

## **Testing av ventilasjonssystem på en overbygd standplass på Rena leir**

Øyvind Voie, Arnt Johnsen og Marita Ljønes

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

18. mai 2011

FFI-rapport 2011/00937

FFI/1197

P: ISBN 978-82-464-1923-7

E: ISBN 978-82-464-1924-4

## **Emneord**

Blyfri ammunisjon

Utslipp

Helseplager

Ventilasjon

HK416

## **Godkjent av**

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder/Project manager

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef/Director

## Sammendrag

Formålet med denne studien var å teste forbedringen av luftkvalitet rundt skytteren ved bruk av et ventilasjonsanlegg på en overbygd standplass på Rena. Ventilasjonssystemet er et prototypanlegg installert for dette formålet. Gasser (karbonmonoksyd, ammoniakk, og hydrogencyanid) samt metaller i svevestøv ble målt fra to skyttere som skjøt 90 skudd hver med ventilasjonssystem av, med ventilasjonssystem på full hastighet, og med ventilasjonssystem på redusert hastighet. Resultatet viste en vesentlig reduksjon i både gasser og svevestøv/metaller med ventilasjonssystemet på full og redusert hastighet.

## English summary

The aim of the study was to investigate the effect of a ventilation system on the quality of air on a covered stand at a military shooting range at Rena, Norway. The ventilation system was a prototype built for the occasion. Gasses (carbonmon oxide, ammonia, and hydrogen cyanide) and metals in dust in suspension was measured on two gunners that fired 90 rounds each over a period of 4 minutes with the ventilation system off, at full speed, and at reduced speed. The results show a significant reduction of both gasses and dust in suspension/metals with the ventilation system operating at full and reduced speed.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
<b>2</b>	<b>Metoder</b>	<b>7</b>
2.1	Ventilasjonssystem	7
2.2	Studiedesign	8
2.3	Måling av gasser	8
2.4	Svevestøv og metaller	8
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>9</b>
3.1	Måling av gasser	9
3.2	Svevestøv og metaller	14
<b>4</b>	<b>Diskusjon og konklusjon</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>17</b>



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I 2008 anskaffet Forsvaret nye håndvåpen av typen HK416. Etter at disse riflene er tatt i bruk, ble det fra tid til annen rapportert om helseplager i forbindelse med øvelsesskyting. Symptomene som ble rapportert var: irriterte luftveier, hoste, feber/kaldsvetting, hodepine, kvalme og leddsmerter. Ved analyser av røykgassen fra skyting med HK416 med blyfri ammunisjon, ble det påvist høye konsentrasjoner av kobber og sink. Ved en sammenlikning av innrapporterte symptomer og sammensetningen av røykgassen fra HK416, konkluderte FFI i en rapport i 2009 med at metallfeber kunne forklare symptomene (Strømseng m. fl. 2009). Forsvaret har i ettertid innført en rekke tiltak for å redusere helseplagene ved bruk av HK416. Et av disse tiltakene er å installere ventilasjonssystem på overbygde standplasser. Overbygde standplasser kan ha liten utskiftning av luft slik at gasser og partikler fra våpen og ammunisjon raskt kan oppkonsentreres til nivåer som kan gi helseplager. Forsvarbygg har i den forbindelse fått i oppdrag å installere ventilasjonssystem på prioriterte overbygde standplasser. En viktig fase i dette arbeidet er å teste tekniske løsninger for å være sikker på at systemet fungerer.

## 1.2 Formål

Formålet med denne studien var å teste forbedringen av luftkvalitet rundt skytteren ved bruk av et ventilasjonsanlegg på en overbygd standplass på Rena. Ventilasjonssystemet er et prototypanlegg installert av Forsvarsbygg. Studien er en del av FFI-prosjekt 1197, "Helse og miljøkonsekvenser fra våpen og ammunisjon".

# 2 Metoder

## 2.1 Ventilasjonssystem

Ventilasjonssystemet er en mekanisk prøveinstallasjon, hvor tilluftsiden består av tilluftsvifte, hastighetsregulator, og kanalnett med tilhørende tilluftsenheter (Figur 1.1). På avtrekksiden er det ingen mekaniske komponenter i det luften strømmet ut i det fri gjennom skyteåpning i forkant av standplassbygget. Forsøksinstallasjonen på bane 4 i Rena leir går med nominelt ca. 800 m<sup>3</sup>/time ved full hastighet. Redusert hastighet ga ca. 650 m<sup>3</sup>/time.



*Figur 1.1 Ventilasjonssystem montert på overbygd standplass*

## **2.2 Studiedesign**

To skyttere med HK416 fikk i oppdrag å skyte 90 skudd med blyfri ammunisjon (NM229) i løpet av ca. 4 minutter. Skytterne skjøt samtidig fra liggende posisjon og var plassert ved siden av hverandre. De to standplassene var isolert fra resten av skytehuset ved en midlertidig skillevegg. Skytterne skjøt 90 skudd i 4 omganger. Den første og den siste omgangen ble gjennomført med ventilasjon avslått som en referanse. Det ble gjennomført en omgang med ventilasjon på full hastighet, og en omgang med ventilasjon på redusert hastighet.

## **2.3 Måling av gasser**

Gassene karbonmonoksid (CO), ammoniakk (NH<sub>3</sub>), og hydrogencyanid (HCN) ble målt i en gassdetektor fra Dräger (Multiwarn II). Luftinntaket til Multiwarn II ble montert på skulder til en av skytterne. CO ble også målt ved hjelp av gassdetektorer for montering på skulder, PAC7000, også fra Dräger. Disse ble montert på begge skytterne.

## **2.4 Svevestøv og metaller**

Svevestøv ble målt ved hjelp av partikkelfiltre fra Millipore av typen HTTP med porestørrelse på 0,4 µm. Filterkassetene ble montert på skulder til de to skytterne. Filterkassetene var tilkoblet luftpumper med en kapasitet på 2 l i minuttet. Filtrene ble veid før og etter måling. Etter veiing



ble filterne oppsluttet med konsentrert salpetersyre (20 ml) og satt i varmeskap ved 75°C i 24 timer. Deretter ble prøvene fortynnet og det ble foretatt en elementanalyse på ICP-MS. Konsentrasjonen ble beregnet ut fra mengden deponert på filteret i µg (mikrogram) og antall liter luft som passerte filteret i løpet av 6 minutter. En pumpe stoppet imidlertid på 3 minutter, og konsentrasjonen er beregnet ut i fra dette luftvolumet. Svevestøv ble også prøvetatt med en høyvolumsprøvetaker (XMV-CV fra Dycor). Denne tar 500 liter luftprøve i minuttet, og ble plassert mellom de to skytterne (Figur 2.1).

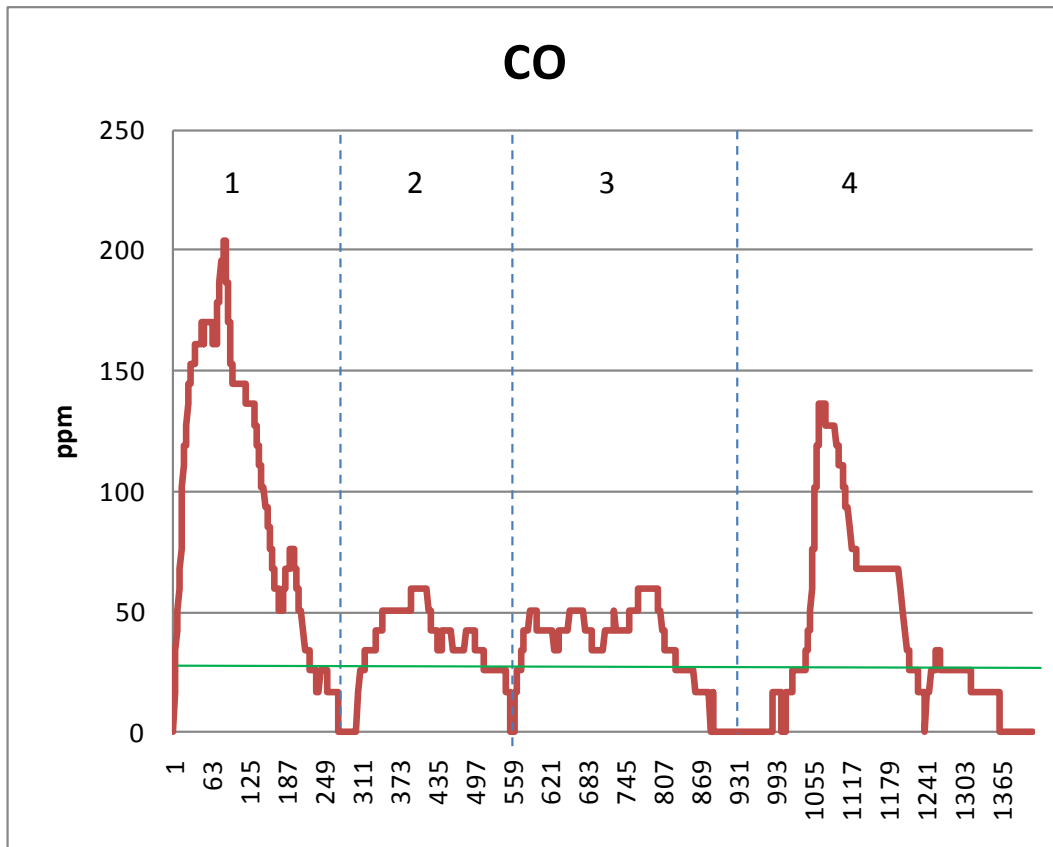


Figur 2.1 Skyttere og diverse måleutstyr for gasser og prøvetakingsutstyr for svevestøv

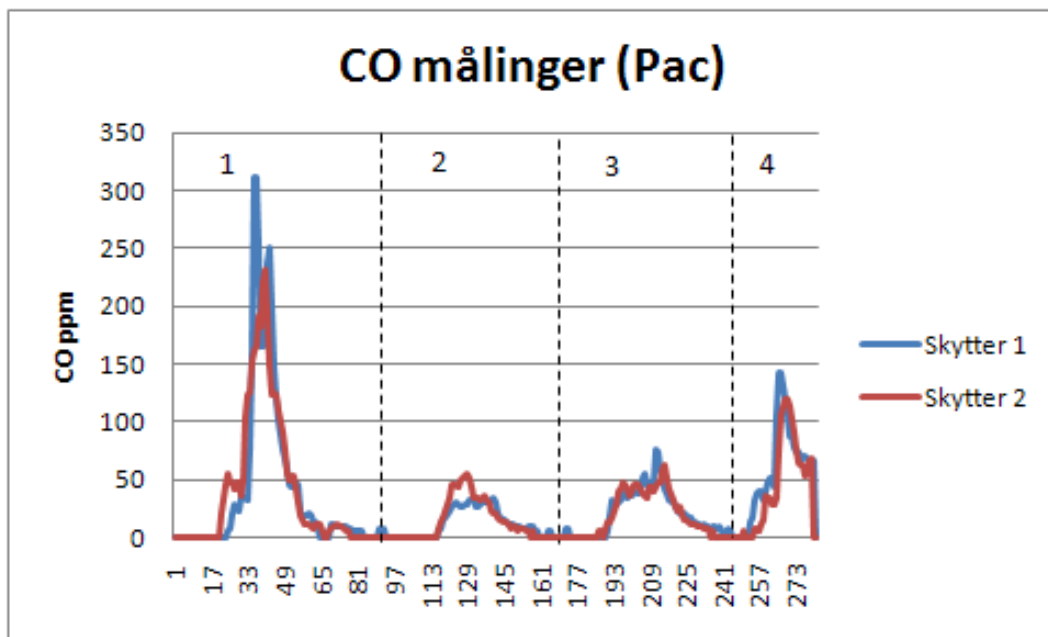
## 3 Resultater

### 3.1 Måling av gasser

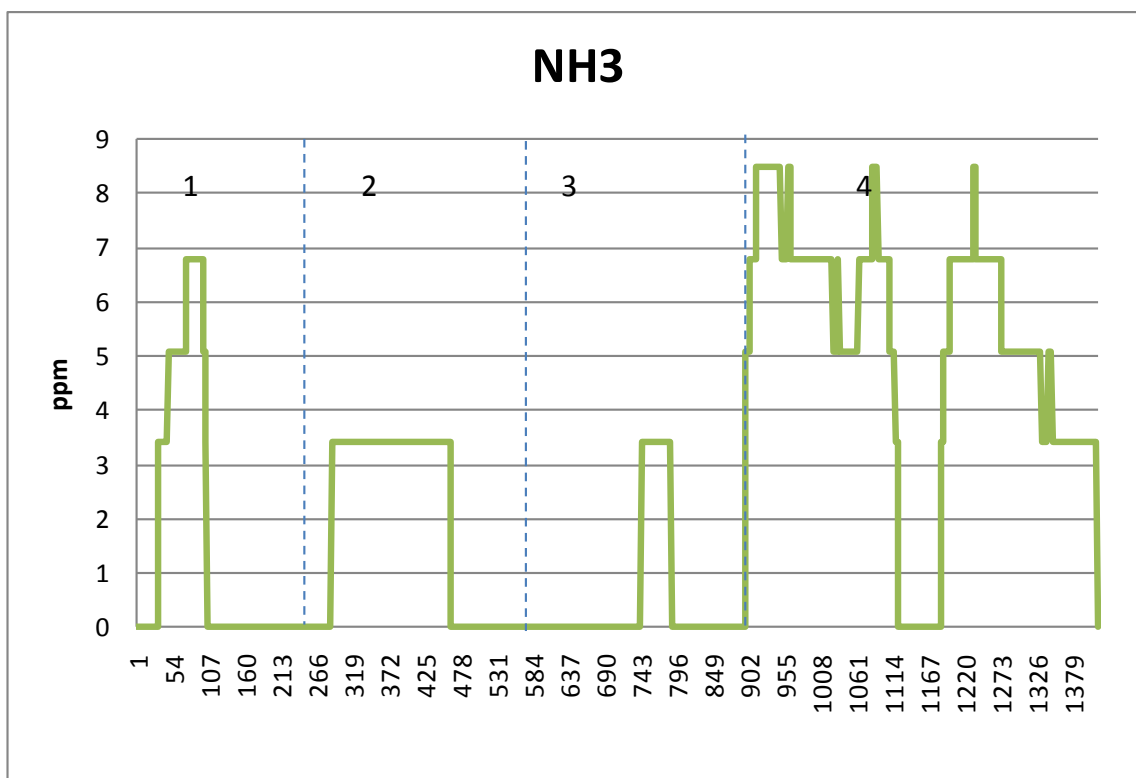
CO målinger ved hjelp av Multiwarn II og PAC7000 viste en kraftig nedgang av CO i luft når ventilasjonssystemet var på (Figur 3.1 og 3.2). Resultatene viste en nedgang fra 200-300 ppm CO til 30-50 ppm med ventilasjonssystem på. Det var ingen forskjell mellom å ha systemet på full hastighet (800 m<sup>3</sup>/time) i forhold til redusert hastighet (650 m<sup>3</sup>/time). Konsentrasjonene av NH<sub>3</sub> og HCN var forholdsvis lave med ventilasjonssystemet avskrudd, men også her kan man observere lavere nivåer når ventilasjon er satt på (Figur 3.3 og 3.4).



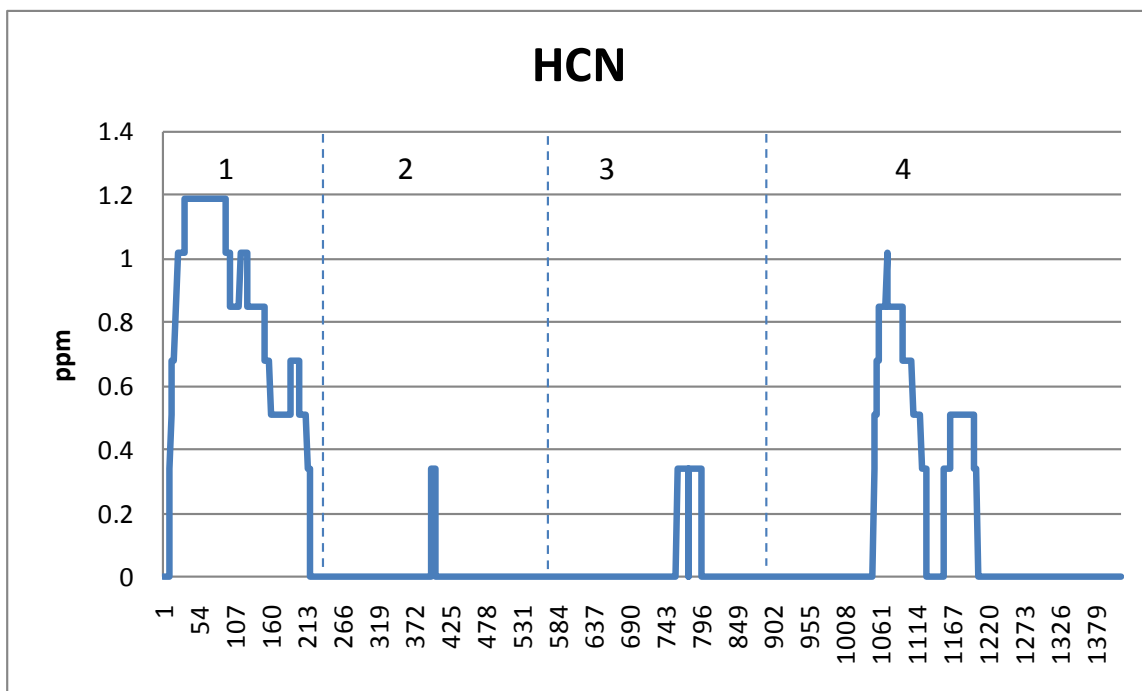
Figur 3.1 CO målinger analysert med Multiwarn II under 4 skyteperioder. Skyteperiode 1 er gjennomført med ventilasjonssystem av, skyteperiode 2 med ventilasjon på full hastighet, skyteperiode 3 med ventilasjon på redusert hastighet og skyteperiode 4 med ventilasjonssystem av. Hver skyteperiode varte i ca. 4 minutter og det ble skutt 180 skudd. Grønn linje markerer administrativ norm for arbeidsmiljøet. Konsentrasjonen av CO er logget hvert sekund, slik at benevning på x-aksen er sekunder.



Figur 3.2 CO målinger analysert med PAC7000 under 4 skyteperioder for skytter 1 og 2. Skyteperiode 1 er gjennomført med ventilasjonssystem av, skyteperiode 2 med ventilasjon på full hastighet, skyteperiode 3 med ventilasjon på redusert hastighet og skyteperiode 4 med ventilasjonssystem av. Hver skyteperiode varte i ca. 4 minutter og det ble skutt 180 skudd. Konsentrasjonene av CO er logget hvert 10. sekund, og er et gjennomsnitt av konsentrasjonen hvert 10. sekund.



Figur 3.3 Konsentrasjonen av NH<sub>3</sub> i luft i 4 skyteperioder. Skyteperiode 1 er gjennomført med ventilasjonssystem av, skyteperiode 2 med ventilasjon på full hastighet, skyteperiode 3 med ventilasjon på redusert hastighet og skyteperiode 4 med ventilasjonssystem av. Hver skyteperiode varte i ca. 4 minutter og det ble skutt 180 skudd. NH<sub>3</sub> ble logget hvert sekund med Multiwarn II.



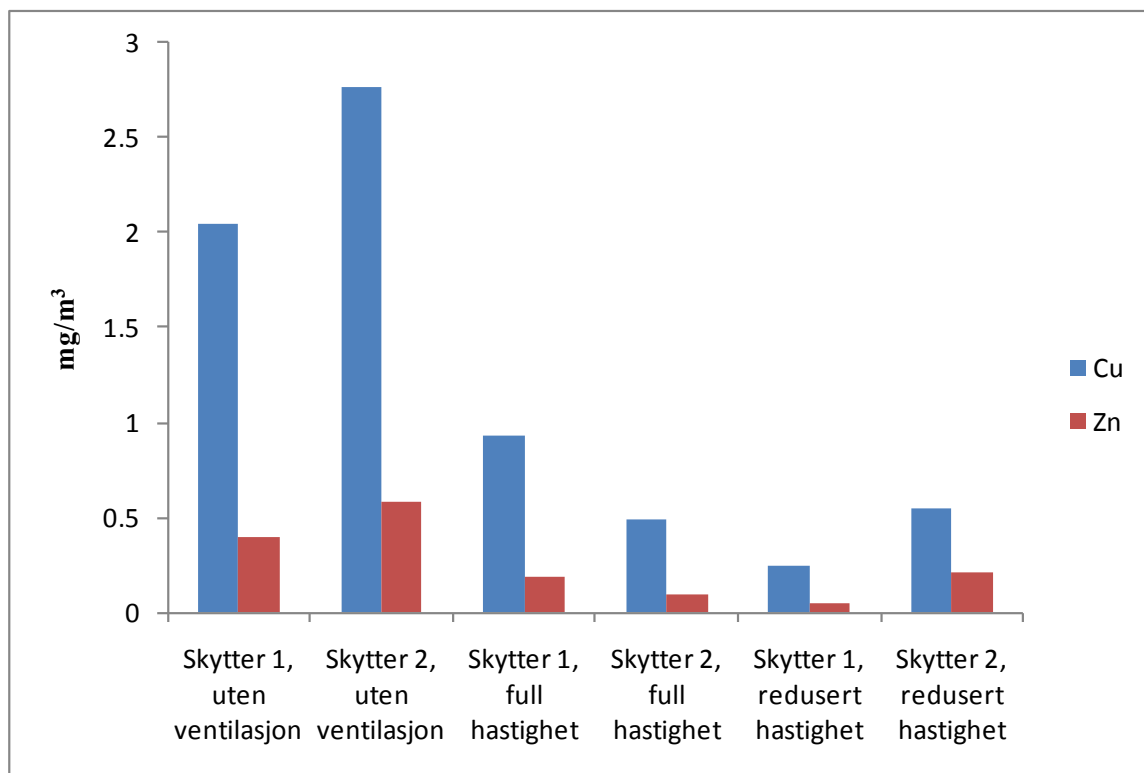
Figur 3.4 Konsentrasjonen av HCN i luft i 4 skyteperioder. Skyteperiode 1 er gjennomført med ventilasjonssystem av, skyteperiode 2 med ventilasjon på full hastighet, skyteperiode 3 med ventilasjon på redusert hastighet og skyteperiode 4 med ventilasjonssystem av. Hver skyteperiode varte i ca. 4 minutter og det ble skutt 180 skudd. HCN ble logget hvert sekund med Multiwarn II.

### 3.2 Svevestøv og metaller

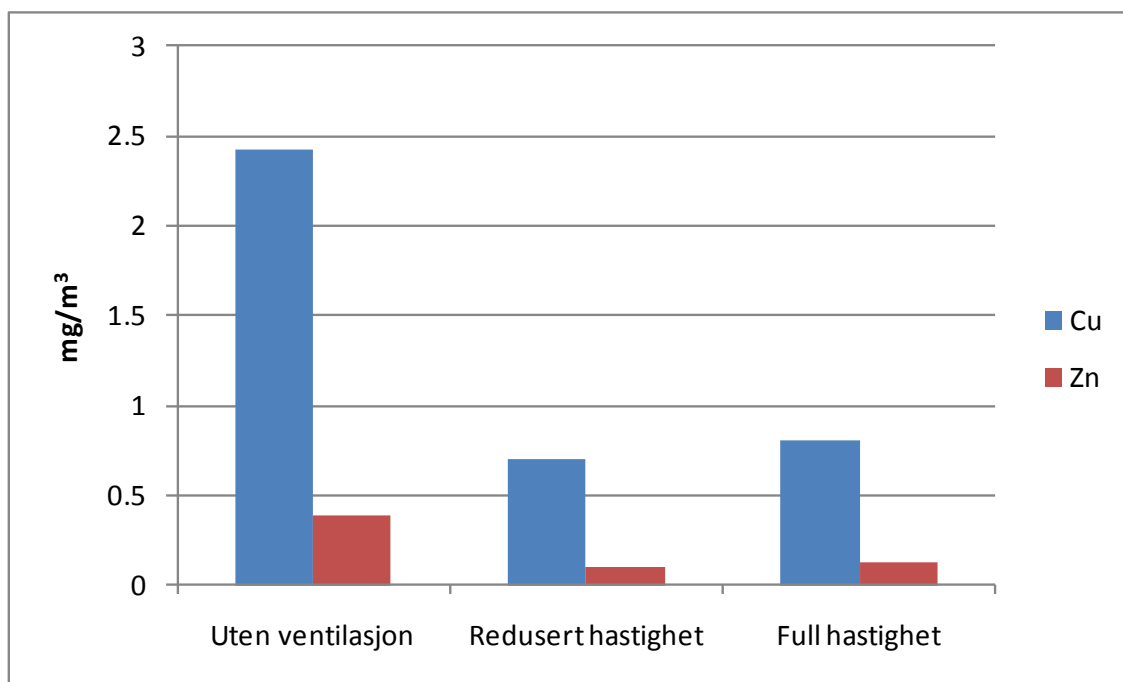
Konsentrasjoner av kobber (Cu) og sink (Zn) i luften, ble redusert med en faktor på opp til 10 når ventilasjonssystemet var satt på (Figur 3.5). Det bør noteres at under prøvetakingen av skytter 1 ved full hastighet av ventilasjonssystemet, stoppet pumpen etter 3 minutter, noe som kan forklare en noe høyere konsentrasjon i denne prøven. Ellers reduseres konsentrasjonen av Cu med en faktor på 5 til 10. Forsøkene med høyvolumprøvetakeren verifiserer i stor grad disse resultatene (Figur 3.6). Veiing av svevestøvet indikerte at 0,2 mg ble deponert på filtrene når ventilasjonssystemet var avslått, mens vekten ikke var nøyaktig nok til å måle noe deponering av svevestøv på filtrene når ventilasjonen var på (Tabell 3.1). Resultatet indikerer imidlertid en nedgang i mengden svevestøv når ventilasjonen var satt på.

Filter	Vekt før (mg)	Vekt etter (mg)	Prøvetakingsvolum (l)
Skytter 1 uten ventilasjon	10,5	10,7	12
Skytter 2 uten ventilasjon	10,4	10,6	12
Skytter 1 full hastighet	10,4	10,4	6
Skytter 2 full hastighet	9,8	9,8	12
Skytter 1 halv hastighet	10,1	10,1	12
Skytter 1 halv hastighet	10,2	10,2	12

Tabell 3.1 Vekt av filtre før og etter skyting av 180 skudd, 90 skudd på hver skytter og prøvetakingsvolum.



Figur 3.5 Konsentrasjonen av kobber (Cu) og sink (Zn) i luft i 3 ulike skyteperioder prøvetatt ved filtre montert på skulder til skyterne. Skyteperiode 1 er gjennomført med ventilasjonssystem av, skyteperiode 2 med ventilasjon på full hastighet, skyteperiode 3 med ventilasjon på redusert hastighet. Hver skyteperiode varte i ca. 4 minutter og det ble skutt 180 skudd.



Figur 3.6 Konsentrasjonen av kobber (Cu) og sink (Zn) i luft i 3 ulike skyteperioder prøvetatt med høyvolumprøvetaker. Skyteperiode 1 er gjennomført med ventilasjonssystem av, skyteperiode 2 med ventilasjon på full hastighet, skyteperiode 3 med ventilasjon på redusert hastighet. Hver skyteperiode varte i ca. 4 minutter og det ble skutt 180 skudd.

## 4 Diskusjon og konklusjon

Resultatene viser at ventilasjonssystemet har god effekt på luftkvaliteten på standplass, ved liggende skyting, både for gasser og svevestøv/metaller. Reduksjonen av gasser, kobber og sink er større enn ved å bruke annen ammunisjon som for eksempel NM229 med Wimmis krutt og SS109, eller andre typer våpen. Selv om reduksjonen er betydelig med ventilasjonssystem på, vil nivåene av gasser, metaller, og svevestøv kunne overskride administrative normer for arbeidsatmosfære. Det vises spesielt til resultatet for CO (Figur 3.1 og 3.2), hvor CO er redusert til 30-50 ppm, mens administrativ norm er 25 ppm. Videre er nivåene av kobber redusert til rundt  $0,5 \text{ mg/m}^3$ , mens administrativ norm er  $0,1 \text{ mg/m}^3$ .

Resultatene tyder på at det er samsvar mellom reduksjon av CO konsentrasjon og reduksjon av andre gasser, svevestøv og partikler.



## 5 Referanser

Strømseng A.E., Voie Ø.A., Johnsen A, Bergsrud S.M., Parmer M.P., Røen B.T., Ljønes M., Johannessen T.C., and Longva K.S., "Helseplager i forbindelse med bruk av HK416 - vurdering av årsak og helserisiko". FFI-rapport 2009/00820, 2009.