

Transport av eksplosiver – utlekking av eksplosiver under episode

Tove Engen Karsrud, Arnt Johnsen, Arnljot Strømseng,
Marthe Petrine Parmer, Helle K Rosslund og Espen Mariussen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

01. oktober 2010

FFI-rapport 2010/00431

108902

P: ISBN 978-82-464-1838-4

E: ISBN 978-82-464-1839-1

Emneord

Eksplosiver

Forurensning

Partikler

Snø

Transport

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingsjef

Sammendrag

Forurensning av eksplosiver fra ammunisjon opptrer som partikler, der størrelsen på partiklene er avhengig av hvordan ammunisjonen er omsatt. Partiklene blir liggende på overflaten av bakken og er lite mobile. Hvis ammunisjonen er omsatt på snø, kan eksplosivpartiklene bli fraktet med snøen under snøsmeltingen og bli transportert til bekker og elver nedstrøms nedslagsområdene.

Det er gjennomført et forsøk i Setermoen skyte- og øvingsfelt for å undersøke hvorvidt eksplosivpartikler transporteres med smeltevann ned til en bekk i nedslagsområdet. Ulike oppsamlingsenheter er anlagt nede i bekken for å samle opp mulige eksplosivpartikler som fraktes dit. Det er benyttet tre planktonhåver med ulike maskestørrelser, et sandfilter, to metallsikter og en automatisk vannprøvetaker som har tatt en vannprøve hvert døgn i løpet av forsøket. Det er tatt snøprøver fra flere steder i nedslagsfeltet for å se hvor mye eksplosiver som blir liggende i snøen etter omsetning av ammunisjon. Noen eksplosivklumper er lagt ned i bekken for å undersøke i hvilken grad disse løses ut i det rennende vannet.

Eksplosiver ble kun påvist i et par vannprøver tatt med automatisk vannprøvetaker, i to av planktonhåvene og i sandfiltret. I disse ble det målt lave konsentrasjoner av en eller flere av forbindelsene TNT, HMX, RDX og nedbrytningsproduktene DNB, TNB, 2-ADNT og 4-ADNT.

I snøprøvene ble det påvist lave konsentrasjoner av TNT og RDX i to prøver som var tatt fra det mest beskyttede målpunktet i nedslagsområdet. Dette området lå imidlertid ikke i nedbørsfeltet til bekken som ble prøvetatt.

TNT-partiklene som lå i bekken har løst ut ca 30 % av massen.

De målte eksplosivmengdene er små. Men datagrunnlaget er for lite til at det kan trekkes konklusjoner angående transport av eksplosiver. Det anbefales å gjenta forsøket med endringer i prøvetakingsoppsettet.

English summary

Explosive contamination from ammunition consists of particles where the sizes of the particles are determined by the order of detonation. The particles are spread out on the surface of the ground and they are not very mobile. If the detonation takes place on snow the explosive particles can be transported with the snow during the melting season to creeks and rivers downstream the target area.

An experiment has been carried out in Setermoen shooting range in order to investigate whether explosive particles can be transported with the melting snow to creeks downstream the impact area. Different collection units have been placed in a creek to collect explosive particles in the creek. Three types of plankton nets with different mesh sizes, one sand filter, two metal sieves and an automatic water sampler which was set to sample once a day have been used. Snow samples were collected at several locations in the impact area in order to measure the amount of explosives that have been deposited in the snow. Some explosive particles have been placed in the creek to get information about to what extent particles will dissolve in the running water.

The results show that explosives residues were detected in only a few of the samples. One or several of the explosives TNT, HMX and RDX and the decomposition products TNB, DNB, 2-ADNT and 4-ADNT were measured in low concentrations in a couple of samples from the automatic water sampler, in two of the plankton nets and in the sand filter.

Low concentrations of TNT and RDX were also found in two of the snow samples which were taken from a target point in the impact area. This area was, however, not localized in the drainage basin to the sampled creek.

The TNT particles which were placed in the creek have dissolved about 30 % of the mass.

The levels of the explosives which are detected are low. The amount of data is, however, not sufficient to conclude regarding the transport of explosives. It is recommended to conduct additional investigations to collect further data.

Innhold

1	Innledning	7
2	Forsøksoppsett	7
2.1	Oppsamlingsenheter	8
2.2	Vannløselighet av eksplosiver	11
2.3	Snøprøver	12
3	Resultater	13
3.1	Vannløselighet av eksplosiver	14
3.2	Oppsamlingsenheter	15
3.3	Snøprøver	18
3.4	Oppsummering	19
4	Konklusjon	19
	Referanser	21
	Forkortelser	22
	Appendix A Analyserapporter	23

1 Innledning

Når ammunisjon detonerer i målområdet, vil mesteparten av eksplosivene omdannes til lite giftige forbindelser som karbondioksid, vann, nitrogen, hydrogen og karbon [1]. En liten andel av eksplosivene i ammunisjonen vil imidlertid ikke omdannes, men avsettes som partikler på overflaten. Undersøkelser gjort i USA tyder på at det blir lite rester av eksplosiver hvis ammunisjonen detonerer som forutsatt [2]. Mesteparten av restene etter en slik detonasjon vil være i form av små partikler (< 50 µm). Om granaten får en ufullstendig detonasjon, kan det derimot bli betydelige mengder med sprengstoff som ikke blir omsatt [3]. Så mye som 10 % av sprengstoffet kan bli liggende som rester på bakken ved slike tilfeller, og restene vil i hovedsak være i form av partikler som er større enn 0,1 mm. Eksplosiver som benyttes i ammunisjon er faste stoffer som har liten vannløselighet og lavt damptrykk. Forurensningen av eksplosiver vil derfor i hovedsak bestå av partikler med forskjellig størrelse som ligger på overflaten av bakken i nærområdene til der ammunisjonen har truffet bakken eller på standplass.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har foretatt undersøkelser av eksplosivforurensning i en rekke forskjellige baner i skytefelt [1]. I enkelte baner ble det påvist tildels høye konsentrasjoner av eksplosiver. Denne forurensningen vil være i form av partikler på overflaten, og vil derfor kunne være utsatt for transport fra det forurensede området som følge av episodiske hendelser. Slike episoder kan være flomepisoder eller snøsmelting om våren. Under vinterforhold vil rester av eksplosiver fra ammunisjon havne i snøen. Om våren ved høy snøsmelting, vil det derfor være en fare for at eksplosivpartiklene kan transporteres ut av det forurensede området og avsettes i akvatisk miljø. Eksplosiver fra det forurensede området kan også løses ut i vann og dermed transporteres med overflatevann eller ned til grunnvann. Partikler fra eksplosiver, enten de flyter i vannet eller er sedimentert på bunnen, vil kunne bli spist av fisk eller andre levende organismer. Flere av eksplosivene er giftige og kan utgjøre en helsetrussel for disse organismene [4,5].

For å skaffe seg kunnskap om i hvilken grad det foregår transport av eksplosiver fra eksplosivforurensede områder ved episodiske hendelser, har FFI foretatt undersøkelser i Setermoen skyte- og øvingsfelt. Disse undersøkelsene er foretatt som en del av prosjekt 1089 "Forsvarets ammunisjonsforbruk: Forurensning, miljørisiko og tiltak".

2 Forsøksoppsett

Forsøket er utført i Liveltskardet i Setermoen skyte- og øvingsfelt. Forsøket ble satt i gang 22. april 2008 og foregikk i 58 dager fram til 19. juni. Det ble foretatt innsamling av prøver to ganger mens forsøket pågikk, etter 16 og 41 dager, og ved avslutning av forsøket. Liveltskardet benyttes som nedslagsområde for ulike ammunisjons typer som for eksempel artilleriammunisjon, flybomber, bombekastere, 20 mm og ulike typer håndvåpen. Ammunisjonen skytes fra fly eller fra ulike skytebaner i Setermoen skyte- og øvingsfelt. En oversikt over ammunisjon som er skutt inn i dette området i perioden med snødekke og som har omsatt ammunisjon som kan gi eksplosivrester, er gitt i Tabell 2.1. Informasjonen er hentet fra Miljødatabasen som får data fra

digital blankett 750. Rapporten er tatt ut fra perioden 1. oktober 2007 til 15. juni 2008. Type og mengde eksplosiv per ammunisjonsenhet er oppgitt i tabellen for å gi et mål på hvor mye eksplosiver som er omsatt og hvilke eksplosiver som det kan forventes å finne rester av. Det er omsatt store mengder av TNT og RDX, samt noe HMX.

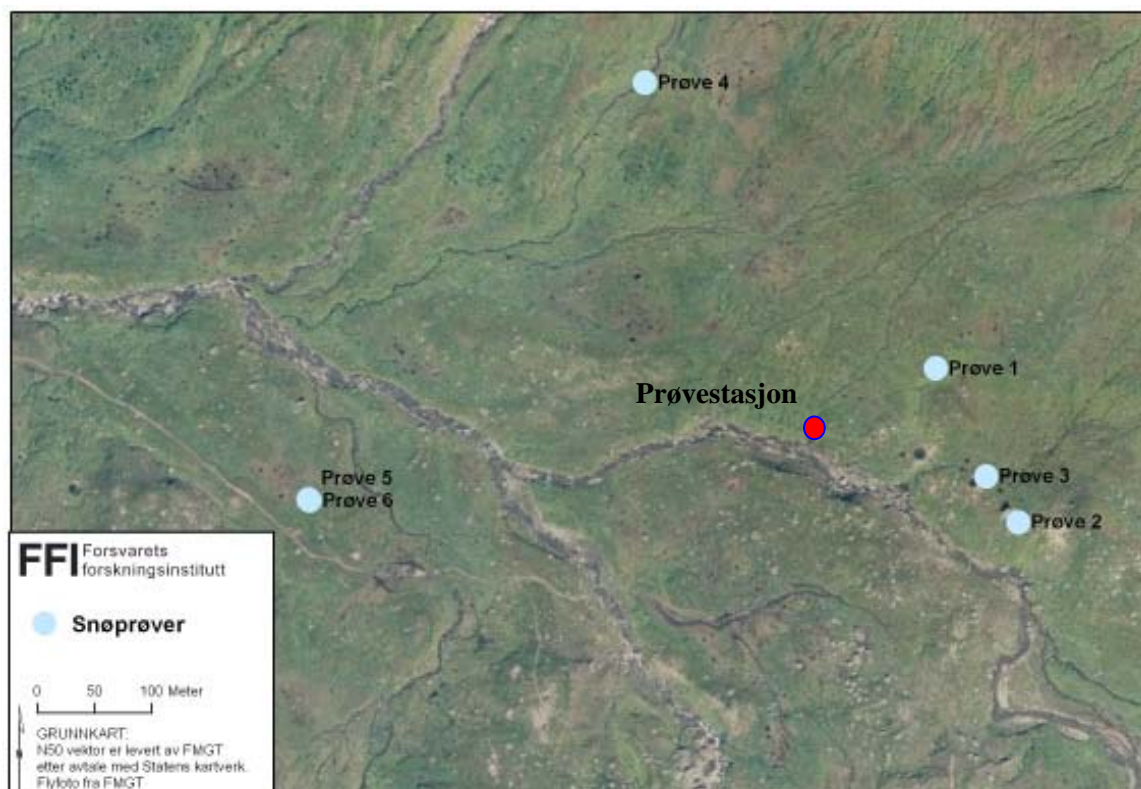
Ammunisjonstype	Type eksplosiv	Forbruk (antall)
Granat 155 mm spreng	7 kg Comp B (RDX/TNT 60/40)	298
Granat 81 mm spreng	800 g Comp B (RDX/TNT 60/40)	303
Patron 20 mm MP	4,6 g Comp A4 (97 % RDX)	2306
Patron 20 mm øving TP	-	22134
Patron 7,62 mm skarp	-	800
Patron 7,62 mm sporlys	-	200
Patron 12,7 mm skarp	0,5 g HMX eller PETN	200
Patron 84 mm HLA	500 g Octol (HMX/TNT 70/30)	3
Patron 84 mm røyk	8 g RDX og 5 g TNT i brannrør	3
Bombe spreng 500 lb	70 kg TNT	2

Tabell 2.1 Ammunisjon som er skutt inn i Liveltskardet i perioden 1.10.07 – 15.06.08. Dataene er hentet fra Miljødatabasen utifra rapportert forbruk i digital blankett 750.

2.1 Oppsamlingsenheter

Forsøket er basert på at vann tas ut kontinuerlig fra en bekk som det antas at eksplosiver vil kunne transporteres til. Den valgte bekken ligger litt nordvest for Trekantsteinen og renner ned mot Liveltskardelva. Prøvestasjonen er merket med rødt i kartet i Figur 2.1. Siden det var mye snø på starttidspunktet, måtte det graves en kanal gjennom snøen ned til bekken for å få lagt ned slanger, se Figur 2.2. Vannet ble fraktet fra bekken nedover til en prøvestasjon hvor det var forskjellige anretninger for oppsamling av eventuelle eksplosivpartikler. For å unngå at bekken og rørene skulle fryse, ble kanalen fylt igjen med snø etter at prøveoppsettet var montert.

Det ble benyttet to sorte plastslanger med ytre diameter på 30 mm, og indre diameter 25 mm. Foran inntaket ble det påmontert en standard sil i metall, se Figur 2.2, for å hindre at kvist, løv, steiner og annet uønsket materiale skulle tette igjen slangene. Filteret har store nok porer til å tillate at små eksplosivpartikler kan passere.



Figur 2.1 Kart over området i Liveltskardet hvor forsøket fant sted. Prøvestasjonen var plassert ved rødt punkt. Blå punkter markerer hvor snøprøvene ble tatt.

Den ene slangen ble påmontert en T-kobling for å lede vannet til to store plastdunker på ca 140 liter som var påmontert ulike planktonhåver. I den ene beholderen var det en planktonhåv med maskestørrelse 50 μm . I den andre beholderen var det to planktonhåver inni hverandre. Disse hadde maskestørrelser på 70 μm og 200 μm , hvor den grovmaskede håven var inni den andre. I bunnen av hver håv var det påmontert en liten glassflaske som skulle samle opp det materialet som ble fanget opp. Det ble laget et hull i plastdunkene, ca 10-20 cm fra toppen, for drenering, slik at vannet kunne renne ut av plastdunkene, men slik at håvene nærmest var helt fylt med vann. Dunkene ble dekket til med lokk og plastovertrekk. Anretningen er vist i Figur 2.3. Etter 16 og 41 dager ble glassflaskene som var festet i bunnen av håvene, erstattet med nye. Sammen med sluttprøvene etter 58 dager, utgjorde dette til sammen tre målepunkter for denne prøvetakingen.



Figur 2.2 Graving av kanal i snøen for nedlegging av slanger fra bekken til prøvestasjonen til venstre, og plastslangene med påmonterte metallsiler til høyre.

Den andre plastslangen fra bekken ble delt i to via en T-kobling for å forsyne to forskjellige oppsamlingsenheter. To slanger gikk til hvert sitt filtreringssystem som var plassert i hver sin hvite plastbeholder. Det ene systemet bestod av et ca 10 cm tykt lag av en type sandblåserand med partikkelstørrelse fra 0,5 - 2 mm. Det andre filtersystemet bestod av et sett med to metallsikter med porestørrelser på 100 μm og 630 μm , hvor den med størst porestørrelse stod over den andre. Sandfilteret og siktene stod uberørt under hele forsøket. Her fikk man en prøve fra hvert filter ved forsøkets slutt.



Figur 2.3 Oppsett av planktonhåver for å samle opp eventuelle eksplosivpartikler.



Figur 2.4 ISCO automatisk vannprøvetaker og de to hvite plastdunkene hvor det var plassert sandfilter og sikter.

Fra overvannet til sandfiltret ble en slange ledet inn på en ISCO automatisk vannprøvetaker. Denne kan ta inntil 24 vannprøver, hver på 500 ml. Prøvetakeren kan programmeres til å ta prøver i henhold til ønsket prøvetakingsfrekvens. Det ble lagt opp til prøvetaking en gang i døgnet. Prøvetakeren fikk strøm fra et 12 v batteri. Vannbeholderne i prøvetakeren ble skiftet ut etter 16 og 41 dager for å gi plass til flere prøver. Hver vannprøvebeholder ble tilsatt 1,2 g/l av NaHSO_4 før de ble satt i prøvetakeren. Dette er et konserveringsmiddel som skal hindre nedbrytning av eventuelle eksplosiver i prøven. Plassering av sandfilter, sikter og automatisk prøvetaker er vist i Figur 2.4.

2.2 Vannløselighet av eksplosiver

De ulike eksplosivene har en viss løselighet i vann. Tabell 2.2 gir en oversikt over vannløseligheten for HMX, RDX og TNT [1]. TNT har høyere løselighet enn HMX og RDX. I USA er det gjennomført flere forsøk for å se på nedbrytning og løselighet av TNT, Tritonal, Octol og Comp B i simulerte regneepisoder [6,7]. Det ble forsøkt å finne en modell for hvor mye materiale som løste seg fra partiklene, og de fant en god korrelasjon mellom modellen og det som løste seg fra de ulike TNT-partiklene. Der TNT var i blanding med enten RDX eller HMX, ble løseligheten noe endret fordi RDX og HMX har lavere vannløselighet enn TNT, og dette påvirker situasjonen for partikkelen som en enhet.

I vårt forsøk var det ønskelig å undersøke hvor mye som kunne løse seg ut fra eksplosivklumper som ble lagt i bekken. Det ble brukt flere TNT-klumper på tilsammen ca 6 g, og to samlinger av C-4-klumper som veide ca 7 g hver. C-4 består hovedsakelig av RDX blandet sammen med litt polymer. Klumpene ble veid og lagt inn i hver sin tesil, og hver tesil ble lagt i en nylonstrømpe. Strømpene ble festet til en trestokk med hyssing, og stokken ble satt ned i bekken, se Figur 2.5.

Det ble antatt god vanngjennomstrømming gjennom både strømpen og tesilen, slik at klumpene ble godt eksponert for det rennende vannet. Eksplosivklumpene lå i bekken under hele forsøksperioden. Ved forsøkets slutt etter 58 dager ble eksplosivklumpene tatt opp og brakt til FFI for veiing.

Type eksplosiv	Løselighet i vann ved 25 °C (g/l)
HMX	0,005
RDX	0,060
TNT	0,15

Tabell 2.2 Løselighet i vann for noen eksplosiver [1].



Figur 2.5 Eksplosivklumper som er lagt ned i bekken, pakket inn i tesil og nylonstrømper.

2.3 Snøprøver

For å undersøke hvor mye eksplosivrester som kan ha blitt deponert i snøen i et slikt nedslagsfelt, ble det flere steder i området tatt snøprøver. Snø ble spadd opp med en snøskuffe ca 40 cm nedover i snøen fra et kvadratmeter stort område og overført til hvite plastdunker som rommet 100 liter, se Figur 2.6.

Snøprøvene ble tatt på seks forskjellige steder. Prøvestedene er markert på kartet i Figur 2.1. Den ene prøven ble tatt på flaten rett ovenfor bekken der forsøket ble gjennomført. De to neste prøvene ble tatt på hver sin side av Trekantsteinen. Den fjerde prøven ble tatt litt nedover i dalen, på samme side av elva der forsøket ble satt i gang. De to siste prøvene ble tatt på den andre siden av elva i nærheten av et tydelig nedslagspunkt. Her var det et krater i snøen etter omsetning av ammunisjon. Begge prøvene ble tatt utenfor dette kratret. Den ene prøven 3 meter fra krater-

kanten. Den andre prøven ble tatt 8 meter fra kraterkanten, 90 grader i forhold til det første punktet. Rundt dette kratret lå det et tydelig sotlag ca 20 cm nedover i snøen, se Figur 2.6.

Beholderne med snø ble fraktet med biler til FFI på Kjeller. Der stod prøvene til snøen var smeltet. Etter smeltingen, ble det tatt ut 1 liter vann for analyse av eksplosiver. Resten av vannet ble filtrert gjennom et Millipore filter av typen HATF med porestørrelse på 0,45 µm for å fange opp eventuelle eksplosivpartikler.



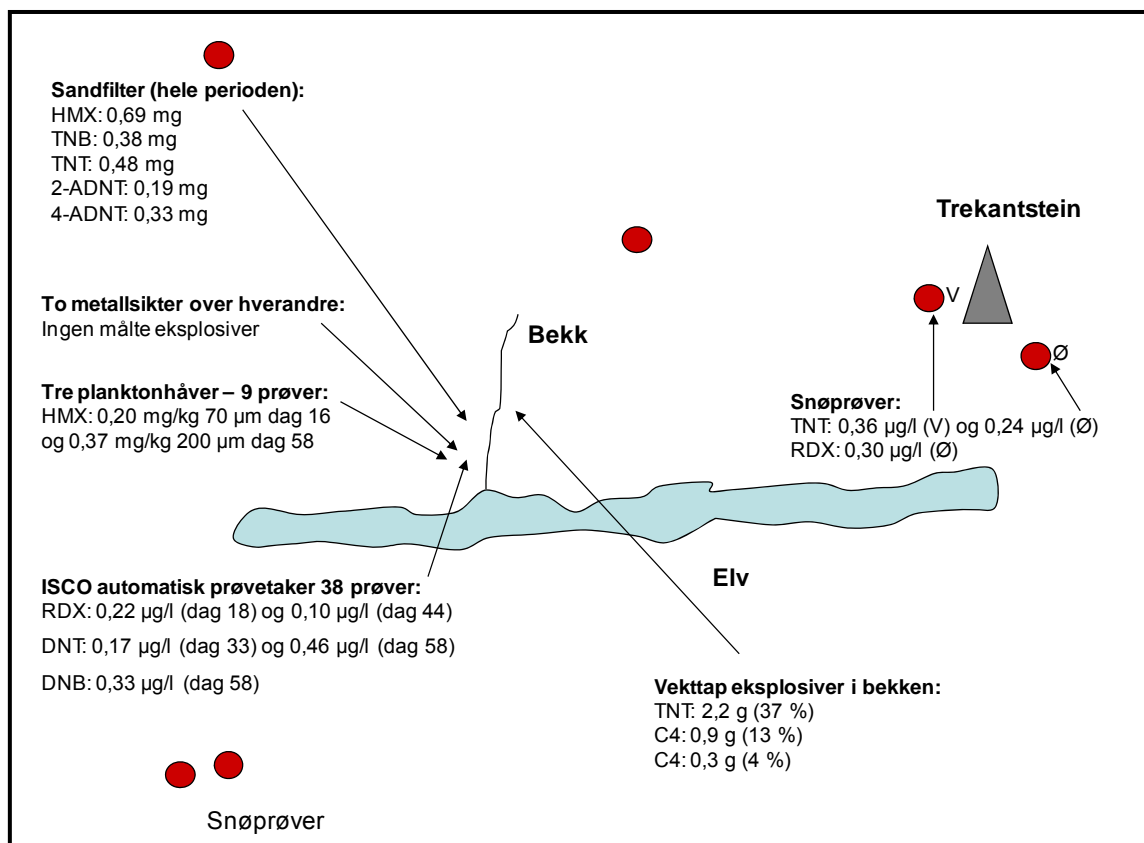
Figur 2.6 Til venstre: Sotlag i snøen etter fyring med ammunisjon. Til høyre: Oppsamling av snø i hvite plastdunker fra nedslagsområder for ammunisjon.

Forbehandling av prøver, ekstraksjon og kjemisk analyse

Ved ankomst til laboratoriet ble prøvematerialet fra planktonhåvene analysert som sedimentprøver, og prøvene fra siktene og sandfiltret som jordprøver. Alle jord- og sedimentprøvene 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. Prøvene er ekstrahert med acetonitril i mikrobølgeovn før ekstraktene er blitt analysert på en væskechromatograf med en UV-detektor, tilkoblet et kvadropol massespektrometer, LC/MS. En halv liter vannprøve fra smeltede snøprøver og vannprøve fra ISCO automatisk prøvetaker 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.

3 Resultater

Resultater fra alle prøvene som er kjørt på LC/MS er gitt i analyserapport i Appendix A. Her oppgis også identitet og beskrivelse av de ulike prøvene. En oppsummering og illustrasjon av resultatene er samlet i Figur 3.1.



Figur 3.1 Illustrasjon av forsøket med resultater.

Resultatene fra eksplosivklumpene som har ligget i bekken for å se på løselighet, vil bli presentert først, da resultater herfra kan ha betydning for tolkning av resten av resultatene.

3.1 Vannløselighet av eksplosiver

Ved ankomst til FFI etter endt forsøk, ble eksplosivklumpene som hadde ligget i bekken veid. Vektene som ble registrert før og etter forsøket er gitt i Tabell 3.1, sammen med beregnet vekttap. Bilder av eksplosivklumpene etter forsøket er gitt i Figur 3.2.

Ved forsøket start ble det benyttet ei vekt med en nøyaktighet på ca 1 g. Utgangsvektene på eksplosivklumpene må derfor antas å være omtrentlige. C-4-klumpene som hadde en utgangsvekt på ca 7 gram, kan antas og hatt en vekt i området 6,5 – 7,5 g. Mengder under dette ville sannsynligvis blitt registrert som 6 gram, og mengder over, ville blitt angitt som 8 gram på den benyttede vekta. Hvis klumpene skulle blitt veid på den samme vekta etter forsøket, ville vi antatt at den ene samlingen av C-4-klumper ville veid 6 g, og den andre samlingen 7 g. Dette betyr at vi kun kan si at den første samlingen av klumper (C-4 (1)) har gjennomgått et vekttap i løpet av forsøket. Mest sannsynlig er det blitt løst ut noe fra alle klumpene, men dette er ikke målbart for den andre samlingen (C-4 (2)) på grunn av unøyaktigheten til den benyttede vekta før forsøket.

TNT-klumpene fikk registrert et vekttap på 2,2 g, som ligger godt over nøyaktigheten til den første vekta. Vekten av TNT-klumpene ville antageligvis blitt 4 gram etter forsøket hvis den

første vekten hadde blitt benyttet, og vekttapet ville blitt 2 g. Vekttapet for TNT-klumpene utgjør da minst 33 % av massen. Lengre oppholdstid i vannet vil bety at alle klumpene vil løse seg.

Eksplisiv	Vekt ved start (g)	Vekt ved slutt (g)	Vekttap (g)
TNT	Ca 6	3,8	2,2
C-4 (1)	Ca 7	6,1	0,9
C-4 (2)	Ca 7	6,7	0,3

Tabell 3.1 Vekt av eksplosivklumper som har ligget i bekken.



Figur 3.2 Eksplosivklumper som har ligget i bekken, TNT til venstre og C-4 til høyre.

Det kan dermed konstateres at begge eksplosivtypene har løst seg litt i vannet i bekken, og at TNT har løst seg betydelig mer enn C-4. RDX er hovedingrediens i C-4, men den er blandet sammen med en polymer til en formbar masse. Løseligheten av RDX er 2,5 ganger lavere enn for TNT (Tabell 2.2). For C-4-klumpene tilsvarer forskjellen i utløst mengde av RDX i forhold til utløst mengde av TNT fra TNT-klumpene omtrent 2,5. Det ser derfor ut til at utløst mengde fra partiklene er direkte relatert til løselighet av eksplosivene i vann. Polymeren i C-4 ser dermed ikke ut til å ha hindret løseligheten av RDX-partiklene.

3.2 Oppsamlingsenheter

Nederst på planktonhåvene var det montert prøveflasker for oppsamling av materiale, se Figur 3.3. Alle prøveflaskene inneholdt mye sedimenter. Kun i to av prøvene ble det funnet rester av eksplosiver, 0,37 og 0,20 mg/kg HMX. Dette var fra de to håvene som hadde vært montert inni hverandre. Høyest verdi ble funnet i den grovmaskede håven (200 μm) ved forsøkets slutt etter 58 dager. Den andre mengden ble funnet etter 16 dager i håven med maskestørrelse 70 μm . Flaskene i håvene har ikke akkumulert prøvemateriale utover i forsøket siden prøveflaskene ble skiftet ut etter 16 og 41 dager. Ingen andre eksplosiver ble detektert i prøvene.



Figur 3.3 Planktonhåver ved forsøkets slutt med påmonterte oppsamlingsflasker for partikler.

Sandfilteret var flere cm tykt. Kun det øverste laget så ut til å inneholde partikler og annet materiale som hadde fulgt med vannet. Bare de øverste 2-3 cm av sandfilteret ble derfor tatt med for analyse av eksplosivinnhold. Fordi sandprøven var så stor, ble ikke denne prøven malt ned og homogenisert, noe som er vanlig som forbehandling av jordprøver. I stedet ble hele prøven ekstrahert ved risting i acetonitril over natta, og deretter ble løsemidlet dampet inn til riktig volum. I sandfilteret ble det funnet HMX og TNT, og nedbrytningsproduktene TNB, 2-ADNT og 4-ADNT. Verdiene er oppgitt som den totale mengden funnet i hele prøven. Det er knyttet usikkerhet til konsentrasjonen som følge av at mengden internstandard tilsatt prøven er noe usikker. Resultatene må følgelig kun tas som en indikasjon på at enkelte eksplosiver er detektert i prøven.

Det ble ikke påvist eksplosiver i sedimentene som var blitt samlet opp av de to metallsiktene som stod over hverandre.

Det ble tatt 38 vannprøver med den automatiske prøvetakeren. Det betyr at det mangler prøvetaking for 20 dager. Flest prøver mangler fra starten av forsøket. Dette skyldes problemer på grunn av frost. Det var kaldt i løpet av den første tiden av forsøksperioden, og slangene inn til ISCO-prøvetakeren frøs og ble tilstoppet med is.

Det ble funnet eksplosiver i kun et fåtall av disse vannprøvene. I to av prøvene ble det funnet RDX, henholdsvis 0,22 og 0,10 µg/l ved dag 18 og dag 44. TNT ble funnet i to andre prøver, dag 33 og dag 58 med mengdene 0,17 og 0,46 µg/l. I prøven fra dag 58 ble det også målt 0,33 µg/l av DNB. Analysene med LC/MS viste at det var innhold av TNT nær opp til deteksjonsgrensen (0,10 µg/l) i nesten alle prøvene, men det kan ikke fastslås om dette skyldes TNT i prøvene eller forurensning fra laboratoriet. Mange av prøvene inneholdt også spor av RDX, men konsentrasjonen er en del lavere enn deteksjonsgrensen (0,10 µg/l) for RDX.

De ulike enhetene som skulle samle opp partikler; planktonhåver, sandfilter og sikter, har stått og samlet materiale kontinuerlig i 58 dager. Mye vann er dermed filtrert, men det er kun påvist noe HMX i to av håvene og litt HMX, TNB, TNT og nedbrytningsproduktene 2-ADNT og 4-ADNT i sandfilteret. På grunn av vannløseligheten til eksplosivene, kan partikler som er fanget opp, ha løst seg noe på grunn av eksponering mot det konstant rennende vannet gjennom oppsamlingsenhetene. Hvis dette er tilfelle, vil partikkelstørrelsen gradvis ha blitt mindre, og partikler vil ha kunnet passere gjennom filtrene de er fanget opp av. Oppsamlingsenheter med mindre porestørrelser vil fungere best i å holde på partikler. Samtidig vil eksplosiver med lavere løselighet kunne bli værende i oppsamlingsenheten enn de med høyere løselighet som kan løse seg og forsvinne. I planktonhåvene ble det målt HMX og ingen andre eksplosiver. Kanskje dette skyldes den lavere løseligheten til HMX sammenliknet med både TNT og RDX. I sandfilteret ble det detektert flest eksplosiver. Dette kan tyde på at sandfilteret er et veldig finmasket filter som har holdt på selv små partikler.

Hvis det finnes partikler i vannet med mindre partikkelstørrelse enn maskestørrelsen i filtrene, burde disse ha blitt detektert i vannprøvene som den automatiske vannprøvetakeren har tatt. Dette vannet er også tatt fra overvannet på sandfilteret som kan inneholde løste eksplosiver fra partiklene i sandfilteret. Resultatene fra vannprøvetakeren viser imidlertid at det kun er målt lave verdier av RDX og TNT i noen få av prøvene, og at de andre prøvene kun har spor av de samme stoffene. På den annen side har vannprøvetakeren kun tatt en halv liter prøve hvert døgn som en stikkprøve, og dette uttaket er for lite til å være representativt for vannstrømmen i bekken. Med de dimensjonene som slangene har hatt, kan det estimeres at 3-4 liter vann har rent gjennom slangene per minutt. Det antas at vannføringen i bekken har vært i størrelsesorden 300 ganger større enn dette. Uttak av 0,5 liter vann i døgnet for analyse blir dermed et veldig lite representativt mål på forholdene i bekken. På den annen side er det observert spor av RDX i nesten alle prøvene, samt mulige spor av TNT. Med tanke på den ammunisjonen som er skutt inn i dette området som kan gi rester av RDX og TNT, er det ikke usannsynlig at man måler spor av disse eksplosivene selv om uttaket er lite representativt.

På slangene som tilførte vann til oppsamlingsenhetene var det montert en sil med en poreåpning på 1 x 2 mm. Eksplosivpartikler større enn dette vil ikke kunne bli fanget opp. Avhengig av strømningshastigheten i bekken vil større eksplosivpartikler kunne sedimentere i bekken [8]. Forsøket vil følgelig ikke kunne gi noen informasjon om eksplosivpartikler som ikke er fanget opp i slangene.

Hvor store er partiklene som kan ha blitt fanget opp av slangene? Med en poreåpning på 1 x 2 mm, kan vi anta partikler på ca 1 mm. For eksplosivene TNT, HMX og RDX tilsvarer dette partikler i underkant av 1 mg. Vannløseligheten til disse eksplosivene er henholdsvis 0,15, 0,06 og 0,005 g/l vann ved 20-25 °C. Ved lavere temperaturer vil løseligheten være lavere. I punkt 3.2 ser vi at TNT-klumpene har løst ut ca 2 g. Det er derfor ikke usannsynlig at partikler som er fanget inn i slangene gjennom metallfiltret, kan ha løst seg i vannet og passert gjennom de ulike filtrene.

Dager med mye regn og dager med høye temperaturer, vil kunne bidra med mye smelting av snø og etterfølgende mye vannføring i bekker og elver og potensielt mer transport av partikler. Værdata fra fire værstasjoner i nærheten av skytefeltet er innhentet fra Meteorologisk institutt for å undersøke temperatur og nedbør i løpet av forsøksperioden. 10. og 11. mai ble det registrert betydelig mer nedbør enn dagene både før og etter. 10. mai, altså dag 18 i forsøket, ble det målt RDX i prøven tatt med ISCO-vannprøvetakeren. For de andre dagene kan man ikke se noen sammenheng mellom værdataene og resultatene.

3.3 Snøprøver

Fra de smeltede snøprøvene ble det tatt to prøver, en vannprøve for å se på løste eksplosiver i vannet og en filtrert sedimentprøve fra hele vannprøven for å se på eksplosivpartikler. Sedimentene fra prøvene ble fanget opp ved å sikte prøven gjennom et Millipore filter. Filteret ble veldig svart av soten som var i vannet.

Det viste seg at dette filteret bestod av nitrocellulose og da filteret skulle ekstraheres, reagerte filteret med løsemidlet acetonitril og løste opp mesteparten av nitrocellulosefiltret. Ekstraktet ble som en gele som ble ganske tykk ved inndampning. Det ble derfor besluttet ikke å gå videre med disse prøvene til kjemisk analyse. Vi mistet her dessverre muligheten til å se om det var eksplosivpartikler i snøen.

Vannet fra snøprøvene ble analysert. I kun to av prøvene ble det målt eksplosiver. Disse to prøvene ble tatt i nærheten av Trekantsteinen. Begge prøvene inneholdt TNT, 0,36 og 0,24 µg/l. Den ene av disse prøvene inneholdt også RDX, 0,30 µg/l. Trekantsteinen er et mye benyttet målpunkt i dette området. En må derfor regne med at mye ammunisjon har gått av i nærheten av denne, og det er da ikke usannsynlig at det i prøver herfra detekteres eksplosiver.

De to prøvene som var tatt fra det stedet med tydelig markering av krater og sotlag, inneholdt ikke eksplosiver.

Hvis snøprøvene hadde inneholdt eksplosivpartikler, burde en anta at noe av partiklene kunne løse seg i smeltevannet og påvises ved analyse av vannet. På den annen side er oppholdstiden for partiklene i vannet veldig kort fra snøen smeltet til vannprøven ble tatt ut, slik at partiklene ikke kan ha ikke rukket å løses ut i vannet. Fravær av målte eksplosiver i vannprøvene bør derfor ikke bety at det ikke har vært partikler i snøprøvene.

3.4 Oppsummering

Alle resultatene tatt i betraktning er det vanskelig å trekke konklusjoner vedrørende om det skjer transport av eksplosiver fra snøen og ned i bekken. Det er målt eksplosiver i noen av prøvene, noe som ikke er uventet med tanke på hvor mye ammunisjon som omsettes i området. Graden av transport til bekken kan en imidlertid ikke si noe om. Til dette er datagrunnlaget for lite. Det er dermed ikke mulig å foreta noen risikovurdering for fisk og andre organismer i det akvatiske miljøet.

Ammunisjonsdataene hentet fra Miljødatabasen viser hvor mye ammunisjon som er skutt inn i hele det området som kalles Liveltskardet. Området hvor forsøket ble utført er i en liten del av dette området, og bekken har avrenning fra kun en liten del. Til gjengjeld er dette området i nærheten av Trekantsteinen som er et mye benyttet målpunkt. En må dermed kunne anta at det er omsatt mye av den angitte ammunisjonen i nærheten av forsøksoppsettet.

Skal man få mer kunnskap om problematikken, bør forsøket gjentas, men med flere endringer. Metallfilteret foran slangene som samler vann, bør ha større porer for å kunne fange opp større eksplosivpartikler. Opptak av prøver fra ulike filtreringsenheter bør skje med jevne mellomrom slik at partiklene ikke rekker å løse seg og renner bort med vannet. De ulike filtrene må ha små porestørrelser. I tillegg må man prøve å samle opp partikler på en slik måte at store mengder vann filtreres i løpet av noen timer, og så må filteret medbringes med en gang for analyse. Bruk av passive vannprøvetakere som måler på eksplosiver bør vurderes å settes ut i bekkene. Da har man mulighet for å måle på store vannmengder over lang tid. Forsøket bør utføres i et område man vet det er mye eksplosivrester.

4 Konklusjon

Det er gjennomført et forsøk der det er samlet vann i løpet av en snøsmeltingsperiode fra en bekk i et nedslagsområde for ulike typer ammunisjon. Vannet er siktet gjennom forskjellige filtreringsmedier for om mulig å samle opp eksplosivpartikler som har fulgt med snøen ned i bekken i løpet av snøsmeltingen. Det er også målt på eksplosivinnhold i vannprøver fra bekken og i smeltede snøprøver. Klumper av TNT og C-4 er lagt ned i bekken for å se i hvilken grad eksplosivene løser seg ut i vannet.

Det ble funnet eksplosiver i et fåtall av de oppsamlede prøvene. I snøprøvene ble det funnet lave verdier av eksplosiver i prøvene tatt rundt Trekantsteinen, som er et målpunkt. Det ble ikke påvist rester av eksplosiver i snøprøven tatt i nærheten av forsøksoppsettet. Det var eksplosivene TNT, HMX, RDX og nedbrytningsproduktene TNB, DNB, 2-ADNT og 4-ADNT som ble påvist, enten alene eller flere samtidig. TNT og RDX er bestanddeler i sprengladningen i artillerigranater og bombekastere som det er skutt en del av inn i dette området i vintersesongen forut for starten av forsøket. De detekterte mengdene i prøvene var veldig lave. Dette kan enten bety at det er lite rester i nedslagsfeltet eller at det har vært liten transport av eksplosiver ned til bekken. Det kan også bety at prøveoppsettet ikke har vært designet riktig til å fange opp eventuelle rester. Dette

gjør det vanskelig å trekke konklusjoner vedrørende transport av eksplosiver fra nedslagsfeltene til bekker og elver under episoder med snøsmelting.

Det er løst ut en god del fra eksplosivklumpene som lå i elva. Vekttapet ser ut til å samsvare med løseligheten til TNT og RDX. Resultatene viser at eksplosivklumper som havner i vann, på sikt vil løses ut og forsvinne.

Det anbefales å gjøre oppfølgende undersøkelser i områder som har høy forurensing av eksplosiver (f eks demoleringsplass), for å vurdere eventuell transport av eksplosiver fra sterkt forurensete lokaliteter under episodiske hendelser. Et nytt prøveoppsett bør endres for å sikre at man fanger opp eksplosivpartikler og slik at man har kontroll på og filtrerer større vannmengder.

Referanser

- [1] Johnsen A., Karsrud T.E, Rosslund H.K., Larsen A., Myran A. og Longva K., ”Forurensninger av eksplosiver i Forsvarets skyte- og øvingsfelt – forundersøkelse av ulike baner med vekt på prøvetakingsmetoder”, FFI-rapport 2008/00535.
- [2] Pennington J.C., Jenkins T.F., Ampleman G., Thiboutot S., Brannon J.M., Hewitt A.D., 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.
- [3] Hewitt A.D., Jenkins T.F., Ranney T.A., Stark J.A., Walsh M.E., Taylor S., Walsh M.R., Lambert D.J., Perron N.M., Collins C.M. and Karn R., “Estimates of explosives residue from the detonation of Army munitions”, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, ERDC/CRREL TR-03-16, 2003.
- [4] Voie, Ø.A., “Toksikologiske og kjemiske egenskaper av sprengstoff og komponenter i ammunisjon”, FFI-rapport 2005/00444.
- [5] Voie Ø., “Effekter av eksplosiver på vannlevende organismer”, FFI-rapport 2008/00451.
- [6] Taylor S, Lever J.H., Fadden J., Perron N., Packer B., “Simulated rainfall-driven dissolution of TNT, Tritonal, Comp B and Octol particles”, Chemosphere 75, 1074-1081, 2009.
- [7] Taylor S, Lever J.H., Fadden J., Perron N., Packer B., “Outdoor weathering and dissolution of TNT and Tritonal”, Chemosphere 77, 1338-1345, 2009.
- [8] Økland J., Økland K.A., “Vann og vassdrag 3. Kjemi, fysikk og miljø”. Vett og viten AS, 1998.

Forkortelser

Akronym	Forklaring
2-ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen
4-ADNT	4-amino-2,6-dinitrotoluen
C-4	Composition 4 som hovedsakelig består av RDX
Comp B	Composition B som består av 60 % RDX og 40 % TNT
CRREL	US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory
DNT	2,4-dinitrotoluen + 2,6-dinitrotoluen
DNB	1,3-dinitrobensen
ERDC	Engineer Research and Development Center
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
HMX	1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
LC/MS	Væskekromatografi-massespektrometri
MP	Multipurpose
NC	Nitrocellulose
NG	Nitroglyserin
Octol	Blanding som består av HMX (70-75 %) og TNT (25-30 %)
PETN	Pentaeritryltetranitrat
RDX	1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin
Tetryl	2,4,6-trinitrofenylmetylnitramin
TNB	1,3,5-trinitrobensen
TNT	2,4,6-trinitrotoluen
TP	Target practice
Tritonal	Blanding som består av 80 % TNT og 20 % Aluminium
UV	Ultraviolet

Appendix A Analyserapporter



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 25.01.2010

Analyserapport M10/012

Side 1 av 6

Analyserapport nr M10/012

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 57
Mottatt dato: 2008

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde G3 mg/kg	Måleområde G2 µg/l
HMX	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
RDX	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
TNB	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
DNB	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
TNT	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
2,6-DNT	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
2,4-DNT	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
2-ADNT	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
4-ADNT	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
PETN	G2 og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
NG	G2 og G3	Nei	2,50-50	5-100
Tetryl	G2 og G3	Nei	2,50-50	5-100

Denne analyserapporten består av i alt 6 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 25.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 VANN OG SEDIMENT
FRA SNØPRØVER FRA NEDSLAGSFELTET LIVELTSKARDET I SETERMOEN SKYTEFELT**

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

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
08-113	Vannprøve fra smeltet snø, like over prøvestasjonen
08-115	Vannprøve fra smeltet snø, nordvest for trekantsteinen
08-117	Vannprøve fra smeltet snø, sørøst for trekantsteinen
08-119	Vannprøve fra smeltet snø, lenger ned i dalen, øst for Liveltskardelva
08-121	Vannprøve fra smeltet snø, 3 meter utenfor krater, vest for Liveltskardelva
08-123	Vannprøve fra smeltet snø, 8 meter fra krater, 90 grader fra 08-121, vest for Liveltskardelva
08-125	Vannprøve fra Isco 22/4, dag 0
08-126	Vannprøve fra Isco 23/4, dag 1
08-129	Vannprøve fra Isco, dobbeltprøve fra 8/5 og 1/6, dag 16 og dag 40
08-130	Vannprøve fra Isco, dobbeltprøve fra 9/5 og 2/6, dag 17 og dag 41
08-131	Vannprøve fra Isco 10/5, dag 18
08-132	Vannprøve fra Isco 11/5, dag 19
08-133	Vannprøve fra Isco 12/5, dag 20
08-134	Vannprøve fra Isco 13/5, dag 21
08-135	Vannprøve fra Isco 14/5, dag 22
08-136	Vannprøve fra Isco 15/5, dag 23
08-137	Vannprøve fra Isco 16/5, dag 24
08-138	Vannprøve fra Isco 17/5, dag 25
08-139	Vannprøve fra Isco 24/5, dag 32
08-140	Vannprøve fra Isco 25/5, dag 33
08-141	Vannprøve fra Isco 26/5, dag 34
08-142	Vannprøve fra Isco 27/5, dag 35
08-143	Vannprøve fra Isco 28/5, dag 36
08-144	Vannprøve fra Isco 29/5, dag 37
08-145	Vannprøve fra Isco 30/5, dag 38
08-146	Vannprøve fra Isco 31/5, dag 39

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
08-147	Vannprøve fra Isco 16/5, dag 24
08-174	Vannprøve fra Isco 2/6, dag 41
08-175	Vannprøve fra Isco 3/6, dag 42
08-176	Vannprøve fra Isco 4/6, dag 43
08-177	Vannprøve fra Isco 5/6, dag 44
08-178	Vannprøve fra Isco 6/6, dag 45
08-179	Vannprøve fra Isco 7/6, dag 46
08-180	Vannprøve fra Isco 8/6, dag 47
08-181	Vannprøve fra Isco 9/6, dag 48
08-182	Vannprøve fra Isco 10/6, dag 49
08-183	Vannprøve fra Isco 11/6, dag 50
08-184	Vannprøve fra Isco 12/6, dag 51
08-185	Vannprøve fra Isco 13/6, dag 52
08-186	Vannprøve fra Isco 14/6, dag 53
08-187	Vannprøve fra Isco 15/6, dag 54
08-188	Vannprøve fra Isco 16/6, dag 55
08-189	Vannprøve fra Isco 17/6, dag 56
08-190	Vannprøve fra Isco 18/6, dag 57
08-191	Vannprøve fra Isco 19/6, dag 58
08-192	Sediment fra planktonhåv 200 µm, 58 dager
08-193	Sediment fra planktonhåv 70 µm, 58 dager
08-194	Sediment fra planktonhåv 50 µm, 58 dager
08-195	Sediment fra sikt 630 µm, 58 dager
08-196	Sediment fra planktonhåv 50 µm, 16 dager
08-197	Sediment fra planktonhåv 70 µm, 16 dager
08-198	Sediment fra planktonhåv 200 µm, 16 dager
08-199	Sediment fra planktonhåv 50 µm, 41 dager
08-200	Sediment fra planktonhåv 70 µm, 41 dager
08-201	Sediment fra planktonhåv 200 µm, 41 dager
08-230	Sediment fra sikt 100 µm, 58 dager
08-231	Sediment fra sandfilter, 58 dager

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



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

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	Tetryl	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
08-113	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-115	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	0,36	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-117	< 0,1	0,30	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	0,24	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-119	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-121	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-123	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-125	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-126	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-129	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-130	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-131	< 0,1	0,22	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-132	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-133	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-134	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-135	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-136	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-137	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-138	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-139	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-140	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	0,17	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

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>Tetryl</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>	<i>µg/l</i>
08-141	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-142	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-143	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-144	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-145	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-146	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-147	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-174	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-175	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-176	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-177	< 0,1	0,10	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-178	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-179	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-180	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-181	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-182	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-183	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-184	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-185	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-186	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-187	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-188	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-189	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-190	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 5,0	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
08-191	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,33	< 5,0	< 5,0	0,46	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

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>Tenyl</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>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>
08-192	0,37	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-193	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-194	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-195	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-196	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-197	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-198	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-199	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-200	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-201	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-230	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-231	0,69*	<0,05	0,38*	<0,05	<2,5	<2,5	0,48*	<0,05	<0,05	0,19*	0,33*	<0,05

* Verdiene for prøve 08-231 er gitt i µg/prøve, dvs total mengde funnet i den målte prøven.