
-20.7 -21.9 -22.8 -24.0 -25.2 -26.3

Vedlegg I Emisjonsdata for MILSTØY: Minimi Para, NM255

Data til MilstoeyII:

Vaapen: FN Minimi Para 5.56 x 45 mm NATO, loepslengde 355 mm.

Ammunisjon: NM255 lot 14-CG-12.

Maaling: 5. juni 2015, Dampa, FFI.

Versjon kildedata: 1.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01416.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalinger i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i Milstoey:

SEL L Lls Lfast Limp

1 110.5 110.5 119.5 125.1

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i Milstoey:

-1.2 2.5 -1.1 -7.2 2.2 0.7 -8.9 0.7 2.2 -7.2 -1.1 2.5 -1.2
-1.2 2.5 -1.1 -7.2 2.2 0.7 -8.9 0.7 2.2 -7.2 -1.1 2.5 -1.2
-1.2 2.5 -1.1 -7.1 2.1 0.7 -8.9 0.7 2.1 -7.1 -1.1 2.5 -1.2
-1.1 2.5 -1.0 -7.1 2.1 0.7 -8.9 0.7 2.1 -7.1 -1.0 2.5 -1.1
-1.1 2.5 -0.9 -7.0 2.1 0.6 -8.9 0.6 2.1 -7.0 -0.9 2.5 -1.1
-1.0 2.5 -0.8 -6.9 2.0 0.6 -9.0 0.6 2.0 -6.9 -0.8 2.5 -1.0
-1.0 2.5 -0.6 -6.8 1.9 0.5 -9.0 0.5 1.9 -6.8 -0.6 2.5 -1.0
-0.8 2.6 -0.4 -6.6 1.7 0.4 -9.1 0.4 1.7 -6.6 -0.4 2.6 -0.8
-0.7 2.6 -0.1 -6.3 1.5 0.3 -9.1 0.3 1.5 -6.3 -0.1 2.6 -0.7
-0.4 2.6 0.3 -5.9 1.2 0.0 -9.2 0.0 1.2 -5.9 0.3 2.6 -0.4
-0.1 2.7 0.7 -5.5 0.9 -0.3 -9.2 -0.3 0.9 -5.5 0.7 2.7 -0.1
0.2 2.8 1.0 -5.0 0.5 -0.8 -9.2 -0.8 0.5 -5.0 1.0 2.8 0.2
0.6 2.9 1.3 -4.4 0.0 -1.4 -9.1 -1.4 0.0 -4.4 1.3 2.9 0.6
1.0 3.0 1.5 -3.8 -0.5 -2.2 -9.0 -2.2 -0.5 -3.8 1.5 3.0 1.0
1.3 3.1 1.6 -3.3 -1.0 -3.0 -8.9 -3.0 -1.0 -3.3 1.6 3.1 1.3
1.7 3.2 1.7 -2.8 -1.6 -3.9 -8.8 -3.9 -1.6 -2.8 1.7 3.2 1.7
2.0 3.3 1.7 -2.4 -2.1 -4.8 -8.9 -4.8 -2.1 -2.4 1.7 3.3 2.0
2.5 3.3 1.7 -2.2 -2.7 -5.5 -9.2 -5.5 -2.7 -2.2 1.7 3.3 2.5

3.0 3.3 1.7 -2.1 -3.2 -6.0 -9.6 -6.0 -3.2 -2.1 1.7 3.3 3.0
3.6 3.2 1.6 -2.1 -3.8 -6.4 -9.8 -6.4 -3.8 -2.1 1.6 3.2 3.6
4.0 3.2 1.4 -2.0 -4.5 -6.8 -9.3 -6.8 -4.5 -2.0 1.4 3.2 4.0
4.2 3.4 1.2 -1.9 -5.0 -7.4 -8.4 -7.4 -5.0 -1.9 1.2 3.4 4.2
4.3 3.5 1.1 -2.0 -5.4 -7.8 -8.2 -7.8 -5.4 -2.0 1.1 3.5 4.3
4.6 3.5 0.9 -2.4 -5.8 -8.0 -8.6 -8.0 -5.8 -2.4 0.9 3.5 4.6
4.9 3.8 0.5 -2.9 -6.4 -9.0 -9.0 -9.0 -6.4 -2.9 0.5 3.8 4.9
4.8 4.0 0.6 -3.0 -6.9 -9.7 -9.6 -9.7 -6.9 -3.0 0.6 4.0 4.8
5.1 4.0 0.4 -3.5 -7.2 -10.2 -10.8 -10.2 -7.2 -3.5 0.4 4.0 5.1
5.5 3.9 0.3 -4.5 -7.2 -9.4 -11.6 -9.4 -7.2 -4.5 0.3 3.9 5.5
5.5 4.1 -0.1 -4.4 -6.6 -10.0 -12.7 -10.0 -6.6 -4.4 -0.1 4.1 5.5
5.6 4.0 -0.0 -4.0 -7.6 -11.2 -12.9 -11.2 -7.6 -4.0 -0.0 4.0 5.6
4.7 3.9 0.7 -2.5 -6.3 -11.1 -12.7 -11.1 -6.3 -2.5 0.7 3.9 4.7
0.4 1.6 3.4 0.2 -3.2 -6.1 -9.3 -6.1 -3.2 0.2 3.4 1.6 0.4
4.7 0.9 1.1 0.0 -2.4 -4.3 -9.0 -4.3 -2.4 0.0 1.1 0.9 4.7
4.9 3.1 -0.7 -0.8 -3.1 -8.0 -8.5 -8.0 -3.1 -0.8 -0.7 3.1 4.9
4.2 1.5 1.0 1.2 -3.3 -8.0 -10.1 -8.0 -3.3 1.2 1.0 1.5 4.2
3.5 2.3 0.9 -0.4 -1.4 -5.9 -10.5 -5.9 -1.4 -0.4 0.9 2.3 3.5
4.1 1.9 0.7 0.2 -1.9 -6.0 -9.5 -6.0 -1.9 0.2 0.7 1.9 4.1
3.9 1.8 0.8 -0.4 -1.4 -4.4 -8.7 -4.4 -1.4 -0.4 0.8 1.8 3.9
3.7 2.3 1.4 -0.5 -2.8 -5.5 -8.5 -5.5 -2.8 -0.5 1.4 2.3 3.7
3.1 2.4 0.6 -0.0 -1.9 -4.8 -5.4 -4.8 -1.9 -0.0 0.6 2.4 3.1
3.5 2.3 0.6 -0.4 -1.7 -4.5 -6.5 -4.5 -1.7 -0.4 0.6 2.3 3.5
3.7 2.1 0.8 -0.3 -2.1 -4.7 -6.9 -4.7 -2.1 -0.3 0.8 2.1 3.7
3.8 2.3 1.0 -0.9 -1.9 -4.9 -8.9 -4.9 -1.9 -0.9 1.0 2.3 3.8
3.6 2.1 0.7 -0.4 -1.6 -4.7 -7.6 -4.7 -1.6 -0.4 0.7 2.1 3.6
3.5 2.3 0.9 -0.5 -1.7 -5.0 -8.2 -5.0 -1.7 -0.5 0.9 2.3 3.5

Foelgende skal inn i SPEKTER i Milstoey:

-62.3 -61.3 -60.3 -59.2 -58.2 -57.1 -56.0 -54.8 -53.5 -52.1 -50.5 -48.8 -46.9
-44.8 -42.5 -40.1 -37.6 -35.0 -32.4 -29.7 -26.9 -24.0 -21.2 -18.4 -15.5 -13.1
-10.8 -8.9 -7.8 -8.0 -9.8 -13.4 -13.1 -14.2 -16.0 -17.0 -17.8 -18.6 -19.5
-20.2 -21.3 -22.4 -23.4 -24.6 -25.7

Vedlegg J Emissionsdata for MILSTØY: Minimi Para, SS109

'Data til MilstoeyII:

Vaapen: FN Minimi Para 5.56 x 45 mm NATO, loeps lengde 355 mm.

Ammunisjon: SS109 lot 27-T-11.

Maaling: 5. juni 2015, Dampa, FFI.

Versjon kildedata: 1.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01416.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalinger i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i Milstoey:

SEL L Lls Lfast Limp

1 110.8 110.8 119.8 125.4

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i Milstoey:

4.0 2.9 -5.3 -5.6 0.7 -1.0 -2.5 -1.0 0.7 -5.6 -5.3 2.9 4.0
3.9 2.9 -5.0 -5.5 0.7 -1.0 -2.6 -1.0 0.7 -5.5 -5.0 2.9 3.9
3.9 2.9 -4.7 -5.4 0.6 -1.1 -2.7 -1.1 0.6 -5.4 -4.7 2.9 3.9
3.8 3.0 -4.3 -5.3 0.5 -1.1 -2.8 -1.1 0.5 -5.3 -4.3 3.0 3.8
3.7 3.0 -3.8 -5.0 0.3 -1.1 -3.0 -1.1 0.3 -5.0 -3.8 3.0 3.7
3.5 3.1 -3.1 -4.8 0.1 -1.2 -3.3 -1.2 0.1 -4.8 -3.1 3.1 3.5
3.4 3.2 -2.4 -4.5 -0.2 -1.3 -3.6 -1.3 -0.2 -4.5 -2.4 3.2 3.4
3.1 3.2 -1.6 -4.1 -0.5 -1.6 -3.9 -1.6 -0.5 -4.1 -1.6 3.2 3.1
2.9 3.3 -0.9 -3.7 -0.8 -2.0 -4.3 -2.0 -0.8 -3.7 -0.9 3.3 2.9
2.6 3.4 -0.2 -3.3 -1.2 -2.5 -4.7 -2.5 -1.2 -3.3 -0.2 3.4 2.6
2.4 3.5 0.3 -2.9 -1.6 -3.2 -5.0 -3.2 -1.6 -2.9 0.3 3.5 2.4
2.2 3.6 0.6 -2.5 -2.0 -4.0 -5.4 -4.0 -2.0 -2.5 0.6 3.6 2.2
2.1 3.6 0.9 -2.1 -2.4 -4.8 -5.6 -4.8 -2.4 -2.1 0.9 3.6 2.1
2.0 3.7 1.0 -1.8 -2.8 -5.6 -5.8 -5.6 -2.8 -1.8 1.0 3.7 2.0
2.0 3.7 1.1 -1.6 -3.1 -6.2 -6.1 -6.2 -3.1 -1.6 1.1 3.7 2.0
2.1 3.7 1.2 -1.4 -3.4 -6.6 -6.4 -6.6 -3.4 -1.4 1.2 3.7 2.1
2.4 3.6 1.3 -1.4 -3.6 -6.8 -7.0 -6.8 -3.6 -1.4 1.3 3.6 2.4
2.8 3.5 1.4 -1.5 -3.8 -6.8 -7.7 -6.8 -3.8 -1.5 1.4 3.5 2.8

3.3 3.3 1.5 -1.7 -4.0 -6.8 -8.6 -6.8 -4.0 -1.7 1.5 3.3 3.3
3.8 3.2 1.6 -1.8 -4.4 -6.9 -9.2 -6.9 -4.4 -1.8 1.6 3.2 3.8
4.1 3.2 1.4 -1.9 -4.8 -7.1 -9.2 -7.1 -4.8 -1.9 1.4 3.2 4.1
4.2 3.4 1.2 -1.9 -5.2 -7.7 -8.6 -7.7 -5.2 -1.9 1.2 3.4 4.2
4.2 3.5 1.1 -2.0 -5.5 -8.0 -8.4 -8.0 -5.5 -2.0 1.1 3.5 4.2
4.6 3.6 1.0 -2.4 -6.0 -8.2 -8.7 -8.2 -6.0 -2.4 1.0 3.6 4.6
4.8 3.9 0.6 -3.0 -6.6 -9.1 -9.2 -9.1 -6.6 -3.0 0.6 3.9 4.8
4.7 4.0 0.7 -3.1 -7.1 -9.8 -9.7 -9.8 -7.1 -3.1 0.7 4.0 4.7
5.1 4.0 0.5 -3.5 -7.4 -10.4 -11.1 -10.4 -7.4 -3.5 0.5 4.0 5.1
5.5 3.9 0.4 -4.6 -7.5 -9.7 -12.1 -9.7 -7.5 -4.6 0.4 3.9 5.5
5.4 4.1 0.1 -4.3 -7.0 -10.7 -13.3 -10.7 -7.0 -4.3 0.1 4.1 5.4
5.5 3.9 0.3 -3.5 -7.8 -12.3 -14.2 -12.3 -7.8 -3.5 0.3 3.9 5.5
4.4 3.5 1.2 -1.4 -5.9 -11.0 -12.8 -11.0 -5.9 -1.4 1.2 3.5 4.4
1.3 0.7 3.2 0.8 -3.4 -4.7 -7.5 -4.7 -3.4 0.8 3.2 0.7 1.3
2.9 1.3 2.3 0.1 -2.9 -4.4 -7.8 -4.4 -2.9 0.1 2.3 1.3 2.9
3.1 3.4 0.9 -0.7 -2.9 -8.0 -9.7 -8.0 -2.9 -0.7 0.9 3.4 3.1
5.2 1.3 0.7 0.2 -2.3 -7.5 -14.0 -7.5 -2.3 0.2 0.7 1.3 5.2
2.5 2.1 1.7 0.0 -1.8 -5.4 -8.6 -5.4 -1.8 0.0 1.7 2.1 2.5
4.0 1.6 1.2 -0.3 -1.8 -4.7 -9.6 -4.7 -1.8 -0.3 1.2 1.6 4.0
3.8 2.4 1.5 -0.7 -3.5 -5.9 -8.2 -5.9 -3.5 -0.7 1.5 2.4 3.8
3.2 2.1 1.4 -0.7 -1.8 -4.4 -8.7 -4.4 -1.8 -0.7 1.4 2.1 3.2
3.3 2.0 1.9 -0.6 -2.6 -4.8 -8.6 -4.8 -2.6 -0.6 1.9 2.0 3.3
3.1 1.7 1.4 0.1 -1.8 -4.6 -8.2 -4.6 -1.8 0.1 1.4 1.7 3.1
3.2 2.0 1.4 -0.1 -2.2 -5.0 -7.7 -5.0 -2.2 -0.1 1.4 2.0 3.2
2.8 1.9 1.6 -0.3 -1.7 -4.4 -8.3 -4.4 -1.7 -0.3 1.6 1.9 2.8
2.9 2.1 1.3 -0.3 -1.8 -4.6 -7.5 -4.6 -1.8 -0.3 1.3 2.1 2.9
2.7 2.3 1.6 -0.7 -1.7 -4.9 -9.0 -4.9 -1.7 -0.7 1.6 2.3 2.7

Foelgende skal inn i SPEKTER i Milstoey:

-67.9 -66.9 -65.8 -64.7 -63.5 -62.3 -61.0 -59.5 -57.9 -56.0 -54.0 -51.7 -49.3
-46.7 -44.0 -41.2 -38.4 -35.5 -32.6 -29.7 -26.7 -23.8 -21.0 -18.2 -15.3 -13.0
-10.8 -9.0 -8.1 -8.3 -10.0 -12.5 -12.3 -14.5 -16.2 -16.3 -17.5 -18.5 -19.0
-20.2 -21.2 -22.4 -23.4 -24.6 -25.7

Vedlegg K Emissionsdata for MILSTØY: HK 416 N

Data til MilstoeyII:

Vaapen: HK 416 N, kaliber 5.56 x 45 mm NATO.

Ammunisjon: NM255 lot 14-CG-12.

Maaling: 5. juni 2015, Dampa, FFI.

Versjon kildedata: 3.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01416. V2: FFI-rapport 2009/00354. V1: FFI-rapport 2008/02125.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalinger i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i Milstoey:

SEL L Lls Lfast Limp

1 109.6 109.6 118.6 124.2

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i Milstoey:

8.1 -0.3 -6.9 -0.1 -6.0 -9.6 -2.4 -9.6 -6.0 -0.1 -6.9 -0.3 8.1
8.1 -0.3 -6.9 -0.1 -6.0 -9.6 -2.4 -9.6 -6.0 -0.1 -6.9 -0.3 8.1
8.1 -0.3 -6.8 -0.1 -6.0 -9.6 -2.5 -9.6 -6.0 -0.1 -6.8 -0.3 8.1
8.1 -0.2 -6.7 -0.1 -6.0 -9.6 -2.5 -9.6 -6.0 -0.1 -6.7 -0.2 8.1
8.0 -0.1 -6.5 -0.1 -6.0 -9.5 -2.6 -9.5 -6.0 -0.1 -6.5 -0.1 8.0
8.0 0.1 -6.2 -0.1 -6.0 -9.4 -2.7 -9.4 -6.0 -0.1 -6.2 0.1 8.0
7.9 0.3 -5.9 -0.2 -5.9 -9.3 -2.8 -9.3 -5.9 -0.2 -5.9 0.3 7.9
7.8 0.6 -5.3 -0.2 -5.9 -9.2 -3.0 -9.2 -5.9 -0.2 -5.3 0.6 7.8
7.6 0.9 -4.7 -0.2 -5.8 -9.0 -3.2 -9.0 -5.8 -0.2 -4.7 0.9 7.6
7.3 1.4 -3.9 -0.3 -5.7 -8.9 -3.6 -8.9 -5.7 -0.3 -3.9 1.4 7.3
6.9 1.9 -3.1 -0.5 -5.6 -8.7 -4.1 -8.7 -5.6 -0.5 -3.1 1.9 6.9
6.5 2.3 -2.2 -0.7 -5.6 -8.5 -4.6 -8.5 -5.6 -0.7 -2.2 2.3 6.5
6.1 2.7 -1.5 -0.9 -5.5 -8.4 -5.3 -8.4 -5.5 -0.9 -1.5 2.7 6.1
5.7 3.0 -0.9 -1.2 -5.5 -8.3 -6.0 -8.3 -5.5 -1.2 -0.9 3.0 5.7
5.4 3.2 -0.3 -1.4 -5.5 -8.3 -6.7 -8.3 -5.5 -1.4 -0.3 3.2 5.4
5.1 3.4 0.1 -1.7 -5.6 -8.4 -7.5 -8.4 -5.6 -1.7 0.1 3.4 5.1
4.9 3.5 0.5 -1.9 -5.6 -8.6 -8.5 -8.6 -5.6 -1.9 0.5 3.5 4.9

4.8 3.5 0.8 -2.1 -5.8 -8.9 -9.8 -8.9 -5.8 -2.1 0.8 3.5 4.8
4.7 3.5 1.1 -2.4 -6.0 -9.3 -11.2 -9.3 -6.0 -2.4 1.1 3.5 4.7
4.7 3.6 1.3 -2.7 -6.4 -9.9 -12.3 -9.9 -6.4 -2.7 1.3 3.6 4.7
4.7 3.7 1.3 -2.9 -7.0 -10.2 -12.2 -10.2 -7.0 -2.9 1.3 3.7 4.7
4.7 3.8 1.1 -3.0 -7.5 -10.5 -11.3 -10.5 -7.5 -3.0 1.1 3.8 4.7
4.8 3.9 1.0 -3.1 -7.8 -10.9 -11.4 -10.9 -7.8 -3.1 1.0 3.9 4.8
4.9 3.9 1.0 -3.5 -8.2 -11.2 -12.1 -11.2 -8.2 -3.5 1.0 3.9 4.9
4.9 4.1 0.8 -3.8 -8.6 -11.8 -12.0 -11.8 -8.6 -3.8 0.8 4.1 4.9
4.6 4.2 1.0 -3.6 -8.8 -12.7 -13.2 -12.7 -8.8 -3.6 1.0 4.2 4.6
4.7 4.2 1.1 -3.7 -8.8 -13.0 -14.2 -13.0 -8.8 -3.7 1.1 4.2 4.7
4.6 4.0 1.5 -4.3 -8.5 -11.7 -14.7 -11.7 -8.5 -4.3 1.5 4.0 4.6
4.2 4.2 1.5 -3.7 -7.8 -12.0 -14.7 -12.0 -7.8 -3.7 1.5 4.2 4.2
3.5 4.1 1.9 -3.0 -8.3 -12.1 -12.9 -12.1 -8.3 -3.0 1.9 4.1 3.5
1.9 4.0 2.2 -1.9 -6.1 -10.0 -10.1 -10.0 -6.1 -1.9 2.2 4.0 1.9
3.0 2.5 2.0 -0.7 -4.2 -5.6 -6.1 -5.6 -4.2 -0.7 2.0 2.5 3.0
5.4 1.6 0.4 -0.7 -4.9 -4.8 -4.1 -4.8 -4.9 -0.7 0.4 1.6 5.4
2.8 2.3 2.4 -0.1 -4.8 -7.0 -7.6 -7.0 -4.8 -0.1 2.4 2.3 2.8
2.8 2.5 1.9 -0.8 -1.4 -7.3 -15.0 -7.3 -1.4 -0.8 1.9 2.5 2.8
3.9 2.9 2.2 -2.9 -4.0 -6.2 -12.6 -6.2 -4.0 -2.9 2.2 2.9 3.9
2.7 2.6 2.0 -0.3 -3.8 -6.7 -7.7 -6.7 -3.8 -0.3 2.0 2.6 2.7
2.9 2.7 1.6 -1.3 -3.4 -4.4 -5.4 -4.4 -3.4 -1.3 1.6 2.7 2.9
2.7 2.8 2.4 -1.4 -3.9 -5.8 -8.5 -5.8 -3.9 -1.4 2.4 2.8 2.7
3.2 2.5 1.8 -0.8 -3.2 -5.4 -7.6 -5.4 -3.2 -0.8 1.8 2.5 3.2
2.8 2.4 1.8 -0.4 -2.9 -5.4 -7.3 -5.4 -2.9 -0.4 1.8 2.4 2.8
3.0 2.3 1.8 -0.8 -2.7 -4.5 -7.2 -4.5 -2.7 -0.8 1.8 2.3 3.0
2.6 2.5 1.6 -0.5 -2.7 -4.9 -6.1 -4.9 -2.7 -0.5 1.6 2.5 2.6
2.5 2.6 1.5 -0.7 -2.1 -5.1 -7.4 -5.1 -2.1 -0.7 1.5 2.6 2.5
2.4 2.6 1.9 -0.9 -2.4 -5.3 -8.8 -5.3 -2.4 -0.9 1.9 2.6 2.4

Følgende skal inn i SPEKTER i Milstoey:

-64.7 -63.7 -62.7 -61.7 -60.6 -59.5 -58.4 -57.2 -55.8 -54.3 -52.6 -50.7 -48.5
-46.1 -43.5 -40.8 -37.9 -34.9 -31.9 -28.8 -25.8 -22.8 -20.1 -17.4 -14.7 -12.6
-10.7 -9.1 -8.3 -8.5 -10.3 -13.3 -13.2 -13.3 -15.7 -15.8 -16.7 -18.2 -18.6
-20.0 -21.0 -22.1 -23.2 -24.3 -25.4

Vedlegg L Emissionsdata for MILSTØY: HK 416 K

Data til MilNoise:

Vaapen: HK 416 K, kaliber 5.56 x 45 mm NATO.

Ammunisjon: NM255 lot 14-CG-12.

Maaling: 5. juni 2015, Dampa, FFI.

Versjon kildedata: 3.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01416. V2: FFI-rapport 2009/00354. V1: FFI-rapport 2008/02125.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalingen i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i MilNoise:

SEL L Lls Lfast Limp

1 111.6 111.6 120.6 126.2

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i MilNoise:

2.0 4.0 -1.8 -3.8 -1.3 -2.8 -1.0 -2.8 -1.3 -3.8 -1.8 4.0 2.0
2.0 3.9 -1.5 -3.7 -1.5 -2.9 -1.3 -2.9 -1.5 -3.7 -1.5 3.9 2.0
2.1 3.9 -1.2 -3.6 -1.7 -3.0 -1.6 -3.0 -1.7 -3.6 -1.2 3.9 2.1
2.3 3.9 -0.8 -3.4 -2.0 -3.1 -2.0 -3.1 -2.0 -3.4 -0.8 3.9 2.3
2.5 3.8 -0.4 -3.1 -2.3 -3.4 -2.5 -3.4 -2.3 -3.1 -0.4 3.8 2.5
2.8 3.7 -0.0 -2.8 -2.7 -3.7 -3.1 -3.7 -2.7 -2.8 -0.0 3.7 2.8
3.1 3.6 0.3 -2.5 -3.1 -4.1 -3.7 -4.1 -3.1 -2.5 0.3 3.6 3.1
3.4 3.4 0.5 -2.2 -3.4 -4.7 -4.4 -4.7 -3.4 -2.2 0.5 3.4 3.4
3.7 3.3 0.7 -1.9 -3.8 -5.2 -5.1 -5.2 -3.8 -1.9 0.7 3.3 3.7
3.9 3.2 0.8 -1.7 -4.1 -5.7 -5.7 -5.7 -4.1 -1.7 0.8 3.2 3.9
4.1 3.2 0.8 -1.5 -4.3 -6.2 -6.2 -6.2 -4.3 -1.5 0.8 3.2 4.1
4.2 3.1 0.9 -1.3 -4.5 -6.6 -6.7 -6.6 -4.5 -1.3 0.9 3.1 4.2
4.3 3.1 0.9 -1.3 -4.6 -7.0 -7.0 -7.0 -4.6 -1.3 0.9 3.1 4.3
4.3 3.1 0.9 -1.3 -4.7 -7.2 -7.4 -7.2 -4.7 -1.3 0.9 3.1 4.3
4.3 3.2 1.0 -1.3 -4.8 -7.4 -7.7 -7.4 -4.8 -1.3 1.0 3.2 4.3
4.3 3.2 1.0 -1.4 -4.9 -7.6 -8.2 -7.6 -4.9 -1.4 1.0 3.2 4.3
4.3 3.3 1.1 -1.6 -5.0 -7.8 -8.7 -7.8 -5.0 -1.6 1.1 3.3 4.3

4.3 3.4 1.2 -1.8 -5.2 -8.1 -9.3 -8.1 -5.2 -1.8 1.2 3.4 4.3
4.3 3.5 1.3 -2.1 -5.4 -8.4 -10.0 -8.4 -5.4 -2.1 1.3 3.5 4.3
4.3 3.5 1.3 -2.3 -5.7 -8.6 -10.4 -8.6 -5.7 -2.3 1.3 3.5 4.3
4.5 3.6 1.3 -2.5 -6.1 -8.9 -10.4 -8.9 -6.1 -2.5 1.3 3.6 4.5
4.6 3.6 1.2 -2.6 -6.5 -9.2 -10.2 -9.2 -6.5 -2.6 1.2 3.6 4.6
4.6 3.8 1.1 -2.7 -6.8 -9.5 -10.2 -9.5 -6.8 -2.7 1.1 3.8 4.6
4.7 3.8 1.1 -2.9 -7.2 -9.8 -10.1 -9.8 -7.2 -2.9 1.1 3.8 4.7
4.8 4.0 0.8 -3.2 -7.7 -10.5 -10.5 -10.5 -7.7 -3.2 0.8 4.0 4.8
4.7 4.1 0.8 -3.2 -7.9 -11.5 -11.6 -11.5 -7.9 -3.2 0.8 4.1 4.7
4.6 4.1 1.0 -3.2 -7.8 -11.7 -12.7 -11.7 -7.8 -3.2 1.0 4.1 4.6
4.8 3.8 1.4 -3.7 -7.8 -10.3 -12.3 -10.3 -7.8 -3.7 1.4 3.8 4.8
4.2 4.0 1.5 -3.3 -6.8 -10.6 -13.3 -10.6 -6.8 -3.3 1.5 4.0 4.2
3.5 3.9 1.6 -2.1 -6.5 -10.1 -10.4 -10.1 -6.5 -2.1 1.6 3.9 3.5
1.9 3.4 2.3 -0.9 -5.6 -8.6 -7.4 -8.6 -5.6 -0.9 2.3 3.4 1.9
2.3 1.3 1.2 0.8 -2.3 -3.7 -3.3 -3.7 -2.3 0.8 1.2 1.3 2.3
1.1 2.2 2.8 -1.1 -3.6 -3.9 -5.0 -3.9 -3.6 -1.1 2.8 2.2 1.1
2.6 2.2 2.4 -0.3 -2.8 -6.8 -11.5 -6.8 -2.8 -0.3 2.4 2.2 2.6
3.6 3.9 0.6 -2.7 -3.3 -7.0 -9.8 -7.0 -3.3 -2.7 0.6 3.9 3.6
3.3 1.6 2.1 0.1 -2.6 -6.1 -11.1 -6.1 -2.6 0.1 2.1 1.6 3.3
2.0 2.6 1.9 -2.4 -2.6 -2.5 -5.1 -2.5 -2.6 -2.4 1.9 2.6 2.0
2.1 2.1 2.3 -0.8 -1.9 -4.5 -9.2 -4.5 -1.9 -0.8 2.3 2.1 2.1
2.9 2.5 2.0 -0.8 -3.2 -5.5 -8.3 -5.5 -3.2 -0.8 2.0 2.5 2.9
2.6 2.3 1.7 -1.0 -2.1 -3.9 -7.0 -3.9 -2.1 -1.0 1.7 2.3 2.6
2.3 2.3 1.8 -0.5 -2.2 -4.6 -7.0 -4.6 -2.2 -0.5 1.8 2.3 2.3
2.2 2.5 1.7 -0.7 -2.3 -4.3 -6.2 -4.3 -2.3 -0.7 1.7 2.5 2.2
2.1 2.6 1.9 -1.0 -2.2 -4.5 -7.5 -4.5 -2.2 -1.0 1.9 2.6 2.1
2.0 2.5 1.8 -0.9 -1.9 -4.4 -7.4 -4.4 -1.9 -0.9 1.8 2.5 2.0
2.2 2.5 1.8 -1.0 -2.1 -4.4 -7.3 -4.4 -2.1 -1.0 1.8 2.5 2.2

Foelgende skal inn i SPEKTER i MilNoise:

-74.5 -73.4 -72.1 -70.7 -69.2 -67.5 -65.6 -63.6 -61.3 -58.8 -56.1 -53.4 -50.5
-47.6 -44.6 -41.6 -38.5 -35.3 -32.1 -28.8 -25.7 -22.6 -19.7 -16.9 -14.1 -11.7
-9.8 -8.4 -7.9 -8.8 -11.8 -14.4 -12.9 -14.9 -15.7 -16.3 -17.6 -18.6 -20.0
-20.7 -21.8 -22.7 -24.0 -25.1 -26.4

Vedlegg M Emissionsdata for MILSTØY: AG3

Data til MilstoeyII:

Vaapen: AG3, kaliber 7.62 x 51 mm NATO.

Ammunisjon: NM231 lot 04-CG-07.

Maaling: 5. juni 2015, Domba, FFI.

Versjon kildedata: 4.

Dokumentasjon: FFI-rapport 2015/01416. V3: FFI-rapport 2009/00354. V2: FFI-rapport 2007/02633. V1: FFI-rapport 2006/00260.

Det er 45 1/3-oktavbaand fra 0.8 Hz til 20 kHz senterfrekvens.

Senterfrekvensene er (Hz):

0.8 1.0 1.2 1.6 2.0 2.5 3.1 4.0 5.0 6.3 8.0 10.0 12.5 16.0 20.0 25.0 31.5
40.0 50.0 63.0 80.0 100.0 125.0 160.0 200.0 250.0 315.0 400.0 500.0 630.0
800.0 1000.0 1250.0 1600.0 2000.0 2500.0 3150.0 4000.0 5000.0 6300.0 8000.0
10000.0 12500.0 16000.0 20000.0

Det er maalingen i 7 retninger (grader):

0.0 30.0 60.0 90.0 120.0 150.0 180.0

Foelgende skal inn i KILDENIVAA i Milstoey:

SEL L Lls Lfast Limp

1 113.2 113.2 122.2 127.8

Foelgende skal inn i DIREKTIVITET i Milstoey:

1.1 1.5 -5.5 -4.9 1.3 0.8 2.0 0.8 1.3 -4.9 -5.5 1.5 1.1
1.3 1.7 -4.7 -4.6 1.0 0.7 1.6 0.7 1.0 -4.6 -4.7 1.7 1.3
1.6 1.9 -3.8 -4.2 0.6 0.6 1.2 0.6 0.6 -4.2 -3.8 1.9 1.6
2.0 2.1 -2.9 -3.9 0.1 0.3 0.6 0.3 0.1 -3.9 -2.9 2.1 2.0
2.4 2.3 -2.0 -3.6 -0.5 -0.1 -0.1 -0.1 -0.5 -3.6 -2.0 2.3 2.4
2.9 2.6 -1.2 -3.3 -1.2 -0.8 -0.9 -0.8 -1.2 -3.3 -1.2 2.6 2.9
3.3 2.8 -0.6 -3.0 -1.9 -1.6 -1.9 -1.6 -1.9 -3.0 -0.6 2.8 3.3
3.7 2.9 -0.1 -2.8 -2.7 -2.5 -3.0 -2.5 -2.7 -2.8 -0.1 2.9 3.7
4.0 3.1 0.3 -2.7 -3.4 -3.5 -4.1 -3.5 -3.4 -2.7 0.3 3.1 4.0
4.2 3.2 0.6 -2.6 -4.0 -4.5 -5.2 -4.5 -4.0 -2.6 0.6 3.2 4.2
4.4 3.3 0.8 -2.5 -4.5 -5.4 -6.2 -5.4 -4.5 -2.5 0.8 3.3 4.4
4.5 3.3 0.9 -2.4 -4.9 -6.2 -7.1 -6.2 -4.9 -2.4 0.9 3.3 4.5
4.5 3.4 1.0 -2.4 -5.2 -6.9 -7.8 -6.9 -5.2 -2.4 1.0 3.4 4.5
4.6 3.4 1.0 -2.4 -5.5 -7.5 -8.5 -7.5 -5.5 -2.4 1.0 3.4 4.6
4.6 3.5 1.1 -2.4 -5.7 -8.0 -9.1 -8.0 -5.7 -2.4 1.1 3.5 4.6
4.6 3.5 1.1 -2.4 -5.9 -8.5 -9.7 -8.5 -5.9 -2.4 1.1 3.5 4.6
4.6 3.5 1.1 -2.4 -6.1 -9.0 -10.4 -9.0 -6.1 -2.4 1.1 3.5 4.6

4.7 3.6 1.2 -2.4 -6.4 -9.7 -11.3 -9.7 -6.4 -2.4 1.2 3.6 4.7
4.7 3.7 1.2 -2.5 -6.8 -10.5 -12.3 -10.5 -6.8 -2.5 1.2 3.7 4.7
4.8 3.7 1.2 -2.8 -7.2 -11.2 -13.2 -11.2 -7.2 -2.8 1.2 3.7 4.8
4.8 3.8 1.2 -3.1 -7.6 -11.4 -13.4 -11.4 -7.6 -3.1 1.2 3.8 4.8
4.9 3.9 1.1 -3.4 -8.0 -11.4 -12.9 -11.4 -8.0 -3.4 1.1 3.9 4.9
5.0 4.0 0.9 -3.6 -8.4 -11.8 -12.8 -11.8 -8.4 -3.6 0.9 4.0 5.0
5.2 4.1 0.7 -3.9 -9.0 -12.7 -13.5 -12.7 -9.0 -3.9 0.7 4.1 5.2
5.2 4.2 0.7 -4.3 -9.5 -12.9 -13.7 -12.9 -9.5 -4.3 0.7 4.2 5.2
5.1 4.3 0.6 -4.1 -9.9 -14.1 -14.5 -14.1 -9.9 -4.1 0.6 4.3 5.1
5.1 4.3 0.6 -4.2 -10.1 -14.9 -15.7 -14.9 -10.1 -4.2 0.6 4.3 5.1
4.8 4.2 1.4 -4.6 -9.5 -14.6 -18.6 -14.6 -9.5 -4.6 1.4 4.2 4.8
4.1 4.2 1.8 -3.7 -9.1 -14.9 -18.4 -14.9 -9.1 -3.7 1.8 4.2 4.1
1.7 3.9 3.1 -2.3 -9.5 -14.0 -13.6 -14.0 -9.5 -2.3 3.1 3.9 1.7
-0.1 1.7 3.9 0.1 -5.6 -7.3 -7.4 -7.3 -5.6 0.1 3.9 1.7 -0.1
5.1 0.9 1.9 -0.6 -5.4 -4.7 -6.9 -4.7 -5.4 -0.6 1.9 0.9 5.1
2.7 3.4 1.3 -0.9 -3.7 -7.4 -7.8 -7.4 -3.7 -0.9 1.3 3.4 2.7
3.5 2.8 1.2 -0.7 -4.5 -5.7 -4.0 -5.7 -4.5 -0.7 1.2 2.8 3.5
3.0 2.8 1.9 -0.5 -5.1 -6.8 -5.8 -6.8 -5.1 -0.5 1.9 2.8 3.0
3.3 2.6 2.7 -2.3 -5.6 -5.2 -7.3 -5.2 -5.6 -2.3 2.7 2.6 3.3
3.2 2.7 1.7 -0.4 -4.4 -6.5 -6.1 -6.5 -4.4 -0.4 1.7 2.7 3.2
2.4 2.6 2.2 -0.3 -3.5 -6.8 -8.9 -6.8 -3.5 -0.3 2.2 2.6 2.4
2.5 2.7 2.2 -0.5 -4.2 -6.6 -7.2 -6.6 -4.2 -0.5 2.2 2.7 2.5
2.4 2.5 2.2 -0.8 -3.2 -5.2 -7.3 -5.2 -3.2 -0.8 2.2 2.5 2.4
2.1 2.6 2.3 -0.6 -3.3 -5.8 -7.7 -5.8 -3.3 -0.6 2.3 2.6 2.1
2.3 2.7 2.1 -0.5 -3.5 -6.0 -7.3 -6.0 -3.5 -0.5 2.1 2.7 2.3
2.4 2.6 1.9 -0.5 -3.3 -5.5 -6.4 -5.5 -3.3 -0.5 1.9 2.6 2.4
2.2 2.7 1.9 -0.4 -3.3 -5.9 -6.8 -5.9 -3.3 -0.4 1.9 2.7 2.2
2.2 2.9 2.0 -0.9 -3.1 -5.9 -7.9 -5.9 -3.1 -0.9 2.0 2.9 2.2

Følgende skal inn i SPEKTER i Milstoey:

-73.5 -72.3 -71.0 -69.6 -67.9 -66.1 -64.0 -61.7 -59.2 -56.6 -53.8 -51.0 -48.1
-45.1 -42.2 -39.1 -36.1 -33.0 -29.9 -26.8 -23.7 -20.8 -18.0 -15.3 -12.7 -10.7
-9.1 -8.1 -8.3 -9.9 -12.8 -13.2 -14.1 -16.0 -16.2 -17.4 -18.3 -19.1 -20.2
-21.1 -22.1 -23.2 -24.4 -25.5 -26.6

Referanser

- [1] M. Huseby, R. Rahimi, J. A. Teland, I Dyrdal, H. Fykse, B. Hugsted, C. E. Wasberg, E. Aker, R. Cleave, F. Løvholt, C. Madshus, K. Rothschild, H. Olsen, S. Storeheier, and G. Taraldsen. Final report: Improvement of the computational methods of the Norwegian Defence Estates Agency for computing noise from the Norwegian defence training ranges. FFI-rapport 2007/02602, Joint report by: Norwegian Defence Research Establishment (FFI), Norwegian Geotechnical Institute (NGI) and SINTEF ICT, 2008.
- [2] M. Huseby, B. Hugsted, I. Dyrdal, H. Fykse, and A. Jordet. Målinger av lydtrykket nær lette våpen, Terningmoen, revidert utgave. FFI/RAPPORT - 2006/00260, Norwegian Defence Research Establishment, 2006.
- [3] M. Huseby and H. Fykse. Measurements of the directivity of the pressure field near rifles with and without flash suppressor. FFI-rapport 2008/01483, Norwegian Defence Research Establishment, 2012.
- [4] M. Huseby and H. P. Langtangen. Modeling propagation of noise over three-dimensional terrains. In B. Skallerud and H. I. Andersson, editors, *Proceedings MekIT'03 Computational Mechanics*, pages 175–188, Trondheim, Norway, 8–9 May, 2003. ISBN 82-519-1868-5.
- [5] M. Huseby. A finite element model for noise from firing ranges. In *Proceedings Internoise 2005*, pages 1–10, paper 1831, Rio de Janeiro, Brazil, 7–10 August, 2005.
- [6] M. Huseby, R. Rahimi, J. A. Teland, and I. Dyrdal. Støy fra skytefelt. FFI/RAPPORT - 2005/00471, Norwegian Defence Research Establishment, 2005.
- [7] M. Huseby, I. Dyrdal, H. Fykse, and B. Hugsted. Målinger av lydtrykket i nærfeltet til en rifle. FFI/RAPPORT - 2005/03998, Norwegian Defence Research Establishment, 2005.
- [8] M. Huseby, R. Rahimi, J. A. Teland, and C. E. Wasberg. En sammenligning av beregnet og målt lydtrykk nær lette våpen. FFI/RAPPORT - 2006/00261, Norwegian Defence Research Establishment, 2006.
- [9] M. Huseby, B. Hugsted, and A. C. Wiencke. Målinger av lydtrykket nær CV90, AGL og 12.7, Rena. FFI-rapport 2006/01657, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [10] M. Huseby, R. Rahimi, and J. A. Teland. Noise from firing ranges. In R. Korneliussen, editor, *Proceedings 29th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics*, Ustaoset, Norway, 29 Jan–1 Feb, 2006. ISBN 82-8123-001-0.
- [11] J. A. Teland, R. Rahimi, and M. Huseby. Numerical simulation of sound emission from weapons. In *Proceedings Internoise 2006*, pages 1–10, paper 526, Honolulu, Hawaii, USA, 3–6 December, 2006.

- [12] M. Huseby and H. P. Langtangen. A finite element model for propagation of noise from weapons over realistic terrain. In *Proceedings Internoise 2006*, pages 1–8, paper 513, Honolulu, Hawaii, USA, 3–6 December, 2006.
- [13] J. A. Teland, R. Rahimi, and M. Huseby. Numerical simulation of sound emission from weapons. *Noise Control Eng. J.*, 55(4), 2007.
- [14] M. Huseby, K. O. Hauge, E. Andreassen, and N. I. Nilsen. Målinger av lydtrykket nær M109, 155 mm felthaubits. FFI-rapport 2007/01450, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [15] M. Huseby. Noise emission data for M109, 155 mm field howitzer. FFI-rapport 2007/02530, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [16] M. Huseby. Emisjonsdata for støy fra CV90 (30 mm) og NM218 (12.7 mm). FFI-rapport 2007/02633, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [17] R. Rahimi, M. Huseby, and H Fykse. Ammunisjons og våpendata for bruk til beregning av støy fra skytefelt. FFI-notat 2006/01658 (konfidensielt), Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [18] B. L. Andersson, A. Cederholm, M. Huseby, I. Karasalo, and U. Tengzelius. Validation of a ray-tracer for long range noise-prediction using noise measurements from Finnskogen available in the NORTRIAL database. In *Proceedings 30th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics*, Ustaoset, Norway, 28–31 Jan, 2007. ISBN 978-82-8123-002-6 (joint paper FOI and FFI).
- [19] M. Huseby. A selection of data from measurements of C4 detonations at Finnskogen in 1994, test case C1. FFI-rapport 2007/00528, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [20] R. Rahimi and M. Huseby. Innledende testing av utviklingsversjon av MILSTØY II: Testutvalg C1 fra NORTRIAL. FFI-notat 2007/00766, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [21] R. Rahimi and M. Huseby. Innledende testing av utviklingsversjon av MILSTØY II: Testutvalg C2 fra NORTRIAL. FFI-notat 2007/01867, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [22] M. E. Swearingen, M. Huseby, and M. J. White. Variation in measured sound level as a function of propagation environment and distance. In *Proceedings Acoustics'08*, pages 1–8, Paris, France, 29 June–4 July, 2008. ISBN 978-2-9521105-4-9.
- [23] J. A. Teland, R. Rahimi, and M. Huseby. Computation of sound emitted from firearms. In *Proceedings Internoise 2008*, pages 1–10, paper 0587, Shanghai, China, 26–29 October, 2008.
- [24] M. Huseby, H. Fykse, and R. Rahimi. Midertidige emisjonsdata for støy fra HK416 og HK417. FFI-rapport 2008/02125, Norwegian Defence Research Establishment, 2008.

- [25] M. E. Swearingen, M. Huseby, and M. J. White. Variation in measured sound level as a function of propagation environment and distance. *Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA)*, 4(045016):869–874, 2008.
- [26] M. Huseby. Undersøkelse av mobile og stasjonære målestasjoner for støy på reigonfelt østlandet. FFI-rapport 2008/02214, Norwegian Defence Research Establishment, 2009.
- [27] M. Huseby and H. Fykse. Emisjonsdata for støy fra HK416 og HK417. FFI-rapport 2009/00354, Norwegian Defence Research Establishment, 2009.
- [28] M. Huseby and H. Fykse. Støy fra rifle - følsomhet for variasjon av kaliber, løpslengde og kulevekt. FFI-rapport 2009/00389, Norwegian Defence Research Establishment, 2009.
- [29] M. Huseby and R. Rahimi. Måling av lydtrykket inne i Leopard 2 ved avfyring. FFI-notat 2009/00574, Norwegian Defence Research Establishment, 2009.
- [30] M. Huseby, P. K. Opstad, and E. Svinsås. Forprosjekt: Faren for hjernesker hos personell som benytter forsvarets våpen og eksplosiver. FFI-notat 2009/01062, Norwegian Defence Research Establishment, 2009.
- [31] M. E. Swearingen and M. Huseby. Parabolic equation source term issues at low frequencies and long distances. In *Proceedings Inter-Noise 2009*, pages 1–6, Ottawa, Canada, 23–26 August, 2009.
- [32] M. Huseby and R. Rahimi. Measurement of sound emission from military off-road vehicles driving on a curved path. In *Proceedings Inter-Noise 2009*, pages 1–7, Ottawa, Canada, 23–26 August, 2009.
- [33] M. Huseby and R. Rahimi. Emisjonsdata for kjørestøy fra CV90 og Leopard 2. FFI-rapport 2009/01768, Norwegian Defence Research Establishment, 2009. Ikke utgitt.
- [34] M. Huseby. Impulsstøy på personell fra en testversjon av KDA sitt 2.75 tommer (70 mm) missil. FFI-rapport 2009/01568, Norwegian Defence Research Establishment, 2009.
- [35] M. Huseby. Directivity of military noise sources used as input to long-range noise propagation codes. In *Proceedings Inter-Noise 2011*, pages 1–6, Osaka, Japan, 4–7 September, 2011. ISSN 0105-175x.
- [36] M. Huseby. Measuring noise emission from rifles. In *Proceedings Inter-Noise 2012*, pages 1–6, New York, USA, 19–22 August, 2012.
- [37] K. Waagan. Low-frequency long-range atmospheric noise propagation modelling with the PE method. FFI-rapport 2014/00260, Norwegian Defence Research Establishment, 2014.
- [38] K. Waagan. Numerical prediction of long-range sound propagation - parametric uncertainty and atmospheric models. FFI-rapport 2014/00577, Norwegian Defence Research Establishment, 2014.

- [39] K. Waagan. Mapping low frequency blast noise using a numerical weather forecast. In *Proceedings of the 38th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics*, Editor: Rolf J. Korneliussen, Geilo, 1–4 February, 2015.
- [40] K. Waagan. Noise mapping with the PE method. a case study from interior norway. FFI-rapport 2014/00577, Norwegian Defence Research Establishment, 2015.
- [41] MIL-STD-1474D, Department of Defense . Design criteria standard - Noise limits, 12 February 1997.
- [42] NATO STANDARD AEP-4785. Suppressor Testing Protocol on Acoustic Signature Measurement of Small Arms Suppressors, Edition A Version 1, November 2015.
- [43] ISO/DIS 17201-4. Acoustics – noise from shooting ranges – part 4: Prediction of projectile noise, 2004.
- [44] IEC 61672-1. Electroacoustics – sound level meters – part 1: Specifications (Edition 2.0), 2013.
- [45] S. Å. Storeheier. Eksempler på bestemmelse av SEL-spektra for akustiske trykkpuls tidshistorier. Notat 90-NO060011, SINTEF, 2006.
- [46] A. D. Pierce. *Acoustics: An introduction to its physical principles and applications*. Acoustical Society of America, 500 Sunnyside Boulevard, Woodbury, New York 11797, USA, 2nd edition, 1989. ISBN 0–88318–612–8.
- [47] A. V. Oppenheim and A. S. Willsky. *Signals & Systems*. Prentice-Hall, second edition, 1996. ISBN 0–13–814757–4.
- [48] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer. *Discrete time signal processing*. Prentice-Hall, 1989. ISBN 0–13–216771–9.
- [49] J. S. Bendat and A. G. Piersol. *Random Data: Analysis and measurement procedures*. Wiley-Interscience, second edition, 1986. ISBN 0–471–04000–2.
- [50] Brüel & Kjær. *Acoustic noise measurements*. Brüel & Kjær, 2850 Nærum, Denmark, 5th edition, 1988. ISBN 87 87355 21 3.
- [51] ISO/DIS 17201-2. Acoustics – noise from shooting ranges – part 2: Estimation of source data for muzzle blast and projectile noise, 2004.
- [52] ANSI S1.11. Specification for octave-band and fractional-octave-band analog and digital filters, 2004.
- [53] ISO 266. Acoustics – preferred frequencies, 1997.
- [54] ISO/DIS 17201-1. Acoustics – noise from shooting ranges – part 1: Sound source energy determination of muzzle blast, 2003.

- [55] U.S. standard atmosphere. Technical Report NOAA-S/T 76-1562, U.S. government printing office, Washington D.C., 1973.
- [56] W. E. Baker. *Explosions in air*. Austin, University of Texas Press, first edition, 1973. ISBN 0-292-72003-3.
- [57] ANSI S2.20. Estimating airblast characteristics for single point explosions in air, with a guide to evaluation of atmospheric propagation and effects, 1983, Reaffirmed by ANSI on 21 March 2006.