



FFI-RAPPORT

16/00984

Målinger av akustisk støy fra kandidater til nytt artilleri i 2016

—
Morten Huseby
Knut-Ove Hauge (Forsvarsbygg futura)

Målinger av akustisk støy fra kandidater til nytt artilleri i 2016

Morten Huseby
Knut-Ove Hauge (Forsvarsbygg futura)

Emneord

Skuddstøy
Støymåling
Akustisk kildenivå

FFI-rapport:

FFI-RAPPORT 16/00984

Prosjektnummer

3820

ISBN

P: ISBN 978-82-464-2756-0

E: ISBN 978-82-464-2757-7

Godkjent av

Eirik Svinsås, *forskningsleder*
Jon E. Skjervold, *avdelingsjef*

(U) Sammendrag

I januar 2016 testet Forsvaret fire kandidater til nytt artilleriskyts. Artilleri er det mest støyende skytevåpenet Forsvaret har. Støy fra artilleri er derfor avgjørende for hvordan støykartene rundt et skytefelt ser ut. Testingen ga anledning til å gjennomføre enkle målinger med hensikt å vurdere om det ville kunne bli større støyproblemer med noen av skytsene enn med andre.

Testene var gjennomført med annen hovedhensikt enn støymålinger. Dermed ble det umulig for oss å få gjennomført lydmålingene på en slik måte at vi kan være sikre på at de målte lydnivåene kan sammenlignes med målinger gjort andre steder. Målingene kan imidlertid benyttes til å sammenligne tre av skytsene som ble målt. Vi fikk ikke målinger av Caesar, da vi fikk problemer med frostregn i mikrofonene denne dagen.

Når det gjelder støynivået fra målingene er Panzerhaubitze 2000 lavest, med K9 Thunder 2 dB over, og M109 KAWEST 7–10 dB over dette igjen. Man kan tenke seg at dette har noe å gjøre med at M109 KAWEST har kortere løp (47 mot 52 kaliber), men dette blir spekulasjoner. Alle målingene er vesentlig lavere enn det vi ville forventet med M109A3GNM som er i drift i Forsvaret i dag, som har enda kortere løp enn M109 KAWEST (39 kaliber). Det er imidlertid for mye usikkerhet i målingene til at vi kan sikkert konkludere med hvordan støyen vil bli med nytt skyts.

(U) Summary

In January 2016 the Norwegian defense tested four candidates for new artillery pieces. Noise from artillery is dimensioning for the use of training ranges where it is used. The test program gave us the opportunity to conduct simple measurements to consider whether it could be bigger noise problems with some of the artillery pieces than with others.

The tests were conducted with a primary purpose other than the noise measurements. Thus, it was impossible for us to implement acoustical measurements in such a way that we can be confident that the measured sound levels can be compared with measurements made elsewhere. The measurements may, however, be used to compare three of the artillery pieces that were measured. We did not get measurements of Caesar, since we were having problems with frost rain in microphones that day.

The noise levels of the panzerhaubitze 2000 are the lowest, with K9 Thunder 2 dB above and M109 KAWEST 7 to -10 dB higher than K9 Thunder. One can imagine that this has something to do with the M109 KAWEST having a shorter barrel (47 against 52 caliber), but this is speculation. All sound levels are significantly lower than what we would expect with M109A3GNM, which is operating in the Norwegian military today, which has even shorter barrel than M109 KAWEST (39 caliber). However, there is too much uncertainty in the measurements to conclude as to how much noise new artillery pieces will make.

Innhold

1	Introduksjon	7
2	Måleoppsett	9
3	Resultater	11
4	Oppsummering	14
	Vedlegg	
A	Tidsserier av trykket	15
B	Bilder fra standplass	36
C	Notater fra målekampanjen	37
	Referanser	39



1 Introduksjon

I januar 2016 testet Forsvaret fire kandidater til nytt artilleriskyts. Artilleri er det mest støyende skytevåpenet Forsvaret har. Støy fra artilleri er derfor avgjørende for hvordan støykartene rundt et skytefelt ser ut. Testingen ga anledning til å gjennomføre enkle målinger med hensikt å vurdere om det ville kunne bli større støyproblemer med noen av skytsene enn med andre.



Figur 1.1 Venstre: K9 Thunder. Høyre: M109 KAWEST.

Forsvarsbygg benytter beregningsprogrammet MilNoise til å lage støykart rundt skytefeltene. En del av MilNoise er en database over kildenivået for støy fra alle våpen Forsvaret benytter. For å fremskaffe slike kildedata kreves det nøyaktige målinger [4]. Man må også sette av en referanseladning med C4 eller TNT i posisjonen til munningen, for å måle bakkens virkning på støyen. Dette er nødvendig for å lage kildedata som er uavhengig av bakken på målestedet [1]. Testene disse januardagene hadde som hensikt å undersøke skytset sin egnethet operativt. Vi fikk



Figur 1.2 Panzerhaubitze 2000.

derfor ikke anledning til å sette av referanseladninger. Vanligvis skyter vi 10 skudd som vi midler over. Dette var heller ikke mulig. Resultatet er at vi ser på enkeltskudd, og at vi ikke har kunnet ta bort bakkevirkningen. Denne er imidlertid ganske lik for alle skytsene, bortsett fra at snødekket nok varierte i løpet av den uken målingene ble gjort.

Denne rapporten inneholder målinger mellom 26/1 og 30/1. Det var satt av en dag til hvert skyts. For det ene skytset (Caesar fra franske Nexter) har vi ikke målinger da vi denne dagen fikk problemer med frostregn i mikrofonene. Den siste dagen blåste det en del (7.6 m/s), noe som kan gi opphav til en viss usikkerhet om resultatene.

Kildedataene for støy som Forsvarsbygg nå benytter for skyting med M109A3GNM med maksladning ble fremskaffet ved målinger på Dombås i 2006 [4, 1]. I testene i januar 2016 skytes det imidlertid med mindre ladninger. Målingene er dermed ikke direkte sammenlignbare med tidligere resultater. Imidlertid har det vært gjort forsøk på å ekstrapolere kildenivåer for støy for skyting med M109A3GNM og mindre drivladning. Målingene kan dermed være interessante som en indikasjon på om man har truffet med denne ekstrapoleringen.

2 Måleoppsett

Det var fire forskjellige 155 mm skyts, et hver dag. 26/1–2016 ble det skutt med Hanwha K9 Thunder (Sydkorea). 27/1-2016 ble det skutt med Ruag M109 KAWEST (Sveits). Vi fikk ikke målinger av Nexter sin Caesar (Frankrike). 30/1 ble det skutt med KMW Panzerhaubitze 2000 (Tyskland). I tabell 2.1 ser vi hvilke granater og ladninger som ble brukt. Vi legger merke til at M109 KAWEST ble skutt med lavere elevasjon og høyere V0, noe som indikerer at ladningsstørrelsen var noe større.

Betegnelse	K9 Thunder	M109 KAWEST	Caesar	Panzerh.
Dato	26/1–2016	27/1–2016		30/1–2016
Løpslengde (kaliber)	52	47	52	52
Granat	NM28	Stahlgranate 66	LU211HB	L15A1
		M107-fam. lik NM28	ligner OEF3HB	
Ladning	NM23 ladn 6	Sveitsisk Konteiner-	TCM ladn 3	L8A1 ladn 5
		ladung ladn 7		
V0 (m/s)	486	556		453
Elevasjon (streker)	479	366		478

Tabell 2.1 Granater og ladning. Løpslengden til M109A3GNM som er i drift i Forsvaret nå er 39 kaliber. Legg merke til at M109 KAWEST ble skutt med noe høyere munningshastighet.

Målingene ble utført av Knut-Ove Hauge fra Forsvarsbygg futura. Hans notater fra målekampanjen er gitt i vedlegg C. Det ble gjort målinger med tre 1/4-tommer trykkfeltmikrofoner av type Brüel & Kjær 4938 med mellomstykke UA0035 koblet til forforsterkere av type 2669, som igjen var koblet til kondisjoneringsforsterkere av typen BK Nexus 2690. Mikrofonenes posisjon er gitt i tabeller 2.2 til 2.4. Vi ser også responsen til mikrofonene med kalibrator. Målingene er korrigeret for kalibratorverdien. Det vil si at når det er målt 113 dB på kalibratoren har vi ganget det målte trykket (i Pa) med en verdi som er større enn 1, slik at det resulterende nivået blir på 114 dB. Dette gjøres så for alle målingene. I figur 2.1 er skytset og sensorene tegnet inn sammen med skyteretningen.

Sensor	SN	Kalibrator [dB]	Avstand [m]	Vinkel [grader]
1	2538095	112.89	137.40	30.3
2	2527223	112.91	166.49	90.5
3	2538097	113.00	252.66	116.4

Tabell 2.2 Avstand fra munningen til sensorene (BK 4938) og vinkel til skyteretningen, for K9 Thunder. Det er oppgitt målt signal ved bruk av 114 dB kalibrator.

Meteorologiske data er gitt i tabell 2.5. Når vi beregner kildedata til MilNoise benytter vi vanligvis dette til å skalere dataene til trykk ved havnivå og 15 grader Celsius. Siden vi her gjennomfører en enklere, komparativ studie, har vi valgt å se på data slik de ble målt den aktuelle dagen.

Sensor	SN	Kalibrator [dB]	Avstand [m]	Vinkel [grader]
1	2538095	112.93	137.60	24.5
2	2527223	112.95	166.47	90.5
3	2538097	112.87	252.53	117.8

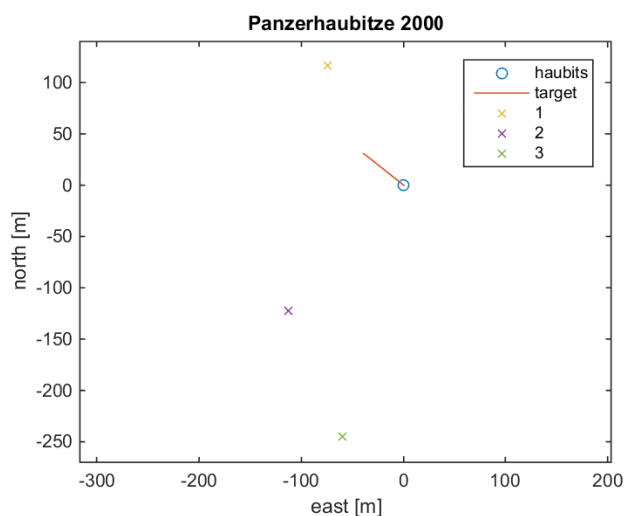
Tabell 2.3 Avstand fra munningen til sensorene (BK 4938) og vinkel til skyteretningen, for M109 KAWEST. Det er oppgitt målt signal ved bruk av 114 dB kalibrator.

Sensor	SN	Kalibrator [dB]	Avstand [m]	Vinkel [grader]
1	2538095	112.77	138.29	32.6
2	2527223	112.75	166.38	85.8
3	2538097	112.81	252.13	112.0

Tabell 2.4 Avstand fra munningen til sensorene (BK 4938) og vinkel til skyteretningen, for Panzerhaubitze 2000. Det er oppgitt målt signal ved bruk av 114 dB kalibrator.

	K9 Thunder	M109 KAWEST	Panzerh.
	26/1–2016	27/1–2016	30/1–2016
Lufttrykk (hPa)	941.1	931.9	917.9
Vind (m/s)	1.7	2.4	7.6
Vindretning (grader)	217	45	212
Temperatur (grader Celsius)	-0.1	-1.3	-0.1
Luftfuktighet (%)	93.8	91.2	75.0

Tabell 2.5 Værdata.



Figur 2.1 Geometri av skyts, skyteretning og mikrofoner. Geometrien var ganske lik for alle skyts.

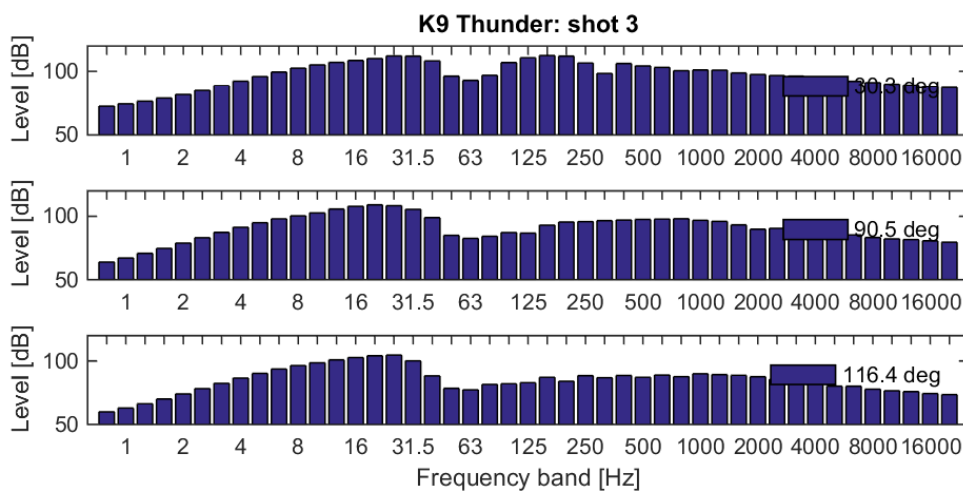
3 Resultater

Tidsseriene til trykket er gitt i vedlegg A. For sensoren foran skytset sammenfaller prosjektilsmellet med munningsmellet for K9 Thunder og Panzerhaubitze 2000. M109 KAWEST skjøt med noe høyere munningshastighet, slik at dette ikke ble noe problem. Som et resultat av dette er det vanskelig å sammenligne støynivåer for sensoren foran skytset. For de to andre sensorene er ikke dette et problem.

Lydnivåene som beregnes i denne rapporten er “sound exposure level” (L_E). Vi bruker C-vektet sound exposure level (L_{CE}) siden dette er relevant for støykartlegging av støy fra tunge våpen rundt Forsvarets skyte- og øvingsfelt [2]. L_{CE} kan defineres som ([6])

$$L_{CE} = 10 \log \left(\frac{1}{T_0 p_0^2} \int_0^\tau p_c(t)^2 dt \right), \quad (3.1)$$

der $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$, $T_0 = 1 \text{ s}$ og $p_c(t)$ er det C-veide trykket som funksjon av tid. τ er i utgangspunktet lengden av signalet, teoretisk sett uendelig stor. I praksis kutter vi før vi før refleksjoner og drift. Her har vi brukt tidsserien fra 5 ms før smellet til 150 ms etter, dvs. den delen av tidsserien vi ser i vedlegg A. Dette kan også deles opp i 1/3-oktav spekter ([5]).

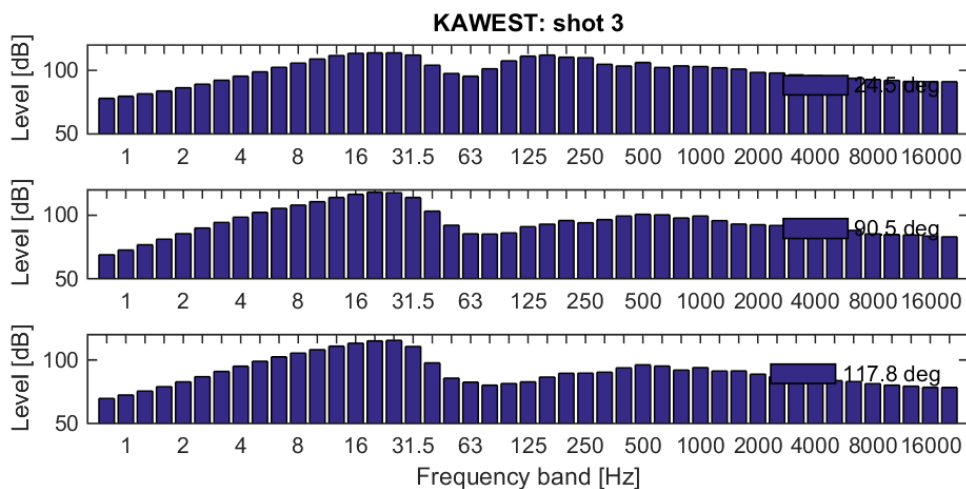


Figur 3.1 Uvektet SEL-spekter for skudd 3 med K9 Thunder.

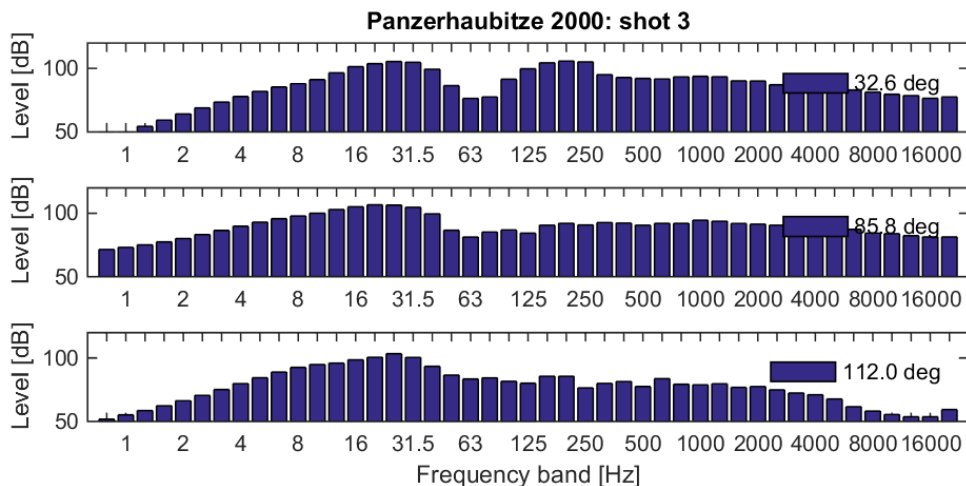
	K9 Thunder		M109 KAWEST		Panzerh.	
	SEL	L_{CE}	SEL	L_{CE}	SEL	L_{CE}
Sensor 1	121.6 dB	119.7 dB	123.1 dB	120.3 dB	114.0 dB	112.3 dB
Sensor 2	115.8 dB	111.2 dB	124.0 dB	118.3 dB	113.7 dB	109.0 dB
Sensor 3	110.9 dB	105.6 dB	121.1 dB	115.2 dB	108.3 dB	103.4 dB

Tabell 3.1 SEL og C-vektet SEL av skudd 3.

Dersom vi sammenligner med målingene av M109A3GNM fra 2006 ([4, 1]) ser vi at de målte verdiene nå er mindre enn forventet. Det kan være flere grunner til dette. Mulige forklaringer er:



Figur 3.2 Uvektet SEL-spekter for skudd 3 med M109 KAWEST.



Figur 3.3 Uvektet SEL-spekter for skudd 3 med Panzerhaubitze 2000.

- Løpslengde: Skytset som ble testet har lengre løp enn M109A3GNM vi målte i 2006. Vår M109A3GNM har 39 kaliber løpslengde (her er løpslengden lik 155 mm ganger kaliberverdien). M109 KAWEST har 47 kaliber og de andre 52 kaliber. Det er sannsynlig at lydnivået blir lavere for lengre løp, slik vi tidligere har målt for rifle [3]. Det er også tenkelig at direktiviteten blir sterkere med lenger løp, dvs. at det blir større forskjell mellom lydnivået forover og bakover.
- Munningsbrems: Det er tenkbart at munningsbremsene påvirker lydnivået i vesentlig grad.
- Ekstrapolering: I 2006 skjøt vi med maksladning. Data for mindre ladning kan ekstrapoleres ut i fra energien i en mindre drivladning. Det er tenkbart at denne ekstrapoleringen ikke er god, det vil si at lydnivået går uventet mye ned når vi reduserer ladningen.
- Dårlige målinger: Det var kaldt og tidvis fuktig vær under målingene. Det er tenkbart at dette påvirket mikrofonene til å gi feilmålinger.
- Vind: Den siste dagen blåste det noe mer enn det som er anbefalt når man skal gjøre

lydmålinger.

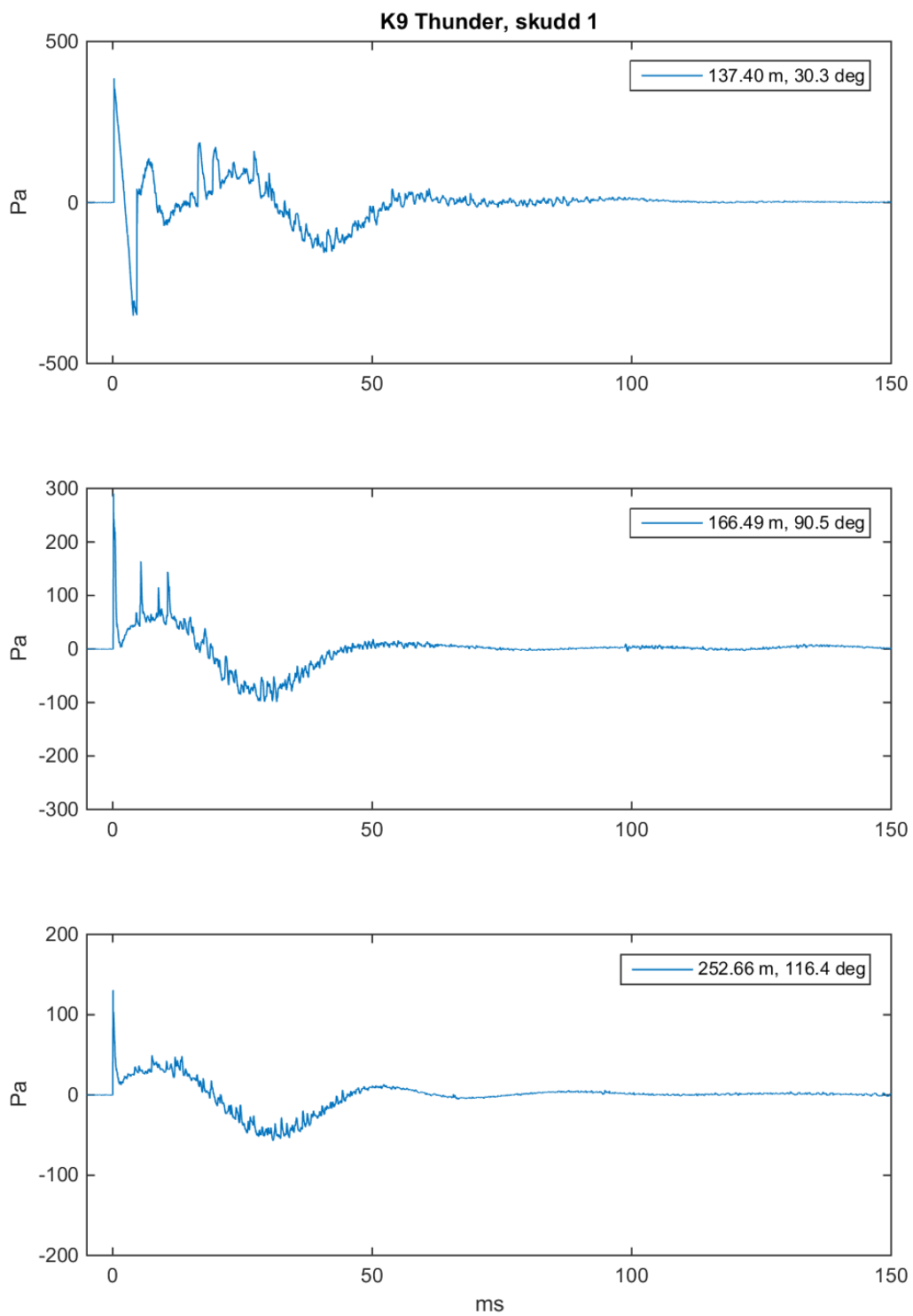
Ser man bort i fra muligheten av målefeil gir alle disse forklaringene grunn til å håpe at man i fremtiden kan nedjustere beregnede støynivåer ute hos naboene når man skyter med redusert drivladning.

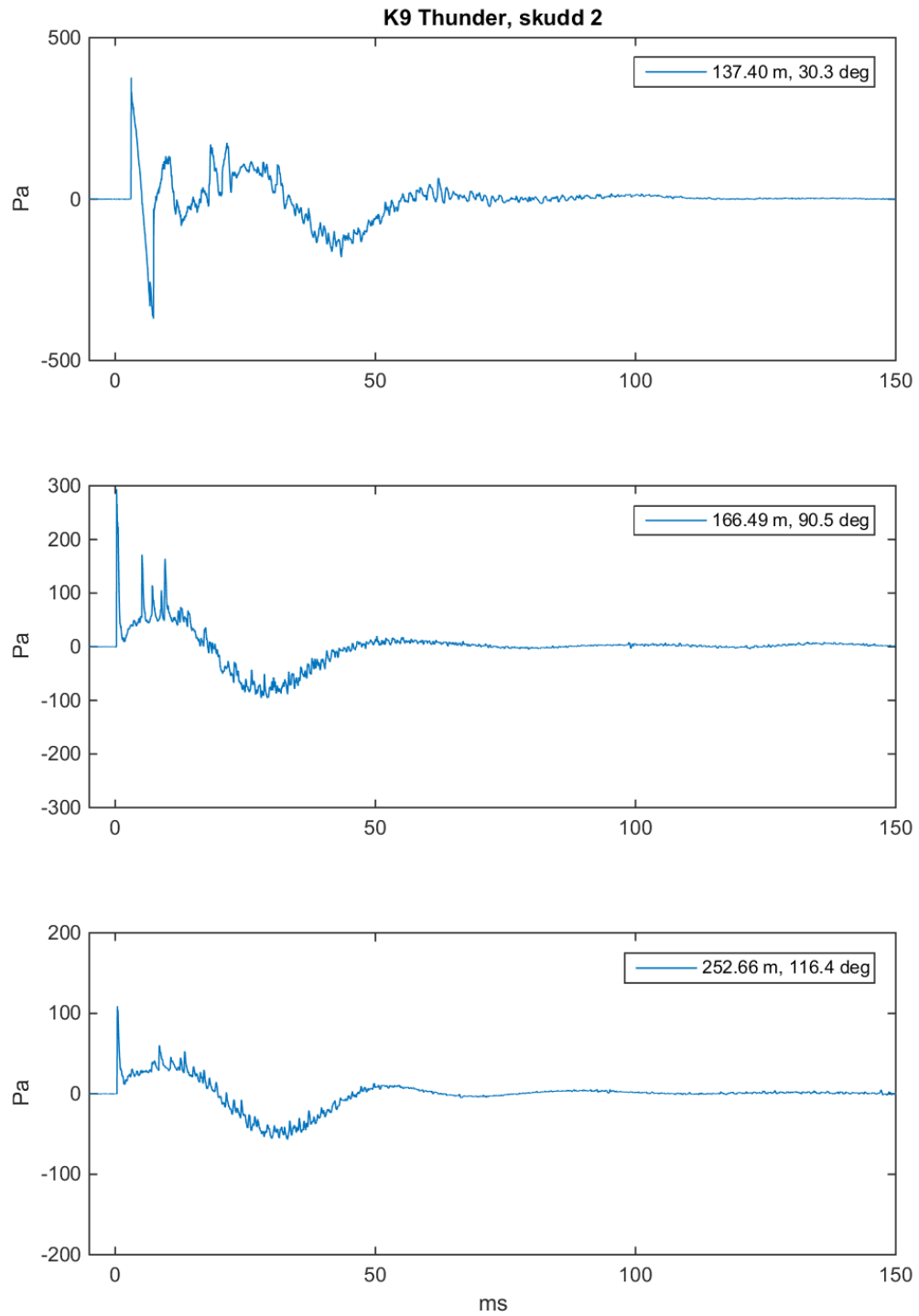
I tabell 3.1 sammenligner vi lydnivået til de tre skytsene. Vi ser at M109 KAWEST bråker noe mer enn de andre to. Måledataene fra sensoren foran skytset er beheftet med en del usikkerhet, da prosjektilsmellet ankommer mikrofonen omtrent samtidig med munningsmellet. Ser vi på målingene til siden og bakover er Panzerhaubitze 2000 lavest, med K9 Thunder 2 dB over, og M109 KAWEST 7–10 dB over dette igjen. Man kan tenke seg at dette har noe å gjøre med at M109 KAWEST har kortere løp, men dette blir spekulasjoner.

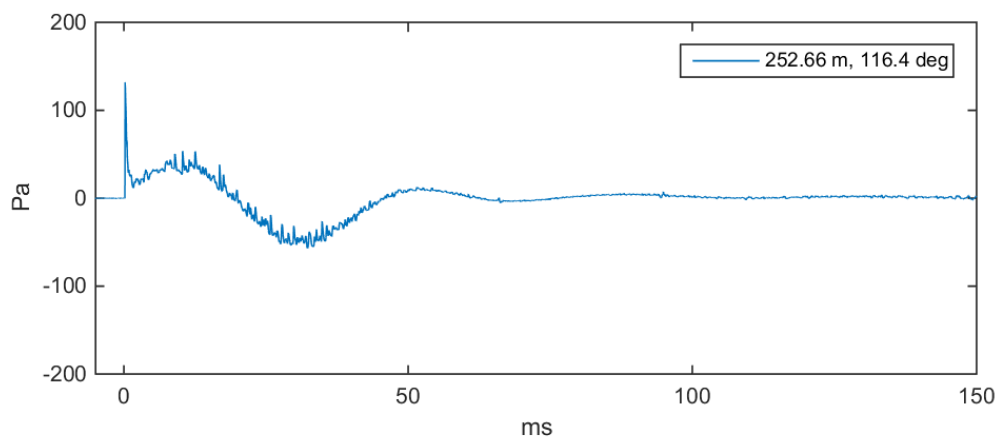
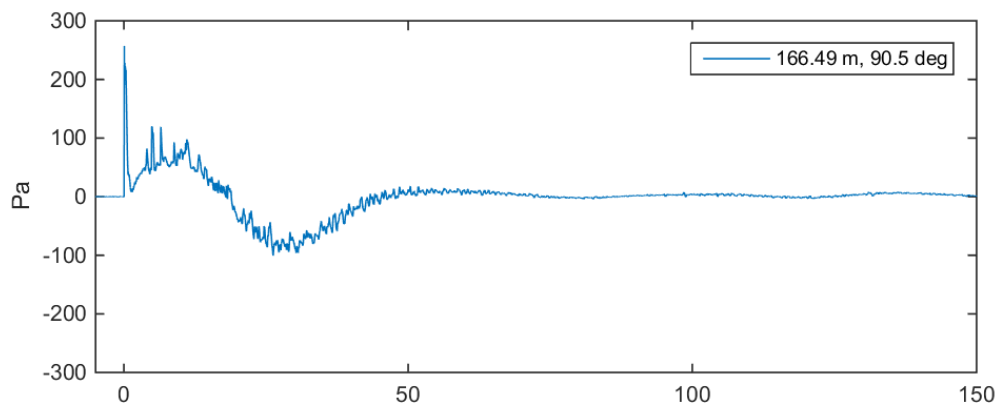
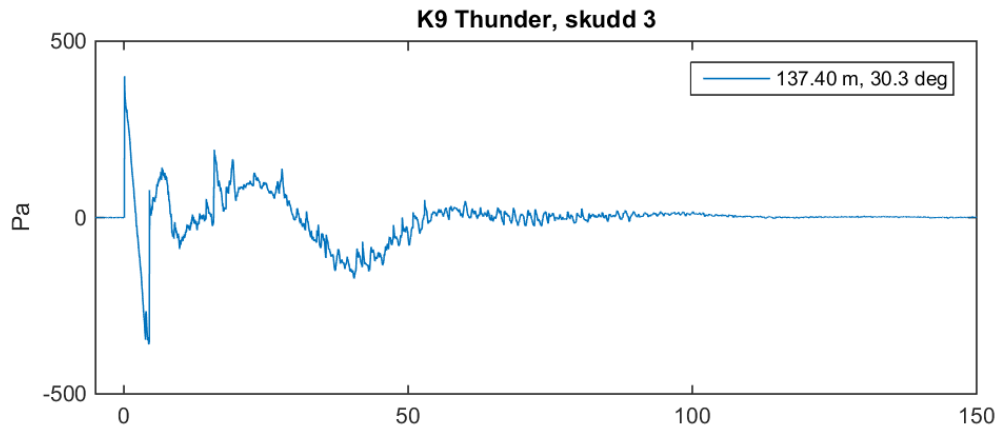
4 Oppsummering

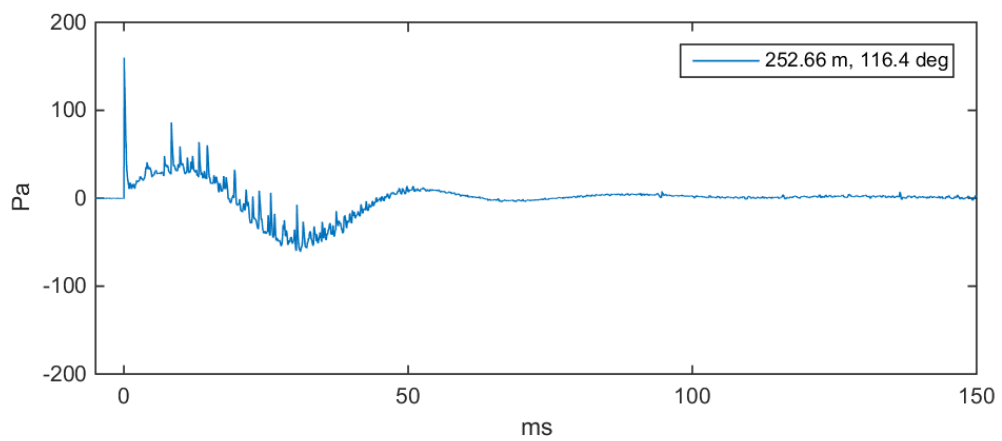
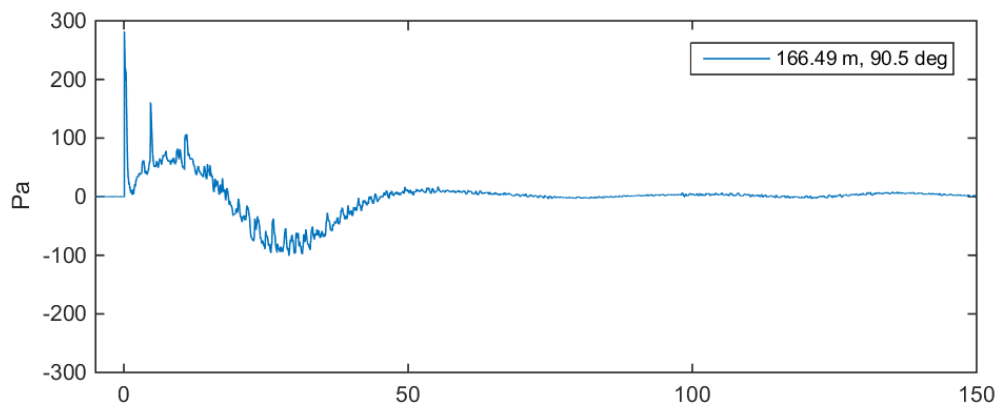
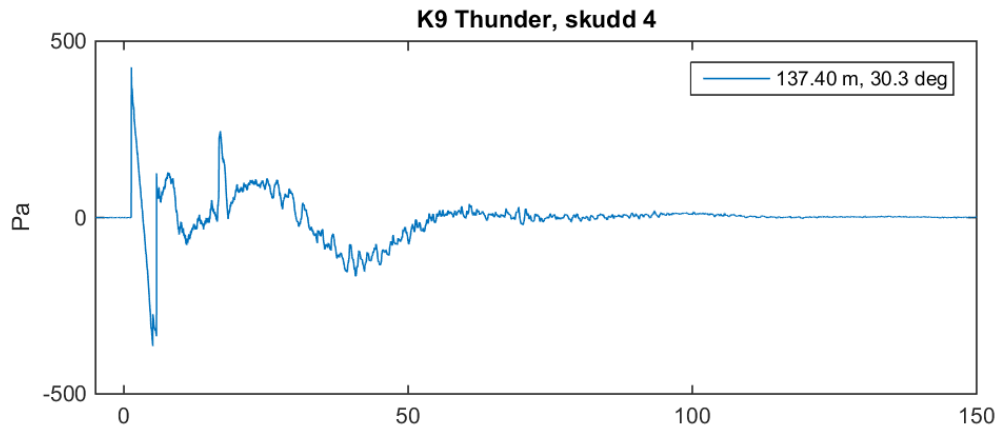
Ser vi på støynivået fra målingene til siden og bakover er Panzerhaubitze 2000 lavest, med K9 Thunder 2 dB over, og M109 KAWEST 7–10 dB over dette igjen. Man kan tenke seg at dette har noe å gjøre med at M109 KAWEST har kortere løp (47 mot 52 kaliber), men dette blir spekulasjoner. Alle målingene er vesentlig lavere enn det vi ville forventet med M109A3GNM som er i drift i Forsvaret i dag, som har enda kortere løp enn M109 KAWEST (39 kaliber). Det er imidlertid for mye usikkerhet i målingene til at vi kan sikkert konkludere med hvordan støyen vil bli med nytt skyts.

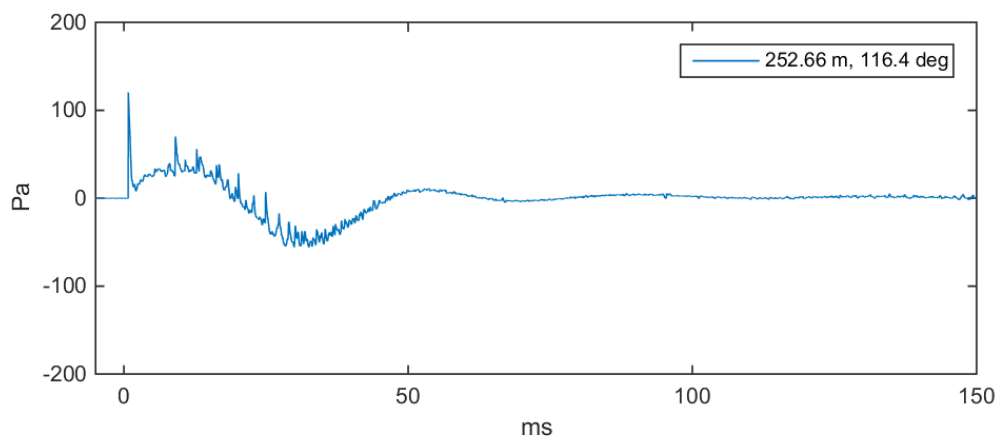
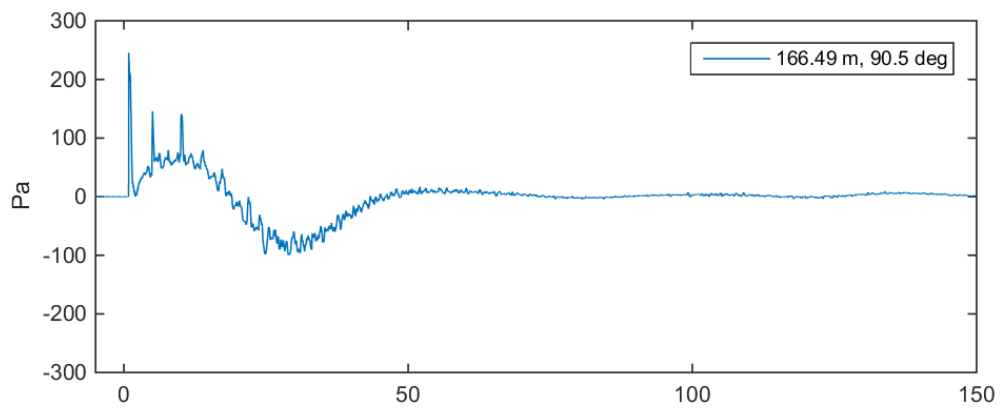
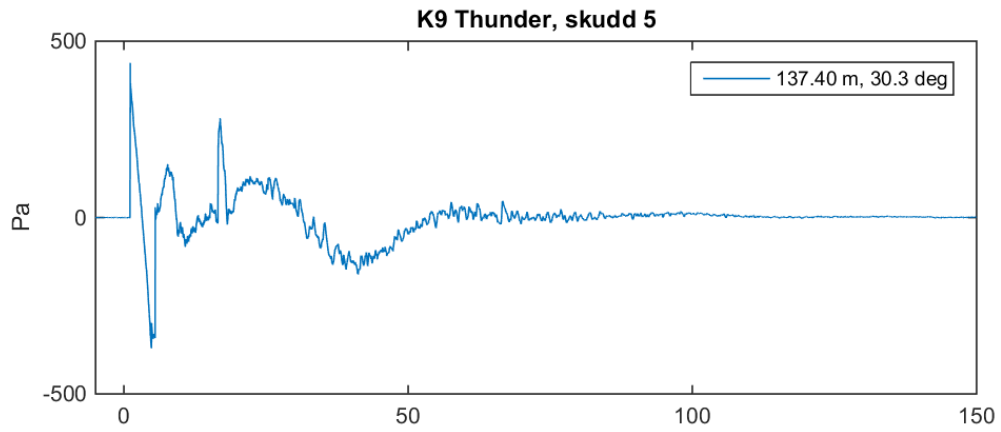
A Tidsserier av trykket

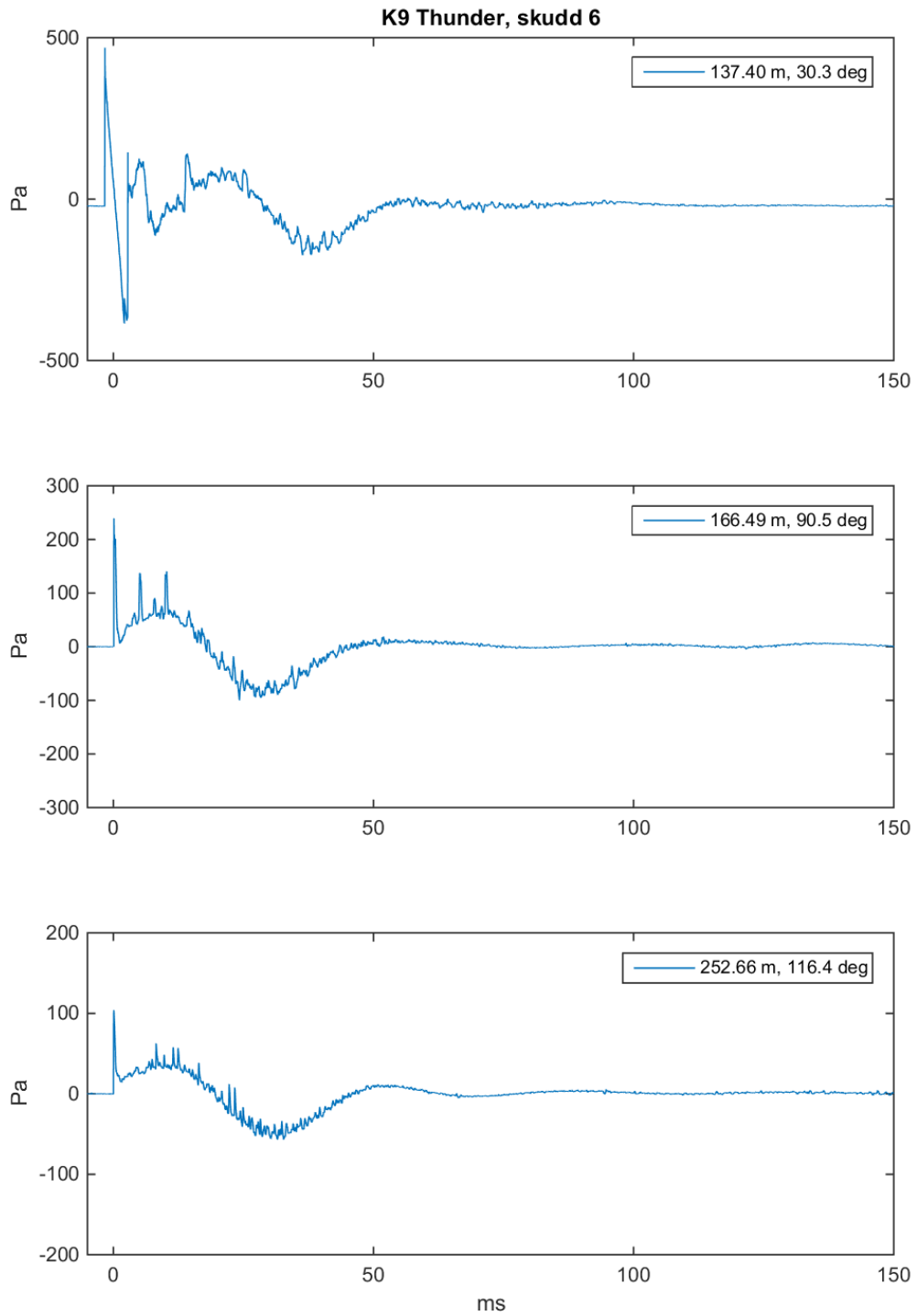


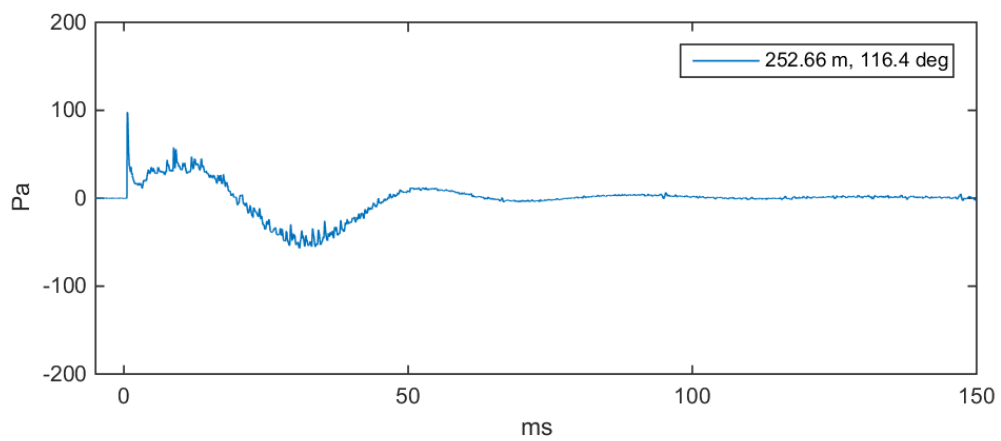
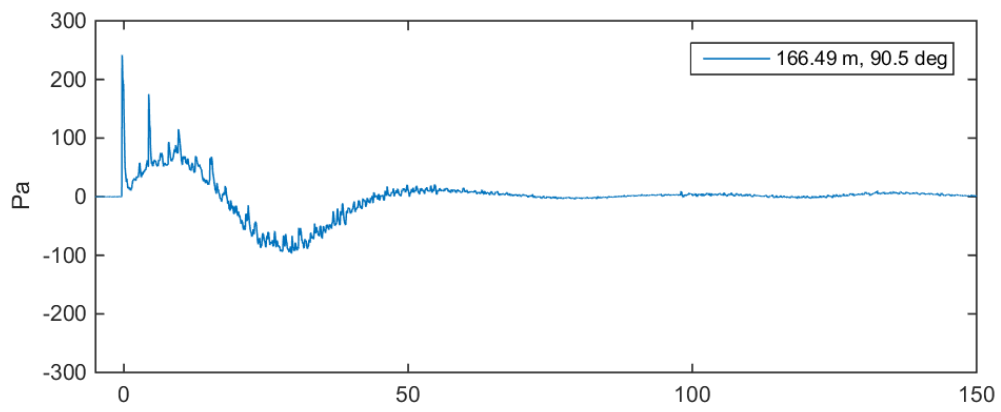
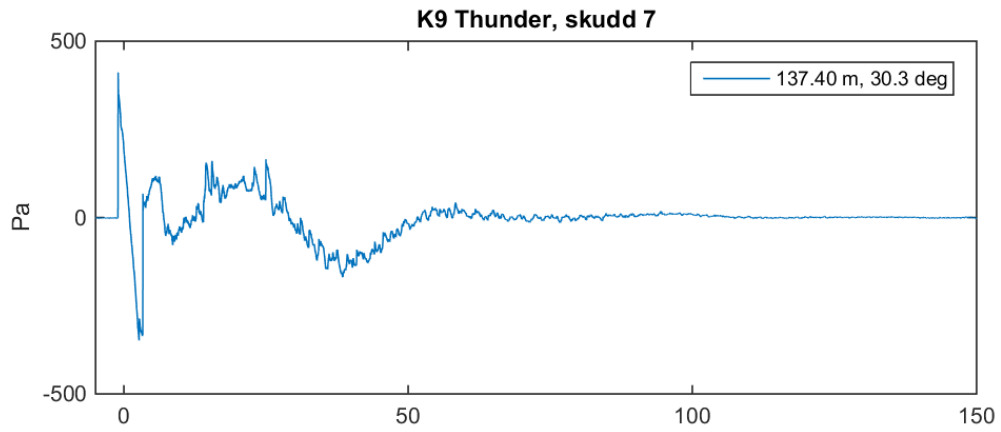


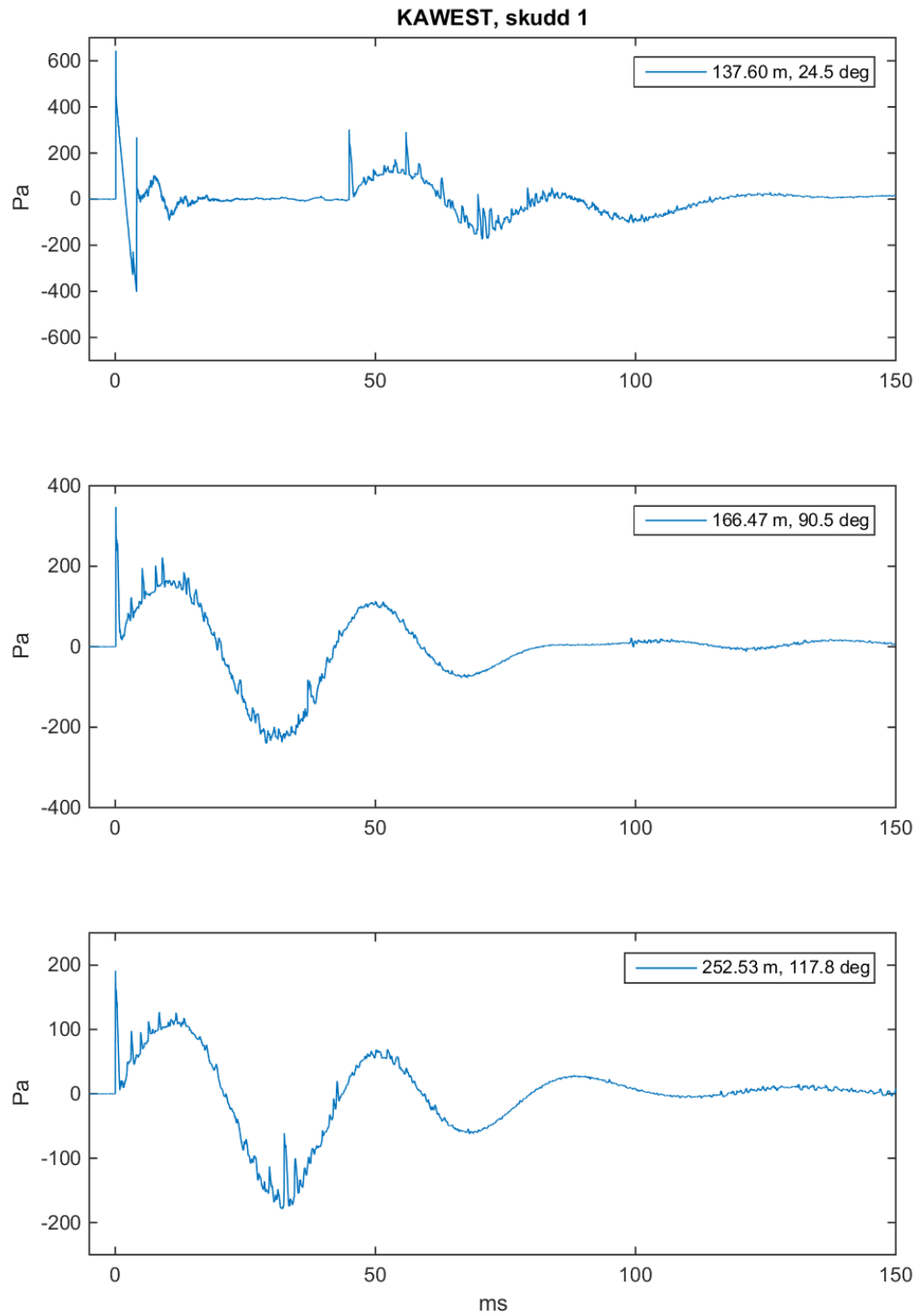


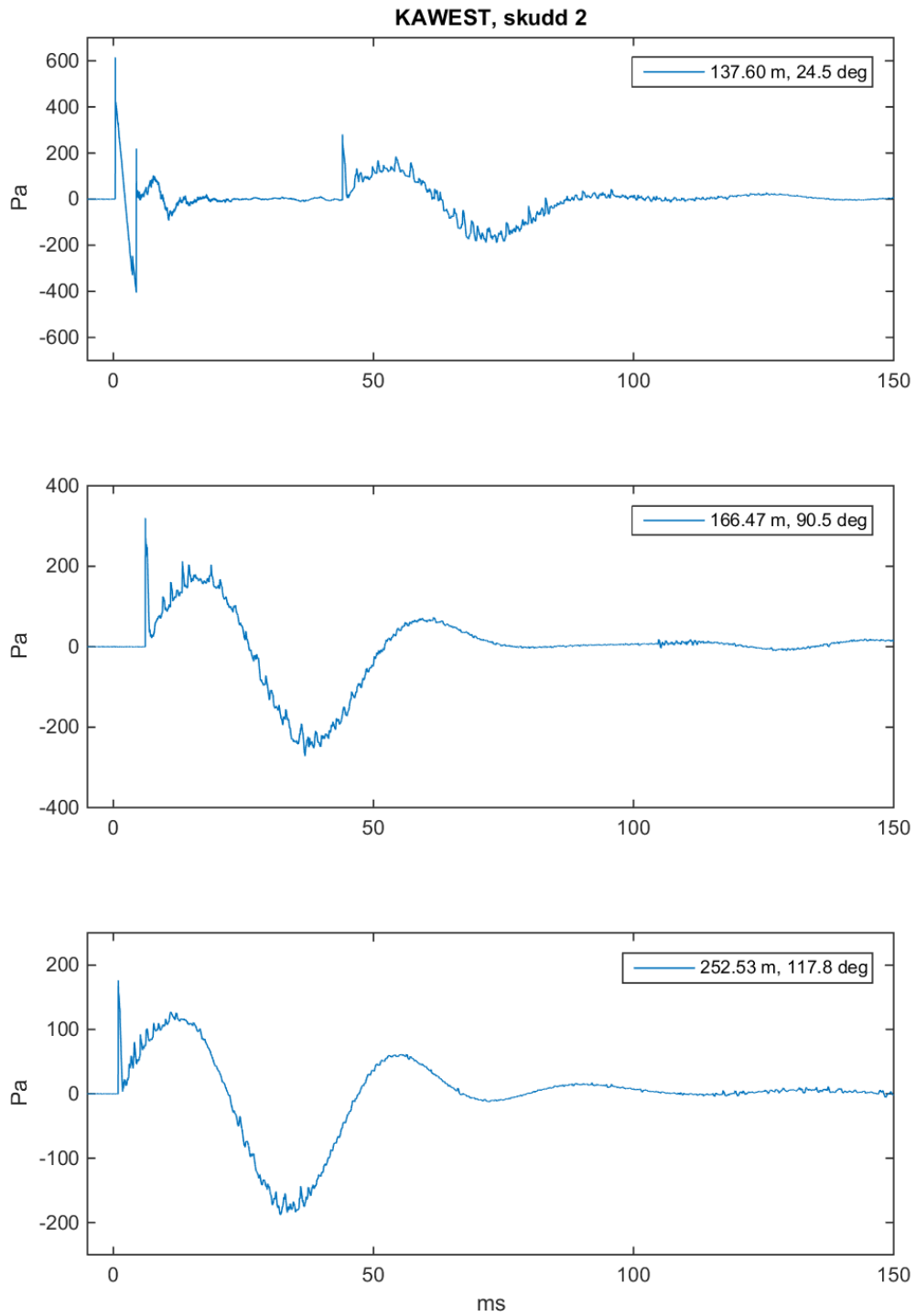


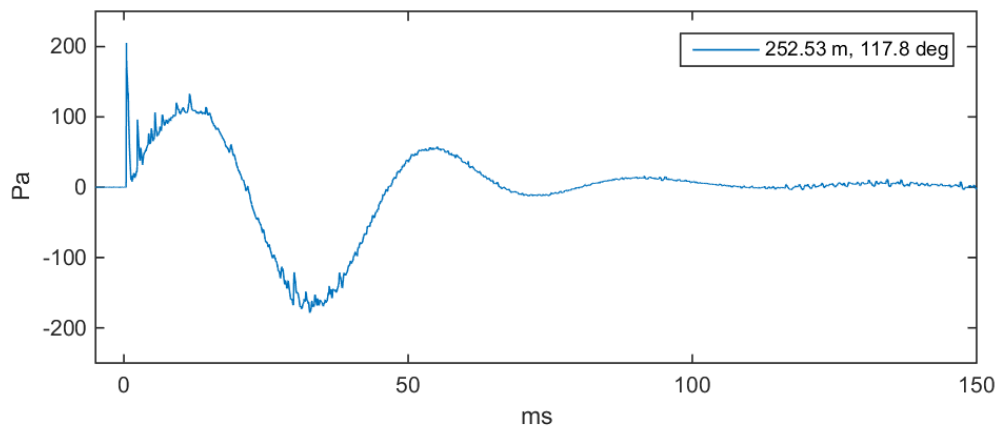
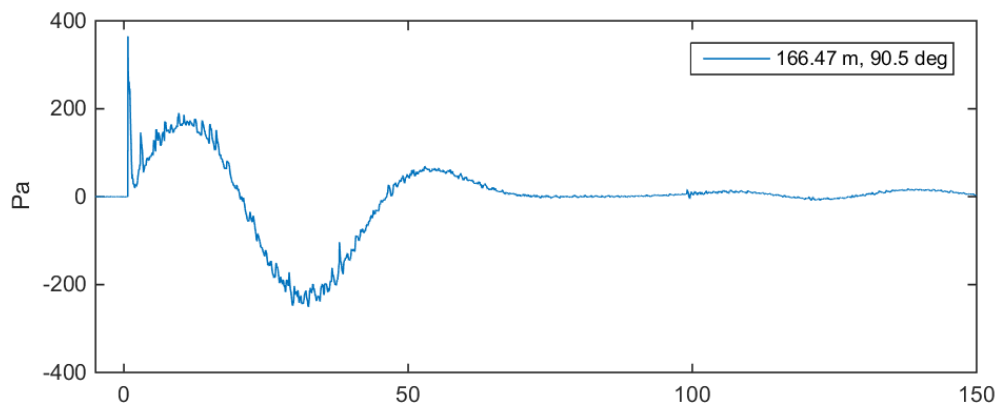
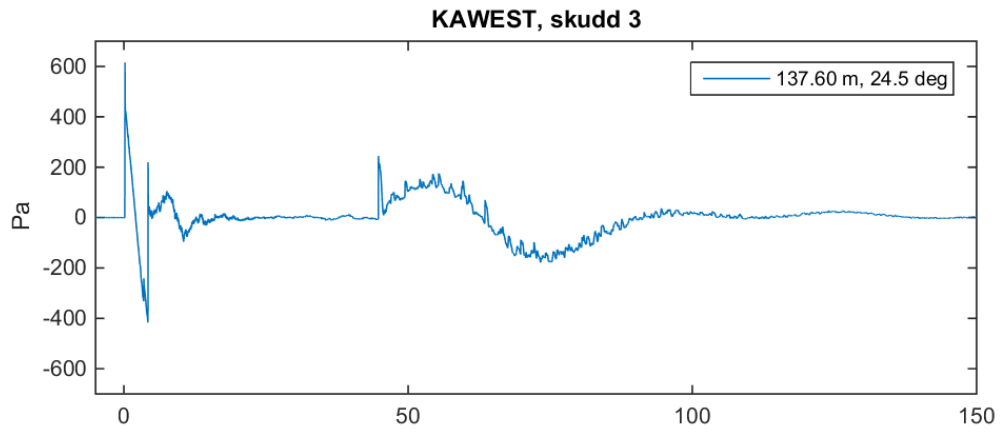


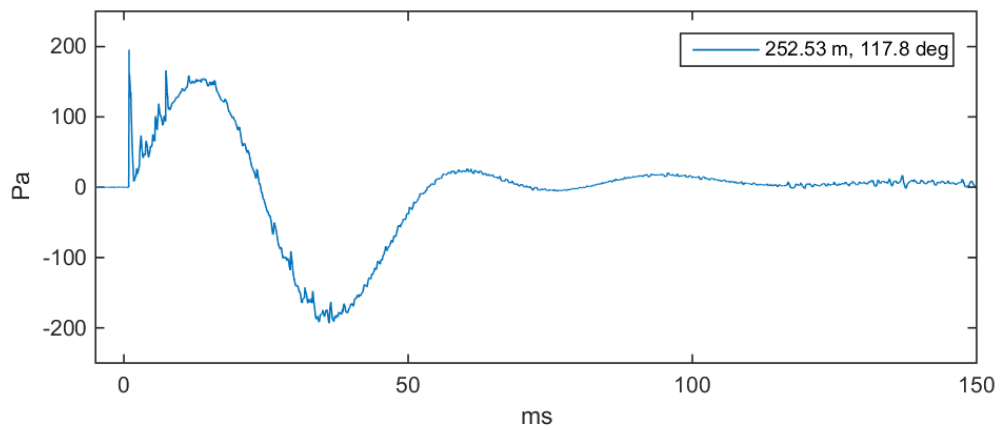
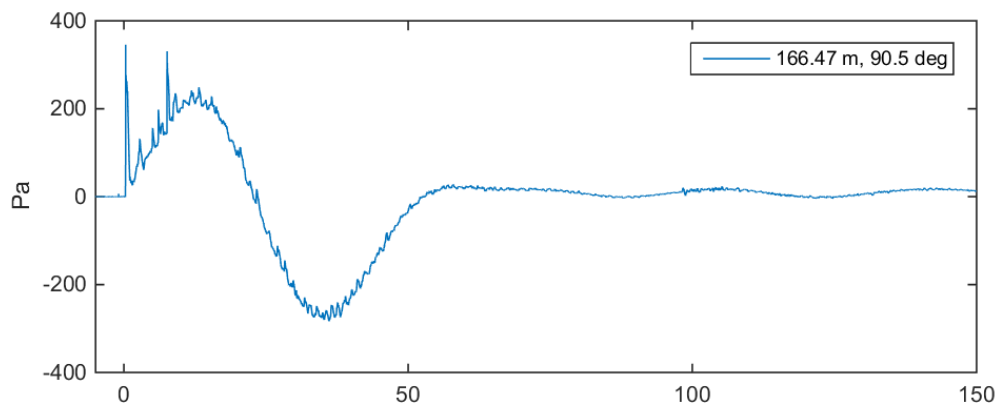
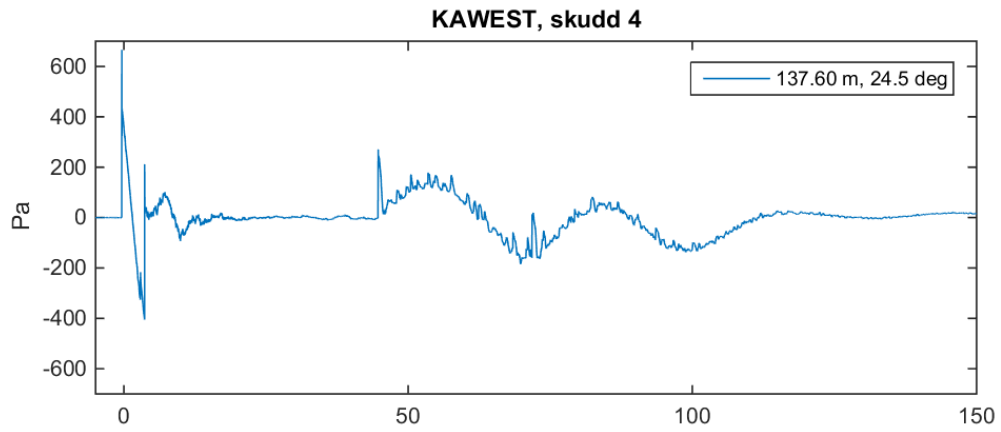


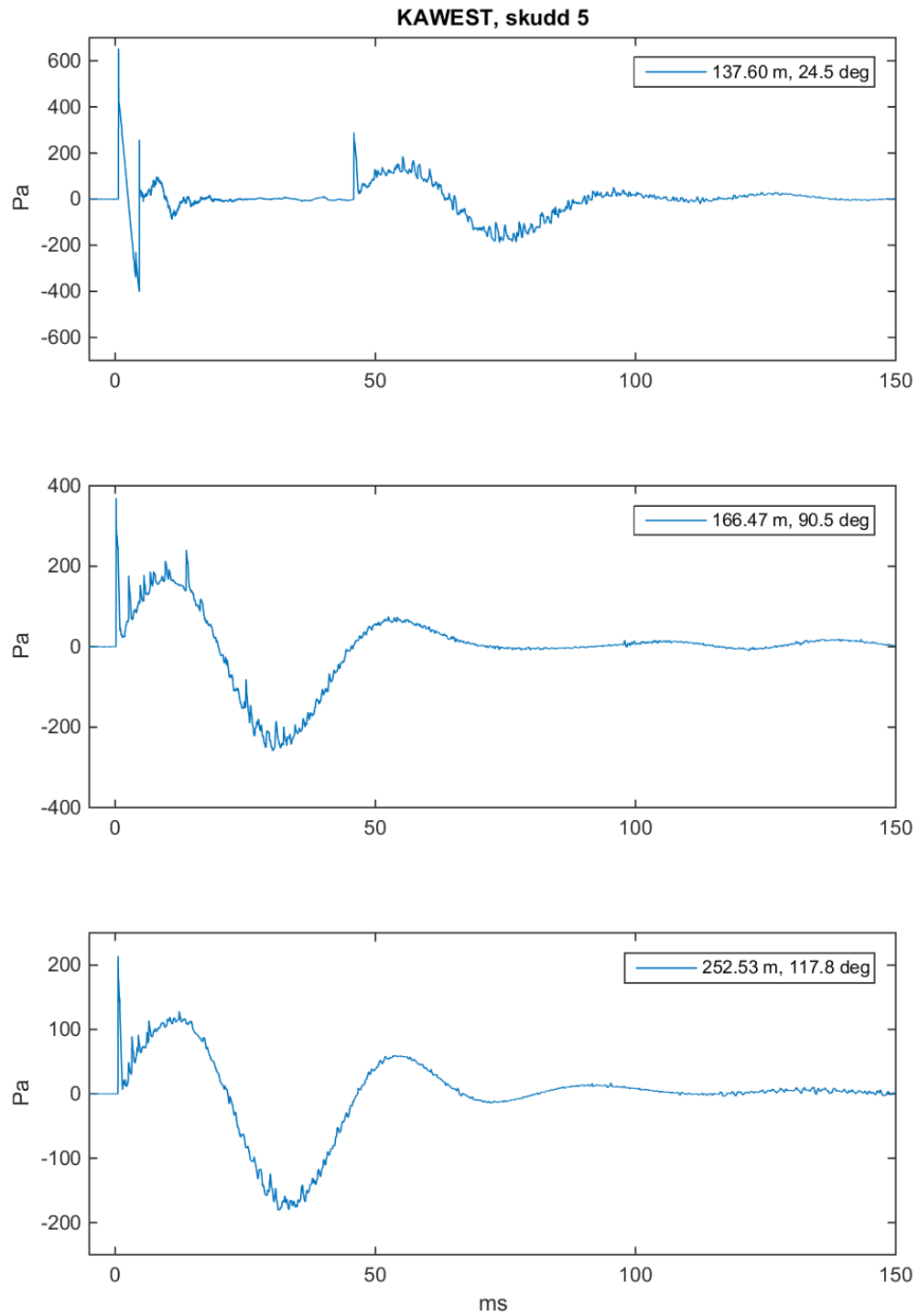


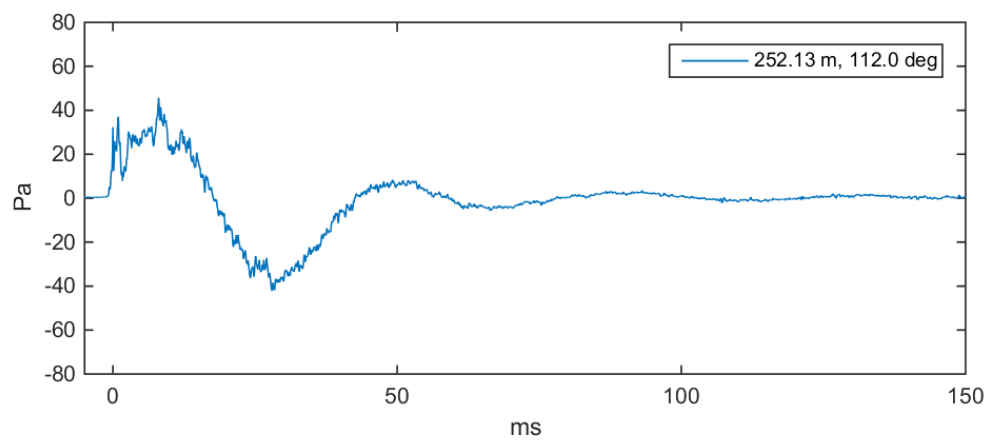
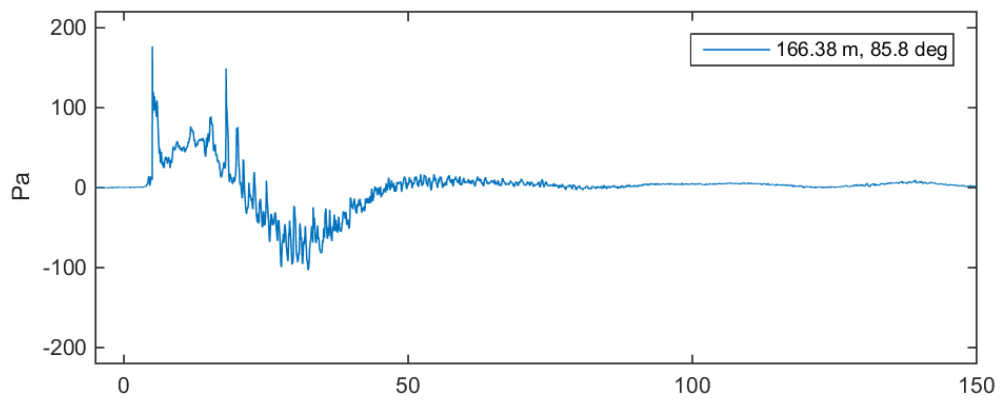
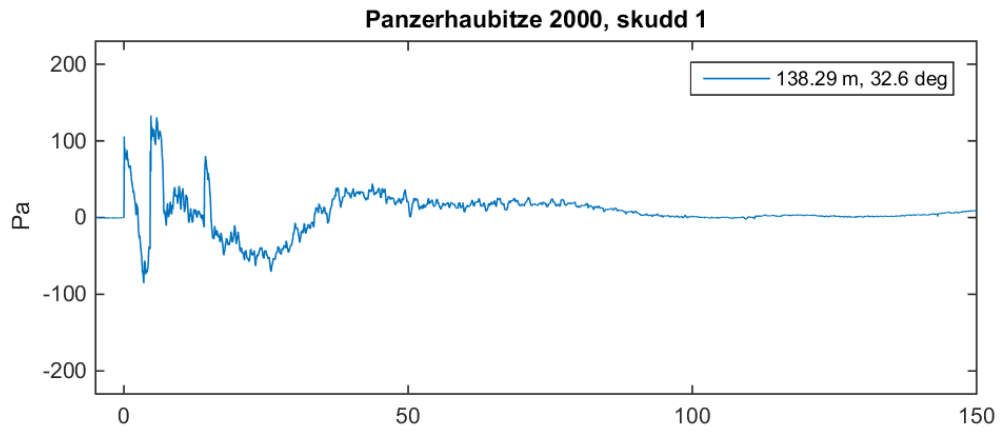


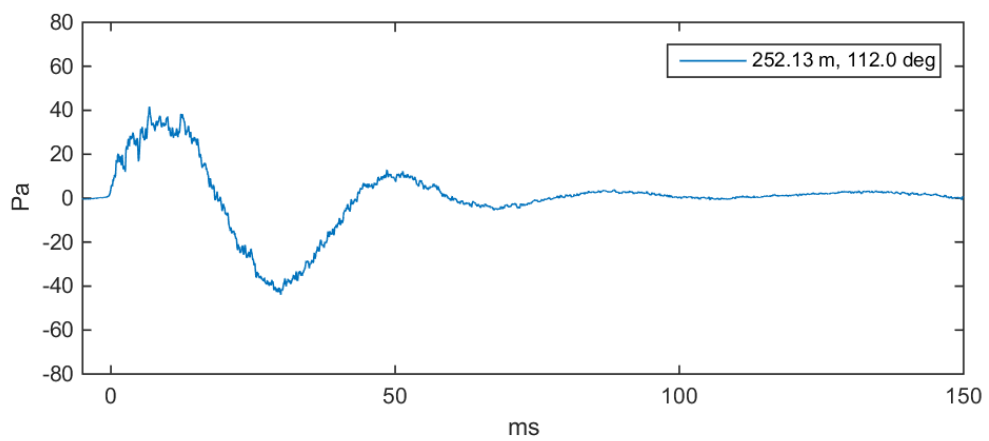
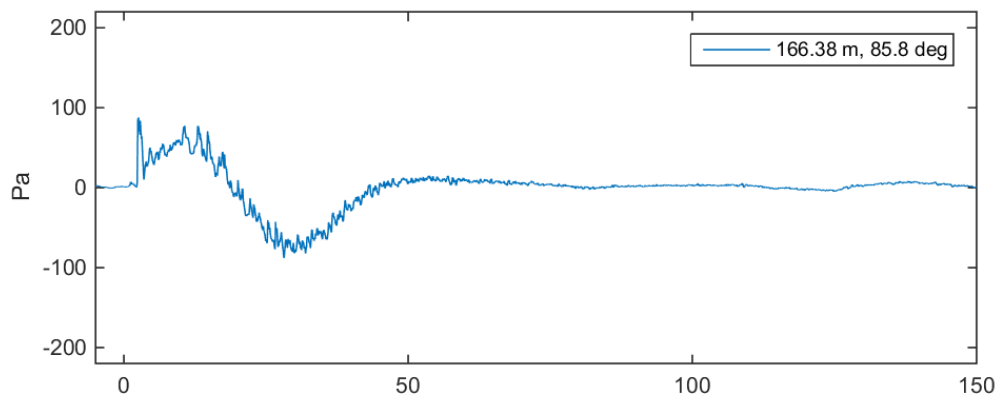
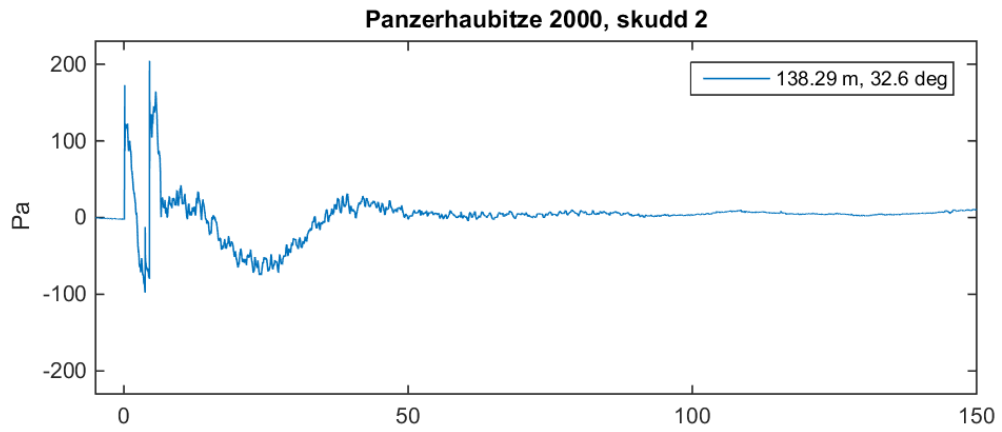


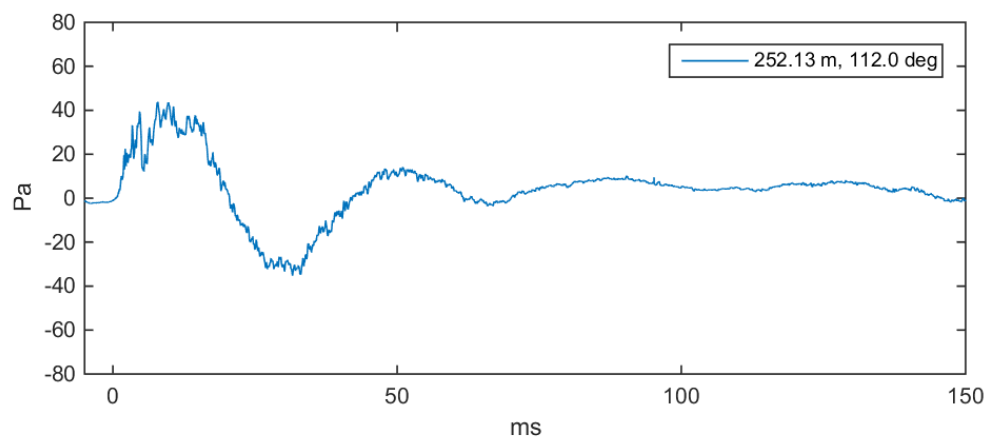
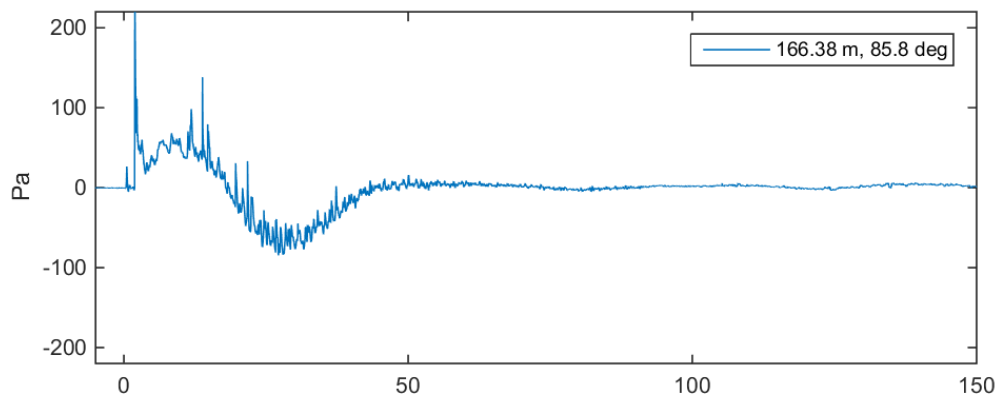
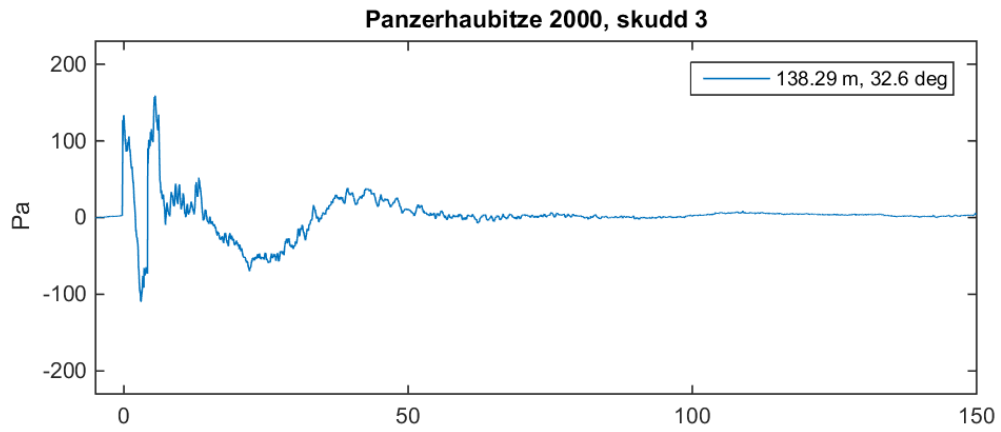


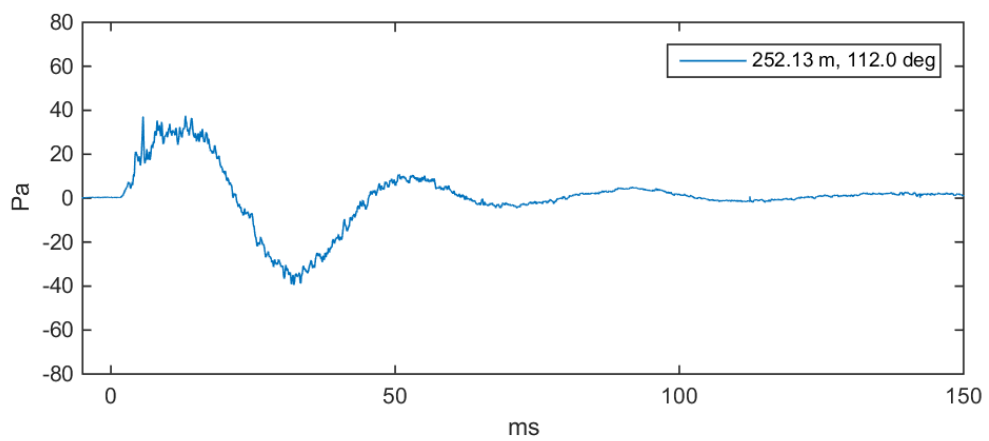
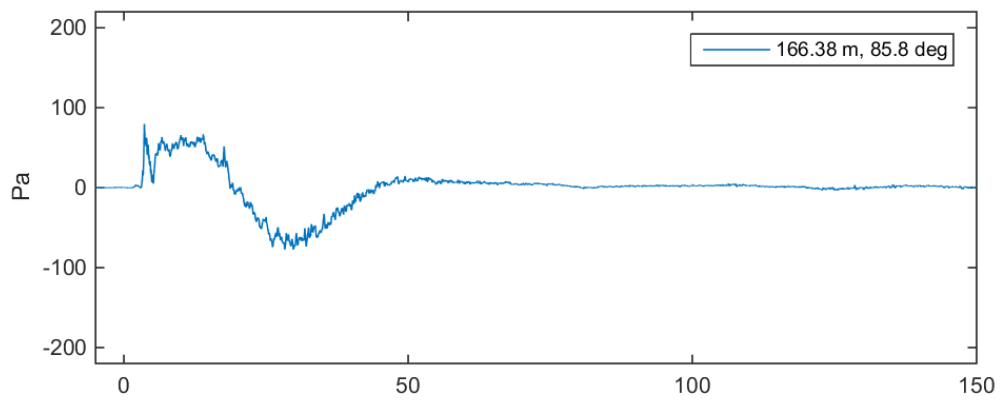
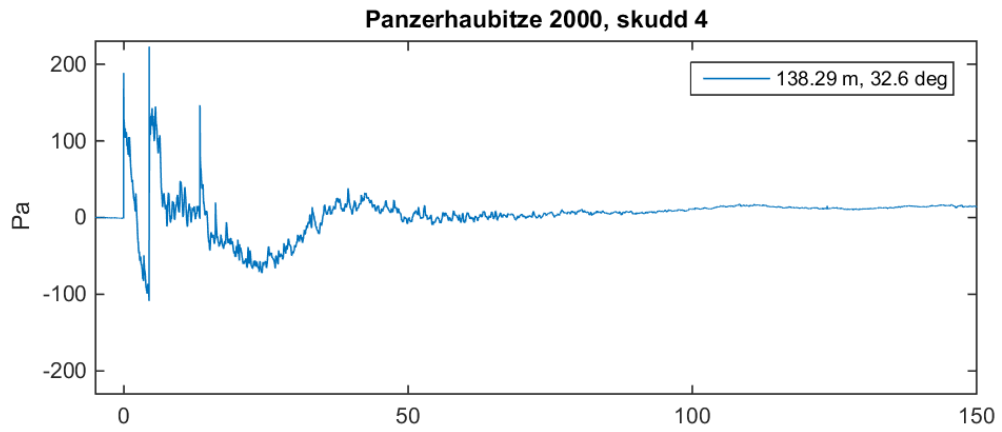


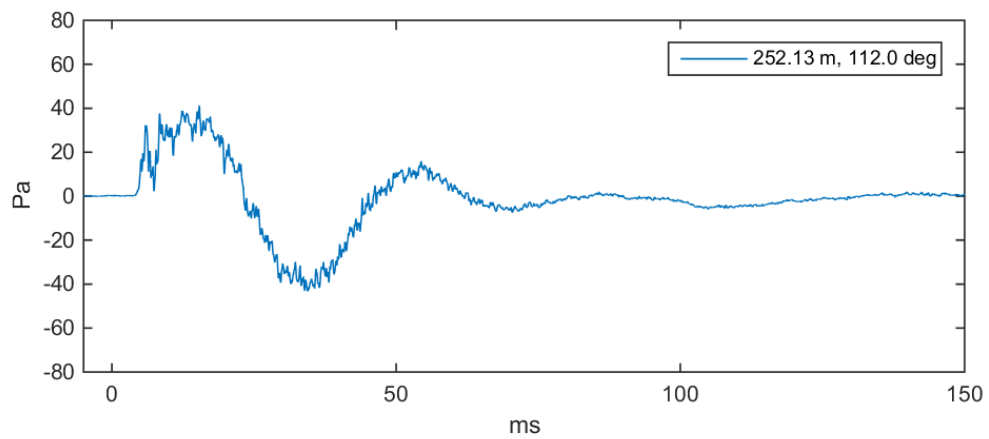
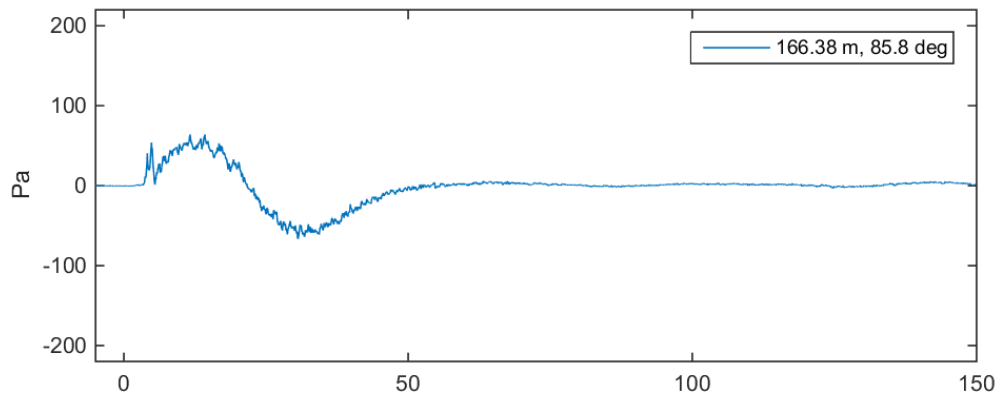
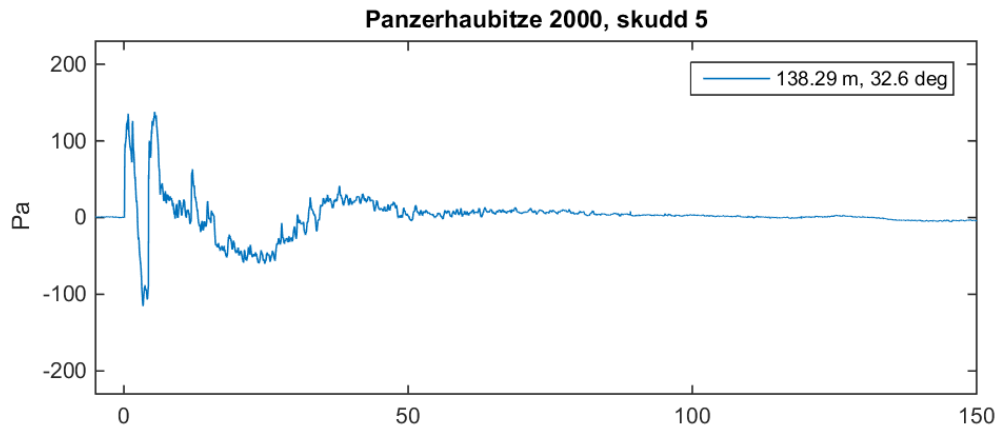


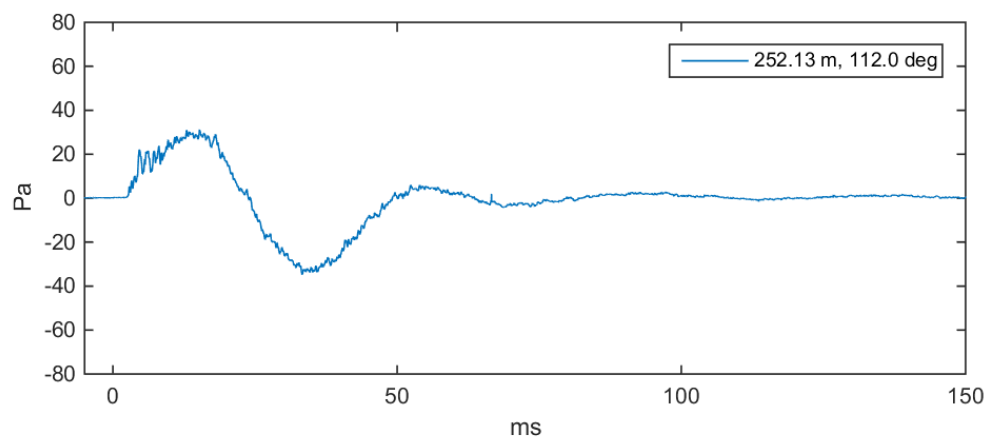
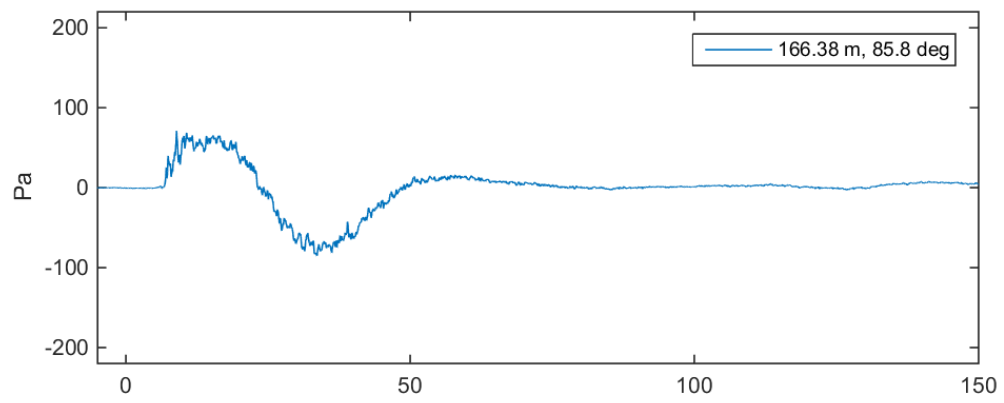
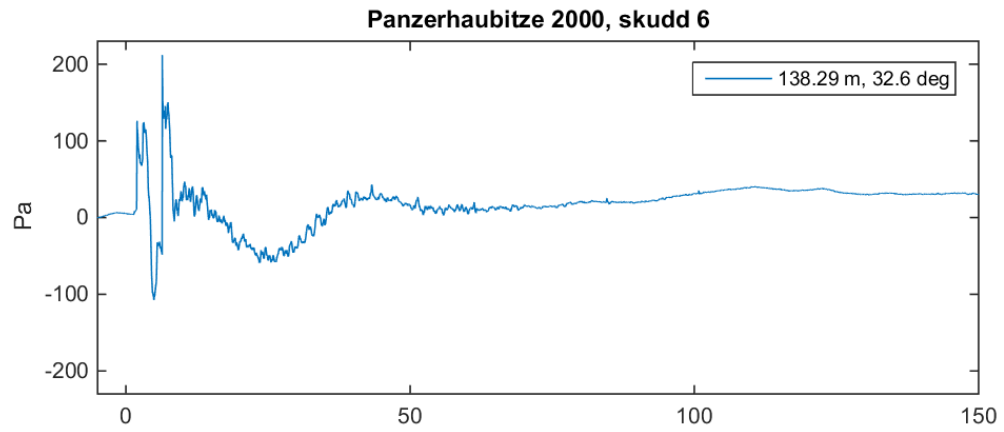


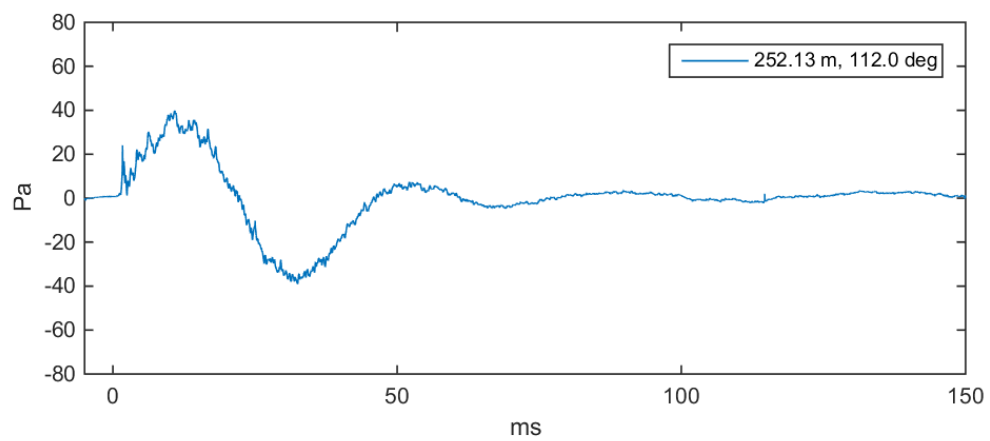
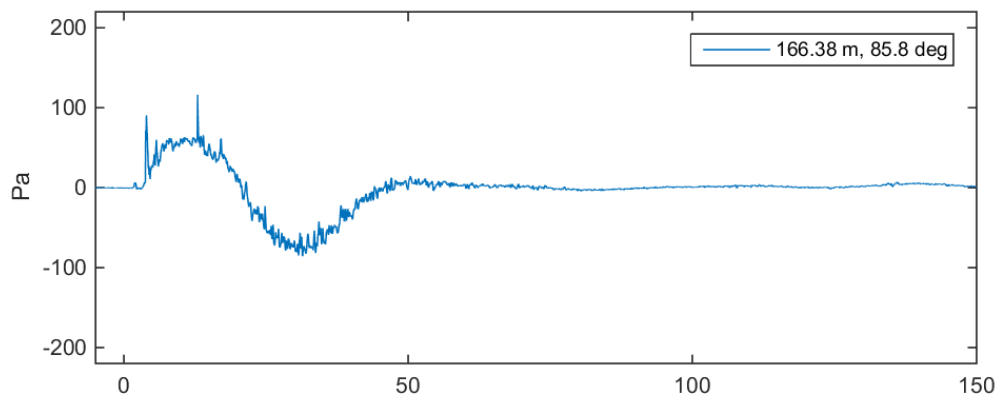
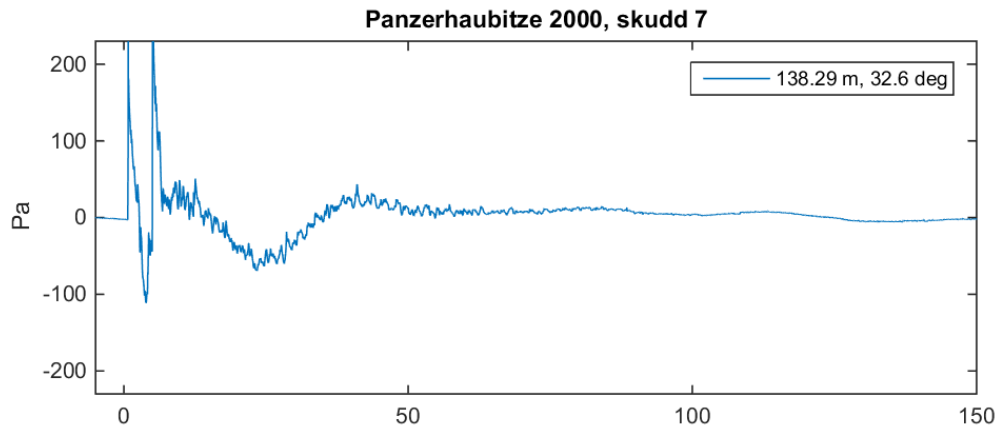


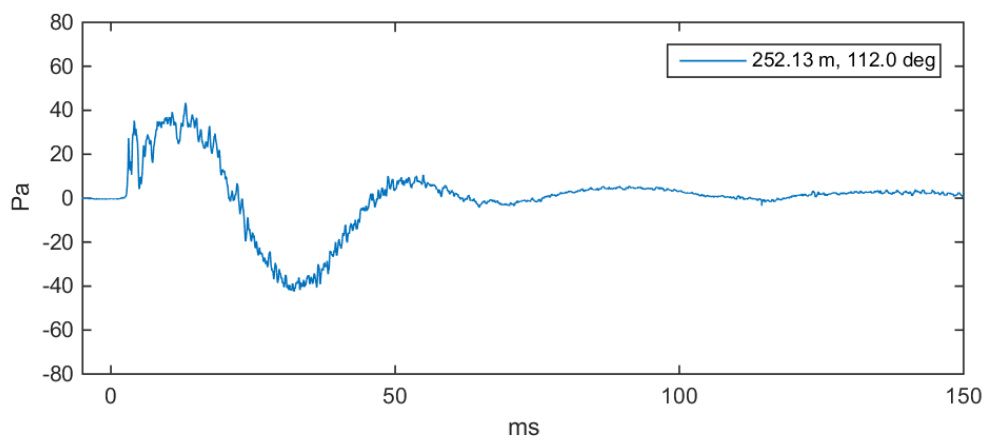
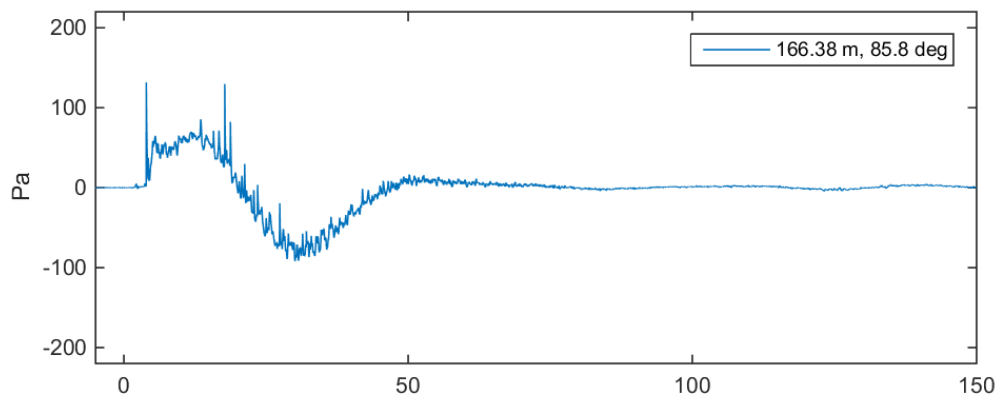
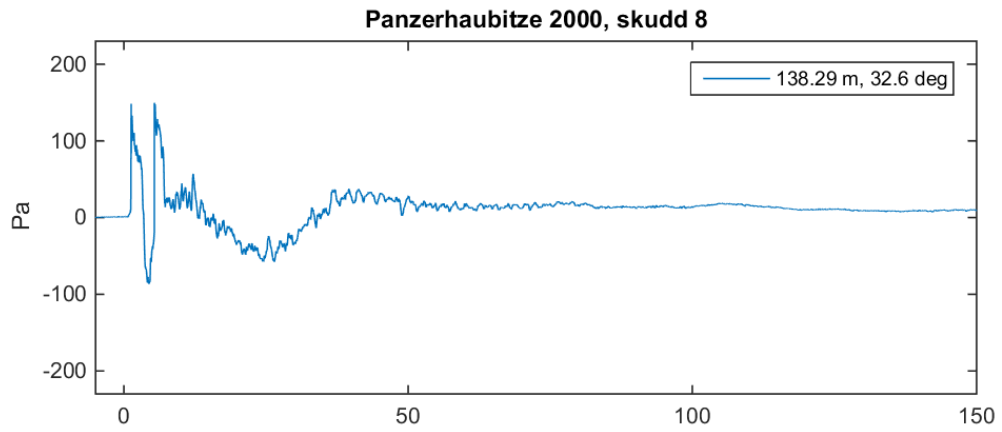


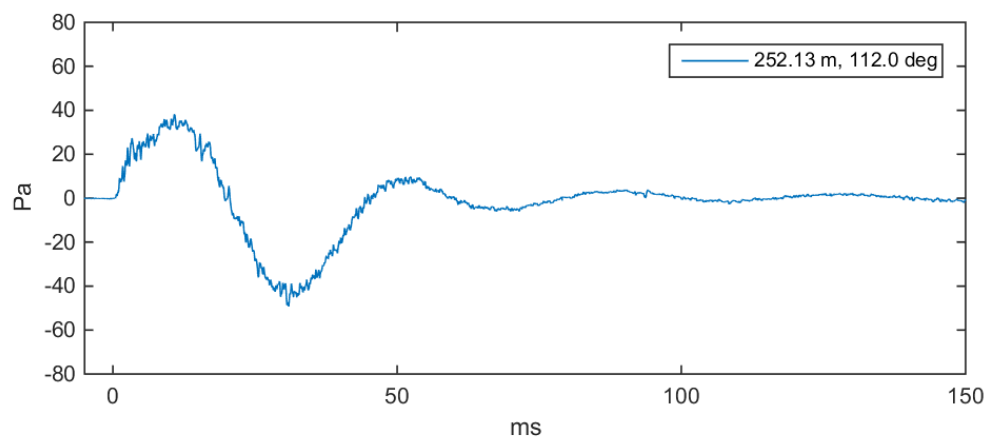
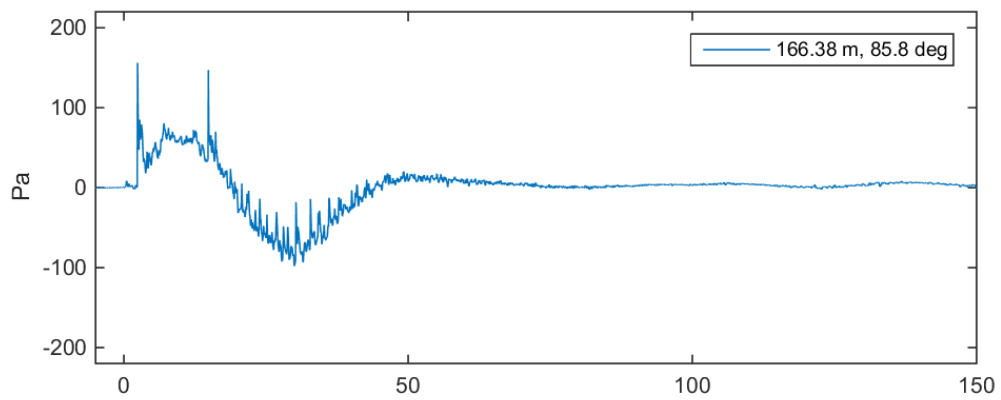
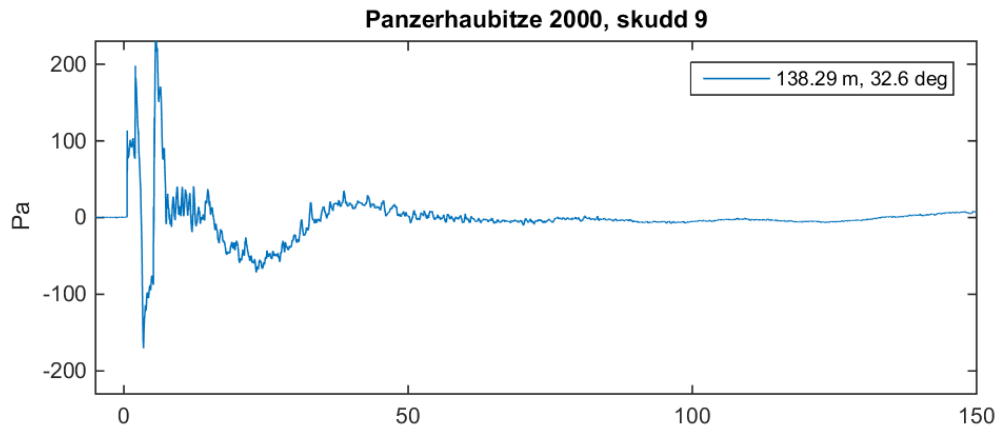












B Bilder fra standplass



Figur B.1 Standplass.



Figur B.2 Standplass.

C Notater fra målekampanjen

Samplinghastighet: 200kS/s
Forsterker: B&K NEXUS 2690
Forforsterker: B&K 2669
Båndpass: 0,1Hz-100kHz
Output: 3,16V/kPa
Kalibrering: 114dB-1000Hz

Ingen Frifeltsladninger (TNT) grunnet annen testvirksomhet, personell og ammunisjonslagring på stedet.

Norway-EUREF89 UTM32
Geoid Model href2008a

Sensor1
B&K 4938 Snr2538095
East 642226.9593
North 6795773.7364
Ell 542.2010

Sensor2
B&K 4938 Snr2527223
East 642188.7612
North 6795535.2744
Ell 543.0527

Sensor3
B&K 4938 Snr2538097
East 642242.1281
North 6795412.4472
Ell 539.5820

Skyts#1 20160126
Type K9 Thunder (South Korean) 155mm
Granat NM28
Ladning NM23 ladn 6
AZ 5566
EI 479
V0 486 m/s
East 642301.1613
North 6795658.0950
Ell 542.5345
Atmosfæretrykk: 941hPa
Temperatur: -0,1C

Vind: 1,7m/s 217deg

Skyts#2 20160127

Type KAWEST (Swiss) 155mm

Granat Stahlgranat 66 (M107-familien som vår NM28)

Ladning Sveitsisk Konteinerladung ladn 7

Az 5569

EI 366

V0 556 m/s

East 642301.2912

North 6795657.9429

EII 541.4345

Atmosfæretrykk: 931hPa

Temperatur: -1,3C

Vind: 2,4m/s 45deg

Skyts#3

Type Nexter (France) 155mm

Granat LU211HB (ganske lik vår OEF3HB)

Ladning TCM ladn 3

Ingen målinger

Regn-Frost i mikrofonene

Skyts#4 20160130

Granat L15A1

Ladning L8A1 ladn 5

Type Panzerhaubitze 2000 155mm

Az 5479

EI 478

V0 453 m/s

East 642301.7456

North 6795657.4105

EII 542.4345

Atmosfæretrykk: 917hPa

Temperatur: -0,1C

Vind: 7,6m/s 212deg

Referanser

- [1] M. Huseby. Noise emission data for M109, 155 mm field howitzer. FFI-rapport 2007/02530, Norwegian Defence Research Establishment, 2007.
- [2] M. Huseby. Evaluering av støy fra håndvåpen ved måleanlegget på FFI. FFI-rapport 2015/01416, Norwegian Defence Research Establishment, 2015.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] IEC 61672-1. Electroacoustics – sound level meters – part 1: Specifications (Edition 2.0), 2013.

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militært teknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

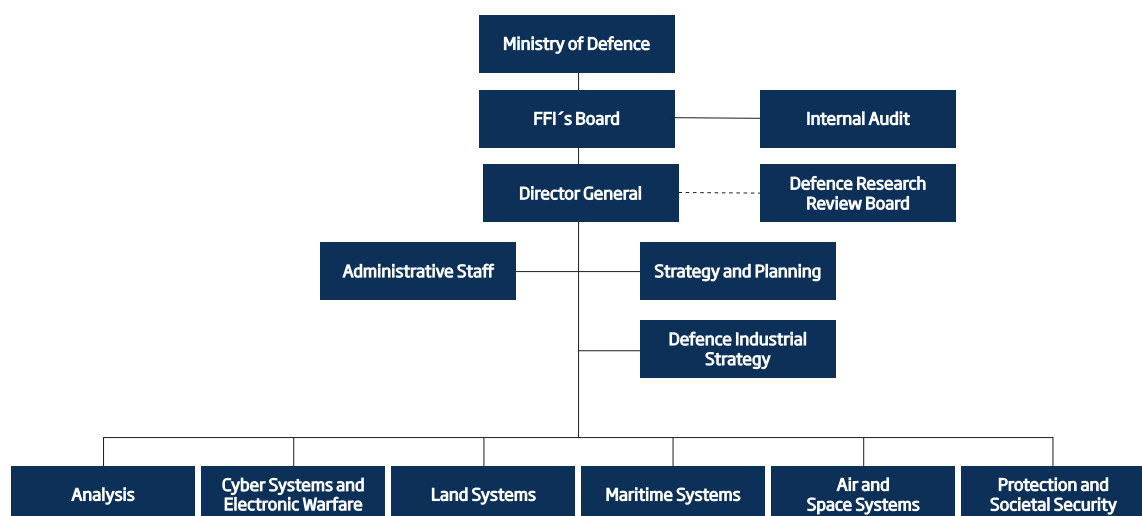
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt

Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)

P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: ffi@ffi.no