



---

# FFI-RAPPORT

---

16/01448

## Testing av ventilasjonssystem på diverse overbygde standplasser

—  
Øyvind Voie  
Ida Vaa Johnsen  
Arnt Johnsen  
Marita Ljønes



# Testing av ventilasjonssystem på diverse overbygde standplasser

Øyvind Voie  
Ida Vaa Johnsen  
Arnt Johnsen  
Marita Ljønes

---

## **Emneord**

Utslipp

Ventilasjon

Helseskadelige stoffer

Håndvåpen

Ammunisjon

## **FFI-rapport**

FFI-RAPPORT 16/01448

## **Prosjektnummer**

1329

## **ISBN**

P: 978-82-464-2784-3

E: 978-82-464-2785-0

## **Godkjent av**

Øyvind Voie, *forskningsleder*

Janet Blatny, *avdelingsjef*

---

---

## Sammendrag

Som en del av tiltakene mot eksponering for avgasser har Forsvaret besluttet å installere ventilasjonssystem på overbygde standplasser. FFI har i denne anledning fått i oppdrag fra forsvarsbygg å teste flere ferdige installasjoner av systemet på Rena, Terningmoen, Råvatn, Frigården og Sessvollmoen. Disse standplasshusene representerer tre ulike kategorier av standplasshus; "åpne standplasshus", "lukkede standplasshus" og "standplasshus med støyskjerming".

For å se på forbedringer i konsentrasjon av avgasser ble karbonmonoksid (CO) benyttet som indikator. CO ble målt ved hjelp av detektorer montert på skulderen til et varierende antall skyttere. Ved to baner (Frigården og Råvatn) ble også metallstøv i pustesonen samlet og analysert. Svevestøv ble samlet ved hjelp av partikkelfiltre med en luftstrøm gjennom filteret på 2 l/min. Filtrene ble oppsluttet (mikrobølgeoppslutning, UltraWave) og analysert for metaller (ICP-MS) på laboratoriet. Skytterne skjøt flere serier å 60-100 skudd med ulik konfigurering av ventilasjonssystemet. Alle skjøt med HK416. Ventilasjonssystemet er på alle banene (bortsett fra Frigården og Råvatn) en mekanisk installasjon, hvor tilluftsiden består av tilluftsvifte, hastighetsregulator, og kanalnett med tilhørende tilluftsenheter. På avtrekksiden er det ingen mekaniske komponenter idet luften strømmer ut i det fri gjennom skyteåpningen i forkant av standplassbygget.

På de "åpne standplasshusene" ble det observert en varierende effekt av ventilasjonssystemet, både ingen effekt (Rena bane 3) og god effekt (Sessvollmoen bane 15). På bane 3 på Rena var det installert en sideventilasjon som hadde som hensikt å redusere avgassene som har en tendens til å akkumulere i denne sonen. Det så ikke ut til at dette var tilfellet. Konsentrasjonen var i utgangspunktet lav på "åpne standplasshus" på grunn av naturlig ventilasjon. Sessvollmoen bane 17 er et "lukket standplasshus", her var det moderat effekt på CO konsentrasjon av ventilasjonssystemet. FFI anbefaler at ventilasjon bør installeres på standplasshus som er "lukket" og "åpne", der "lukkede standplasshus" bør prioriteres.

Standplasshuset på Råvatn og Frigården skytebane er utrustet med støyskjermer. Standplasshusene har en utforming som gjør at avgasskonsentrasjoner akkumulerer rundt skytter. Prinsippet for ventilasjonsanlegget på Frigården skytebane var basert på to tilluftsenheter. En montert bak skytterne og en tillufts-enhet som skal drive avgassene fra tilbygget og videre ut i det fri. Det ble imidlertid ikke observert noen effekt av ventilasjonssystemet. Det første ventilasjonssystemet som ble installert på Råvatn hadde dårlig effekt og reduserte ikke kruttgasskonsentrasjonen i tilstrekkelig grad. En ny ventilasjonsløsning ble senere installert basert på en tillufts-enhet og to avtrekksenheter. Det ble imidlertid ikke observert noen effekt av det nye ventilasjonssystemet. Det anbefales at det arbeides videre med løsninger på ventilering av standplasshus med støyskjerming, inkludert endringer i konstruksjonen av standplasshuset.

---

---

## Summary

As a part of the measures to prevent exposure to fumes the Norwegian Defence has decided to install ventilation systems on covered firing points. The Defence Estate has commissioned FFI to test several finished installations of the system at Rena, Terningmoen, Råvatn, Frigården and Sessvollmoen. These represent three different categories of covered firing points; “open point of firing”, “closed point of firing” and “point of firing with noise-deflected walls”.

To look at improvement in fume concentration, carbon monoxide (CO) was used as an indicator. CO was measured using detectors mounted on the shoulder on a varying number of gunners. At two ranges (Frigården and Råvatn) metal dust in the gunners breathing zone was also analyzed. Particulate matter was collected using a particle with an airflow of 2 l/min through the filter. The filters were microwave digested (UltraWave) and analyzed for metals (ICP-MS) at the laboratory. The gunners fired several series of 69-100 shots using different configurations of the ventilation system. All tests were performed with HK416.

On “open point of firing”-ranges the ventilation systems had variable effect, both no effect (Rena, lane 3) and good effect (Sessvollmoen, lane 15). Side ventilation was installed on Rena, lane 3, which intended to reduce the fumes that have a tendency to accumulate in this zone. The side ventilation did not seem to reduce the concentration of fumes significantly in this zone. The fume concentration was initially low on the “open points of firing” due to natural ventilation. At the “closed point of firing”-lane 17 at Sessvollmoen, the ventilation system had a moderate effect on the reduction of the CO concentration. FFI recommends that ventilation systems are installed on all covered firing points that are “closed” and “open”, prioritizing “closed” lanes.

Covered firing points on Råvatn and Frigården is equipped with noise barriers. The covered firing points with noise cancelling have a layout that makes the fumes accumulate around the gunner. The ventilation system on Frigården is based on two diffuser units. One behind the shooters that blows the gun smoke ahead of the shooters, and one that blows the fumes through the noise-cancelling addition in front and out in the open. The first ventilation system that was installed on Råvatn did not have an effect, and did not reduce the fume concentration around the shooter adequately. A new ventilation system was later installed on Råvatn, this was based on a diffuser unit behind the shooter that is to blow the fumes ahead of the shooter, and two vent units in front to remove the fumes from the addition. No effect was observed from the new ventilation system. It is recommended that new solutions are developed for these kinds of covered firing points with noise cancelling, including reconstruction of the covered firing points.

---

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Formål	7
<b>2 Teori</b>	<b>8</b>
2.1 Ventilasjonssystem	8
<b>3 Materialer og metoder</b>	<b>12</b>
3.1 Studiedesign	12
3.1.1 Rena	12
3.1.2 Sessvollmoen	12
3.1.3 Terningmoen	14
3.1.4 Råvatn	16
3.1.5 Frigården	16
3.2 Måling av CO og metaller i svevestøv	17
<b>4 Resultater og diskusjon</b>	<b>17</b>
4.1 Åpent standplasshus	17
4.1.1 Rena 29.05.12, Bane 3.	17
4.1.2 Sessvollmoen 14.06.12, Bane 15.	19
4.1.3 Terningmoen 14.06.12, Bane 3 og 6.	21
4.2 Lukket standplasshus	24
4.2.1 Sessvollmoen 31.05.12, Bane 17.	24
4.3 Standplasshus med støyskjerming	26
4.3.1 Råvatn 12.09.12.	26
4.3.2 Råvatn, etter utbedring av ventilasjonsanlegg	29
4.3.3 Frigården 12.11.13	30
<b>5 Konklusjon</b>	<b>34</b>
<b>Referanser</b>	<b>36</b>





---

---

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Som en del av tiltakene mot eksponering for avgasser har Forsvaret besluttet å installere ventilasjonssystem på overbygde standplasser. Standplasshus kan ha liten utskiftning av luft, slik at gasser og partikler fra våpen og ammunisjon raskt kan oppkonsentreres til nivåer som kan gi helseplager (Strømseng et al. 2009; Voie et al. 2013). Forsvarsbygg har i den forbindelse fått i oppdrag å installere ventilasjonssystem på prioriterte standplasshus/overbygde standplasser.

Tidligere er det testet en prototyp av ventilasjonsanlegget hvor det ble benyttet to skyttere (Voie et al. 2011), samt en ferdig fullskala installasjon hvor det ble benyttet 6 skyttere (Voie et al., 2012). I denne fasen var det ønskelig å undersøke flere ferdige installasjoner av systemet på Rena, Terningmoen, Råvatn, Frigården og Sessvollmoen. Disse standplasshusene representerer tre ulike kategorier av standplasshus: Standplasshus som har bakvegg, sidevegg og tak, men som er åpne i front er omtalt som “åpne standplasshus”. Standplasshus som har bakvegg, sidevegg, tak og dører som kan åpnes i front er omtalt som “lukkede standplasshus”. Standplasshus som har bakvegg, sidevegger, tak og støyskjermende vegger og tak i front er omtalt som “standplasshus med støyskjerming”. Støyskjerming innebærer at det er tak og lydisolerte vegger 5-6 meter foran standplass. Støyskjermingen kan gjøre det utfordrende å installere ventilasjonssystemer på disse banene, da slike baner på grunn av sin utforming har svært dårlig naturlig ventilasjon.

## 1.2 Formål

Formålet med denne studien var å undersøke om det var en forbedring av luftkvalitet rundt skytteren ved bruk av ventilasjonsanlegg på overbygde standplasser på Rena, Terningmoen, Sessvollmoen, Råvatn, og Frigården. Banen på Råvatn ble testet to ganger da ventilasjonsanlegget ble utbedret vinteren 2013.

Studien er utført på oppdrag av Forsvarsbygg, som også har gitt GK oppdraget med å installere ventilasjonsanleggene. Bane 3 på Rena hadde installert en sideventilasjon. Et av formålene med studien var å teste effekten av denne sideventilasjonen på avgasskonsentrasjoner nær enden på standplasshuset da tidligere studier har vist en akkumulering av avgasser i dette området.

---

## 2 Teori

### 2.1 Ventilasjonssystem

Ventilasjonssystemet er på alle banene en mekanisk installasjon, hvor tilluftsiden består av tilluftsvifte, hastighetsregulator, og kanalnett med tilhørende tilluftsenheter. På avtrekksiden er det ingen mekaniske komponenter idet luften strømmer ut i det fri gjennom skyteåpningen i forkant av standplassbygget.

Banen på Råvatn fikk forbedret ventilasjonsanlegget; på avtrekksiden ble det installert to enheter i tilbygget foran standplass, en ved gulvet og en i taket som har til hensikt å trekke avgassene ut av tilbygget. Det ble derfor utført to tester på Råvatn, en før og en etter forbedringene (Figur 2.1 og Figur 2.2).



*Figur 2.1 Råvatn skytebane. Bilde tatt fra standplass i standplasshus mot mållarrangement, bildet er tatt før ventilasjonsanlegget ble forbedret (Foto: FFI).*



*Figur 2.2 Ventilasjonssystem i et standplasshus med støyskjerming på Råvatn, Øverbygd. Bildet ble tatt etter at ventilasjonsanlegget ble forbedret. Testing ble utført med røykdykkerutstyr (Foto: FFI).*

Sideventilasjon ble forsøkt installert på bane 3 på Rena (Figur 2.3), da det tidligere ble vist at avgasser har akkumulert ved endevegg (Voie et al. 2012).



*Figur 2.3 Ventilasjonssystem med sideventilasjon montert på overbygd standplass på skytebane 3 på Rena (Foto: FFI).*

På Frigården ble det gjort et forsøk med en tillufts-enhet bak skytterne og en like foran portåpningen som har som hensikt å drive røyk og gasser videre ut i det fri. Samt å hindre turbulens fra luftstrøm bak skytter (Figur 2.4). Viften kan reguleres med en 5 trinns trafo og går fra av til trinn 5 hvor trinn 5 er full luftmengde av hva viften klarer å gi. For halv luftmengde, kan man sette bryter på trinn 3.



*Figur 2.4 Ventilasjonssystem på støyskjermet overbygd standplass på Frigården, Stjørdal  
(Foto: GK Norge AS).*

---

---

## 3 Materialer og metoder

### 3.1 Studiedesign

Studiedesignet varierte noe mellom de ulike banene og er beskrevet i kapittel 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 og 3.1.5. Type bane, ammunisjon, antall skyttere og skudd på de forskjellige banene er gjengitt i Tabell 3.1. Ved alle testene var det HK416 som ble benyttet.

Tabell 3.1 Type bane, ammunisjon, antall skyttere og antall skudd per serie benyttet i de studiene på hver enkelt bane.

	Type standplasshus	Ammunisjon	Antall skyttere	Antall skudd per. serie
<b>Rena, bane 3</b>	Åpent	SS109	2	90
<b>Sessvollmoen, bane 17</b>	Lukket	NM255	3	90 (70)
<b>Sessvollmoen, bane 15</b>	Åpent	NM255	3	90
<b>Terningmoen, bane 6</b>	Åpent	NM255	3	90
<b>Terningmoen, bane 3</b>	Åpent	NM255	3	90 (45-60)
<b>Råvatn</b>	Støyskjerming	NM255	4	90 (100)
<b>Frigården</b>	Støyskjerming	NM255	4	60

#### 3.1.1 Rena

På bane 3 på Rena ble anlegget testet med to skyttere. Skytterne benyttet blyholdig ammunisjon (SS109). Bane 3 på Rena er åpen i forkant (Figur 2.3) og tidligere målinger har vist relativt lave konsentrasjoner på denne banen under skyting sammenliknet med bane 4 på Rena hvor man skyter ut gjennom dører (Voie et al. 2012).

- 1) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem av
- 2) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem på
- 3) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem på, sideventilasjon på

#### 3.1.2 Sessvollmoen

På Sessvollmoen ble effekten av ventilasjonsanlegget på to baner, bane 17 og 15, testet. Det ble på begge banene benyttet 3 skyttere. Det ble skutt med blyfri ammunisjon (NM255). Bane 17 (Figur 3.1) på Sessvollmoen ligner på bane 4 på Rena, hvor man skyter ut gjennom dører. På bane 15 er det et overbygd standplasshus (Figur 3.2).

---

Bane 17:

- 1) 2 serier 90 skudd, ventilasjonssystem av
- 2) 1 serie 90 skudd, ventilasjonssystem på
- 3) 1 serie 70 skudd, ventilasjonssystem på

Bane 15:

- 1) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem av
- 2) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem på



*Figur 3.1 Liggende skyting på Sessvollmoen bane 17 (Foto: FFI).*



*Figur 3.2 Overbygd standplass på Sessvollmoen bane 15 (Foto: FFI).*

### **3.1.3 Terningmoen**

På Terningmoen ble effekten av ventilasjonsanlegget på to baner, bane 3 (Figur 3.3) og 6 (Figur 3.4), testet. Det ble ved begge banene benyttet tre skyttere.

- 1) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem av
- 2) 2 serier 90 skudd, ventilasjonssystem på
- 3) 1 serie 45-60 skudd, ventilasjonssystem på (kun på bane 3)





*Figur 3.3 Liggende skyting på bane 3 på Terningmoen (Foto: FFI).*



*Figur 3.4 Liggende skyting på overbygd standplass bane 6, Terningmoen (Foto: FFI).*

---

---

### 3.1.4 Råvatn

På Råvatn skytebane ble det utført to testskytinger. Den første ble utført før det ble utført forbedringer på ventilasjonen. Den andre testen ble utført etter at endringer hadde blitt utført på ventilasjonsanlegget for å forsøke å forbedre luften rundt skytter.

På den første målingen ble det benyttet 4 skyttere som i alt skjøt 6 serier med forskjellige innstillinger på ventilasjonssystemet.

- 1) 3 serier 90 skudd, ventilasjonssystem av
- 2) 2 serier 90 skudd, ventilasjonssystem på
- 3) 1 serie 100 skudd, ventilasjonssystem på

På den andre målingen ble fire skyttere utrustet med måleutstyr for CO og en skytter fikk påmontert filter og pumpe for prøvetaking av metaller i pustesonen. Skytterne lå plassert på bane 1 til 4 og det var vegger (en av dem provisorisk) på begge sider av banene. Hver av de fire skytterne skjøt 8 serier av 60 skudd. For hver serie ble det gjort innstillinger på ventilasjonssystemet (se punkt 1-8 under). For å beskytte testdeltakerne mot helseplager ble alle utstyrt med røykdykkerutstyr.

- 1) 1 serie 60 skudd, innblåsing på, avtrekk nede og avtrekk over på
- 2) 1 serie 60 skudd, innblåsing på, avtrekk nede på, avtrekk over av
- 3) 1 serie 60 skudd, innblåsing på, avtrekk nede av, avtrekk over på
- 4) 1 serie 60 skudd, innblåsing av, avtrekk nede og avtrekk over på
- 5) 1 serie 60 skudd, innblåsing av, avtrekk nede av, avtrekk over på
- 6) 1 serie 60 skudd, innblåsing av, avtrekk nede på, avtrekk over av
- 7) 1 serie 60 skudd, kun innblåsing på
- 8) 1 serie 60 skudd, innblåsing av, avtrekk av

### 3.1.5 Frigården

Fire skyttere og en skyteleder ble utrustet med måleutstyr for CO og tre av skytterne fikk påmontert filtre og pumper for prøvetaking av metaller i pustesonen. Skytterne lå plassert på bane 1 til 4 og det var vegger (en av dem provisorisk) på begge sider av banene. Skyteleder var plassert i rommet bak skytterne. Hver av de fire skytterne skjøt 7 serier à 60 skudd. For hver serie ble det gjort innstillinger på ventilasjonssystemet (se punkt 1-6 under). For å beskytte deltakerne i testen mot helseplager ble alle utstyrt med røykdykkerutstyr. Det blåste en svak bris, som man fra tid til annen kunne kjenne slo inn i standplasshuset.

- 
- 
- 1) 1 serie 60 skudd, all ventilasjon av
  - 2) 1 serie 60 skudd, system 1 på fullt
  - 3) 1 serie 60 skudd, system 1 og 2 på halv
  - 4) 1 serie 60 skudd, system 1 på fullt og 2 på halv
  - 5) 1 serie 60 skudd, system 1 på halv og 2 på fullt
  - 6) 2 serier serie 60 skudd, system 1 og 2 på fullt

### **3.2 Måling av CO og metaller i svevestøv**

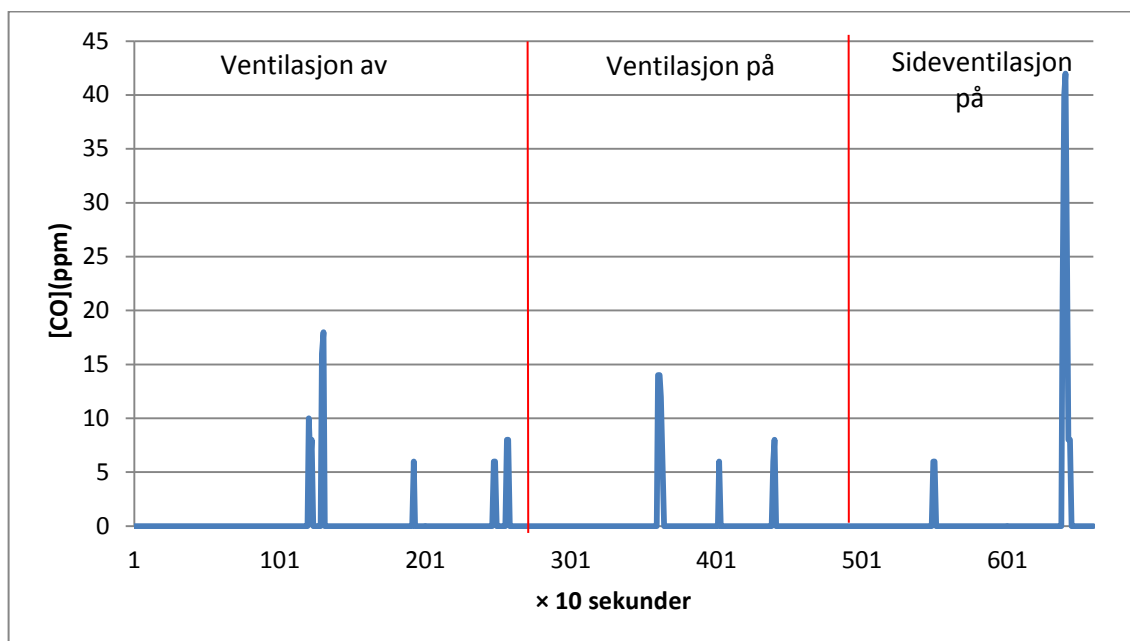
Der annet ikke er spesifisert, ble alle skyttere utstyrt med en gassdetektor fra Dräger (PAC7000) for måling av CO. På Frigården og siste testen på Råvatn ble også metaller i svevestøv målt i pustesone. Svevestøv ble samlet ved hjelp av partikkelfiltre fra Millipore av typen HTTP med porestørrelse på 0,4 µm. Filterkassetten ble montert på skulder til skytter. Filterkassetten var tilkoblet en luftpumpe med en kapasitet på 2 l i minuttet. Filtrene ble veid før og etter måling. Etter veiing ble metallene ekstrahert ved mikrobølgeoppslutning (UltraWave fra millipore) i konge vann (1:3, ultraren 30% HCl : ultraren 65% HNO<sub>3</sub>). Prøvene ble deretter fortynnet og en metallanalyse ble utført på ICP-MS (Thermo Xseries 2) Konsentrasjonen ble beregnet ut fra mengden deponert på filtrene i µg (mikrogram) og antall liter luft som passerte filtrene i løpet av de minuttene skyteserien varte.

## **4 Resultater og diskusjon**

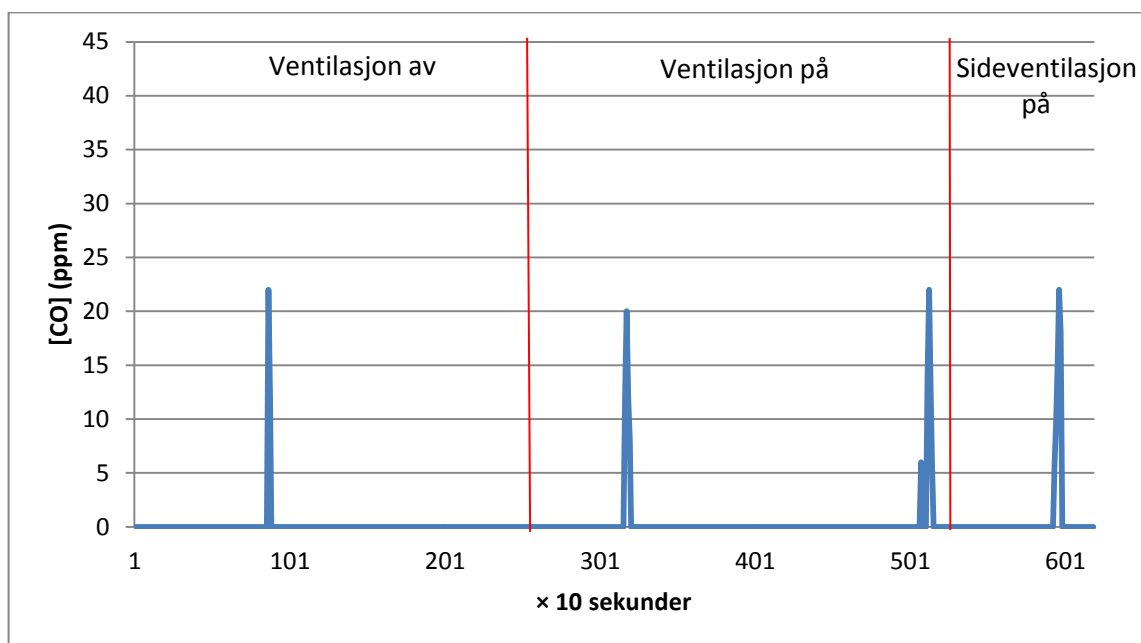
### **4.1 Åpent standplasshus**

#### **4.1.1 Rena 29.05.12, Bane 3.**

Målinger av CO på bane 3 på Rena viste som tidligere rapportert (Voie et al. 2012) at konsentrasjonene i utgangspunktet er lave. Det ble målt noen kortvarige topper som vitner om god utluftning. Det var ikke mulig å påpeke noen forskjell mellom målinger gjort med ventilasjon av og med ventilasjon på (Figur 4.1 og Figur 4.2). Den siste skyteserien ble utført med sideventilasjonen tilkoblet i tillegg til ventilasjonen bak skytter (Figur 2.3). Sideventilasjonen skal ha til hensikt å fjerne avgassen som har en tendens til å akkumulere ved sideveggen av standplasshuset. Ut fra resultatene fra denne testen så det ikke ut som om CO konsentrasjonen rundt skytter ble redusert med sideventilasjonen på.



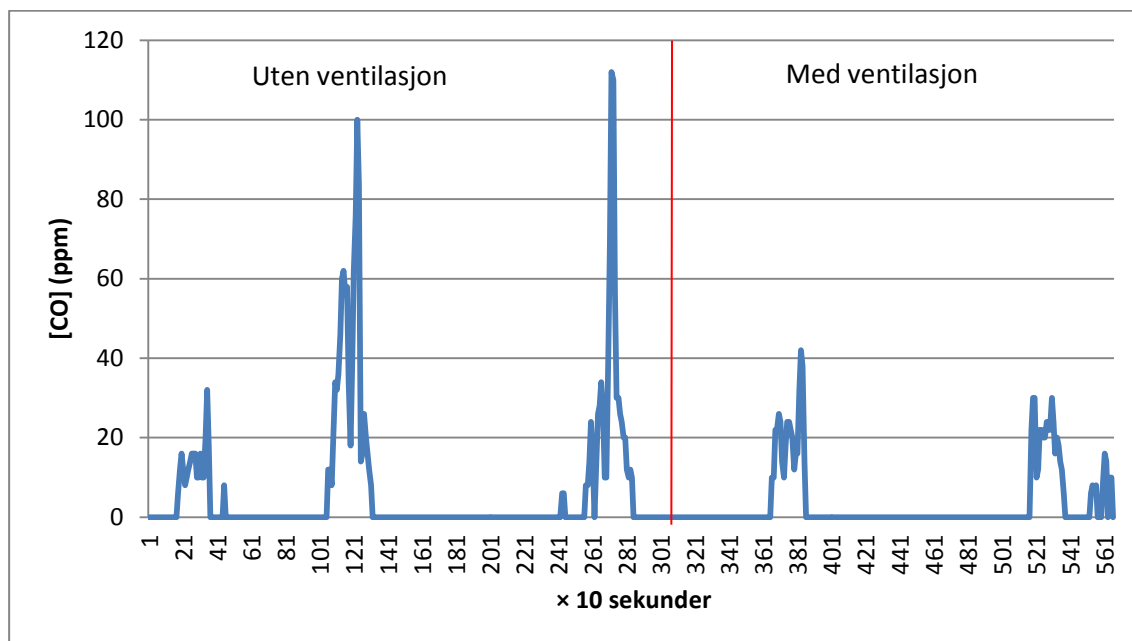
Figur 4.1 Konsentrasjon av CO målt i pustesonen til skytter nærmest sidevegg. Resultatene viser målinger ved 3 serier med 90 skudd med ventilasjon av, ventilasjon på og ventilasjon med sideventilasjon på.



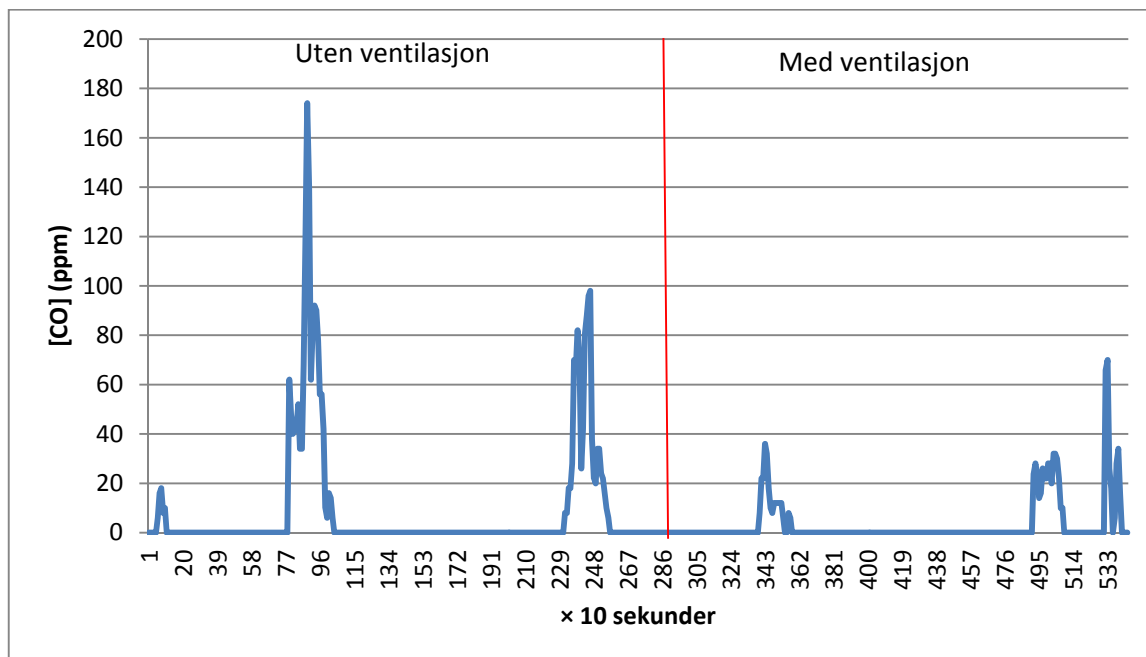
Figur 4.2 Konsentrasjon av CO målt i pustesonen til skytteren som ligger en bane fra sidevegg. Resultatene viser målinger ved 3 serier med 90 skudd med ventilasjon av, ventilasjon på og ventilasjon med sideventilasjon på.

#### 4.1.2 Sessvollmoen 14.06.12, Bane 15.

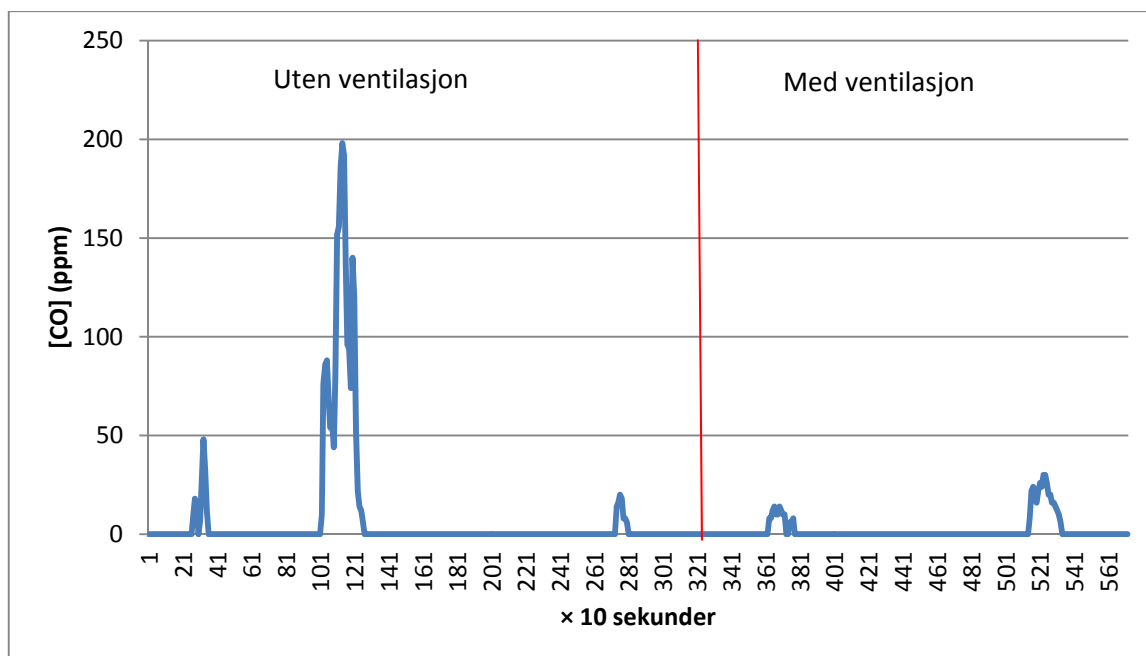
Resultatene fra bane 15 på Sessvollmoen, med i alt tre skyttere, viser at den naturlige ventilasjonen på standplass denne dagen var varierende. Trenden var likevel at ventilasjonssystemet reduserte konsentrasjonen av avgasser betraktelig på alle banene (Figur 4.3, Figur 4.4 og Figur 4.5).



Figur 4.3 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 15 på Sessvollmoen. Målingen viser skytter nærmest vegg.



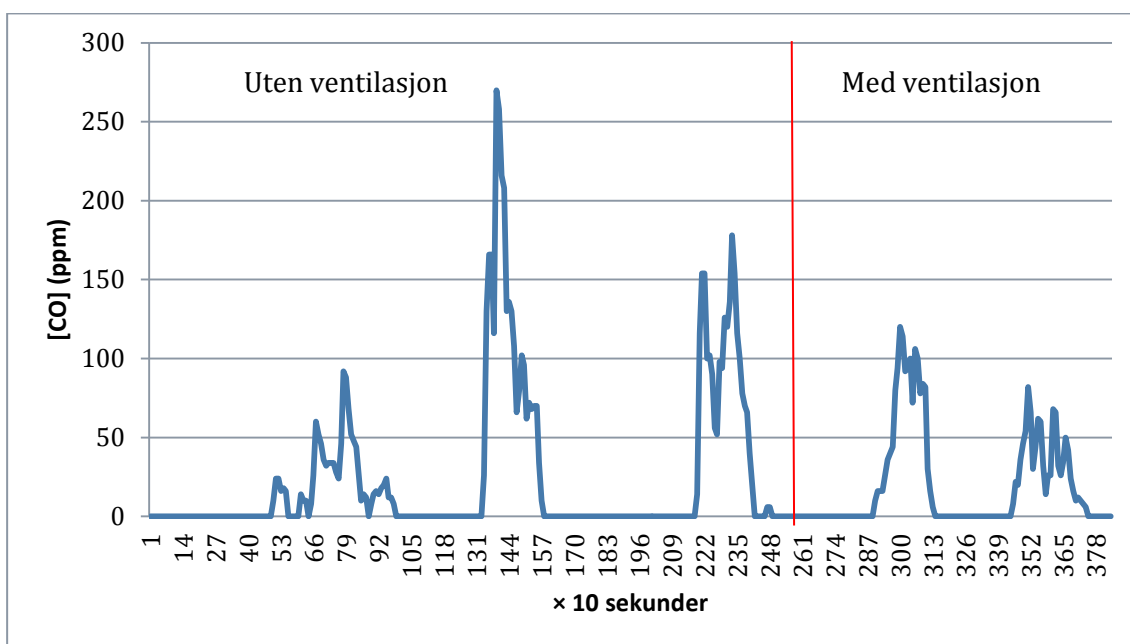
Figur 4.4 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 15 på Sessvollmoen. Målingen viser skytter i midten.



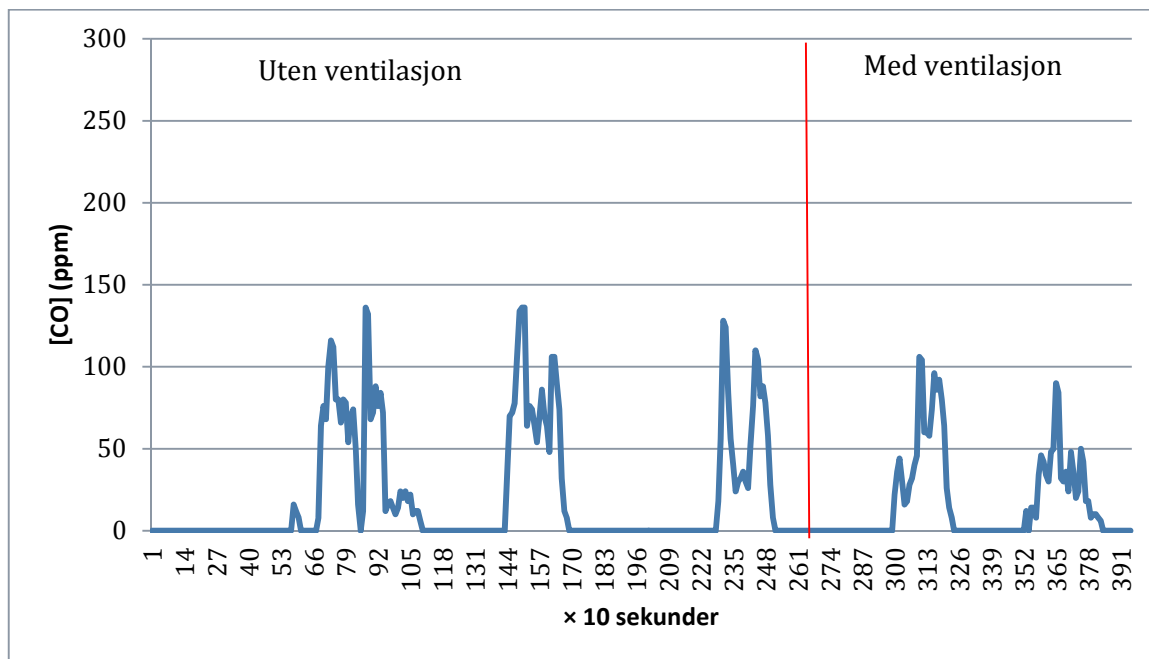
Figur 4.5 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 15 på Sessvollmoen. Målingen viser skytter lengst bort fra vegg.

### 4.1.3 Terningmoen 14.06.12, Bane 3 og 6.

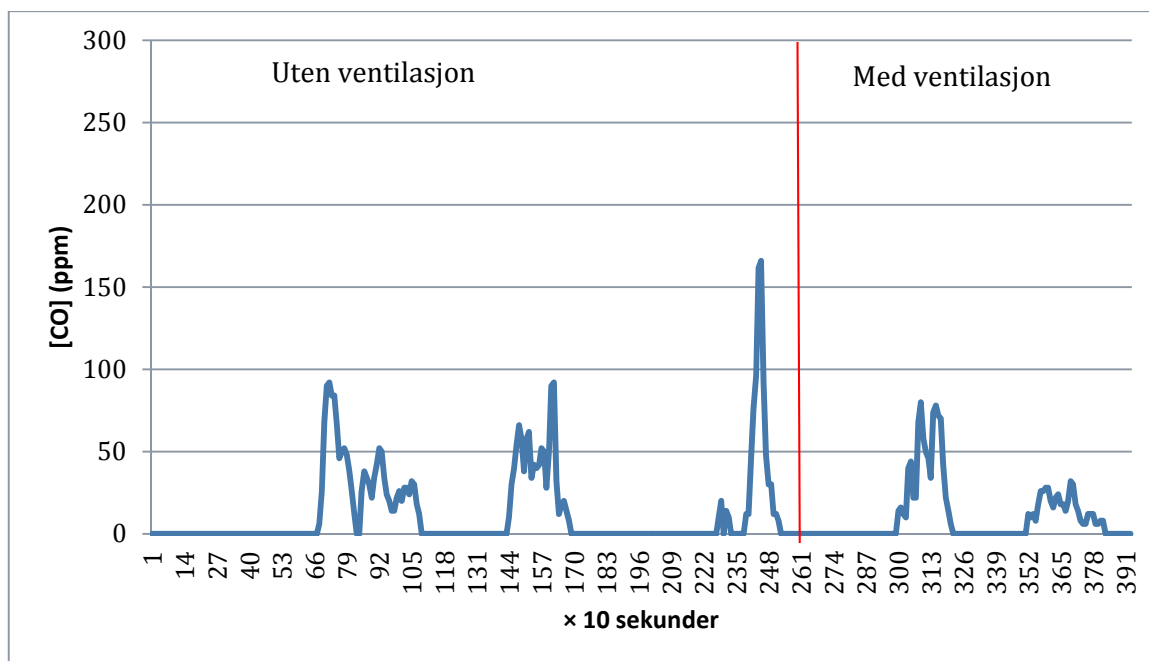
På Bane 6 viser resultatene at avgasskonsentrasjonen var høyest ved skytteren som lå nærmest vegg (Figur 4.6). Her var effekten av ventilasjonssystemet også best. Resultatene for øvrig viser en moderat effekt av ventilasjonen (Figur 4.7 og Figur 4.8). Forholdene på banen denne dagen var gunstige ettersom det var en del naturlig ventilasjon. På bane 3 var avgasskonsentrasjonene høyest for skytteren som lå nærmest vegg (Figur 4.9). Her ble det også målt en signifikant reduksjon i CO-konsentrasjon når ventilasjonssystemet var på. Avgasskonsentrasjonen rundt de andre skytterne var i utgangspunktet lav selv uten ventilasjon, men også her målt en reduksjon i avgasskonsentrasjonen med ventilasjonssystemet på (Figur 4.9, Figur 4.10 og Figur 4.11).



Figur 4.6 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 6 på Terningmoen. Målingen viser skytter nærmest vegg.

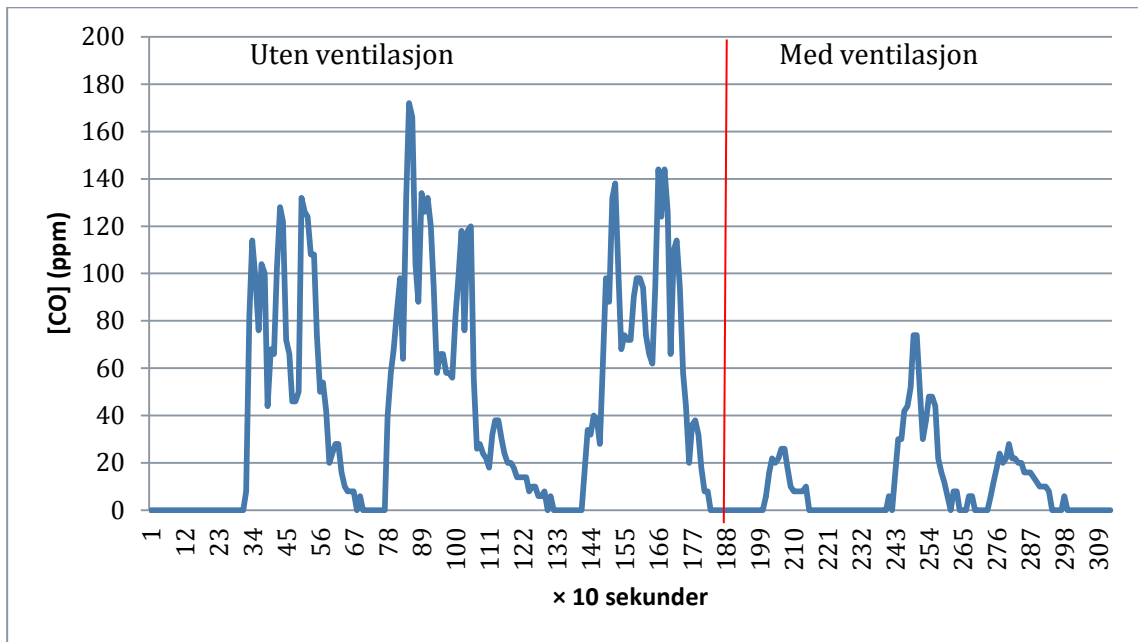


Figur 4.7 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 6 på Terningmoen. Målingen viser skytter i midten.

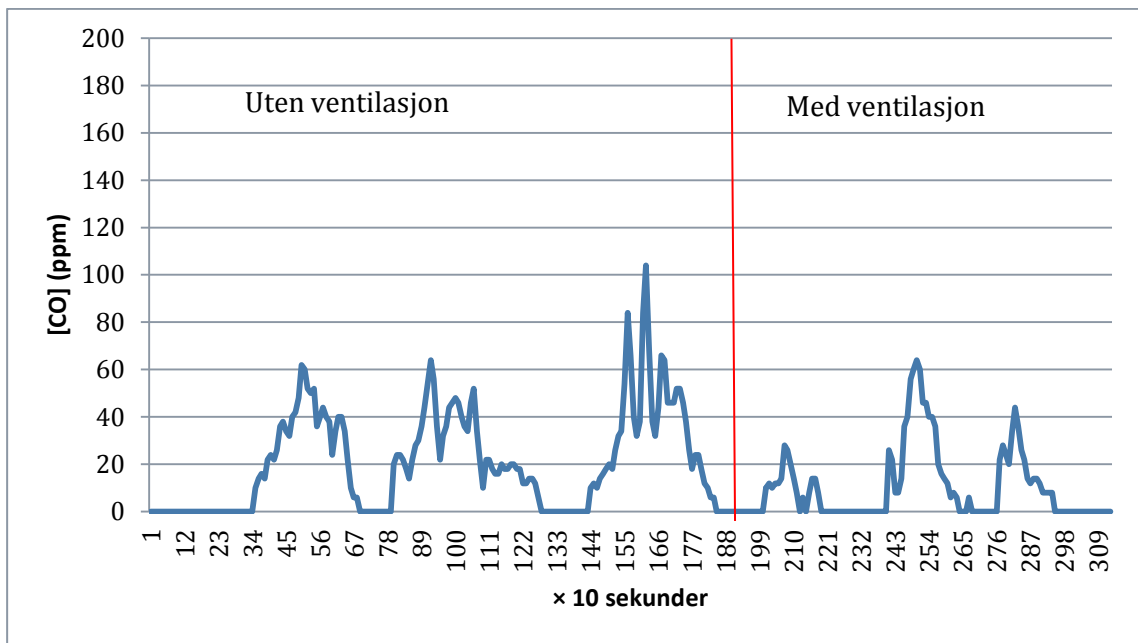


Figur 4.8 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 6 på Terningmoen. Målingen viser skytter lengst bort fra vegg.

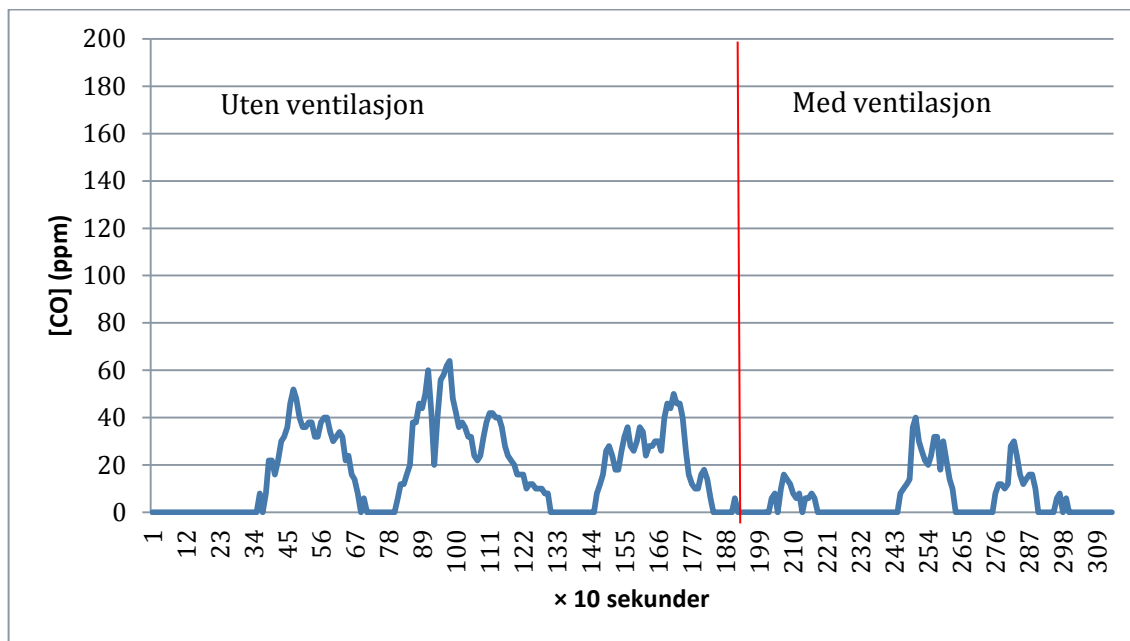




Figur 4.9 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 3 på Terningmoen. Målingen viser skytter nærmest vegg.



Figur 4.10 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 3 på Terningmoen. Målingen viser skytter i midten.

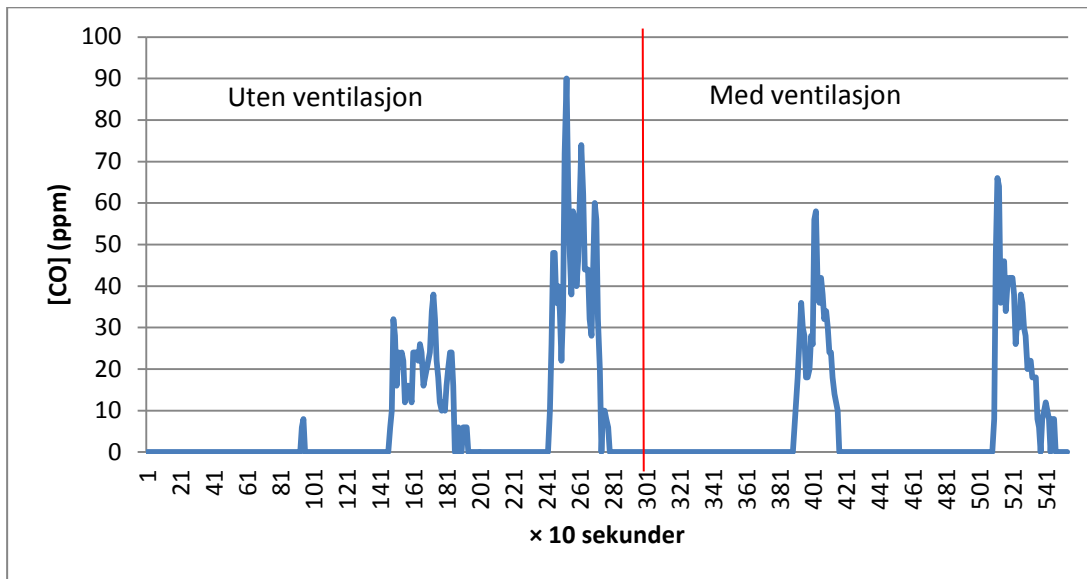


Figur 4.11 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytteren med og uten ventilasjon på bane 3 på Terningmoen. Målingen viser skytter lengst bort fra vegg.

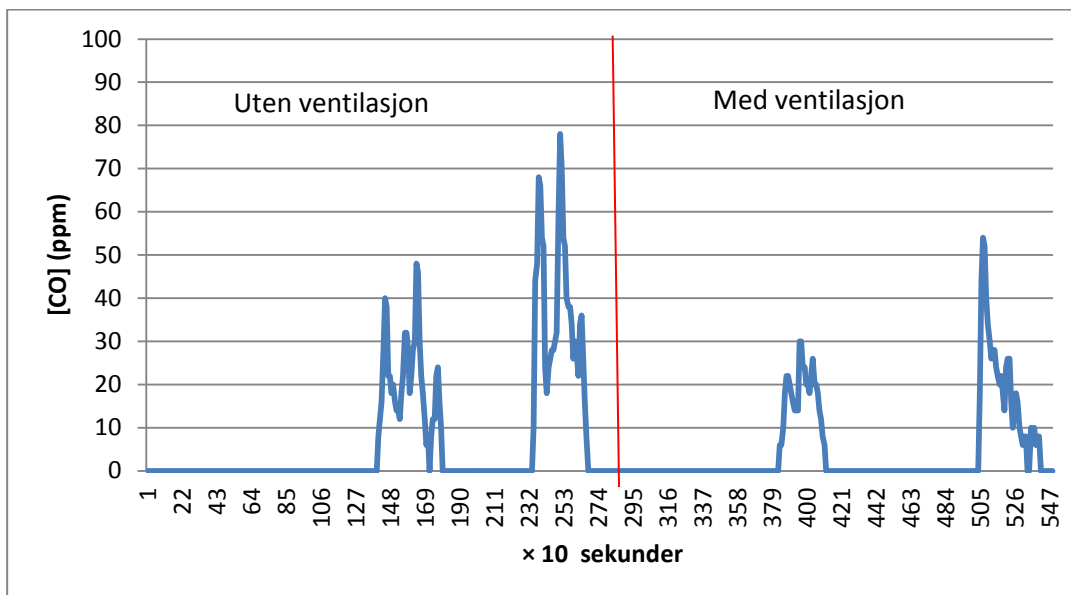
## 4.2 Lukket standplasshus

### 4.2.1 Sessvollmoen 31.05.12, Bane 17.

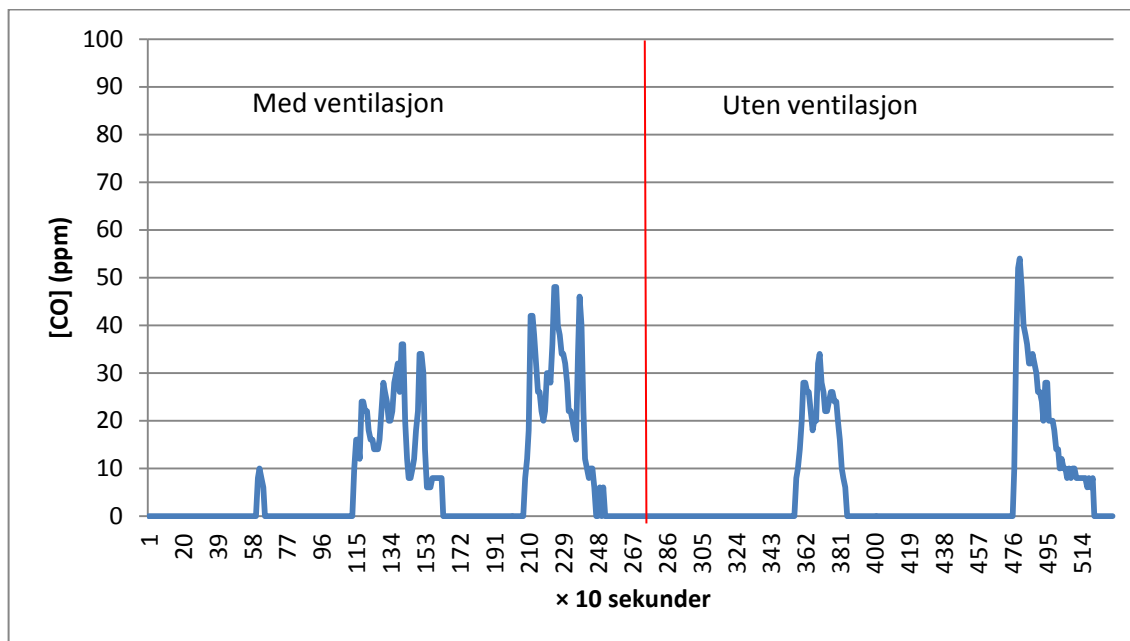
Resultatene fra bane 17 på Sessvollmoen (Figur 4.12, Figur 4.13 og Figur 4.14) viser at vind og værforhold var gunstige med hensyn til redusert avgasskonsentrasjon, ettersom en serie å 90 skudd ikke økte CO-konsentrasjonen til over 100 ppm, som er anbefalt grense for kortidseksposering (Arbeids- og sosialdepartementet, 2014). Den overbygde standplassen har samme utforming som bane 4 på Rena hvor det har blitt målt CO konsentrasjoner på over 300 ppm tidligere ved samme testprosedyre (Voie et al. 2011). Med ventilasjonen på ble det målt en moderat reduksjon i CO-konsentrasjonen i forhold til å ha ventilasjonen avskrudd (Figur 4.12, Figur 4.13 og Figur 4.14). ). Effekten av ventilasjonsanlegget på CO-konsentrasjon var mer beskjeden enn det som tidligere er rapportert på bane 4 på Rena. Dette kan forklares med at vindretningen i Øst-Sørøst retning har gitt god utluftning i utgangspunktet slik at avgassene ikke har hatt anledning til å akkumulere i standplasshuset. Når de tre banene sammenliknes hadde de noe ulike konsentrasjon av avgasser. Skytteren i Figur 4.12 lå nærmest en bane med stengt dør. Resultatene fra CO-målingene kan tyde på at det er dårligere utluftning på denne banen, enn baner som ligger ved siden av baner som har åpne dører.



Figur 4.12 Konsentrasjon av CO målt i pustesonen til skytteren som ligger i banen nærmest baner som er uten ventilasjon og har stengte dører. Resultatene viser målinger ved 2 serier á 90 skudd med ventilasjon av, og en serie á 90 skudd og en serie á 70 skudd med ventilasjon på. Målingene er tatt på bane 17 på Sessvollmoen.



Figur 4.13 Konsentrasjon av CO målt i pustesonen til skytteren som ligger i bane nr. 2 fra området uten ventilasjon. Resultatene viser målinger ved 2 serier á 90 skudd med ventilasjon av, og en serie á 90 skudd og en serie á 70 skudd med ventilasjon på. Målingene er tatt på bane 17 på Sessvollmoen.

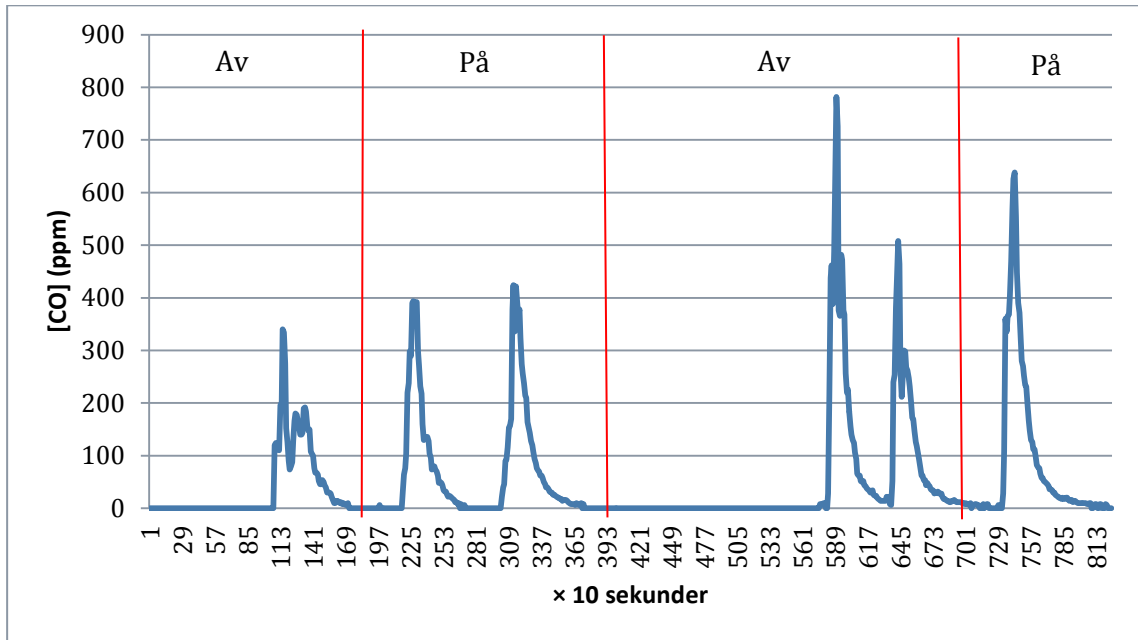


Figur 4.14 Konsentrasjon av CO målt i pustesonen til skytteren som ligger i bane nr. 3 fra området uten ventilasjon. Resultatene viser målinger ved 2 serier á 90 skudd med ventilasjon av, og en serie á 90 skudd og en serie á 70 skudd med ventilasjon på. Målingene er tatt på bane 17 på Sessvollmoen.

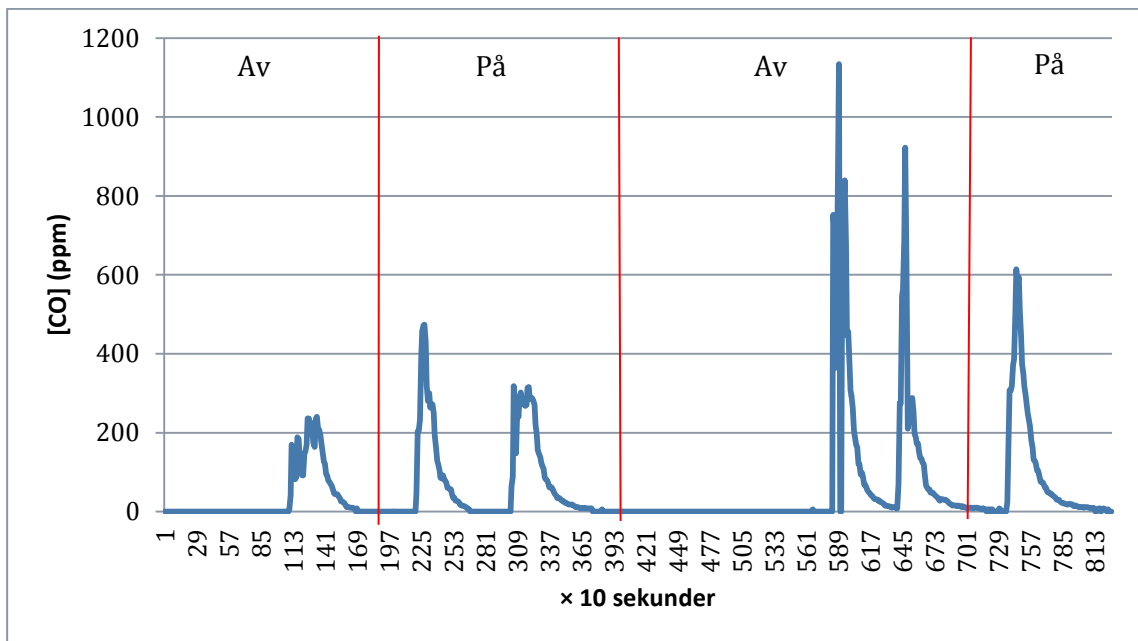
### 4.3 Standplasshus med støyskjerming

#### 4.3.1 Råvatn 12.09.12.

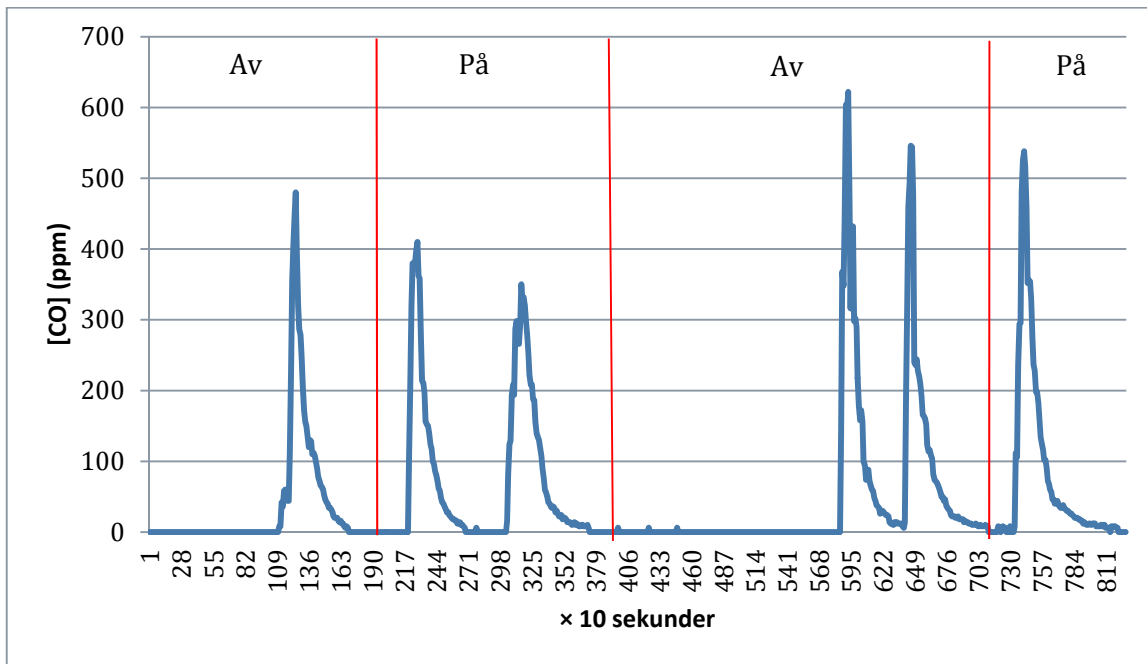
Resultatene fra Råvatn skytebane viser at konsentrasjonene av CO var særdeles høy i pustesonen hos skytterne (> 400 ppm hos alle skyttere)(Figur 4.15, Figur 4.16, Figur 4.17 og Figur 4.18), noe som kan forklares ut fra standplasshusets utforming. Standplasshuset er utrustet med støyskjermer i form av tak og vegger som går fem meter utenfor standplass (Figur 2.1). Dermed blir det dårlige forhold for naturlig ventilasjon. Det var ikke mulig å se noen forskjell på CO-konsentrasjon med og uten ventilasjonssystem. Ventilasjonssystemet var åpenbart ikke i stand til å blåse den forurensede luften helt ut av standplasshuset på grunn av den fem meter lange passasjen i fremkant. Passasjen er utformet med et skrånet tak slik at man skyter ut gjennom en trakt.



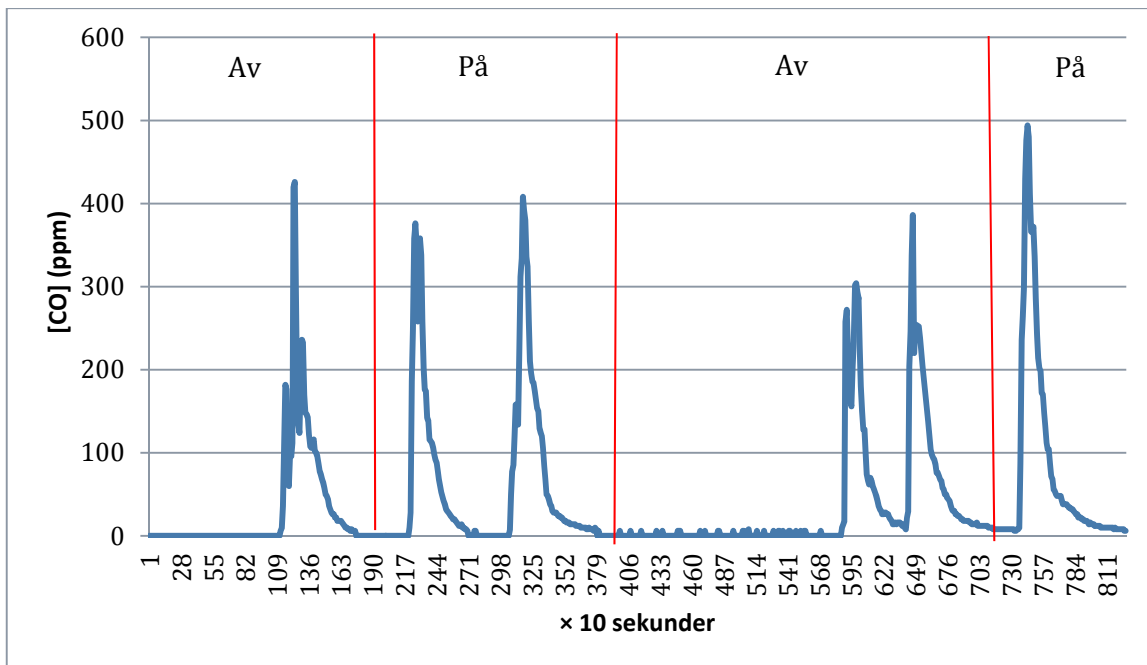
Figur 4.15 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 1 med og uten ventilasjon på Råvatn skytebane.



Figur 4.16 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 2 med og uten ventilasjon på Råvatn skytebane.



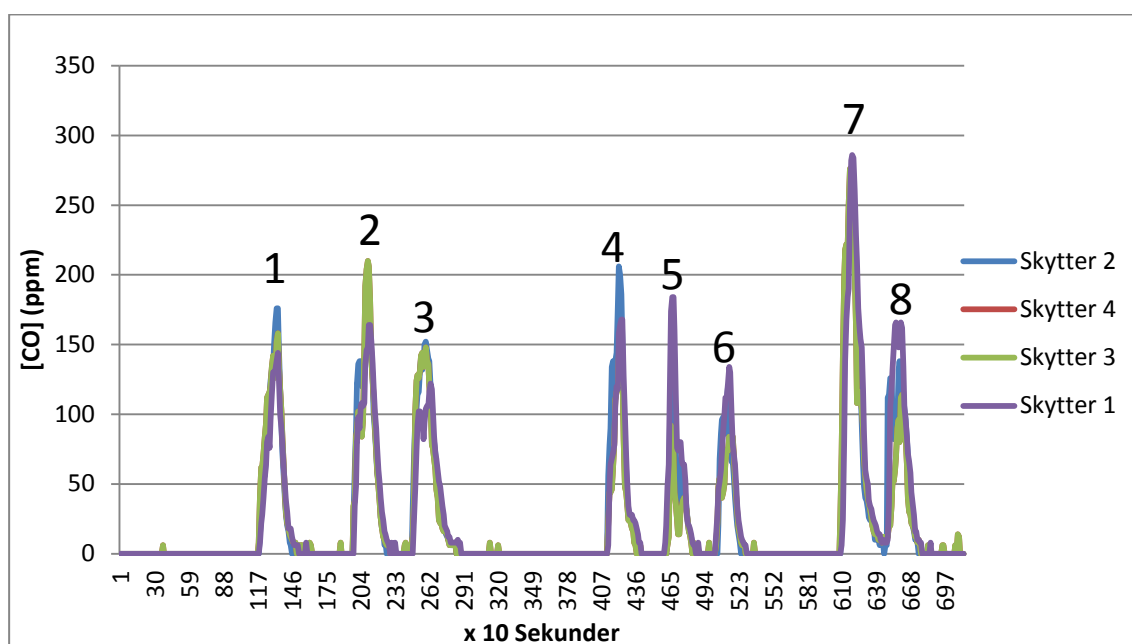
Figur 4.17 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 3 med og uten ventilasjon på Råvatn skytebane.



Figur 4.18 Målinger av konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 4 med og uten ventilasjon på Råvatn skytebane.

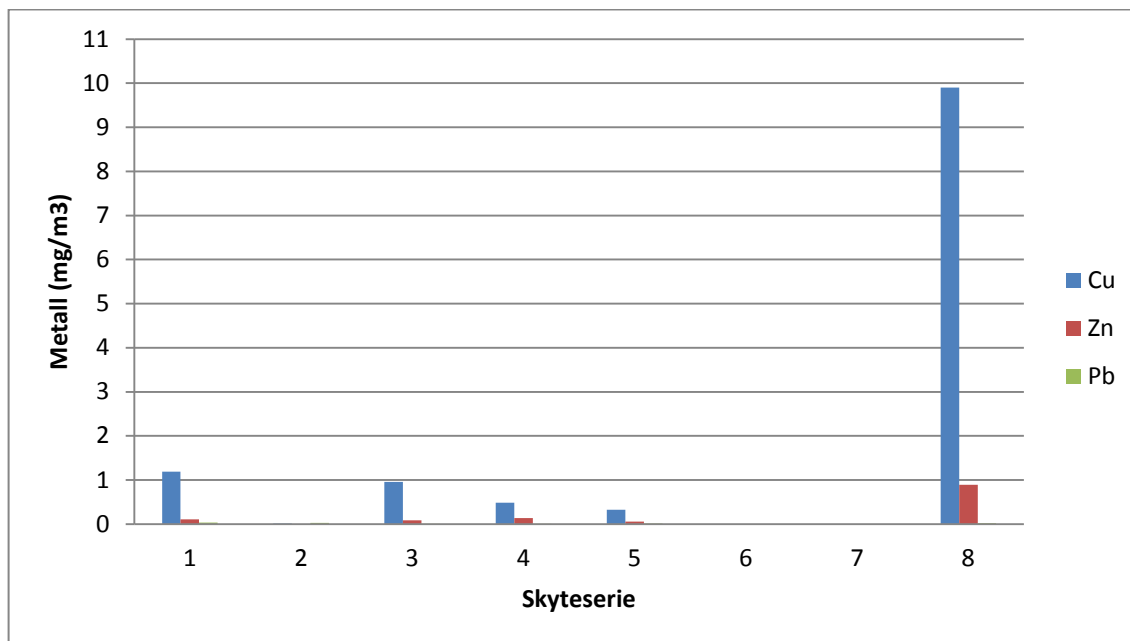
### 4.3.2 Råvatn, etter utbedring av ventilasjonsanlegg

CO-konsentrasjonene var relativt høye under skyting, men sank raskt når skytingen opphørte (Figur 4.19). Dette gjaldt også når ventilasjonssystemet var avslått. Ventilasjonssystemet så ikke ut til å ha noen effekt på CO-konsentrasjonen målt på standplass. Alle skyttere ble eksponert for liknende CO-konsentrasjoner i luften (Figur 4.19). Det var noe vind, noe som genererte en naturlig trekk gjennom skytehuset. Forholdene på skytebanen var derfor i utgangspunktet bedre og CO-konsentrasjonen var lavere enn ved forrige måling på denne banen (kapittel 264.3.1). Ut fra resultatene så det ut til at variasjoner i denne trekken kan ha betydning for konsentrasjonen av CO mellom de ulike skyteseriene. Se for eksempel forskjellen mellom serie 7 og 8 (Figur 4.19).



Figur 4.19 Konsentrasjon av CO på 4 skyttere gjennom 8 serier på 60 skudd per skytter. For hver av de 8 seriene ble ventilasjonssystemet konfigurert etter beskrivelsen i kapittel 3.1.4.

Målinger av metallkonsentrasjon i svevestøv i pustesonen til skytterne var noe forhøyet og det måltes en ekstrem verdi av kobber på skyteserie 8 i forhold til de andre (Figur 4.20). Den høye verdien var ikke forventet ut fra konsentrasjonen av CO i den samme serien. Fra tidligere studier har det blitt funnet en korrelasjon mellom konsentrasjon av CO og konsentrasjon av kobber under skyting med håndvåpen (Voie et al. 2014). Dermed kan det tyde på at den høye verdien i serie 8 representerer en analysefeil. Det gjøres oppmerksomt på at det ikke ble målt metaller i svevestøv under skyteserie 6 og 7.

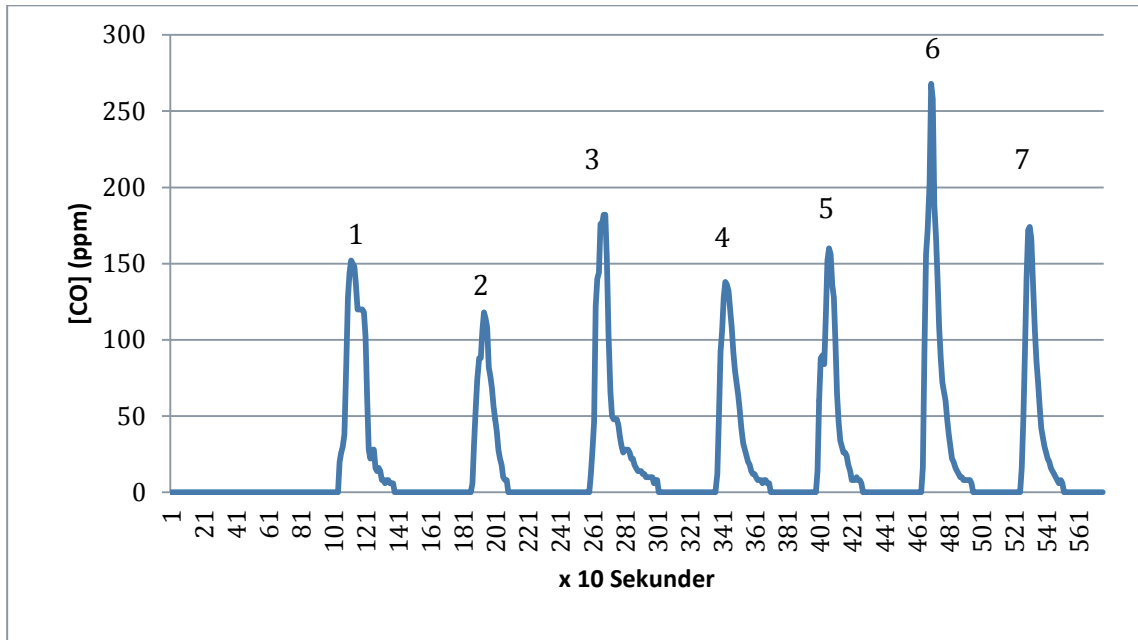


Figur 4.20 Konsentrasjon av kobber, sink og bly i pustesonen til skytter 1 under 8 skyteserier á 60 skudd på fire skyttere. Det ble ikke tatt målinger under skyteserie 6 og 7.

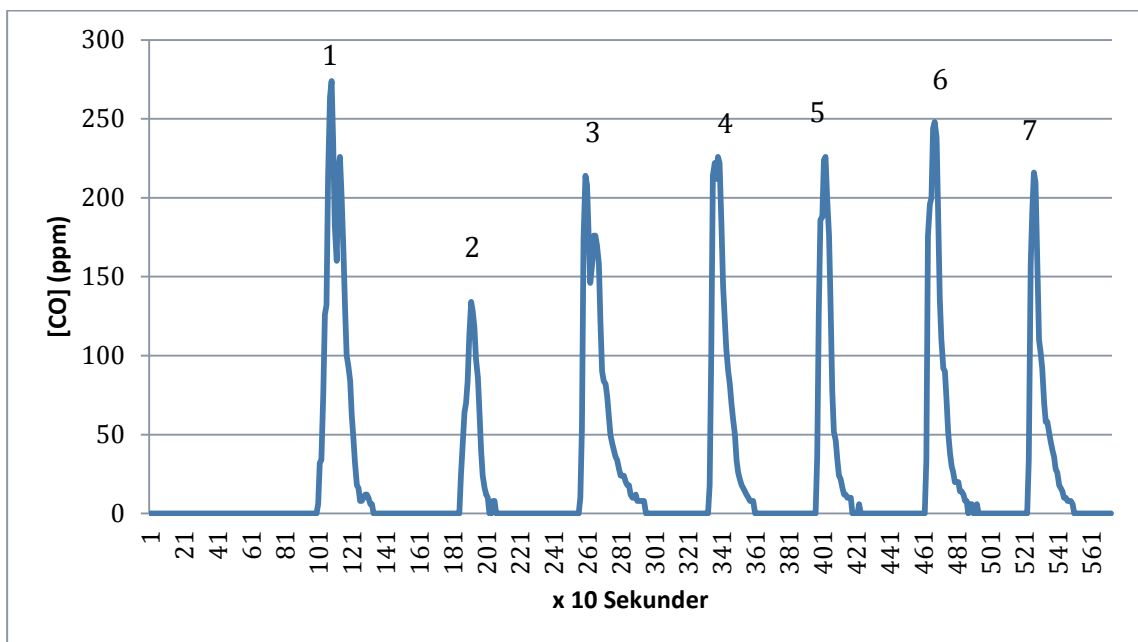
#### 4.3.3 Frigården 12.11.13

Målinger av CO ved hjelp av personbårne CO sensorer viste ingen effekt av ventilasjonssystemet på konsentrasjon av avgasser på standplass (Figur 4.21, Figur 4.22, Figur 4.23, Figur 4.24 og Figur 4.25). Alle skytterne og skyteleder ble eksponert for omtrent de samme CO-konsentrasjonene. Konsentrasjonen av CO var relativt høye under skyting (>100 ppm), men sank raskt når skytingen opphørte. Dette gjaldt også når ventilasjonssystemet var avslått. CO-konsentrasjonen rundt skytter 2 og 3, som lå i midten, viste en tendens til å være noe høyere med ventilasjonen avslått enn med ventilasjonen på. For de andre skytterne og skyteleder var ikke en slik tendens synlig.

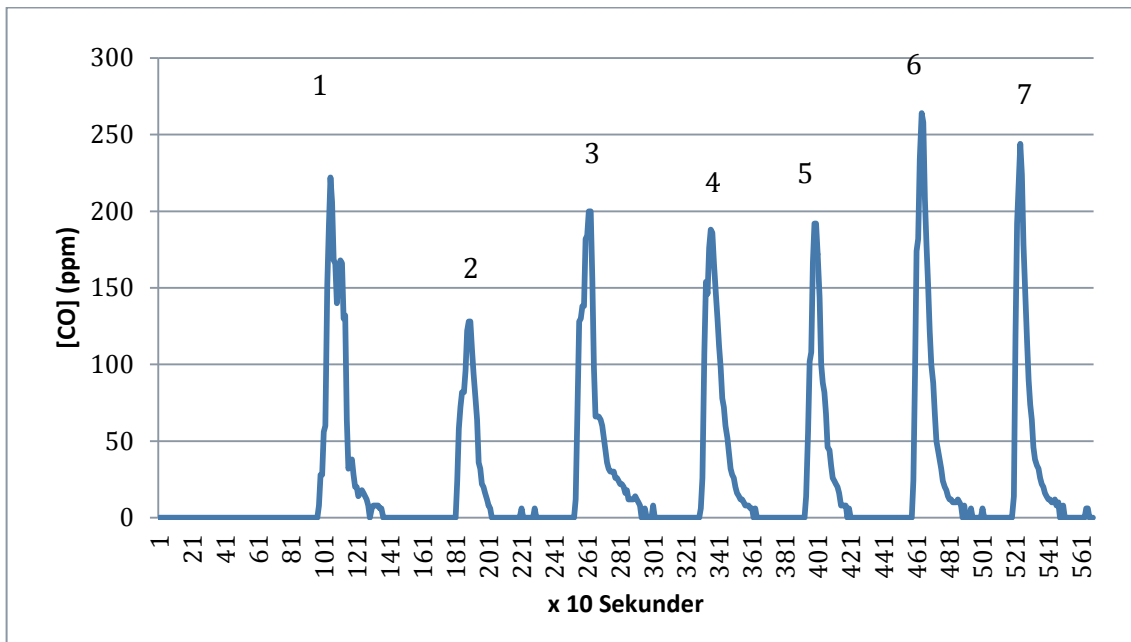




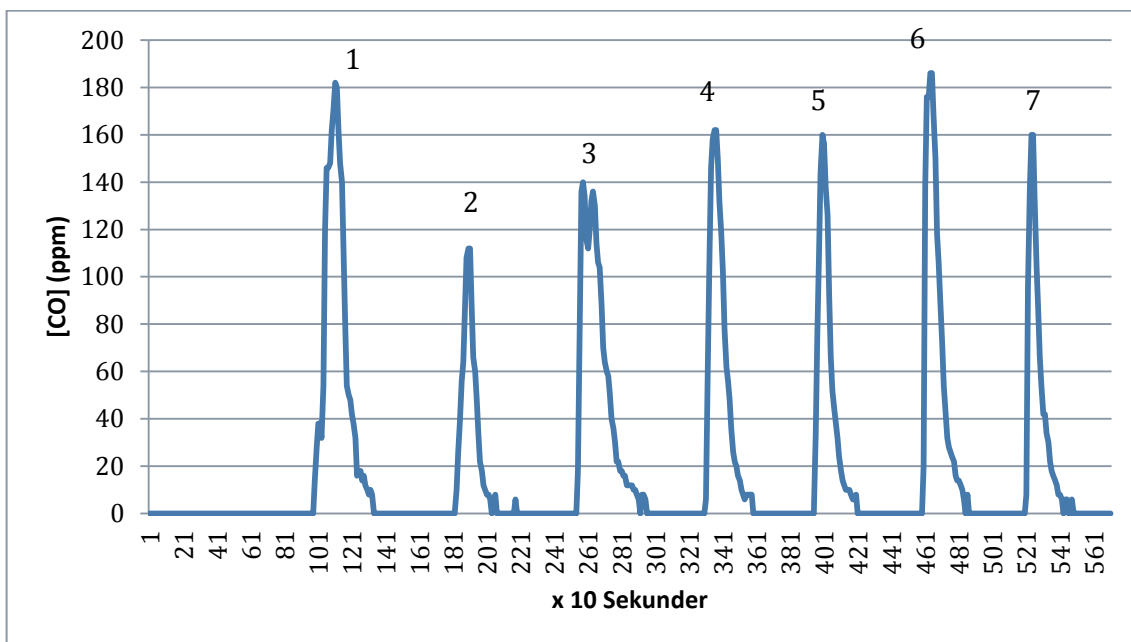
Figur 4.21 Konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 1 under 7 skyteserier á 60 skudd.



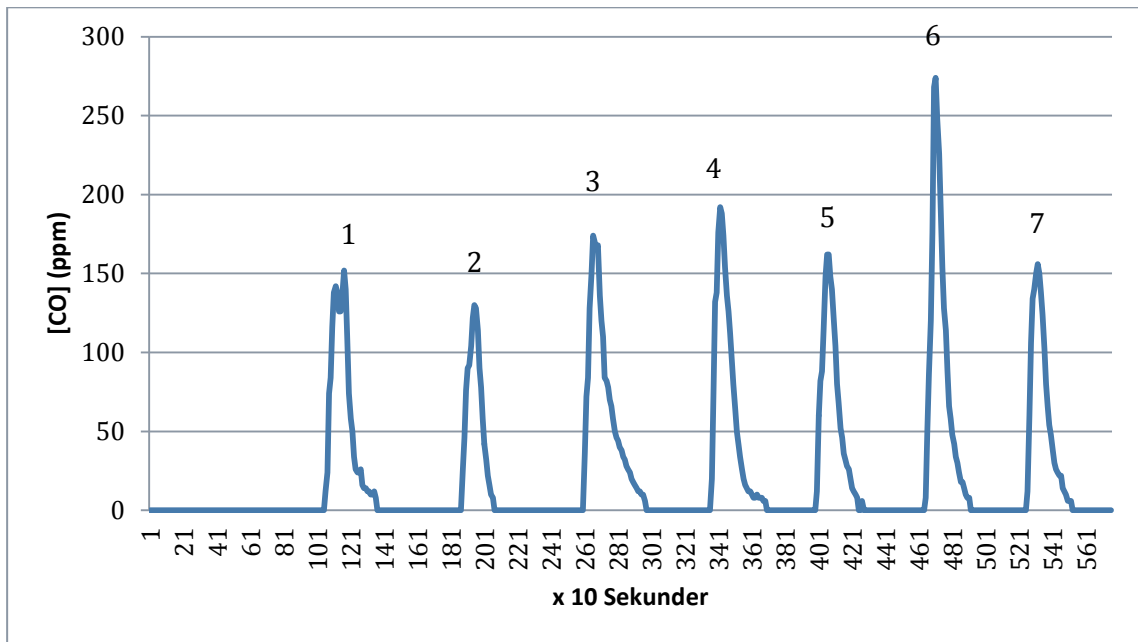
Figur 4.22 Konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 2 under 7 skyteserier á 60 skudd.



Figur 4.23 Konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 3 under 7 skyteserier á 60 skudd.

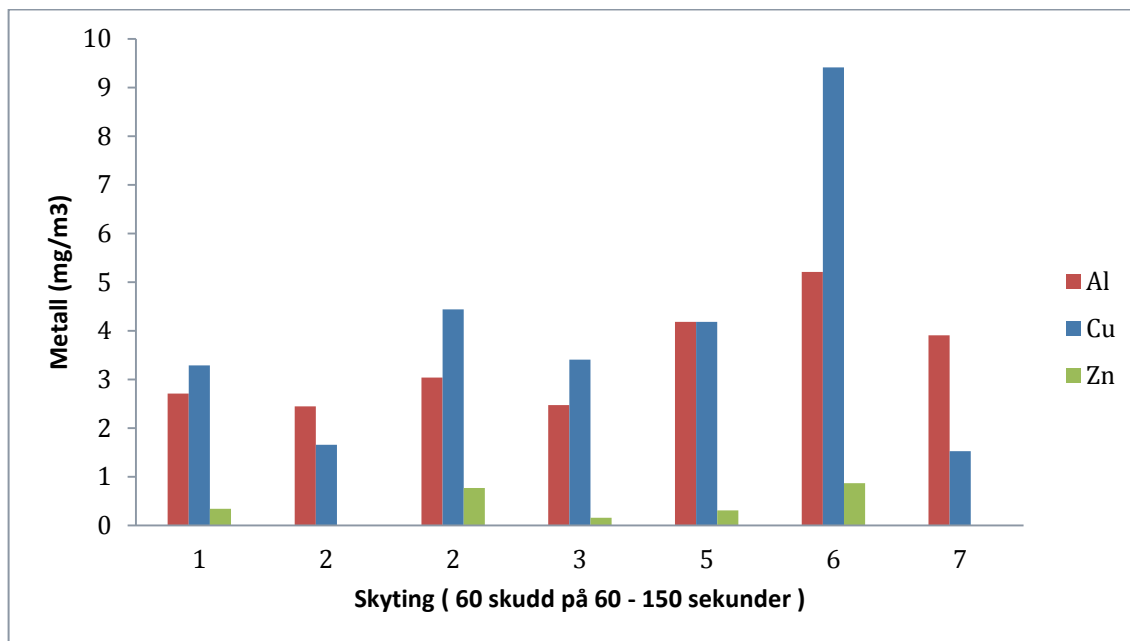


Figur 4.24 Konsentrasjon av CO i pustesonen til skytter 1 under 7 skyteserier á 60 skudd.



Figur 4.25 Konsentrasjon av CO i pustesonen til skyteleder under 7 skyteserier á 60 skudd.

Uansett innstilling kunne det ikke observeres noen reduksjon av metallkonsentrasjon med ventilasjonsanlegget i drift. Konsentrasjonene av kobber var generelt høye og overskred normverdien for arbeidsatmosfæren (korttidseksponering) med en faktor på opp til 30 (Figur 4.26) (Arbeids- og sosialdepartementet, 2014). Konsentrasjonene var på nivå med det som kan gi symptomer hos skyttere (Voie et al., 2013). Konsentrasjonen av sink var under sin respektive normverdier under alle skyteserier. Overaskende ble det målt til dels høye verdier av aluminium. Ettersom dette ikke er et stoff som slippes ut fra bruk av NM255 kan dette kanskje skyldes støv fra arbeidet med ventilasjonssystemet og kapping av aluminiumsrør. Konsentrasjonen av aluminium overskred imidlertid ikke noen normverdi.



Figur 4.26 Gjennomsnittlig metallkonsentrasjon målt på personbåret filter hos 3 skyttere over 7 serier på 60 skudd per skytter.

## 5 Konklusjon

Ventilasjonsystem har blitt testet på flere skytebaner og standplasshus med forskjellig utforming. på alle åpne standplasshus var de en moderat til god effekt av ventilasjonsanlegget på kruttgasskonsentrasjon rundt skytter, bortsett fra på bane 3 på Rena der det ikke ble målt noen effekt av ventilasjonen. Konsentrasjonen var i utgangspunktet lav på standplasshus som er helt åpne i forkant (Rena bane 3, Sessvollmoen bane 15 og Terningmoen bane 3 og 6) på grunn av naturlig ventilasjon. Også på slike standplasser kan ventilasjonssystem ha god effekt slik som vist på bane 15 på Sessvollmoen. På bane 3 på Rena var det installert en sideventilasjon som hadde til hensikt å redusere avgassene som har en tendens til å akkumulere i denne sonen. Sideventilasjonen på bane 3 på Rena så ikke ut til å redusere konsentrasjonen av avgasser signifikant i denne sonen.

Effekten av ventilasjonsanlegget på bane 17 på Sessvollmoen, som er lukket, var moderat med hensyn på reduksjon av kruttgass rundt skytter.

Standplasshuset på Råvatn og Frigården skytebane er utrustet med støyskjermer. Standplasshusene har en utforming som gjør at avgasskonsentrasjoner akkumulerer på standplass. Prinsippet for ventilasjonsanlegget på Frigården skytebane var basert på to

---

---

tilluftsenheter. En montert bak skytterne som skal drive avgassene fremover til tilbygget og en tillufts-enhet som skal drive avgassene fra tilbygget og videre ut i det fri. Det ble imidlertid ikke observert noen effekt av ventilasjonssystemet på konsentrasjon av avgasser uansett hvilken måte systemet ble konfigurert på. Både måling av metaller i svevestøv og måling av CO i luft vitnet om dette. Det første ventilasjonssystemet som ble installert på Råvatn hadde dårlig effekt og reduserte ikke kruttgasskonsentrasjonen i tilstrekkelig grad. En ny ventilasjonsløsning ble senere installert på Råvatn. Prinsippet var basert på en tillufts-enhet og to avtrekksenheter. Tillufts-enheten var montert bak skytterne og hadde som hensikt å drive avgassene fremover til tilbygget og de to avtrekks-enhetene, en montert ved gulv og en i taket foran skytterne hadde til hensikt å fjerne avgassene i tilbygget. Det ble imidlertid ikke observert noen effekt av ventilasjonssystemet. Det var ingen reduksjon i konsentrasjonen av kruttgasser og metaller målt rundt skyttere uansett hvilken måte systemet ble konfigurert på. Det anbefales at det arbeides videre med løsninger på ventilering av standplasshus med støyskjerming, inkludert endringer i konstruksjonen av stanplasshuset.

FFI mener at ventilasjon bør installeres på standplasshus som er "lukket" og "åpne". På standplasshus med støyskjermer, slik som det på Råvatn og Frigården skytebane vil man imidlertid ikke anbefale et ventilasjonssystem av den typen som ble testet. FFI mener at det her må vurderes andre tiltak. Dersom man holder seg til standplasshus uten støyskjermer vil utluftingen av standplassen være avhengig av vindforholdene (og andre klimatiske faktorer). De åpne standplasshusene vil være mer påvirket av vindforhold enn de lukkede. Under gunstige vindforhold vil den naturlige ventilasjonen være tilstrekkelig for å sikre lave nivåer av avgasser. Under klimatiske forhold som kan medføre stagnasjon av luft på standplass vil imidlertid ventilasjonssystemer bidra til å redusere avgasskonsentrasjonene til et akseptabelt nivå. Dette forutsetter at ventilasjonssystemet justeres slik at en oppnår god effekt. Standplasshus av den "lukkede" typen bør prioriteres. Installasjon av ventilasjon bør sees i sammenheng med etablering av overvåkning av avgassnivåer. Det bør vurderes å koble ventilasjon sammen med avgassovertvåkningssystemet, slik at ventilasjonen kun starter når avgassnivået er over et visst nivå. På denne måten vil ventilasjonssystemet ikke starte når den naturlige ventilasjonen er tilstrekkelig god (gunstige vindforhold). FFI mener imidlertid at løsningen som er utarbeidet for å øke utluftingen ved sideveggene i standplasshus ikke er tilstrekkelig god. Her bør det gjøres et videre optimaliseringsarbeid.

---

---

## Referanser

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

Voie, Ø.A., Johnsen, A.M., Ljønes, M., (2011) "Testing av ventilasjonssystem på en overbygde standplass på Rena leir." FFI-rapport 2011/00937

Voie, Ø.A., Ljønes, M., Johnsen, A., (2012) "Testing av ventilasjonssystem på to overbygde standplasser på Rena leir." FFI-rapport 2012/00567

Voie, Ø.A., Borander, A., Sikkeland, L.I.B., Grahnstedt, S., Johnsen, A.M., Kongerud, J., Danielsen, T.E., Longva, K.S. (2013) "Helseeffekter ved bruk av blyholdig og blyfri ammunisjon i kombinasjon med HK416." FFI-rapport 2013/02026

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

Voie, Ø.A., Johnsen, A.M., Longva K.S. (2014) "Overvåkningssystem for skytegasser ved bruk av våpen og ammunisjon på overbygde standplasser." FFI-rapport 2014/00070

## About FFI

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

### FFI's MISSION

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

### FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

### FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

## Om FFI

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

### FFIs FORMÅL

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

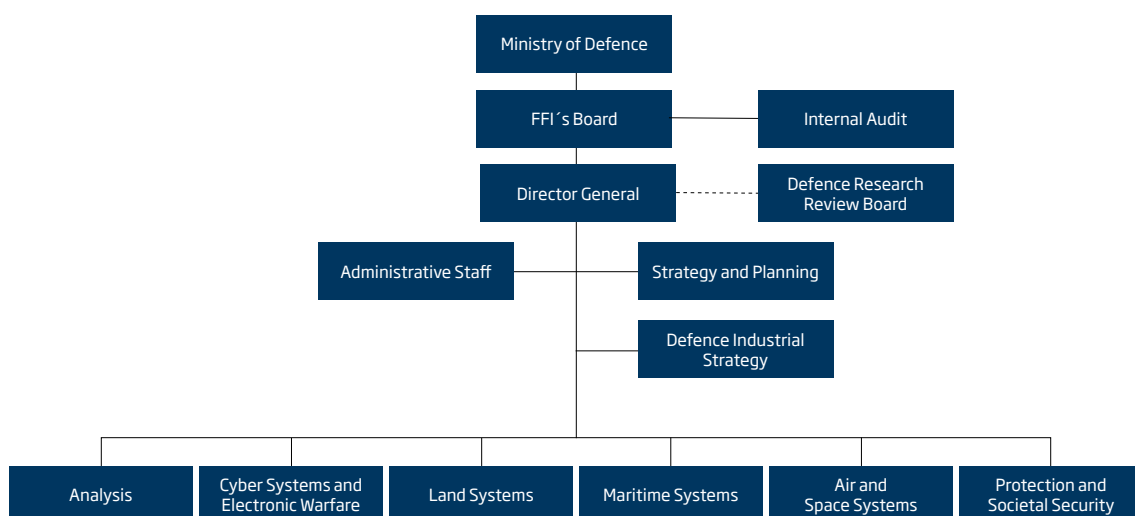
### FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

### FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

## FFI's organisation



**Forsvarets forskningsinstitutt**  
Postboks 25  
2027 Kjeller

Besøksadresse:  
Instituttveien 20  
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00  
Telefaks: 63 80 71 15  
Epost: [ffi@ffi.no](mailto: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](mailto:ffi@ffi.no)