

## **Forekomster av forurensninger fra ammunisjon – anbefalinger av områder med behov for videre kartlegging**

Arnt Johnsen, Tove Engen Karsrud, Marthe Petrine Parmer, Helle Kristin Rosslund

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

9. juni 2010

FFI-rapport 2010/00228

108902

P: ISBN 978-82-464- 1794-3

F: ISBN 978-82-464- 1795-0

## **Emneord**

Forurensning

Ammunisjon

Kartlegging

Skytefelt

## **Godkjent av**

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

## Sammendrag

Det er foretatt en rekke undersøkelser for å få bedre kjennskap til hvordan fordelingen og forekomsten av forurensningen fra ammunisjon er på enkelte lokaliteter i skyte- og øvingsfelt.

Det har vært foretatt mer detaljerte undersøkelser av eksplosivforurensningen i flybombefelt og panservernbaner. Det er undersøkt i hvilken grad det forekommer eksplosiver i fraksjonen større enn 2 mm i jordprøver, noe som vil kunne ha betydning for vurdering av risiko, ettersom kun fraksjonen under 2 mm benyttes ved kjemisk analyse. Det er foretatt undersøkelser for å avdekke om destruksjon av blindgjengere eller annen ammunisjon vil føre til forurensninger. Det er gjort en screening med XRF for å vurdere om det kan være forurensning av tungmetaller i de områdene som har vært undersøkt for eksplosivforurensning.

Undersøkelsene viser at eksplosivforurensningen i flybombefelt sannsynligvis er lokalisert til de områdene der det er synlig terrengskade. Dette kan imidlertid være store områder, og konsentrasjonen av eksplosiver i dette området vil sannsynligvis være over 1 mg/kg. Det anbefales å konsentrere prøvetakingen til de områdene som har synlig terrengskade i flybombefelt.

I panservernbaner vil det i målområdet være høye konsentrasjoner av HMX. Det kan også være rester av HMX foran standplass. Det er avdekket en viss avrenning av HMX fra målområdet. De høyeste konsentrasjonene av eksplosiver er lokalisert i nær tilknytning til målobjektene.

Det blir påvist relativt høye konsentrasjoner av perklorat i demoleringsfelt og panservernbaner. En bør derfor ved kartlegging av forurensing i disse områdene foreta kjemisk analyse av perklorat i prøvene. I de samme banene kan det forekomme relativt høye konsentrasjoner av enkelte tungmetaller. Ved kartlegging av forurensing i slike baner bør det derfor både analyseres for eksplosiver inkludert perklorat, og tungmetaller.

Det blir påvist partikler av eksplosiver i fraksjonen større enn 2 mm i jordprøver. I tilfeller der konsentrasjonen av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm ligger opp mot akseptkriteriet for gjeldene arealbruk, bør eksplosivinnholdet i fraksjonen > 2 mm også bestemmes.

Etter en samlet vurdering av de resultatene som tidligere er rapportert og de som fremkommer i denne rapporten, er det spesielt på to områder vi mener det er behov for videre kartlegging, demoleringsfelt og panservernbaner.

## English summary

A number of investigations are made to get a better understanding of how the distribution and concentration of contamination from the munitions are in the shooting ranges.

More detailed investigations of explosive contamination in anti-tank ranges and impact areas for bombs have been carried out. It is studied to what extent there are explosives in the fraction larger than 2 mm in soil samples. This can be of importance for risk assessment, as only the fraction below 2 mm is analyzed. Some areas where duds or other kind of munitions have been destroyed have been assessed for contamination of explosives. It is done a screening with XRF to determine whether there may be contamination of heavy metals in the areas that have been examined for explosive contamination.

The results show that the contamination of explosives in impact areas for bombs is likely to be localized where visible damage to the terrain is observed. However, this may be large areas, and the concentration of explosives in these areas will probably be above 1 mg/kg. It is recommended to concentrate sampling to the areas with visible terrain damage.

There will be high concentrations of HMX in impact areas in anti-tank ranges. It may also be remnants of HMX in front of the firing point. The highest concentrations of explosives are located in close proximity to targets in the impact area. It is also detected some runoff of HMX from the impact area.

Relatively high concentrations of perchlorates are detected in demolition areas and anti-tank ranges. It is therefore necessary to make chemical analysis of perchlorates in samples from these sites. In the same sites it might appear relatively high concentrations of certain heavy metals. Characterization of contamination in such sites has to include analysis of explosives, perchlorates and heavy metals.

It is identified particles of explosives in the fraction larger than 2 mm in soil samples. In cases where the concentration of explosives in the fraction below 2 mm is up against the acceptance criteria for the current land use, the explosive content in the fraction above 2 mm has to be determined.

After an overall assessment of the results previously reported and those that are discussed in this report, there are two particular areas we have identified a need for further investigations. These two areas are demolition areas and anti-tank ranges.

## Innhold

	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrunn	7
<b>2</b>	<b>Gjennomførte undersøkelser i perioden 2007 – 2009</b>	<b>8</b>
2.1	Flybombefelt i Hjerkinnskytefelt	8
2.2	Standplass for panservernvåpen	9
2.3	Målområde for panservernvåpen	11
2.4	Identifisering av eksplosivpartikler i jordprøver	13
2.4.1	Utvelgelse av partikler	13
2.4.2	Undersøkelse med Expray	14
2.4.3	Undersøkelse med håndholdt eksplosivdetektor	14
2.5	Undersøkelser av perkloratforurensning	15
2.6	Undersøkelse av tungmetaller med XRF i prøver fra ulike områder i skyte- og øvingsfelt	15
2.7	Undersøkelse av eksplosivrester etter destruksjon av ammunisjon i felt	16
<b>3</b>	<b>Forbehandling av prøver, ekstraksjon og kjemisk analyse</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>18</b>
4.1	Flybombefelt i Hjerkinnskytefelt	18
4.2	Standplass for panservernvåpen	19
4.3	Målområde for panservernvåpen	21
4.4	Identifisering av eksplosivpartikler i jordprøver	22
4.4.1	Undersøkelse av partikler	22
4.4.2	Undersøkelse med Expray	26
4.4.3	Undersøkelse med håndholdt eksplosivdetektor	28
4.4.4	Oppsummering for undersøkelse av eksplosivpartikler større enn 2 mm	29
4.5	Undersøkelse av perkloratforurensning	31
4.6	Bestemmelse av tungmetaller i prøver fra ulike områder i skyte- og øvingsfelt med XRF	32
4.7	Kvantifisering av eksplosivrester etter destruksjon av ammunisjon i felt	34
4.7.1	Sprengning av blindgjengere ved Haukberget	34
4.7.2	Undersøkelser på Storranden, Hjerkinnskytefelt	34
4.7.3	Undersøkelser på demoleringsplassen i Svånådalen, Hjerkinnskytefelt	35
4.7.4	Destruksjon av ammunisjon fra Solstrand, Tromsø	36

<b>5</b>	<b>Anbefalinger av områder med behov for videre kartlegging</b>	<b>36</b>
5.1	Demoleringsfelt	37
5.1.1	Destruksjon av blindgjengere	37
5.2	Panservernbaner	38
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>38</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>40</b>
	<b>Forkortelser</b>	<b>42</b>
	<b>Appendix A Analyserapporter</b>	<b>43</b>

## Innledning

I forbindelse med avslutningen av prosjekt 1007 "Miljørisikovurdering av Forsvarets ammunisjonsforbruk", ble det foreslått å gjøre tilleggsundersøkelser for å få bedre kjennskap til hvordan fordelingen og forekomsten av forurensningen fra ammunisjon var på enkelte lokaliteter. Det ble også pekt på et behov for å lokalisere "hot-spots", samt få en oversikt over i hvilken grad forurensningen opptrer som rene partikler med eksplosiver [1].

Forsvarets skyte- og øvingsfelt er store, mens forurensningen fra ammunisjon som regel er lokalisert til mindre områder av disse feltene. Det er derfor viktig at en har god kjennskap til hvordan bruken av ulike våpen og ammunisjon er i feltet, slik at alle områder som potensielt kan være forurenset med ammunisjonsrester blir prøvetatt. Ved planlegging av prøvetaking er det også nødvendig med informasjon om hvordan forurensningen fra ammunisjon vil være spredt i de ulike kildeområdene, for å sikre at det blir tatt prøver på representativ måte, og i et tilstrekkelig omfang til å gjøre pålitelige risikovurderinger.

Undersøkelsene av eksplosivrester i skyte- og øvingsfelt gjennomført i prosjekt 1007, viste at det i enkelte områder ble funnet mye rester av eksplosiver [1]. Det ble i enkelte områder også funnet store partikler av rene eksplosiver. Disse partiklene kan føre til akutte effekter om de blir spist. Ved kjemisk analyse er kun fraksjonen under 2 mm analysert. Det ble derfor identifisert som viktig å få karakterisert i hvilken grad det forekommer eksplosivpartikler større enn 2 mm, noe som kan ha stor betydning for resultatet av risikovurderingen.

### 1.1 Bakgrunn

FFI har i løpet av de siste årene arbeidet med en veileder for avhending av skyte- og øvingsfelt. Denne veilederen skal være et hjelpemiddel for dem som skal gjennomføre kartlegginger av forurensning i skyte- og øvingsfelt. Her er det angitt forslag til hvordan prøvetakingen bør legges opp i ulike områder av et skyte- og øvingsfelt og hvordan resultatene skal vurderes med hensyn til risiko [2]. Resultatene fra undersøkelsene av eksplosiver gjennomført i prosjekt 1007 og 1089 har dannet mye av grunnlaget for de anbefalinger som er gitt.

For enkelte områder i skyte- og øvingsfelt gav ikke resultatene fra undersøkelsene i prosjekt 1007 tilstrekkelig med data, for å gi en fullgod anbefaling med hensyn til prøvetaking og forbehandling av prøvene. Det ble derfor anbefalt å ta flere prøver i enkelte områder for å avklare dette. Resultatene fra dette arbeidet er presentert i denne rapporten.

Salter av perklorat ( $\text{ClO}_4^-$ ) er forbindelser som benyttes i drivstoff til raketter og missiler i tillegg til at de benyttes i startladning (booster) til en del ammunisjon. Perklorat er godt løselig i vann, og på grunn av giftigheten er det satt relativt lav normverdi for perklorat i drikkevann. I USA har det vært mye oppmerksomhet rundt forurensning av perklorat [3]. En har der vært nødt til å igangsette risikoreduserende tiltak ved en rekke lokaliteter for å senke konsentrasjonen av perklorat i

drikkevann. For å få informasjon om perklorat kan utgjøre et forurensningsproblem i norske skyte- og øvingsfelt, er noen utvalgte prøver sendt til USA for kjemisk analyse. I tillegg til prøver fra skyte- og øvingsfelt, er det blant annet hentet prøver fra rakettskytefeltet på Andøya, som også Forsvaret benytter for uttesting av raketter og missiler.

Det er kjent fra undersøkelser gjort i USA at det blir liggende rester av rene eksplosivpartikler ved bruk av ammunisjon [4;5]. Ved prøvetaking i norske skytefelt er det også observert rene eksplosivpartikler i ulike størrelser. Inntak av eksplosivpartikler av en viss størrelse, kan føre til akutte effekter både hos mennesker og dyr. I skyte- og øvingsfelt er det i første rekke beitedyr som kan være utsatt for inntak av eksplosivpartikler. Ved kjemisk analyse er det vanlig å sikte jordprøven til under 2 mm, slik at prøven består av sandfraksjonen og fraksjonene mindre enn dette [6;7]. Jordprøvene som FFI har analysert for innhold av eksplosiver er også siktet til under 2 mm [1]. For å få oversikt over distribusjonen av eksplosivpartikler større enn 2 mm, er det foretatt undersøkelser av prøver der det er påvist høye konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen mindre enn 2 mm. Dette vil gi viktig kunnskap for anbefaling av hvilken forbehandling som skal utføres før kjemisk analyse og ved vurdering av risiko. Resultatene fra disse undersøkelsene blir presentert i denne rapporten.

Med basis i resultatene fra prosjekt 1007 og gjennomførte undersøkelser i oppfølgingsprosjektet 1089 "Forsvarets ammunisjonsforbruk: Forurensning, miljørisiko og tiltak" er det i denne rapporten utarbeidet en anbefaling av områder med behov for videre kartlegging.

## **2 Gjennomførte undersøkelser i perioden 2007 – 2009**

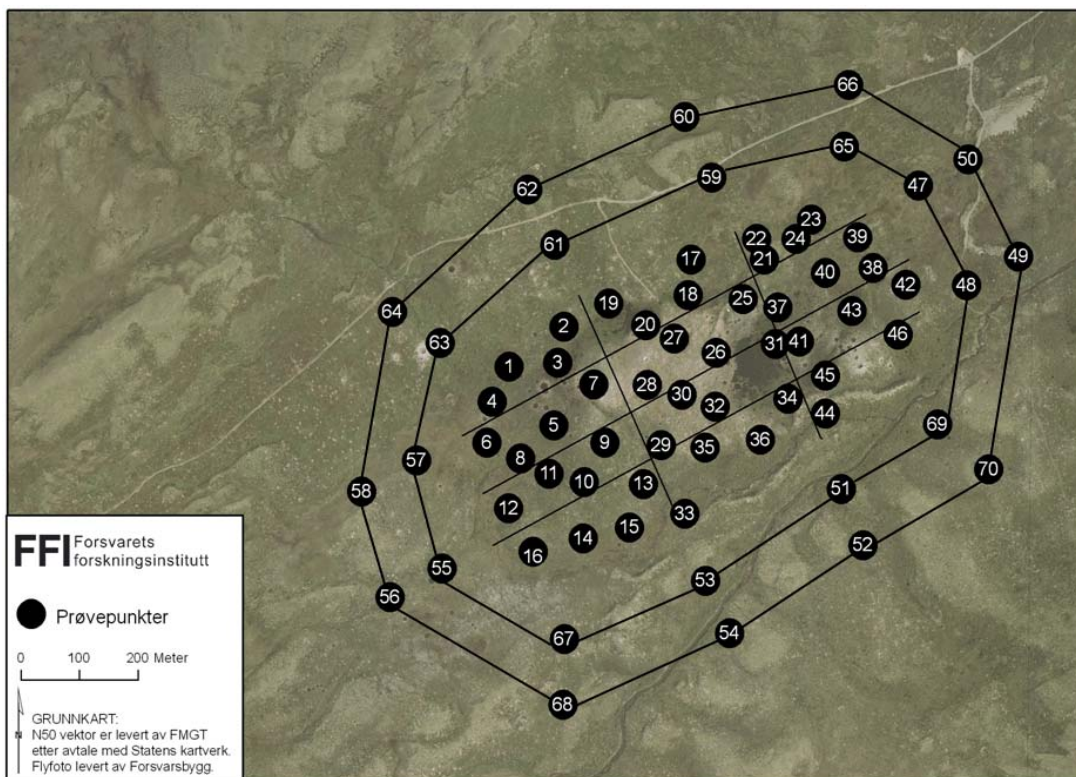
Det har vært foretatt utfyllende undersøkelser i flybombefeltet på Hjerkinns og i en panservern-bane på Steinsjøen og Terningmoen. Disse undersøkelsene er blitt gjort for å få bedre kjennskap til distribueringen av eksplosivforurensning. Enkelte prøver fra ulike lokaliteter er også undersøkt for innhold av perklorat. De underliggende kapitler beskriver de gjennomførte undersøkelsene mer i detalj.

### **2.1 Flybombefelt i Hjerkinns skytefelt**

Basert på flyfoto over området, ble det foretatt en avgrensning av det området som så ut til å være det sentrale målområdet for flybombefeltet. Dette området ble så delt inn i 12 omtrent like store delområder. Innenfor hvert av disse 12 delområdene, ble det litt tilfeldig markert fire prøvepunkter. Ved prøvetaking i felt ble det så tatt en samleprøve fra denne posisjonen, eller så nær som mulig om det var hindringer i terrenget som gjorde prøvetaking umulig. Omkring 100 meter utenfor de 12 delområdene ble det tatt 12 prøver langs en oval sirkel. Det ble også tatt 12 prøver langs en oval sirkel 200 meter utenfor de 12 delområdene. Prøvepunktene ble plassert systematisk med omtrent lik avstand mellom hvert prøvepunkt langs disse to ovale sirlene. Totalt ble det tatt prøver fra 70 prøvepunkter innenfor et areal på i overkant av 800 000 m<sup>2</sup>. I Figur 2.1 er plasseringen av disse prøvepunktene vist. Det er også vist inndelingen av de 12 delområdene i det sentrale målområdet. Arealet innenfor



Hvert prøvepunkt var en kvadratmeter stor flate, der det ble tatt 30 delprøver som ble samlet til en samleprøve. Det ble benyttet en prøvekoppe som beskrevet i rapporten "Forurensninger av eksplosiver i Forsvarets skyte- og øvingsfelt - forundersøkelse av ulike baner med vekt på prøvetakingsmetoder" [1]. Det ble tatt prøver ned til 5 cm. Den totale mengden prøve var som regel større enn 500 gram, men varierte noe avhengig av fraksjonen myr og vegetasjon i prøvene. Prøvetakingen foregikk sommeren 2007.



Figur 2.1 Oversikt over prøvetaking i flybombefeltet i Hjerkinnskyte- og øvingsfelt. Tallene indikerer prøvenummerering.

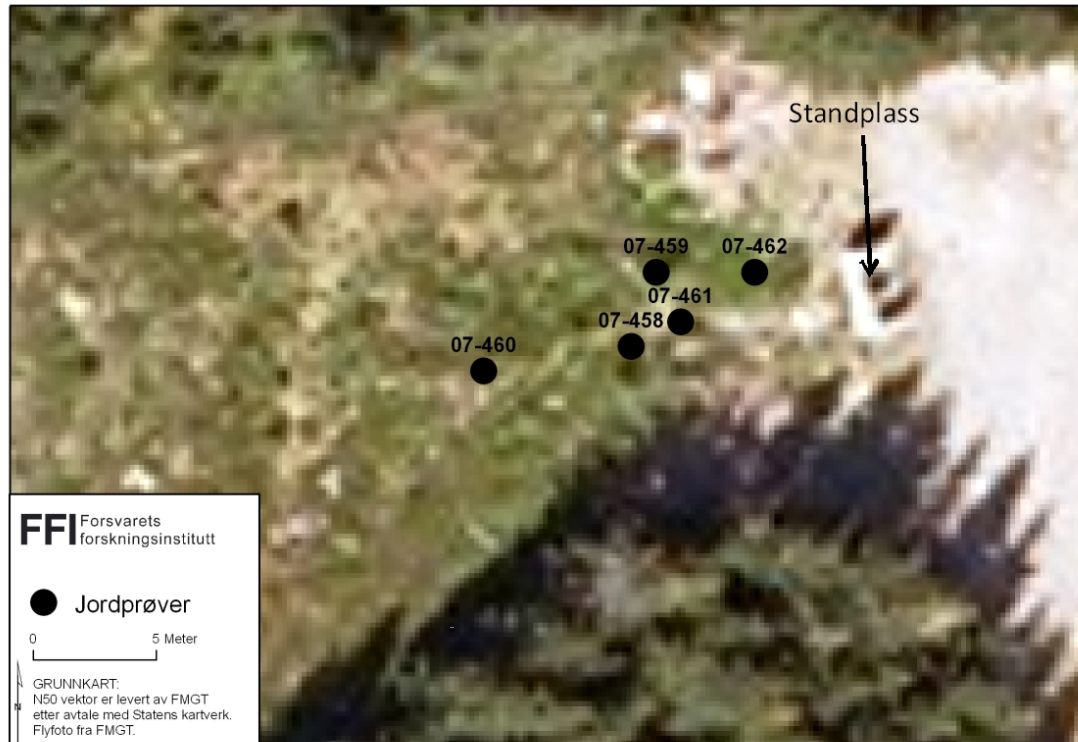
## 2.2 Standplass for panservernvåpen

Det ble noe overraskende funnet høye konsentrasjoner av HMX foran standplass i en panservernbane i Setermoen skyte- og øvingsfelt i forbindelse med undersøkelser gjort i 2005 [1]. Det ble derfor valgt ut en standplass for panservernvåpen i henholdsvis Steinsjøen og Terningmoen skyte- og øvingsfelt for undersøkelse av eksplosivforurensning knyttet til standplass. Disse to banene benyttes relativt ofte, og skulle derfor være representative for undersøkelse av HMX-forurensning foran standplass.

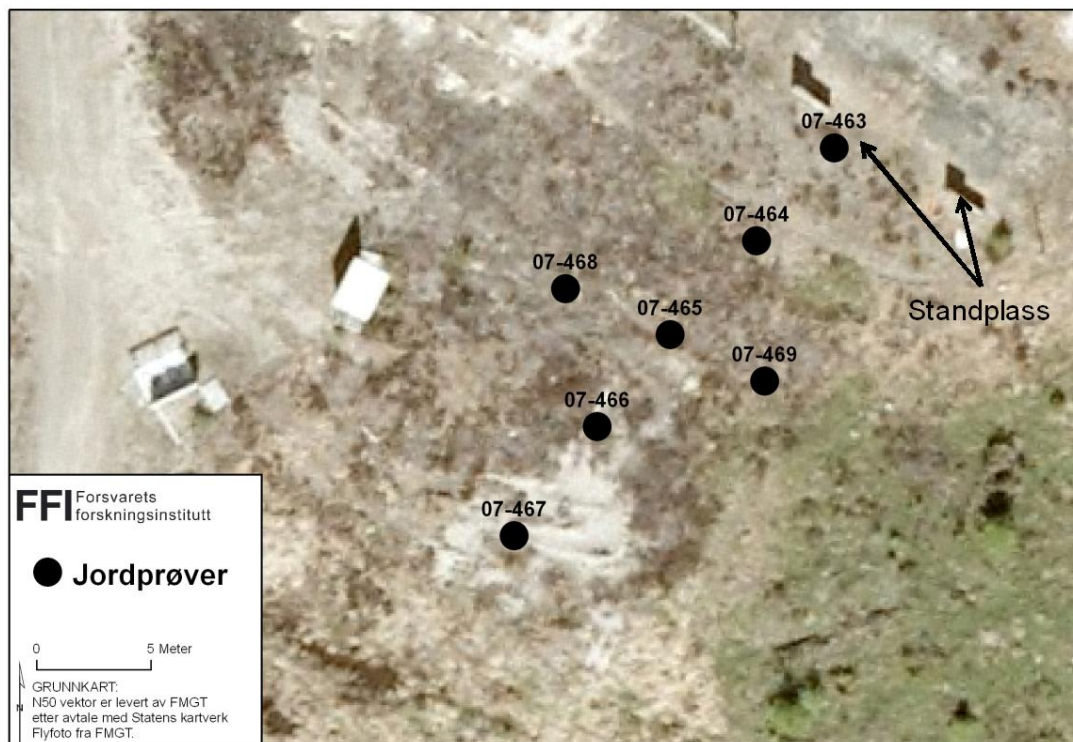
Foran standplass på banen i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt ble det tatt totalt fem prøver, der lengste avstand fra standplass var omkring 15 meter. Foran standplass på banen i Terningmoen skyte- og øvingsfelt ble det tatt totalt syv prøver. Prøvene ble valgt ut delvis etter et systematisk mønster, men tilpasset de hindringer som var til stede. Plasseringen av prøvepunktene er vist i

Figur 2.2 og Figur 2.3 for prøver tatt i henholdsvis Steinsjøen og Terningmoen skyte- og øvingsfelt.

Det ble brukt samme type prøvekoppe som for flybombefeltet for å ta prøve fra en kvadratmeter stor flate. Det ble tatt 30 delprøver som ble samlet til en samleprøve fra hvert prøvepunkt. Prøvene ble tatt sommeren 2007.



Figur 2.2 Prøvetaking foran standplass i en panservernbane i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt. Nummereringen av prøvene er vist over hvert prøvepunkt.



Figur 2.3 Prøvetaking foran standplass til en panservernbane Terningmoen skyte- og øvingsfelt. Nummereringen av prøvene er vist over hvert prøvepunkt.

### 2.3 Målområde for panservernvåpen

Målområdet til panservernvåpen kan være av ulik type i de forskjellige skyte- og øvingsfeltene. Tidligere er det blitt undersøkt hvordan forurensningen av eksplosiver er spredd der målobjektet er en stålplate som henger loddrett [1]. Det var derfor av interesse å undersøke målområder for panservernvåpen der andre typer målobjekter er benyttet, for å undersøke om forurensnings-situasjonen er som tidligere påvist i målområdet for panservernvåpen.

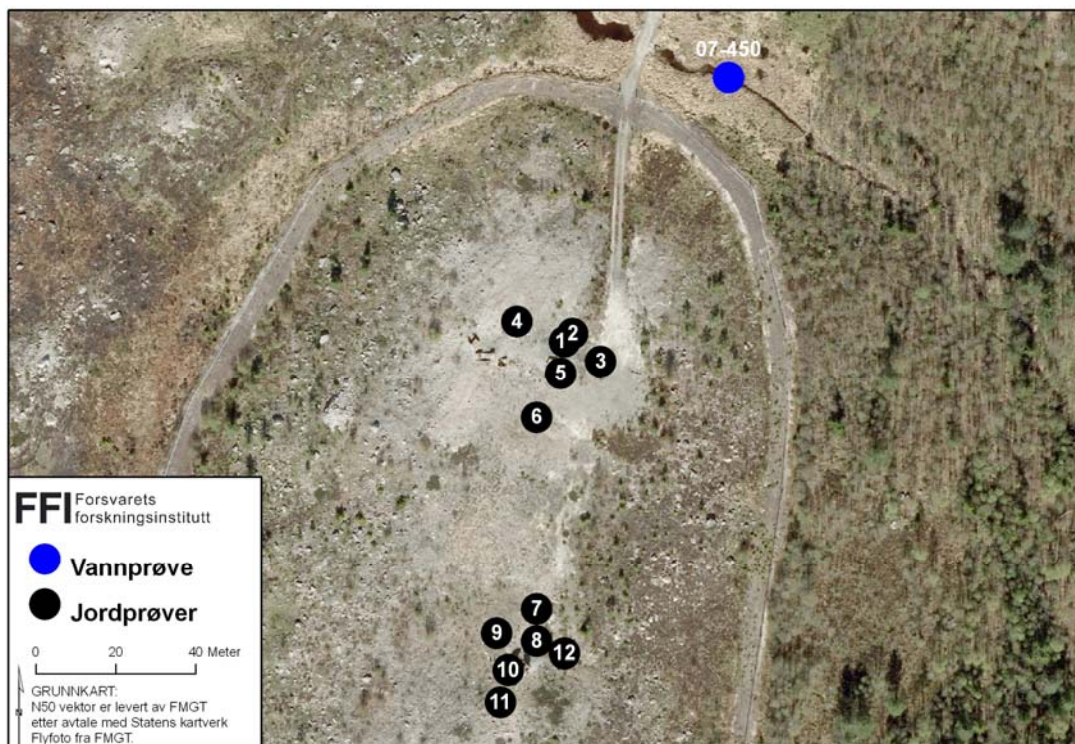
Det ble valgt ut en panservernbane i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt, der det blir skutt direkte inn i en skråning i terrenget. I tillegg ble det gjort undersøkelser i en bane i Terningmoen skyte- og øvingsfelt, der pansrede kjøretøyer fungerte som målobjekter. I forbindelse med prøvetaking i disse to panservernbanene, ble det også tatt en vannprøve i en bekk nedstrøms målområdet. En oversikt over prøvepunktene i målområdet, samt lokalisering av vannprøve er vist i Figur 2.4 og Figur 2.5 for henholdsvis Steinsjøen og Terningmoen skyte- og øvingsfelt.

Ved prøvetaking i banen på Steinsjøen skyte- og øvingsfelt ble det benyttet en skuffe til å ta prøver fra en kvadratmeter stor flate. En nærmere beskrivelse av prøvetaking med skuffe er gjort i FFI-rapport 2008/00535 [1]. Det ble tatt 30 delprøver som ble samlet til en samleprøve fra hvert prøvepunkt. Det ble brukt samme type prøvekoppe som for flybombefeltet, for å ta prøve fra en kvadratmeter stor flate i banen på Terningmoen skyte- og øvingsfelt. Det ble tatt 30 delprøver som ble samlet til en samleprøve fra hvert prøvepunkt. Prøvetakingen ble utført sommeren 2008.





Figur 2.4 Prøvetaking i målområdet til en panservernbane i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt. Nummereringen av prøvene er vist over hvert prøvepunkt.



Figur 2.5 Prøvetaking i målområdet til en panservernbane i Terningmoen skyte- og øvingsfelt. Nummereringen av prøvene er vist for hvert prøvepunkt.

## 2.4 Identifisering av eksplosivpartikler i jordprøver

Det ble tatt ut 12 forskjellige jordprøver for å undersøke om det kunne påvises eksplosivpartikler større enn 2 mm. Dette var prøver fra ulike typer skytebaner i Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Fra hver bane ble det valgt ut prøve(r) hvor det er målt høye konsentrasjoner av eksplosiver og nedbrytningsprodukter i fraksjonen under 2 mm. En oversikt over prøvene er gitt i Tabell 2.1 sammen med hva som er målt av eksplosivene HMX, RDX og TNT i fraksjonen under 2 mm.

Prøve	HMX mg/kg	RDX mg/kg	TNT mg/kg
05-197 Demoleringsfelt i Svånådalen, Hjerkinnskytefelt	1,0	44	>50
05-198 Demoleringsfelt i Svånådalen, Hjerkinnskytefelt	3,0	29	>50
05-205 Demoleringsfelt i Svånådalen, Hjerkinnskytefelt	18	>50	>50
05-211 Demoleringsfelt i Svånådalen, Hjerkinnskytefelt	24	2,2	>50
05-241 Flybombefelt, Hjerkinnskytefelt	2,3	25	31
05-242 Flybombefelt, Hjerkinnskytefelt	4,4	>50	44
05-825 Flybombefelt Liveltskardet, Setermoenskytefelt	3,4	44	32
05-784 Målområde panservernbaner, Setermoenskytefelt	>50	0,3	6,2
05-856 Standplass panservernbaner, Setermoenskytefelt	>50	0,03	2,0
05-985 Sprengningsfelt, Terningmoenskytefelt	41	1,5	31
05-986 Sprengningsfelt, Terningmoenskytefelt	28	2,2	0,8
06-941 Forsvarets destruksjonsanlegg, Øyradalen, Lærdal	23	0,3	8,6

Tabell 2.1 Målte konsentrasjoner av HMX, RDX og TNT i fraksjonen under 2 mm i prøver som er tatt ut for å undersøke fraksjonen større enn 2 mm for innhold av eksplosivpartikler.

### 2.4.1 Utvelgelse av partikler

Fraksjonen som er større enn 2 mm ble siktet gjennom tre nye sikter med porestørrelser 8 mm, 6,3 mm og 4 mm. Man fikk så fire nye fraksjoner som ble veid, og som ble holdt adskilt fra hverandre. Hver fraksjon ble deretter studert for å detektere mulige eksplosivpartikler. Dette arbeidet ble utført visuelt. De minste partiklene ble studert under lupe. Partikler som ble mistenkt for å være en eksplosivpartikkel, ble plukket ut. En stein vil ofte kunne bli forvekslet med en eksplosivpartikkel om den bare betraktes visuelt. I de fleste tilfeller vil en kunne avgjøre om en partikkel er en stein ved å pirke i den. Men noen steintyper kan være porøse og kan sprekke opp hvis de blir pirket i. Noen eksplosivtyper er veldig kompakte og er ikke så lett å dele i mindre biter. Dette vanskeliggjør den visuelle bestemmelsen hva slags materiale partikkelen er.

Fraksjonen med de minste partiklene, var veldig støvete. Partiklene i denne fraksjonen så ut til å være dekket av et fint støvlag. For å lette arbeidet med å undersøke partiklenes beskaffenhet, ble

denne fraksjonen skylt med vann for å vaske vekk noe av støvet. Fraksjonen ble deretter lufttørket før den visuelle inspeksjonen ble gjennomført.

Alle partikler som ble plukket ut, ble veid og holdt hver for seg og siden testet individuelt. Unntatt var partiklene mellom 2 og 4 mm. Her ble alle partiklene som var tilnærmet like, veid under ett, og en gjennomsnittsvekt ble regnet ut. Tilnærmet like partikler ble holdt samlet og undersøkt under ett.

#### 2.4.2 Undersøkelse med Expray

Alle partikler som var plukket ut og mistenkt for å være en eksplosivpartikkel, ble undersøkt ved hjelp av Expray. Expray er et deteksjonssett for eksplosiver som baserer seg på en kolorimetrisk påvisning som deteksjonmetode. Metoden skal raskt kunne påvise om enten nitramin, nitroestere eller nitroaromatiske forbindelser er tilstede i jord- eller vannprøver. Expray-settet består av tre typer spraybokser med ulike reagenser som vil reagere med eksplosivrestene og gi en gjenkjennelig fargeforandring. Den første boksen, Expray 1, er for deteksjon av nitroaromater som TNT, DNT og tetryl. TNT vil gi en mørkebrun farge. Den andre boksen, Expray 2, er beregnet for nitraminer og nitratestere slik som RDX, HMX, NG, NC og PETN. Man får da en fargeforandring til sterk rosa. Expray 3 brukes for deteksjon av uorganiske nitrater, det vil si nitratbaserte eksplosiver som ammoniumnitrat, fuel oil (ANFO) og svartkrutt. Positivt utslag i form av en mørk rosa farge. Uttesting av Expray-settet ved FFI er omtalt i FFI-rapport 2009/01499 [8].

De aktuelle partiklene som skulle undersøkes ble gnidd mot et prøvepapir fra Expray-settet slik at materiale fra partiklene skulle feste seg til prøvepapiret. Deretter ble papiret sprayet på med Expray-boksene etter tur. Fargeendringer ble registrert etter hver påføring av sprayene.

#### 2.4.3 Undersøkelse med håndholdt eksplosivdetektor

E3500, fra Scintrex Trace, er en lett håndholdt eksplosivdetektor med rask respons. En rekke eksplosiver er oppgitt å kunne detekteres ved hjelp av instrumentet, blant annet HMX, RDX, TNT, NG, PETN, DNT, C-4, svartkrutt og dynamitt [9]. Instrumentet skal kunne detektere eksplosiver både i dampform og som partikler. I pyrolyseovnen omdannes eksplosivmolekylene blant annet til NO<sub>2</sub> som reagerer med det fluoriserende stoffet luminol, som igjen detekteres av en kjemiluminescensdetektor. Instrumentet vil ikke kunne identifisere type eksplosiv og heller ikke mengden. Man vil bare få bekreftet om det er eksplosiver tilstede eller ikke. Deteksjonsgrensen er oppgitt til ned mot noen nanogram (10<sup>-9</sup> gram).

Uttesting av E3500 ved FFI [8] viste at instrumentet ikke gav noen utslag i dampform i de gjennomførte testene, men at instrumentet gav god deteksjon i partikkelmodus ned til lave konsentrasjoner av ulike eksplosiver i jordprøver. E3500 ble derfor besluttet å anvende på partikler man ønsket å undersøke litt nærmere og som ikke gav et entydig svar ved bruk av Expray-settet. Støv eller materiale fra aktuell partikkel ble overført til prøvegitteret på E3500 ved hjelp av en bomullshanske som først gned på partikkelen og som deretter ble strøket over gitteret slik at prøven festet seg.

## 2.5 Undersøkelser av perkloratforurensning

Det er plukket ut noen jordprøver fra ulike områder i skyte- og øvingsfelt som er sendt til MWH Laboratories i USA for analyse av perklorater. I forbindelse med avfyring av NASAMS som benytter ammoniumperklorat som drivstoff, ble det foretatt noen undersøkelser på Andøya for å se om det blir liggende uforbrente rester av perklorat på standplass [10]. Disse undersøkelsene viste at det var lite rester av drivstoff på standplass etter avfyring av denne type missil.

Det er målt perklorat i noen jordprøver fra følgende lokaliteter:

- Demoleringsplass i Svånådalen, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt
- Flybombefeltet i Grisungdalen, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt
- Flybombefeltet i Halkavarre skyte- og øvingsfelt
- Håndgranatbane i Setermoen skyte- og øvingsfelt
- Panservernbane i Setermoen skyte- og øvingsfelt
- Panservernbane i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt
- Demoleringsfeltet i Øyradalen, Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal
- Andøya rakettskytefelt
- FFIs område for test av rakettmotorer og sprengningsfelt
- Område for brenning av motor til Penguin-rakett i Tønjumdalen, Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal

Prøvene fra disse områdene er tatt fra kvadratmeter store flater og er samleprøver av 30 delprøver. Det er enten brukt en prøvekopp eller en skuffe ved prøvetaking, avhengig av terrengets beskaffenhet. Prøvene er tatt i perioden fra 2005 til 2009.

## 2.6 Undersøkelse av tungmetaller med XRF i prøver fra ulike områder i skyte- og øvingsfelt

Det er foretatt målinger av tungmetaller ved bruk av XRF-instrument på jordprøver fra de fleste områdene der det er foretatt analyser av eksplosiver. Disse prøvene er på forhånd tørket og malt ned i en mølle før analyse med XRF. For bly vil det derfor være knyttet liten usikkerhet til målingene. Det er benyttet et XRF-instrument av typen Niton XL 700. Noen prøver ble sendt til laboratorieanalyse av tungmetaller ved bruk av ICP-AES hos ALS Scandinavia.

I Tabell 2.2 er det vist en oversikt over hvilke lokaliteter som er undersøkt og hvor mange jordprøver fra hver lokalitet som er analysert med XRF. En nærmere beskrivelse av disse områdene og hvordan prøvetakingen er blitt gjennomført i de ulike områdene er beskrevet i FFI-rapport 2008/00535 [1].

Lokalitet	Antall analyserte prøver
Målområde panservern, Setermoen skyte- og øvingsfelt	13
Standplass panservern, Setermoen skyte- og øvingsfelt	15
Håndgranatbane, Setermoen skyte- og øvingsfelt	18
Målområde artilleri, Setermoen skyte- og øvingsfelt	11
Standplass artilleri, Setermoen skyte- og øvingsfelt	9
Demoleringsfelt, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt	13
Flybombefelt, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt	17
Flybombefelt, Halkavarre skyte- og øvingsfelt	37
Standplass feltskytebane, Terningmoen skyte- og øvingsfelt	19

Tabell 2.2 Oversikt over hvilke baner og antallet jordprøver som er undersøkt med XRF for å bestemme innholdet av tungmetaller. En nærmere beskrivelse av disse områdene er gjort i FFI-rapport 2008/00535 [1].

## 2.7 Undersøkelse av eksplosivrester etter destruksjon av ammunisjon i felt

I forbindelse med blindgjengerrydding i Hjerkinnskyte- og øvingsfelt, ble det tatt prøver fra to lokaliteter der det nylig var foretatt destruksjon av blindgjengere. Begge disse lokalitetene lå i området ved Haukberget. Denne prøvetakingen ble foretatt sommeren 2007. Fra den ene lokaliteten, der en liten andel blindgjengere ble demolert, ble det tatt en samleprøve i krateret og området rundt. Fra den andre lokaliteten, der en større mengde blindgjengere ble destruert, ble det tatt en samleprøve fra krateret og en samleprøve omkring en meter utenfor krateret. Alle samleprøvene ble tatt med skuffe og bestod av 30 delprøver.

Det ble i 2007 tatt fire jordprøver fra demoleringsplassen i Svånådalen. Dette ble gjort for å få mer informasjon over utbredelsen av eksplosivforurensning på stedet. To av disse prøvene ble lokalisert på ryggen av det svære kratret som er lokalisert her, mens to andre prøver ble tatt litt lenger vest enn det som har vært prøvetatt tidligere. Prøven langs ryggen ble tatt med prøvekoppe og var en samleprøve av 38 delprøver, mens de andre prøvene var en samleprøve av 30 delprøver tatt fra en kvadratmeter stor flate. Det ble brukt skuffe for å ta prøver i prøvepunktet oppe på ryggen, ellers ble det benyttet prøvekoppe.

Sommeren 2009 ble det tatt prøver i et område som var blitt benyttet til å destruere blindgjengere ved Storranden i Hjerkinnskyte- og øvingsfelt. Det ble totalt tatt ni jordprøver både i og utenfor tre kratre. Det ene kratret var omkring en uke gammelt, mens de to andre var fra 2008. I tillegg til de tre kratrene som ble prøvetatt var det en god del flere kratre i området. Det ble benyttet skuffe til å ta samleprøver som bestod av 30 delprøver nede i kratrene og i sirkler utenfor kratrene. Figur 2.6 viser lokaliseringen av prøvepunkter på Storranden.

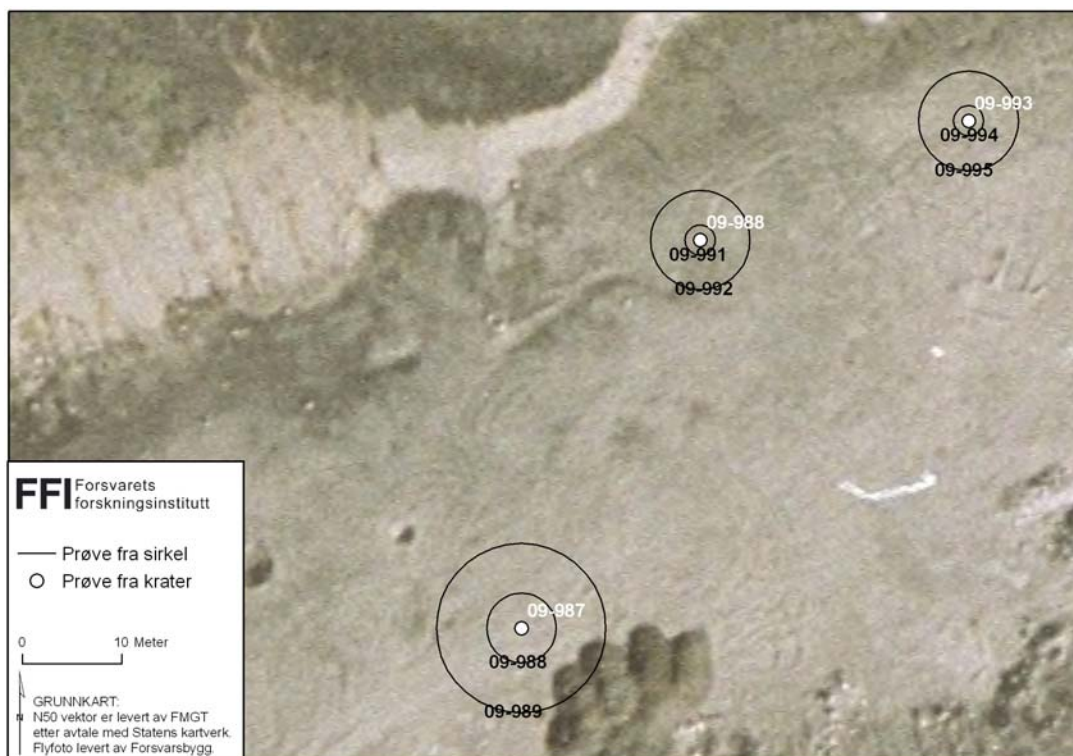
I forbindelse med destruksjon av ammunisjon som ble funnet ved Solstrand i Tromsø, ble det tatt prøver fra destruksjonsområdet. Det ble tatt to prøver nede i kratret etter sprengning og en prøve rett utenfor kratret. Prøven utenfor kratret ble tatt fra en kvadratmeter stor flate. Destruksjonen av



ammunisjonen ble foretatt i et krater som var benyttet for samme formål tidligere. Det var spor i området som viste at det har vært foretatt destruksjon av ammunisjon tidligere i nærområdet til der det ble foretatt destruksjon av ammunisjon fra Solstrand. Det ble benyttet skuffe ved prøvetaking, og det ble tatt 30 delprøver som ble samlet til en samleprøve. Prøvene ble tatt høsten 2009.

Etter brenning av motorer fra Penguin-raketter øverst i Tønjumdalen ved Lærdal destruksjonsanlegg, ble det tatt en prøve av området i retning av bakblåsten. Prøven ble tatt fra en flate på omkring 4 x 6 meter. Det ble tatt 30 delprøver med skuffe som ble samlet til en samleprøve. Prøven ble tatt høsten 2008.

Tidligere er forurensningen av eksplosiver etter destruksjon av en 1000 pounds flybombe undersøkt og en lokalitet for destruksjon av M72 panservernraketter som har fått klikk ved avfiring. Disse resultatene er rapportert i FFI-rapport 2008/00535 [1].



Figur 2.6 Lokalisering av prøvepunkter på Storranden. Intern prøvenummerering er vist for de ni prøvene.

### 3 Forbehandling av prøver, ekstraksjon og kjemisk analyse

Alle jordprøvene ble tørket i romtemperatur før de ble siktet til under 2 mm. Fraksjonen under 2 mm ble så malt til pulver i en mølle, slik at prøven ble mest mulig homogen før uttak av prøve til kjemisk analyse. Rett etter nedmaling av prøven ble det tatt ut ett gram prøve til ekstraksjon av eksplosiver. Prøvene er blitt ekstrahert med acetonitril i mikrobølgeovn før ekstraktene er blitt analysert på en væskrokromatograf med en UV-detektor, tilkoblet et kvadropol massespektrometer, LC/MS. En halv liter vannprøve er ekstrahert med fast-fase kolonne. Det vises forøvrig til FFI-rapport 2008/00535 [1] for en mer fyldig beskrivelse av forbehandling, ekstraksjon og kjemisk analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter.

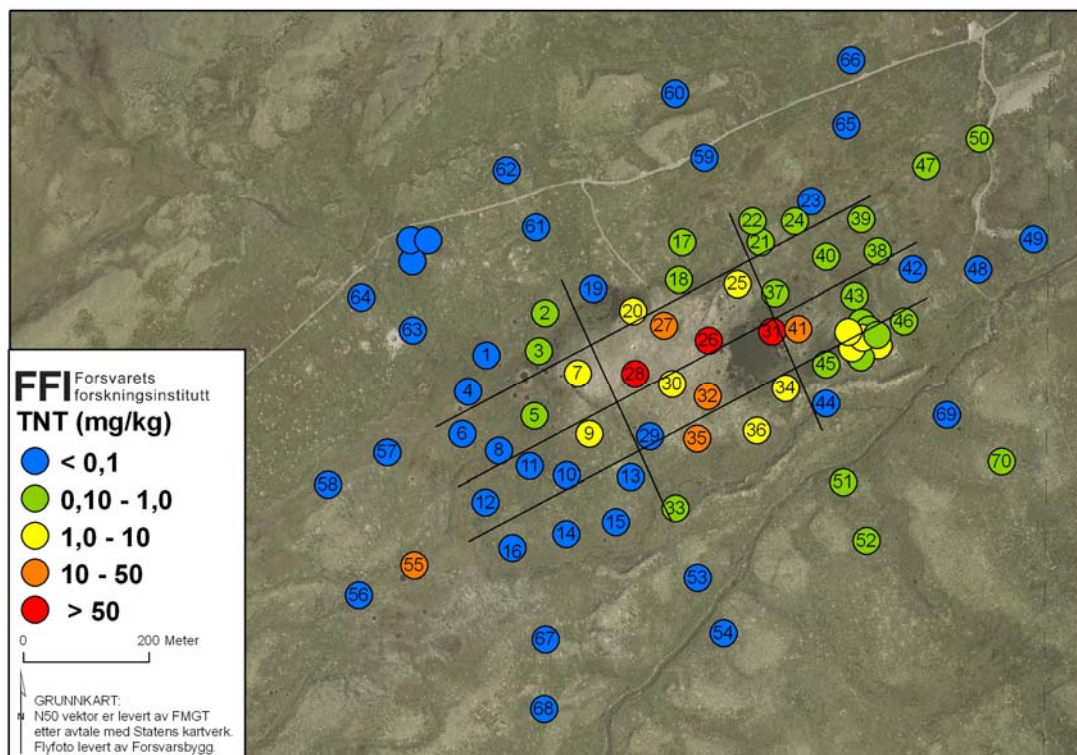
## 4 Resultater

### 4.1 Flybombefelt i Hjerkinnskytefelt

Konsentrasjonsnivåer av TNT i flybombefeltet er vist i Figur 4.1. Som Figur 4.1 viser, ser det ut til at hovedtyngden av eksplosivforurensningen er lokalisert til området med de største vegetasjonsskadene. Som en kan se av analyserapporten som er gjengitt i 0, er det rester av TNT som dominerer. I enkelte prøver er det også rester av andre eksplosiver. I de fleste prøvene er det påvist rester av ADNT, som er et nedbrytningsprodukt av TNT. Flybombefelt vil ha en relativt stor utstrekning, noe som fremgår av Figur 4.1. Det området i flybombefeltet i Hjerkinnskytefelt der konsentrasjonen av TNT ser ut til å være større enn 1 mg/kg er på omkring 66 mål.

Med bakgrunn i de resultatene som er fremkommet, anbefales det ved kartlegging av eksplosivforurensning, å konsentrere prøvetakingen til de områdene som viser størst skade på vegetasjonen. Det kan likevel være høye nivåer av eksplosiver utenfor dette området som prøvepunkt 55 er et eksempel på. Det er derfor viktig at all historisk informasjon over bruken av området blir tatt med i vurderingen når prøvetaking skal planlegges.

På grunn av størrelsen på det området som kan være forurensnet, er det behov for å planlegge med mange prøver for å få et godt bilde av forurensningssituasjonen. Vi anbefaler at prøvepunkter blir tilfeldig plassert og at et prøvepunkt er en kvadratmeter stor flate. I hvert prøvepunkt tas det 30 delprøver av overflaten som samles til en samleprøve. På grunn av at forurensningen i flybombefelt vil være fordelt ut over ganske store områder anbefaler vi at det som et minimum blir tatt prøver fra 30 prøvepunkter. En nærmere beskrivelse av hvordan prøvetaking i slike områder skal gjennomføres er oppsummert i FFI-rapport 2010/00116 [2].



Figur 4.1 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av TNT i flybombefeltet i Hjerkinn skytefelt. Prøvenummer for nye prøver er markert for hvert prøvepunkt.

## 4.2 Standplass for panservernvåpen

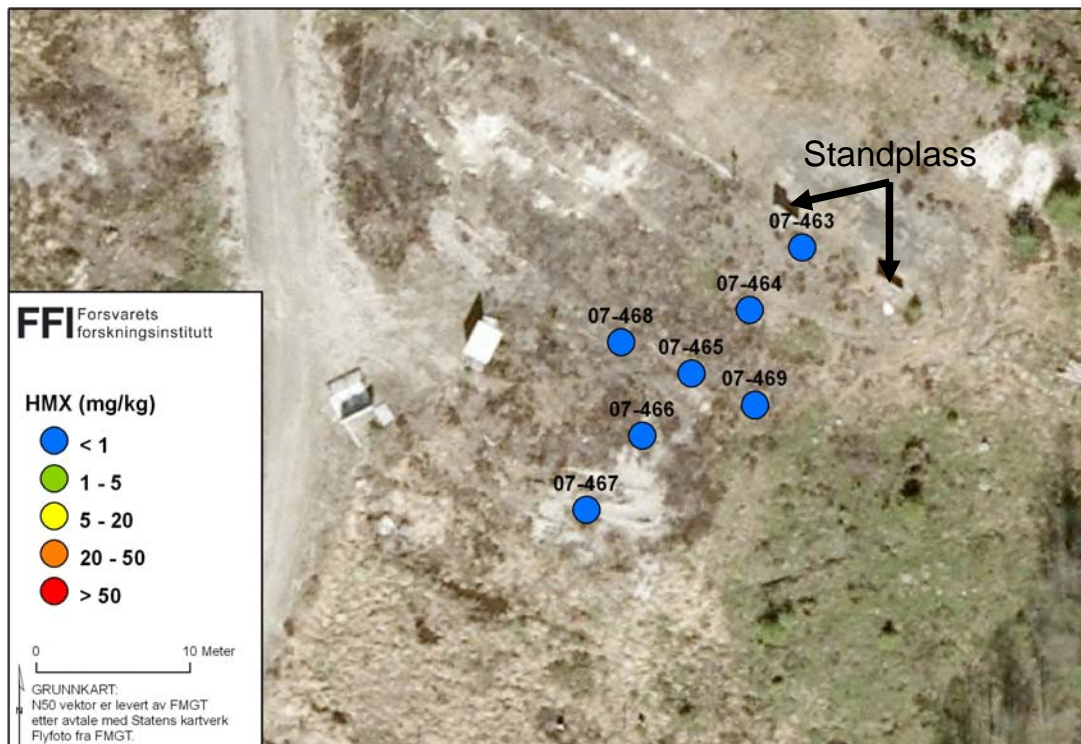
Ved undersøkelse av eksplosivforurensning på standplass til en panservernbane i Setermoen skytefelt ble det påvist relativt høye konsentrasjoner av HMX. På standplassen til en panservernbane i Steinsjøen skytefelt ble det påvist HMX, men i mer moderate konsentrasjoner (Figur 4.2). I panservernbanen i Terningmoen skytefelt ble det ikke funnet spor av HMX (Figur 4.3). Det kan også finnes spor av TNT og ADNT i området foran standplass på panservernbaner som vist i analyserapport i 0.

Ut fra de undersøkelsene som er gjort nå, ser det ut til at det i enkelte panservernbaner vil kunne være tildels høye konsentrasjoner av HMX foran standplass, mens det i andre panservernbaner ikke finnes spor av HMX. Dette er imidlertid vanskelig å oppdage ved prøvetaking, og det anbefales derfor at området foran standplass på panservernbaner undersøkes for rester av HMX. Årsaken til at HMX kan finnes ved standplass kan være at det er foretatt sprengning av klikk (ammunisjon som ikke har funksjonert ved våpenavfiring) i nærheten av standplass, samt at noen panservernraketter kan ha HMX-basert startladning til drivladningen. Det kan også ha forekommet at granater er blitt skutt i bakken og knust før de er blitt armert.





Figur 4.2 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av HMX på standplass i en panservernbane i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt.

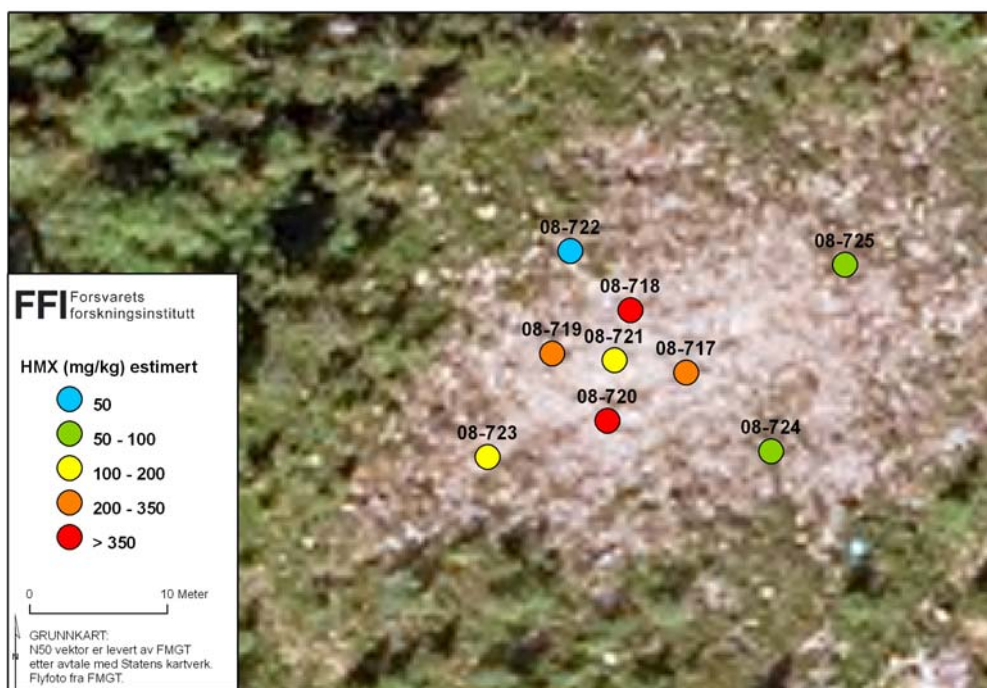


Figur 4.3 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av HMX på standplass i en panservernbane i Terningmoen skyte- og øvingsfelt.

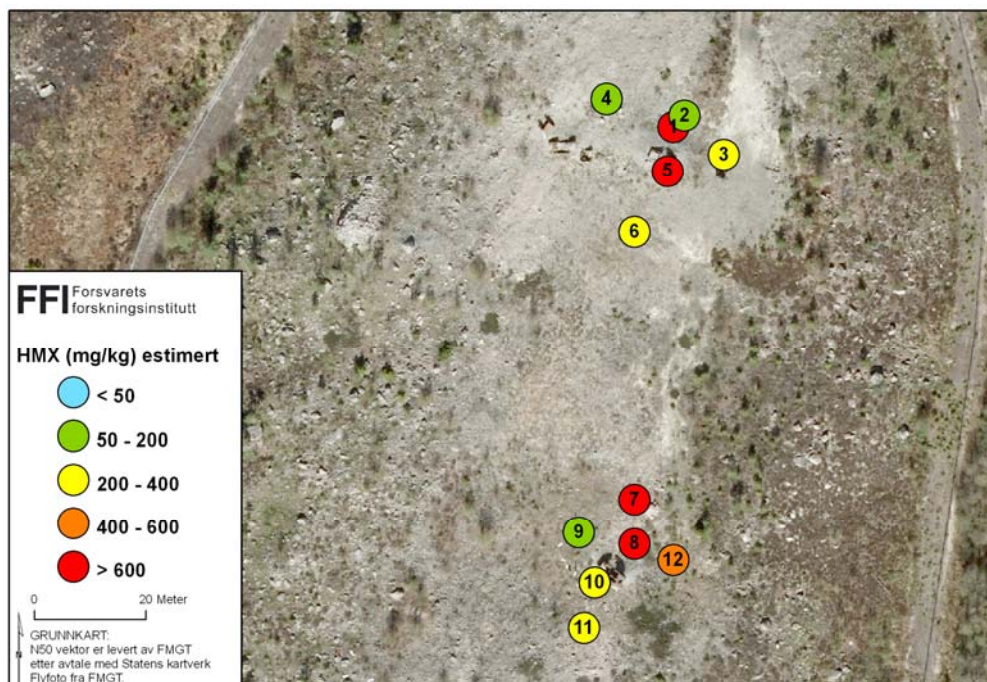
### 4.3 Målområde for panservernvåpen

I de to målområdene det ble tatt prøver fra, ble det registrert høye konsentrasjoner av HMX (Figur 4.4 og Figur 4.5). Dette er i overensstemmelse med det som tidligere er funnet i slike områder [1]. Det ser derfor ikke ut til at utformingen av målobjektet har betydning for mengden eksplosivrester i slike områder. Det ble også observert rene partikler med eksplosiver ved prøvetaking i målområdet til panservernvåpen. Forurensningen av HMX ser ut til å være konsentrert om nærområdet til målobjektene. I målområdet til panservernbaner vil det også kunne være rester av andre eksplosiver. Resultatene fra de analysene som er gjort av eksplosiver i målområdet til panservernbaner er gjengitt i 0.

I vannprøvene som ble tatt nedstrøms de to målområdene ble det påvist både HMX og ADNT. Det var imidlertid konsentrasjonen av HMX som var dominerende. Dette viser at det sannsynligvis er en viss transport eksplosiver ut fra målområdet. Undersøkelser gjort i Canada viser også at det er HMX som dominerer i overflatevann i nærheten av målområdet til panservernbaner [11].



Figur 4.4 Estimerte konsentrasjonsnivåer av HMX i målområdet til en panservernbane i Steinsjøen skyte- og øvingsfelt. Øvre kvantifiseringsgrense ved kjemisk analyse er på 50 mg/kg og konsentrasjoner over dette er estimert.



Figur 4.5 Estimerte konsentrasjonsnivåer av HMX i målområdet til en panservernbane i Terningmoen skyte- og øvingsfelt. Øvre kvantifiseringsgrense ved kjemisk analyse er på 50 mg/kg og konsentrasjoner over dette er estimert.

#### 4.4 Identifisering av eksplosivpartikler i jordprøver

##### 4.4.1 Undersøkelse av partikler

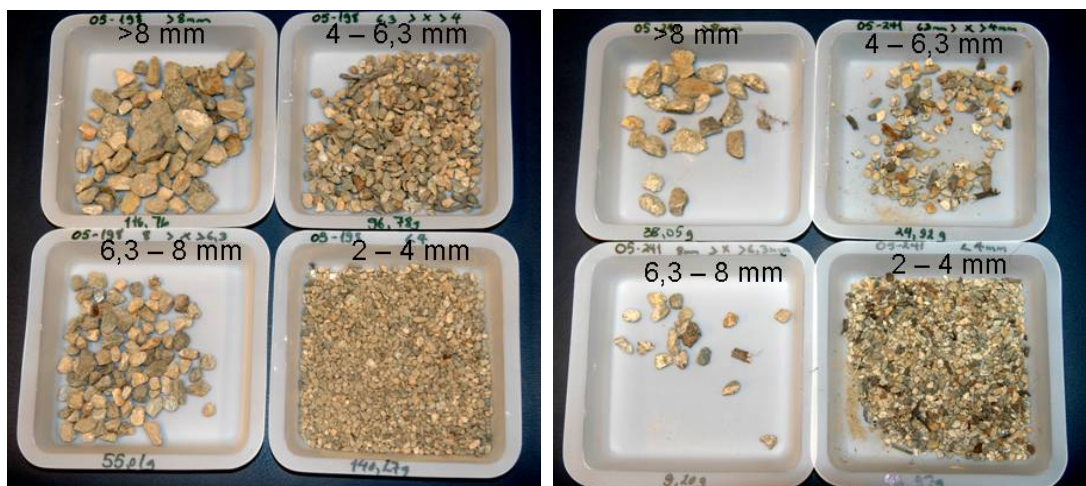
Tabell 4.1 viser fordelingen av partikler i de fire fraksjonene som prøven ble delt i da fraksjonen større enn 2 mm ble siktet gjennom de tre siktene på 8 mm, 6,3 mm og 4 mm. For å vise kornfordelingen av hele jordprøven, er fraksjonen under 2 mm, som det er målt eksplosiver i, også tatt med. Tallene i parentes angir prosentvis andel de ulike fraksjonene utgjør av hele jordprøven. Den største fraksjonen basert på masse, er den under 2 mm. Denne fraksjonen utgjør 59 – 90 % vektprosent av den totale prøven. Den nest største fraksjonen er den der partiklene er mellom 2 og 4 mm. Fordelingen mellom fraksjonene vil være avhengig av jordtypen.



Prøve	< 2 mm	2 – 4 mm	4 – 6,3 mm	6,3 – 8 mm	> 8 mm
05-197	830,7 (73,7)	118,7 (10,5)	69,8 (6,2)	30,1 (2,7)	77,3 (6,9)
05-198	878,0 (68,2)	140,3 (10,9)	96,8 (7,5)	55,0 (4,3)	116,8 (9,1)
05-205	248,2 (65,0)	44,7 (11,7)	31,4 (8,2)	15,9 (4,2)	41,8 (10,9)
05-211	347,4 (58,9)	82,7 (14,0)	56,6 (9,6)	29,0 (4,9)	74,1 (12,6)
05-241	560,3 (82,5)	47,0 (6,9)	24,9 (3,7)	9,2 (1,5)	38,1 (5,6)
05-242	638,8 (78,2)	54,0 (6,6)	30,7 (3,8)	16,5 (2,0)	77,2 ((9,4)
05-784	869,5 (77,6)	116,4 (10,4)	55,5 (4,9)	23,3 (2,1)	56,6 (5,1)
05-825	80,3 (72,9)	22,4 (20,3)	7,5 (6,8)	1 stein	0
05-856	479,5 (63,0)	120,2 (15,8)	71,3 (9,4)	32,1 (4,2)	58,5 (7,7)
05-985	411,6 (93,3)	12,8 (2,9)	5,5 (1,3)	2,5 (0,6)	8,6 (1,9)
05-986	102,1 (90,3)	5,4 (4,8)	4,2 (3,7)	1,4 (1,3)	0
06-941	579,8 (74,0)	86,3 (11,0)	49,0 (6,3)	16,5 (2,1)	51,7 (6,6)

Tabell 4.1 Fordeling av masse i de fire nye fraksjonene etter sikting samt fraksjonen under 2 mm. Mengder er oppgitt i gram, tall i parentes er prosentvis andel av totalvekt.

Bilder av de ulike fraksjonene i prøvene 05-198 og 05-241 etter sikting er vist i Figur 4.6. Forskjellen i mengder i de ulike fraksjonene er godt illustrert i bildene, og man ser tydelig at det er mest av den fraksjonen med de minste partiklene.



Figur 4.6 Bilder av de fire fraksjonene etter sikting av prøvene 05-198 (til venstre) og 05-241.

Antall partikler som ble plukket ut fra de ulike fraksjonene er gitt i Tabell 4.2. Det ble plukket ut 3 partikler som er større enn 8 mm. To av disse er fra 05-197, som er tatt på demoleringsplassen i

Hjerkinn skytefelt. Den tredje partikkelen er fra 05-784 som er fra målområdet til panservernbanen i Setermoen skytefelt. I fraksjonen mellom 6,3 og 8 mm, ble det ikke detektert noen eksplosivbiter. Fra de to minste fraksjonene ble det plukket ut mange partikler, 40 stk fra fraksjonen mellom 4 og 6,3 mm, og 153 stk fra fraksjonen mellom 2 og 4 mm. Tilsammen ble det tatt ut 196 partikler. Bortsett fra partiklene tatt på demoleringsfeltet på Hjerkinn, er det sannsynligvis mange steiner blant disse partiklene. Uttaket har vært konservativt for å være på den sikre siden. Eksempler på partikler som er tatt ut er vist i Figur 4.7 og Figur 4.8. Der vises henholdsvis partikler tatt fra de to minste fraksjonene i 05-241, og de fire fraksjonene i prøve 05-211 samt de partiklene som er tatt ut fra fraksjonen mellom 4 og 6,3 mm.

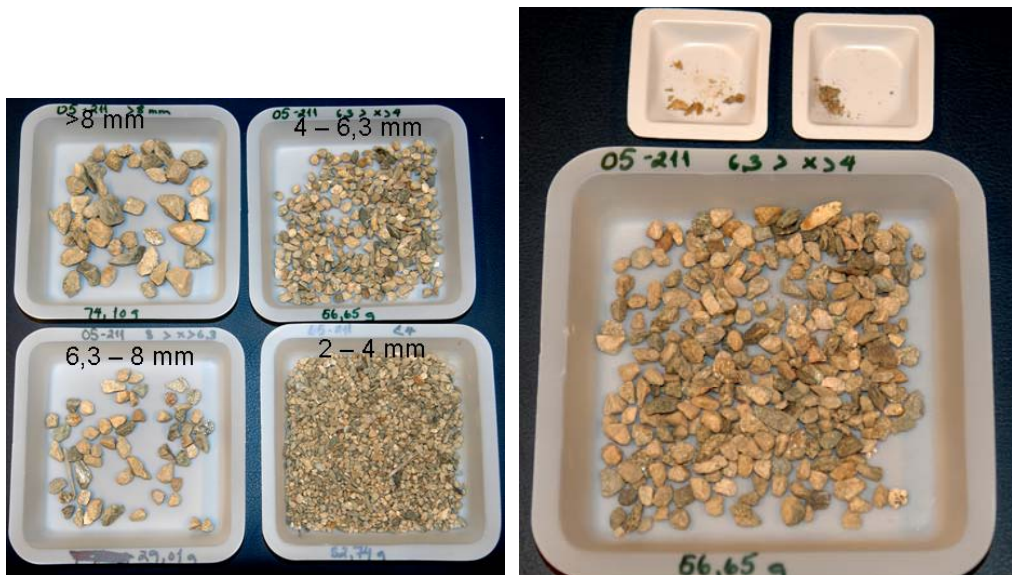
Prøve	2 – 4 mm	4 – 6,3 mm	6,3 – 8 mm	> 8 mm
05-197	0	3	0	2 (1)
05-198	2 (2)	2	0	0
05-205	27 (26)	3 (2)	0	0
05-211	2 (1)	2	0	0
05-241	22	13	0	0
05-242	2	5	0	0
05-784	35 (4)	11	0	1
05-825	0	0	-	-
05-856	3	1	0	0
05-985	2	0	0	0
05-986	0	0	0	0
06-941	58	0	0	0
Sum	153 (33)	40 (2)	0	3 (1)

Tabell 4.2 Oversikt over antall partikler som er plukket ut fra de ulike fraksjonene og som man mistenker kan være et eksplosiv. Det er summert opp antall partikler for hver fraksjon. De røde tallene i parentes viser antall partikler som er identifisert som eksplosivpartikler.





Figur 4.7 Utvalgte partikler fra prøve 05-241 som skal undersøkes om de er eksplosiver. Bildet til venstre viser fraksjonen mellom 4 og 6,3 mm, mens de partiklene som er mistenkt å være eksplosivpartikler er samlet i de små plastbegrene. Bildet til høyre viser det samme for fraksjonen under 4 mm.



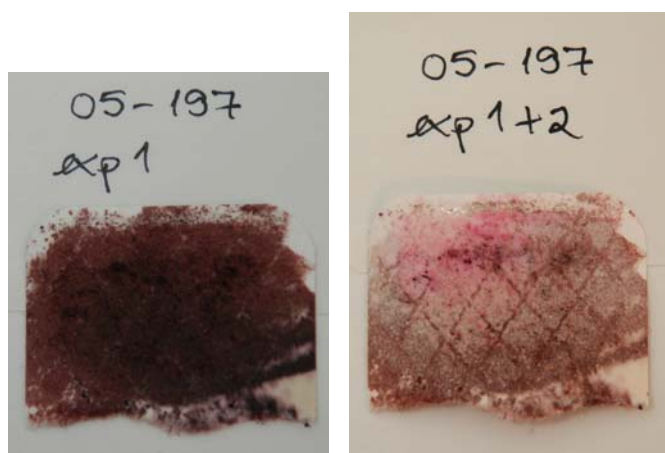
Figur 4.8 Bildet til venstre viser de fire fraksjonene etter sikting av prøve 05-211. Bildet til høyre viser fraksjonen 4 – 6,3 mm, mens de partiklene som er mistenkt å være eksplosivpartikler er samlet i de små plastbegrene.

#### 4.4.2 Undersøkelse med Expray

Tabell 4.3 viser en oversikt over utslag på testpapiret etter at partiklene ble testet med de tre sprayene i Expray-settet. Bare de partiklene som har testet positivt i testen er tatt med. Alle de andre partiklene hadde negative utslag og er med stor sannsynlighet ikke eksplosivpartikler.

En klar indikasjon på TNT er et tydelig brunt utslag etter bruk av Expray 1. Etter bruk av Expray 2 og Expray 3 får man en svak rosa farge hvis partikkelen er TNT. Hvis man med Expray 2 får en sterk rosa farge, indikerer dette at forbindelser som RDX, HMX og NG er detektert. Expray 3 forandrer ikke dette fargeutslaget hvis disse stoffene er tilstede. Expray 3 skal bare benyttes hvis man ikke har fått utslag på Expray 2. Ingen av de testede partiklene gav utslag på Expray 3. Det vil si at det ikke ble detektert uorganiske nitratsalter som for eksempel ammoniumnitrat og svartkrutt blant partiklene.

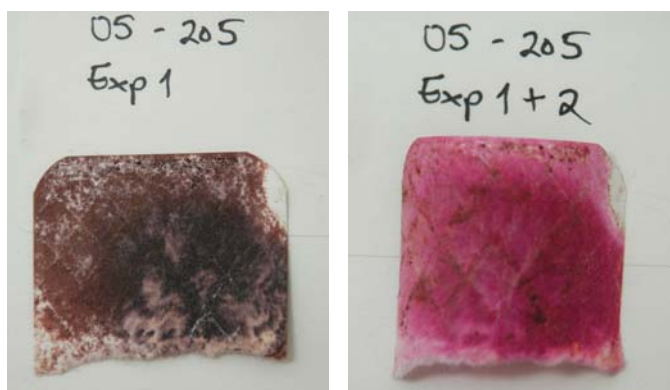
Flere av partiklene gav en klar indikasjon på TNT. Dette gjelder partiklene fra 05-197, 05-198 og 05-211. I disse prøvene ble det også påvist høye konsentrasjoner av TNT ved kjemisk analyse av fraksjonen mindre enn 2 mm (Tabell 2.1). Typisk fargeutslag for en TNT-partikkel er vist i Figur 4.9 for partikkelen større enn 8 mm fra prøve 05-197. Også partiklene fra 05-205 er TNT, bortsett fra de syv partiklene mellom 2 og 4 mm som også har reagert med Expray 2 (Figur 4.10). Dette viser at et nitroamin eller en nitroester også er tilstede. Den kjemiske analysen av fraksjonen mindre enn 2 mm i denne prøven viser et høyt innhold av RDX. Det er derfor sannsynlig at disse partiklene er RDX. Fire partikler mellom 2 og 4 mm fra prøve 05-784 gav utslag på både TNT og nitroamin/ nitroester. I denne prøven ble det funnet høye konsentrasjoner av HMX i fraksjonen mindre enn 2 mm, og utslag på nitroamin/nitroester i Expray skyldes sannsynligvis innhold av HMX partikler.



Figur 4.9 Utslag på Expray 1 og Expray 2 fra partikkelen som er større enn 8 mm fra prøve 05-197.

Prøve	Fraksjon	Partikler	Expray 1	Expray 2	Expray 3	Eksplisiv ?
05-197	> 8 mm	1	Brun	Litt rosa	÷	TNT
05-198	2 – 4 mm	2	Brun	Litt rosa	÷	TNT
05-205	4 – 6,3 mm	2	Brun	Litt rosa	÷	TNT
05-205	2 – 4 mm	18	Brun	Litt rosa	÷	TNT
05-205	2 – 4 mm	1	Brun	Litt rosa	÷	TNT
05-205	2 – 4 mm	7	Brun	Sterk rosa	÷	TNT + RDX/HMX
05-211	2 – 4 mm	1	Brun	Litt rosa	÷	TNT
05-241	2 – 4 mm	9	Noen brune spots	Noen rosa spots	÷	Spor av TNT på partiklene
05-784	4 – 6,3 mm	2	÷	Noen rosa spots	÷	Spor av HMX/RDX på partiklene
05-784	2 – 4 mm	4	Brun	Sterk rosa	÷	TNT + RDX/HMX/NG
05-784	2 – 4 mm	1	Brun	1 rosa prikk	÷	Noe TNT + spor av RDX/HMX
05-784	2 – 4 mm	1	Noe brunt	Noe rosa	÷	Spor av TNT?
05-856	2 – 4 mm	Jord med hvite prikker	÷	Noen sterk rosa spots	÷	Spor av HMX/RDX
06-941	2 – 4 mm	2	1 brun prikk	÷	÷	Spor av TNT på partiklene
06-941	2 – 4 mm	1	÷	Noen rosa spots	÷	Spor av RDX/HMX på partikkelen

Tabell 4.3 Resultater etter første test av partikler med Expray-settet med angivelse av hva slags eksplisiv som kan ha gitt utslaget. ÷ indikerer ingen utslag.



Figur 4.10 Utslag på Expray 1 og Expray 2 fra syv partikler i prøve 05–205 med størrelse mellom 2 og 4 mm.

Noen av partiklene gav veldig svake utslag på Expray-settet. Et eksempel på dette er de ni partiklene fra 05–241 som har størrelse mellom 2 og 4 mm. Der ble det kun noen punktvis, brune utslag med Expray 1 og noen rosa punkter med Expray 2. Dette kan indikere at utslagene stammer fra støvkorn fra eksplosiver som har vært festet til partiklene og som har blitt overført til testpapiret og dermed gitt utslag på Expray.

Det samme gjelder også for de andre partiklene som bare har gitt punktvis utslag på Expray, de fleste partiklene fra 05–784 og alle fra 05–856 og 06–941. Noen av disse partiklene ble derfor testet enda en gang med Expray-settet for å verifisere de første resultatene. Andre testomgang ble utført etter at partiklene var testet på E3500. Resultatene fra den andre testen med Expray er vist i Tabell 4.4. I den andre omgangen har enkelte av partiklene ikke gitt noe utslag på Expray-settet selv om de gav noe fargeutslag første gangen. Dette styrker antagelsen om at det er eksplosivstøv på disse partiklene som har gitt utslag og ikke partiklene selv. En partikkel mellom 4 og 6,3 mm fra 05–784 gav på nytt sterk rosa punkter etter bruk av Expray 2, noe som tyder på at dette er en eksplosivpartikkel, sannsynligvis HMX.

Fra prøve 05–856 var det plukket ut noen kompakte jordpartikler med tydelige små, hvite prikker inni. Etter andre gangs testing med Expray, får man utslag etter Expray 2. Dette tyder på at de hvite prikkene kan være små eksplosivpartikler, sannsynligvis HMX, ettersom det ble funnet høy konsentrasjon av HMX i fraksjonen under 2 mm.

Prøve	Fraksjon	Antall partikler	Utslag på Expray, andre test
05-241	2 – 4 mm	9	Ingen utslag på noen av sprayene
05-784	4 – 6,3 mm	1	Sterkt rosa punkter etter Expray 2
05-784	2 – 4 mm	1	Ingen utslag på noen av sprayene
05-784	2 – 4 mm	1	Ingen utslag på noen av sprayene
05-784	2 – 4 mm	4	Brun etter Expray 1 og mørk rosa etter Expray 2
05-856	2 – 4 mm	Jord med hvite prikker	Sterkt rosa punkter etter Expray 2
06-941	2 – 4 mm	1	Ingen utslag på noen av sprayene
06-941	2 – 4 mm	2	Ingen utslag på noen av sprayene

Tabell 4.4 Resultater etter andre testing med Expray-settet på noen av partiklene. I tilfeller der det i samme fraksjon og prøve er angitt flere resultater, skyldes dette at partikler av ulik karakter er undersøkt separat.

#### 4.4.3 Undersøkelse med håndholdt eksplosivdetektor

Åtte typer partikler ble undersøkt med den håndholdte eksplosivdetektoren E3500. Dette var partikler man ønsket å undersøke litt nærmere etter testing med Expray. Resultatene fra testing med E3500 er gitt i Tabell 4.5. Detektoren har lave deteksjonsgrenser, men den gir bare utslag om et eksplosiv er tilstede eller ikke. Den kan ikke angi mengde og type eksplosiv. E3500 har gitt

positivt utslag på tre av partikkeltypene. Dette gjelder fem partikler fra prøve 05–784 og en samling små partikler fra prøve 05–241. Sammenliknet med resultatene fra Expray, tyder det på at det kun er de fire partiklene mellom 2 og 4 mm fra 05–784 som er eksplosivpartikler.

Prøve	Fraksjon	Antall partikler	Utslag på E3500
05-241	2 – 4 mm	9	Positivt
05-784	4 – 6,3 mm	1	Positivt
05-784	2 – 4 mm	1	Negativt
05-784	2 – 4 mm	1	Negativt
05-784	2 – 4 mm	4	Positivt
05-856	2 – 4 mm	Jord med hvite prikker	Negativt
06-941	2 – 4 mm	1	Negativt
06-941	2 – 4 mm	2	Negativt

Tabell 4.5 Resultater etter testing av partikler med eksplosivdetektoren E3500. I tilfeller der det i samme fraksjon og prøve er angitt flere resultater, skyldes dette at partikler av *ulik karakter er undersøkt separat*.

#### 4.4.4 Oppsummering for undersøkelse av eksplosivpartikler større enn 2 mm

Når alle resultater tas i betraktning, kan den endelige konklusjonen angående innhold av eksplosivpartikler større enn 2 mm trekkes. Partiklene som er identifisert som eksplosivpartikler er gitt i Tabell 4.6. Det ble funnet én partikkel over 8 mm som var en eksplosivklump, deretter var det to partikler mellom 4 og 6,3 mm. Flest eksplosivpartikler ble funnet i fraksjonen mellom 2 og 4 mm, her var det 33 partikler fra til sammen 5 jordprøver. Totalt ble det funnet 36 eksplosivpartikler, noe som er 18 % av de utvalgte partiklene. I Tabell 4.2 ser vi, angitt med rødt, hvilke av de uttatte partiklene som er identifisert som eksplosivpartikler. Flest partikler ble det funnet i 05–205. Vekten av disse er tilsammen 0,793 g, noe som utgjør hele 0,21 % av denne jordprøven. Den store partikkelen fra 05–197 veier 0,5296 g, og dette utgjør 0,047 % av den totale prøven.

Partiklene tatt fra prøvene 05–197, 05–198, 05–205 og 05–211 er alle eksplosivpartikler, enten TNT alene eller TNT sammen med et nitramin. Der TNT er i blanding med et nitramin, er dette sannsynligvis RDX, og antageligvis Comp B, som er en blanding av disse to stoffene. De ni partiklene som er fra 05–241 er antageligvis steiner som har vært dekket med støv av TNT. Disse støvpartiklene har gitt utslag på første test av Expray og E3500. Siste test på Expray gav ikke noe utslag, og det tolkes som at det ikke var mer TNT-støv igjen på partiklene til å avsettes på prøvepapiret til Expray. Partiklene i seg selv er derfor ikke eksplosiver. Dette er også tilfelle for resten av de testede partiklene som har gitt små utslag på Expray. Unntatt fra dette er de fire partiklene fra 05–784 med størrelse mellom 2 og 4 mm. Dette er TNT i blanding med et nitramin, mest sannsynlig HMX, som utgjør Octol, som er en type eksplosiv benyttet i panservernraketter.

Det er lite sannsynlig at utslaget skyldes RDX. I så fall må partiklene være Comp B, men denne eksplosivblandingen finner man vanligvis ikke i en panservernrakett.

I prøve 05–856 hvor det er analysert på kompakte jordpartikler med noen tydelige, hvite små partikler, ble det ikke utslag på eksplosivdetektoren, men begge ganger gav det sterkt rosa punkter med Expray 2. Dette tyder på at det er noe HMX/RDX/NG/NC/PETN tilstede i jordklumpene, og det kan tolkes som om det er de hvite prikkene som har gitt utslaget. Denne prøven er fra standplass for panservernvåpen og panservernraketter, og kan derfor inneholde flere av de nevnte eksplosivene. Det er blant annet NG og NC i drivladningen, PETN i startladninger, og HMX eller TNT i sprengladningene.

Eksplosivpartikler som er større enn 2 mm er det mest sannsynlig å finne på demoleringsplasser. Hovedsakelig vil dette være TNT eller Comp B (TNT+RDX) eller Octol (TNT+HMX). I målområdet for panservernraketter ble det funnet fire små eksplosivpartikler. Mest sannsynlig vil partiklene man finner her være HMX, men dette vil avhenge av hvilken type panservernrakett som er skutt.

Undersøkelsene viser at det i prøver som inneholder høye konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen mindre enn 2 mm, også kan ha eksplosivpartikler i den fraksjonen som er større enn 2 mm. Denne fraksjonen blir vanligvis ikke analysert da jord klassifiseres som fraksjonen mindre enn 2 mm. Hvis fraksjonen under 2 mm har påvist høye verdier av eksplosiver, bør også fraksjonen over 2 mm analyseres for innhold av eksplosiver.

Med bakgrunn i de resultater som er fremkommet fra undersøkelser av eksplosivpartikler større enn 2 mm i utvalgte prøver, ser det ut til at det i liten grad vil være en vesentlig fare for at en akutt skade skal oppstå. Men det må bemerkes at det både på demoleringsplass og i målområdet til panservernbane er observert godt synlige eksplosivpartikler. Det kan derfor være en noe større fare for at en akutt skade skal oppstå, enn det som de gjennomførte undersøkelsene antyder. En grundigere vurdering av hvilken risiko som kan være knyttet til eksplosivpartikler er gjort i "Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydding og avhending av skytebaner og øvingsfelt" [2].

Når man er ute i felt og samler prøver, skal man av sikkerhetshensyn ikke plukke opp synlig store eksplosivpartikler og ta dem med tilbake til laboratoriet. Det skal imidlertid noteres at slike partikler er funnet. Ved vurdering av eksplosivkonsentrasjon på lokaliteten må disse opplysningene tas med, slik at risikoen knyttet til eksplosivforurensningen blir mest mulig korrekt. Når større eksplosivbiter oppdages, bør det noteres hvor de er, og størrelsen bør anslås. Eventuelt kan partiklene veies med medbrakt vekt. Informasjon om antall partikler og størrelsen er viktig for en risikovurdering av stedet.



Prøve	Fraksjon	Antall partikler	Vekt per partikkel (g)	Andel av hele prøven (%)	Eksplisiv
05-197	> 8 mm	1	0,5296	0,047	TNT
05-198	2 – 4 mm	2	0,01	0,0016	TNT
05-205	4 – 6,3 mm	1	0,1208	0,032	TNT
05-205	4 – 6,3 mm	1	0,1483	0,039	TNT
05-205	2 – 4 mm	18	0,0235	0,111	TNT
05-205	2 – 4 mm	1	0,0281	0,0074	TNT
05-205	2 – 4 mm	7	0,0104	0,019	TNT + HMX/RDX
05-211	2 – 4 mm	1	0,0243	0,004	TNT
05-784	2 – 4 mm	4	0,014	0,005	TNT + HMX/RDX

Tabell 4.6 Undersøkte partikler som er identifisert som eksplosivpartikler. Vekt av partiklene er angitt og den prosentvise andel partiklene har i hele jordprøven.

#### 4.5 Undersøkelse av perkloratforurensning

Konsentrasjonen av perklorat varierte voldsomt i jordprøvene fra de ulike områdene i skytefelt (Tabell 4.7). Den høyeste konsentrasjonen av perklorat ble funnet i en prøve fra demoleringsplassen i Svånådalen i Hjerkinnskytefelt. Perklorat er ikke et eksplosiv som vil detonere, men vil isteden deflagrere. Ved destruksjon av ammunisjon ved sprengning, kan det være at perklorat ikke er blitt fullstendig omsatt. Dette ble tydelig observert i Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal, da uttesting av metoder for destruksjon av cargoammunisjon ble gjennomført. Prøver tatt før og etter disse testene viste en betydelig økning i konsentrasjonen av perklorat på overflaten av bakken (Tabell 4.7).

Det ble også funnet relativt høye konsentrasjoner av perklorat både på standplass og i målområdet på panservernbaner. Ammunisjon for panservernvåpen inneholder perklorat. Det er derfor naturlig at det vil finnes rester av perklorat i disse områdene. I de andre undersøkte områdene ble det også påvist perklorat, men konsentrasjonen i disse områdene var relativt lav.

Med bakgrunn i toksikologiske og fysiokjemiske data for perklorat og regneverktøyet til SFT, har FFI foretatt beregninger av helserelevant normkonsentrasjon for ammoniumperklorat i jord. Normkonsentrasjon for mest følsom arealbruk for ammoniumperklorat er på 0,076 mg/kg. FFI har også beregnet et akseptkriterium i jord for sau på 0,77 mg/kg. Med bakgrunn i de undersøkelser som er gjort, og som må regnes som stikkprøver i de ulike typer områder i et skytefelt, vil det være i demoleringsfelt og i panservernbaner at perklorat vil kunne utgjøre et forurensningsproblem.

Lokalitet	FFI-NR	Perklorat (mg/kg)
Andøya, NASAMS-fyring	06-476	0,053
Andøya Rakettskytefelt, eldre launcher	08-406	< 0,0010
Andøya Rakettskytefelt, nyere launcher	08-409	0,0065
FFIs testområde for rakettmotorer	07-007	0,14
FFIs sprengningsplass	07-008	0,072
Halkavarre, flybombefelt	05-694	0,0076
Halkavarre, flybombefelt	05-695	0,013
Hjerkinn, demoleringsplass Svånådalen	05-189	1,7
Hjerkinn, demoleringsplass Svånådalen	05-200	26
Hjerkinn, flybombefelt	05-241	0,0018
Lærdal, Øyradalen, demoleringsgrop, 2006	06-982	0,030
Lærdal, Øyradalen, etter demolering av cargoammunisjon, 2008	08-1079	0,77
Lærdal, brenning av Penguinmotor	08-1099	0,0010
Setermoen, håndgranatbane	05-861	0,022
Setermoen, håndgranatbane	05-873	0,0093
Setermoen, målområde panservernbane	05-784	2,8
Setermoen, standplass panservernbane	05-853	5,7
Steinsjøen, målområde panservernbane	08-721	0,12

Tabell 4.7 Oversikt over målte konsentrasjoner av perklorat i prøver fra ulike områder i skyte- og øvingsfelt.

#### 4.6 Bestemmelse av tungmetaller i prøver fra ulike områder i skyte- og øvingsfelt med XRF

En rekke prøver ble målt med XRF for å undersøke innholdet av tungmetaller i de samme områdene som ble undersøkt for innhold av eksplosiver. Resultatene fra dette arbeidet er oppsummert i Tabell 4.8. Det var få av de undersøkte prøvene som gav utslag over deteksjonsgrensen for bly. I to områder ble den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly målt til over 100 mg/kg. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet på standplass til feltskytebane, mens den nest høyeste konsentrasjonen ble funnet på standplass for panservern. Her var det riktignok bare to av 15 målte prøver som var over deteksjonsgrensen til XRF-instrumentet. På standplass for håndvåpen er det tidligere funnet forhøyde konsentrasjoner av bly [12]. Undersøkelser av utslipp fra ulike kombinasjoner av håndvåpen og ammunisjon viser også at det er et utslipp av bly ved standplass når det benyttes blyholdige prosjektil [13]. Resultatene for bly er noenlunde i overensstemmelse med de kontrollmålinger som ble gjort med ICP-AES (Tabell 4.9). Ut fra målinger som er gjort synes det som om bly ikke utgjør et vesentlig forurensningsproblem i de undersøkte områdene. Et unntak vil være standplass på skytebane for håndvåpen, der det bør gjennomføres kartlegging av tungmetaller.

XRF-målingene indikerte relativt høy konsentrasjon av både kobber og sink i de fleste prøvene. Kontrollmålinger med ICP-AES viser at dette med stor sannsynlighet ikke er tilfelle (Tabell 4.9).



Det knytter seg derfor stor usikkerhet til konsentrasjonene av kobber og sink i Tabell 4.8. Ut fra kontrollmålingene som er gjort, tyder det på at det kan være høye konsentrasjoner av kobber i demoleringsfeltet. Undersøkelse av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal viser at det i slike områder vil akkumuleres kobber [14;15].

Lokalitet	Antall prøver	Pb, mg/kg (antall > LOD)	Cu, mg/kg (antall > LOD)	Zn, mg/kg (antall > LOD)
Målområde panservern	13	57 (2)	2300 (12)	1200 (13)
Standplass panservern	15	120 (2)	2300 (15)	1400 (15)
Håndgranatbane	18	79 (2)	3200 (15)	1700 (17)
Målområde artilleri	11	30 (1)	1200 (10)	700 (10)
Standplass artilleri	9	68 (4)	1700 (9)	1100 (9)
Demoleringsfelt	13	38 (2)	990 (10)	580 (11)
Flybombefelt Hjerkin	17	< LOD (0)	1000 (12)	600 (13)
Flybombefelt Halkavarre	37	72 (1)	1500 (33)	870 (35)
Standplass feltskytebane	19	160 (8)	1900 (18)	1100 (19)

Tabell 4.8 Oversikt over den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) målt med XRF i jordprøver fra ulike baner i skyte- og øvingsfelt. < LOD betyr mindre enn deteksjonsgrensen til XRF-instrumentet. Verdier i parentes indikerer antall prøver som har en konsentrasjon over deteksjonsgrensen (> LOD) til XRF-instrumentet.

Lokalitet	As, mg/kg	Cd, mg/kg	Cr, mg/kg	Cu, mg/kg	Hg, mg/kg	Ni, mg/kg	Pb, mg/kg	Zn, mg/kg
Målområde panservern Setermoen	6,2	0,122	92,2	536	<1,0	22,6	14,7	74
Standplass panservern Setermoen	<3,0	4,05	91,6	80	<1,0	18,4	51,5	211
Håndgranatbane Setermoen	3,7	0,637	139	223	<1,0	33,9	28,7	269
Demoleringsfelt Hjerkin	<3,0	2,45	93,1	5420	<1,0	18,6	25,4	116
Flybombefelt Hjerkin	<3,0	0,359	87,9	<30	<1,0	16,7	6,02	36
Standplass feltskytebane Terningmoen	<3,0	0,127	82,1	74	<1,0	10,7	142	53

Tabell 4.9 Oversikt over konsentrasjon av tungmetaller i prøver fra ulike områder i skytefelt kontrollmålt etter oppslutning og kjemisk analyse med ICP-AES. Tallene representerer kun en prøve fra hvert område.

Det var på standplass for panservern og i håndgranatbane at de høyeste konsentrasjonene av sink ble funnet ved måling med XRF. Ved kontrollmåling i laboratoriet med ICP-AES er det de samme to lokalitetene som har de høyeste konsentrasjonene. Det er derfor grunn til å tro at

konsentrasjonen av sink vil være lavere enn 200 mg/kg i de andre områdene. Det ser derfor ikke ut til at sink utgjør et forurensningsproblem i de undersøkte områdene.

#### 4.7 Kvantifisering av eksplosivresten etter destruksjon av ammunisjon i felt

I prøven som ble tatt i området der det var foretatt brenning av Penguinmotor i Tønjumdalen i Lærdal, ble det ikke funnet konsentrasjoner av eksplosiver over deteksjonsgrensen. Som nevnt i Kapittel 4.5 var det kun spor av perklorat som ble funnet i denne prøven. Det kan derfor se ut til at denne typen aktivitet i liten grad fører til at rester av eksplosiver blir liggende i disse områdene.

##### 4.7.1 Sprengning av blindgjengere ved Haukberget

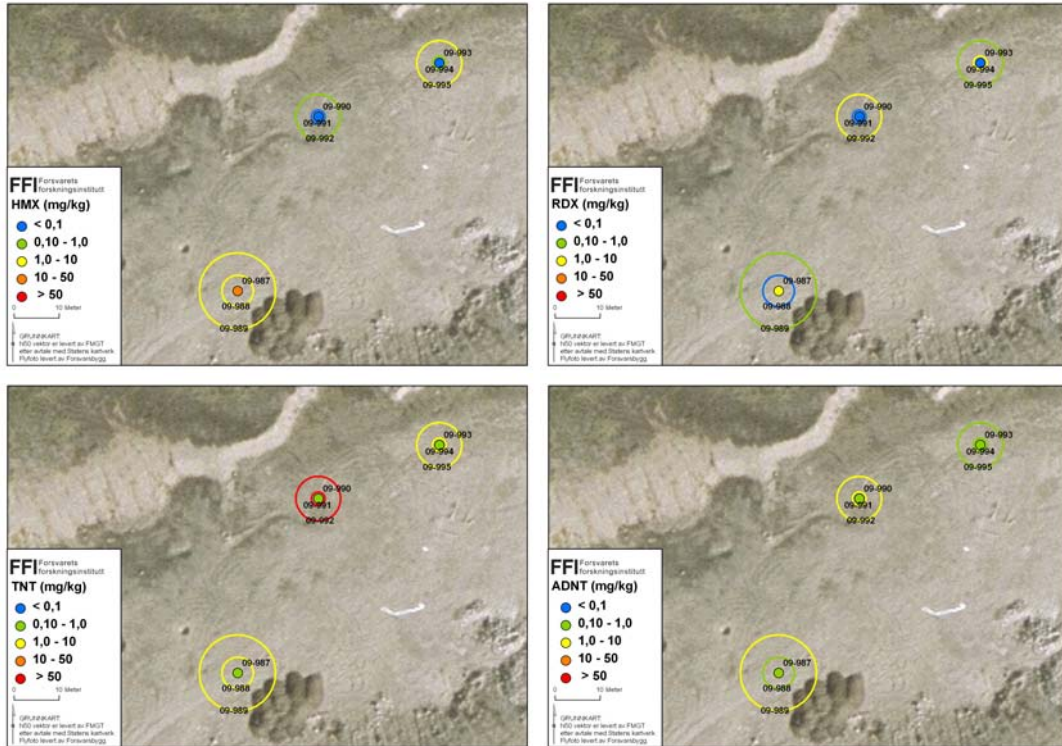
I de tre prøvene som ble tatt i forbindelse med destruksjon av blindgjengere ved to lokaliteter ved Haukberget i Hjerkinnskytefelt, var det kun i en prøve at det ble funnet mindre mengder av TNT. Det ble ikke funnet rester av andre eksplosiver i disse prøvene. Tabell 2.2 viser en oversikt over konsentrasjonen til de mest vanlige eksplosivene og nedbrytningsprodukt, mens analyserapporten er gjengitt i 0. Det var relativt lite ammunisjon som ble destruert ved begge lokalitetene, men spesielt lite der kun mindre objekter ble destruert. Resultatene tyder på at det ikke blir store rester av eksplosiver ved slik destruksjon av blindgjengere. Det ble kun tatt tre prøver, noe som er for lite til å avgjøre om slik destruksjon kan føre til rester av eksplosiver som kan ha betydning for miljøet.

Lokalitet	HMX mg/kg	RDX mg/kg	TNT mg/kg	ADNT mg/kg
Destruksjon av noen mindre objekter Prøve fra kraterområdet	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Destruksjon av noen større objekter Prøve fra krater	< 0,05	< 0,05	0,14	< 0,05
Destruksjon av noen større objekter Prøve tatt 1 m utenfor krater	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tabell 4.10 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i prøver tatt etter destruksjon av blindgjengere på Haukberget i Hjerkinnskyte- og øvingsfelt.

##### 4.7.2 Undersøkelser på Storranden, Hjerkinnskytefelt

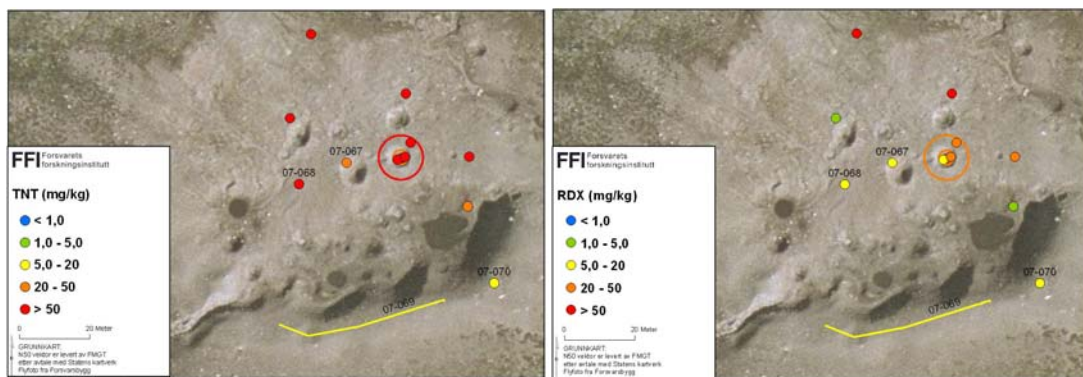
I Figur 4.11 er konsentrasjonsnivåene av HMX, RDX, TNT og ADNT illustrert, mens analyserapporten er vist i 0. Ved alle de tre lokalitetene der det var tatt prøve på Storranden, ble det funnet tildels høye konsentrasjoner av eksplosiver. Det var spesielt mye TNT ved den ene lokaliteten. Resultatene fra målingene på Storranden indikerer at det sannsynligvis blir rester av eksplosiver etter destruksjon av blindgjengere. Det kan tildels være store mengder av eksplosiver som blir liggende igjen i slike områder. Dette er i overensstemmelse med det som tidligere er funnet på demoleringsplassen i Svånådalen i Hjerkinnskytefelt [1]. Også i USA er det funnet tildels høye konsentrasjoner av eksplosiver på demoleringsplasser [5].



Figur 4.11 Konsentrasjonsnivåer av HMX, RDX, TNT og ADNT i prøver tatt i områder der ammunisjon var blitt destruert.

#### 4.7.3 Undersøkelser på demoleringsplassen i Svånådalen, Hjerking

De prøvene som ble tatt i 2007 inneholder konsentrasjoner av eksplosiver på omtrent samme nivå med det som er funnet i prøver tatt i området tidligere (Figur 4.12). Analyserapporten som viser hvilke konsentrasjoner av eksplosiver som ble funnet i disse prøvene er vist i 0. Det er TNT og RDX som dominerer i disse prøvene, noe som også er blitt vist tidligere [1]. Konsentrasjonen av TNT er noe lavere på kraterryggen, enn nede på selve demoleringsplassen. For RDX ser det ikke ut til å være noen vesentlig forskjell i konsentrasjonen på kraterryggen og demoleringsplassen. Det ser ut til at de høyeste konsentrasjonene av RDX er lokalisert til den nordre og østlige delen av demoleringsplassen.



Figur 4.12 Oversikt over konsentrasjonsnivåer av TNT og RDX i de fire prøvene som ble tatt i 2007 (de som har markert prøvenummerering 07-067 – 07-070) og i prøver tatt tidligere.

#### 4.7.4 Destruksjon av ammunisjon fra Solstrand, Tromsø

I Tabell 4.11 er det gitt en oversikt over hvilke konsentrasjoner som ble funnet i jord av de viktigste eksplosivene og nedbrytningsproduktet ADNT i destruksjonsområdet for ammunisjon fra Solstrand. I likhet med Storranden, ble det også i dette området funnet høye konsentrasjoner av TNT. Men det ble også funnet relativt høye konsentrasjoner av ADNT, noe som indikerer at forurensningen kan skyldes tidligere destruksjon av ammunisjon i området. Nærmere informasjon om undersøkelsene fra Solstrand finner du i FFI-rapport 2010/00239 [16].

Lokalitet	HMX mg/kg	RDX mg/kg	TNT mg/kg	ADNT mg/kg
Fra krater	0,06	0,12	> 50	7,2
Fra krater	< 0,05	0,10	42	5,2
Utenfor krater	0,75	0,26	> 50	29

Tabell 4.11 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i jordprøver tatt etter destruksjon av ammunisjon fra Solstrand, Trømsø.

## 5 Anbefalinger av områder med behov for videre kartlegging

FFI har gjennom de siste årene foretatt undersøkelser av eksplosivforurensning i skyte- og øvingsfelt. Resultatene fra disse undersøkelsene er presentert i FFI-rapport 2008/00535 [1]. I forbindelse med gjennomføring av prosjekt 1089 "Forsvarets ammunisjonsforbruk: Forurensning, miljørisiko og tiltak" er det gjennomført ytterligere undersøkelser i noen områder. Det er også foretatt analyser av tungmetaller og perklorat i noen utvalgte prøver. Resultatene fra disse undersøkelsene er beskrevet i denne rapporten.

Etter en gjennomgang av resultatene som er fremkommet fra de undersøkelsene som er gjort, viser det seg at det i de fleste områder vil kunne finnes rester av eksplosiver. Resultatene viser også at

forurensningen er veldig heterogent fordelt, noe som skyldes at forurensningen av eksplosiver opptrer som partikler spredd utover i avgrensede områder av skytefeltet. Etter en gjennomgang av fraksjonen > 2 mm i jordprøver, ser vi at det kan være partikler med eksplosiver i denne fraksjonen. Det vil kreve en viss erfaring for å oppdage slike partikler ved forbehandling av prøvene. I tilfeller der konsentrasjonen av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm ligger opp mot akseptkriteriet for gjeldene arealbruk, bør eksplosivinnholdet i fraksjonen > 2 mm også bestemmes. En skulle kanskje tro at en ville finne de høyeste konsentrasjonene av eksplosiver nede i kratrene, men de høyeste konsentrasjonene ser ut til å være lokalisert til området utenfor selve kratret.

Ved kartlegging av forurensning i skytefelt må det gjøres en vurdering av de enkelte områdene med bakgrunn i historiske data og vi anbefaler at "Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydding og avhending av skytebaner og øvingsfelt" [2] benyttes.

Etter en samlet vurdering av resultatene som tidligere er rapportert og som fremkommer i denne rapporten, er det spesielt to områder der det er behov for videre kartlegging. Disse to områdene er demoleringsfelt og panservernbaner. Anbefalte metoder for tiltak i disse to områdene og i andre områder av et skyte- og øvingsfelt er beskrevet i FFI-rapport 2009/00257 [17]. En kan ikke utelukke at det har foregått demolering av ammunisjon i sprengningsfelt, og vi ser derfor ikke bort fra at det kan være nødvendig med videre kartlegging i slike områder. Ved kystfort og i områder med dumpet ammunisjon har vi så langt for lite data til å kunne gi noen anbefalinger.

## **5.1 Demoleringsfelt**

I demoleringsfelt som befinner seg i skyte- og øvingsfelt vil det sannsynligvis være tildels høye konsentrasjoner av eksplosiver. I slike områder vil det også kunne finnes eksplosivrester i form av større partikler. For å vurdere behov for tiltak i slike områder, er det derfor nødvendig å foreta en kartlegging av forurensningsnivået. I tillegg til høye konsentrasjoner av eksplosiver, vil det være sannsynlig med høye konsentrasjoner av enkelte tungmetaller. Det er spesielt rester av kobber og tildels bly som kan være aktuelt på slike lokaliteter. Demoleringsfelt lokalisert i skytefelt vil ha en begrenset utstrekning, og forurensningen er som regel lokalisert til området hvor det kan observeres skade på vegetasjonsdekket. Prøvetaking ved kartlegging av forurensning bør derfor i hovedsak legges til dette området. En nærmere beskrivelse av hvordan forurensning av eksplosiver i slike områder bør kartlegges, er oppsummert i FFI-rapport 2010/00116 [2].

### **5.1.1 Destruksjon av blindgjengere**

Demoleringsfelt er områder der ammunisjon destrueres ved sprengning eller brenning. Det kan være utrangert ammunisjon, blindgjengere eller andre funn av ammunisjon. Det kan også være foregått sprengningsøvelser i demoleringsfelt. Blindgjengere som det av sikkerhetsmessige årsaker ikke er forsvarlig å flytte, blir destruert på stedet. Det kan også være at ammunisjon blir destruert i områder som ikke er definert som demoleringsfelt, men i områder som vurderes som sikkerhetsmessig forsvarlig for slik destruksjon. Slike områder kan både befinne seg i skytefelt og

utenfor skytefelt. Ved blindgjengerrydding i skytefelt vil destruksjon av ammunisjon i all hovedsak destrueres i skytefeltet.

Det er foretatt undersøkelser av eksplosivforurensning i områder der ammunisjon er blitt destruert i andre områder enn demoleringsfelt. Det ser ut til at i tilfeller der det har foregått destruksjon av ammunisjon flere ganger i samme område, vil det kunne akkumuleres rester av eksplosiver. Ved kartlegging av eksplosivforurensning i skytefelt, bør en være oppmerksom på at slike lokaliteter kan forekomme. Kommer det frem informasjon om at det har vært foretatt destruksjon av ammunisjon i et vist omfang i andre områder enn demoleringsfelt, bør også slike områder inngå ved utarbeidelse av prøvetakingsprogram. Det er ikke usannsynlig at det kan finnes tildels høye konsentrasjoner av eksplosiver i slike områder. Det kan også finnes forhøyde konsentrasjoner av tungmetaller på slike lokaliteter.

## 5.2 Panservernbaner

Det er foretatt undersøkelser i tre panservernbaner. I alle disse ble det funnet høye konsentrasjoner av HMX i målområdet. Det ser derfor ikke ut til at utformingen av målobjektet har noen betydning for hvor mye HMX som blir liggende i målområdet. Det er også observert større partikler av eksplosiver i målområdet. For en bane ble det også funnet høye konsentrasjoner av HMX på standplass. I tillegg til HMX kan det være høye konsentrasjoner av spesielt kobber i målområdet. Det er også funnet spor av eksplosiver i bekker nedstrøms målområdet. Med bakgrunn i dette vurderes det et behov for videre kartlegging i panservernbaner. Prøvetakingen bør konsentreres om målområdet, men det er også nødvendig å ta prøver fra standplass. På standplass kan det være høye konsentrasjoner av HMX og kruttrester fra drivladningen. En nærmere beskrivelse av hvordan forurensning av eksplosiver i panservernbaner bør kartlegges, er oppsummert i FFI-rapport 2010/00116 [2].

## 6 Konklusjon

Undersøkelsen som er gjort i flybombefeltet i Hjerkinnskytefelt viser at eksplosivforurensningen i hovedsak er lokalisert til de områder som har synlige skader i vegetasjonsdekket som følge av at ammunisjon har detonert. Dette kan likevel utgjøre relativt store områder. For flybombefeltet i Hjerkinnskytefelt er det anslått at dette området er på omkring 66 mål. Det er derfor behov for å planlegge med mange prøver fra slike områder for å få en god oversikt over forurensningssituasjonen. Vi anbefaler at prøvepunkter blir tilfeldig plassert og at et prøvepunkt er en kvadratmeter stor flate. I hvert prøvepunkt tas det 30 delprøver av overflaten som samles til en samleprøve. På grunn av at forurensningen i flybombefelt vil være fordelt ut over ganske store områder, anbefaler vi at det som et minimum blir tatt prøver fra 30 punkter.

I panservernbaner blir det funnet høye konsentrasjoner av HMX i målområdet. Det blir også funnet partikler av rene eksplosiver i slike områder. Det ser ikke ut til at utformingen av målobjektene har noen vesentlig betydning for mengden av HMX i målområdet. Ved standplass kan det være høye konsentrasjoner av HMX, sannsynligvis som følge av at klikk er blitt destruert

i dette området. Nedstrøms målområdet er det påvist HMX i bekker, noe som indikerer at det er en viss transport av eksplosiver fra målområdet.

Det blir observert partikler av eksplosiver i fraksjonen større enn 2 mm. I tilfeller der konsentrasjonen av eksplosiver i fraksjonen mindre enn 2 mm ligger opp mot akseptkriteriet for gjeldende arealbruk, bør eksplosivinnholdet i fraksjonen større enn 2 mm også bestemmes.

Analyser av perklorat i prøver fra ulike områder i skytefelt, viser at det er i demoleringsfelt og i panservernbaner at perklorat kan utgjøre et forurensningsproblem. I slike områder bør det analyseres for innhold av perklorat i jord- og vannprøver.

Basert på målinger med XRF ser det ikke ut til at det er høye konsentrasjoner av bly i noen av de undersøkte områdene. På standplass for håndvåpen ble det imidlertid observert et forhøyet nivå av bly. I demoleringsfelt og i målområdet til panservernbaner er det sannsynlig med forhøyde konsentrasjoner av kobber. Ved kartlegging av forurensning i slike områder bør det i tillegg til eksplosiver også foretas målinger av tungmetaller i prøvene.

I områder som benyttes til destruksjon av ammunisjon, vil det med stor sannsynlighet være rester av både eksplosiver og tungmetaller. Det bør derfor foretas prøvetaking og kartlegging av forurensning i demoleringsfelt. Undersøkelser som er gjort viser også at det kan forekomme rester av eksplosiver i områder som mer sporadisk benyttes til destruksjon av blindgjengere, ammunisjon som blir funnet utenfor skytefelt eller ammunisjon levert til Politiet. Kommer det frem informasjon om at det har vært foretatt destruksjon av ammunisjon i et visst omfang i andre områder enn demoleringsfelt, bør også slike områder inngå ved utarbeidelse av prøvetakingsprogram.

Etter en samlet vurdering av resultatene som tidligere er rapportert og dem som fremkommer i denne rapporten, er det spesielt to områder hvor vi mener det er behov for videre kartlegging. Disse to områdene er demoleringsfelt og panservernbaner. Det kan være at sprengningsfelt har vært benyttet til demolering av ammunisjon, slik at det også i slike områder kan være behov for videre kartlegging. Ved kystfort og i områder med dumpet ammunisjon har vi for lite data til å gi konkrete anbefalinger.



## Litteratur

- [1] Johnsen A., Karsrud T.E., Rosslund H.K., Larsen A., Myran A., and Longva K., "Forurensninger av eksplosiver i Forsvarets skyte- og øvingsfelt - forundersøkelse av ulike baner med vekt på prøvetakingsmetoder. FFI-rapport 2008/00535.,"2008.
- [2] Voie Ø., Strømseng A., Johnsen A., Rosslund H.K., Karsrud T.E., and Longva K., "Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydding og avhending av skytebaner og øvingsfelt. FFI-rapport 2010/00116,"2010.
- [3] ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council), "Perchlorate: Overview of Issues, Status, and remedial Options. PERCHLORATE-1," Whashington, D.C.:Interstate Technology & Regulatory Council, Perchlorate Team,2005.
- [4] Taylor S., Hewitt A., Lever J., Hayes C., Perovich L., Thorne P., and Daghljan C., "TNT particle size distribution from detonated 155-mm howitzer rounds," *Chemosphere*, vol. 55, pp. 357-367, 2004.
- [5] Pennington J.C, Jenkins T.F., Ampleman G., Thiboutot S., Brannon J.M, Hewitt A.D., Lewis J, Brochu S., Diaz E., Walsh M.E., Taylor S., Lynch J.C., Clausen J., Ranney T.A., Hayes C.A., Grant C.L., Collins C.M., Bigl S.R., Yost S., and Dontsova K., "Distribution and fate of energetics on DoD test and training ranges: final report," USA Engineer Research and Development Center,Technical Report 06-13, 2006.
- [6] Rustad I., Karstensen K.H., and O. Ringstad, "Forurenset grunn : metoder for kjemisk analyse. SFT rapport 97:34. TA-nummer 1498/1997,". K. H. Karstensen and O. Ringstad, Eds. Oslo.: Statens forurensningstilsyn., 1997.
- [7] H. Blom, *Veiledning for prøvetaking og bestemmelse av tungmetaller i jord fra dyrket mark*. Oslo.: Statens forurensningstilsyn : Statens helsetilsyn., 1995.
- [8] T. E. Karsrud, Parmer, M P, A. Johnsen, B. H. Aaserud, and S. V. Nordås, "Testing av metoder for hurtigpåvisning av forurensning fra eksplosiver. FFI-rapport 2009/01499," 2009.
- [9] Scintrex Trace, *The E3500 Hand Held Explosive Detector* 2006.
- [10] Johnsen A., Karsrud T.E., Voie Ø.A., Sanden H., and Tansem I, "Kartlegging av forurensning etter avfyring av NASAMS. FFI-rapport 2007/02473.,"2007.
- [11] Martel R., Mailloux M., Lefebvre R., Michaud Y., Parent M., Ampleman G., Thiboutot S., Jean S., and Roy N., "Energetic materials behavior in groundwater at the Arnhem Anti-Tank range, CFB Valcartier, Québec, Canada," Institut NJationale de la Recherche Scientifique, Qu,INRS-Georessources Report 1999-02, 1999.
- [12] Strømseng A.E. and Ljønes M., "Vertikal transport av tungmetaller i sandjord. Mobilitet, transport og fordeling av bly, kobber, antimon og sink i jorsmonn tilknyttet en 30 m utendørs skytebane på Sessvollmoen. FFI-rapport 2000/06191,"2000.
- [13] 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.



- [14] Johnsen A., "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune. FFI-rapport 2008/02017,"2008.
- [15] Johnsen A., "Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune. FFI-rapport 2008/02017," 2009.
- [16] Rosslund H.K., Johnsen A., Karsrud T.E., Larsen A., and Myran A., "Forurensning av eksplosiver og tungmetaller fra ammunisjon i akvatisk miljø og på kystfort- innledene undersøkelser. FFI rapport 2010/00239,"2010.
- [17] Voie Ø., "Tiltak på eksplosivforurenset grunn - et litteraturstudium. FFI-rapport 2009/00257,"2009.

## Forkortelser

ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen + 4-amino-2,6-dinitrotoluen
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
ICP-AES	Induktivt koblet plasma-atomemisjonspektrofotometer
LC/MS	Væskrokromatograf/massespektrometri
LOD	Limit Of Detection (deteksjonsgrense)
NASAMS	Norwegian Advanced Surface-to-Air Missile System
NC	Nitrocellulose
NG	Nitroglyserin
PETN	Pentaerytritoltetranitrat
RDX	Heksahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin
SFT	Statens forurensningstilsyn
TNT	2,4,6-trinitrotoluen
UV	Ultrafiolett (bølgelengdeområde for lys)
XRF	Røntgenfluoresens

## Appendix A Analyserapporter



Forsvarets forskningsinstitutt  
Avdeling Beskyttelse

Dato: 21.01.2010

Analyserapport M10/009

Side 1 av 4

### Analyserapport nr M10/009 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI  
Anmerkninger: I enkelte prøver er det spor av tetryl, men på grunn av usikker kvantifisering er dette eksplosivet utelatt.

Antall prøver: 35  
Mottatt dato: 2007 og 2008

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde $\mu\text{g/g}$
HMX	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
RDX	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
TNB	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
DNB	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
TNT	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
2,6-DNT	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
2,4-DNT	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
2-ADNT	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
4-ADNT	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
PETN	G1, G2, G3	Nei	0,05-50
NG	G1, G2, G3	Nei	2,5-50

Denne analyserapporten består av i alt 4 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 21.januar 2010

*Helle K. Rosslund*  
Helle K Rosslund  
Senioringeniør

*Marthe P. Parmer*  
Marthe Parmer  
Forsker

Saksbehandler : Helle Rosslund/ Marthe Parmer Innvalg : 63 80 7884/7866 Telefax : 63 80 75 09 Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA  
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller Sentralbord : 63 80 70 00 Mil retn nr: 0505 Bankgiro: 7101.05.00030  
Postgiro: 0801 5045745

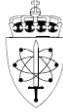


## ANALYSE AV EKSPLOSIVER OG NEDBRYTNINGSPRODUKTER I JORD FRA PANSERVERNBANER

Instrument: LC-MS, single quadropole, simultan ESI/APCI i neg mode, Agilent Technologies.  
Operator: Helle K Rossland/Marthe P Parmer

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
07-450	Vannprøve fra bekk mellom standplass og målområde panservernbane, Terningmoen skytefelt
07-451	Vannprøve fra bekk mellom standplass og målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-458	Prøve 1, 9 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-459	Prøve 2, 8 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-460	Prøve 3, 15 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-461	Prøve 4, 7 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-462	Prøve 5, 3,5 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-463	Rett foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-464	6 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-465	11 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-466	17 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-467	25 m foran standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-468	11 m foran og 4,5 m til høyre for standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
07-469	11 m foran og 5 m til venstre for standplass til panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-570	Prøve 1, foran målobjekt 1 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-571	Prøve 2, foran målobjekt 1 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-572	Prøve 3, foran målobjekt 1 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-573	Prøve 4, foran målobjekt 1 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-574	Prøve 5, bak målobjekt 1 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-575	Prøve 6, bak målobjekt 1 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-576	Prøve 7, foran målobjekt 2 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-577	Prøve 8, foran målobjekt 2 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-578	Prøve 9, foran målobjekt 2 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-579	Prøve 10, bak målobjekt 2 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-580	Prøve 11, bak målobjekt 2 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt
08-581	Prøve 12, foran målobjekt 2 i målområde til panservernbane, Terningmoen skytefelt

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
08-717	Prøve 1, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-718	Prøve 2, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-719	Prøve 3, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-720	Prøve 4, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-721	Prøve 5, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-722	Prøve 6, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-723	Prøve 7, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-724	Prøve 8, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt
08-725	Prøve 9, målområde panservernbane, Steinsjøen skytefelt

<i>Akronym</i>	<i>Forklaring</i>
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Hekсахydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin
TNB	1,3,5-trinitrobensen
DNB	1,3-dinitrobensen
NG	Nitroglyserin
Tetryl	Metyl-2,4,6-trinitrofenylnitramin
TNT	2,4,6-trinitrotoluen
2,6-DNT	2,6-dinitrotoluen
2,4-DNT	2,4-dinitrotoluen
2-ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen
4-ADNT	4-amino-2,6-dinitrotoluen
PETN	Pentaerytritoltetranitrat

Røde tall i tabellene betyr at det for DNT og ADNT kun er foretatt en kvantifisering av summen til de to DNT- og ADNT-forbindelsene.

<i>FFI-nr</i>	<i>HMX</i>	<i>RDX</i>	<i>TNB</i>	<i>DNB</i>	<i>NG</i>	<i>TNT</i>	<i>2,6-DNT</i>	<i>2,4-DNT</i>	<i>2-ADNT</i>	<i>4-ADNT</i>	<i>PETN</i>
	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>	<i>µg/l</i>
07-450	0,28	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11		<0,1
07-451	5,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,12		<0,1

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
07-458	0,78	<0,05	<0,05	<0,05	>50	<0,05	<0,05	0,42			<0,05
07-459	5,4	<0,05	<0,05	<0,05	>50	<0,05	1,6	1,4			1,6
07-460	12	<0,05	<0,05	<0,05	>50	<0,05	<0,05	0,68			<0,05
07-461	0,66	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	0,65			<0,05
07-462	6,4	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,08	<0,05	0,09			<0,05
07-463	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,54	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-464	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,70	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-465	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-466	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-467	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-468	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-469	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-570	>50	1,9	0,35	<0,05	<2,5	7,3	<0,05	<0,05	0,66	0,59	1,2
08-571	>50	<0,05	0,23	<0,05	<2,5	0,46	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-572	>50	2,8	0,26	<0,05	<2,5	2,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-573	>50	<0,05	0,25	<0,05	5,1	0,45	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	0,14
08-574	>50	0,75	0,36	<0,05	<2,5	13,9	<0,05	<0,05	0,39	<0,05	8,3
08-575	>50	<0,05	0,32	<0,05	5,1	3,7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13
08-576	>50	<0,05	0,31	<0,05	4,3	0,73	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,36
08-577	>50	6,7	0,43	<0,05	4,9	5,7	<0,05	<0,05	0,75	1,2	0,66
08-578	>50	<0,05	0,29	<0,05	12	1,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,59
08-579	>50	<0,05	<0,05	<0,05	12	3,7	<0,05	<0,05	0,24	0,16	0,68
08-580	>50	<0,05	<0,05	<0,05	3,5	1,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,2
08-581	>50	<0,05	0,29	<0,05	8,2	1,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,38
08-717	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,34	<0,05	<0,05	0,58	0,24	<0,05
08-718	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,40	<0,05	<0,05	0,75	0,65	<0,05
08-719	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,31	<0,05	<0,05	0,33	<0,05	<0,05
08-720	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,36	<0,05	<0,05	0,46	0,09	<0,05
08-721	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,34	<0,05	<0,05	0,27	<0,05	<0,05
08-722	50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,27	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05
08-723	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,26	<0,05	<0,05	0,13	0,11	<0,05
08-724	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,28	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05
08-725	>50	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,28	<0,05	<0,05	0,24	0,16	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter





## Analyserapport nr M10/010

### Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI  
Anmerkninger: I enkelte prøver er det spor av tetryl, men på grunn av usikker kvantifisering er dette eksplosivet utelatt.

Antall prøver: 70  
Mottatt dato: 22.06.2007

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde $\mu\text{g/g}$
HMX	G1, G3	Nei	0,05-50
RDX	G1, G3	Nei	0,05-50
TNB	G1, G3	Nei	0,05-50
DNB	G1, G3	Nei	0,05-50
TNT	G1, G3	Nei	0,05-50
2,6-DNT	G1, G3	Nei	0,05-50
2,4-DNT	G1, G3	Nei	0,05-50
2-ADNT	G1, G3	Nei	0,05-50
4-ADNT	G1, G3	Nei	0,05-50
PETN	G1, G3	Nei	0,05-50
NG	G1, G3	Nei	2,5-50

Denne analyserapporten består av i alt 5 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 20.januar 2010

*Helle K. Rosslund*  
Helle K Rosslund  
Senioringeniør

*Marthe P. Parmer*  
Marthe Parmer  
Forsker

Saksbehandler : Helle Rosslund/ Marthe Parmer Innvalg : 63 80 7884/7866 Telefax : 63 80 75 09 Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA  
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller Sentralbord : 63 80 70 00 Mil retn nr: 0505 Bankgiro: 7101.05.00030  
Postgiro: 0801 5045745



## ANALYSE AV EKSPLOSIVER OG NEDBRYTNINGSPRODUKTER I JORD FRA FLYBOMBEFELTET I HJERKINN SKYTEFELT

Instrument: LC-MS, single quadropole, simultan ESI/APCI i neg mode, Agilent Technologies.  
Operatør: Helle K Rosslund/Marthe P Parmer

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>	<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
07-071	Prøvepunkt 20	07-113	Prøvepunkt 60
07-072	Prøvepunkt 19	07-114	Prøvepunkt 65
07-073	Prøvepunkt 2	07-115	Prøvepunkt 66
07-074	Prøvepunkt 3	07-116	Prøvepunkt 48
07-075	Prøvepunkt 1	07-117	Prøvepunkt 69
07-076	Prøvepunkt 4	07-118	Prøvepunkt 70
07-077	Prøvepunkt 63	07-119	Prøvepunkt 52
07-078	Prøvepunkt 64	07-120	Prøvepunkt 51
07-079	Prøvepunkt 58	07-121	Prøvepunkt 44
07-080	Prøvepunkt 57	07-122	Prøvepunkt 34
07-081	Prøvepunkt 55	07-123	Prøvepunkt 45
07-082	Prøvepunkt 56	07-124	Prøvepunkt 41
07-083	Prøvepunkt 68	07-125	Prøvepunkt 31
07-084	Prøvepunkt 67	07-126	Prøvepunkt 37
07-085	Prøvepunkt 16	07-127	Prøvepunkt 25
07-086	Prøvepunkt 12	07-128	Prøvepunkt 21
07-087	Prøvepunkt 14	07-129	Prøvepunkt 22
07-088	Prøvepunkt 15	07-130	Prøvepunkt 23
07-089	Prøvepunkt 13	07-131	Prøvepunkt 24
07-090	Prøvepunkt 29	07-132	Prøvepunkt 39
07-091	Prøvepunkt 9	07-133	Prøvepunkt 38
07-092	Prøvepunkt 10	07-134	Prøvepunkt 40
07-093	Prøvepunkt 11	07-135	Prøvepunkt 43
07-094	Prøvepunkt 8	07-136	Prøvepunkt 46
07-095	Prøvepunkt 6	07-137	Prøvepunkt 42
07-096	Prøvepunkt 5	07-138	Prøvepunkt 49
07-097	Prøvepunkt 7	07-139	Prøvepunkt 50
07-098	Prøvepunkt 28	07-140	Prøvepunkt 47
07-099	Prøvepunkt 27		
07-100	Prøvepunkt 17		
07-101	Prøvepunkt 18		
07-102	Prøvepunkt 26		
07-103	Prøvepunkt 30		
07-104	Prøvepunkt 32		
07-105	Prøvepunkt 36		
07-106	Prøvepunkt 35		
07-107	Prøvepunkt 33		
07-108	Prøvepunkt 53		
07-109	Prøvepunkt 54		
07-110	Prøvepunkt 61		
07-111	Prøvepunkt 62		
07-112	Prøvepunkt 59		



Akronym	Forklaring
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Hekсахydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin
TNB	1,3,5-trinitrobensen
DNB	1,3-dinitrobensen
NG	Nitroglyserin
Tetryl	Metyl-2,4,6-trinitrofenylnitramin
TNT	2,4,6-trinitrotoluen
2,6-DNT	2,6-dinitrotoluen
2,4-DNT	2,4-dinitrotoluen
2-ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen
4-ADNT	4-amino-2,6-dinitrotoluen
PETN	Pentaerytritoltetranitrat

Røde tall i tabellene betyr at det for DNT og ADNT kun er foretatt en kvantifisering av summen til de to DNT- og ADNT-forbindelsene.

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
07-071	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	2,1	<0,05		0,30		<0,05
07-072	0,15	0,11	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,16		<0,05
07-073	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,11	<0,05		0,26		<0,05
07-074	3,8	1,2	<0,05	<0,05	<2,5	0,22	<0,05		0,44		<0,05
07-075	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,08		<0,05
07-076	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,09		<0,05
07-077	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,06		<0,05
07-078	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,00		<0,05
07-079	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,06		<0,05
07-080	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,05	<0,05		0,08		<0,05
07-081	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	24	<0,05		0,41		<0,05
07-082	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,00		<0,05
07-083	<0,05	0,43	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-084	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,10		<0,05
07-085	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,06		<0,05
07-086	0,99	1,2	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,08		0,24
07-087	1,9	3,7	<0,05	<0,05	<2,5	0,05	<0,05		0,25		<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
07-088	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,10		<0,05
07-089	0,78	0,19	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,25		<0,05
07-090	0,12	0,11	<0,05	<0,05	<2,5	0,05	<0,05		0,15		<0,05
07-091	0,69	7,6	<0,05	<0,05	<2,5	1,3	<0,05		0,26		<0,05
07-092	0,40	0,09	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,08		<0,05
07-093	<0,05	0,21	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,07		<0,05
07-094	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,08	<0,05		<0,05		<0,05
07-095	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,07		<0,05
07-096	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,17	<0,05		0,57		<0,05
07-097	<0,05	0,28	<0,05	<0,05	<2,5	9,5	<0,05		1,1		<0,05
07-098	0,22	1,2	0,35	<0,05	<2,5	> 50	0,30		3,1		<0,05
07-099	0,29	6,4	0,35	<0,05	<2,5	18	0,05		0,85		<0,05
07-100	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	<2,5	0,15	<0,05		0,17		<0,05
07-101	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,14	<0,05		0,26		<0,05
07-102	0,15	1,4	2,0	<0,05	<2,5	> 50	0,26		1,8		<0,05
07-103	0,18	0,80	0,10	<0,05	<2,5	3,6	<0,05		2,7		<0,05
07-104	3,6	41	0,05	<0,05	<2,5	26	<0,05		4,4		<0,05
07-105	<0,05	0,19	<0,05	<0,05	<2,5	1,4	<0,05		0,12		<0,05
07-106	0,70	21	<0,05	<0,05	<2,5	12	<0,05		0,24		<0,05
07-107	<0,05	0,50	<0,05	<0,05	<2,5	0,14	<0,05		0,10		<0,05
07-108	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05		0,12		<0,05
07-109	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-110	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,08	<0,05		<0,05		<0,05
07-111	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-112	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-113	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-114	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-115	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-116	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-117	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,23	<0,05	<0,05	0,26	0,20	<0,05
07-119	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



<i>FFI-nr</i>	<i>HMX</i>	<i>RDX</i>	<i>TNB</i>	<i>DNB</i>	<i>NG</i>	<i>TNT</i>	<i>2,6-DNT</i>	<i>2,4-DNT</i>	<i>2-ADNT</i>	<i>4-ADNT</i>	<i>PETN</i>
	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>	<i>µg/g</i>
07-120	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-121	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-122	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	4,0	<0,05	<0,05	0,60	0,87	<0,05
07-123	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,25	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05
07-124	<0,05	0,21	0,43	<0,05	<2,5	43	<0,05	<0,05	9,3	0,73	<0,05
07-125	0,95	5,7	0,44	<0,05	<2,5	55	<0,05	<0,05	18	2,4	<0,05
07-126	<0,05	0,42	<0,05	<0,05	<2,5	0,17	<0,05	<0,05	0,39	0,43	<0,05
07-127	0,13	0,31	<0,05	<0,05	28	1,7	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05
07-128	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,24	<0,05	<0,05	0,52	<0,05	<0,05
07-129	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-130	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-131	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,21	<0,05	<0,05	0,05	0,09	<0,05
07-132	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,22	<0,05	<0,05	0,13	0,10	<0,05
07-133	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,21	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-134	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,62	<0,05	<0,05	0,97	2,7	<0,05
07-135	0,53	0,16	<0,05	<0,05	<2,5	0,32	<0,05	<0,05	0,27	0,44	<0,05
07-136	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,60	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-137	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-138	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-139	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,21	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
07-140	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



## Analysereport nr M10/014

### Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI

Antall prøver: 4

Anmerkninger:

Mottatt dato: 2007

Analysereporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde $\mu\text{g/g}$
HMX	G1, G3	Nei	0,05-50
RDX	G1, G3	Nei	0,05-50
TNB	G1, G3	Nei	0,05-50
DNB	G1, G3	Nei	0,05-50
TNT	G1, G3	Nei	0,05-50
2,6-DNT	G1, G3	Nei	0,05-50
2,4-DNT	G1, G3	Nei	0,05-50
2-ADNT	G1, G3	Nei	0,05-50
4-ADNT	G1, G3	Nei	0,05-50
PETN	G1, G3	Nei	0,05-50
NG	G1, G3	Nei	2,5-50
Tetryl	G1, G3	Nei	2,5-50

Denne analysereporten består av i alt 2 sider. Analysereporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 01.februar 2010

*Helle K. Rosslund*  
Helle K Rosslund  
Senioringeniør

*Marthe P. Parmer*  
Marthe Parmer  
Forsker





## ANALYSE AV EKSPLOSIVER OG NEDBRYTNINGSPRODUKTER I JORD

Instrument: LC-MS, single quadropole, simultan ESI/APCI i neg mode, Agilent Technologies.  
Operator: Helle K Rossland/Marthe P Parmer

FFI-nr	Prøveidentifikasjon
07-067	Jordprøve, tatt vest for kratre. Demoleringsfelt, Svånådalen, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt.
07-068	Jordprøve, tatt sørvest fra kratre, ned mot vannet. Demoleringsfelt, Svånådalen, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt.
07-069	Jordprøve, tatt langs ryggen på haugen som ligger i ytterkant av plassen. Demoleringsfelt, Svånådalen, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt.
07-070	Jordprøve, tatt på toppen av haugen som ligger i ytterkant av plassen. Demoleringsfelt, Svånådalen, Hjerkinnskyte- og øvingsfelt.

Akronym	Forklaring
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Hekсахydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin
TNB	1,3,5-trinitrobenzen
DNB	1,3-dinitrobenzen
NG	Nitroglyserin
Tetryl	Metyl-2,4,6-trinitrofenylnitramin
TNT	2,4,6-trinitrotoluen
DNT	2,6-dinitrotoluen og 2,4-dinitrotoluen
ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen og 4-amino-2,6-dinitrotoluen
PETN	Pentaerytritoltetranitrat

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	Tetryl	TNT	DNT	ADNT	PETN
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
07-067	0,58	15	0,22	<0,05	<2,5	<2,5	20	0,54	1,2	<0,05
07-068	<0,05	12	0,89	<0,05	<2,5	<2,5	>50	<0,05	2,1	<0,05
07-069	<0,05	16	0,46	<0,05	<2,5	<2,5	6,1	0,05	0,48	<0,05
07-070	0,20	5,3	0,94	<0,05	<2,5	<2,5	11	<0,05	0,33	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter