



FFI-RAPPORT

17/16680

Eksposering for skyterøyk i pansrede kjøretøy

—
Ida Vaa Johnsen
Arnt Johnsen
Tove Engen Karsrud

Eksponering for skyterøyk i pansrede kjøretøy

Ida Vaa Johnsen
Arnt Johnsen
Tove Engen Karsrud

Emneord

Stridsvogner
Panservogner
Våpen
Ammunisjon
Karbonmonoksid
Metaller
Helseskadelige stoffer
Risikovurdering

FFI-rapport

FFI-RAPPORT 17/16680

Prosjektnummer

132901

ISBN

P: 978-82-464-2996-0

E: 978-82-464-2997-7

Godkjent av

Øyvind Voie, *forskningsleder*
Janet M. Blatny, *avdelingssjef*

Sammendrag

Under skyteøvelser med panserkjøretøy blir personell utsatt for skyterøyk. For å avdekke hvilke konsentrasjoner det gjelder, ble det bestemt at det skulle utføres målinger. I samarbeid med Forsvaret valgte Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) ut to kjøretøy til målingene, stridsvognen Leopard 2 (Leo2) og stormpanservognen CV90. Det ble også utført noen målinger i en modernisert utgave av CV90. Det ble gjort fordi den moderniserte vognen ble levert etter målingene var gjennomført, og den hadde et kraftigere ventilasjonsanlegg. I Leo2 ble skyterøyk målt ved skyting med mitraljøre gjennom coaxen, 120 mm og 27 mm indrekanon. I CV90 ble skyterøyk målt ved skyting med 30 mm blåplast, 30 mm NM219 og NM245 sammen med mitraljøre.

Resultatene viste at operativt personell tidvis ble eksponert for svært høye konsentrasjoner av karbonmonoksid (CO) under skyting. I Leo2 var det spesielt høye konsentrasjoner av CO under skyting med mitraljøre fra coaxen (>2000 ppm). Under slik skyting ble personellet også eksponert for kobber og bly (der blyammunisjon ble benyttet) over grenseverdier angitt i arbeidsmiljøloven. Det tok også lang tid (>20 min) før skyterøyken ble ventilert ut av vognen, selv med ventilasjonssystem aktivert og lukene åpne. Det er sannsynlig at mye skyting med mitraljøre fra coaxen kan gi en COHb-konsentrasjon (CO-hemoglobin) > 10 %, der symptomer på forgiftning vil være merkbare. Skyting med indrekanon og 120 mm gav lavere CO-konsentrasjoner, og det er derfor mindre sannsynlig at eksponering vil medføre symptomer på forgiftning. Eksponering for metaller så ikke ut til å utgjøre en helserisiko ved skyting med indrekanon eller 120 mm kanon.

I CV90 ble det målt høye konsentrasjoner av CO når det ble skutt serier med mange skudd av 30 mm ammunisjon, og det tok noe tid før skyterøyken ble utluftet fra vognen. Ved skyting av mange skudd i rask rekkefølge fra 30 mm kanon kan det derfor ikke utelukkes at det kan medføre eksponering for CO som gir en COHb-konsentrasjon over 10 %. Som følge av at tennsatsen i 30 mm ammunisjon inneholder bly, kan det også føre til at grenseverdier for bly i arbeidsmiljø overskrides. Selv om eksponering for metaller så ut til å være redusert i de moderniserte vognene, viste undersøkelsene ikke en klar reduksjon i eksponering for skyterøyk.

Med bakgrunn i målingene anbefaler FFI følgende: at skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2 begrenses, at CO-måler installeres i Leo2, at bruk av filtermaske vurderes ved skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2, at alle luker unntatt vognførers settes i åpen stilling ved skyting både fra Leo2 og CV90, at ventilasjonsanlegget i både Leo2 og CV90 må stilles på full styrke under skyting og stå på inntil skyterøyk er ventilert ut, og at bruk av filtermaske vurderes ved skyting av mange skudd med 30 mm kanon i CV90. Forsvarets bedriftshelsetjeneste bør undersøke og vurdere COHb-konsentrasjon hos personell etter skyting i Leo2 og CV90, og vurdere om det er behov for lovpålagt helseovervåking av bly. Forsvaret bør vurdere øvingsmønster for å unngå høy eksponering for skyterøyk. Ved modernisering av Leo2 eller ved nyanskaffelser bør Forsvaret ha fokus på bedre ventilasjon og sørge for at skyterøyk fra mitraljøre ikke kommer inn i vognen.

Summary

During firing inside armored vehicles, the personnel are exposed to gun smoke. In order to reveal the concentration it was decided to conduct measurements. In collaboration with the Norwegian defence, the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) selected two vehicles for measurements, the battle tank Leopard 2 (Leo2) and the combat vehicle CV90. As a modernized version of CV90 was delivered after completed measurements, and the modernized CV90 had a more powerful ventilation system, some measurements were also conducted in the modernized CV90. Measurements in Leo2 were performed during different firings: machine gun through the coax, 120 mm cannon and 27 mm sub caliber. In CV90 vehicles, measurements were done during firing with 30 mm plastic ammunition, 30 mm NM219 and NM245 together with machine guns.

The results show that combat personnel occasionally were exposed to very high concentrations of carbon monoxide (CO). In Leo2, it was observed a particular high level of CO during shooting with the machine gun from the coax. At the same time, personnel were exposed to copper and lead (when leaded munitions were used) above recommended limits. It took some time (>20 min) before the firing emission was vented out of the vehicle, even when the ventilation system was activated and the hatches were in open position. It is likely that bursts of firing with the machine gun from the coax can cause a COHb level > 10%, where symptoms of poisoning will be noticeable. Exposure of CO during firing of the 120 mm cannon and the 27 mm sub caliber is not expected to cause poisoning symptoms. Exposure to metals did not pose a health risk when firing the 120 mm cannon or the 27 mm sub caliber.

High concentrations of CO were also observed in CV90 when firing bursts of 30 mm ammunition, and it took some time before the firing emissions was vented out. Firing multiple shots during short time periods from the 30 mm cannon can cause a CO exposure that gives rise to a COHb level above 10%. During the firing, the level of lead can exceed the occupational limits, due to a lead containing primer cup. In the modernized CV90, the studies do not show a clear reduction in exposure to CO, although exposure to metals appeared to be reduced.

Based on the results, FFI recommends that: the shooting with machine gun from the coax in Leo2 should be limited, a CO instrument should be installed in Leo2, the use of a particular respirator should be considered during high intensity shooting with the machine gun from the coax in Leo2, all hatches except the drivers' should be set into open position during shooting in Leo2 and CV90, the ventilation system in Leo2 and CV90 should be set to highest intensity during shooting and be left on until the smoke is evacuated, and the use of a particular respirator should be considered when multiple shots with 30 mm cannon in CV90 are fired in short time. The military occupational healthcare authorities should measure the COHb levels in personnel after shooting in Leo2 and CV90 and assess whether there is a need for health monitoring of lead in CV90 personnel. The Armed Forces should assess the exercise pattern to avoid exposure to high emissions from firing. When modernizing Leo2 or on acquisition of a new battle tank, the Armed Forces should focus on better ventilation and the need for a machine gun which do not expose personnel for gun emissions.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	9
1.1 Mulige helseeffekter og grenseverdier	9
2 Materialer og metoder	11
2.1 Måleutstyr	11
2.2 Våpen og ammunisjon	12
2.3 Leo2	13
2.4 CV90 – før modernisering	16
2.5 CV90 – etter modernisering	18
2.6 Beregning av metalleksponering	19
3 Resultater og diskusjon	20
3.1 Gasser	20
3.2 Metaller	24
3.3 Partikler	28
4 Risikovurdering	34
4.1 Leo2	34
4.2 CV90	38
5 Konklusjon og anbefalinger	40
5.1 Anbefalinger	40
Vedlegg	42
Vedlegg A Eksponeringstid	42
Vedlegg B CO og andre gasser	43
B.1 Leo2	43

B.2	CV90	51
Vedlegg C	Analyserapport metaller	60
Referanser		63

Forord

FFI vil takke operativt personell i stridsvogn og CV90 som har stilt opp og gjort det mulig for oss å foreta målinger av både gasser og partikler/metaller i pustesonen til disse. Vi setter også pris på at det fra Forsvarets side er blitt tilrettelagt for at våre målinger av skyterøyk ved skyting med ulike våpen og ammunisjon fra disse vognene kunne gjennomføres.

Vi retter også en takk til Bradalsmyra testsenter og CHSnor AS som gjorde det mulig for oss å foreta målinger av skyterøyk under innskyting av 30 mm kanon i moderniserte CV90 vogner.



1 Innledning

En rekke komponenter i skyterøyk fra våpen og ammunisjon kan være helseskadelig for brukere. Det har blant annet blitt rapportert om irriterte luftveier, hoste, feber, kaldsvetting, kvalme og leddsmerter ved skyting med HK416 og blyfri ammunisjon (Strømseng, Voie et al. 2009). Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har i etterkant av at dette ble avdekket gjennomført en rekke undersøkelser for å måle eksponering for skyterøyk fra håndvåpen (Voie, Ljønes et al. 2012, Ljønes, Johnsen et al. 2013, Voie, Borander et al. 2013, Voie 2014, Voie, Johnsen et al. 2014, FFI Johnsen and Johnsen 2015, FFI Johnsen and Johnsen 2015). Resultater fra undersøkelsene har identifisert at skytters eksponering er verst om ventilasjonen er utilstrekkelig og /eller det skytes i lukkede rom. Mange innendørs skytebaner og overbygde standplasser har blitt utbedret som følge av de undersøkelsene som FFI har gjennomført.

Når det skytes med både kanoner og mitraljøre fra panservogner, vil skyterøyken som slippes ut inne i vognen kun ha et lite volum å spre seg i. Dermed vil det kunne oppstå høye konsentrasjoner kortvarig, før ventilasjon i vognen klarer å fjerne skyterøyken. Det ble derfor besluttet at det i FFI-prosjekt 1329 skulle utføres målinger for å avdekke hvilke konsentrasjoner av skyterøyk personellet utsettes for under skyteøvelser med panserkjøretøy.

CV90 er et mellomtungt stridskjøretøy (stormpanservogn) levert av BAE systems Hägglunds (Sverige). Vognen er bevæpnet med en 30 mm Bushmaster II maskinkanon og en 7,62 mm mitraljøre. Mannskap består av vognfører, vognkommandør og skytter. I tillegg er det plass til 8 soldater i stridsrommet. CV90 benyttes av både Panserbataljonen og Telemark bataljon og ble blant annet brukt i Afghanistan (Forsvaret 2014). CV90 vognene har de siste årene blitt oppgradert og modernisert, der kapasitet på ventilasjonsanlegget blant annet har økt. Leopard 2 (Leo2) er en stridsvogn produsert av Krauss-Maffei Wegmann (Tyskland). Vognen er bevæpnet med 120 mm kanon og to 7,62 mm mitraljører. Det er også mulig å montere en indrekanon i 120 mm kanonen, slik at det er mulig å skyte med 27 mm granater. Leo2 benyttes av både Panserbataljonen og Telemark bataljon. Mannskapet består av vognfører, vognkommandør, skytter og lader (Forsvaret 2014).

Denne rapporten oppsummerer resultater fra målinger som er gjennomført i forbindelse med skyteøvelser med CV90 og Leo2.

1.1 Mulige helseeffekter og grenseverdier

I 2009 utførte FFI et litteraturstudium for å kartlegge hvilke komponenter som kunne være helseskadelige i skyterøyk fra bruk av håndvåpenammunisjon (Strømseng, Voie et al. 2009). Det ble funnet at kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb), partikler, ammoniakk (NH₃) og karbonmonoksid (CO) vil være de komponenter som i størst grad kan medføre helseskade. Innånding av Cu- og Zn-røyk (ultrafine partikler som inneholder kobber eller sink) kan føre til metallfeber (Graeme and Pollack 1998, Merchant and Webby 2001), og inhalering av partikler kan føre til betennelsesreaksjoner i lungene (Warheit 2004, Maynard and Kuempel 2005).

Inhalering av CO kan føre til oksygenmangel i kroppen (hypoksi), noe som i de fleste tilfeller vil utarte seg som lettere hodepine eller kvalme, men kan i ekstreme tilfeller føre til død (Piantadosi 2004). Blyforgiftning kan forekomme ved bruk av blyholdig ammunisjon og vil blant annet kunne føre til forplantningsvansker og nyresvikt. Bly er også betegnet som et mulig karsinogen for mennesker av IARC¹ (IARC 2016). Grenseverdiene for de nevnte stoffene i arbeidsatmosfære er hentet fra “Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier)” (Arbeids- and sosialdepartementet 2014) og oppsummert i Tabell 1.1.

Tabell 1.1 Grenseverdier for komponenter i skyterøyk i følge “Forskrift om tiltaks- og grenseverdier” (Arbeids- and sosialdepartementet 2014) og beregnet eller fastsatt korttidsgrense.

Grenseverdier	Arbeidsdag (8 t. gjennomsnitt)	Korttidsgrense (15 min. gjennomsnitt)
Pb (mg/m³)	0,05	0,15
Cu (mg/m³)	0,1	0,3
Zn (mg/m³)	3,8	7,6
Sb (mg/m³)	0,5	1,5
CO (ppm)	25	100
NH₃ (ppm)	15	50
HCN (ppm)	5	5
Partikler (mg/m³)	5	10

Inhalering av partikler kan i seg selv være helseskadelig. Partikler vil deponeres på forskjellige steder i luftveiene avhengig av størrelsen på partiklene. Partikler i størrelsesorden 0,01- 0,10 µm har høy sannsynlighet for å deponeres i alveolene, mens partikler mindre enn 0,01 µm har høyest sannsynlighet for å deponeres i hoderegionen (nese, munn og svelg) og trakiobronkialt området (luftrør og luftrørsforgreininger). Større partikler (> 0,1 µm) har stor sannsynlighet for å deponeres i hoderegionen (Maynard and Kuempel 2005). Partikler som deponeres i alveolene kan forårsake betennelsesreaksjoner. Desto mindre partiklene er, jo større respons kan forventes ved samme konsentrasjon (Warheit 2004, Maynard and Kuempel 2005). Dette skyldes at små partikler har større reaktiv overflate i forhold til masse enn det som er tilfellet for større partikler. Små partikler (< 0,1µm) kan også forflytte seg fra stedet de blir deponert, og har blitt funnet igjen i både blod og hjerne etter inhalering (Yang, Peters et al. 2008).

2 Materialer og metoder

2.1 Måleutstyr

Personbårne CO-målere: Et lite instrument som festes på skulderen til den eksponerte personen for kontinuerlig å måle CO-konsentrasjon i luften nær pustesonen. FFI innehar forskjellige typer; PAC7000 fra Dräger logger en måling hvert tiende sekund og har et målområde fra 1-2000 ppm. GasAlert Extreme fra Honeywell logger verdier hvert sekund og har et målområde fra 1-1000 ppm. X-am 5000 fra Dräger logger data hvert sekund og har et målområde fra 1-2000 eller 1-10000 ppm.

Multiwarn II: Stasjonær gassmåler fra Dräger som måler CO, HCN og NH₃ (eller NO₂), der verdier logges hvert sekund eller hvert tidende sekund. Målområdet for CO er på 1-10000 ppm, for HCN er målområdet 0,1-50 ppm, mens det for NH₃ er 1-300 ppm. Instrumentet er koblet til en pumpe som kontinuerlig suger luft fra det området en ønsker prøvetatt. Under Kapittel 2.3 - 2.5 er det angitt hvor dette instrumentet er plassert ved de ulike målingene som er gjort.

Oppsamling av støv på filter: Et veid polykarbonatfilter av typen HTTP03700 fra Millipore med porestørrelse på 0,4 µm monteres i en filterkassett. Denne kassetten kobles til en SKC luftpumpe (AirChek XR5000) som suger luft gjennom filteret med en hastighet på 2 l/min. Filterkassetten festes på skulderen, nær pustesonen til eksponerte personer. Etter eksponering veies filterne før de oppsluttes i en blanding av salpetersyre (HNO₃) og saltsyre (HCl) i en mikrobølgeovn (UltraWave fra Milestone) på 200°C. Deretter analyseres metaller ved hjelp av ICP-MS² (Thermo Xseries 2). Det ble i hovedsak analysert for kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb), antimon (Sb) og vismut (Bi).

Gasmet DX4015: Mobil FTIR gassdetektor som kan måle en rekke gasser (CO, NH₃, HCN, NO, NO₂, N₂O, CH₄). Instrumentet logger data omkring hvert tredje sekund og har et målområde som strekker seg fra 1-100 opp til 1-10000 ppm avhengig av gass. Under Kapittel 2.3 - 2.5 er det angitt hvor dette instrumentet er plassert ved de ulike målingene som er gjort.

Fast Mobility Particle Sizer Spectrometer (FMPS) Model 3091: Instrumentet fra TSI gir en måling av antall partikler i 32 størrelsesfraksjoner fra 0,056-0,56 µm som funksjon av tid. Størrelsesfraksjonene er følgende: > 6,04, > 6,98, > 8,06, > 9,31, > 10,8, > 12,4, > 14,3, > 16,5, > 19,1, > 22,1, > 25,5, > 29,4, > 34,0, > 39,2, > 45,3, > 52,3, > 60,4, > 69,8, > 80,6, > 93,1, > 107,5, > 124,1, > 143,3, > 165,5, > 191,1, > 220,7, > 254,8, > 294,3, > 339,8, > 392,4, > 453,2 og > 523,3 nm. Data logges hver sekund. Under Kapittel 2.3 - 2.5 er det angitt hvor dette instrumentet er plassert ved målingene som er gjort.

Kaskadeimpaktor: Samler opp partikler i 14 størrelsesfraksjoner (> 0,01, > 0,03, > 0,05, > 0,09, > 0,16, > 0,26, > 0,38, > 0,62, > 0,95, > 1,6, > 3,4, > 4,0, > 6,7, > 9,9 µm) ved at det suges luft gjennom kaskadeimpaktoren med en vakuumpumpe. Partiklene deponeres på forhåndsveide 22 mm oppsamlingsmembraner. Det er begrensninger på hvor mye masse som kan deponeres på oppsamlingsmembranen, slik at opptakstiden typisk er 3-10 minutter avhengig av mengde røyk/partikler i luften. Hver oppsamlingsmembran veies etter eksponering for å finne den vektmessige fordelingen av partiklene i de ulike størrelsesfraksjonene. Deretter oppsluttes og analyseres oppsamlingsmembranene på samme måte som nevnt for filtrene benyttet til oppsamling av støv. Under Kapittel 2.3 - 2.5 er det angitt hvor dette instrumentet er plassert ved målingene som er gjort.

2.2 Våpen og ammunisjon

FFI har i perioden 2014-2016 undersøkt hva operatører av CV90 og Leo2 blir utsatt for av skyterøyk når det blir avfyrt våpen fra disse to panserkjøretøyene. I Tabell 2.1 og Tabell 2.2 er det oppsummert hvilken ammunisjon som er benyttet i våpenplattformene i de to vognene under utførte målinger. Tabellene viser også antall skudd avfyrt og hvilke analyser som er foretatt.

Tabell 2.1 Ammunisjonstype, antall skudd og analyseparametere ved skyting fra Leo2.

	Våpen	Ammunisjon	Antall skudd	Analyser
Leo2	Mitraljøse FN MAG Ksp 58	M80/M62 (bly) NM231/NM232	200 skudd, 2 serier for hver ammo- og våpentype.	Personbåren CO-måler Multiwarn II Metaller i støv på filter
	120 mm	NM254 (IMHE-TP)	3 skudd	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter Kaskadeimpaktor
	120 mm Mitraljøse	NM254 (IMHE-TP) NM231/NM232	Treningsrunde med bruk av begge våpen, ukjent antall skudd	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter
	27 mm indrekanon	Score TP-FRAN-T PEB 282 AA	5 skudd innskyting, deretter 13 skudd	Personbåren CO-måler Multiwarn II Metaller i støv på filter
	27 mm indrekanon Mitraljøse	Score TP-FRAN-T PEB 282 AA NM231/NM232	Treningsrunde med bruk av begge våpen, ukjent antall skudd	Personbåren CO-måler Multiwarn II Metaller i støv på filter

Tabell 2.2 Ammunisjonstype, antall skudd og analyseparametere ved skyting fra CV90.

	Våpen	Ammunisjon	Antall skudd	Analysar
CV90 (før modernisering)	30 mm	30x173 mm blåplast (P-SRTA-T)	30 skudd, 3 serier	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter Multiwarn II FMPS
	30 mm	NM219 (TP-T) NM245 (TPDS-T)	12 skudd NM219 12 skudd NM245	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter Kaskadeimpaktor
	30 mm Mitralljøse	NM219 (TP-T) NM245 (TPDS-T) NM231/NM232	Treningsrunde; 38 NM219, 40 NM245 og ukjent antall skudd med mitralljøse	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter
CV90 (etter modernisering)	30 mm	NM219 (TP-T) NM245 (TPDS-T)	Innskyting; 25 skudd NM219 og 20 skudd NM245. 5 skudd i serie av NM219 og NM245.	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter Gasmeter FMPS Kaskadeimpaktor
	30 mm Mitralljøse	NM219 (TP-T) NM231/NM232	Innskyting og treningsrunde; Vogn 1 – 70 skudd* Vogn 2 – 69 skudd* Vogn 3 – 44 skudd* Vogn 4 – 83 skudd* Vogn 5 – 66 skudd*	Personbåren CO-måler Metaller i støv på filter

*skudd med NM219, usikkert hvor mange skudd med mitralljøse.

2.3 Leo2

I Leo2 ble det målt skyterøyk både ved skyting med 120 mm kanon, 27 mm indrekanon og mitralljøse gjennom coaxen.

2.3.1 Mitralljøse

Målingene ble foretatt av FFI under skyting i Rødsmoen skyte- og øvingsfelt på Rena den 26. november 2014. Lukene var stengt under skytingen for å få målinger under verst mulige forhold. Det ble benyttet to forskjellige mitralljøser i undersøkelsen; FN MAG original og Kulspruta 58 (Ksp 58). Begge våpnene ble avfyrt med både blyholdig (M80/M62, 1:4) og blyfri ammunisjon (NM231/NM232, 1:4). Det ble skutt to serier à 200 skudd i byger på 4-6 skudd for hver av de to ammunisjonstypene. Det ble først skutt med Ksp 58 og deretter med FN MAG original. Skytter og lader benyttet gassmaske ved gjennomføring av skyteseriene.

På skytter og lader ble det plassert personbårne CO-målere i innåndingssonen, mens det på førerplass ble plassert en CO-måler i hodehøyde der fører skal sitte under skyting. Inne i vognen ble Multiwarn II montert for å måle karbonmonoksid (CO), ammoniakk (NH₃) og hydrogen-cyanid (HCN) som er de mest relevante gassene fra skyting med håndvåpen med hensyn til helseeffekter. Multiwarn II ble plassert slik at det målte opp under taket på venstre side, like under luke. Dette var det området en forventet de høyeste konsentrasjonene av gasser fra skytingen. Skytter og lader ble utstyrt med en filterkassett med påmontert pumpe, som samlet opp støv og partikler i innåndingssonen. Filteret i filterkassetten ble senere veid, oppsluttet og analysert for relevante metaller i laboratoriet hos FFI.

2.3.2 120 mm kanon

Målingene ble foretatt av FFI under skyting i Regionfelt Østlandet på Rena den 8. september 2015. Ammunisjonen som ble benyttet ved skyting med 120 mm kanon var NM254 (IMHE-TP). Hvert av mannskapene ble påmontert personbårne CO-målere (gul enhet på skulderen til person på bilde i Figur 2.1). Skytter og lader ble utstyrt med en filterkassett med påmontert pumpe, som samlet opp støv og partikler i innåndingssonen (enhet med blå tape og tilkoblet slange på person i Figur 2.1). Filteret i filterkassetten ble senere veid, oppsluttet og analysert i laboratoriet hos FFI for relevante metaller. Det ble målt partikkelstørrelse ved hjelp av en kaskadeimpaktor. Kaskadeimpaktoren og tilhørende vakuumpumpe var plassert oppe på taket av Leo2 (Figur 2.1), mens prøvetakingslange var strukket inn i luka til laderen og festet i innåndingssonen til lader.

Det ble skutt 3 skudd for innskyting fra stillestående posisjon. Deretter ble det kjørt en treningsrunde der både kanon (1 skudd NM254), mitraljøse (ukjent antall skudd) og syv røykammunisjon (NM186) ble avfyrt. På treningsrunden ble ikke kaskadeimpaktoren benyttet. Treningsrunden pågikk i om lag 20 minutter og på denne runden var den ene luken åpen. I Figur 2.2 vises et bilde av Leo2 like etter avfiring av et skudd med 120 mm kanon.



Figur 2.1 Plassering av måleinstrumenter på personell og taket av Leo2 under måling i Regionfelt Østlandet på Rena den 8. september 2015.



Figur 2.2 Skyting med 120 mm kanon (NM254 ammunisjon) i Leo2.

2.3.3 27 mm indrekanon

Det kan installeres en indrekanon i 120 mm kanonen, slik at det kan skytes med 27 mm scoreammunisjon (TP-FRAG-T PEB 282 AA). Det ble av FFI foretatt målinger av skyterøyk under skyting med indrekanon samme dag som ved skyting med 120 mm kanon (8. september 2015). Det ble benyttet samme oppsett av måleinstrumenter som ved skyting med 120 mm kanon, bortsett fra at kaskadeimpaktoren ikke ble benyttet grunnet problemer med strømtilførselen. Multiwarn II ble benyttet og plassert slik at det ble målt oppunder taket i nærheten av lader. Det ble først skutt 5 skudd innskyting og deretter 13 skudd. Så ble det kjørt en treningsrunde der det ble skutt med både indrekanon og mitraljøse. Det er ukjent hvor mange skudd som ble skutt under treningsrunden. Den ene luken var åpen under disse skytingene.

2.4 CV90 – før modernisering

2.4.1 30 mm blåplast

Målingene ble foretatt av FFI under skyting i Terningmoen skyte- og øvingsfelt den 18. november 2014. Lukene var stengt under skytingen for å få målinger under verst mulige forhold. Det ble skutt 3 serier à 30 skudd med blåplast (30x173 mm P-SRTA-T) produsert av Nammo Bakelittfabrikken AS. Hver serie tok om lag 30 sekunder.

Det ble festet personbårne CO-målere på vognkommandør og skytter. I tillegg ble Multiwarn II plassert i stridsrommet. Vognkommandør og skytter ble utstyrt med en filterkassett med påmontert pumpe, som samlet opp støv og partikler i innåndingssonen. Filteret i filterkassetten ble senere veid, oppsluttet og analysert i laboratoriet hos FFI for relevante metaller. I stridsrommet ble det plassert en FMPS med prøvetakingslange inn til skytters innåndingssone, for å bestemme partikkelstørrelsesfordelingen (Figur 2.6 og Figur 2.7).

2.4.2 30 mm NM219 og NM245

Målingene ble foretatt av FFI under skyting i Regionfelt Østlandet på Rena den 9. september 2015. Det ble skutt med to forskjellige ammunisjonstyper, NM219 og NM245 (Figur 2.3 og Figur 2.4). Det ble skutt 12 skudd stillestående med hver ammunisjonstype. Deretter ble det kjørt en treningsrunde der begge ammunisjonstyper ble skutt. På denne runden ble det først skutt 19 NM219 og deretter 40 NM245, og etter en liten pause skutt 19 NM219. Det kan ikke ses bort fra at det også ble skudd med mitraljøse på denne treningsrunden.

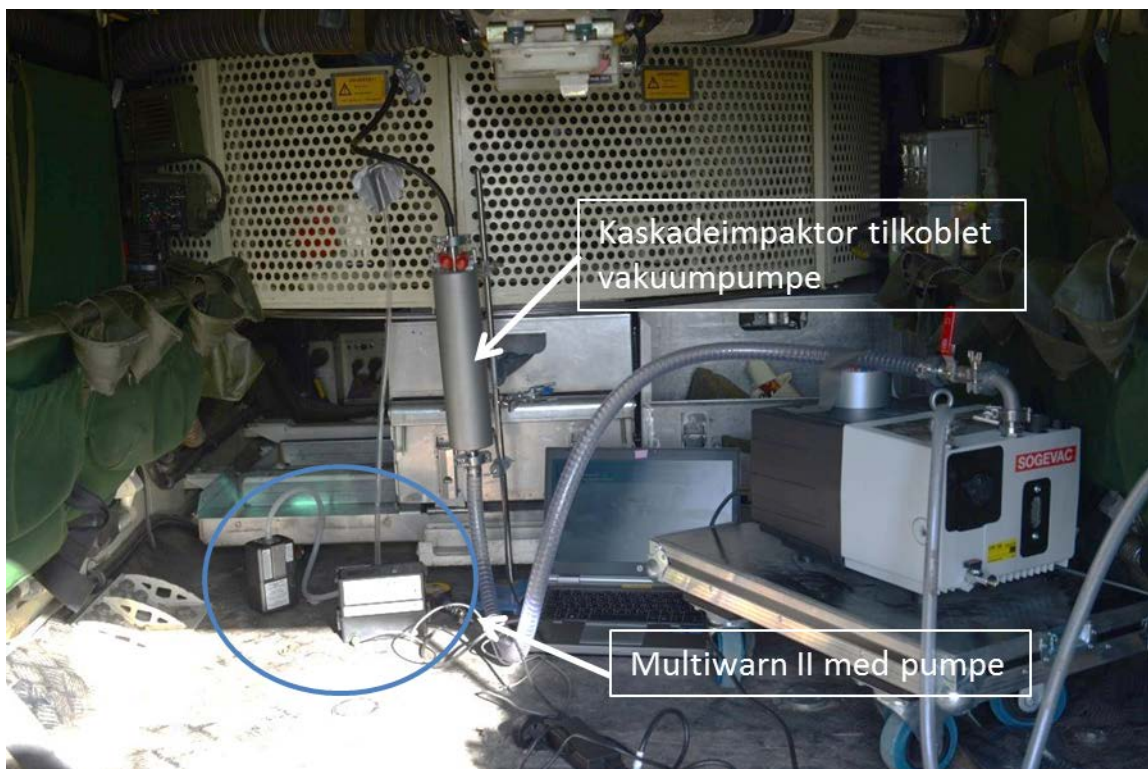
Det ble festet personbårne CO-målere på vognkommandør, skytter og vognfører. Multiwarn II ble benyttet inn mot skytters posisjon, men noe galt med instrument medførte at data ikke ble samlet. Vognkommandør og skytter ble utstyrt med en filterkassett med påmontert pumpe, som samlet opp støv og partikler i innåndingssonen. Filteret i filterkassetten ble senere veid, oppsluttet og analysert i laboratoriet hos FFI for relevante metaller. Under stillestående skyting ble det også foretatt måling med kaskadeimpaktor med prøvetakingslange inn til skytters innåndingssone (Figur 2.5).



Figur 2.3 Ammunisjon, NM219.



Figur 2.4 Ammunisjonskasser, NM219 og NM245



Figur 2.5 Oppsett av kaskadeimpaktor og Multiwarn II inne i CV90. Prøvetakingslanger er trukket fra stridsrom til skytters innåndingszone.

2.5 CV90 – etter modernisering

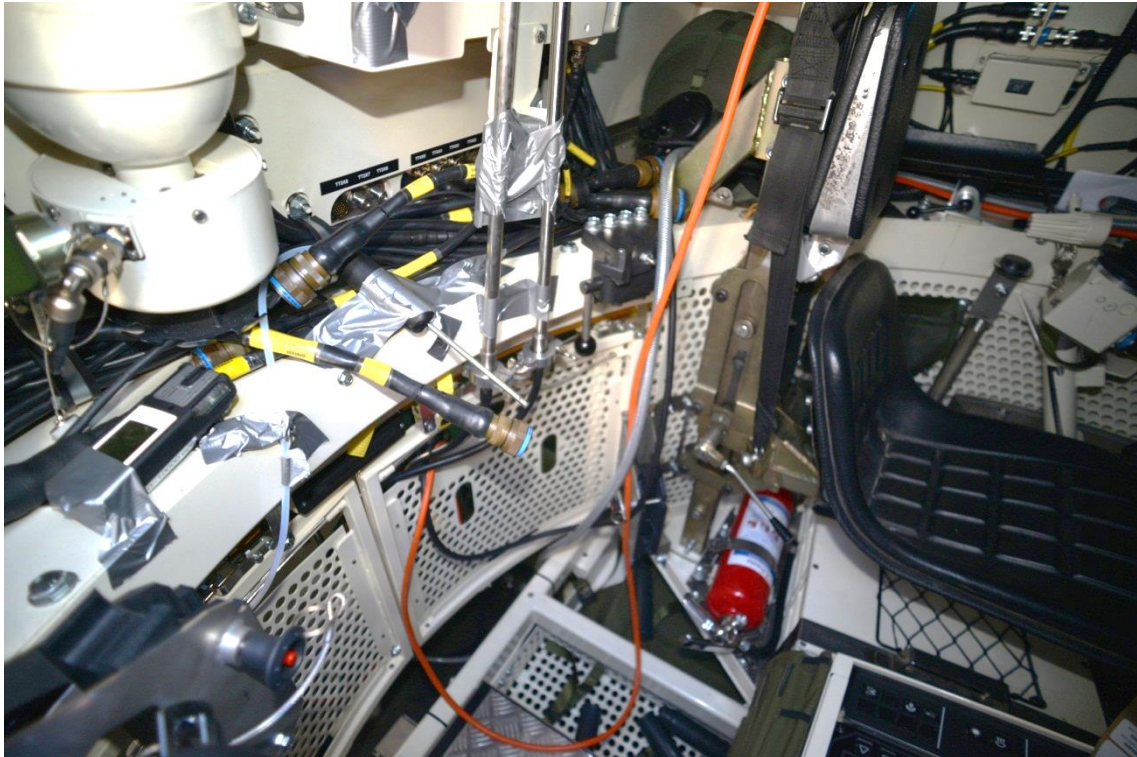
2.5.1 Innskyting på Bradalsmyra testsenter

Målingene ble foretatt av FFI under innskyting av moderniserte vogner før overlevering til Forsvaret på Bradalsmyra testsenter den 2. juli 2015. Både NM219 og NM245 ble benyttet under innskyting. Under innskyting med NM219 ble det skutt 20 skudd i løpet av en time, der det var minimum ett minutt mellom hvert skudd. Deretter ble det skutt 20 skudd NM245 i løpet av en halvtime med minimum ett minutt mellom hvert skudd. Til slutt ble det skutt fem skudd i rask takt av NM219 og deretter NM245.

Det ble festet personbårne CO-målere på vognkommandør og skytter. Vognkommandør og skytter ble også utstyrt med en filterkassett med påmontert pumpe, som samlet opp støv og partikler i innåndingssonen. Filteret i filterkassetten ble senere veid, oppsluttet og analysert i laboratoriet hos FFI for relevante metaller. FMPS, kaskadeimpaktor og Gasmeter (fra venstre mot høyre i Figur 2.6) var plassert i stridsrommet med prøvetakingslanger trukket inn til skytters innåndingssone (Figur 2.7).



Figur 2.6 Oppsett av FMPS, Gasmeter og kaskadeimpaktor (fra venstre mot høyre) inne i stridsrommet til CV90. Prøvetakingslanger er trukket derfra og inn til skytters innåndingssone (Figur 2.7).



Figur 2.7 Prøvetakingslanger trukket inn til skytters innåndingszone.

2.5.2 30 mm NM219 og mitraljøse

Målingene ble foretatt av FFI under skyting i Regionfelt Østlandet på Rena den 9. september 2016. Under målingene ble det skutt med både NM219 og mitraljøse (NM231/232) i moderniserte CV90. Målingene ble gjennomført under en øvelse som varte hele dagen fra om lag kl. 9 til ca. kl. 19.30, der fem forskjellige vogner ble benyttet. Det ble skutt forskjellig antall skudd fra vognene, mellom 44 og 83 skudd NM219 (Tabell 2.1 og Tabell 2.2). Det er uvisst hvor mange skudd som ble skutt med mitraljøse.

Det ble festet personbårne CO-målere på skytter i hver vogn. Skytter i hver vogn ble også utstyrt med en filterkassett med påmontert pumpe, som samlet opp støv og partikler i innåndingssonen. Filteret i filterkassetten ble senere veid, oppsluttet og analysert i laboratoriet hos FFI for relevante metaller.

2.6 Beregning av metalleksponering

Ut fra de målingene som er gjort, vil det være den totale mengden metaller fanget opp på filteret over en gitt tidsperiode som kvantifiseres. For å beregne den gjennomsnittlige konsentrasjonen av metaller i luften, må det tas hensyn til mengden luft som har passert filteret i det tidsrommet filteret har samlet opp partikler. Det er flere tilnærminger til hvilken tidsperiode man benytter

når eksponering beregnes. Den enkleste vil være å benytte den faktiske tiden luft har blitt sugd gjennom filteret. Dette er allikevel ikke den beste tilnærmingen om det er prøvetatt i lengre perioder uten eksponering for skyterøyk. I slike tilfeller kan en benytte den faktiske eksponeringstiden for skyterøyk som er observert, for å angi en mer korrekt eksponeringskonsentrasjon av metaller under skyting. I "Forskrift om tiltaks- og grenseverdier" (Arbeids- og sosialdepartementet 2014) er det angitt en grenseverdi som gjelder for en 8-timers arbeidsdag. I tillegg er det gitt mulighet for å ha en noe høyere grenseverdi for kortvarig eksponering (< 15 minutter). Det kan uavhengig av prøvetakingsperiode benyttes en 8-timers periode, slik vil beregnet eksponering gjenspeile gjennomsnittlig eksponering over en arbeidsdag, forutsatt at det ikke foregår noen eksponering utenom prøvetakingsperioden. Denne tilnærmingen bør ikke benyttes dersom eksponeringen er av kort varighet, men opptrer ofte i løpet av en arbeidsdag. I slike tilfeller vil det passe bedre å benytte en tidsavgrensning på 15 minutter, da dette er det som defineres som korttids eksponering.

Vi mener at det, ut fra et helseperspektiv, er mest korrekt å benytte faktisk eksponering for skyterøyk. Vi har derfor benyttet kontinuerlige målinger av CO som grunnlag for å bedømme eksponeringstid for skyterøyk. Vi har tidligere sett at konsentrasjonen av CO er godt relatert til konsentrasjonen av metaller i skyterøyk (Strømseng, Voie et al. 2009). Eksponeringstiden for de ulike målingene som er gjort er satt til tiden det er blitt målt høyere konsentrasjon av CO enn 1 ppm. I Vedlegg A er det listet opp hvilken tid som er benyttet for utregning av metallkonsentrasjon i de gjennomførte undersøkelsene. Alle relevante CO-data er vist i Vedlegg B.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Gasser

3.1.1 CO

Grafer som viser CO-konsentrasjon for alle målinger kan ses i Vedlegg B. Stort sett alle grafene inneholder CO-konsentrasjonen som funksjon av tid og et glidende gjennomsnitt over 15 minutter. Figur 3.1 viser den maksimale CO-konsentrasjonen (CO_{Maksimum} , blå søyle) samt det maksimale gjennomsnittet over 15 minutter ($CO_{15 \text{ min}}$, rød søyle) målt i pustesonen til personell. Enkeltmålingene som Figur 3.1 er basert på er illustrert i Vedlegg B.

For enkelte målinger var CO_{Maksimum} høyere enn måleområdet til CO-måleren. Dette gjelder for målinger foretatt når mitraljøse ble benyttet i Leo2 og når det ble skutt med 30 mm blåplast i CV90. Den faktiske konsentrasjonen var sannsynligvis ikke veldig mye høyere enn 2000 ppm, ettersom det var en kortvarig overskridelse i form av ett eller noen få målepunkter. Dette vil imidlertid være med på å redusere $CO_{15 \text{ min}}$ for de målingene dette gjelder. I ett tilfelle ble det

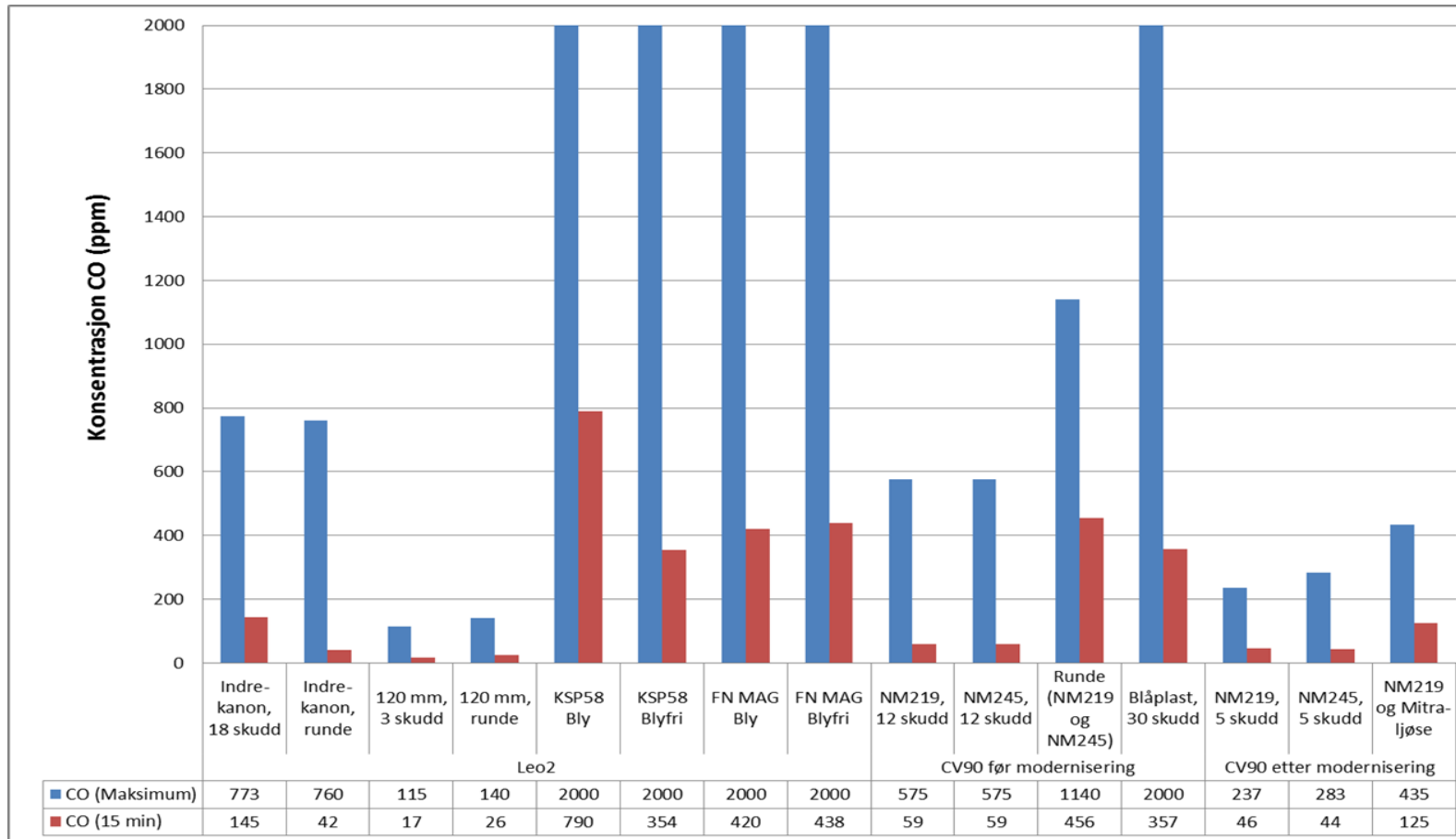
målt en CO_{Maksimum} på over 6000 ppm med Multiwarn II like under luke på venstre side i Leo2 ved skyting med FN MAG og blyammunisjon (Vedlegg B.1.1).

Det var skyting med mitraljøse fra coaxen i Leo2 og skyteserien med 30 skudd 30 mm blåplast i CV90 som gav de høyeste konsentrasjonene av CO. For begge tilfellene ble det skutt med lukkede luker. Det ser derfor ikke ut til at ventilasjonssystemet raskt nok fjerner skyterøyk fra vognene i slike tilfeller.

Ved skyting med maskingevær fra Leo2 tok det relativt lang tid før konsentrasjonen av CO sank ned til bakgrunnsnivå (>20 min). Derfor ble dykkehydraulikken aktivisert i vognen, for raskere å nå bakgrunnsnivå av CO før neste skyteserie. Etter skyting forlot skytter og lader vognen. Målt konsentrasjon av CO gikk derfor raskere ned enn det som ville vært tilfellet om de ikke hadde forlatt vognen. Etter skyting med blåplast i CV90 ble også den andre luken åpnet etter hver serie for utluftning. Likevel tok det noen minutter før konsentrasjonen av CO var nede på bakgrunnsnivå. Det er derfor klart at det ved langvarig skyting med lukene igjen i Leo2 og CV90, kan konsentrasjonen av CO bli høyere enn det som er målt i disse undersøkelsene.

Glidende gjennomsnitt av CO over 15 minutter ($CO_{15 \text{ min}}$) var høy under de nevnte skytingene, men også ved andre skytinger. Korttidsgrenseverdi for CO, som er mest relevant å sammenligne med i disse tilfellene, er satt til 100 ppm. Imidlertid ble $CO_{15 \text{ min}}$ beregnet til opp mot 800 ppm i Leo2 ved skyting med mitraljøse fra coaxen. Det så ut til at bruk av indrekanon i Leo2 kan medføre noe større konsentrasjon av CO enn det som er tilfellet med 120 mm kanon. Det er imidlertid vanskelig å sammenligne dette. Maksimal CO konsentrasjon ved skyting av 3 skudd med 120 mm var 140 ppm, mens tilsvarende for 18 skudd med indrekanon var 773 ppm. Hvis det korrigeres for antall skudd vil konsentrasjonen bli relativt lik for de to. Det er vesentlig mindre mengde krutt i 27 mm ammunisjon enn 120 mm ammunisjon, og det kan derfor forventes at bruk av 27 mm ammunisjon fører til mindre eksponering for CO enn 120 mm ammunisjon. Imidlertid er det sannsynlig at skyterøyken evakueres mye bedre fra 120 mm kanon enn indrekanon. Skyting med 120 mm kanon ga moderat eksponering for skyterøyk for operativt personell.

I CV90 ble det også målt høye konsentrasjoner av $CO_{15 \text{ min}}$ i vogner før modernisering, med over 450 ppm på treningsrunde. Etter modernisering var $CO_{15 \text{ min}}$ på treningsrunde noe lavere enn det som ble registrert før modernisering (125 ppm). Det tyder derfor på at forbedret ventilasjon i de moderniserte vognene reduserte konsentrasjonen av CO ved skyting, men det kan også være forskjeller i gjennomføringen av skyteøvelsene som bidro til lavere $CO_{15 \text{ min}}$ etter modernisering. Det ble målt spesielt høy konsentrasjon av CO under skyting med blåplast, noe som er litt overraskende i og med at denne typen ammunisjon har betydelig mindre mengder krutt enn det som er tilfelle for NM219 og NM245. Årsaken til de høye konsentrasjonene var sannsynligvis at det ble skutt mange skudd på kort tid, at den ene luken var lukket og at skyterøyken i mindre grad ble evakuert ut av kanonen enn ved bruk av annen ammunisjon. I målinger som ble foretatt etter modernisering av CV90, var konsentrasjon av CO relativt lik når henholdsvis 5 skudd NM219 og NM245 ble skutt. Det samme ble observert før modernisering av CV90. Dette var forventet, da mengden krutt er ganske lik for disse to ammunisjonstypene.



Figur 3.1 Maksimal CO-konsentrasjon (blå søyle) og maksimalt gjennomsnitt over 15 minutter (rød søyle) målt under de forskjellige undersøkelsene. Øvre målegrense for instrumentet er 2000 ppm. Kortvarig grenseverdi for CO (< 15 minutter) er 100 ppm, mens 8-timersgrensen er 25 ppm.

3.1.2 Andre gasser

Konsentrasjonen av både HCN og NH₃ ble målt i Leo2 under de fleste skytingene, mens noen målinger ble gjort i CV90. En oppsummering av den maksimale konsentrasjonen målt under de ulike skytingene og maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter er vist i Tabell 3.1 og Tabell 3.2. Med bakgrunn i målinger med Gasmeter ble det ikke registrert konsentrasjoner av andre gasser som kan ha betydning for helse enn CO, HCN og NH₃.

Tabell 3.1 *Maksimal konsentrasjon av HCN og NH₃ målt inne i Leo2 under de ulike skyteøvelsene. I parentes er det angitt maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter. - ikke målt.*

	Våpen	Ammunisjon	Antall skudd	HCN (ppm)	NH ₃ (ppm)
Leo2	FN MAG	M80/M62 (bly)	200 skudd, 2 serier	1,5 (0,4)	91 (12)
	FN MAG	NM231/NM232	200 skudd, 2 serier	1,2 (0,5)	34 (8)
	Ksp 58	M80/M62 (bly)	200 skudd, 2 serier	3,7 (1,1)	31 (7)
	Ksp 58	NM231/NM232	200 skudd, 2 serier	2,1 (0,8)	20 (5)
	120 mm	NM254 (IMHE-TP)	3 skudd	-	-
	120 mm Mitraljøse	NM254 (IMHE-TP) NM231/NM232	Treningsrunde med bruk av begge våpen, ukjent antall skudd	-	-
	27 mm indrekanon	Score TP-FRAN-T PEB 282 AA	5 skudd innskyting, deretter 13 skudd	0,9 (0,3)	15 (2)
	27 mm indrekanon Mitraljøse	Score TP-FRAN-T PEB 282 AA NM231/NM232	Treningsrunde med bruk av begge våpen, ukjent antall skudd	2,5 (0,3)	47 (4)
Korttidsgrenseverdi (< 15 min)				5*	50
Grenseverdi arbeidsdag (8 t)				5*	15

*Grenseverdien er en takverdi som ikke skal overstiges.

Konsentrasjonen av HCN var betydelig lavere enn NH₃ i undersøkelsene. Den maksimale konsentrasjonen av HCN oversteg ikke takverdien på 5 ppm ved noen av de målingene som ble foretatt. Den maksimale konsentrasjonen av NH₃ (91 ppm) ble registrert under skyting med FN MAG og blyammunisjon fra coaxen i Leo2, mens det maksimale glidende gjennomsnittet over 15 minutter var 12 ppm. Dette er godt under korttidsgrenseverdien for NH₃. Konsentrasjonen av både HCN og NH₃ følger CO konsentrasjonene under skytingene. Er det høye

konsentrasjoner av CO, vil det også sannsynligvis være høye konsentrasjoner av både HCN og NH₃.

Tabell 3.2 *Maksimal konsentrasjon av HCN og NH₃ målt inne i CV90 under ulike skyteøvelser. - ikke målt.*

	Våpen	Ammunisjon	Antall skudd	HCN (ppm)	NH ₃ (ppm)
CV90 (før modernisering)	30 mm	Blåplast (P-SRTA-T)	30 skudd, 3 serier	1,6	-
	30 mm	NM219 (TP-T)	12 skudd	-	-
	30 mm	NM245 (TPDS-T)	12 skudd	-	-
	30 mm Mitralljøse	NM219 (TP-T) NM245 (TPDS-T) NM231/NM232	Treningsrunde; 38 NM219, 40 NM245 og ukjent antall skudd med mitralljøse	-	-
CV90 (etter modernisering)	30 mm	NM219 (TP-T)	25 skudd og 5 skudd i serie.	1,7	3,1
	30 mm	NM245 (TPDS-T)	20 skudd og 5 skudd i serie	2,9	0,7
	30 mm Mitralljøse	NM219 (TP-T) NM231/NM232	Innskyting og treningsrunde; Vogn 1 – 70 skudd* Vogn 2 – 69 skudd* Vogn 3 – 44 skudd* Vogn 4 – 83 skudd* Vogn 5 – 66 skudd*	-	-
Korttidsgrenseverdi (< 15 min)				5*	50
Grenseverdi arbeidsdag (8 t)				5*	15

*Grenseverdien er en takverdi som ikke skal overstiges.

3.2 Metaller

Konsentrasjonen av metaller fremstilles som masse (milligram) metallpartikler fanget på filteret per volum (m³) luft som har passert filteret i eksponeringstiden. Det er gjort en oppsummering av hvilke konsentrasjoner som ble målt i Tabell 3.3 og Tabell 3.4. I tabellene er grenseverdier i arbeidsatmosfæren inkludert samt beregnet grenseverdi for kortvarig eksponering (< 15 minutter). Analyserapporten er vist i Vedlegg C, mens tiden som er brukt for å beregne volum prøvetatt luft er oppgitt i Vedlegg A.

I mange tilfeller var eksponeringen for skyterøyk såpass kortvarig at korttidsgrenseverdiene er mest relevant å sammenligne med. I tilfeller hvor eksponeringstiden var lengre og glidende gjennomsnitt over 15 minutter oversteg grenseverdien, er det også relevant å sammenligne med grenseverdien for 8-timers dag.

3.2.1 Leo2

Beregnet metallkonsentrasjon i pustesonen til lader og skytter i Leo2 under skyting med 120 mm kanon, indrekanon og mitraljøse er oppsummert i Tabell 3.3. Verdiene for skyting med Ksp 58 og FN MAG er angitt for en skyteserie à 200 skudd og er dermed et gjennomsnitt av de to skyteseriene som ble skudd med hver av de to ammunisjonstypene. I analyserapport i Vedlegg C er den totale mengden metall på filtrenene for begge skyteseriene vist for disse prøvene. Den totale eksponeringstiden for de to skyteseriene er vist i Vedlegg A. Det var noe lenger eksponeringstid ved skyting med Ksp 58 enn det var for FN MAG som følge av at skytter og lader forlot vognen og at dykkehydraulikken ble aktivisert som nevnt i Kapittel 3.1.1. Den reelle konsentrasjonen av metaller i pusteluft til skytter og lader under normale omstendigheter ville derfor ha vært høyere enn det som er beregnet i Tabell 3.3.

Som det fremgår av Tabell 3.3 ble det målt til dels høye konsentrasjoner av kobber når det ble skutt 200 skudd med mitraljøse fra coaxen i Leo2, mens det ble målt moderate konsentrasjoner av sink. Unntaket var for Ksp 58 og blyfri ammunisjon som ga lave utslipp av metaller. I tillegg ble det målt til dels høye konsentrasjoner av bly når det ble skutt med blyholdig ammunisjon. Dette viser at ventilasjonsanlegget i Leo2 ikke var i stand til fjerne avgassene tilstrekkelig raskt når det ble skutt mye med mitraljøse fra coaxen. Ved ett tilfelle var konsentrasjonen av kobber godt over grenseverdi for korttidseksponering (< 15 minutter). Ved ett tilfelle var også konsentrasjonen av bly høyere enn grenseverdi for korttidseksponering. Hvis det blir skutt flere serier à 200 skudd med mitraljøse fra coaxen innenfor 15 minutter, vil det være sannsynlig at korttidsgrenseverdi for både kobber og eventuelt bly overskrides.

Under skytetrening med indrekanon og 120 mm kanon ble det målt lave konsentrasjoner av metaller. Metallkonsentrasjonene var godt under både korttidsgrenseverdi og grenseverdi for en arbeidsdag (8 timer).

Tabell 3.3 Metallkonsentrasjon av Cu, Pb, Zn og Sb i pustesonen til personell under skyting med Leo2. Verdier som overstiger gitte grenseverdier er markert i tabellen. - ikke målt.

			Cu mg/m ³	Zn mg/m ³	Sb mg/m ³	Pb mg/m ³
Ksp 58	Blyholdig 200 skudd	Lader	0,28	0,16	-	0,23
		Skytter	0,11	0,06	-	0,09
	Blyfri 200 skudd	Lader	0,05	0,04	-	< 0,01
		Skytter	0,02	0,04	-	< 0,01
FN MAG	Blyholdig 200 skudd	Lader	0,10	0,02	-	0,03
		Skytter	0,26	0,05	-	0,12
	Blyfri 200 skudd	Lader	2,24	0,53	-	0,01
		Skytter	0,19	0,03	-	0,01
Indrekanon	18 skudd	Lader	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01
	Treningsrunde	Skytter	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
		Lader	< 0,01	0,07	< 0,01	< 0,01
120 mm	3 skudd + treningsrunde	Lader	0,04	0,04	< 0,01	< 0,01
		Skytter	0,04	0,04	< 0,01	< 0,01
Korttidsgrenseverdi (< 15 min)			0,3	10*	1,5	0,15
Grenseverdi arbeidsdag (8 t.)			0,1	5*	0,5	0,05

* Sinkoksid

3.2.2 CV90

Beregnet metallkonsentrasjon i pustesonen til skytter, vognkommandør og vognfører i CV90 under skyting med 30 mm kanon og ammunisjonstypene blåplast, NM219 og NM245 og mitraljøse er oppsummert i Tabell 3.4. Angitt konsentrasjon for blåplast gjelder for skyting av 30 skudd og er et gjennomsnitt av tre serier à 30 skudd. I Vedlegg C er den totale mengden avsatt på filtrene i løpet av de tre skyteseriene oppgitt, mens eksponeringstid i Vedlegg A er den totale for de tre skyteseriene. Total eksponeringstid er 13 minutter for de tre skyteseriene, noe som gir en eksponeringstid på 4,3 minutter for en skyteserie.

Tabell 3.4 Metallkonsentrasjon av Cu, Pb, Zn og Sb i pustesonen til personell under skyting med CV90. Verdier som overstiger gitte grenseverdier er markert i tabellen.

		Cu mg/m ³	Zn mg/m ³	Sb mg/m ³	Pb mg/m ³
Før modernisering av CV90					
Blåplast (30 skudd)	Skytter	0,14	0,02	0,08	1,08
	Vognkommandør	0,05	0,01	< 0,01	0,02
NM245 (12 skudd)	Skytter	< 0,01	1,01	< 0,01	0,13
	Vognkommandør	< 0,01	0,82	< 0,01	0,13
NM219 (12 skudd)	Skytter	< 0,01	0,28	0,03	0,05
	Vognkommandør	0,01	0,24	0,01	0,05
Treningsrunde (NM219 og NM245)	Skytter	0,03	0,52	< 0,01	0,09
	Vognkommandør	0,03	0,61	0,03	0,09
Etter modernisering av CV90					
NM219 (20 skudd)	Skytter	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NM245 (25 skudd) + NM219 (5 skudd)	Skytter	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01
	Vognkommandør	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NM219 og mitraljøse	Skytter Vogn 1	0,10	0,03	< 0,01	< 0,01
	Skytter Vogn 2	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
	Skytter Vogn 3	0,01	0,02	< 0,01	< 0,01
	Skytter Vogn 4	0,01	0,03	< 0,01	0,01
	Skytter Vogn 5	0,02	0,05	< 0,01	0,01
Korttidsgrenseverdi (< 15 min)		0,3	10*	1,5	0,15
Grenseverdi arbeidsdag (8 t.)		0,1	5*	0,5	0,05

*Sinkoksid.

Bortsett fra for bly, ble det jevnt over målt lave konsentrasjoner av metaller ved skyting fra CV90. Det ble av ukjent grunn målt forhøyde konsentrasjoner av kobber hos skytter ved skyting med blåplast og konsentrasjonen av bly var godt over grenseverdien for korttidseksposering

som følge av blyholdig tennsats. Både NM219 og NM245 inneholder en blyholdig tennsats og det ble derfor målt forhøyde konsentrasjoner av bly i CV90 før modernisering av vognene. Treningsrunden foretatt i vogner før modernisering hadde en varighet på over en time, der eksponeringstiden for skyterøyk er beregnet til 31 minutter. I dette tilfellet vil de være naturlig å sammenligne med grenseverdi for en arbeidsdag. Den målte konsentrasjonen av bly på denne treningsrunden overstiger denne grenseverdien.

Ved ett tilfelle (treningsrunde med NM219 og mitraljøse) ble det i moderniserte vogner registrert en kobberkonsentrasjon på høyde med grenseverdien for arbeidsatmosfære (8 timer). Alle andre målinger av metaller som ble gjort i de moderniserte vognene var lave. Det kan derfor virke som om et forbedret ventilasjonsanlegg i moderniserte vogner gir en lavere sannsynlighet for å eksponeres for helsefarlige konsentrasjoner av metaller.

3.3 Partikler

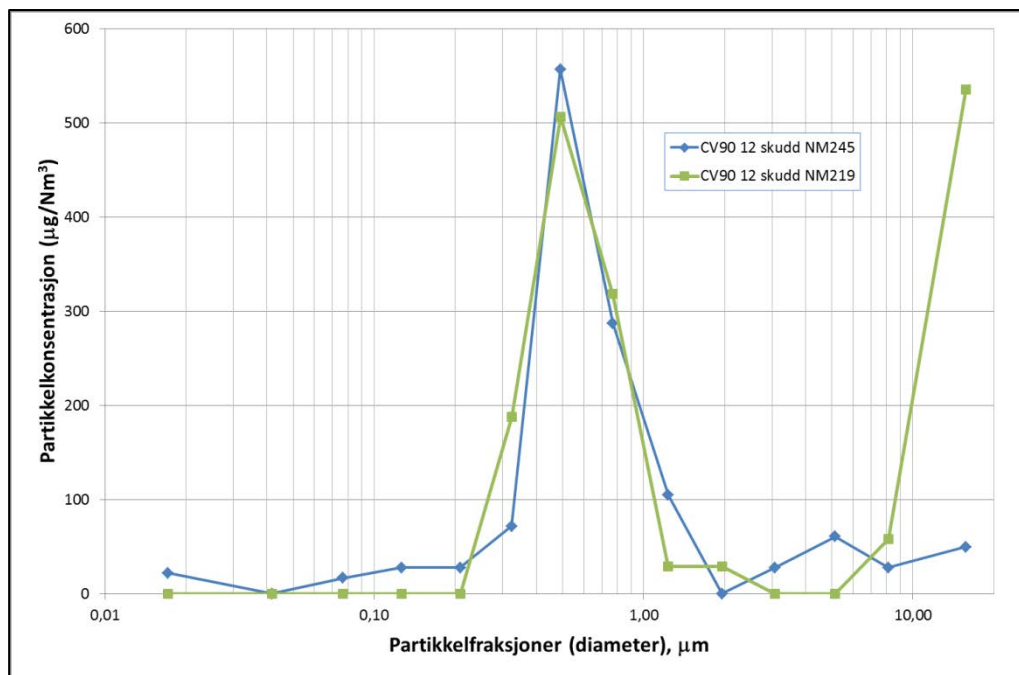
3.3.1 Kaskadeimpaktor CV90

Kaskadeimpaktoren gir 14 fraksjoner i størrelse fra 0,01 μm til siste fraksjon som er $> 9,9 \mu\text{m}$. Massen av de ulike størrelsesfraksjonene i kaskadeimpaktoren ved skyting av 12 skudd NM219 og 12 skudd NM245 fra CV90 før modernisering er vist i Figur 3.2. Fordelingen var veldig lik for de to ammunisjonstypene bortsett fra at det for NM219 kom med den del mer partikler i fraksjonen $> 9,9 \mu\text{m}$. Dette skyldes mest sannsynlig ikke partikler fra skytingen, men andre partikler inne i vognen som ble virvlet opp under skyting. De tre fraksjonene som dominerer i skyterøyken var fraksjonene 0,26-0,38, 0,38-0,62 og 0,62-0,95 μm . Dette betyr at hovedtyngden av partiklene var $< 1 \mu\text{m}$. Konsentrasjonen av partikler i luften ble beregnet til 1,7 mg/m^3 ved skyting av 12 skudd NM219, mens den ble beregnet til 1,3 mg/m^3 ved skyting av 12 skudd NM245. Dette er godt under det som er grenseverdien for korttidseksponering av partikler (10 mg/m^3). Det var for kort prøvetakingstid til å få sikre målinger av partikkelkonsentrasjonen ved bruk av personbårne partikkelfilter ved nevnte skyting. Det ble målt lave konsentrasjoner av metaller i størrelsesfraksjonene, noe som indikerer at mesteparten var sotpartikler.

I Figur 3.3 er fordelingen av sink og bly angitt i de ulike størrelsesfraksjonene ved skyting av 12 skudd NM219, mens tilsvarende for NM245 er vist i Figur 3.4. Bly kom mest sannsynlig fra den blyholdige tennsatsen, mens det er noe usikkert hvor sink har sitt opphav. Det ble ikke påvist kobber, noe som forventes om sink kom fra messingkomponenter i ammunisjonen. Det ble funnet høyest konsentrasjon av sink i de samme fraksjonene der massen av partikler var høyest. For bly var fordelingen til dels forskjøvet mot større partikkelfraksjoner enn tilfellet for sink, og lå i området 0,62 – 3 μm . Andelen sink og bly utgjorde 11,6 % og 8,1 % av den totale partikkelmengden for henholdsvis NM219 og NM245.

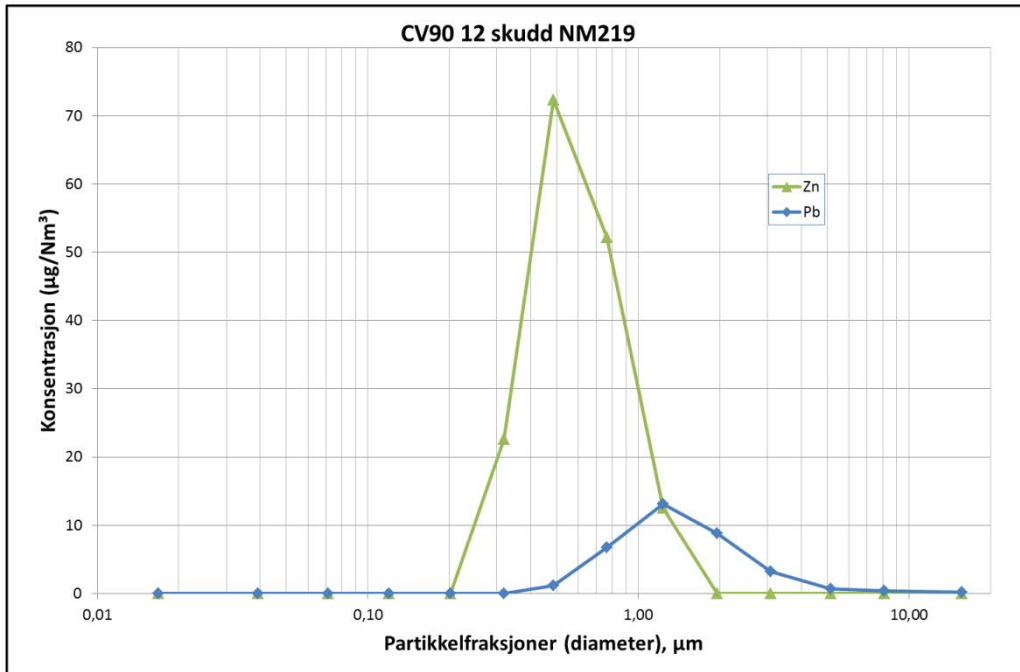
Under innskyting av moderniserte CV90 med NM245 ble massen i de ulike størrelsesfraksjonene målt til å være ganske like (Figur 3.5). Det ble skutt 20 skudd over en time og måleperioden var 70 minutter. Det ble dermed ikke funnet samme massefordeling som når 12 skudd ble skutt i rask rekkefølge. Dette kan skyldes at partiklene fra skyterøyken forsvinner i

den generelle partikkelkonsentrasjonen i luften når prøvetakingstiden blir lang samtidig som det skytes med lav frekvens. Det ble påvist svært lave konsentrasjoner ($< 1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$)³ av metaller i luft ved denne målingen.

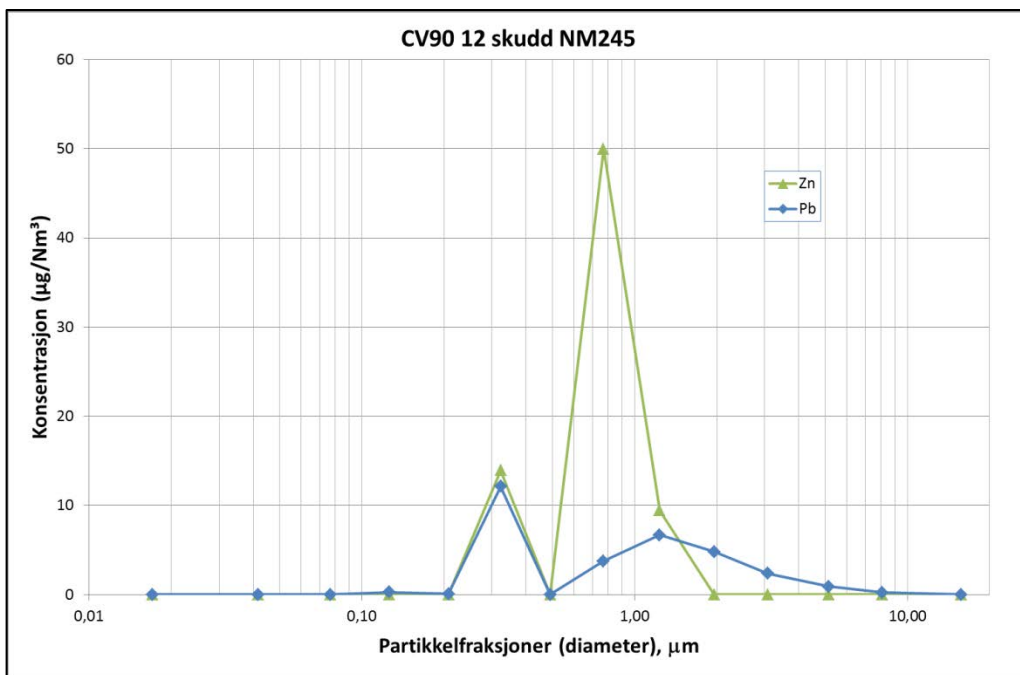


Figur 3.2 Konsentrasjonen av partikler i luft fordelt over de ulike størrelsesfraksjonene til kaskadeimpaktoren ved skyting med NM219 og NM245 i CV90.

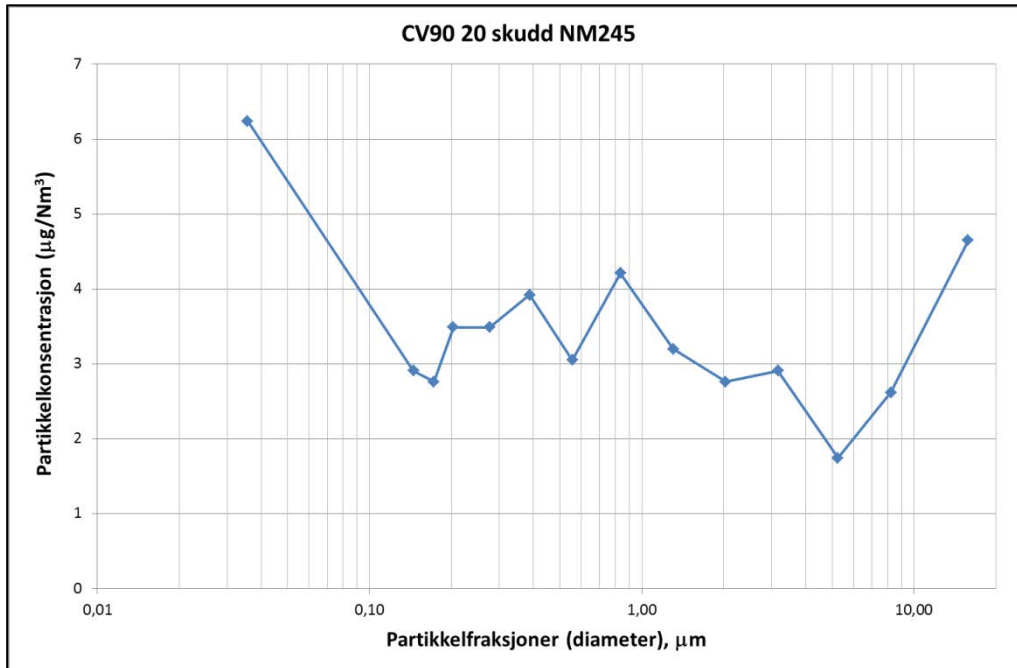
³ Enheten er $\mu\text{g}/\text{normalkubikmeter}$, som betyr at volumet er omregnet til 20 grader, 1 atmosfære og en luftfuktighet på 50 %.



Figur 3.3 Konsentrasjonen av sink (Zn) og bly (Pb) i luft fordelt over de ulike størrelsesfraksjonene til kaskadeimpaktoren ved skyting med NM219 i CV90.



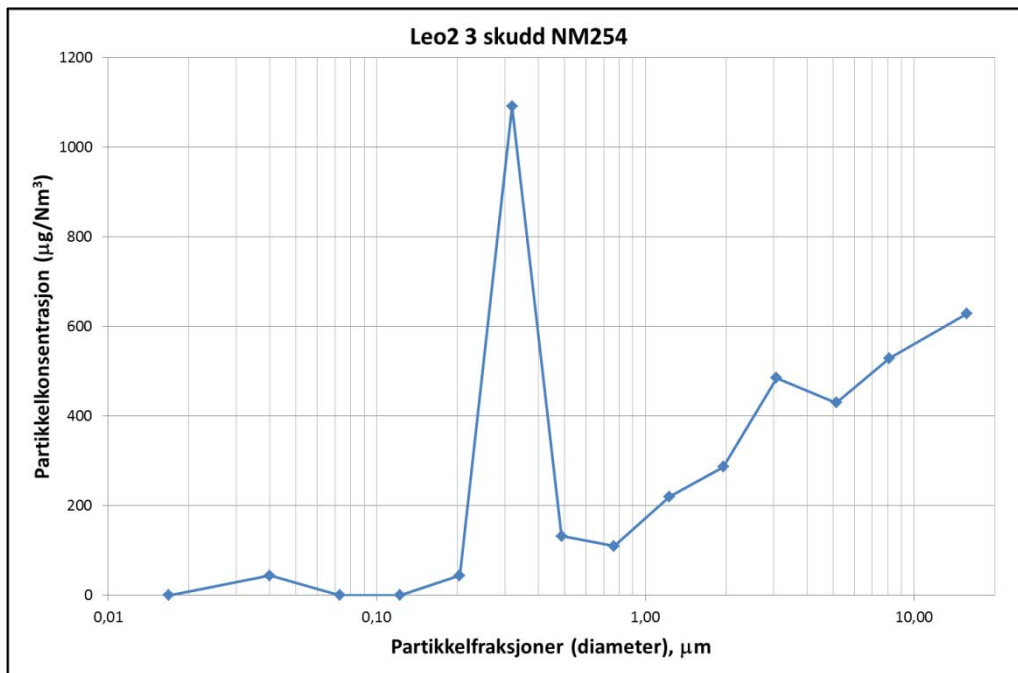
Figur 3.4 Konsentrasjonen av sink (Zn) og bly (Pb) i luft fordelt over de ulike størrelsesfraksjonene til kaskadeimpaktoren ved skyting med NM245 i CV90.



Figur 3.5 Konsentrasjonen av partikler i luft fordelt over de ulike størrelsesfraksjonene til kaskadeimpaktoren ved innskyting av moderniserte CV90 med NM245.

3.3.2 Kaskadeimpaktor Leo2

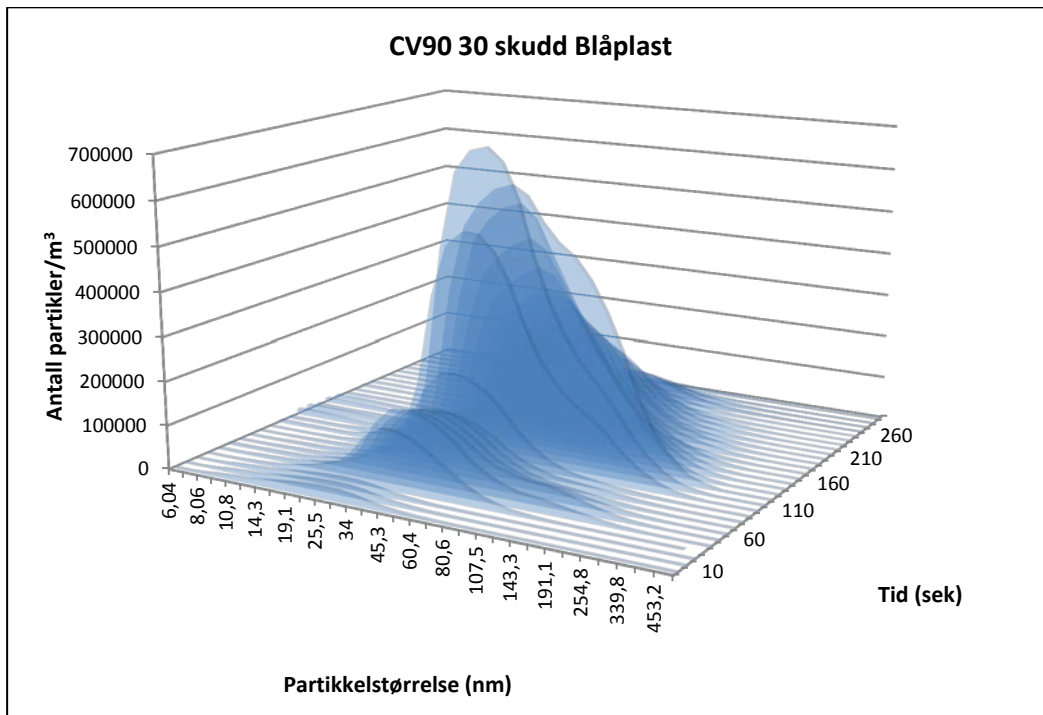
Det ble foretatt måling med kaskadeimpaktor når det ble skutt 3 skudd NM254 fra Leo2. Resultatene (Figur 3.6) viser at mesteparten av massen fra skyterøyken var lokalisert i fraksjonen 0,26-0,38 µm. Totalt ble partikkelkonsentrasjonen beregnet til 4 mg/Nm³. Det ble ikke påvist noen metaller i skyterøyken over nedre målegrense. Dette indikerer at mesteparten av massen i skyterøyken var sot.



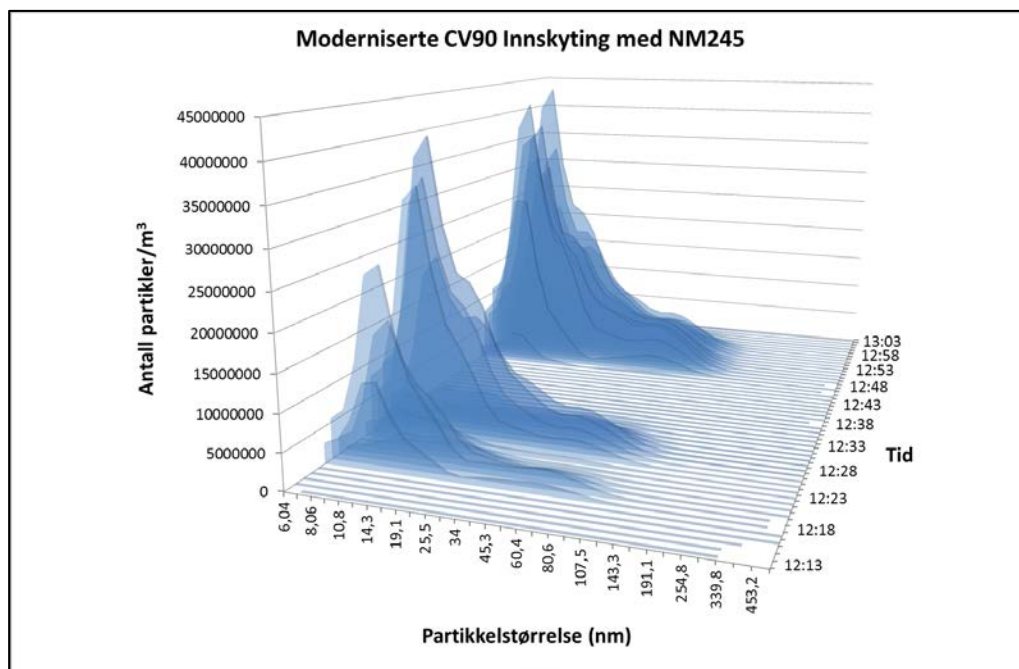
Figur 3.6 Konsentrasjonen av partikler i luft fordelt over de ulike størrelsesfraksjonene til kaskadeimpaktoren ved skyting av 3 skudd NM254 fra Leo2.

3.3.3 FMPS CV90

Målinger med FMPS gir antall partikler i 32 størrelsesfraksjoner fra 0,06-0,6 µm som funksjon av tid. I Figur 3.7 er resultatet fra måling ved skyting med 30 mm blåplast i CV90 vist. Mesteparten av partiklene var under 200 nm og størst antall partikler lå i området fra 30-124 nm. Dette er tilsvarende med upubliserte resultater for skyterøyk fra håndvåpen gjennomført av FFI. Figur 3.8 viser partikkelstørrelsesfordelingen ved innskyting med NM245 i moderniserte CV90. Her var partiklene noe mindre enn det som var tilfellet for blåplast, med størst antall partikler i området rundt 10-20 nm.



Figur 3.7 Partikkelstørrelsesfordeling som funksjon av tid under skyting av en serie på 30 skudd blåplast i CV90.



Figur 3.8 Partikkelstørrelsesfordeling som funksjon av tid under innskyting av moderniserte CV90 med NM245 på Bradalsmyra testsenter.

4 Risikovurdering

4.1 Leo2

Skyting med mitraljøse fra coaxen i Leo2 kan føre til at alt personell i vognen eksponeres for svært høye konsentrasjoner av CO. Nivået oversteg 2000 ppm kortvarig under en skyteserie på 200 skudd. Det tok relativt lang tid før konsentrasjonen var tilbake til bakgrunnsnivå igjen etter en slik skyteserie. Beregning av glidende gjennomsnitt over 15 minutter, viste at konsentrasjonen av CO for en slik skyteserie kan overstige grenseverdi for kortvarig eksponering. Det maksimale glidende gjennomsnitt over 15 minutter ble beregnet til 790 ppm, noe som er betydelig høyere enn grenseverdien på 100 ppm. I de undersøkelsene som ble gjort, forlot personellet vognen etter skyting og dykkehydraulikken ble aktivisert. Derfor kan det antas at reell eksponering vil være større enn det som er målt.

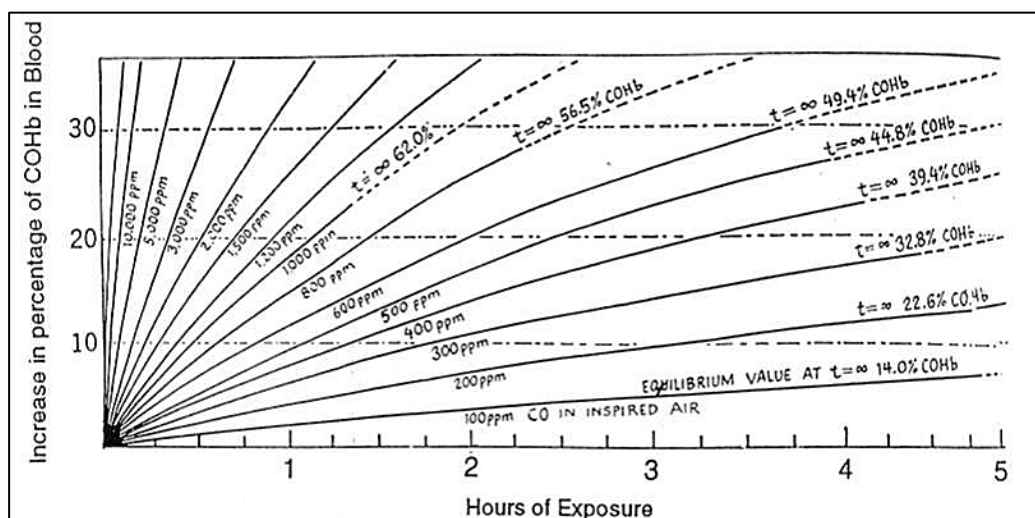
Både i Voie, Borander et al. (2014), Borander, Voie et al. (2017) og Strømseng, Voie et al. (2009) er helseeffekter knyttet til eksponering for CO beskrevet. Nedenfor er det gitt en oppsummering av helseeffekter knyttet til CO. CO er en fargeløs, luktfri, smakløs og ikke-irriterende gass. Det vil derfor ikke være mulig å oppdage at en eksponeres for CO. I forbindelse med skyting vil det være andre gasser i skyterøyken som kan luktes og en vil også kunne se røykpartikler. Dette vil gi indikasjoner på at en eksponeres for skyterøyk som potensielt kan inneholde høye konsentrasjoner av CO. CO bindes opptil 250 ganger lettere til hemoglobinet (Hb) i blodet enn oksygen (O_2), og bidrar dermed til at hemoglobinet frakter mindre O_2 til cellene. CO kan også ta oksygenets plass i prosesser i cellene. Samlet kan dette føre til celledød ved høy og langvarig eksponering for CO. Dette påvirker spesielt vev som bruker mye oksygen, som hjerne, hjertemusklatur og annen tverrstripet muskulatur (Blumenthal 2001). Hvor giftig CO er, avhenger derfor av konsentrasjon av CO i luften, eksponeringstid og hjerte- og pustefrekvens. Ved konstant konsentrasjon av CO i luften, vil nivået av CO-hemoglobin (COHb) stige raskt de første par timene, for så å gå mot et platå etter 3 timer, fullstendig likevekt vil oppnås etter 6-8 timer (Higgins 2005). Det vil ta litt tid for kroppen å kvitte seg med CO, da halveringstiden for COHb er 5 timer (Oslo Universitetssykehus 2016).

Det er normalt at friske mennesker har et nivå av COHb på 0,4-0,7 %, noe som skyldes kroppens egen produksjon av CO. Godt trente mennesker under høy fysisk aktivitet som trener i forurenset innendørs atmosfære kan raskt nå COHb opptil 10-20 % (WHO 2000, Higgins 2005).

Eksponering for CO kan gi hodepine, svimmelhet, nedsatt fysisk prestasjonsevne og slapphet (Voie, Johnsen et al. 2014). Symptomer kan oppstå fra ca. 10 % COHb i blodet hos friske mennesker (Universitetssykehus 2016). Typiske symptomer ved ulike CO-konsentrasjoner i blod er gitt i Tabell 4.1 (Higgins 2005), mens det er angitt hvilke COHb nivåer som oppnås ved eksponering for ulike konsentrasjoner av CO i Figur 4.1 (Forbes, Sargent et al. 1945).

Tabell 4.1 Typiske symptomer ved ulike CO-konsentrasjoner i blod.

Alvorlighetsgrad	COHb-nivå (%)	Symptomer – klinisk bilde
Okkult	5 - 10	Redusert toleranse for anstrengende aktivitet hos personer med lunge- og hjertesykdom.
Mild	10 - 20	Opplevelse av tung pust ved fysisk anstrengelse (anstrengelsesdyspnoe), hodepine, svimmelhet, konsentrasjonsforstyrrelser og nedsatt synsskarpheit.
Moderat	20 - 30	Sterk hodepine, irritabilitet, nedsatt dømmekraft, synsforstyrrelser, kvalme, svimmelhet og økt pustefrekvens (tachypnoe).
	30 - 40	Hjerterytmeforstyrrelser, muskelsvakheter, brekninger og konsentrasjonsforstyrrelser
Alvorlig	40 - 50	Besvimelse ved forsøk på fysisk aktivitet, forvirring.
	50 - 60	Kramper, paralyse.
Svært alvorlig	60 - 70	Koma, ofte død i løpet av få minutter.
	> 70	Øyeblikkelig død.



Figur 4.1 Oppnådde COHb-nivå ved eksponering for ulike konsentrasjoner av CO som funksjon av tid (Forbes, 1945).

Det ble ikke målt COHb i blod til personell i Leo2 etter gjennomførte skytinger med mitraljøre. Vi kjenner derfor ikke til i hvilken grad den høye CO-konsentrasjonen de ble utsatt for under skyting med mitraljøre har gitt symptomer på CO forgiftning. Multiwarn II som var plassert inne i vognen under alle skyteseriene med mitraljøre, viser at konsentrasjonen av CO kortvarig var opp mot 6550 ppm. Som det fremgår av Figur 4.1 skal det ved slike konsentrasjoner bare noen minutter til før en vil merke symptomer. Et maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter

på 790 ppm for en skyteserie tilsier at en ikke bør eksponeres for flere slike i løpet av en dag om en skal unngå et COHb nivå over 10 %. Med 8 skyteserier à 200 skudd med mitraljøse over en dag som tilfellet i denne undersøkelsen, vil vi anta at nivået av COHb har vært over 10 % for personellet i vognen. Allerede ved 10-20 % COHb vil symptomer som hodepine, svimmelhet, konsentrasjonsvansker og synsforstyrrelser kunne inntreffe. Slike symptomer vil være med på å gjøre personellet mindre egnet for gjennomføring av strid. Med en halveringstid for COHb på 5 timer, vil det også ta noe tid før en er tilbake til normalt nivå.

Disse forsøkene viser at det ved normal ventilasjon og åpning av lukene etter skyting, tar forholdsvis lang tid før skyterøyken er ute av vognen. Målinger tatt ved førerposisjon viser at det tok omkring 30 minutter før skyterøyken var ventilert vekk etter skyting av 200 skudd med mitraljøse. Når eksponeringstiden blir så lang, vil det være grenseverdien for en arbeidsdag som vil være mest riktig å vurdere konsentrasjonen opp mot. I denne undersøkelsen ble det målt et gjennomsnitt av CO på 436 ppm over disse 30 minuttene. Grenseverdien for CO over en arbeidsdag ligger på 25 ppm, altså svært mye lavere enn det som ble målt i denne undersøkelsen. Skyting med mitraljøse kan føre til relativt kortvarige eksponeringer av høye CO konsentrasjoner. Det er ikke godt nok kjent hvordan slike eksponeringer påvirker kroppen, og derfor ikke hva dette gjør med kognitive evner og stridsdyktighet. Det kan ikke utelukkes at soldater som utsettes for høye CO-konsentrasjoner kan utføre oppgaver feil som følge av svekkede kognitive evner. Det bør derfor så langt som mulig forsøkes å holde CO-konsentrasjonen under grenseverdien på 100 ppm for kortvarige eksponeringer og 25 ppm for eksponeringer som varer utover 15 minutter.

Konsentrasjonen av ammoniakk hadde et maksimum på 91 ppm under en av skyteseriene med mitraljøse. Stort sett lå gjennomsnittet over 15 minutter under 10 ppm, noe som er godt under grenseverdien for korttidseksponering (50 ppm). Det er derfor ikke grunn til å tro at eksponering for ammoniakk vil medføre helseeffekter, men en kan nok lukte spor av ammoniakk i skyterøyken. Den maksimale konsentrasjonen av hydrogencyanid var aldri over grenseverdien på 5 ppm. Den maksimale konsentrasjonen nådde bare ~2 ppm ved skyting av 200 skudd med mitraljøse. Det forventes derfor ikke at eksponering av hydrogencyanid vil kunne medføre helseeffekter ved skyting med mitraljøse.

Ved skyting av 200 skudd med mitraljøse, vil en kunne risikere at grenseverdi for kortvarig eksponering av både kobber ($0,3 \text{ mg/m}^3$) og bly ($0,15 \text{ mg/m}^3$) overstiges. Eksponering av kobber og sink i skyterøyk vil kunne føre til utvikling av metallfeber med influensalignende symptomer (muskel-/leddsmerter, generell sykdomsfølelse, feberfølelse, frysninger,) tørste og kvalme. Tung pust kan også forekomme i denne sammenheng. Disse plagene oppstår typisk 3-10 timer etter eksponering og de fleste er symptomfrie innen 24 timer. Alle er symptomfrie innen 48 timer. Metallfeberen kan ledsages av påvisbar feber, og blodprøver vil vise at man har en betennelsesreaksjon i kroppen (Voie, Borander et al. 2013). Upubliserte data fra FFI viser at partiklene som dannes ved skyting med maskingevær, er små og vil kunne nå helt ned i lungene. Det er også sett at metallene stort sett er lokalisert til de samme små partiklene.

Lukene var lukket under skyting med mitraljøse for å gjøre målinger under verst mulige forhold. Vi antar at konsentrasjonen av CO hadde vært redusert om lukene var åpne. I UD 2-1(Forsvaret

2017), er det angitt i kapittel 3.12 som omhandler skyting fra Leo2 at luken for vognfører skal være lukket ved skyting. I kapittel 3.3.4 i UD 2-1 er det angitt at det ved skyting med strids-, øvings-, og løsammunisjon fra overdekkede og innebygde stillinger, kjøretøyer stridsvogner o l skal luke være i posisjon åpen for å unngå kullosforgiftning. Så snart som mulig skal en foreta fullstendig utluftning. Vi tror det kunne vært en fordel om dette hadde blitt presisert i kapittel 3.12. Det er ikke nevnt noe om hvordan ventilasjonssystemet i Leo2 skal opereres under skyting. Vi mener at dette må være innstilt på full styrke under skyting og frem til skyterøyken er evakuert fra vognen.

Ved skyting av 18 skudd med indrekanon, nådde CO-konsentrasjonen en konsentrasjon på 773 ppm. Det glidende gjennomsnittet over 15 minutter var på 145 ppm, altså over grenseverdien på 100 ppm. På treningsrunde med indrekanon ble den maksimale CO-konsentrasjonen omtrent det samme, mens glidende gjennomsnitt over 15 minutter var på 42 ppm. Dette skyldes nok at det på treningsrunde ble skutt færre enn 18 skudd, da tiden brukt for de to aktivitetene var ganske like. Det er mindre sannsynlig at det skal oppstå symptomer på CO forgiftning ved skyting med indrekanon enn det som er tilfellet ved skyting med mitraljøre. Konsentrasjonen av ammoniakk var lavere enn det som ble observert under skyting med mitraljøre. Glidende gjennomsnitt over 15 minutter for ammoniakk kom ikke over 5 ppm. Skyting med indrekanon ga også lave konsentrasjoner av metaller. Det forventes derfor ikke at eksponering for ammoniakk eller metaller kan føre til helseeffekter ved skyting med indrekanon.

Skyting med 120 mm kanon gir mindre skyterøyk inne i vognen enn det som ble registret med indrekanon. Dette kan skyldes at det ble skudd færre skudd med 120 mm enn med indrekanon. Gjennomsnitt over 15 minutter var under 26 ppm, noe en ikke vil forvente skal gi symptomer på CO forgiftning. Det ble også ved skyting med 120 mm kanon registrert lave metallkonsentrasjoner.

Det var altså skyting med mitraljøre som utgjorde den største risikoen ved skyting fra Leo2. Her kan både CO og metaller gi helseeffekter. Dernest var det en viss risiko for CO forgiftning ved skyting med indrekanon. Bruk av 120 mm kanon så ut til å gi liten risiko for helseeffekter.

Selv om lukene er åpne, mener vi at en bør begrense skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2. Vi så at det var behov for å kjøre ventilasjonsanlegget på full styrke under skyting og frem til skyterøyken var evakuert fra vognen. Dette vil sannsynligvis innebære lenger driftstid etter skyting enn de 10 minuttene som er anbefalt i UD 2-1 for CV90. Vi vil anbefale at det monteres en CO måler inne i vognen, slik at vognkommandøren kan ha oversikt over CO-konsentrasjon under skyting og foreta nødvendige tiltak for å redusere eksponering. Vi så at det stort sett var skytter som ble eksponeres for de høyeste CO-konsentrasjonene. Denne måleren bør derfor plasseres ved skytters posisjon i vognen. Dette er en billig investering som kan forhindre helseeffekter som følge av skyting fra vognen. En slik måler vil være spesielt viktig om det er mye skyting med mitraljøre og lukene er lukket. Ved skyting med mitraljøre vil bruk av støvmaske beskytte mot eksponering for metaller. Vi anser imidlertid de svært høye CO konsentrasjonene en utsettes for under skyting med mitraljøre som en større helserisiko. En støvmaske vil ikke kunne beskytte mot CO eksponering. Ved anskaffelse av nye stridsvogner

eller modifisering av eksisterende, bør en prioritere å velge løsninger der avgassene fra mitraljøse ikke kommer inn i vognen.

4.2 CV90

I CV90 ble det utført målinger under skyting både før og etter modernisering av vognen, som følge av at ventilasjonssystemet i moderniserte vogner var betydelig forbedret i forhold til de opprinnelige vognene.

4.2.1 Før modernisering

Undersøkelsene som ble gjort før modernisering viser at personell tidvis kan bli eksponert for høye konsentrasjoner av CO. Under skyting med blåplast (30 skudd i rask rekkefølge) ble det målt konsentrasjoner av CO som oversteg 2000 ppm kortvarig, mens det under treningsrunde der både NM219 og NM245 ble skutt, ble målt en maksimal konsentrasjon av CO på 1150 ppm. Ved skyting med blåplast var den ene luken igjen under selve skytingen av 30 skudd, men ble straks åpnet når skytingen var over. Likevel tok det opp mot 5 minutter før konsentrasjonen av CO var nede på bakgrunnsnivå igjen, noe som førte til at glidende gjennomsnitt over 15 minutter ble på 357 ppm. Som tidligere nevnt er grenseverdien for kortvarig eksponering av CO 100 ppm. Ut fra Figur 4.1 vil sannsynligheten være lav for å oppnå et COHb nivå > 10 % etter en slik skyteserie. Imidlertid vil en ikke utelukke at eksponering for flere slike skyteserier vil kunne medføre et COHb nivå > 10 % og dermed føre til symptomer som nevnt i Kapittel 4.1. Maksimal glidende gjennomsnittskonsentrasjon over 15 minutter på treningsrunde, der både NM219 og NM245 ble skutt, var over 360 ppm. Treningsrunden gikk over nærmere 1,5 timer med en gjennomsnittskonsentrasjon av CO på 123 ppm. Under denne treningsrunden ble derfor både grenseverdi for kortvarig eksponering (< 15 minutter) og grenseverdi for en arbeidsdag (8 timer) overskredet. Med bakgrunn i Figur 4.1 vil en likevel ikke anta at COHb nivået overskred 10 %. Det ble ikke foretatt måling av COHb nivå hos operativt personell etter denne treningsrunden.

Det er en blybly i tennheten til både NM219, NM245 og blåplast. Dette førte til forhøyde blykonsentrasjoner under skyting. Det ble målt opp mot korttidsgrenseverdien på 0,15 mg/m³ når NM219 og NM245 ble skutt, mens det ved skyting av 30 skudd blåplast ble registrert en konsentrasjon betydelig over denne grenseverdien (1,08 mg/m³). På treningsrunden ble det til sammen skutt 78 NM219 og NM245. Denne treningsrunden varte i omkring 1,5 timer, mens eksponering for skyterøyk varte i 31 minutter. Det vil derfor være grenseverdien for en arbeidsdag en vil måtte sammenligne med. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly under eksponering for skyterøyk på denne treningsrunden ble beregnet til 0,09 mg/m³, noe som er over grenseverdien for en arbeidsdag (0,05 mg/m³). Det er derfor mulig at operativt personell for CV90 burde vært helseovervåket for bly i blod som fastsatt i forskrift om utførelse av arbeid. Under skyting med blåplast ble det også funnet kobber, men ikke over grenseverdi for korttidseksponering. Disse undersøkelsene viser at skyting i vogner før modernisering kunne medføre eksponering for konsentrasjoner av bly og til dels kobber over det som er satt som grenseverdier.

4.2.2 Etter modernisering

Det ble foretatt noen målinger i forbindelse med innskyting av moderniserte CV90. Under disse målingene ble det registret en maksimal konsentrasjon av CO ved skyting av fem skudd NM245 på 283 ppm, mens gjennomsnittet over 15 minutter var 44 ppm. Lignende verdier ble registrert for NM219. Før modernisering, ble det ved skyting av 12 skudd, registrert en maksimal CO konsentrasjon på 575 ppm. Gjennomsnittet over 15 minutter var 59 ppm. Under skyteøvelse en hel dag med moderniserte vogner der det ble skutt 70 NM219, var maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter 125 ppm. Dette foregikk over en tidsperiode på 9,2 timer. Til sammenligning ble det med vogner før modernisering skutt 78 skudd (NM219 og NM245) i løpet av 1,5 timer. Her ble det registrert et maksimalt glidende gjennomsnitt over 15 minutter på 456 ppm. Korrigert for antall skudd ser det i utgangspunktet ikke ut til at det er blitt noen vesentlig reduksjon i de maksimale konsentrasjonene av CO under skyting i de moderniserte vognene.

Den maksimale konsentrasjonen av CO i de fem vognene som ble undersøkt etter modernisering var på 435 ppm, mens maksimal glidende gjennomsnittskonsentrasjon over 15 minutter var på 125 ppm. Den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen fra skyting startet til den ble avsluttet var 26 ppm, et gjennomsnitt over 5,7 timer. Dette er på samme nivå som grenseverdien for CO over en arbeidsdag (8 timer). Selv om grenseverdien for kortvarig eksponering overskrides noe, er det lite sannsynlig at dette har ført til et COHb nivå over 10 %.

Alle målingene av metaller var lave i moderniserte vogner. I en av de fem vognene ble det imidlertid registrert en kobberkonsentrasjon på høyde med grenseverdi for en arbeidsdag (8 timer). Det ser dermed ut til at eksponeringen for metaller i moderniserte vogner kan være noe mindre enn i gamle vogner. CO-målingene viste forøvrig ikke klart at konsentrasjonen av skyterøyk har blitt vesentlig redusert i de moderniserte vognene. Partikkelkarakteriseringen utført viste at partiklene i skyterøyken er små og vil dermed kunne trenge helt ned i lungene. Det ble ikke registret konsentrasjoner av partikler som oversteg grenseverdier.

I og med at det er sannsynlig med eksponering for bly grunnet blyholdige tennsatser i ammunisjon for CV90 og at målingene før modernisering av vognene viste nivåer over grenseverdier, anbefaler vi at Forsvarets bedriftshelsetjeneste vurderer om det er behov for helseovervåking av personell i CV90 i henhold til forskrift om utførelse av arbeid. En bør også vurdere om de anbefalinger som er gitt i UD 2-1 om at ventilasjonsanlegget skal stå på i 10 minutter etter skyting er tilstrekkelig for å utlufte all skyterøyk fra vognen.

5 Konklusjon og anbefalinger

Skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2 avgir mye skyterøyk. Personell ble eksponert for svært høye konsentrasjoner av CO (>2000 ppm). Konsentrasjonene av kobber og til dels bly var også over det som anbefales. Det tok også ganske lang tid (>20 min) før skyterøyken ble ventilert ut av vognen etter skyting, selv med ventilasjonssystem aktivert og lukene åpne. Det kan antas at eksponering for de høye CO konsentrasjonene kan medføre et COHb nivå > 10 %, der symptomer på forgiftning vil være merkbare. Skyting med indrekanon ga mindre sannsynlighet for at eksponering for CO skal medføre symptomer på forgiftning. Eksponering for metaller så ikke ut til å utgjøre en helserisiko ved skyting med indrekanon eller 120 mm kanon. Som følge av at det sannsynligvis skytes færre skudd med 120 mm kanon sammenlignet med indrekanon under trening og at det ved bruk av 120 mm kanon muligvis gir en bedre evakuering av skyterøyken ut av løpet, er det minst helserisiko knyttet til bruk av 120 mm ammunisjon i Leo2.

Det ble også i CV90 påvist høye konsentrasjoner av CO om det skytes serier med mange skudd av 30 mm ammunisjon. Som for Leo2 tok det også i CV90 noe tid før skyterøyken var utluftet fra vognen. Vi vil derfor ikke utelukke at det ved skyting av mange skudd i rask rekkefølge fra 30 mm kanon, kan medføre eksponering av CO som gir et COHb nivå over 10 %. Dette kan føre til at symptomer på forgiftning oppstår og at operativt personell dermed ikke vil kunne fungere optimalt. Ved COHb på 10 % kan det tenkes at kognitive evner svekkes i en slik grad at stridsdyktigheten reduseres. Dette ved at operativt personell ikke klarer å utføre nødvendige oppgaver på en tilfredsstillende måte. Tennesatsen i ammunisjon til 30 mm kanon i CV90 inneholder bly. Det ble i undersøkelsen med vogner før modernisering påvist konsentrasjoner av bly over grenseverdier for arbeidsatmosfære, noe som kan føre til helseeffekter. Undersøkelsene viste ikke en klar reduksjon i eksponering for skyterøyk i de moderniserte vognene, selv om eksponering for metaller så ut til å være redusert.

Generelt ble det registret at partiklene i skyterøyk er små disse kan nå helt ned i lungene. Massefordelingen har et maksimum ved en noe høyere partikkelstørrelse enn det størrelsesfordelingen viser. Dette vil være naturlig ut fra at en stor partikkel vil ha betydelig høyere masse enn en liten partikkel. Det ble ikke gjort målinger som tyder på at gjeldende grenseverdier for partikler overskrides.

5.1 Anbefalinger

- Skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2 bør i størst mulig grad begrenses
- CO-måler bør installeres i posisjon til skytter i Leo2
- Det bør gjøres en vurdering på om det skal igangsettes en studie for å øke kunnskapen om sammenhengen mellom CO-eksponering og stridsdyktighet/kognitive evner

-
-
- Det bør vurderes bruk av filtermaske ved skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2
 - Alle luker unntatt vognførers bør settes i åpen stilling ved skyting både fra Leo2 og CV90. Dette bør presiseres i respektive kapitler i UD 2-1
 - Ventilasjonsanlegget i både Leo2 og CV90 må stilles på full styrke under skyting og holdes i slik posisjon til skyterøyken er evakuert fra vognen. Det kan medgå lenger tid enn de 10 minutter som er fastsatt i UD 2-1
 - Det bør vurderes bruk av filtermaske når det skal skytes mange skudd med 30 mm kanon
 - Forsvarets bedriftshelsetjeneste bør vurdere om operativt personell i CV90 bør helseovervåkes for bly
 - Forsvarets bedriftshelsetjeneste bør foreta undersøkelser for å verifisere at nivåer av COHb hos operativt personell i både Leo2 og CV90 ikke overskrider anbefalt nivå
 - Forsvaret bør vurdere om treningsmønster både for Leo2 og CV90 kan endres slik at eksponering for skyterøyk reduseres
 - Ved modernisering eller nyanskaffelser av stridsvogn bør en påse at skyterøyk fra mitraljøre ikke kommer inn i vognen og at ventilasjonen blir forbedret fra dagens Leo2

Vedlegg

Vedlegg A Eksponeringstid

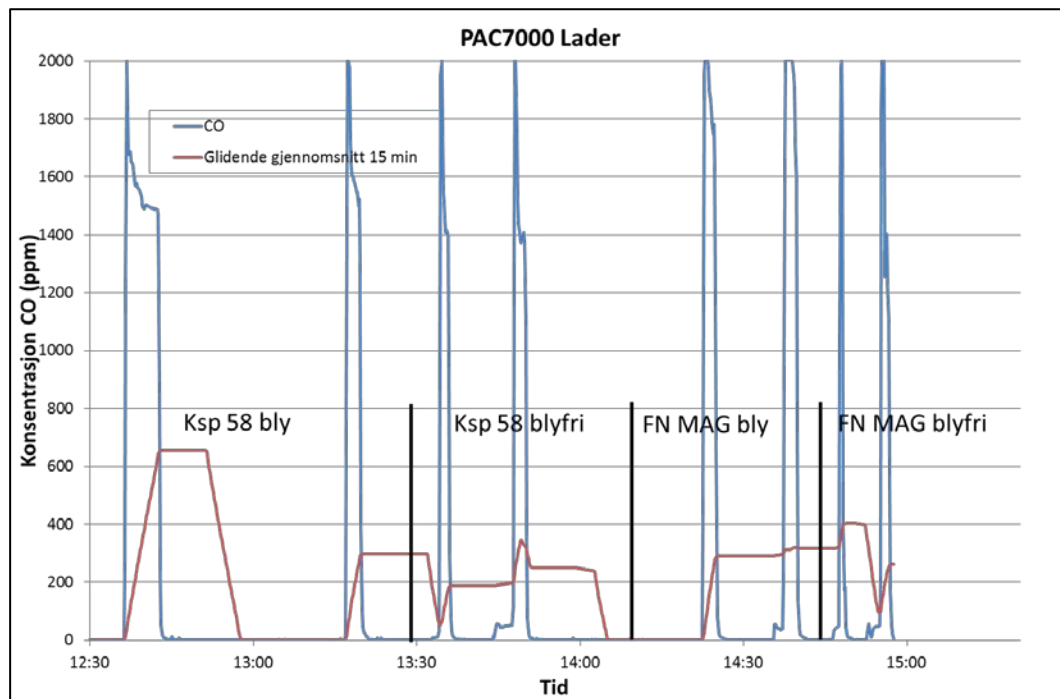
Tabell A.1 Eksponeringstid benyttet for å beregne metallkonsentrasjon.

Eksponeringstid > 1 ppm CO (min)		
LEO2		
KSP 58	Blyholdig	21
KSP 58	Blyfri	24
FN MAG	Blyholdig	18
FN MAG	Blyfri	11
Indre kanon	18 skudd	37
	Treningsrunde	15
120 mm	3 skudd + treningsrunde	20
CV90		
Før modernisering	Blåplast	13
	NM219	8
	NM245	6
	Treningsrunde	31
Etter modernisering. Innskyting	NM219	64
	NM245 + 5 skudd 219	46
Etter modernisering. Treningsrunder med NM219 og mitraljøse	Vogn 1	356
	Vogn 2	112
	Vogn 3	196
	Vogn 4	406
	Vogn 5	98

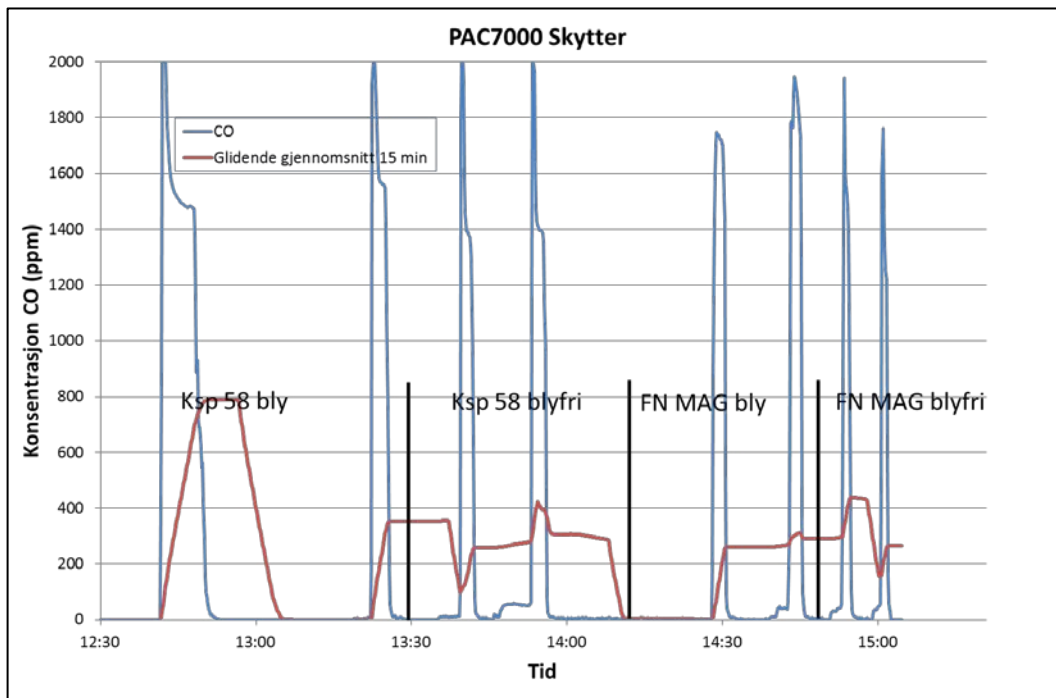
Vedlegg B CO og andre gasser

B.1 Leo2

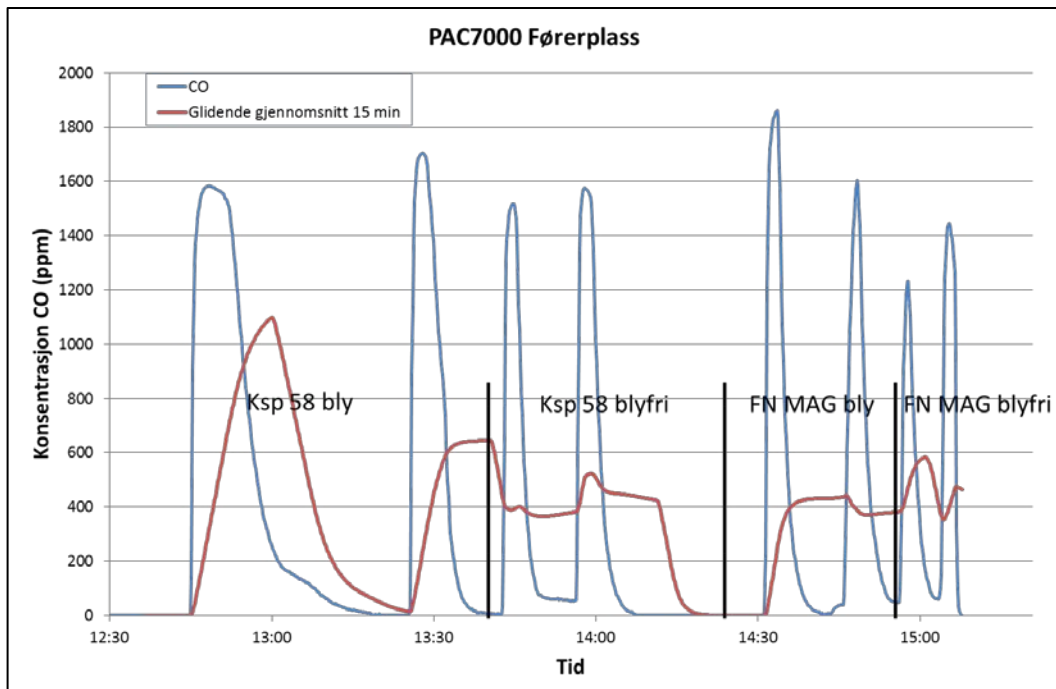
B.1.1 Mitraljøre



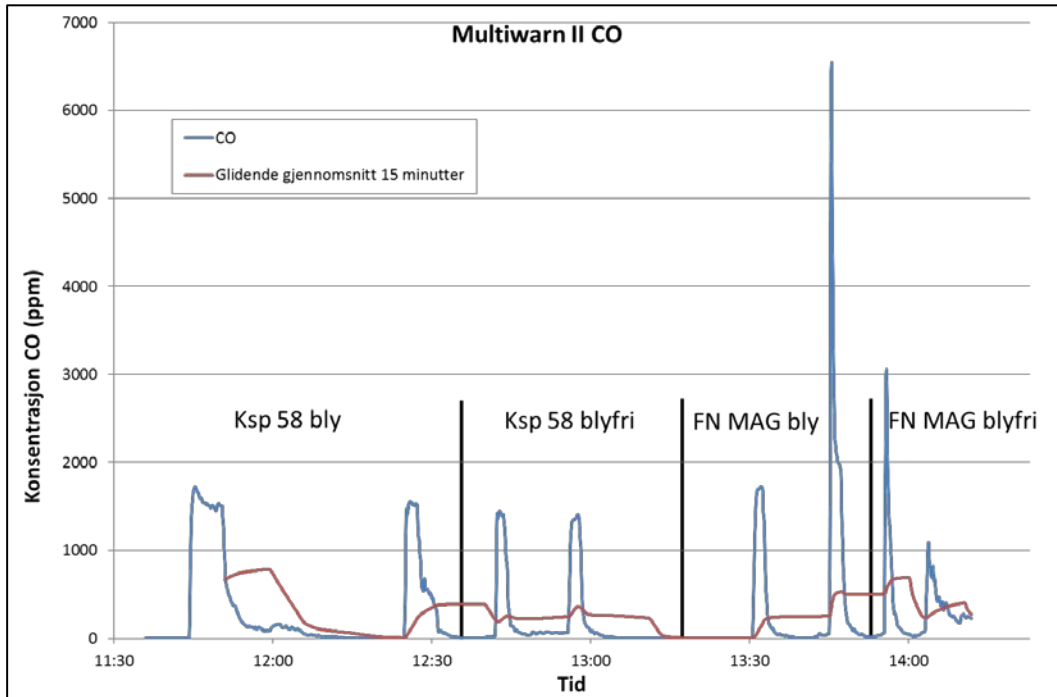
Figur B.1 CO-konsentrasjon i pustesonen til Lader under skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2.



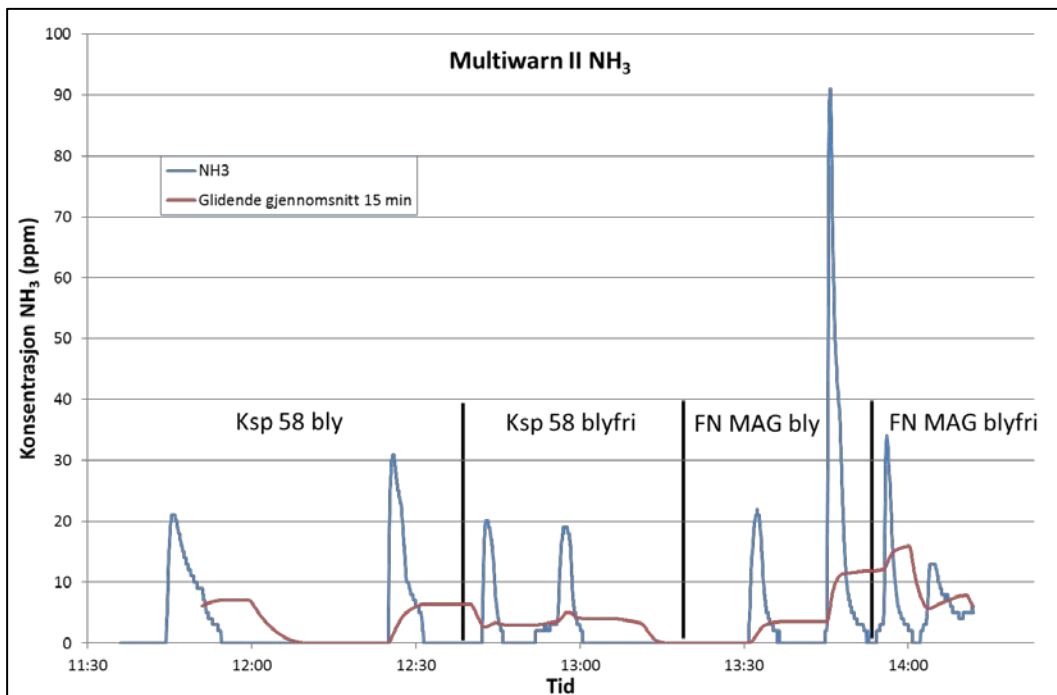
Figur B.2 CO-konsentrasjon i pustesonen til Skytter under skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2.



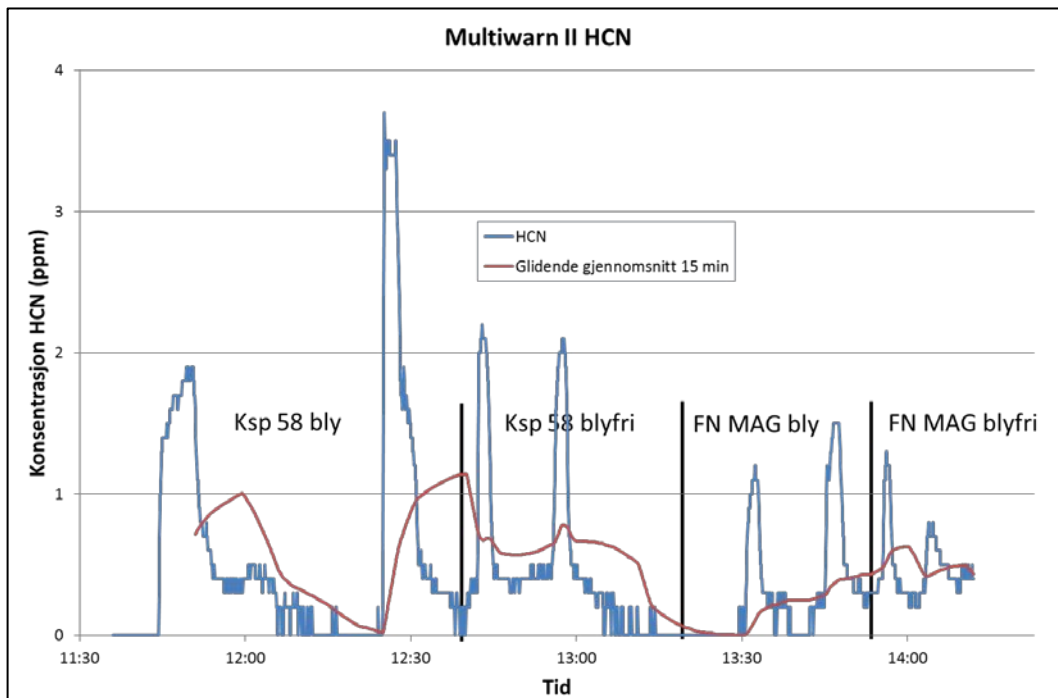
Figur B.3 CO-konsentrasjon i pustesonen på førerplass under skyting med mitraljøre fra coaxen i Leo2.



Figur B.4 CO-konsentrasjon målt opp under taket på venstre side, like under luke, ved skyting med mitraljøse fra coaxen i Leo2.

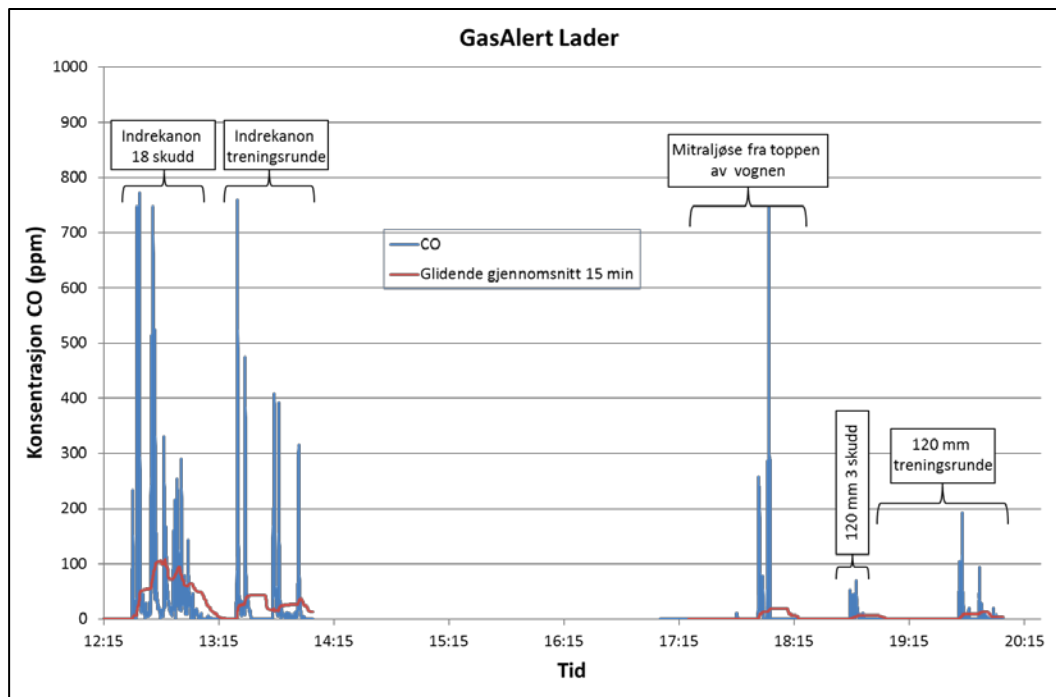


Figur B.5 NH₃-konsentrasjon målt opp under taket på venstre side, like under luke, ved skyting med mitraljøse fra coaxen i Leo2.

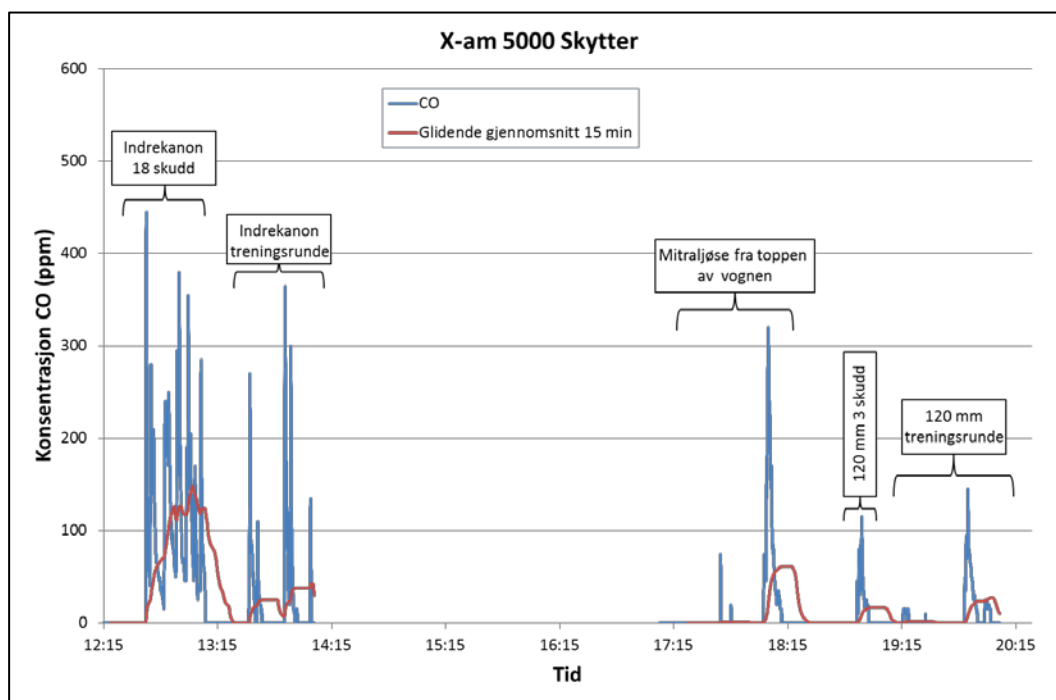


Figur B.6 HCN-konsentrasjon målt opp under taket på venstre side, like under luke, ved skyting med mitraljøse fra coaxen i Leo2.

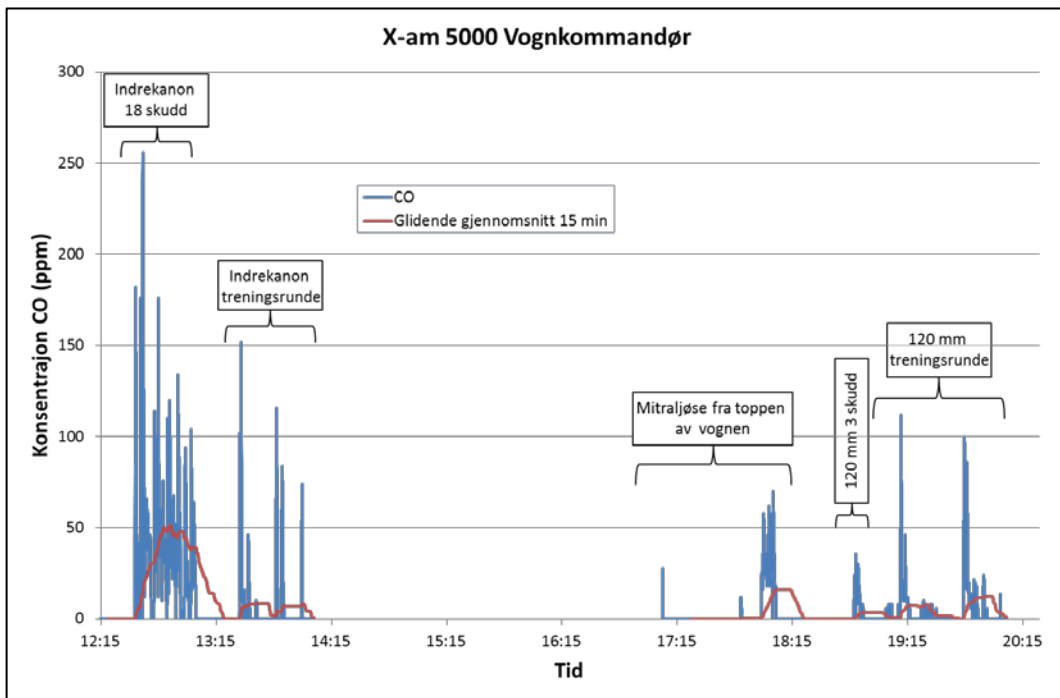
B.1.2 120 mm og indrekanon



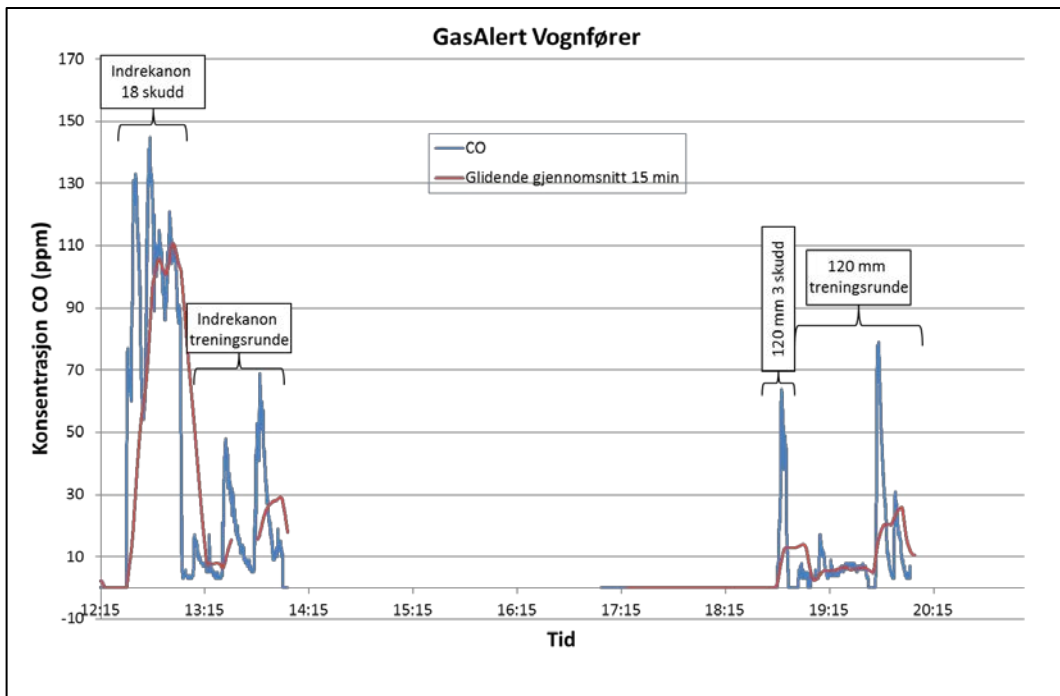
Figur B.7 CO-konsentrasjon i pustesonen til (lader) under skyting med indrekanon og 120 mm.



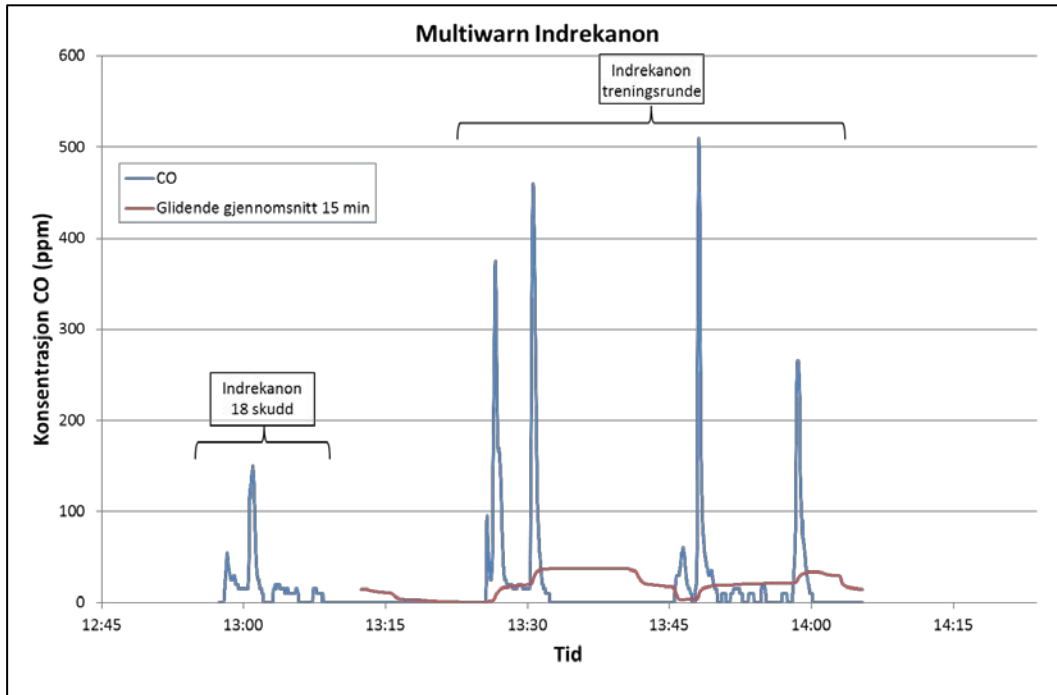
Figur B.8 CO-konsentrasjon i pustesonen til lader under skyting med indrekanon og 120 mm.



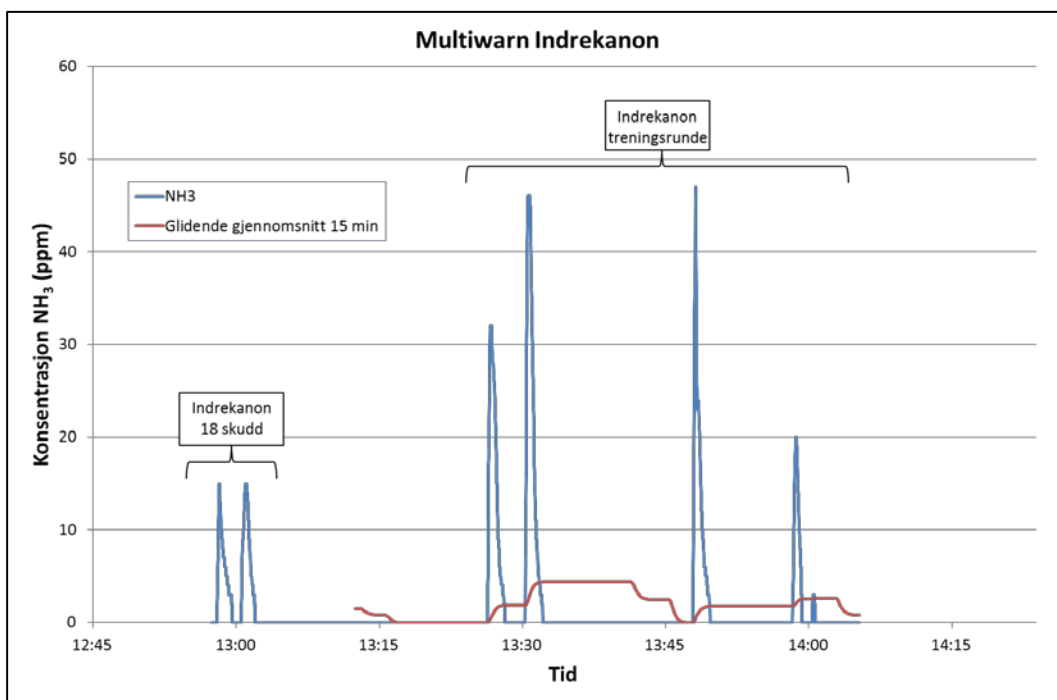
Figur B.9 CO-konsentrasjon i pustesonen til vognkommandør under skyting med indrekanon og 120 mm.



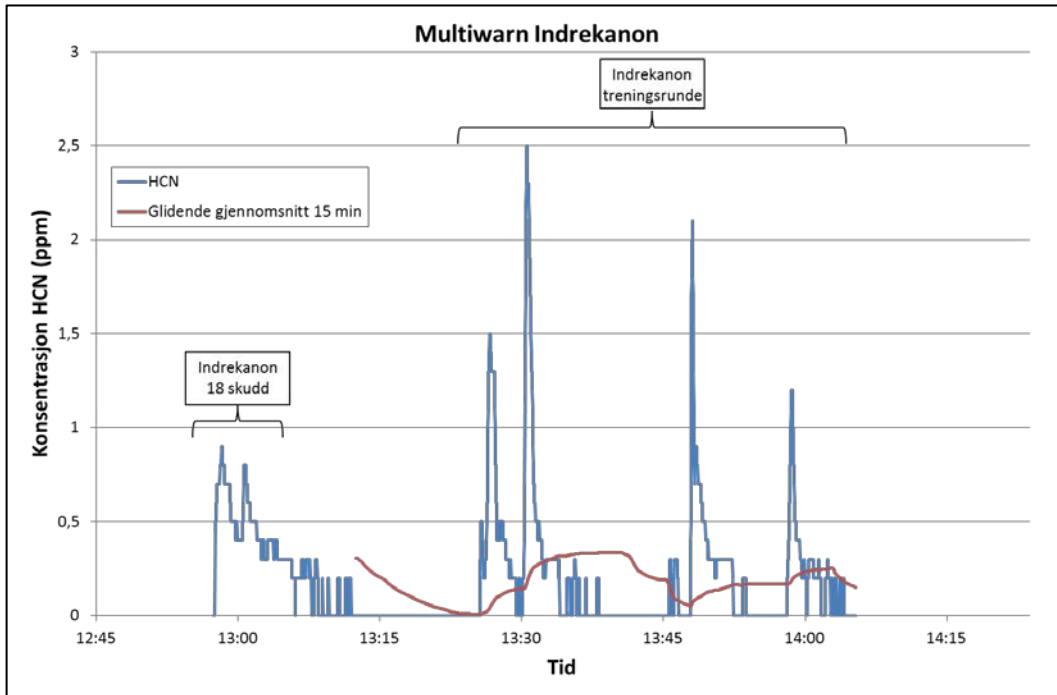
Figur B.10 CO-konsentrasjon i pustesonen til vognfører under skyting med indrekanon og 120 mm.



Figur B.11 CO-konsentrasjon målt med Multiwarn II plassert i nærheten av lader.



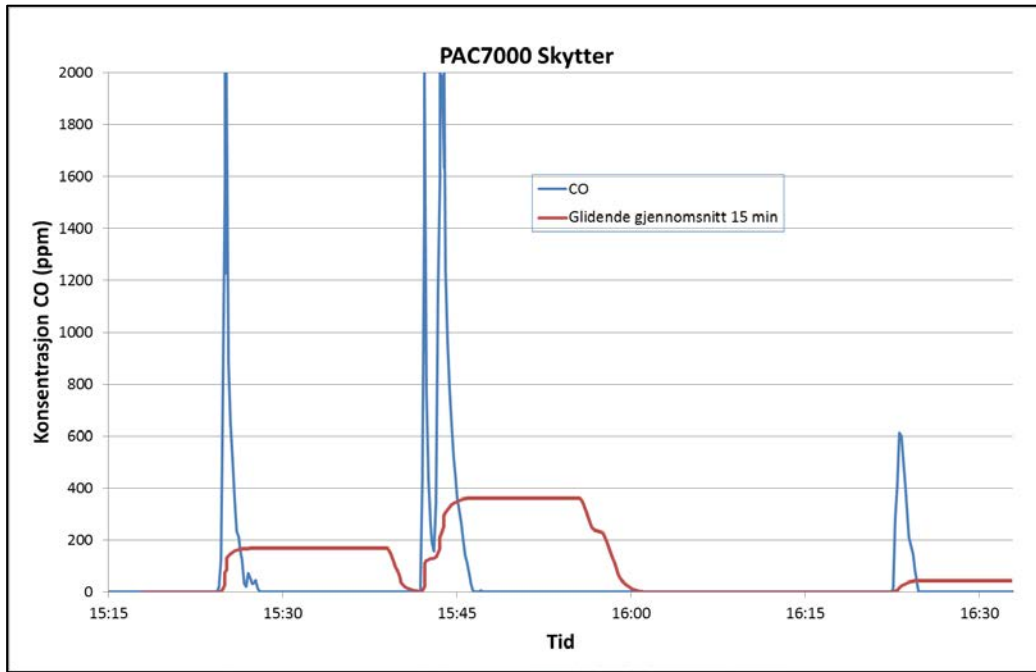
Figur B.12 NH₃-konsentrasjon målt med Multiwarn II plassert i nærheten av lader.



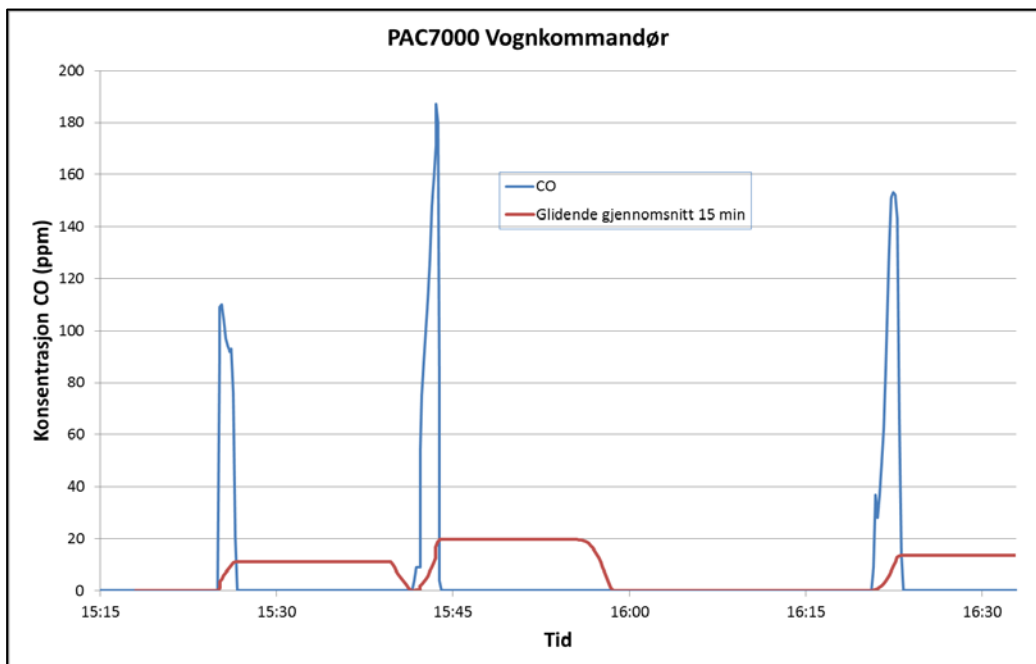
Figur B.13 HCN-konsentrasjon målt med Multiwarn II plassert i nærheten av lader.

B.2 CV90

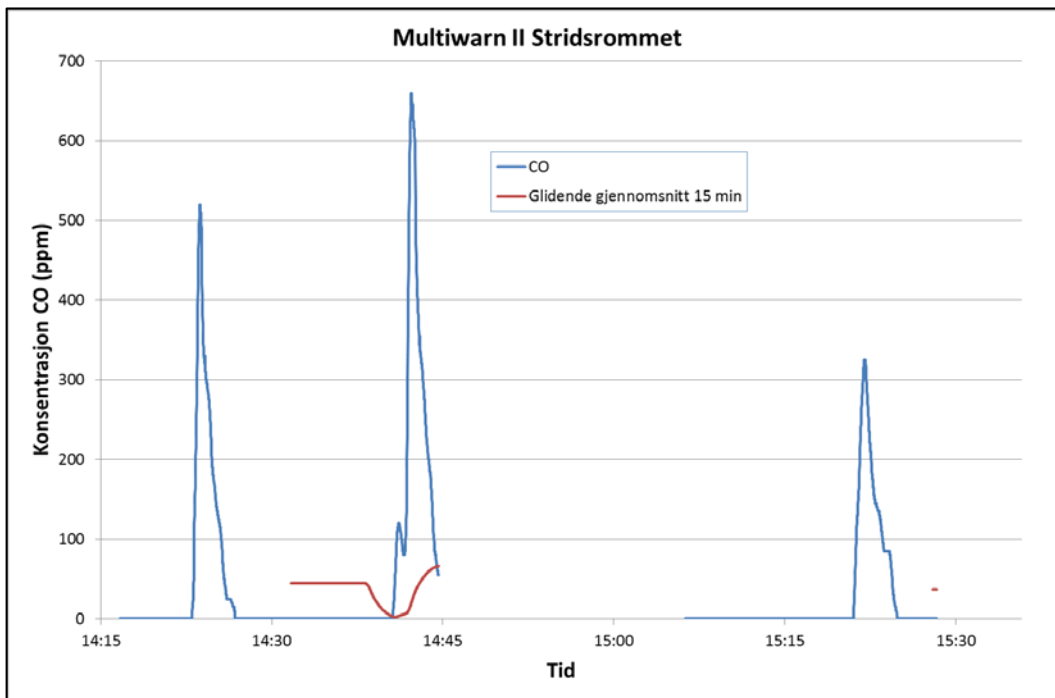
B.2.1 Blåplast før modernisering



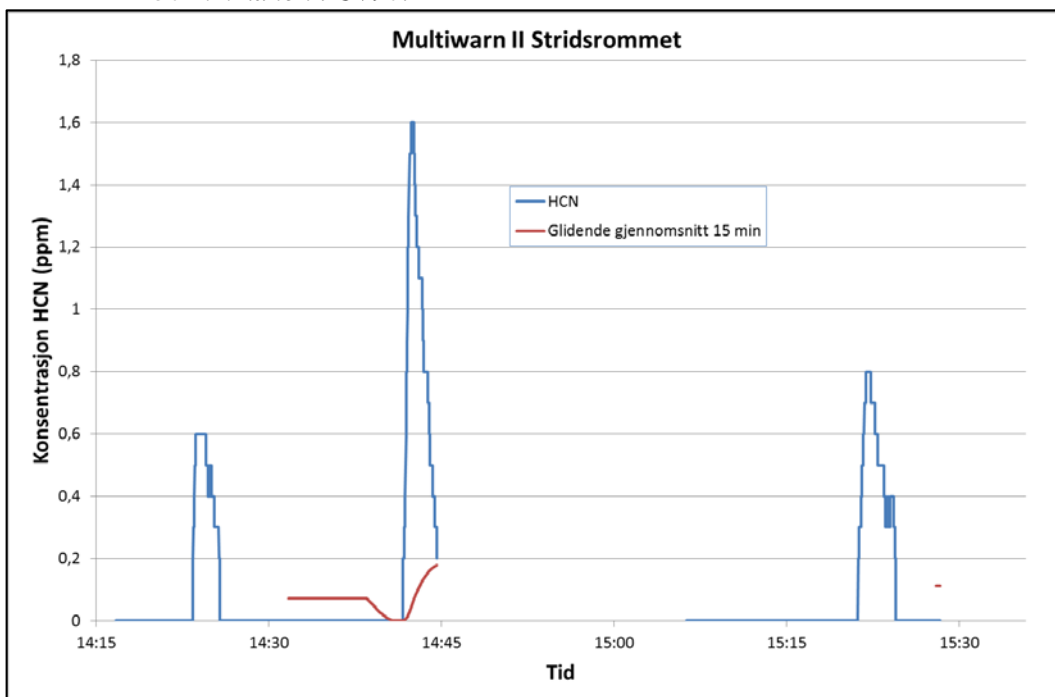
Figur B.14 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter når tre serier à 30 skudd blåplast ble avfyrt fra 30 mm kanon i CV90. Øvre målegrense for instrumentet er 2000 ppm.



Figur B.15 CO-konsentrasjon i pustesonen til vognkommandør når tre serier à 30 skudd blåplast ble avfyrt fra 30 mm kanon i CV90.

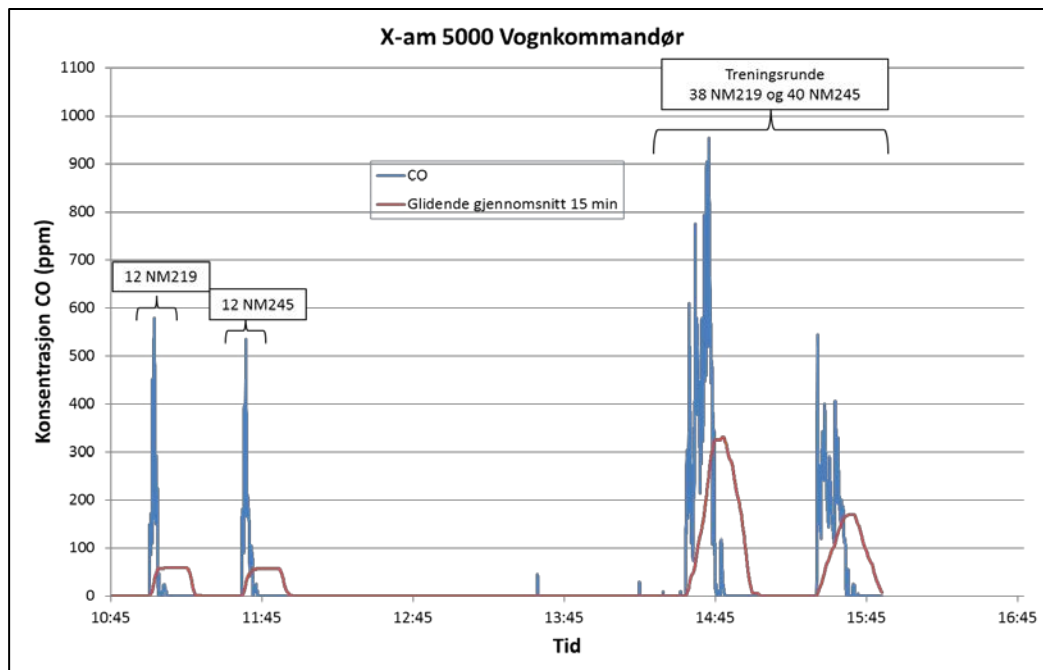


Figur B.16 CO-konsentrasjon i stridsrommet når tre serier à 30 skudd blåplast ble avfyrt fra 30 mm kanon i CV90.

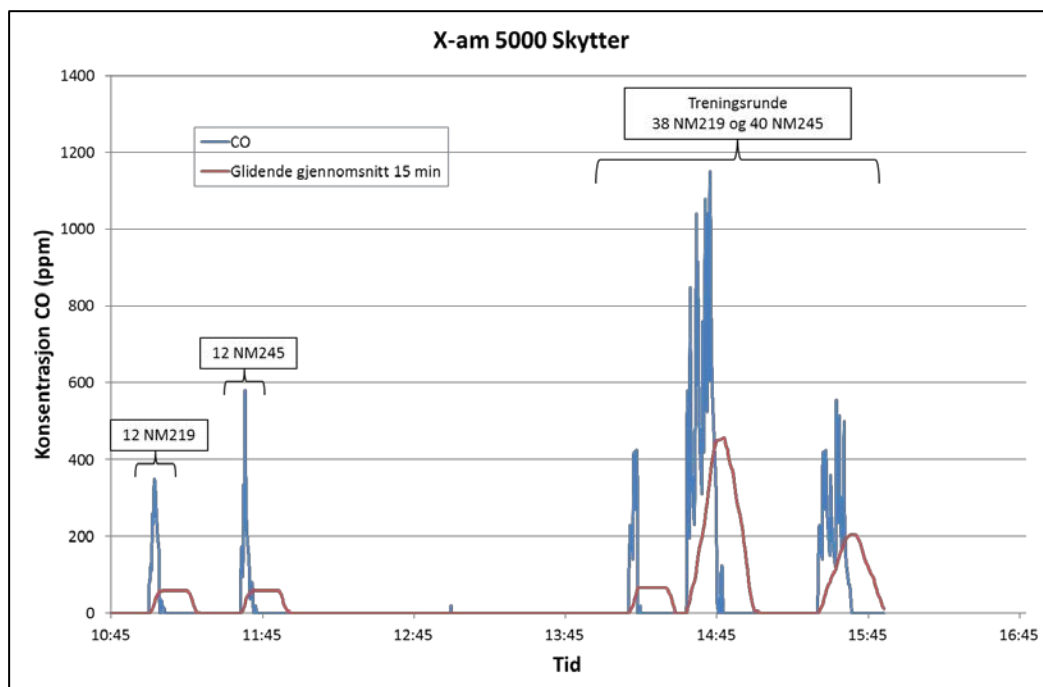


Figur B.17 HCN-konsentrasjon i stridsrommet når tre serier à 30 skudd blåplast ble avfyrt fra 30 mm kanon i CV90.

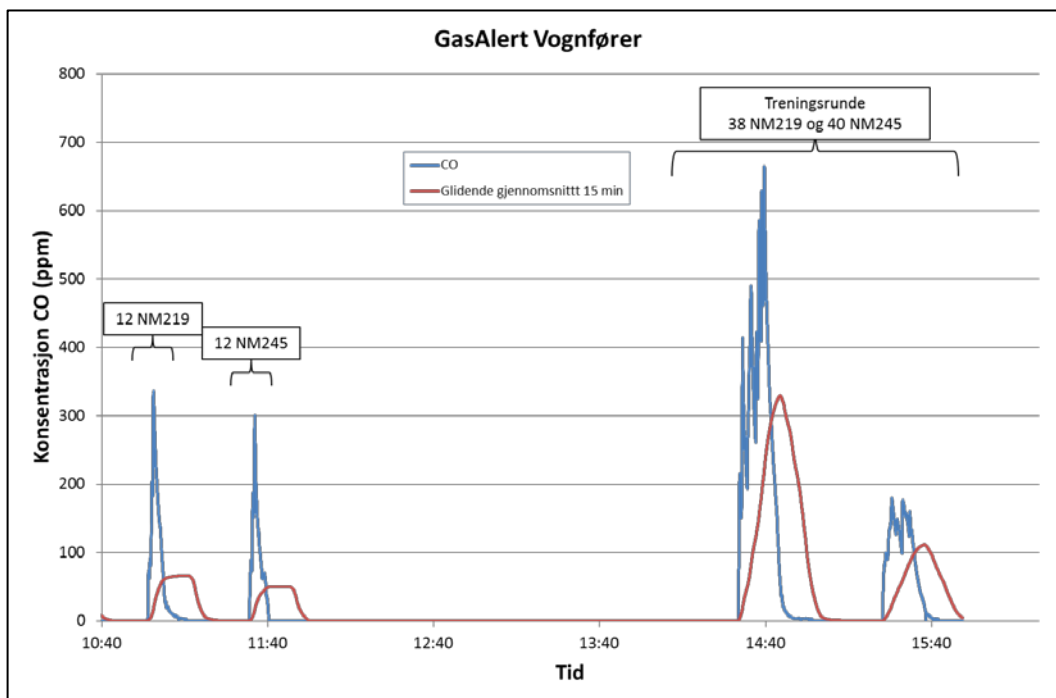
B.2.2 NM219 og NM245 før modernisering



Figur B.18 CO-konsentrasjon i pustesonen til vognkommandør når henholdsvis 12 skudd NM219 og NM245 ble avfyrt fra 30 mm kanon i stillestående CV90 og på treningsrunde der 38 NM219 og 40 NM245 ble avfyrt.

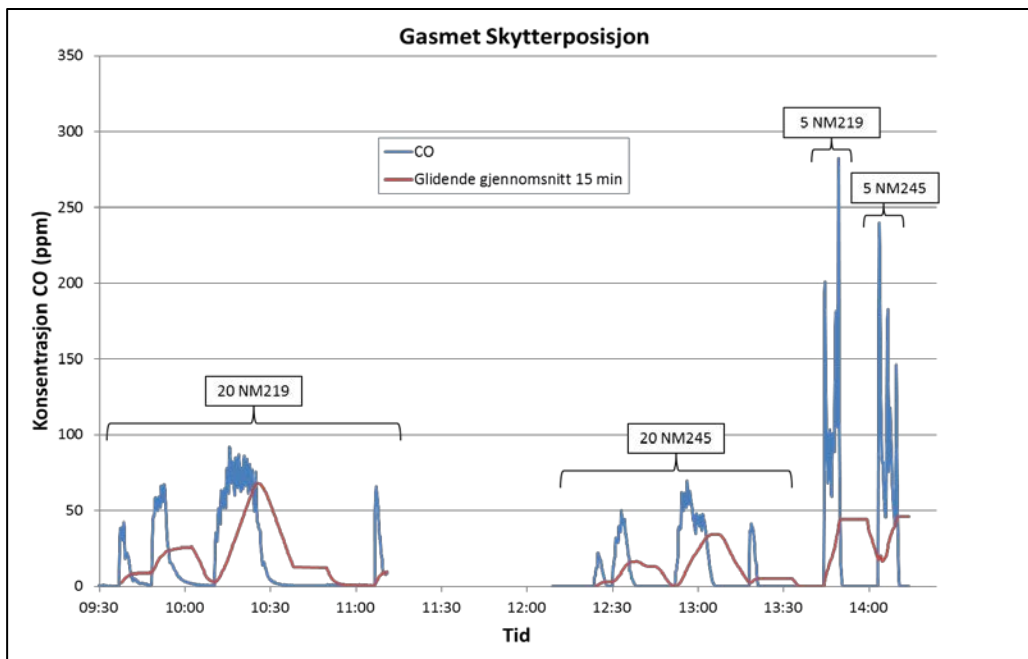


Figur B.19 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter når henholdsvis 12 skudd NM219 og NM245 ble avfyrt fra 30 mm kanon i stillestående CV90 og på treningsrunde der 38 NM219 og 40 NM245 ble avfyrt.

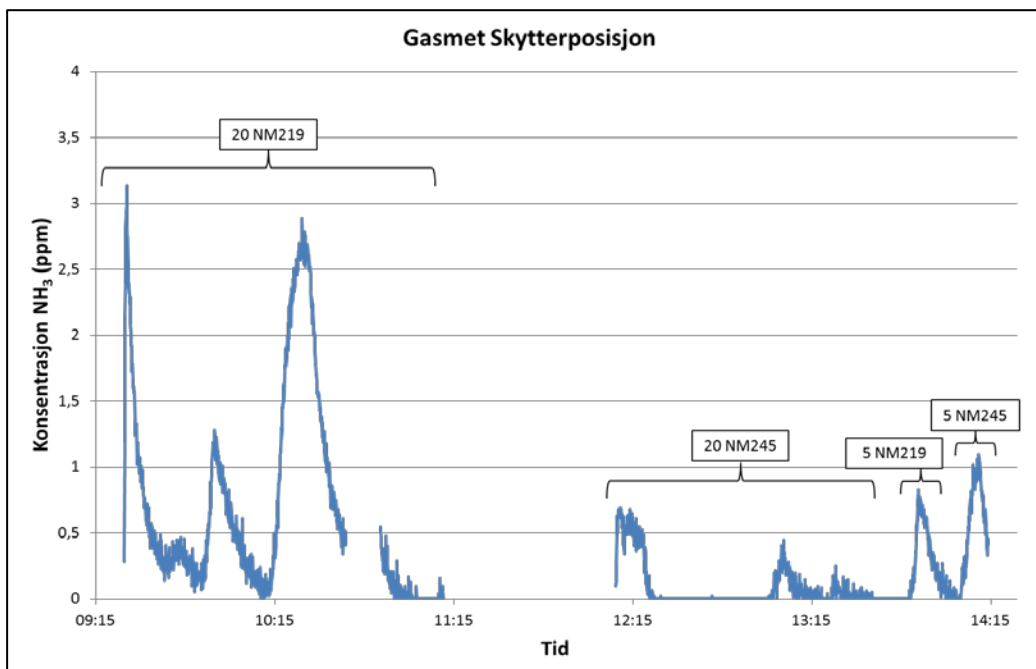


Figur B.20 CO-konsentrasjon i pustesonen til vognfører når henholdsvis 12 skudd NM219 og NM245 ble avfyrt fra 30 mm kanon i stillestående CV90 og på treningsrunde der 38 NM219 og 40 NM245 ble avfyrt.

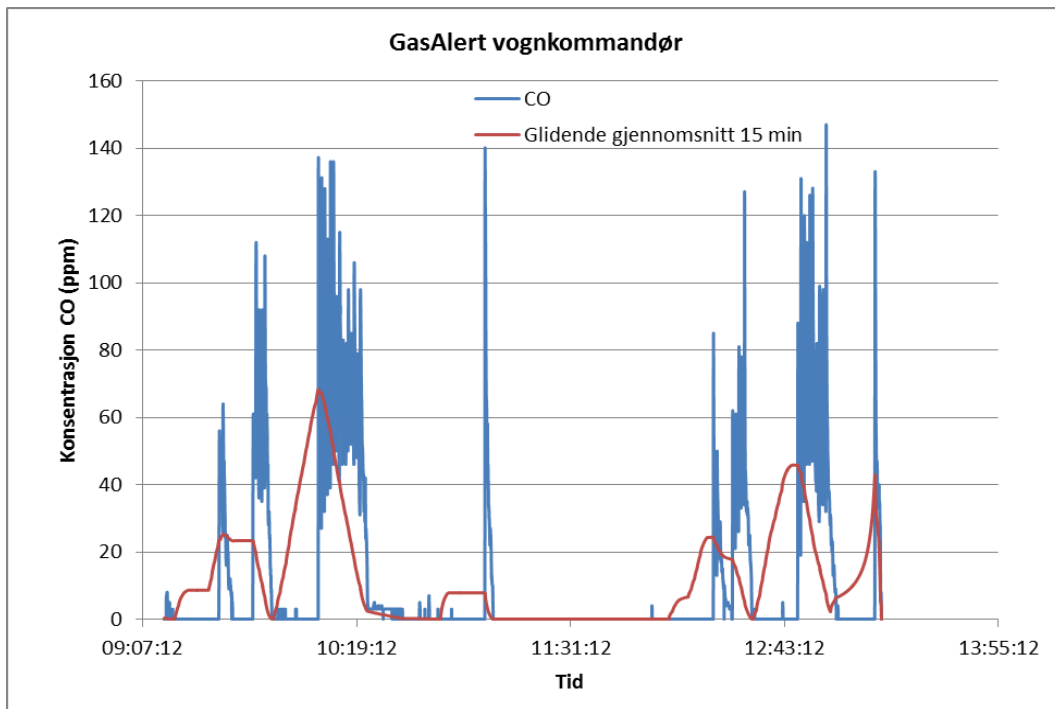
B.2.3 Innskyting på Bradalsmyra testsenter med modernisert CV90



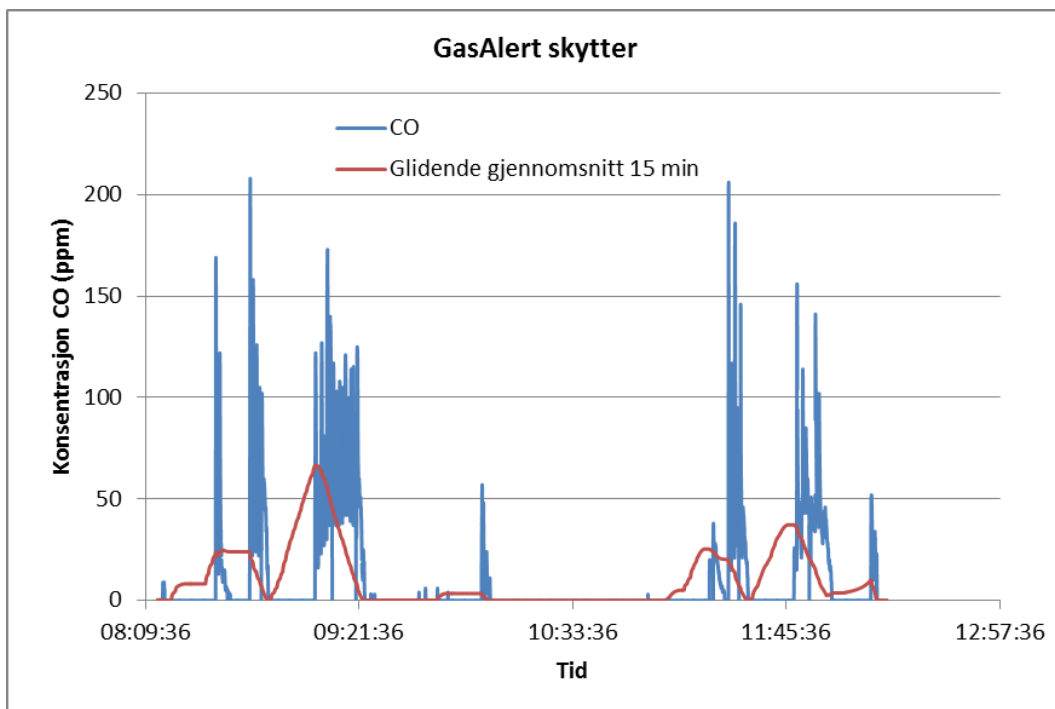
Figur B.21 CO-konsentrasjon i skytterposisjon målt med Gasmeter under innskyting av moderniserte CV90 på Bradalsmyra testsenter. Det ble skutt 25 skudd NM219 og 20 skudd NM245 og en serie à 5 skudd med henholdsvis NM219 og NM245.



Figur B.22 NH₃-konsentrasjon i skytterposisjon målt med Gasmeter under innskyting av moderniserte CV90 på Bradalsmyra testsenter. Det ble skutt 25 skudd NM219 og 20 skudd NM245 og en serie à 5 skudd med henholdsvis NM219 og NM245.

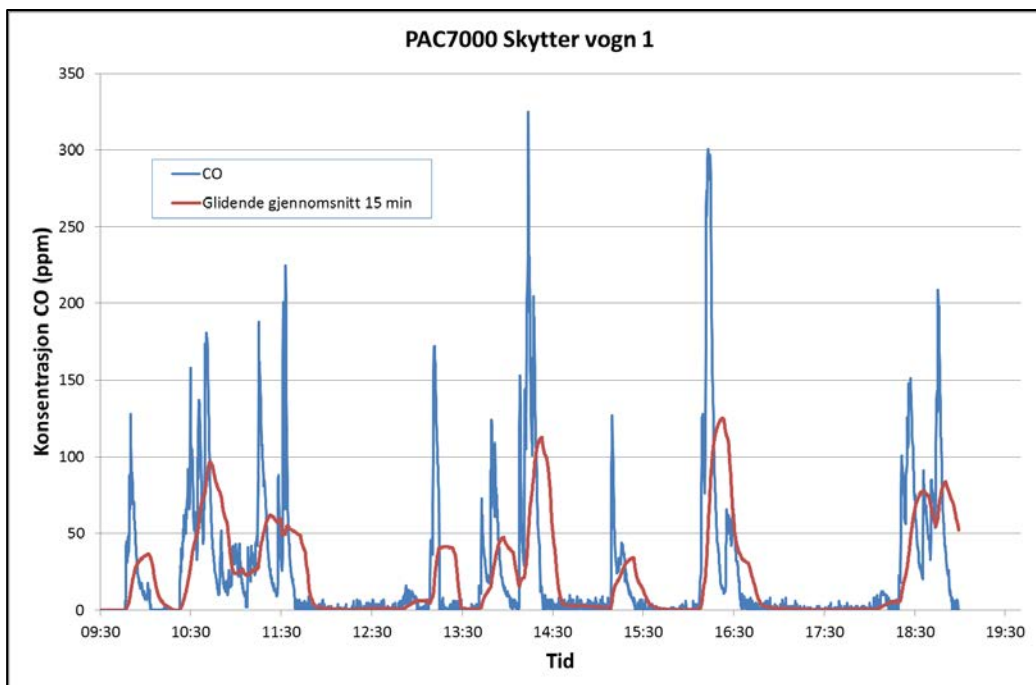


Figur B.23 CO-konsentrasjon i pustesonen til vognkommandør målt med GasAlert under innskyting av moderniserte CV90 på Bradalsmyra testsenter.

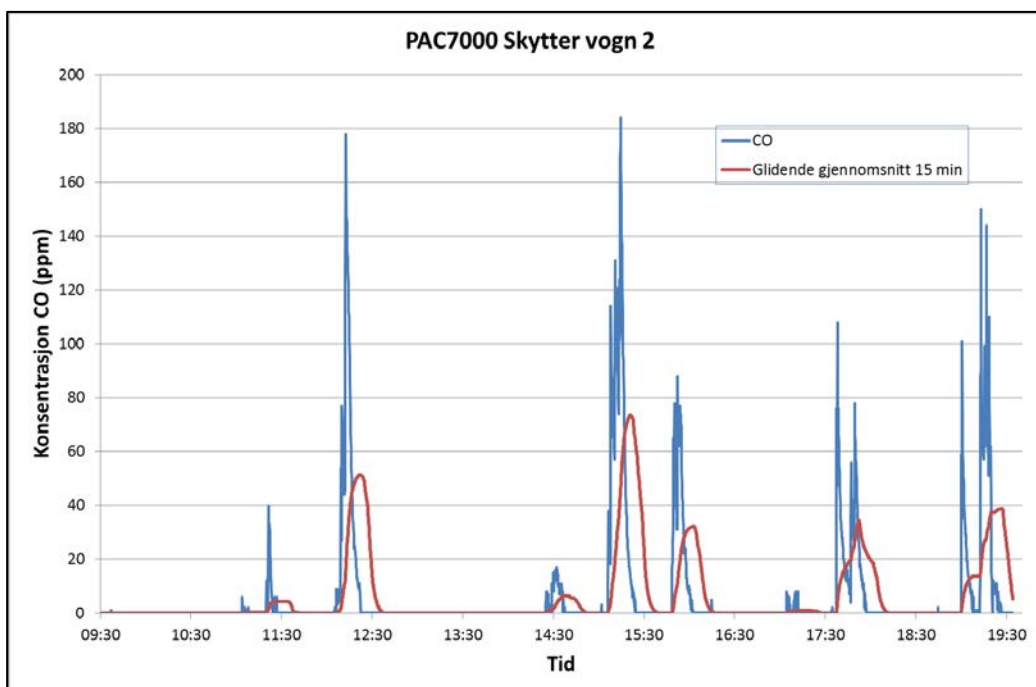


Figur B.24 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter målt med GasAlert under innskyting av moderniserte CV90 på Bradalsmyra testsenter.

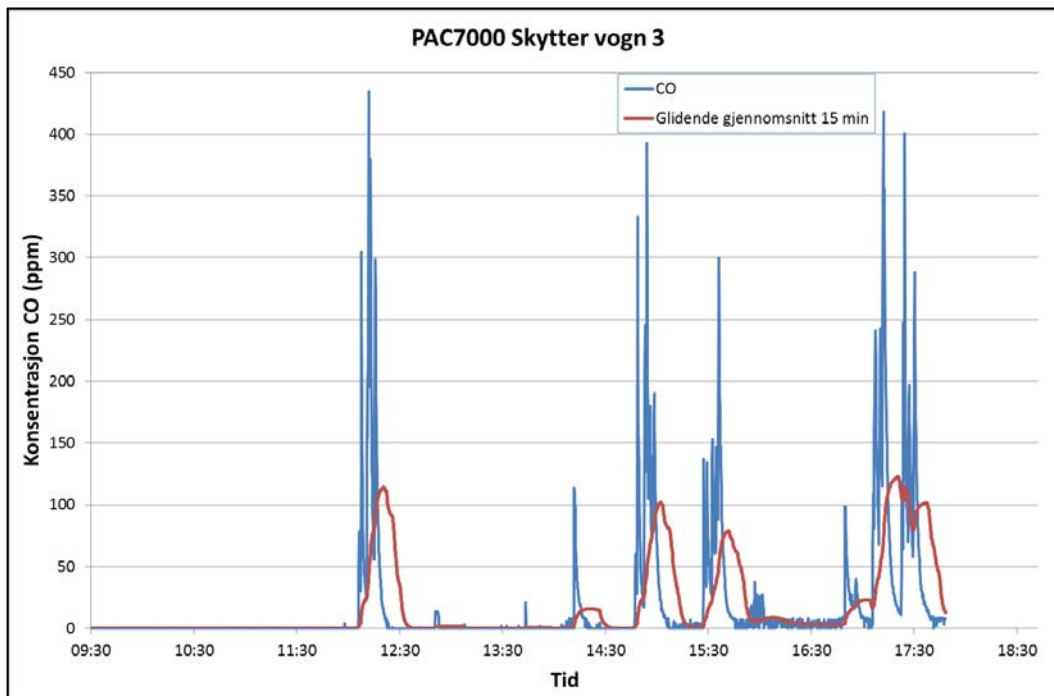
B.2.4 30 mm NM219 og mitraljøre fra moderniserte CV90



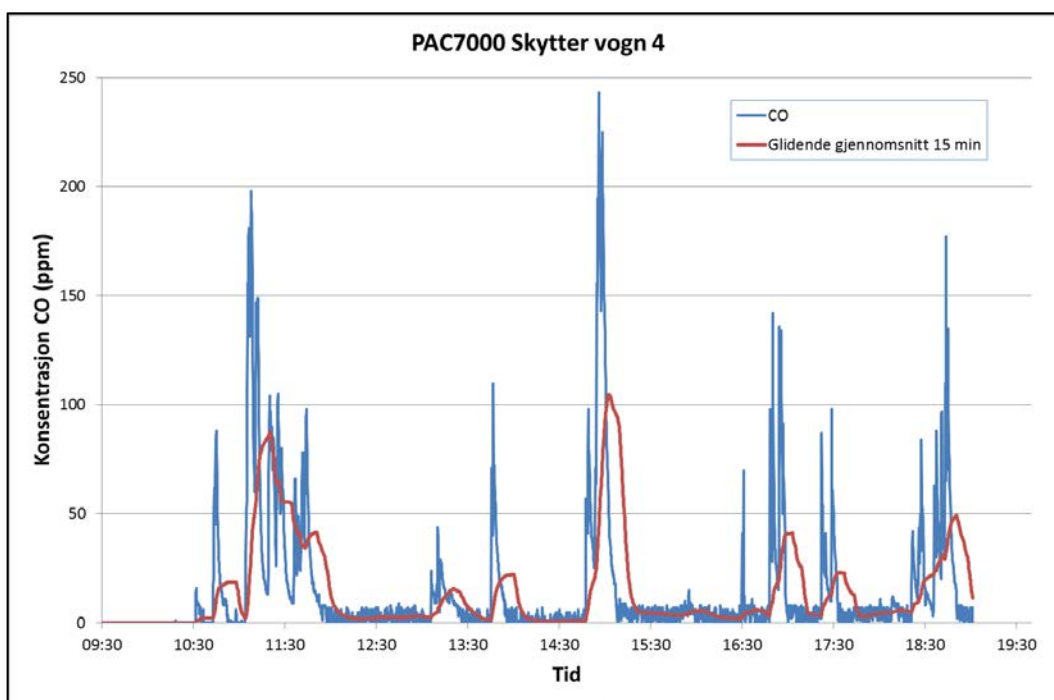
Figur B.25 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter under øvelse 8. september 2016, der 70 skudd NM219 og et ukjent antall skudd fra mitraljøre ble avfyrt fra CV90.



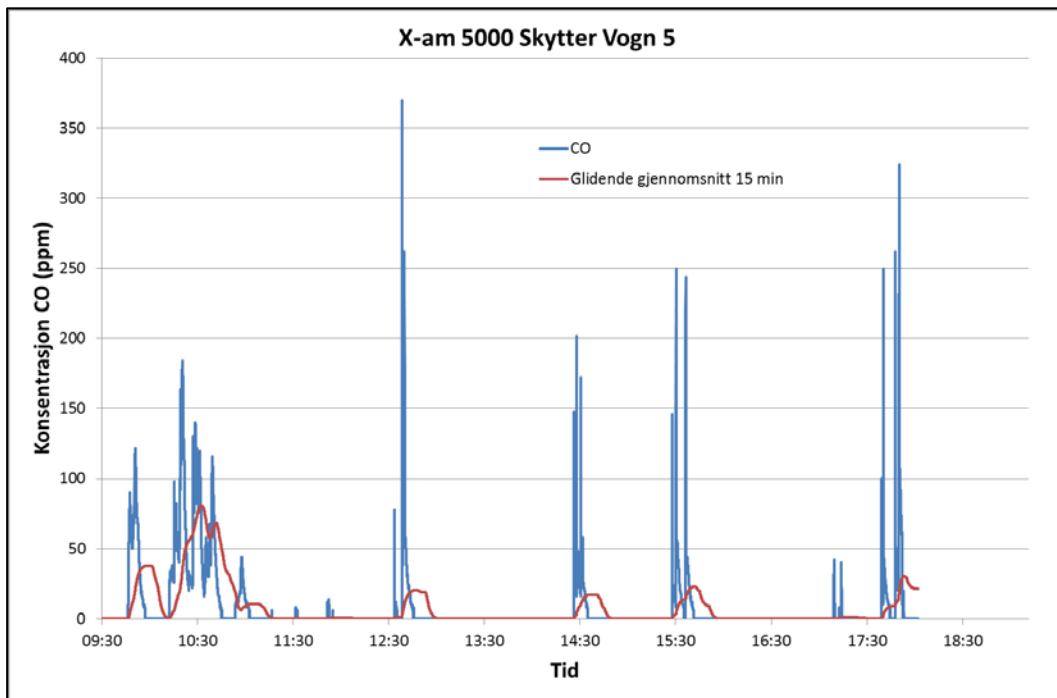
Figur B.26 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter under øvelse 8. september 2016, der 69 skudd NM219 og et ukjent antall skudd fra mitraljøre ble avfyrt fra CV90.



Figur B.27 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter under øvelse 8. september 2016, der 44 skudd NM219 og et ukjent antall skudd fra mitraljøse ble avfyrt fra CV90.



Figur B.28 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter under øvelse 8. september 2016 der 83 skudd NM219 og et ukjent antall skudd fra mitraljøse ble avfyrt fra CV90.



Figur B.29 CO-konsentrasjon i pustesonen til skytter under øvelse 8. september 2016 der 66 skudd NM219 og et ukjent antall skudd fra mitraljøse ble avfyrt fra CV90.

Vedlegg C Analyserapport metaller



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse og samfunnsikkerhet

Dato: 16.09.16

Analyserapport

Side 1 av 3

Analyserapport

Oppdragsgiver:

Antall prøver: 34

Anmerkninger: Analyse av filtere fra skytters
 pustesone.

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Metode identitet	Måleområde µg/l
Kobber, Cu	A1	0,1-100
Sink, Zn	A1	0,1-100
Antimon, Sb	A1	0,1-100
Bly, Pb	A1	0,1-100
Bismut, Bi	A1	0,1-100

Denne analyserapporten består av i alt 3 sider. Analyserapportengjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 16.09.16

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler: Ida Vaa Johnsen

Innvalg : 63 80 78 04

Telefax: 63 80 75 09

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

Adresse : Postboks25, 2007 Kjeller

Sentralbord: 63 80 70 00

Mil retn nr: 0505

Bankgiro: 7101.05.00030

Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo Xseries 2

Operatør: Ida Vaa Johnsen

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
14-2067	18.11.14, CV90, blåplast, 30 skudd, skytter
14-2068	18.11.14, CV90, blåplast, 30 skudd, sjåfør
14-2069	18.11.14, CV90, blåplast, 30 skudd, skytter
14-2070	18.11.14, CV90, blåplast, 30 skudd, sjåfør
14-2071	18.11.14, CV90 blåplast, 30 skudd, skytter
14-2072	18.11.14, CV90 blåplast, 30 skudd, sjåfør
14-2094	19.11.14, LEO2, KSP 58, M80/M62, 200*2 skudd, skytter
14-2095	19.11.14, LEO2, KSP 58, NM231/NM232, 200*2 skudd, la der
14-2096	19.11.14, LEO2, KSP 58, M80/M62, 200*2 skudd, skytter
14-2097	19.11.14, LEO2, KSP 58, NM231/NM232, 200*2 skudd, la der
14-2098	19.11.14, LEO2, FN MAG, M80/M62, 200*2 skudd, skytter
14-2099	19.11.14, LEO2, FN MAG, NM231/NM232, 200*2 skudd, la der
14-2100	19.11.14, LEO2, FN MAG, M80/M62, 200*2 skudd, skytter
14-2101	19.11.14, LEO2, FN MAG, NM231/NM232, 200*2 skudd, la der
495	02.07.15, CV90, innskyting nye vogner, NM219, 30 skudd, skytter
496	02.07.15, CV90, innskyting nye vogner, NM245, 30 skudd, skytter
497	02.07.15, CV90, innskyting nye vogner, NM245, 30 skudd, la der
15-1339	08.09.15, LEO2, Indrekanon, 13 skudd, la der
15-1340	08.09.15, LEO2, Indrekanon, 13 skudd, VK
15-1341	08.09.15, LEO2, Indrekanon, kjørerunde, VK
15-1342	08.09.15, LEO2, Indrekanon, kjørerunde, la der
15-1343	08.09.15, LEO2, 120 mm, IMHE-TP, stillestående og runde, la der
15-1344	08.09.15, LEO2, 120 mm, IMHE-TP, stillestående og runde, VK
15-1345	09.09.15, CV90, NM245, 14 skudd, skytter
15-1346	09.09.15, CV90, NM245, 14 skudd, VK
15-1347	09.09.15, CV90, NM219, 12 skudd, skytter
15-1348	09.09.15, CV90, NM219, 12 skudd, VK
15-1349	09.09.15, CV90, NM245 og NM219, 78 skudd, skytter
15-1350	09.09.15, CV90, NM245 og NM219, 78 skudd, VK
16-437	08.09.16, Ny-CV90, NM219, vogn 1, skytter
16-438	08.09.16, Ny-CV90, NM219, vogn 2, skytter
16-439	08.09.16, Ny-CV90, NM219, vogn 3, skytter
16-440	08.09.16, Ny-CV90, NM219, vogn 4, skytter
16-441	08.09.16, Ny-CV90, NM219, vogn 5, skytter



FFI-nr.	Cu µg/filter	Zn µg/filter	Sb µg/filter	Pb µg/filter	Bi µg/filter
14-2067	1,21	0,13	2,16	27,7	-
14-2068	1,35	0,16	0,06	0,94	-
14-2069	2,98	0,85	2,42	30,5	-
14-2070	1,59	0,41	0,10	0,98	-
14-2071	6,40	0,89	1,90	26,3	-
14-2072	0,95	0,26	0,06	0,27	-
14-2094	23,3	13,0	-	19,1	-
14-2095	9,4	5,0	-	7,1	-
14-2096	4,7	3,3	-	0,26	-
14-2097	2,0	3,8	-	0,17	-
14-2098	7,5	1,4	-	2,3	-
14-2099	18,6	3,8	-	8,2	-
14-2100	98,8	23,1	-	0,63	-
14-2101	8,1	1,3	-	0,60	-
495	0,35	0,64	0,32	0,12	0,20
496	0,26	1,90	0,14	0,18	0,05
497	0,55	0,46	0,08	0,06	0,05
15-1339	-	-	-	-	-
15-1340	0,29	2,50	0,01	0,08	0,05
15-1341	0,46	0,71	0,01	0,04	0,06
15-1342	0,31	2,14	0,01	0,06	0,04
15-1343	0,99	1,04	0,02	0,05	0,21
15-1344	1,83	1,21	0,05	0,10	0,37
15-1345	0,20	12,1	0,22	1,62	0,03
15-1346	0,20	9,48	0,18	1,26	0,02
15-1347	0,10	4,32	0,12	0,84	0,01
15-1348	0,10	3,79	0,10	0,71	0,01
15-1349	0,89	32,8	0,66	5,06	0,06
15-1350	0,88	38,3	0,81	6,19	0,05
16-437	70,7	22,3	0,58	2,69	6,26
16-438	1,79	2,42	0,45	0,31	0,27
16-439	1,78	7,01	0,35	1,28	0,45
16-440	11,7	24,0	0,67	4,18	1,11
16-441	2,94	8,73	0,43	1,89	0,25

Referanser

Oslo Universitetssykehus (2016). "Gasser som hemmer transport og omsetning av oksygen." Retrieved 20.09.17, from www.helsebiblioteket.no.

Arbeids- and sosialdepartementet (2014). Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysikse og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisiko for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier).

Blumenthal, I. (2001). "Carbon monoxide poisoning." *J R Soc Med* **94**(6): 2.

Borander, A. K., et al. (2017). "Military small arms fire in association with acute decrements in lung function." *Occup Environ Med*: oemed-2016-104207.

Forbes, W. H., et al. (1945). "The rate of carbon monoxide uptake by normal men." *Am. J. Physiol.* **143**: 594-608.

Forsvaret (2014). "CV 9030N." Retrieved 18.07., 2016, from <https://forsvaret.no/fakta/utstyr/Land/CV-9030N>.

Forsvaret (2014). "Leopard 2 A4NO." Retrieved 18.07., 2016, from <https://forsvaret.no/fakta/utstyr/Land/Leopard-2-A4NO>.

Forsvaret (2017). Forsvarets sikkerhetsbestemmelser for landmilitær virksomhet. **UD 2-1**.

Graeme, K. A. and C. V. Pollack (1998). "Heavy metal toxicity, part II: lead and metal fume fever." *The Journal of emergency medicine* **16**(2): 171-177.

Higgins, C. (2005). "Causes and clinical significance of increased corboxyhemoglobin." acutecaretesting.org.

IARC (2016). Agents classified by the IARC monographs, volumes 1-115, International Agency for Research on Cancer.

Johnsen, I. V. and A. Johnsen (2015). Målinger av utslipp fra maskingevær aktuelle for anskaffelser i Forsvaret. FFI.

Johnsen, I. V. and A. Johnsen (2015). Skytters eksponering for metaller og avgasser ved skyting med MINIMI 5,56 og blyfri ammunisjon på utendørs skytebaner. FFI.

Ljønes, M., et al. (2013). Undersøkelse av gass- og metallkonsentrasjoner rundt skytter ved skyting med håndvåpen.

Maynard, A. D. and E. D. Kuempel (2005). "Airborne Nanostructured Particles and Occupational Health." *Journal of Nanoparticle Research* **7**(6): 587-614.

Merchant, J. and R. Webby (2001). "Metal fume fever: A case report and literature review." *Emergency Medicine* **13**(3): 373-375.

Piantadosi, C. (2004). "Carbon monoxide poisoning." *Undersea & Hyperbaric Medicine* **31**(1): 167.

Strømseng, A., et al. (2009). Helseplager i forbindelse med bruk av HK416 - vurdering av årsak og helserisiko.

Universitetssykehus, O. (2016). "Gasser som hemmer transport og omsetning av oksygen." from www.helsebiblioteket.no.

Voie, Ø. (2014). Analyseresultater og helserisikovurdering av utendørs skyting med NM229 og NM255i minimi samt NM250 i HK416. Utdyping av måleresultater.

Voie, Ø., et al. (2013). Helseeffekter ved bruk av blyholdig og blyfri ammunisjon i kombinasjon med HK416.

Voie, Ø., et al. (2014). "Health effects after firing small arms comparing leaded and unleaded ammunition." *inhalation toxicology* **26**(14): 873-879.

Voie, Ø., et al. (2014). Overvåkingssystem for skytegasser ved bruk av våpen og ammunisjon på overbygde standplasser.

Voie, Ø., et al. (2012). Testing av ventilasjonssystem på to overbygde standplasser på Rena leir.

Warheit, D. B. (2004). "Nanoparticles: Health impacts?" *Materials Today* **7**(2): 32-35.

WHO (2000). "Air Quality Guidelines for Europe, second edition: Carbon monoxide." from [www.euro.who.int/ data/assets/pdf file/0020/123059/AQG2ndEd_5_5carbonmonoxide.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0020/123059/AQG2ndEd_5_5carbonmonoxide.pdf).

Yang, W., et al. (2008). "Inhaled nanoparticles—A current review." *International Journal of Pharmaceutics* **356**(1–2): 239-247.

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.

FFI's 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 militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

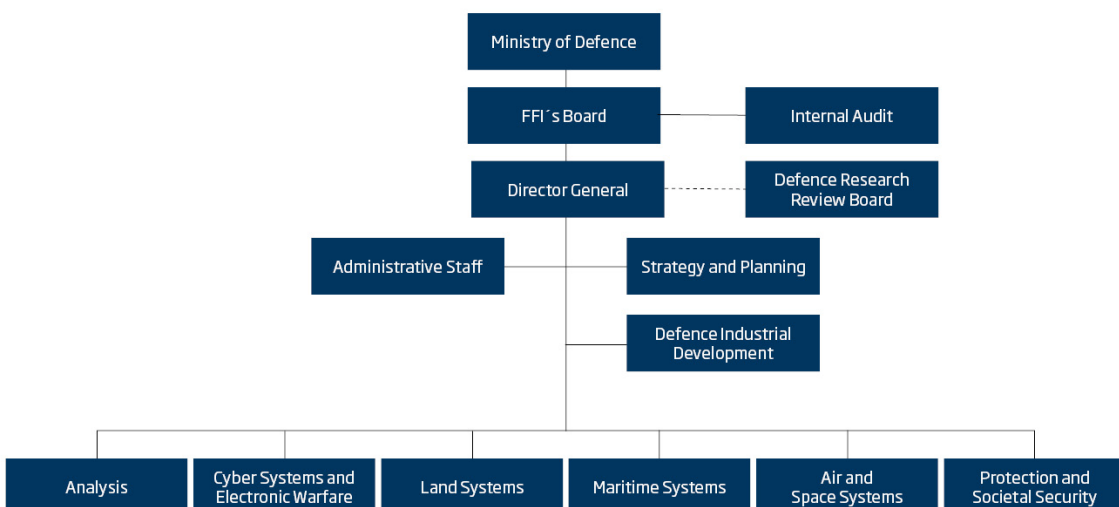
FFI's VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFI's 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