

Forurensning fra ammunisjon i akvatisk miljø og på kystfort – innledende undersøkelser

Helle K. Rosslund, Arnt Johnsen, Tove Engen Karsrud, Marthe Petrine Parmer, Anita Larsen,
Anne Myran og Silje V. Nordås

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

11. juni 2010

FFI-rapport 2010/00239

108902

P: ISBN 978-82-464-1772-1

E: ISBN 978-82-464-1773-8

Emneord

Eksplosiver

Tungmetaller

Sediment

Sjøvann

Forurensning

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

Det er foretatt innledende undersøkelser av forurensning fra eksplosiver og tungmetaller på Forsvarets kystfort og ved ammunisjon i akvatisk miljø.

Det er liten kunnskap om graden av forurensning på kystfortene. En slik kjennskap er spesielt viktig i forhold til planlagt etterbruk av områdene ved avhending. For å kunne gjøre en vurdering av mulig forurensning fra ammunisjon i Forsvarets skyte- og øvingsfelt i sjø er det gjort undersøkelser av ammunisjon som enten er dumpet eller funnet på sjøbunnen i grunne områder.

En gjennomgang av tidligere undersøkelser i Norge og i andre land viser at det er funnet eksplosivrester i nærheten av ulike typer ammunisjon som har ligget i vann. Omfanget av lekkasjer av eksplosiver fra ammunisjonen ser ut til å være størst i sjøvann. Dette kan være på grunn av høyere korrosjonshastighet i sjøvann, og at ammunisjonen ikke er helt begravd i sedimentene som ofte er tilfelle i innsjøer. Det uttrykkes fra flere land en bekymring over at det ligger store mengder ammunisjon som potensielt kan lekke miljøgifter til vann og sediment og forårsake opptak i næringskjeden. Det er også usikkerhet rundt selvdetonasjoner og kontrollerte sprengninger i forhold til spredning av eksisterende forurensning og eventuell spredning av eksplosiver fra detonasjonen. Kunnskapen omkring betydningen av påviste eksplosivforurensninger i det akvatiske miljø er gjennomgående lav.

Det er foretatt en befarings på Rauøy fort og noen jordprøver foran henholdsvis en 75 mm og en 150 mm kanonstilling ble undersøkt. Det ble funnet lave nivåer av eksplosiver og noe forhøyede nivåer av tungmetaller i disse prøvene. I tillegg er det tatt noen prøver i forbindelse med destruksjon av ammunisjon på Grøtsund fort. Det ble i destruksjonsområdet som lå i strandsonen påvist høye nivåer av både eksplosiver og tungmetaller. De undersøkelser som er gjort har ikke et tilstrekkelig omfang til å avgjøre om forurensningstilstanden ved kystfort kan utgjøre noen helse- og miljørisiko. Det anbefales derfor å gjøre flere og grundigere undersøkelser ved kystfort.

Dykkere i hovedsak fra Minedykkerkommandoen har tatt prøver av vann, sediment og biota rundt enkeltobjekter av ammunisjon på forholdsvis grunt vann. Det meste av ammunisjonen hadde ligget i sjøen fra tiden rundt andre verdenskrig og var i varierende grad rustet og gått i oppløsning. Det ble målt lekkasje av eksplosiver fra ammunisjonen både til vann og sediment. Det ble også observert opptak i biota. Forurensningen av tungmetaller var lav bortsett fra ved skipsvraket DS Selma og ved Solstrand. Det er behov for ytterligere studier for å avklare i hvilken grad ammunisjon i akvatisk miljø kan utgjøre noen risiko.

I forbindelse med uskadelliggjøring av ammunisjon som ble lokalisert ved EOD-oppdrag, ble det funnet eksplosiver både i vann og sediment kort tid etterpå. Prøvetakingen i dette studiet har imidlertid ikke vært rettet inn mot å kvantifisere slike rester. Det er derfor behov for en mer omfattende undersøkelse for å avgjøre om denne typen aktivitet kan utgjøre en risiko for det akvatiske miljø.

English summary

Preliminary investigations on contamination from explosives and heavy metals have been implemented at coast fortifications and associated with munitions in the aquatic environment.

There is less knowledge about the level of contamination at the coast fortifications, compared to other military firing ranges. This knowledge is especially important considering the future usage of these areas after a realization of the fortifications. In this preliminary investigation, munitions dumped or found at shallow water have been studied to gather information about possible contamination from ammunition in firing ranges at sea.

Previous studies in Norway and several other countries have indicated that contamination from munitions in the aquatic environment occurs. The extent of leakage is reported higher in sea water than in fresh water. This observation is probably due to the higher corrosion rate in sea water. The munitions in fresh water are also often covered by more sediment than in sea water. There is a considerable concern among several countries regarding the leakage of explosives from munitions to sediment and water, and the possible entering of these compounds into the food chain. There are uncertainty concerning the spreading of existing pollution and possible explosive particles created from sudden or controlled detonations. The knowledge is generally low considering the significance of the traceable contamination of explosives in the aquatic environment.

There has been an on-site inspection at Rauøy coast fortification. A few samples of earth collected in front of to gun sites have been analysed. Only low levels of explosives and somewhat higher levels of heavy metals were detected. Samples were also collected after destruction of ammunition at the seashore at Grøtsund coast fortification. High levels of both explosives and heavy metal were observed. The extent of the investigations is too low to make any recommendations towards a health and environment risk assessment. It is strongly recommended to continue these investigations.

Divers, mainly Norwegian clearance divers from Minedykkerkommandoen, have collected samples of water, sediment and biota close to single munition targets in shallow waters. The munitions were mainly remnants from the Second World War, with different corroding damage. Explosive residues were found in both sediment and water samples. The residues were also found in biota. Heavy metals were found at low concentrations except for the samples collected at the shipwreck DS Selma and at the Solstrand site. Additional studies are necessary to reveal the hazard level of underwater munitions in the aquatic environment.

Samples collected from water and sediment shortly after EOD operations, contained explosive residues. Additional studies are also needed at this kind of operations.

Innhold

	Forord	8
1	Innledning	9
1.1	Bakgrunn	9
1.2	Hensikt	10
1.3	Tidligere undersøkelser av forurensning fra ammunisjon i akvatisk miljø	10
1.3.1	Undersøkelser i Norge	10
1.3.2	Undersøkelser i Sverige	11
1.3.3	Undersøkelser i Sveits	12
1.3.4	Undersøkelser i Storbritannia	12
1.3.5	Undersøkelser i Canada	12
1.3.6	Undersøkelser i USA	13
1.3.7	Undersøkelser i Tyskland	13
1.4	Oversikt over miljøfarlige stoffer i ammunisjon	14
1.4.1	Tungmetaller	14
1.4.2	Eksplosiver	16
1.4.3	Andre eksplosiver	20
2	Valg av områder for undersøkelse	21
2.1	Kystfort	21
2.2	Dumpet ammunisjon	21
3	Metoder	21
3.1	Prøvetaking	21
3.1.1	Jord	21
3.1.2	Sedimenter	22
3.1.3	Sjøvann og ferskvann	22
3.1.4	Biologisk materiale	22
3.2	Forbehandling av prøver	22
3.2.1	Jord	22
3.2.2	Ferskvanns- og marint sediment	22
3.2.3	Biologisk materiale	22
3.3	Ekstraksjon og kjemisk analyse	23
3.3.1	Ekstraksjon av jord og sediment	23
3.3.2	Ekstraksjon av sjøvann og ferskvann	23
3.3.3	Ekstraksjon av biologisk materiale	23
3.4	Kjemisk analyse for bestemmelse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter	23
3.5	Bestemmelse av tungmetaller i jord, sediment og tang	23

3.6	Deteksjon av eksplosiver ved bruk av EXPRAY	24
3.7	Eksplosivpartikler i fraksjonen større enn 2 mm	24
4	Undersøkte lokaliteter	25
4.1	Rauøy fort, Fredrikstad	25
4.2	Solstrand, Tromsø	27
4.3	Grøtsund fort, Tromsø	29
4.4	Tælavåg, Bergen	30
4.5	Fjellhaug standplass, Skreia	33
4.6	Rivingen, Grimstad	35
4.7	Justøya, Lillesand	36
4.8	DS Selma, Nesodden	38
5	Resultater	40
5.1	Rauøy fort, Fredrikstad	40
5.2	Solstrand, Tromsø	41
5.2.1	Jordprøver	41
5.2.2	Sedimenter	42
5.2.3	Biologiske prøver	42
5.3	Grøtsund fort, Tromsø	43
5.3.1	Eksplosivpartikler	44
5.4	Tælavåg, Bergen	45
5.4.1	Klassifisering av minen	45
5.4.2	Ved funnstedet og sprengningsplass	45
5.4.3	Eksplosivpartikler	47
5.5	Fjellhaug standplass, Skreia	48
5.5.1	I ferskvann og sediment	48
5.5.2	Ved BK utskytningsrampe og bak beskyttelsesmur mot veien	48
5.6	Rivingen, Grimstad	49
5.7	Justøya, Lillesand	49
5.8	DS Selma, Nesodden	50
5.8.1	Kruttstenger og kruttplater	50
6	Konklusjon	51
	Referanser	53
	Forkortelser	58
	Appendix A Analyserapporter fra ALS Skandinavia NUF	59

Appendix B Analyserapporter fra FFI	73
B.1 Rauøy fort	73
B.2 Grøtsund fort og Solstrand	75
B.3 Tælavåg	78
B.4 Fjellhaug standplass	81
B.5 Rivingen og Justøya	84
B.6 DS Selma	86

Forord

Tusen takk til alle som velvillig har stilt opp for at prøvetakingene kunne gjennomføres. Spesiell takk til Forsvarets operative hovedkvarter (FOH)/Sjøoperasjonssenteret som har stått for koordineringen, og til personell fra Minedykkerkommandoen (MDK) på Haakonsværn og i Ramsund som har utført de fleste prøvetakingene.

Takk også til Bent T Røen (FFI) og Per Stensland (FLO) for hjelp med identifisering av det kjemiske innholdet i kruttstenger.

1 Innledning

Forsvaret benytter store mengder ammunisjon, og det er derfor viktig at de har kjennskap til om denne bruken vil kunne medføre forurensning av miljøet. Forsvarets utredning om FoU-virksomhet innenfor miljø og fortifikasjon har pekt på et behov for forskning på miljøbelastninger av ammunisjon [1]. Det har lenge vært stor fokus på tungmetallforurensning fra håndvåpenammunisjon i skyte- og øvingsfelt på land. I 2008 presenterte Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i tillegg resultatene fra undersøkelser av eksplosivrelaterte forbindelser fra ammunisjon med større kaliber. I nesten alle områdene som ble undersøkt ble det påvist rester av eksplosiver [2]. Disse undersøkelsene omfattet ikke kystfort som vil kunne ha en annen type bruk av ammunisjon. Det er også lite kunnskap om eventuell forurensning fra ammunisjon i skyte- og øvingsfelt i sjø. I tillegg vil ammunisjon som ligger i sjø enten den er dumpet, skipsvrakrelatert eller fra for eksempel minelegging i forbindelse med krigshandlinger kunne forurense miljøet. Det er utført noen få undersøkelser i andre land hvor spesielt den eksplosivrelaterte forurensningen blir definert som alt fra lite bekymringsverdig til å kunne utgjøre et større problem.

1.1 Bakgrunn

Forsvaret har i løpet av mange år skutt flere hundre tonn med ammunisjon fra kystfort og fartøy i skyte- og øvingsfelt i sjø [3]. Mesteparten av denne ammunisjonen forventes å ha hatt en tilnærmet full omsetning, men det antas også at det vil være blindgjengere og ammunisjon med ”low order” detonasjon blant disse. Det er kjent at det har blitt dumpet store mengder tysk ammunisjon i tiden rett etter andre verdenskrig, og at Forsvaret og Nammo RaufossAS har dumpet ammunisjon helt frem til begynnelsen av 1970-tallet [4]. Det finnes ingen eksakt oversikt over mengden som lå igjen i de tyske ammunisjonslagrene etter krigen, men en oversikt over ”status for dumping av ex-tysk ammunisjon pr 15.september 1945” refererer til at det var dumpet over 100 000 tonn ammunisjon og at like mye ventet på dumping [5]. I dette tallmaterialet er ikke Finnmark medregnet, hvor dumping var mest intens. I tillegg utgjør et stort antall skipsvrak med ammunisjon om bord og tusenvis av sjøminer en del av den totale belastningen fra ammunisjon til det akvatiske miljøet.

Det finnes i dag 47 kjente dumpeplasser på dypt vann avtegnet i sjøkart, men blant annet funn av ammunisjon i sjøen på andre lokaliteter har avdekket at ammunisjonen ikke alltid nådde bestemmelsesstedet. Historier forteller også om at dumping av mindre mengder ammunisjon ofte ble foretatt utenfor ”nærmeste skrent”. Det finnes ingen nedtegnet oversikt over dumpeplasser av krigsetterlatenskaper i ferskvann. Det finnes allikevel kjente lokaliteter som Mjøsa, Randsfjorden Vilbergstjern og Langvatn i tillegg til et større antall lokaliteter i Finnmark (se kapittel 1.3.1). Forsvaret har i gjennomsnitt 60 EOD oppdrag i sjø per år der de i hovedsak bistår Politiet med uskadeliggjøring av ammunisjon. De er også på ”minejakt” på Finnmarkskysten hvert år, i tillegg til jevnlig opprydninger av kjente lokaliteter, særlig i Nord-Norge. Observasjoner av ammunisjon fra første og andre verdenskrig som ligger i marint miljø, tilsier at den er på vei til å

ruste i stykker. Det vil derfor være en fare for at det allerede forgår en utlekking av miljøgifter fra ammunisjonen.

1.2 Hensikt

Eksploder og tungmetaller vil kunne påvirke det akvatiske miljøet negativt. Det finnes lite datagrunnlag for å si om det finnes lekkasjer fra ammunisjon som ligger i vann og hvilken betydning en slik forurensning vil kunne ha. Effekter av forurensning fra tungmetaller på akvatiske organismer er mer studert enn for eksplosivforurensning. Det er derfor gjennom prosjekt 1089 ” Forsvarets ammunisjonsforbruk: Forurensning, miljørisiko og tiltak” foretatt innledende undersøkelser, for å avdekke i hvilken grad det kan spores forurensning fra ammunisjon som har havnet i akvatisk miljø. Det er også inkludert noen undersøkelser for å evaluere i hvilken grad destruksjon av ammunisjon i akvatisk miljø kan føre til utslipp av forurensning. Forurensninger lokalisert til kystfort som følge av ammunisjonsforbruk er i liten grad undersøkt tidligere. Det har derfor innenfor prosjekt 1089 vært foretatt noen innledende undersøkelser for å få bedre kunnskap om dette. Denne rapporten oppsummerer resultatene som er fremkommet fra de undersøkelser som er gjort.

1.3 Tidligere undersøkelser av forurensning fra ammunisjon i akvatisk miljø

1.3.1 Undersøkelser i Norge

I Norge er det kun utført undersøkelser av forurensning fra ammunisjon som ligger i ferskvann. Den første ble gjennomført i Mjøsa i 2001 etter pålegg fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif). Nammo Raufoss AS har redegjort for dumping av opptil 215 tonn på 3 forskjellige lokaliteter i Mjøsa i perioden 1940-1971, mens mengde og sted for hva Forsvaret har dumpet er mer ukjent [4]. Ammunisjonen som ble dumpet inneholdt i hovedsak TNT, pikrinsyre, NG og NC og ligger nå på 160-400 m dyp. Klif kom i 2000 med et pålegg til Nammo Raufoss AS og Forsvaret om utredning av eksponeringspotensialet basert på undersøkelser fra dumpeområdet. Det Norske Veritas (DNV) utførte på bakgrunn av dette, på oppdrag fra Forsvarsbygg (FB), undersøkelser i 2001 [6], 2004 [7] og 2007 [8] i et av dumpeområdene. Stedet er lokalisert mellom ferjeleiene Gjøvik og Mengshol, her ligger også et av de 11 drikkevannsinntakene i Mjøsa. Området ble kartlagt med ROV og det ble konstatert at de inspiserte granathylsene og kassene på overflaten var tomme og at eventuell intakt ammunisjon måtte være begravd i det bløte sedimentet. Det ble undersøkt både for metaller og sprengstoffrester i vann, porevann og sedimenter. Metallkonsentrasjonene ble rapportert å ligge i normalområdet og det ble ikke funnet andre rester av sprengstoff enn 2,4- og 2,6-dinitrofenol (nedbrytningsprodukter av pikrinsyre) i porevannet. Konklusjonen fra DNV i 2001 var at ammunisjonen ikke utgjør noen umiddelbar miljørisiko forutsatt at den får ligge i ro. Klif har ikke konkludert i saken enda. Naturvernforbundet rapporterte i november 2007 om at det i forbindelse med legging av ny vannledning til potetfabrikken på Gjøvik i det samme området, ble observert at ”ammunisjonen er i ferd med å smuldre opp” [9].

I Mjøsa ligger også nedslagsfeltet fra testskytinger av ammunisjon på Fjellhaug standplass. På oppdrag fra Nammo Raufoss AS har NIVA flere ganger i perioden 2002-2006 foretatt målinger av metaller og sprengstoff i vann fra Mjøsas dypeste punkt ”stasjon Skreia” [10].

Metallkonsentrasjonene er rapportert å ligge innenfor normalområdet, mens vannprøver fra 0-10 m og 400 m i en av prøvetakingene fra 2003 inneholdt henholdsvis 0,18 µg/l 1,3-dinitrobenzen (DNB) og 0,17 µg/l TNT [11].

Promitek AS utførte i 2003 undersøkelser av dumpet ammunisjon i Randsfjorden på oppdrag fra Statsbygg på vegne av Klif [12]. Undersøkelsene var et ledd i Klifs arbeid med å kartlegge, undersøke og rydde opp i forurenset grunn [13]. To dumpeplasser sør i Randsfjorden ble undersøkt med ROV, og det ble anslått fra resultatene at det kunne ligge rundt 1000 objekter i kaliber 75 – 150 mm, tilsvarende 2,5 tonn ammunisjon på bunnen. Ammunisjonen kom fra tyskernes lager fra andre verdenskrig på Moesmoen ved Jevnaker. Det ble ikke funnet sprengstoffrelaterte forbindelser i sedimentene og metallkonsentrasjonene var lave. Klif konkluderte med at ammunisjonen ikke utgjorde noen forurensningsfare for drikkevannet når den fikk ligge i ro og at oppfølgende undersøkelser ikke var nødvendig [14].

1.3.2 Undersøkelser i Sverige

I Sverige finnes det 106 kjente dumpeplasser for ammunisjon. 72 av disse er i innsjøer og ble benyttet i perioden 1940 til utpå 60-tallet. Dumpingen i sjøvann pågikk på 25 kartlagte steder frem til 1972, fortrinnsvis i Østersjøen [15]. På oppdrag fra Forsvarsmakten har Totalforsvarets forskningsinstitutt (FOI) utført undersøkelser av dumpet ammunisjon [16]. Det er i hovedsak foretatt undersøkelser av forurensning fra metaller og TNT og hvilke konsekvenser en lekkasje av TNT vil kunne medføre. I områdene det ble funnet forurensning av tungmetaller, var det ikke mulig å knytte dette til den dumpede ammunisjonen. Det ble ikke funnet tegn på lekkasje fra ammunisjonen dumpet i ferskvann og beregninger viser at det kan ta mer enn 1000 år før ammunisjonen er gjennomrustet og begynner å lekke eksplosiver. Det er forventet at lekkasje fra ammunisjon som ligger i sjøvann vil starte tidligere, på grunn av høyt saltinnhold som fører til raskere rustdannelse. Men korrosjonshastigheten vil også bli påvirket av faktorer som temperatur og oksygeninnhold. Det antydes at eksplosivene vil kunne begynne å lekke i løpet av en periode på 50-100 år. Det ble ikke påvist TNT eller nedbrytningsprodukter fra TNT i de 3 sedimentprøvene som ble undersøkt i henholdsvis Østersjøen og Nordsjøen.

Göteborgs universitet, blant annet støttet av det svenske Forsvaret publiserte i 2006 og 2007 to studier der utlekking av TNT fra ammunisjon til sediment og sjøvann i henholdsvis sjøvann og brakkvann er undersøkt [17;18]. Det ble blant annet utført forsøk med artillerigranater som ble delt på langs og plassert i sjøvann. Resultatene viste at lekkasjen av TNT fra granatene ble redusert når de ble dekket av sediment. Det var mindre lekkasje med et finkornet sediment i forhold til et som var mer sandig. Lekkasjen økte med temperaturen i vannet (5-20°C), men ved tildekking av finkornet sediment var ikke effekten av temperatur signifikant.

1.3.3 Undersøkelser i Sveits

Det ble i 2003 igangsatt en større undersøkelse av mulig forurensning fra dumpet ammunisjon i innsjøene Thunersee (4600 tonn), Brienersee (280 tonn) og Vierwaldstättersee (3330 tonn) [19;20]. Ammunisjonen ble mistenkt som mulig årsak til observasjonene av deformerte gonader (kjønnsorganer) i opptil 35 % av sik fanget i Thunersee og en noe mindre andel i Brienersee [21]. Ammunisjonen ble dumpet i perioden 1920-1964 i hovedsak på 160-210 meters dyp, enten fordi den var gått ut på dato eller etter feilproduksjon. Det ble også dumpet ammunisjon etter en ulykke i en gruve som ble brukt til lagring, da det var usikkert om ammunisjonen fremdeles var stabil. Undersøkelsene viste at ammunisjonen var begravd i sedimentene. Den var intakt uten noen form for rustdannelse og ville derfor ikke utgjøre noen fare for miljøet. Det ble påvist rester fra ADNT, HMX, RDX og PETN i vannet [22], men konsentrasjonene som var i størrelsesorden 0,1 til 0,4 ng/l var ti ganger lavere enn drikkevannskravene. Den estimerte totalmengden på opptil 200 kg eksplosiver løst i vannet, oversteg det som reelt kunne lekke fra ammunisjonen. Foreløpig er det konkludert med at forurensningen av eksplosiver muligens kommer fra avrenning fra en demoleringsplass og/eller fra to forskjellige produksjonsanlegg. Innsamlet fisk vil bli analysert for eksplosiver, samtidig som undersøkelsene som startet i 2001 for å finne årsaken til deformasjonene i fisken, fremdeles pågår. Det er fra politisk hold antydnet at de ønsker ammunisjonen fjernet uansett, noe som vil bli meget kostbart og risikofyllt [23]. Det er derfor også satt i gang undersøkelser av mulige hevingsmetoder og deretter miljøvennlig demolering [20].

1.3.4 Undersøkelser i Storbritannia

Imperial College London Consultants LTD publiserte i 2005 en litteraturstudie om "Munitions Dumped at Sea" [24]. Denne omhandler i hovedsak kjemiske våpen, men også noe om konvensjonelle våpen. Det uttrykkes bekymring over TNT og dets nedbrytningsprodukter som er kjent for å være giftig for organismer som lever i vann, og at man vet lite om lekkasje, påvirkning av biota og opptak i næringskjeden. De fleste henvisningene i litteraturstudiet viser til at man bør la ammunisjonen ligge i fred, kombinert med overvåkning av miljøet. De mener imidlertid at det er et problem at ammunisjon fylt med pikrin syre i form av Shellite og Lyddite har selvdetonert ved flere anledninger. Dette er ikke bare en sikkerhetsrisiko, men vil også mest sannsynlig føre til spredning av forurensninger.

1.3.5 Undersøkelser i Canada

Sandia National Laboratories (US Dep of Energy) and Naval Surface Warfare Center tok i 2001 sediment og sjøvannsprøver rundt forskjellige typer ammunisjon i The Bedford Basin, Halifax [25]. Prøvene ble samlet fra 0,5 til 3 m fra ammunisjonen. Det ble også tatt prøver ved hjelp av oppkonsentrering på fiber (SPME). Det ble kun analysert for TNT og nedbrytningsprodukter fra TNT. Prøveresultatene viser at det var lekkasje av eksplosiver fra alle de ulike ammunisjonstypene, både til sediment og vann.

Defence Research and Development Canada (DRDC)- Valcartier utgav i 2004 rapporten "Evaluation of underwater contamination by explosives and metals at Point Amour Labrador and

in the Halifax Harbour area” der undersøkelser fra samme område er gjennomført [26]. I Point Amour Labrador undersøkte de ammunisjon fra skipet HMS Raleigh, som gikk på grunn i 1922. Ved vraket ble det påvist TNT i vannprøver og HMX i sedimentet. Ammunisjonen lå på rundt 30-40 ft og ble flyttet til en egnet sprengningsplass. Dykkere tok prøver fra sprengningsområdet og i et kontrollområde 500 m unna både før og etter sprengning. Det ble funnet rester etter detonasjon av både TNT, RDX og A-DNT i vannprøven fra kontrollområdet 500 m unna. Det ble i tillegg funnet HMX i sedimentet ved sprengningsplassen og ved kontrollen 500 m unna. Det er usikkert om funnene av HMX var reelle eller kontaminering av prøvene i laboratoriet.

Undersøkelsene i Halifax Harbour omfattet vannprøver tatt med ROV ved et skipsvrak på 80 meters dyp og vann og sedimentprøver 25-35 m fra en dumpingplass for ammunisjon på 60-180 meters dyp. Sedimentprøvene ble tatt fra overflaten og ned til 30-60 cm i sjøbunnen. Det ble kun funnet Pb, Fe og Al i konsentrasjoner som trolig var over bakgrunnsnivået i området. Det ble konkludert med at prøvetakingene hadde vært utfordrende og at det måtte utføres flere og grundigere undersøkelser for å kunne vurdere spredning av forurensning ved undervannsdetonasjoner og i hvilken grad lekkasjene fra ammunisjonen påvirker det akvatiske miljøet.

1.3.6 Undersøkelser i USA

I 2004 ble det gjennomført undersøkelser av vraket US Killen og området rundt en flybombe ved The Isla de Vieques Bombing Range, Bahia Salina del Sur, Puerto Rico. Undersøkelsene ble utført av Underwater Ordnance Recovery Inc, Norfolk, VA og University of Georgia, Athens GA [27]. Det ble ikke funnet eksplosivrester i prøver tatt ved selve vraket, bortsett fra en korallprøve som inneholdt TNT. I tillegg var det forhøyede konsentrasjonsnivåer av arsen i prøver fra skalldyr. Det ble imidlertid funnet relativt høye nivåer av eksplosiver i og rundt en 2000 lb flybombe både i vann-, sediment- og korallprøver. Akvatiske organismer som fisk, sjømark og kråkeballer ble samlet i, på og rundt bomben og disse inneholdt tidels høye nivåer av eksplosivrester. Foreløpige resultater finnes i rapporten "Radiological, Chemical, and Environmental Health Assessment of the Marine Resources of the Isla de Vieques Bombing Range, Bahia Salina del Sur, Puerto Rico" fra 2004 [27]. Resultatene vil bli publisert i sin helhet i løpet av 2010.

1.3.7 Undersøkelser i Tyskland

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR) i Tyskland undersøkte i 2007 en dumpeplass ved Kolberger Heide i Schleswig-Holstein. Det ble tatt 18 sedimentprøver og 16 vannprøver 1 m over sjøbunnen i et 7 kvadratkilometer stort område. Det ble kun funnet rester av TNT og nedbrytningsprodukter fra TNT i en sedimentprøve. I 1996 utførte det tyske Forsvaret prøvetakinger ved sprengninger av blant annet en 100 og 500 kg sjømine på 15 -17 meters dyp i Østersjøen. Det ble tatt vannprøver i ulik lengde og dybde fra sprengningspunktet, men det var ikke mulig å påvise rester fra eksplosiver [28]. Usikkerhet rundt spredning av eksplosivforurensninger ved selvdetonasjoner og ved kontrollerte sprengninger av EOD personell var bakgrunnen for en ny undersøkelse i 2008. Det ble tatt prøver i det samme området med passive prøvetakere (aktivt kull) rundt sprengningsplassen ved detonasjon av 10 stk ”Sehrohrminen” med en ladning på 14 kg SW39 (45 % TNT, 30 % ammoniumnitrat, 20 %

aluminiumpulver og 5 % Hexanite (varierende blanding av Hexyl og TNT)). Det ble bare funnet TNT i en av prøvetakerne, og det kunne ikke påvises Hexyl fra minen eller PETN fra påleggsladningen. I 2009 ble det tatt nye prøver med passive prøvetakere 20-100 m fra sprengningsplassen til 5 "Ankertauminen" med en ladning på 300 kg SW39. Her ble det funnet TNT i halvparten av prøvetakerne. Det konkluderes med at kontrollerte sprengninger mest sannsynlig ikke vil føre til spredning av eksplosiver som vil gi en toksikologisk effekt. Men at ufullstendige detonasjoner ved for eksempel for små påleggsladninger og selvdetonasjoner vil kunne være et problem [29;30].

1.4 Oversikt over miljøfarlige stoffer i ammunisjon

Ammunisjon inneholder mange ulike kjemiske forbindelser både organiske og uorganiske og en relativt stor andel av disse vil kunne klassifiseres som miljøfarlige stoffer. FFI har i samarbeid med Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) etablert en database, AMIN for å samle og systematisere informasjon om kjemiske stoffer i ammunisjon. I en foreløpig gjennomgang av 170 ammunisjonstyper er det registrert over 400 kjemiske stoffer. Kun ¼ av disse er klassifisert som ufarlige og nærmere 70 står på myndighetenes Obs-liste, mens 50 er klassifisert som giftige/meget giftige [31;32]. De fleste av disse finnes imidlertid kun i små til ubetydelige mengder i ammunisjon. Forbindelsene som er omtalt og/eller undersøkt i denne rapporten er derfor kun et utvalg av miljøfarlige stoffer og det kan ikke utelukkes at det finnes andre kjemiske stoffer som kan ha betydning for miljøet.

1.4.1 Tungmetaller

Det er tradisjonelt bare undersøkt nivåer av tungmetallene bly, kobber sink og antimon i forbindelse med forurensning fra håndvåpenammunisjon. Forurensning fra antimon er spesifikt for håndvåpenammunisjon og vil vanligvis ikke finnes i andre miljøprøver. Miljøvernmyndighetene har derfor ingen grenseverdier for antimon. FFI har i forbindelse med undersøkelsene beskrevet i denne rapporten, foretatt prøvetaking i områder der ammunisjon av større kaliber er benyttet, noe som kan føre til at forurensning fra et større spekter av tungmetaller kan finnes. Det er derfor valgt å undersøke nivåene til de tungmetallene som er oppført i Klif sine veiledere for sedimenter [33] og forurenset grunn [34] i tillegg til antimon, barium og strontium på noen lokaliteter. Barium og strontium er i hovedsak relatert til pyroteknisk ammunisjon.

1.4.1.1 Tilstandsklasser i jord

Tilstandsklasse/ Stoff		Meget god 1	God 2	Moderat 3	Dårlig 4	Svært dårlig 5
Arsen	As	< 8	8 – 20	20 – 50	50 – 600	600 – 1000
Kadmium	Cd	<1,5	1,5 – 10	10 – 15	15 – 30	30 – 1000
Krom	Cr	<50	50 – 200	200 – 500	500 – 2800	2800 – 25000
Kobber	Cu	< 100	100 – 200	200 – 1000	1000 – 8500	8500 – 25000
Kvikksølv	Hg	<1	1 – 2	2 – 4	4 – 10	10 – 1000
Nikkel	Ni	< 60	60 – 135	135 – 200	200 – 1200	1200 – 2500
Bly	Pb	< 60	60 – 100	100 – 300	300 – 700	700 – 2500
Sink	Zn	<200	200 – 500	500 – 1000	1000 – 5000	5000 – 25000
Antimon	Sb	< 10	10 – 40	40 – 240	240 – 480	480 – 2500

Tabell 1.1 Tilstandsklasser for jord [34]. Konsentrasjonene er angitt i mg/kg TS. Antimon er beregnet basert på metoder angitt i "Forslag til tilstandsklasser for jord" NGU Rapport 2007.019 [35;36]

Det finnes ikke tilstandsklasser for strontium (Sr) og barium (Ba), men gjennomsnittlig konsentrasjon i norske flomsedimenter er henholdsvis 283 mg/kg og 496 mg/kg [37]. Utgangspunktet for en risikovurdering vil vanligvis være når konsentrasjonen er mellom tilstandsklasse 1 og 2.

1.4.1.2 Tilstandsklasser i sediment

Tilstandsklasse/ Stoff		Bakgrunn 1	God 2	Moderat 3	Dårlig 4	Svært dårlig 5
Arsen	As	<20	20 – 52	52 – 76	76 – 580	>580
Kadmium	Cd	<0,25	0,25 – 2,6	2,6 – 15	15 – 140	>140
Krom	Cr	<70	70 – 560	560 – 5900	5900 – 59000	>59000
Kobber	Cu	<35	35 – 51	51 – 55	55 – 220	>220
Kvikksølv	Hg	<0,15	0,15 – 0,63	0,63 – 0,86	0,86 – 1,6	>1,6
Nikkel	Ni	<30	30 – 46	46 – 120	120 – 840	>840
Bly	Pb	<30	30 – 83	83 – 100	100 – 720	>720
Sink	Zn	<150	150 – 360	360 – 590	590 – 4500	>4500

Tabell 1.2 Tilstandsklasser for sediment [33]. Konsentrasjonene er angitt i mg/kg TS.

Det finnes ikke tilstandsklasser for antimon, strontium og barium i sediment. Det forventes at antimon ville kunne sammenlignes med verdiene til arsen. Utgangspunktet for en risikovurdering vil vanligvis være når konsentrasjonen er mellom tilstandsklasse 2 og 3 [38].

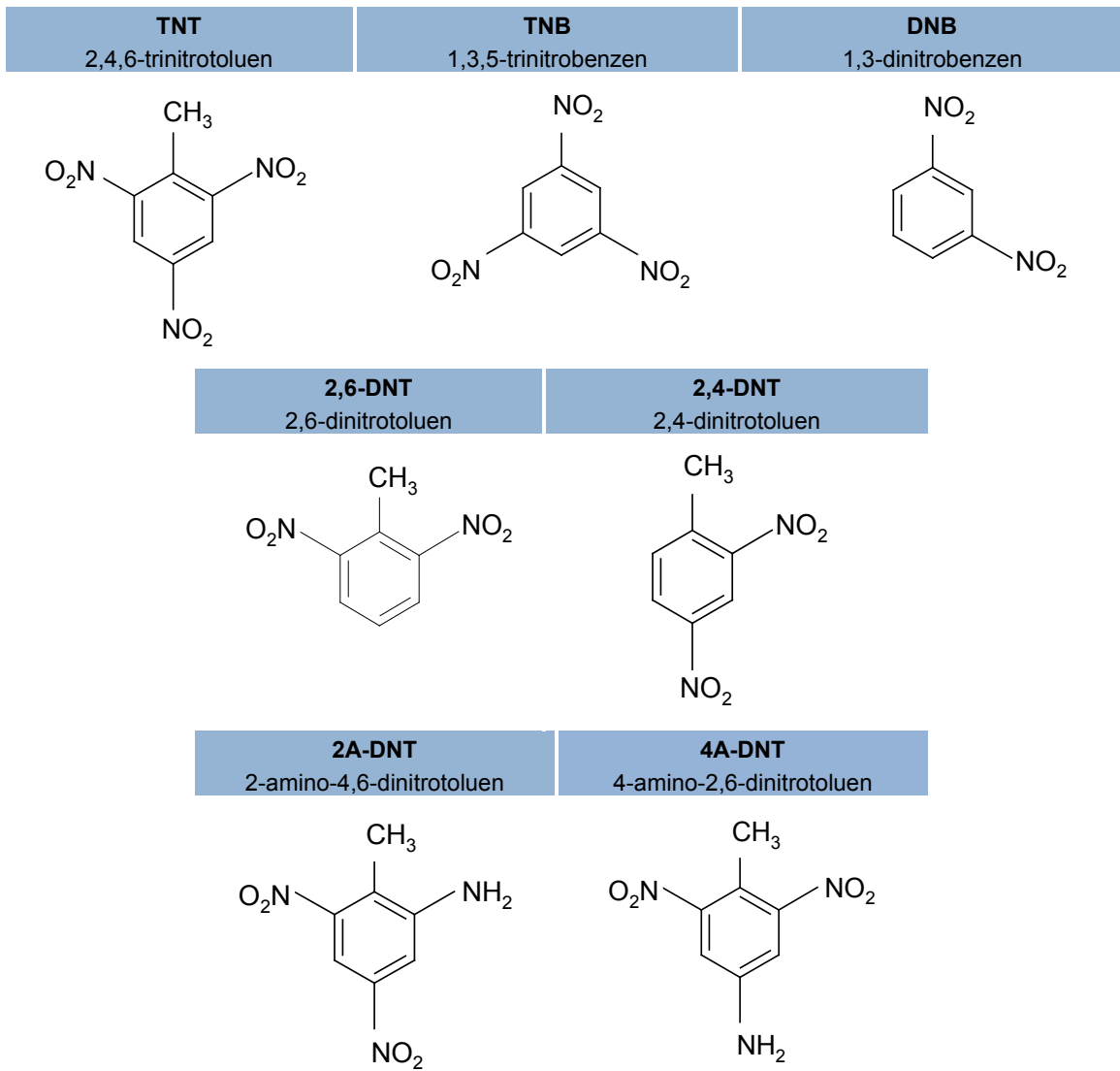
1.4.2 Eksplosiver

Ved gjennomgang av kjemisk innhold i ammunisjon som Forsvaret bruker, er det identifisert bruk av over 30 eksplosiver [31;32]. Utvelgelsen av undersøkte eksplosiver er gjort på bakgrunn av FFI/Rapport-2005/00444 [39] der de mest benyttede stoffene i ammunisjon er vurdert i forhold til miljøfarlighet.

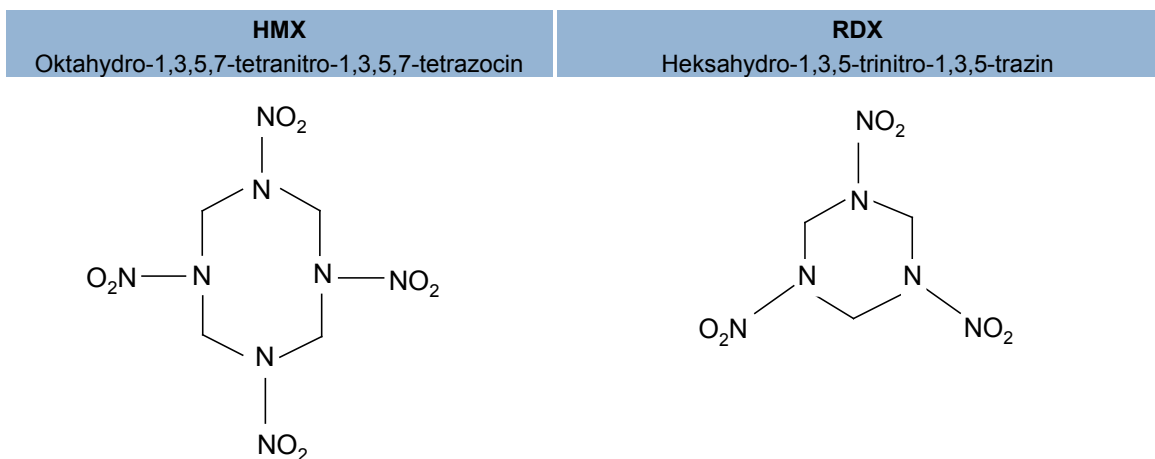
Pikrinsyre er veldig vannløselig og blir ofte påvist i forbindelse med eldre ammunisjon i akvatiske miljø. Den og spesielt dens nedbrytningsprodukter er skadelige for akvatiske organismer [39], men er ikke analysert i disse undersøkelsene. Dette skyldes at analysemetoden er basert på miljøfarlige eksplosiver som benyttes av Forsvaret i dag. Det er imidlertid et eksplosiv som også er interessant i et sikkerhetsperspektiv da det har forekommet selvdetonasjoner av ammunisjon som inneholder pikrinsyre. Selvdetonasjoner av ammunisjon vil igjen kunne føre til spredning av forurensning. I forbindelse med tyske undervannsvåpen som for eksempel bomber, miner og torpedoer fra andre verdenskrig, er det ofte brukt Hexanite, en blanding bestående av varierende mengder 2,2',4,4',6,6'-heksanitrodifenylamin (Hexyl) og TNT. Hexyl er i likhet med TNT et av de mest giftige eksplosivene for akvatiske organismer [40]. Den vil derfor i likhet med pikrinsyre og dens nedbrytningsprodukter, være ønskelig å analysere i prøver tatt ved eldre ammunisjon i det akvatiske miljø. Det finnes nedbrytningsprodukter for de fleste eksplosivene og de vil variere i form og mengde ettersom hvilket miljø eksplosivet befinner seg. De utgjør et stort antall med ulike egenskaper som kan ha betydning for det omkringliggende miljøet. Det er i denne undersøkelsen likevel kun valgt å analysere for de vanligste nedbrytningsproduktene fra TNT. En oversikt over kjemiske og toksikologiske data for eksplosivene finnes i Kapittel 1.4.2.1, Kapittel 1.4.2.2, FFI/Rapport-2005/00444 [39] og FFI/RAPPORT- 2008/00451 [41]. En nærmere beskrivelse av eksplosiver som er omtalt i denne rapporten men som ikke er undersøkt, finnes i Kapittel 1.4.3.

1.4.2.1 Strukturformler

Aromater

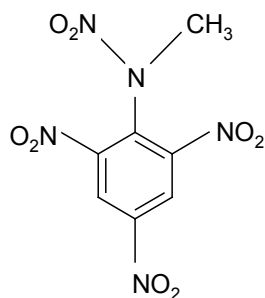


Aminer



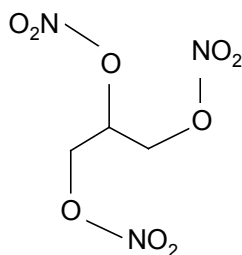
Aromat og amin

Tetryl
2,4,6-trinitrofenylmetylnitramin

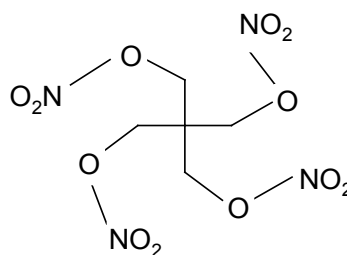


Estere

NG
Nitroglycerin



PETN
Pentaerytritoltetranitrat



1.4.2.2 Løselighet av eksplosiver i vann og grenseverdier for vann, sediment og fisk

Det er gitt en oversikt over løselighet for eksplosiver i vann og grenseverdier for vann, sediment og fisk i Tabell 1.3. Det finnes mange referanser for løselighet av eksplosiver i vann, og i noen tilfeller kan den variere med en tierpotens. Her er det i hovedsak oppgitt United States Environmental Protection Agency (USEPA) sine løselighetsverdier som legges til grunn i deres risikovurderinger.

Grenseverdiene i vann og sediment er for beskyttelse av akvatiske organismer. Grenseverdiene for sediment er meget lave og til dels under det som er måleområdet til analysene i denne undersøkelsen. Studier av spredning, opptak og toksikologiske effekter i det akvatiske miljø er få og ofte mangelfulle når det gjelder eksplosiver. Det er mulig at flere slike undersøkelser kan føre til en heving av grenseverdiene for sediment. Det er ikke satt noen grenseverdier for tetryl. Dette eksplosivet er likevel rapportert å være åtte ganger giftigere for akvatiske organismer enn for eksempel TNT [40]. Grenseverdiene for fisk er oppgitt i forhold til beskyttelse av human helse.

	Løselighet i vann		Grenseverdi for vann		Grenseverdi for sediment [42;43]	Grenseverdi for fisk [44]
	g/l		µg/l		mg/kg	mg/kg
HMX	0,005	[45]	19 ¹	[41]	0,092	67,6
RDX	0,06	[45]	50 ¹	[41]	0,013	0,0287
TNT	0,115	[45]	10 ¹	[41]	0,0047	0,676
NG	1,38	[45]	138	[46]	-	0,135
PETN	0,043	[39]	85000	[46]	-	-
Tetryl	0,07	[45]	-		-	5,41
1,3-DNB	0,533	[45]	50 ¹	[41]	0,0067	0,135
1,3,5-TNB	0,278	[45]	1 ¹	[41]	0,0024	40,6
2,6-DNT	0,151	[45]	10 ¹	[41]	-	1,35
2,4-DNT	0,2	[45]	2 ¹	[41]	-	0,01
2A-DNT	0,319	[45]	6,4 ²	[41]	-	2,70
4A-DNT	0,319	[45]	7,5 ²	[41]	-	2,70

Tabell 1.3 Løselighet for eksplosiver i vann og grenseverdier i vann, sediment og fisk. ¹: Risk quotient (RQ) for akvatiske organismer ²:USEPA (fase II) akvatiske organismer

1.4.2.3 Tilstandsklasser i jord

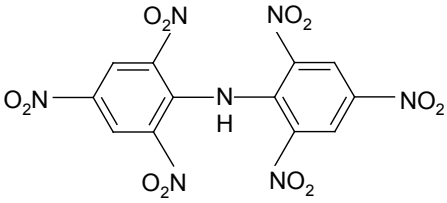
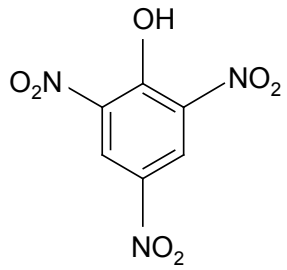
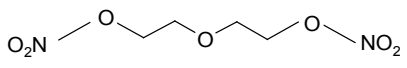
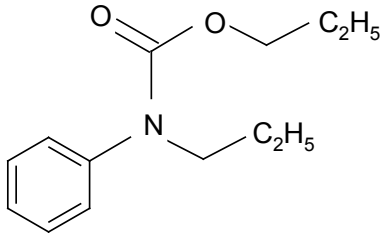
Tabell 1.4 viser en oversikt over tilstandsklasser for jord av ulike eksplosiver i. Disse er beregnet av FFI [36] med bakgrunn i metoder angitt i "Forslag til tilstandsklasser for jord" NGU Rapport 2007.019 [35]. Det er ikke laget tilstandsklasser for PETN. Utgangspunktet for en risikovurdering vil være avhengig av bruk av området.

Tilstandsklasse/ Stoff	Meget god 1	God 2	Moderat 3	Dårlig 4	Svært dårlig 5
HMX	< 70	70 – 135	135 – 500	500 – 1000	1000 – 3000
RDX	< 0,8	0,8 – 3,9	3,9 – 100	100 – 200	200 – 3000
TNT	< 1,0	1,0 – 3,4	3,4 – 100	100 – 200	200 – 2500
Tetryl	< 9,0	9,0 – 28	28 – 200	200 – 500	500 – 3000
NG	<0,05	0,05 - 0,15	0,15 - 160	160 - 240	240 - 1000
1,3-DNB	< 0,02	0,02 – 0,6	0,6 – 47	50 – 75	75 - 1000
1,3,5-TNB	< 30	30 – 80	80 – 200	200 – 400	400 – 1000
2,6-DNT	< 0,4	0,4 – 0,9	0,9 – 100	100 – 170	170 – 1000
2,4-DNT	< 0,8	0,8 – 2,0	2,0 – 200	200 – 400	400 – 1000
2A-DNT + 4A-DNT	< 0,02	0,02 – 0,8	0,8 – 100	100 – 200	200 - 3000

Tabell 1.4 Tilstandsklasser for jord [36]. Konsentrasjonene er angitt i mg/kg. For alle stoffer er det beregnet tilstandsklasser basert på metoder angitt i "Forslag til tilstandsklasser for jord" NGU Rapport 2007.019 [35]

1.4.3 Andre eksplosiver

Under er det vist en oversikt over andre eksplosiver som er omtalt i denne rapporten, men som ikke er undersøkt.

Eksplisiv	Vannløselighet	Strukturformel
Hexyl 2,2',4,4',6,6'-heksanitrodifenylamin Løselighet i vann ved 17 °C	0,06 g/l [47]	
Pikrinsyre 2,4,6-trinitrofenol Løselighet i vann ved 25 °C	12,7 g/l [47]	
DEGDN Dietylglykol dinitrat Løselighet i vann ved 25 °C	3,9 g/l [47]	
EtPhUr Etylfenyluretan Løselighet i vann ved 25 °C	0,27 g/l [48]	
EDD Etylen diamin dinitrat	Lett løselig [49]	$\text{O}_3\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \cdot \text{HNO}_3$
AN ammoniumnitrat Løselighet i vann ved 20 °C	1924 g/l [50]	NH_4NO_3
NAN natriumnitrat Løselighet i vann ved 20 °C	878 g/l [50]	NaNO_3
KN kaliumnitrat Løselighet i vann ved 25 °C	360 g/l [51]	KNO_3

2 Valg av områder for undersøkelse

2.1 Kystfort

Det ble gjort en gjennomgang av ”Nasjonal helhetsplan for skyte- og øvingsfelt i sjø” [3] for å finne de kystfortene der det var forbrukt mest ammunisjon. Det viste seg at flere av disse nå var lite tilgjengelige på grunn av salg til private eiere. Det ble også konferert med Skifte Eiendom om aktuelle lokaliteter. I 2008 ble det gjort en befaring og tatt noen jordprøver på Rauøy fort som ennå er i bruk av Forsvaret. Området var dessverre lite egnet til prøvetaking da det var en veldig steinete grunn. Det ble valgt å ta noen jordprøver ved Grøtsund fort i forbindelse med destruksjon av ammunisjon. Området forøvrig ble ikke undersøkt.

2.2 Dumpet ammunisjon

I skyte- og øvingsfelt i sjø vil det være et fåtall blindgjengere, og disse vil ligge spredd i et stort område. Ammunisjonsrestene vil også være spredd i et stort område, noe som gjør det spesielt vanskelig å få tatt representative prøver. Det ble derfor valgt å ta prøver i nærheten av dumpet ammunisjon for å vurdere i hvilken grad denne ammunisjonen har ført til forurensning av miljøet. I forhold til for eksempel lekkasjer fra blindgjengere, vil det være enklere å studere dumpet ammunisjon som ofte ligger på grunnere vann og konsentrert på et mindre område. Avhengig av resultatene fra disse undersøkelsene vil det avgjøres om det vil være behov for videre studier i skyte- og øvingsfelt. Ved oppdrag der ammunisjon uskadeliggjøres under vann, var det også ønskelig å foreta undersøkelser for å avdekke eventuell spredning av eksplosiver i vannfasen etter sprengning.

I januar 2009 ble det avholdt et møte på Haakonsværn orlogsstasjon hvor FFI ba om bistand til prøvetaking i områder med dumpet ammunisjon [52]. Det ble diskutert aktuelle lokaliteter med representanter fra blant annet FOH Sjøoperasjonssenteret, MDK, KNM Tordenskjold og KNM Tyr. Det ble konkludert med at det ville være mest kostnadseffektivt å koordinere prøvetakingen med oppdragene Forsvaret skulle løse i tiden fremover. Denne koordineringen ble lagt til FOH og kom i gang i midten av august 2009. Prøvetakingen har i hovedsak foregått på lokaliteter der MDK har utført EOD-oppdrag i sjø, høsten 2009.

3 Metoder

3.1 Prøvetaking

Alle prøvepunkter er registrert med GPS koordinater. Ved behov vil detaljer om posisjon for prøvepunktene kunne være tilgjengelig ved forespørsel til FFI.

3.1.1 Jord

Det ble benyttet en 40 ml metallskuffe til prøvetaking av jord. Det blir tatt en samleprøve som består av ~30 delprøver og utgjør i overkant av 500 g totalt. Prøven oppbevares i polyetylenposer med lynlås og lagres i fryser for å unngå nedbrytning av eventuelle eksplosivresten [2].

3.1.2 Sedimenter

Prøvene ble samlet i et 250 ml glass med skrukork ved hjelp av en 40 ml metallskuffe eller direkte ved hjelp av glasset. Samleprøven består av ~5 delprøver. Det ble også samlet prøver fra overflatevann etter sprengning som inneholder sedimenter. Det ble benyttet en planktonhåv med en 1 l glassflaske koblet til bunnen av håven. Glassflaskene har skrukork med tefloninnlegg og UV beskyttelses film. Sedimentprøvene ble så snart som mulig oppbevart kjølig (4 °C) og mørkt før tørking og frysing.

3.1.3 Sjøvann og ferskvann

Vannprøver ble samlet i en 1 l plastboks med skruelukk og overført til en 1 l glassflaske (Duran®) med plastovertrekk for beskyttelse mot UV-stråling. Flasken har en tilhørende skrukork med tefloninnlegg. Vannprøven konserveres til pH ~2 ved å tilsette 1,2 g NaHSO₄. Prøvene ble så snart som mulig oppbevart kjølig (4 °C) og mørkt i maksimum 28 dager.

3.1.4 Biologisk materiale

Biologiske prøver ble samlet og oppbevart i polyetylenposer med lynlås i fryser.

3.2 Forbehandling av prøver

3.2.1 Jord

Prøvene tørkes i romtemperatur 2-7 døgn for å hindre nedbrytning av eksplosiver. For å unngå at prøver som skal males inneholder store steiner, mye vegetasjon og mulige større eksplosivpartikler blir prøven siktet gjennom en 2 mm sikt. Fraksjonen over 2 mm blir inspisert visuelt for eksplosivpartikler. Prøven homogeniseres ved nedmaling i en kulemølle. Det blir veid ut 1 g prøvemateriale til ekstraksjon rett etter maling, fordi prøven da er mest homogen [2]. Nærmere beskrivelse av prosedyrene finnes i FFI/Rapport-2008/00535 "Forurensninger av eksplosiver i Forsvarets skyte- og øvingsfelt - forundersøkelse av ulike baner med vekt på prøvetakingsmetoder.

3.2.2 Ferskvanns- og marint sediment

Prøvene behandles som beskrevet for jordprøver i Kapittel 3.2.1. Hvis det er veldig mye vann i prøven suges noe av før tørking.

3.2.3 Biologisk materiale

Prøvene homogeniseres i en mikser og en delprøve på maksimum 10 g veies ut til ekstraksjon [53].

3.3 Ekstraksjon og kjemisk analyse

3.3.1 Ekstraksjon av jord og sediment

1 gram tørket og malt prøve tilsettes isotopmerkede internstandarder og ekstraheres med acetonitril i mikrobølgeovn (MAE). Ekstraktet oppkonsentreres, filtreres gjennom et 0,45 µm sprøytefilter og oppbevares i fryser inntil kjemisk analyse. Prøver av sertifisert referansemateriale og ”blank prøve” ekstraheres etter samme metode [2;53].

3.3.2 Ekstraksjon av sjøvann og ferskvann

0,5 liter vannprøve tilsettes isotopmerkede internstandarder og ekstraheres ved bruk av fastfaseekstraksjon (SPE) med Pora Pak RDX kolonner [54]. Ekstraktet elueres med acetonitril, oppkonsentreres og filtreres gjennom et 0,45 µm sprøytefilter. Det oppbevares i fryser inntil kjemiskanalyse. Samtidig med vannprøver blir en ”blank” ekstrahert på samme måte.

3.3.3 Ekstraksjon av biologisk materiale

1-10 g våt prøve tilsettes isotopmerkede internstandarder, Milli Q vann og blandes med Na₂SO₄ før tilsetting av acetonitril. Prøven ekstraheres deretter i mikrobølgeovn (MAE). Ekstraktet oppkonsentreres og renses på en ENV+ fastfasekolonne fra Biotage. Hvis ekstraktet trenger ytterligere opprensning benyttes det i tillegg en Fluorisil kolonne. Eluatet oppkonsentreres og filtreres gjennom et 0,45 µm sprøytefilter. Ekstraktet oppbevares i fryser inntil kjemisk analyse. En ”blank prøve” blir samtidig ekstrahert etter samme prosedyre [53].

3.4 Kjemisk analyse for bestemmelse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Ekstraktene analyseres med en LC/MS (HPLC/MSQ; high performance liquid chromatography/quadropole mass spectrometry). Systemet er også tilkoblet en UV-detektor. Det benyttes en multiionekilde for simultan bruk av elektropray ionisering (ESI) og kjemisk ionisering ved atomsfæretrykk (APCI) i negativ modus. Ekstraktet separeres på en Acclaim[®] Explosives E2 kolonne (5 µm, 4,6 x 250mm) fra Dionex, med metanol/vann som mobilfase. Det benyttes internstandard kalibrering med syv isotopmerkede standarder (1,3-DNB (¹³C₆), 2,4-DNT (Ring-D₃), 2,6-DNT (Metyl-D₃), RDX (¹³C₃), 1,3,5-TNB (¹³C₆), 2,4,6-TNT (¹³C₇), NG (¹⁵N₃)). Kalibreringskurven har fra tre til fem konsentrasjonsnivåer mellom 0,05 – 100 µg/ml. Følgende eksplosiver og nedbrytningsprodukter blir kvantifisert i analysen: HMX, RDX, 2,4,6-TNT, Tetryl, PETN, NG, 1,3-DNB, 1,3,5-TNB, 2,4-DNT, 2,6-DNT, 2A-DNT og 4A-DNT.

3.5 Bestemmelse av tungmetaller i jord, sediment og tang

Alle prøvene for deteksjon av tungmetaller er analysert ved ALS Scandinavia NUF. Jord og sediment prøver ble sendt ferdig tørket, homogenisert og siktet <2 mm. Tangprøven ble sendt ferdig tørket og homogenisert. Prøvene ble oppsluttet med konsentrert HNO₃ og vann i mikrobølgeovn. Det ble benyttet ICP-SFMS (Inductively coupled plasma-sector field mass spectrometry) til den kjemiske analysen. Den oppgitte kromkonsentrasjonen er for total krom. Analyseresultatene er vist i Appendix A.

3.6 Deteksjon av eksplosiver ved bruk av EXPRAY

EXPRAY fra Plexus Scientific er et aerosolbasert kolorimetrisk deteksjonssett for bruk i felt for identifisering av ulike typer eksplosiver. EXPRAY-settet består av tre spraybokser, med ulike reagenser som vil reagere med eventuelle eksplosivrester og gi en gjenkjennelig fargeforandring. Bruken er nærmere beskrevet i "Testing av metoder for hurtigpåvisning av forurensning fra eksplosiver", FFI/NOTAT-2009/01499 [55]. EXPRAY ble benyttet både direkte på overflatejord ved noen lokaliteter og på enkelte innsamlede prøver.

3.7 Eksplosivpartikler i fraksjonen større enn 2 mm

Noen utvalgte jord- og sedimentprøver er undersøkt nærmere for å se om fraksjonen > 2 mm inneholder eksplosivpartikler. Prøvene siktes først igjennom tre sikter på 8 mm, 6,3 mm og 4 mm. Man får da fire nye fraksjoner, > 8 mm, 6,3 – 8 mm, 4 – 6,3 mm, og 2 – 4 mm. De ulike fraksjonene studeres deretter visuelt for om mulig å detektere eksplosivpartikler som tas ut for videre undersøkelse. Alle de utplukkede partiklene ble undersøkt med EXPRAY-settet (Kapittel 3.6).

4 Undersøkte lokaliteter

4.1 Rauøy fort, Fredrikstad

Rauøy fort er lokalisert i Ytre Oslofjord, utenfor Fredrikstad. Øya er 3 km² stor og ble kjøpt av Forsvaret i 1916 [56]. Store deler av Rauøy består av steingrunn med karrig vegetasjon hvor fortifikasjonene ligger spredt utover hele øya [57]. Det er estimert i ”Nasjonal helhetsplan for skyte- og øvingsfelt i sjø” at 420 tonn ammunisjon er deponert til skytefelt ved Rauøy fort frem til 2004 [3]. Ved befaring i juli 2008 ble det tatt prøver foran en 75 mm og en 150 mm kanon. Lokaliseringen av prøvepunktene er vist i Figur 4.1 og Figur 4.2, mens Figur 4.3 viser foto av prøvetakingsområdene.



Figur 4.1 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter foran en 75 mm kanon på Rauøy fort



Figur 4.2 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter foran en 150 mm kanon på Rauøy fort



Figur 4.3 Prøvetakingsområdet foran henholdsvis 75 mm (til venstre) og 150 mm kanon

4.2 Solstrand, Tromsø

Under 2. verdenskrig lå det et tysk ammunisjonslager på Førdebrygga ved Solstrand i Tromsdalen som vist i Figur 4.4. Lageret brant ned rett etter krigen og førte til utkast av granater over et stort område. Forsvaret ryddet deler av eiendommen og sjøen for ammunisjon i 2008 etter anmodning fra Politiet. I 2009 ble eier pålagt av Politiet å rive en bygning som man antok kunne skjule en stor andel av ammunisjonsrestene etter brannen.



Figur 4.4 Fotokopi av et eldre bilde tatt av lagerbygningene på Førdebrygga



Figur 4.5 Rydding i sedimentet av personell fra MDK etter at huset og bryggen er revet

EOD-personell fra Forsvaret bistod i august 2009 med rivingen og gjennomførte området under bygningen og bryggen som ble fjernet, i tillegg til videre søk i sjøen. Det ble i løpet av en uke (31/8-4/9) funnet 4681 objekter. Funnene var i all hovedsak ammunisjon av typen 20 mm, 40 mm, 75 mm, 88 mm og 105 mm og ammunisjonen bar preg av å ha vært utsatt for sterk varme [58] noe også Figur 4.7 viser. Under bryggen som ble revet var det sediment som blir påvirket av flo og fjære. Dette sedimentet og sedimentet utover i sjøen var dekket av et lag med blant annet håndvåpenammunisjon som vist i Figur 4.8. Dette ble ikke fjernet da det ikke ble ansett som noen sikkerhetsrisiko. Figur 4.5 og Figur 4.6 viser området som ble ryddet for ammunisjonsrester.



Figur 4.6 Opprydding på land av EOD personell fra Forsvaret



Figur 4.7 Granater funnet på Solstrand

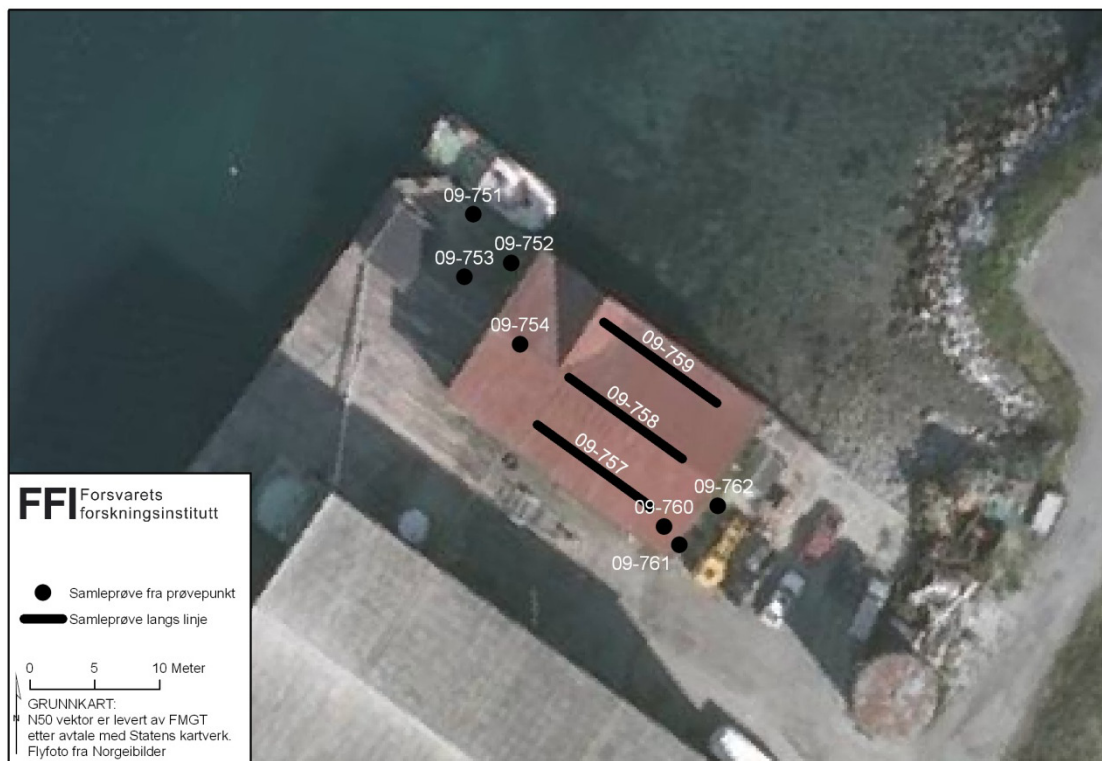


Figur 4.8 Sedimentet under bryggen ved fjære sjø



Figur 4.9 Prøvetaking i sjø med dykkere fra MDK

Det ble tatt jordprøver fra den oppgravde massen, i gropen omtrent 70 cm under overflaten til ”ammunisjonslaget” og i en grop den påfølgende dagen. I sedimentet under den revne bryggen ved fjære sjø ble det tatt samleprøver langs en indre, midtre og ytre linje av sedimentet. Minedykkere fra MDK i Ramsund bistod med prøvetaking av fire sedimentprøver i sjøen og to sjøvannsprøver ved sjøbunnen (Figur 4.9 og Figur 4.10). I tillegg samlet de inn noen blåskjell og snegler. På stranden og i fjæra i retning mot nordøst ble det observert ammunisjonsrester over 500 meter bort fra området som ble ryddet. Det ble også tatt en sedimentprøve under et brannrør som lå synlig i vannkanten (Figur 4.11).



Figur 4.10 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter på Førdebrygga



Figur 4.11 Brannrør i fjæresteinene på stranden nord øst for Førdebrygga

4.3 Grøtsund fort, Tromsø

Grøtsund fort er lokalisert ca 1 mil utenfor Tromsø. Området ble solgt fra Skifte Eiendom til Tromsø Havn KF i november 2006, men det er fremdeles noe militær aktivitet ved fortet [59]. Ved opprydningen på Solstrand ble granater der tennmekanismen fortsatt var inntakt, sprengt på Grøtsund fort [58]. Demoleringen foregikk i en allerede etablert sprengningsgrop i strandsonen. Det ble etter en av sprengningene tatt to samleprøver á 30 delprøver av jord i krateret og en utenfor mot stranden. Prøven utenfor krateret ble tatt fra en kvadratmeter stor flate. Figur 4.12 og Figur 4.13 viser henholdsvis lokaliseringen av prøvepunktene og prøvetaking.



Figur 4.12 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter på Grøtsund fort



Figur 4.13 Prøvetaking i sprengningsgrop på Grøtsund fort

4.4 Tælavåg, Bergen

I Tælavåg ble det sommeren 2009 meldt inn funn av en mine av en sportsdykker (Figur 4.14). Den ble relokalisert på 18 meters dyp av dykkere fra MDK på Haakonsvern, den 17. august 2009. Minen ble klassifisert til å være en tysk forankret mine, EMC [60]. Den måtte flyttes før uskadeliggjøring både fordi det var bebyggelse i nærheten og fordi det ville være mer skånsomt i forhold til skade på sjølevende dyr å sprengne den på grunnere vann. Minen var i svært dårlig forfatning (Figur 4.14 og Figur 4.15) og skallet gikk delvis i oppløsning ved påsetting av nettet som brukes ved flytting (Figur 4.16). Av praktiske grunner ble sediment og sjøvannsprøver tatt ~1 time etter nettet ble påsatt, men før heving. Ved prøvetaking av sjøvann i nærheten av sjøbunnen ble det prøve tatt direkte i glassflaskene. Det viste seg å være vanskelig å få byttet ut mer enn ~2/3 av vannet på grunn av smal flaskehals. Sedimentprøvene ble tatt rundt minen på fire punkter. Tare som vokste på toppen av minen ble også samlet inn, sammen med noen biter av skallet til minen.



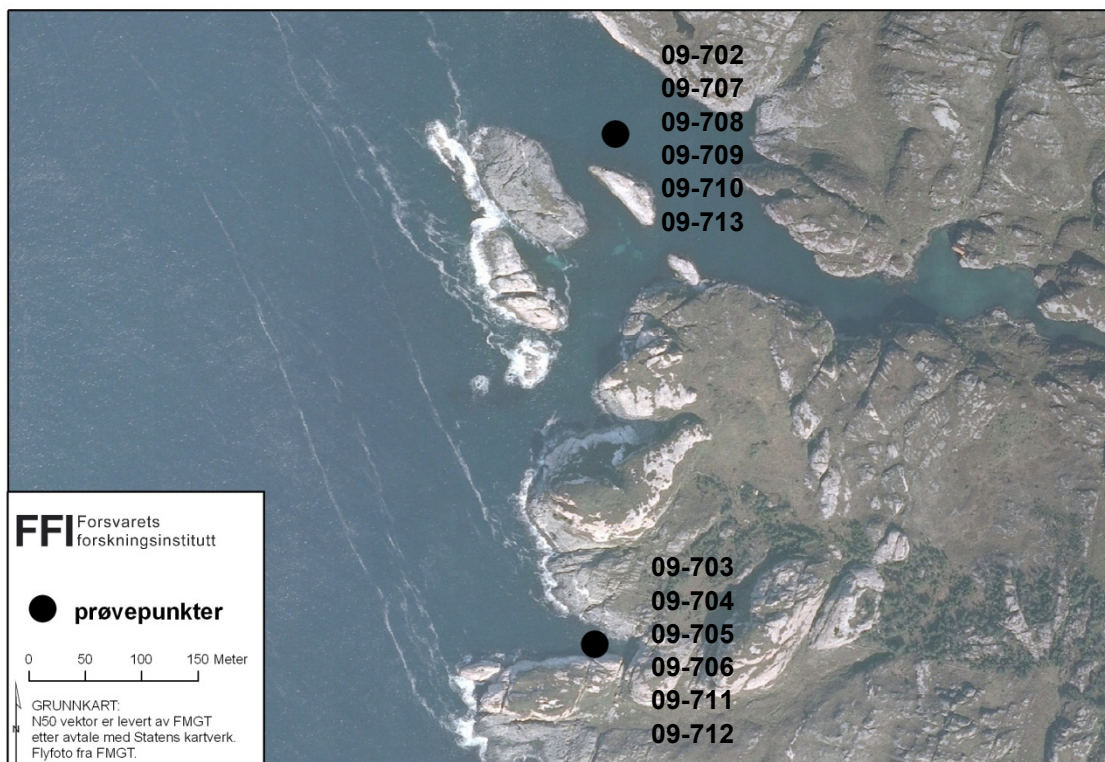
Figur 4.14 Sjømine fra andre verdenskrig funnet i Tælavåg. (Foto: T. H. Tollefsen)



Figur 4.15 Hull i skallet på sjøminen.
(Foto: T. H. Tollefsen)



Figur 4.16 Toppen av sjøminen



Figur 4.17 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter i Tølavåg

Minen ble hevet og slept ca 300 m i luftlinje til egnet sprengningsplass på grunt vann (Figur 4.20). Det ble benyttet TNT og C-4 (91 % RDX) som påleggsladning, og PETN (10 g/m [61]) som detonerende lunte. Umiddelbart etter sprengning ble det tatt overflateprøver av skummet som var blandet med sjøbunn (Figur 4.19) og en prøve med planktonhåv i overflaten på sprengningsplassen. Det ble også tatt sedimentprøver og vannprøver nær sjøbunnen. Det var også her problemer med utskiftningen av sjøvannet i flasken. Det var ingen sikt i vannet, men sedimentprøvene ble trolig samlet både i krateret og utenfor. Alle prøvene ble tatt av dykkere fra MDK (Figur 4.18).



Figur 4.18 Dykker fra MDK

Figur 4.19 Tykt skumlag iblandet sediment etter sprengning



Figur 4.20 Sprengning av sjøminen

4.5 Fjellhaug standplass, Skreia

Fjellhaug standplass (Figur 4.21) ligger ytterst i Totenvika ved innsjøen Mjøsa i Østre Toten kommune. Stedet eies av Nammo Raufoss AS og har vært i bruk til testskyting av egne og andres produkter i nærmere 50 år [62]. Bruken av stedet ble avviklet i juni 2009 og den 5 mål store eiendommen er planlagt solgt til kommunen i nærmeste framtid.



Figur 4.21 Fjellhaug standplass

Personell fra MDK på Haakonsværn var i oktober 2009 på oppdrag ved standplassen for å søke igjennom skråningen ned til vannet og i vannet til ~10 m dyp etter mulige farlige objekter. Det ble ved søket i vannet funnet en bombekastergranat av typen M43 81 mm BK spreng (Figur 4.22) [63]. Det er ikke kjent hvor lenge granaten har ligget i vannet, men den bar preg av å ha ligget der over lengre tid og ifølge Nammo Raufoss AS mest sannsynlig mer enn 20 år. Det ble tatt en vann- og sedimentprøve ved sjøbunnen nært inntil granaten.



Figur 4.22 Undervannsbilde av BK granat funnet i Mjøsa (Foto:MDK)



Figur 4.23 Sprengning under vann i Mjøsa

Granaten ble sprengt med en påleggsladning på 2,5 kg TNT og PETN (10 g/m [61]) ble benyttet som detonerende lunte. MDK bistod også her med prøvetaking av overflatevann etter sprengning. Det var lite sediment (1 g) i prøven tatt med planktonhåv fra overflaten, en mulig årsak til dette kan være at det ikke ble samlet nok overflatevann. Prøven ble derfor analysert både som en vann

og sedimentprøve. Det ble også tatt to jordprøver ved besøket. En ved BK utskytningsrampen og en bak en beskyttelsesmur mot veien som vist i Figur 4.24 og Figur 4.25.



Figur 4.24 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter i Mjøsa og på Fjellhaug standplass



Figur 4.25 Utskytningsramper for BK og område bak beskyttelsesmur mot riksvei 33

4.6 Rivingen, Grimstad

MDK var i oktober 2009 på oppdrag ved Rivingen i Grimstad etter anmodning fra Grimstad politistasjon om bistand fra Forsvaret til å identifisere og eventuelt uskadeliggjøre et lokalisert prosjektil [64]. En sportsdykker hadde funnet en mulig granat som egenhendig ble flyttet inn til grunt vann, men som i følge finneren, begynte å ryke når den ble tatt opp av vannet [65]. Prosjektilet ble derfor mistenkt å kunne inneholde hvitt fosfor og lagt ned i vannet igjen på et par meters dyp, i nærheten av bryggen. Prosjektilet var 80 mm i diameter og 300 mm langt, veldig begrodd, rustent og i generelt dårlig tilstand [64]. Hakket som vises på Figur 4.26 var påført prosjektilet når det ble løsnet fra en bergvegg på det opprinnelige funnstedet. En dykker fra MDK tok sedimentprøver og en vannprøve ved prosjektilet (Figur 4.29), også for analyse av hvitt fosfor. Det var ikke mulig å få en sikker identifikasjon av granaten og siden den kunne inneholde hvitt fosfor ble den ble den fraktet under vann til sprengningsstedet i en egnet kasse fylt med sand (Figur 4.28). Ved sprengningen på Håøya (Figur 4.27) ble det ikke observert hvitt fosfor røyk. Prøvene ble derfor kun analysert for eksplosiver og tungmetaller.



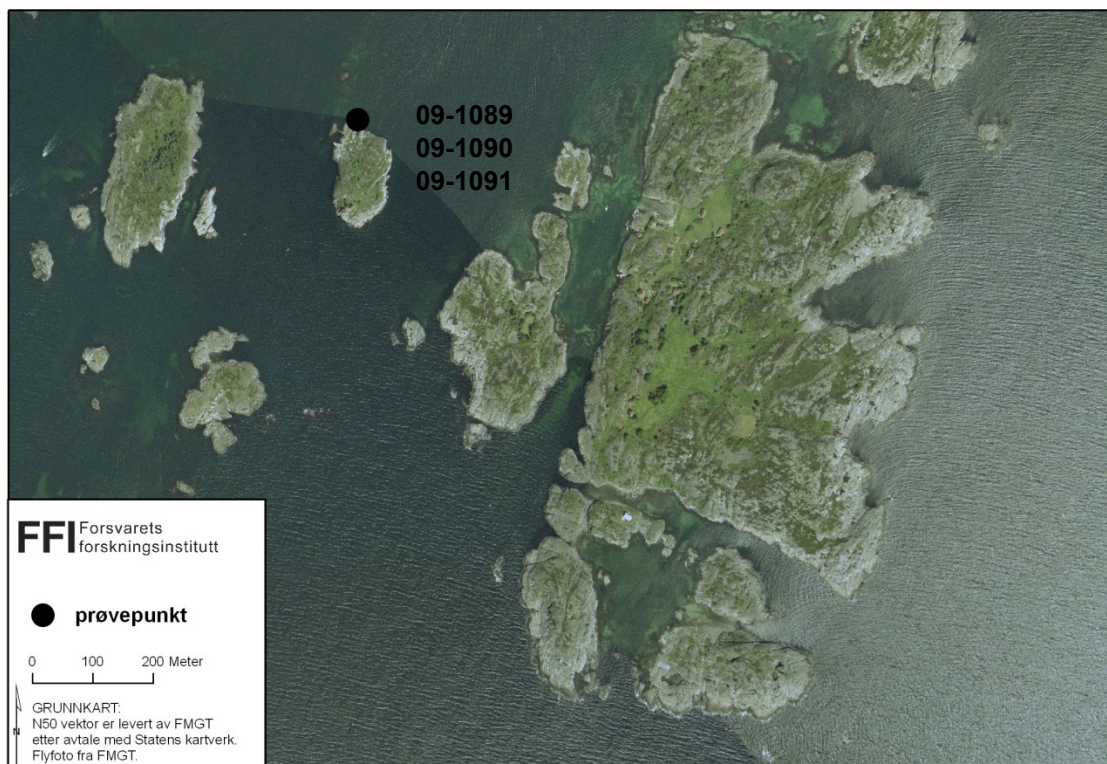
Figur 4.26 Undervannsfoto av prosjektil
(Foto:MDK)



Figur 4.28 Fraktekasse med prosjektil



Figur 4.27 Svart pulverrøyk fra sprengning på land (Håøya)



Figur 4.29 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter ved Rivingen

4.7 Justøya, Lillesand

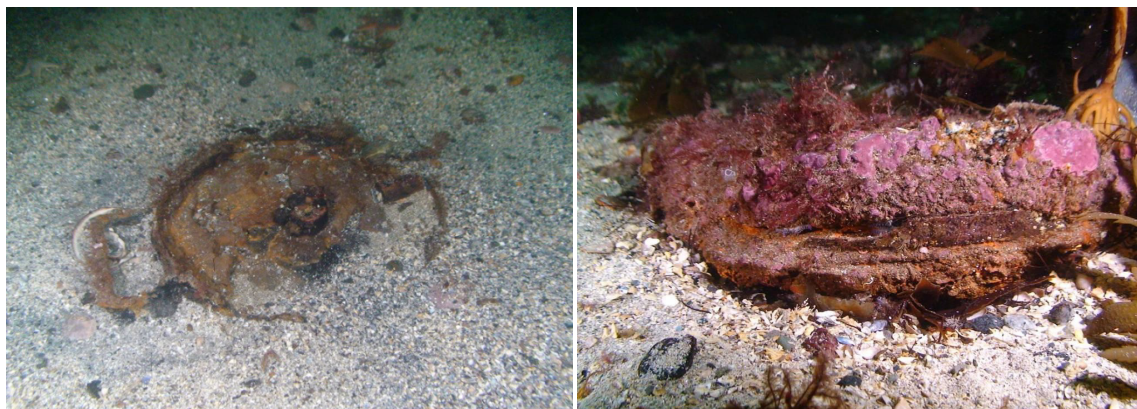
Kystfortet ”Festung Birchstrasse” på Justøya ved Maurviga (Figur 4.30) ble påbegynt i 1941 og var et av de store kystbatteriene under krigen med omtrent 360 stasjonerte soldater [66]. Området rundt kystfortet var minelagt og etter krigen ble disse minene gravd opp. AP (antipersonell) minene ble brent, mens et ukjent antall AT (antitank) miner av typen ”Tysk Tellermine 35 stål” ble dumpet i sjøen spredt over et større område MDK har imidlertid lokalisert et område på 300 x 300 m der miner er blitt observert.



Figur 4.30 Personell fra MDK på Justøya i Maurviga

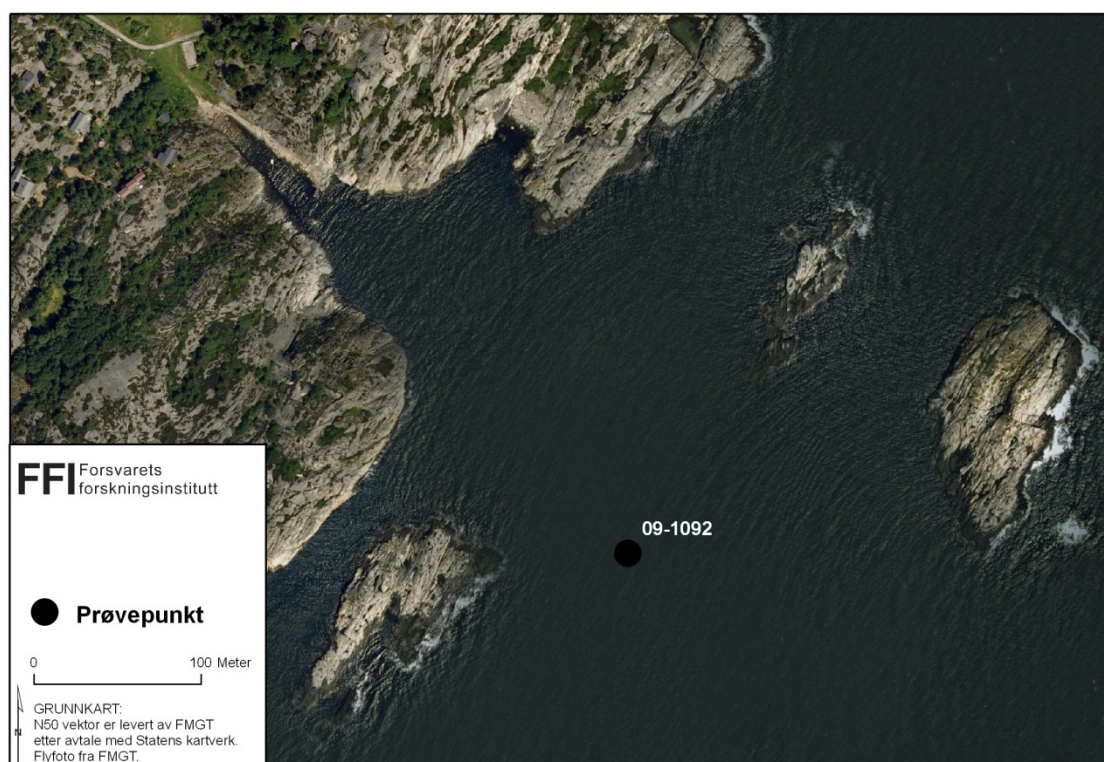
På oppdrag i oktober 2008 prøvde de å relokalisere 7-8 miner som var funnet av en sportsdykker. Ingen av disse minene ble funnet i løpet av oppdraget, men det ble lokalisert 14 nye funn. 11 av

disse ble hevet og sprengt på land. De som ble hevet var uten tenner og i varierende grad korrodert, fra lett gjenkjennelig til nesten fullstendig oppløst (Figur 4.31) [67].



Figur 4.31 Undervannsfoto av AT miner i Maurviga (Foto: T.J. Repvik)

På oppdrag fra FFI ble det i oktober 2009 lett ved posisjonen til de tre gjenværende minene som ble funnet året før. Disse ble ikke lokalisert, men det ble funnet to nye og det ble tatt en vannprøve ved en av disse (Figur 4.32). Det ble ikke anledning til å ta flere prøver av dykkerne på grunn av begrenset tid [68].



Figur 4.32 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkt i Maurviga

4.8 DS Selma, Nesodden

Det tyske skipet DS Selma (Figur 4.33) ble under lossing av ammunisjon i desember 1943 skadet av en rekke eksplosjoner ved Filipstadkaaien i Oslo. Eksplosjonene startet i et lagerskur med ammunisjon losset noen dager tidligere. Eksplosjonen forplantet seg til andre lagerskur med ammunisjon og mengder med ammunisjon ble kastet over to km utover i byen. Det er kjent at 45 nordmenn mistet livet og 400 ble skadet ulykken. DS Selma ble tauet, med resterende ammunisjonslast til Bunnefjorden utenfor Oslo. Ammunisjonen som var igjen i skipet eksploderte imidlertid uforvarende i januar 1944 og skipet sank [5]. DS Selma ligger nå på 22 m dyp i et område med mudderbunn. En sportsdykker fra FFI tok i september 2009 en overflateprøve av sediment rundt det som kan se ut til å være en 105 mm granat (Figur 4.34). Hylsen var stort sett korrodert vekk, slik at kruttstengene inne i hylsen var eksponert for sjøvann. Prøven ble tatt ved å dra flaskeåpningen bortover overflaten av sedimentet rundt granaten. En annen sedimentprøve ble tatt på samme måte i et område med mye kruttstenger som lå delvis nede i sedimentene. For begge områdene der det ble tatt prøve, ble det observert mye rester av ammunisjon. Lokaliseringen av prøver tatt ved DS Selma er vist i Figur 4.35.



Figur 4.33 DS Selma (FOTO: www.Dykkepedia.no)



Figur 4.34 Granat, mest sannsynlig en 105 mm, med synlige kruttstenger



Figur 4.35 Oversikt over lokaliseringen av prøvetakingspunkter ved DS Selma

5 Resultater

5.1 Rauøy fort, Fredrikstad

Det ble som vist i Tabell 5.1 funnet lave konsentrasjoner av HMX og TNT både foran 75 mm og 150 mm kanonene, mens det ble funnet noe forhøyede nivåer av krom, kobber og bly (Tabell 5.2). Ammunisjonen til disse kanonene skal ha inneholdt Ballistite (NC/NG blanding) i drivladningen, men det ble ikke funnet NG i prøvene. Restene av HMX og TNT kommer derfor mest sannsynlig fra annen sprengningsaktivitet i området. For tungmetallene kan det være at forurensningen av krom kommer fra løpet, kobber fra styrebåndet og bly fra tennsatsen.

Prøve		HMX mg/kg	TNT mg/kg
08-713	10 m foran 75 mm kanon	<0,05	<0,05
08-714	17 m foran 75 mm kanon	0,37	0,06
08-715	16 m foran 150 mm kanon	<0,05	0,05
08-716	19 m foran 150 mm kanon	0,54	0,05

Tabell 5.1 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i jordprøver tatt foran to kanonstillinger på Rauøy fort

Prøve	75 mm kanon 10 m foran 08-713 mg/kg	75 mm kanon 17 m foran 08-713 mg/kg	150 mm kanon 16 m foran 08-713 mg/kg	150 mm kanon 19 m foran 08-713 mg/kg
	As	1	2	2
Cd	0,2	0,2	0,3	0,4
Cr	78	125	79	35
Cu	41	97	126	105
Hg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ni	<5	16	<5	<5
Pb	38	88	64	76
Zn	94	104	184	178

Tabell 5.2 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i jordprøver tatt foran kanonstillinger på Rauøy fort

5.2 Solstrand, Tromsø

5.2.1 Jordprøver

Resultatene fra prøvene tatt i opprydningsområdet viser at det finnes forurensning av TNT og nedbrytningsprodukter fra TNT i jord (Tabell 5.3). Det ble i tillegg funnet spor av HMX og TNB. Konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse 2 og er ikke høye sett i sammenheng med mengden ammunisjon som lå i grunnen. En mulig årsak til dette er at det har vært en forbrenning av eksplosivene i forbindelse med brannen i ammunisjonslagret. Tungmetallkonsentrasjonene i området er svært høye. Konsentrasjonene av bly på 746-2760 mg/kg, tilsier at jorden i dette området må karakteriseres som farlig avfall. Det er også høye konsentrasjoner av Cu og Zn på henholdsvis 413-1410 mg/kg og 1670-2370 mg/kg som tilsvarer tilstandsklasse 4 (dårlig). Det er moderate nivåer av antimon og kvikksølv (tilstandsklasse 3) i tillegg til forhøyde nivåer av arsen og krom (tilstandsklasse 2).

Prøve		TNT mg/kg	2A-DNT mg/kg	4A-DNT mg/kg
09-760	Oppgravd masse	2,24	0,11	0,14
09-761	70 cm under overflaten	0,16	0,13	0,11
09-762	Fra grop	1,76	0,55	0,36

Tabell 5.3 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i jordprøver tatt på Solstrand

Prøve	Oppgravd masse 09-760 mg/kg	70 cm under overflaten 09-761 mg/kg	Fra grop 09-762 mg/kg
As	19	7	20
Cd	0,8	0,32	0,52
Cr	80	83	128
Cu	413	1410	1010
Hg	1,4	2,3	2,4
Ni	29	16	30
Pb	746	1550	2760
Zn	1670	1340	2370
Sb	17	23	48
Sr	132	30	73
Ba	85	50	102

Tabell 5.4 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i jordprøver tatt på Solstrand

5.2.2 Sedimenter

En av de fire sedimentprøvene som ble samlet ute i sjøen inneholdt TNT (Tabell 5.5). Det ble imidlertid funnet spor av både 2A-DNT og 4A-DNT i tre av fire prøver. Det ble ikke funnet rester av eksplosiver i sjøvannet som ble samlet på samme sted.

Sedimentene under bryggen som ble revet, inneholdt TNT og spor av 2A-DNT og 4A-DNT. Det var også litt HMX i en av prøvene.

Prøve		HMX mg/kg	TNT mg/kg
09-751	Sediment ute i sjøen	<0,05	0,07
09-757	Sediment under bryggen. Linje innerst	<0,05	0,05
09-758	Sediment under bryggen. Linje midten	0,06	0,07
09-759	Sediment under bryggen. Linje ytterst	<0,05	0,08

Tabell 5.5 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i sedimentprøver tatt på Solstrand

Konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentene er vist i Tabell 5.6. Forurensningen fra bly er som i jordprøvene dominerende, men også konsentrasjonene av kobber og kvikksølv under bryggen som ble revet, er høye (tilstandsklasse 5). Ellers er det forhøyde konsentrasjoner av både kadmium, krom, nikkel og sink i flere av sedimentprøvene.

Prøve	09-751 mg/kg	09-752 mg/kg	09-753 mg/kg	09-754 mg/kg	09-757 mg/kg	09-758 mg/kg	09-759 mg/kg
As	4	3	2	0,8	12	15	14
Cd	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	0,6	0,6
Cr	172	171	162	119	40	158	132
Cu	158	104	80	46	933	3400	1930
Hg	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	6	3
Ni	10	11	9	8	22	145	62
Pb	165	136	113	4050	5720	29300	13600
Zn	499	308	97	43	1990	2190	1330
Sb	3,0	2,6	4,8	47	67	490	234
Sr	214	170	208	183	65	101	62
Ba	41	27	21	19	62	79	73

Tabell 5.6 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i sedimentprøver tatt på Solstrand

5.2.3 Biologiske prøver

I prøvene med biologisk materiale, ble det funnet små mengder med HMX, henholdsvis 7 µg/kg våtvekt i blåskjell og 10 µg/kg våtvekt i snegle. Det var imidlertid også spor av TNT og 2A-DNT i begge disse prøvene og i prøven med rur. I tillegg ble det funnet spor av 4A-DNT i blåskjell. Selv om det ikke ble påvist eksplosiver i vannet og kun spor i sedimentene, tyder disse resultatene

på at eksplosiver lekker ut, og at dette til en viss grad akkumuleres i biota. Det ble ikke analysert for tungmetaller i disse prøvene på grunn av lite prøvemateriale.

Resultatene som er kommet frem i denne undersøkelsen viser at massene på land samt i sedimentene et stykke utover i sjøen, må betegnes som farlig avfall på grunn av høyt innhold av bly. Prøvene ble ikke tatt i overvåkningsøyemed og vil derfor ikke kunne si noe om for eksempel forurensningstilstanden og eventuell utlekking fra området før/under eller etter oppdraget. Eier av eiendommen og Politiet er varslet om resultatene [69]. Tromsø Politidistrikt har oversendt resultatene til Tromsø kommune for eventuelle videre tiltak [70].

5.3 Grøtsund fort, Tromsø

Resultatene (Tabell 5.7) viser at jordprøvene i og utenfor krateret på Grøtsund fort har høye konsentrasjoner av TNT. Det er også funnet HMX og RDX, i tillegg til TNB, DNB, 2A-DNT og 4A-DNT. Mens TNB og DNB kan være nedbrytningsprodukter fra TNT eller brukt som eksplosiver direkte, er 2A-DNT og 4A-DNT helt sikkert nedbrytningsprodukter fra TNT. Funn av slike nedbrytningsprodukter viser at dette krateret har vært i bruk tidligere og at forurensningen ikke utelukkende kommer fra sprengningene i august/september 2009. Det at krateret ligger helt i nede strandsonen og dermed vil kunne være tilgjengelig for utvasking til sjø gjør at tilstandsklassene for jord bør vurderes konservativt. Men selv for disse tilstandsklassene er forurensningen av TNT og A-DNT høy. Det er også tidligere observert at forurensningen av eksplosiver blir størst på utsiden av kratrene [2]. Konsentrasjonen av eksplosiver og tungmetaller i de prøvene som ble tatt på Grøtsund fort, var på et nivå som kan ha betydning for etterbruk av området, eventuelt medføre behov for tiltak. Da dette er en eiendom som tidligere har vært i Forsvarets eie, er Forsvarsbygg Skifte Eiendom informert om resultatene. Skifte Eiendom har hatt avsvaret for salg av eiendommen på vegne av Forsvarsdepartementet, og vil derfor ta saken videre mot nåværende eier. Det vil bli foretatt vurdering av behov for tiltak/videre undersøkelser.

Prøve		HMX mg/kg	RDX mg/kg	TNT mg/kg	TNB mg/kg	DNB mg/kg	2A-DNT mg/kg	4A-DNT mg/kg
09-763	Krater etter sprengning	0,06	0,12	>50	0,12	0,05	4,4	2,8
09-764	Krater etter sprengning	<0,05	0,10	38	0,10	0,20	3,3	1,9
09-765	Utenfor krater etter sprengning	0,75	0,26	>50	0,26	0,08	16	13

Tabell 5.7 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i jordprøver tatt på Grøtsund fort

Konsentrasjonene av tungmetaller i de samme prøvene (Tabell 5.8) viser at bly- og sinkkonsentrasjonene ligger i tilstandsklasse 4 og 5. Det er også målt forhøyde konsentrasjoner av kobber og krom.

Prøve	Krater etter sprengning 09-763 mg/kg	Krater etter sprengning 09-764 mg/kg	Utenfor krater etter sprengning 09-765 mg/kg
As	6	5	5
Cd	8	3	2
Cr	169	159	475
Cu	53	127	53
Hg	<0,2	<0,2	<0,2
Ni	19	17	21
Pb	728	364	318
Zn	8270	3200	1800

Tabell 5.8 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i jordprøver tatt på Grøtsund fort

5.3.1 Eksplosivpartikler

Jordprøvene ble sortert i forskjellige fraksjoner (Tabell 5.9) og det ble plukket ut noen få partikler i fraksjonen 2-4 mm fra begge prøvene. Partiklene ble undersøkt med EXPRAY, men det ble ikke registrert fargeutslag på noen av de tre sprayene i settet. Det ble dermed ikke påvist noen eksplosiver med partikkelstørrelse større enn 2 mm i prøvene.

Prøve		<2 mm gram	2 – 4 mm gram	4 – 6,3 mm gram	6,3 – 8 mm gram	>8 mm gram
09-763	Krater etter sprengning	408	147	165	82	304
09-765	Utenfor krater etter sprengning	94	230	181	78	204

Tabell 5.9 Oversikt over fordelingen av masse i fire fraksjoner over 2 mm og en under 2 mm

5.4 Tælavåg, Bergen

5.4.1 Klassifisering av minen

Minen som ble funnet i Tælavåg ble klassifisert som en tysk ”moored contact mine”, EMC [60]. Denne typen har blitt funnet flere ganger i området. EMC minen er kuleformet og 1,12 m i diameter, 7 Hertz horn og en fylling på 300 kg sprengstoff. Den vanlige fyllingen i tyske miner fra andre verdenskrig var SW18 og SW36 som er Hexanite blandinger, mens S16 og S18 i tillegg ble brukt i luftbårne miner [71]. I Tabell 5.10 er det vist en oversikt over stoffer som inngår i de ulike eksplosivbindingene. Det er allikevel slik at tyskerne hadde en lang liste over eksplosivblandinger de både brukte og eksperimenterte med til bruk i undervannsvåpen [72].

Type	TNT %	Hexyl %	RDX %	Al %	EDD %	AN %	NAN %	KN %
SW18 [72]	60	24	0	16				
SW36 [72]	67	8	0	25				
S16 [73]	0	0	10	40	10	32	8	2
S17 [73]	50		10	40				
S18 [73]	60/40 S17 og S16 pellet							

Tabell 5.10 Oversikt over stoffer i noen eksplosivblandinger brukt til tyske undervannsvåpen. Hexyl (heksanitrodifenylamin), Al (aluminium) EDD (etylendiamindinitrat), AN, NAN og KN (ammonium-, natrium-, og kaliumnitrat)

I ettertid har MDK utført en grundigere undersøkelse av bildene tatt av minen og sammenstilt dette med funnene av eksplosivrester i undersøkelsene. Det ble da konkludert med at minen mest sannsynlig ikke hadde horn, formen, de estimerte dimensjonene, kassen som inneholder sprengstoff, bunnplate mekanismen og restene av TNT kunne tyde på at dette var en britisk ”M” Mk 1 Mine (magnetic ground mine), også den fra andre verdenskrig. Flere eksemplarer av denne typen sjømine har i likhet med tyske EMC miner vært sprengt i samme område tidligere. ”M” Mk 1 miner er fylt med 227 kg sprengstoff. Knapphet på TNT og RDX under andre verdenskrig gjorde at også britene blandet ut TNT med ammoniumnitrat (50/50) (Amatol) og senere tilsatte 20 % aluminium (Minol). Det er imidlertid ikke gjort noen sikker klassifisering av minen.

5.4.2 Ved funnstedet og sprengningsplass

I sjøvannsprøvene tatt ved minen ble det funnet 0,62 µg/l HMX og 12,7 µg/l RDX (Tabell 5.11). Konsentrasjonene kan være underestimert som følge av at det ved prøvetaking ble antatt at kun 2/3 liter sjøvann ble tatt fra prøvepunktet, mens resten var vann fra overflaten. I den ene sedimentprøven ble det funnet 0,24 mg/kg HMX og 0,05 mg/kg TNT i en av prøvene (Tabell 5.12). Det ble påvist henholdsvis 85 µg/kg vv HMX, 18 µg/kg vv RDX og 49 µg/kg vv TNT i tangprøven (Tabell 5.12). Resultatene viser at det var en lekkasje av eksplosiver fra minen. Det kan se ut til at tang som vokste på minen virket som en passiv prøvetaker av eksplosivrester løst i sjøvannet. HMX kommer mest trolig fra RDX som kan inneholde opptil 10 % av dette eksplosivet. Det ble ikke funnet tungmetaller i sedimentene over bakgrunnsnivå unntatt for

kobber i en prøve der konsentrasjonen var litt forhøyet (Tabell 5.13). Tangprøven er moderat forurenset med kobber (Tabell 5.14) sammenlignet med Klifs tilstandsklasser for blære- og grisetang [74].

Resultater etter analyse av eksplosiver i prøver av sjøvann, tatt etter sprengning er vist i Tabell 5.11. Av samme årsak som nevnt ovenfor kan konsentrasjonen av eksplosiver være underestimert. Det ble funnet TNT både i overflaten og ved sjøbunnen. Den ene overflateprøven inneholder i tillegg 2A-DNT og 4A-DNT. Disse nedbrytningsproduktene fra TNT, kan komme fra nedbrytning i prøvebeholderen da sjøvannsprøvene tatt i Tælavåg ikke ble konservert før etter noen dager. Dette ble gjort bevisst i påvente av resultater fra forsøk på laboratoriet for å undersøke pHs påvirkning av eksplosiver i sjøvannsprøver. En av de to sedimentprøvene tatt på sjøbunnen inneholder HMX og RDX, mens sediment fra overflaten samlet inn med planktonhåv inneholder rester av RDX og TNT (Tabell 5.12). Da påleggsladning og mest sannsynlig minen begge inneholdt både TNT og RDX med opptil 10 % HMX, vet man ikke om restene kommer ifra minen og/eller påleggsladningen etter sprengning. Grenseverdiene for eksplosiver i sjøvann er ikke oversteget, mens for sediment er alle eksplosivene over grenseverdiene. Konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentene var på bakgrunnsnivå.

Prøve		HMX µg/l	RDX µg/l	TNT µg/l	2A-DNT µg/l	4A-DNT µg/l
09-702	Ved mine	0,62	12,7	<0,1	<0,1	<0,1
09-703	Etter sprengning, ved sjøbunn	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1
09-705	Etter sprengning, overflate	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	<0,1
09-706	Etter sprengning, overflate	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,32

Tabell 5.11 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i sjøvannsprøver tatt i Tælavåg

Prøve		HMX	RDX	TNT	Enhet
09-710	Ved mine	0,24	<0,05	0,05	mg/kg
09-712	Etter sprengning	0,29	0,05	<0,05	mg/kg
09-704	Etter sprengning, i overflaten med håv	<0,05	0,05	0,08	mg/kg
09-713	Tang	85	18	49	µg/kg vv

Tabell 5.12 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i sedimentprøver og i en tangprøve tatt i Tælavåg

Prøve	Ved mine 09-707 mg/kg	Ved mine 09-708 mg/kg	Ved mine 09-709 mg/kg	Ved mine 09-710 mg/kg	Etter sprengning 09-711 mg/kg	Etter sprengning 09-712 mg/kg
As	13	2	2	4	4	4
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	<0,1	0,19
Cr	21	19	10	11	12	380
Cu	46	9	7	17	3	12
Hg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ni	9	<5	<5	<5	<5	10
Pb	7	5	5	7	2	2
Zn	21	19	16	20	11	18

Tabell 5.13 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i sedimentprøver tatt i Tørlavåg

Prøve		Cu mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Sb mg/kg
09-713	Tang	6,6	0,27	27	0,16

Tabell 5.14 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i en tangprøve tatt i Tørlavåg

5.4.3 Eksplosivpartikler

Tabell 5.15 viser fordelingen av masse i fraksjonene. I prøve 09-711 ble det plukket ut en partikkel i fraksjon 6,3 – 8 mm og tre i fraksjon 2 – 4 mm, mens det i prøve 09-712 ble plukket ut tre partikler i fraksjon 2 – 4 mm som kunne mistenkes å være eksplosivpartikler. Det var ingen synlige partikler i prøve 09-704. Partiklene ble undersøkt med EXPRAY, men det ble ikke fargeutslag på noen av de tre sprayene i settet. Det ble dermed ikke påvist noen eksplosiver med partikkelstørrelse større enn 2 mm i prøvene.

Prøve		<2mm gram	2 – 4 mm gram	4 – 6,3 mm gram	6,3 – 8 mm gram	>8 mm gram
09-711	Sediment etter sprengning	172	0,9	0,0	24	13
09-712	Sediment etter sprengning	34	0,3	4	2	125
09-704	Sediment etter sprengning, håvprøve	50	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabell 5.15 Oversikt over fordelingen av masse i fire fraksjoner over 2 mm og fraksjonen mindre enn 2 mm

5.5 Fjellhaug standplass, Skreia

5.5.1 I ferskvann og sediment

På bunnen av vannet omkring 30 meter fra land ble det funnet en M43 81 mm BK spreng. Disse har en fylling med enten 584 g TNT eller 663 g Comp B (60/40 RDX/TNT) [61]. Det ble funnet spor av 2,6-DNT i vannet tatt rett ved granaten. Det ble ikke funnet eksplosivrester i sedimentet. Tungmetallkonsentrasjonene i sedimentprøven var i normalområdet.

Etter sprengning ble det målt 0,85 µg/l TNT og spor av 2A-DNT, 4A-DNT og PETN i prøven tatt med planktonhåv. I sedimentet samlet fra den samme prøven ble det målt 0,16 mg/kg TNT, og det var i tillegg spor av 2A-DNT og PETN (Tabell 5.16). Det ble ikke funnet eksplosivrester i prøver av overflatevannet.

Prøve		TNT	Enhet
09-1027	Overflate vann etter sprengning, med håv	0,85	µg/l
09-1027-2	Overflate sediment, med håv	0,16	mg/kg

Tabell 5.16 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i vann- og sedimentprøver (fraksjon < 2 mm) tatt i Mjøsa

5.5.2 Ved BK utskytningsrampe og bak beskyttelsesmur mot veien

Det er påvist forholdsvis lave konsentrasjoner av TNT, 2A-DNT og 4A-DNT bak beskyttelsesmuren (Tabell 5.17). Ved BK utskytningsrampen ble det imidlertid funnet NG tilsvarende tilstandsklasse 3 (Tabell 5.17). Dette kommer mest sannsynlig fra drivladningen som vanligvis består av en blanding der NC og NG er hovedingredienser. Bak beskyttelsesmuren er konsentrasjonene av tungmetaller høye både for arsen, kobber og sink (tilstandsklasse 4) (Tabell 5.18). Det er moderat forurensning (tilstandsklasse 3) av bly og krom, mens verdiene for kadmium og nikkel også er noe forhøyet. Ved BK utskytningsrampen ble det funnet konsentrasjoner i normalområdet. Nammo Raufoss AS er informert om resultatene [75].

Prøve		TNT mg/kg	NG mg/kg	2A-DNT mg/kg	4A-DNT mg/kg
09-1028	BK utskytningsrampe	<0,05	10,2	<0,05	<0,05
09-1029	Bak beskyttelsesmur	0,05	<0,05	0,17	0,14

Tabell 5.17 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i jordprøver tatt på Fjellhaug standplass

Prøve	BK utskytningsrampe 09-1028 mg/kg	Bak beskyttelsesmuren 09-1029 mg/kg
As	4	195
Cd	0,5	8
Cr	72	312
Cu	16	1050
Hg	<0,2	<0,2
Ni	28	101
Pb	18	238
Zn	81	1500

Tabell 5.18 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i jordprøver tatt på Fjellhaug standplass

5.6 Rivingen, Grimstad

Prosjektilet ble antatt å kunne være en granatkardesk [65]. Disse kan inneholde TNT som er støpt rundt blykuler [5]. Det ble imidlertid ikke detektert noen rester fra eksplosiver verken i sjøvann eller sedimentprøvene. Analysene av tungmetaller i sedimentprøven viser at konsentrasjonene ligger innenfor normalområdet.

5.7 Justøya, Lillesand

Tyske AT miner fra andre verdenskrig ble kalt "Tellerminen" og fantes i forskjellige varianter. Den som ble funnet her, Tellermine 35 fantes i to utgaver. Begge var laget av stål, men den ene hadde en trykkplate av korrugert stål for ekstra styrke. De var fylt med henholdsvis 5 og 5,5 kg TNT. Det ble antatt at det kan være en viss lekkasje av TNT til det omkringliggende miljøet både på grunn av tilstanden til flere av minene som ble funnet og antallet som er lokalisert. Det ble funnet rester av TNT, 0,3 µg/l sjøvann i den ene prøven som ble samlet inn. Det vil likevel være vanskelig å konkludere hva dette betyr på grunnlag av en prøve.

5.8 DS Selma, Nesodden

I de to sedimentprøvene fra området rundt DS Selma ble det funnet rester av HMX og TNT (Tabell 5.19). Det var også tydelige spor av DNB i begge prøvene. DNB er et nedbrytningsprodukt fra TNT, men blir også brukt direkte som et eksplosiv. Tabell 5.20 viser konsentrasjonen av tungmetaller i de målte prøvene. Resultatene viser at forurensningsnivået tilsvarer tilstandsklasse 4 (dårlig) for kobber, tilstandsklasse 3 for bly og et litt forhøyet nivå av krom.

Prøve		HMX mg/kg	TNT mg/kg
09-782	Sediment	0,41	0,31
09-783	Sediment med kvadrater	0,12	0,14

Tabell 5.19 Oversikt over konsentrasjoner av eksplosiver i fraksjonen < 2 mm i sedimentprøver tatt ved DS Selma

Prøve	09-782 mg/kg	09-783 mg/kg
As	1	2
Cd	0,2	0,2
Cr	78	125
Cu	41	97
Hg	<0,2	<0,2
Ni	<5	16
Pb	38	88
Zn	94	104

Tabell 5.20 Oversikt over konsentrasjoner av tungmetaller i sedimentprøver tatt ved DS Selma

5.8.1 Kruttstenger og kruttplater

Den ene sedimentprøven inneholdt deler av kruttstenger ved mottak på FFI. Figur 5.1 viser bilde av kruttstenger med ytre diameter på 4,2 mm som ble samlet fra samme sted. Ved testing med EXPRAY ble det utslag med spray 2 som betyr at deler av innholdet er en nitratester eller et nitramin. Ved oppløsning av en bit i løsemiddel (acetonitril), filtrering med et 0,45 µm filter og analyse med LC/MS (Kapittel 3.4) ble det funnet spor av NG. Det ble i tillegg utført en analyse av kruttstengene ved hjelp av GC/MS (HS-trap GC/MSQ; headspace-trap gas chromatography/quadropole mass spectrometry). En del av en kruttstang (37 mg) ble varmet opp til 60 °C i en tett beholder før injeksjon. Det ble da påvist dietylenglykoldinitrat (DEGDN) og etylfenyluretan (EtPhUr). DEGDN er sammen med NC hovedingrediensene i dobbelbasekrutt, mens EtPhUr er vanlig som tilsetning på noen få prosent [72]. Dette tyder på at sprayen mest sannsynlig har reagert med NC og DEGDN, da disse eksplosivene ikke inngår i den kjemiske analysen som er gjennomført.

Ved sikting av sedimentprøve 08-783 ble det funnet flere mørkebrune ~1 mm tykke, 3,7 mm store plater (Figur 5.1). Ved testing med EXPRAY ble det ingen utslag når platene ble gnidd på

testpapiret. Først når kruttplatene ble delt i noen biter ble det rosa utslag på spray 2, på samme måte som kruttstengene. En kruttplate ble deretter knust i en morter og tilsatt løsemiddel (acetonitril). Den løste seg helt opp i løsemiddelet og ekstraktet ble filtrert med et 0,45 µm filter og analysert for eksplosiver med LC/MS (Kapittel 3.4). Det ble da påvist NG i prøven. Det er tidligere rapportert om funn av lignende ”pellets” i Canada [25]. Der ble det heller ikke funnet NG i sedimentet, men de var usikre på om mengden NG var redusert eller satt så godt bundet i ”pelletsen” at den ikke kunne måles ved laboratorietester. Resultatene i denne undersøkelsen tyder på at eksplosivet i liten grad lekker ut fra kruttplatene funnet ved DS Selma.



Figur 5.1 Kruttstenger fra granat og kruttplater fra sedimentet ved DS Selma

6 Konklusjon

Undersøkelsene som er beskrevet er planlagt og gjennomført for å gi en indikasjon på om ammunisjonsrelaterte forurensninger forekommer i områder der ammunisjon har vært benyttet/dumpet i akvatisk miljø og på kystfort. De er imidlertid ikke utformet med tanke på risikovurdering. Det er vist at det på Forsvarets kystfort, i likhet med andre områder der Forsvaret har benyttet ammunisjon, finnes forurensning både fra eksplosiver og tungmetaller. Resultatene som har fremkommet viser at forekomster av denne typen forurensning på slike lokaliteter er mer utbredt enn tidligere kjent. Det bør derfor gjøres flere og grundigere undersøkelser på land og i sjøen rundt denne typen lokaliteter. Dette er spesielt viktig fordi kystfort har sjøen som resipient. Grenseverdiene satt av USEPA for sedimenter er lave, dette indikerer at akvatiske organismer har lav toleranse for eksplosiver. Ved gjenbruk etter salg benyttes lokalitetene ofte som friluftsområder hvor kravene til forurensningsnivå vil kunne være strengere enn i andre LNF områder på grunn av bruksmåten.

I løpet av høsten 2009 var det ikke mulig å få til prøvetaking ved lokaliteter med mye dumpet ammunisjon på grunt vann. Det er derfor ikke grunnlag for å konkludere med hvordan disse områdene påvirkes i forhold til områder der ammunisjonen ligger enkeltvis og/eller spredt. I skyte- og øvingsfelt i sjø er det antatt at rester fra ammunisjon og blindgjengere ligger spredt over et større område, men det er også kjent at det kan være dumpet ammunisjon inne i noen av disse skytefeltene.

Prøvene tatt i sjø i områder med ammunisjon fra andre verdenskrig, viser at den er begynt å ruste i stykker og at det kan påvises lekkasje av eksplosiver. Spesielt ammunisjon med stålkasse/hylse,

som for eksempel AT minene ved Justøya og 105 mm granaten ved DS Selma, ser ut til å ha gått delvis i oppløsning. Dette gjør at deler av eksplosivene nå er direkte eksponert for sjøvann og dermed mer utsatt for utlekking til miljøet. Det bør foretas undersøkelser ved flere lokaliteter for å avgjøre omfanget av lekkasje av eksplosiver fra denne typen ammunisjon.

Konsentrasjonen av eksplosiver i vann er ikke over de grenseverdier som FFI har beregnet, men det er likevel påvist et opptak av eksplosiver i biota. Grenseverdiene for eksplosiver i sediment fastsatt av USEPA er stort sett under deteksjonsgrensen for de analysemetoder som er benyttet i dette studiet. En påvisning av eksplosiver i sedimentet vil derfor bety en overskridelse av grenseverdiene. Det er ikke funnet tungmetallforurensning i sedimentene av vesentlig grad, bortsett ifra ved Solstrand og DS Selma. De innledende undersøkelsene har vist at det i akvatiske miljø også forekommer andre eksplosiver og miljøgifter i ammunisjon, enn de som er blitt analysert i prøvene. Det bør vurderes behov for å få kvantifisert mengden av disse stoffene, da de kan ha betydning for en risikovurdering av forurensning fra ammunisjon. Ytterligere studier er nødvendig for å gi et bedre grunnlag ved vurdering av spredning og opptak i akvatiske organismer.

Resultatene tyder på at destruksjon av ammunisjon under vann kan føre til at rester av eksplosiver blir frigjort til vannmassene. Dette kan være enten fra påleggsladning eller fra eksplosivene i ammunisjonen. Prøvetakingen i denne undersøkelsen har imidlertid ikke vært rettet inn mot å kvantifisere slike rester. Det er derfor behov for en mer omfattende undersøkelse for å avgjøre om denne typen aktivitet kan utgjøre en risiko for det akvatiske miljø, og at spesielle hensyn til dette bør inkluderes ved valg av metode og lokalitet.

Referanser

- [1] Arbeidsgruppe nedsatt av Forsvarets forskningspolitiske råd, "Utredning av Forsvarets FoU-virksomhet på områdene miljø og fortifikasjon", Gradering BEGRENSET, 2002.
- [2] 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, Forsvarets forskningsinstitutt, 2008.
- [3] FBE-Eierenheten, "Nasjonal helhetsplan for skyte- og øvingsfelt i sjø", Forsvarsbygg, 2004.
- [4] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Dumpet ammunisjon i Mjøsa. Pålegg om undersøkelse i medhold av forurensningsloven § 51", 98/4075-45, 408/96-005 www.klif.no: Klif, 2000.
- [5] Steinbakken S., Myran O.K., Kristoffersen L.A., and Flaten O.P., "Ammunisjonstjenesten i Hæren etter 1945", Bind 1, Hærens forsyningskommando, 2000.
- [6] Jensen T., Laugesen J., and Ness L.M., "Dumpet ammunisjon i Mjøsa. Sedimentundersøkelser og vurdering av spredning av dumpet ammunisjon i Mjøsa", Rapport nr 2001-0478, Det Norske Veritas, 2001.
- [7] Jensen T. and Hansen T., "Miljøovervåkning Mjøsa 2004", Rapport nr. 2004-0979, Det Norske Veritas, 2004.
- [8] Glette T. and Jensen T., "Miljøundersøkelse i Mjøsa 2007", Rapport nr. 2007-1540, Det Norske Veritas, 2007.
- [9] Christensen T.B., "Skyter granater i drikkevann", www.naturvernforbundet.no, Norges Naturvernforbund, 2007.
- [10] Løvik J.E., "Tiltaksorientert overvåkning av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2006", Rapport lnr 5421-2007, Norsk institutt for vannforskning, 2007.
- [11] Nammo Raufoss AS, "Informasjon angående virksomheten på Fjellhaug skytefelt og eventuelt søknad om utslippstilatelse i forbindelse med videre drift.", Vedlegg 6 KLIF: 2004.
- [12] Ellefsen V., "Statsbygg – prosjekt 10647 oppfølging av deponier og forurenset grunn med spesialavfall etter siste krig", Lok. nr 0532 010 Randsfjorden Jevnaker kommune i Oppland, Promitek as, 2004.
- [13] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Undersøker dumpet ammunisjon" www.klif.no: Klif, 2003.
- [14] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Ammunisjonen i Randsfjorden bør ligge i ro" www.klif.no: Klif, 2004.
- [15] Sjöström J., Liljedahl B., and Forsman M., "Miljöriskbedömning av dumpad ammunition i svenska innsjöar", FOA-R-99--01070--SE, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 1999.

- [16] Sjöström J., K. R.-M. , and Qvarfort U., "Environmental Risk Assessment of Dumped Ammunition in Natural Waters in Sweden – a Summary", Report number FOI-R-1307-SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, 2004.
- [17] Ek H., Nilsson E., Birgersson G., and Dave G., "TNT leakage through sediment to water and toxicity to *Nitocra spinipes*", volume 67 s. 341-348, Ecotoxicology and Environmental Safety, 2007.
- [18] Ek H., Nilsson E., and Dave G., "Effects of TNT leakage from dumped ammunition on fish and invertebrates in static brackish water systems", volume 69 s.104-111, Ecotoxicology and Environmental Safety, 2008.
- [19] Flühmann R., "Munition", www.vbs.admin.ch, Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS, 2008.
- [20] "Dumped ammunition in water and lakes - kontaktmøte med delegasjon fra Sveits", KNM Tordenskjold, Haakonsværn orlogsstasjon, 2009.
- [21] Küng C. and Bernet D., "Überwachung der Häufigkeit der Gonadenveränderungen im Thuner-, Briener- und Bielersee. Routineprogramm.", www.vol.be.ch, Fischereiinspektorat des Kantons Bern, 2008.
- [22] Poiger T., Mathieu J., and Ochsenbein U., "Gewässerbelastung durch Sprengstoffe im Thunersee", Armasuisse, 2008.
- [23] Paterson T., "Switzerland's explosive war effort threatens environmental disaster", <http://www.independent.co.uk>, The Independent, 2009.
- [24] Beddington J. and Kinloch A.J., "Munitions Dumped at sea: A Literature Review", Imperial College London Consultants, 2005.
- [25] Rodacy P.J., Reber S.D., and Walker P.K., "Chemical Sensing of Explosive Targets in the Bedford Basin, Halifax Nova Scotia", SANDIA REPORT SAND2001-3569, Sandia National Laboratories, 2001.
- [26] Ampelman G., Faucher D., and Thiboutot S., "Evaluation of underwater contamination by explosives and metals at Point Amour Labrador and in the Halifax Harbour area", DRDC Valcartier TR 4004-125, Defence Research and Development Canada - Valcartier, 2004.
- [27] Barton J.V. and J. W. Porter, "Radiological, Chemical, and Environmental Health Assessment of the Marine Resources of the Isla de Vieques Bombing Range, bahia Salina del Sur, Puerto Rico", Underwater Ordnance Recovery Inc. and University of Georgia, Athens, 2004.
- [28] MLUR, "Kampmittelaltlasten im Meer - Einschätzung der Auswirkungen für die Umwelt", www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/WasserMeer/07_KuestengewMeere/05_Kampmittelaltlasten_node.html, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, 2009.
- [29] Pfeiffer F., "Bericht über die in-situ-Begleituntersuchungen zur Munitionssprengung in der Ostsee vom 14.04.2008-18.04.2008", 4121.1-2008-126F, Büro für Umweltgeologie & Sicherheitsforschung, Ausschreibungsnummer, 2008.

- [30] Pfeiffer F., "Bericht über die in-situ-Begleituntersuchungen zur Munitionssprengung in der Ostsee vom 18.2.2009", 4123-2009-41F, Büro für Umweltgeologie & Sicherheitsforschung, Ausschreibungsnummer, 2009.
- [31] Johnsen A., "Vurdering av kjemiske stoffer i ammunisjon", FFI/RAPPORT-2009/02048, Forsvarets forskningsinstitutt, 2010.
- [32] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Obs-listen. Miljøvernmyndighetenes liste over helse- og miljøfarlige stoffer man skal være spesielt oppmerksom på", TA-1910/2002, Klif, 2002.
- [33] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarevann", TA-2229/2007, Klif, 2007.
- [34] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Tilstandsklasser for forurenset grunn", TA-2553/2009, Klif, 2009.
- [35] Ottesen R.T., Aleksander J., Joranger T., Rytter E., and Andersson M., "Forslag til tilstandsklasser for jord", NGU rapport nr. 2007.019, Norges geologiske undersøkelse, 2007.
- [36] Voie Ø.A., Strömseng A., Johnsen A., Rossland H.K., Karsrud T., and Longva K., "Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydning og avhending av skytebaner og øvingsfelt. Revidert utgave", FFI/RAPPORT-2010/00116, Forsvarets forskningsinstitutt, 2010.
- [37] Ottesen R.T., Bogen J., Bølviken B., and Volden T.Haugland T., "Geokjemisk atlas for Norge, del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter", Norges geologiske undersøkelse, 2000.
- [38] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Veileder for risikovurdering av forurenset sediment", TA-2230/2007, Klif, 2007.
- [39] Voie Ø.A., "Toksikologiske og kjemiske egenskaper av sprengstoff og komponenter i ammunisjon", FFI/RAPPORT-2005/00444, Forsvarets forskningsinstitutt, 2005.
- [40] Drzyzga O., T. Gorontzy, Schmidt A., and Blotevogel K.H., "Toxicity of explosives and Related Compounds to the Luminiscent Bacterium *Vibrio fischeri* NRRL-B-11177", Volume 28, s.229-235, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1995.
- [41] Voie Ø.A., "Effekter av eksplosiver på vannlevende organismer", FFI/RAPPORT-2008/00451, Forsvarets forskningsinstitutt, 2008.
- [42] EPA, "Ecological Risk assessment, Freshwater/Marine Sediment Screening Benchmarks", <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/eco/index.htm>, U.S. Environmental Protection Agency, 2009.
- [43] Talmage S.S., Opresko D.M., Maxwell C.J., Welsh C.J.E., Cretella F.M., Reno P.H., and Daniel F.B., "Nitroaromatic Munition Compounds: Environmental Effects and screening Values", Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 161:1-156, Springer-Verlag, 1999.
- [44] EPA, "Human Health Risk assessment, Risk-Based Concentration Table", http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/pdf/DECEMBER_2009_FISH.pdf, U.S. Environmental Protection Agency, 2009.

- [45] EPA, "Human Health Risk assessment, Chemical Specific Parameters", http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_table/Generic_tables/pdf/params_sl_table_run_December2009.pdf, U.S. Environmental Protection Agency, 2009.
- [46] EPA, "Ecological Risk assessment, Freshwater/Marine Screening Benchmarks", <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/eco/index.htm>, U.S. Environmental Protection Agency, 2009.
- [47] ChemIDPlus, "<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/>", U.S. National Library of Medicine, 2010.
- [48] SciFinder, "<https://scifinder.cas.org>", cas®, 2010.
- [49] Wasag-Chemie Aktiengesellschaft, "Explosivstoffe" 1961.
- [50] Marshall A., "Explosives", Volume II Properties and tests, J. & A. Churchill, London, 1917.
- [51] The Merck Index, Eleventh Edition, Merck & Co. Inc., 1989.
- [52] Johnsen A., "Møtereferat. Bistand til prøvetaking i områder med dumpet ammunisjon", Referanse nr 09/00258-1/917 Unntatt offentlighet iht § 21, Forsvarets forskningsinstitutt, 2009.
- [53] Nordås S.V. and Bangsund T., "Utvikle metoder for ekstraksjon av biologiske prøver, sedimentprøver og sjøvann for analyse av eksplosiver", Hovedprosjekt, Høgskolen i Oslo, 2009.
- [54] Bouvier E.S.P, Steriti L.R., and Oehrle S., "Explosives analysis using Porapak RDX solid phase extraction cartridges", Waters paper 940103, Waters, 1994.
- [55] Karsrud T.E., Parmer M.P., Johnsen A., Aaserud B.H., and Nordås S.V., "Testing av metoder for hurtigpåvisning av forurensning fra eksplosiver", FFI/NOTAT-2009/01499, Forsvarets forskningsinstitutt, 2009.
- [56] "www.kystfort.info" 2010.
- [57] "Katalog Østlandet 010610 Rauøy", Landvernsplan for Forsvaret, Skifte Eiendom.
- [58] Eksplosivryddegruppe Solstrand 2009, "EOD Rapport Solstrand", EOD refnr: 185/09 2009.
- [59] Veum E., "Bombeekspertter til Afganistan", NRK Nyheter, 2008.
- [60] Minedykkerkommandoen, "EOD Rapport Telavågen", EOD refnr: 090622-091 2009.
- [61] Forsvarets kompetansesenter for logistikk og operativstøtte (FKL), "Håndbok for eksplosivrydding – Eksplosivrydding i skytefelt", Forsvaret, 2009.
- [62] Klima- og forurensningsdirektoratet, "Endring i utslippstillatelse for Nammo Raufoss AS" www.klif.no: Klif, 2005.
- [63] Minedykkerkommandoen, "EOD Rapport Mjøsa", EOD refnr: 091006-236 2009.
- [64] Minedykkerkommandoen, "EOD Rapport Grimstad", EOD refnr: 091005-226 2009.

- [65] Hardeberg S.P., "Dykker fant krigsprojektil", Nr 127, Grimstad adressedidende, 2010.
- [66] Haugen M, "Informasjonsbrosyre om kystfort på Justøya", www.lillesand.kommune.no, Lillesand kommune, 2006.
- [67] Minedykkerkommandoen, "EOD Rapport Justøya, Lillesand", EOD refnr: 081002-01 2008.
- [68] Minedykkerkommandoen, "EOD Rapport Justøya, Lillesand", EOD refnr: 081002-01 2009.
- [69] Longva K., "Resultater fra prøvetaking av jord og sediment på eiendom med gårdsnr 18 bruksnr 102 i Tromsø kommune.", 09/01832-1/FFI/917, Forsvarets forskningsinstitutt, 2009.
- [70] Troms Politidistrikt, "Solstrand industriområde, 18/102 m/fl. - oversendelse av rapport fra forsvarets forskningsinstitutt (ffi)", Saksnummer 08/08018-031, Trømsø kommune, 2010.
- [71] "www.navweaps.com/weapons" 2010.
- [72] Fedoroff B.T., Aaronson H.A., Clift G.D., and Reese E.F., "Dictionary of explosives, ammunitions and weapons (German section)", Technical Report NO. 2510, Picatinny Arsenal, NJ, 1958.
- [73] Dobratz B., "Ethylenediamine Dinitrate and its Eutectic Mixtures: A Historical Review of the Literature to 1982", LA-9732-H / UC-45, Air Force Armament Laboratory, Eglin Air Force Base, 1983.
- [74] Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J., and Sørensen J., "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarevann. Veiledning.", TA-1467/1997, Klif, 1997.
- [75] Longva K., "Resultater fra prøvetaking av jord på eiendom med gårdsnr 3 bruksnr 19 i Østre Toten kommune", 10/00417-1/FFI/917, Forsvarets forskningsinstitutt, 2010.

Forkortelser

ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen og 4-amino-2,6-dinitrotoluen
AP	Antipersonell
APCI	Atmospheric pressure chemical ionization
AT	Antitank
BK	Bombekaster
DEGDN	Dietylenglykol dinitrat
1,3-DNB	1,3-dinitrobensen
2,6-DNT	2,6-dinitrotoluen
2,4-DNT	2,4-dinitrotoluen
2A-DNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen
4A-DNT	4-amino-2,6-dinitrotoluen
EDD	Etylen diamin dinitrat
EMC	Moored Contact mine
EOD	Explosive Ordnance Disposal
ESI	Electrospray ionization
EtPhUr	Etylfenyluretan
FLO	Forsvarets logistikkorganisasjon
FOH	Forsvarets operative hovedkvarter
GC/MS	Gas chromatography/mass spectrometry
ICP-SFMS	Inductively coupled plasma-sector field mass spectrometry
Klif	Klima- og forurensningsdirektoratet
LC/MS	Liquid chromatography/mass spectrometry
MAE	Microwave assisted extraction
MDK	Minedykkerkommandoen
Na ₂ SO ₄	Natriumsulfat
NaHSO ₄	Natriumhydrogensulfat
NC	Nitrocellulose
NG	Nitroglyserin
PETN	Pentaeritryl tetranitrat
RDX	Heksahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin
ROV	Remotely operated (underwater) vehicle
SPE	Solid phase extraction
SPME	Solid phase micro extraction
Tetryl	2,4,6-trinitrofenylmetylnitramin
TNB	1,3,5-trinitrobensen
TNT	2,4,6-trinitrotoluen
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultraviolet

Appendix A Analyserapporter fra ALS Skandinavia NUF

Rapport

N0906353

Page 1 (8)

1ILHLNTKJMU



Prosjekt
Bestnr
Registrert 2009-09-30
Utstedt 2009-10-13

Forsvarets forskningsinstitutt
Helle k Rossland
Instituttveien 20
2007 Kjeller
Norge

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn		09-707 Tørket sediment/slam			
Labnummer		N00080596			
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	98.7		%	1	V
As	12.8	4.3	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	20.8	5.6	mg/kg TS	1	H
Cu	45.6	10.6	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	8.92	2.44	mg/kg TS	1	H
Pb	7.30	2.26	mg/kg TS	1	H
Zn	21.3	5.2	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn		09-708 Tørket sediment/slam			
Labnummer		N00080597			
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	97.5		%	1	V
As	2.00	0.68	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	18.5	4.9	mg/kg TS	1	H
Cu	8.55	2.07	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	4.55	1.36	mg/kg TS	1	H
Zn	19.3	4.6	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn		09-709 Tørket sediment/slam			
Labnummer		N00080598			
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	97.7		%	1	V
As	2.17	0.69	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	9.65	2.69	mg/kg TS	1	H
Cu	6.47	1.54	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	5.25	1.56	mg/kg TS	1	H
Zn	15.5	3.8	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77

Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 2 (8)

11LHLNTKJMU



Deres prøvenavn	09-710 Tøret sediment/slam				
Labnummer	N00080599				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	98.3		%	1	V
As	3.71	1.13	mg/kg TS	1	H
Cd	0.106	0.035	mg/kg TS	1	H
Cr	11.0	2.9	mg/kg TS	1	H
Cu	17.4	4.3	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	6.51	1.92	mg/kg TS	1	H
Zn	19.7	4.6	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-711 Tøret sediment/slam				
Labnummer	N00080600				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	99.3		%	1	V
As	4.25	1.35	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	12.4	3.4	mg/kg TS	1	H
Cu	3.04	0.77	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	2.19	0.66	mg/kg TS	1	H
Zn	10.7	2.8	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-712 Tøret sediment/slam				
Labnummer	N00080601				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	96.2		%	1	V
As	4.37	1.33	mg/kg TS	1	H
Cd	0.187	0.053	mg/kg TS	1	H
Cr	380	101	mg/kg TS	1	H
Cu	12.4	2.9	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	9.98	2.39	mg/kg TS	1	H
Pb	2.35	0.69	mg/kg TS	1	H
Zn	17.6	4.2	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 3 (8)

1LHLNTKJMU




Deres prøvenavn 09-751 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080602					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	99.5		%	1	V
As	4.11	1.27	mg/kg TS	1	H
Cd	0.171	0.050	mg/kg TS	1	H
Cr	172	46	mg/kg TS	1	H
Cu	158	37	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	9.90	2.47	mg/kg TS	1	H
Pb	165	48	mg/kg TS	1	H
Zn	499	117	mg/kg TS	1	H
Sb*	2.98		mg/kg TS	1	S
Sr*	214		mg/kg TS	1	S
Ba	40.6	7.9	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn 09-752 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080603					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	99.6		%	1	V
As	3.10	0.96	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	171	45	mg/kg TS	1	H
Cu	104	24	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	10.8	2.7	mg/kg TS	1	H
Pb	136	40	mg/kg TS	1	H
Zn	308	72	mg/kg TS	1	H
Sb*	2.56		mg/kg TS	1	S
Sr*	170		mg/kg TS	1	S
Ba	26.6	5.4	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn 09-753 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080604					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	99.6		%	1	V
As	1.63	0.55	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	162	44	mg/kg TS	1	H
Cu	80.1	18.8	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	9.33	2.22	mg/kg TS	1	H
Pb	113	33	mg/kg TS	1	H
Zn	96.6	22.5	mg/kg TS	1	H
Sb*	4.78		mg/kg TS	1	S
Sr*	208		mg/kg TS	1	S
Ba	20.8	4.1	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 4 (8)

11LHLNTKJMU




Deres prøvenavn 09-754 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080605					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.6		%	1	V
As	0.844	0.303	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	119	33	mg/kg TS	1	H
Cu	45.8	10.6	mg/kg TS	1	H
Hg	0.300	0.106	mg/kg TS	1	H
Ni	7.71	1.87	mg/kg TS	1	H
Pb	4050	1220	mg/kg TS	1	H
Zn	42.9	10.0	mg/kg TS	1	H
Sb*	46.9		mg/kg TS	1	S
Sr*	183		mg/kg TS	1	S
Ba	19.4	3.9	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn 09-756 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080606					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.8		%	1	V
As	0.773	0.285	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	78.5	21.1	mg/kg TS	1	H
Cu	7.29	1.79	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	5.98	1.45	mg/kg TS	1	H
Pb	4.91	1.49	mg/kg TS	1	H
Zn	16.2	4.2	mg/kg TS	1	H
Sb*	0.152		mg/kg TS	1	S
Sr*	224		mg/kg TS	1	S
Ba	13.9	2.7	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn 09-757 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080607					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.7		%	1	V
As	11.6	3.6	mg/kg TS	1	H
Cd	0.689	0.186	mg/kg TS	1	H
Cr	40.2	10.9	mg/kg TS	1	H
Cu	933	243	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	21.8	5.2	mg/kg TS	1	H
Pb	5720	1730	mg/kg TS	1	H
Zn	1990	481	mg/kg TS	1	H
Sb*	66.9		mg/kg TS	1	S
Sr*	64.9		mg/kg TS	1	S
Ba	61.5	12.8	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 5 (8)

11LHLNTKJMU



Deres prøvenavn 09-758 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080608					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.6		%	1	V
As	14.9	4.6	mg/kg TS	1	H
Cd	0.586	0.187	mg/kg TS	1	H
Cr	158	43	mg/kg TS	1	H
Cu	3400	847	mg/kg TS	1	H
Hg	5.89	6.69	mg/kg TS	1	H
Ni	145	42	mg/kg TS	1	H
Pb	29300	8630	mg/kg TS	1	H
Zn	2190	597	mg/kg TS	1	H
Sb*	490		mg/kg TS	1	S
Sr*	101		mg/kg TS	1	S
Ba	79.4	15.5	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn 09-759 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080609					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.4		%	1	V
As	13.6	4.1	mg/kg TS	1	H
Cd	0.571	0.157	mg/kg TS	1	H
Cr	132	36	mg/kg TS	1	H
Cu	1930	470	mg/kg TS	1	H
Hg	2.82	0.96	mg/kg TS	1	H
Ni	62.3	17.1	mg/kg TS	1	H
Pb	13600	4010	mg/kg TS	1	H
Zn	1330	358	mg/kg TS	1	H
Sb*	234		mg/kg TS	1	S
Sr*	62.1		mg/kg TS	1	S
Ba	73.2	14.4	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn 09-760 Tørket sediment/slam					
Labnummer N00080610					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.3		%	1	V
As	18.7	5.9	mg/kg TS	1	H
Cd	0.767	0.201	mg/kg TS	1	H
Cr	79.5	21.5	mg/kg TS	1	H
Cu	413	96	mg/kg TS	1	H
Hg	1.35	0.47	mg/kg TS	1	H
Ni	28.8	6.9	mg/kg TS	1	H
Pb	746	222	mg/kg TS	1	H
Zn	1670	427	mg/kg TS	1	H
Sb*	17.4		mg/kg TS	1	S
Sr*	132		mg/kg TS	1	S
Ba	84.6	18.1	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 6 (8)

11LHLNKKJMU




Deres prøvenavn	09-761 Tørket sediment/slam				
Labnummer	N00080611				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.6		%	1	V
As	6.58	2.00	mg/kg TS	1	H
Cd	0.323	0.086	mg/kg TS	1	H
Cr	82.5	21.8	mg/kg TS	1	H
Cu	1410	327	mg/kg TS	1	H
Hg	2.28	0.78	mg/kg TS	1	H
Ni	16.1	4.0	mg/kg TS	1	H
Pb	1550	455	mg/kg TS	1	H
Zn	1340	338	mg/kg TS	1	H
Sb*	23.4		mg/kg TS	1	S
Sr*	29.6		mg/kg TS	1	S
Ba	50.2	9.8	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-762 Tørket sediment/slam				
Labnummer	N00080612				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	99.4		%	1	V
As	19.5	6.1	mg/kg TS	1	H
Cd	0.524	0.137	mg/kg TS	1	H
Cr	128	36	mg/kg TS	1	H
Cu	1010	241	mg/kg TS	1	H
Hg	2.35	0.80	mg/kg TS	1	H
Ni	30.2	7.0	mg/kg TS	1	H
Pb	2760	826	mg/kg TS	1	H
Zn	2370	560	mg/kg TS	1	H
Sb*	48.2		mg/kg TS	1	S
Sr*	72.5		mg/kg TS	1	S
Ba	102	21	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-763 Tørket sediment/slam				
Labnummer	N00080613				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrestoff (L)	98.2		%	1	V
As	5.68	1.72	mg/kg TS	1	H
Cd	7.67	2.00	mg/kg TS	1	H
Cr	169	45	mg/kg TS	1	H
Cu	52.6	12.3	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	18.6	4.4	mg/kg TS	1	H
Pb	728	215	mg/kg TS	1	H
Zn	8270	1920	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 7 (8)

1LHLNTKJMU



Deres prøvenavn	09-764 Tørket sediment/slam				
Labnummer	N00080614				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	97.8		%	1	V
As	5.03	1.53	mg/kg TS	1	H
Cd	3.00	0.78	mg/kg TS	1	H
Cr	159	42	mg/kg TS	1	H
Cu	127	30	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	17.1	4.0	mg/kg TS	1	H
Pb	364	107	mg/kg TS	1	H
Zn	3200	761	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-765 Tørket sediment/slam				
Labnummer	N00080615				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	98.8		%	1	V
As	5.12	1.55	mg/kg TS	1	H
Cd	1.80	0.48	mg/kg TS	1	H
Cr	475	126	mg/kg TS	1	H
Cu	52.8	12.2	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	20.5	5.4	mg/kg TS	1	H
Pb	318	93	mg/kg TS	1	H
Zn	1800	419	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0906353

Page 8 (8)

11LHLNTKJMU



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Analyse av tungmetaller (MS-1)
Metode:	EPA metoder -modifisert 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-MS)
Forbehandling:	Sikting 2 mm.
Oppslutning:	5 ml kons.HNO ₃ +0,5 ml H ₂ O ₂ i mikrobølgeovn.

Underleverandør ¹	
H	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 1087
S	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 1087
V	Våtkemi

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.


Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Scandinavia) eller laboratorium (underleverandør).

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Dorthe Madsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0909180

Page 1 (2)

1PMV705BL22



Prosjekt
Bestnr
Registrert 2009-12-22
Utstedt 2010-01-04

Forsvarets forskningsinstitutt
Helle k Rossland
Instituttveien 20
2007 Kjeller
Norge

Analyse av biologisk materiale

Deres prøvenavn	09-713 Tang				
Labnummer	N00089896				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført
Pb	0.270	0.056	mg/kg	1	H
Zn	26.7	5.2	mg/kg	1	H
Cu	6.64	1.27	mg/kg	1	H
Sb*	0.163		mg/kg	1	S

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77

Morten Sandell
Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0909180

Page 2 (2)

1PMV705BL22



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Analyse av tungmetaller (M-4)
Metode:	EPA metoder 200.7 og 200.8 (modifisert)
Oppslutning:	Salpetersyre og H ₂ O ₂ i mikrobølgeovn.
Note:	Resultater er gitt i mg/kg egenvekt/våttvekt.

Underleverandør ¹	
H	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 1087
S	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 1087

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Scandinavia) eller laboratorium (underleverandør).

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Morten Sandell
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0909181

Page 1 (14)

1PZOEWYQ80



Prosjekt
Bestnr
Registrert 2009-12-22
Utstedt 2010-01-08

Forsvarets forskningsinstitutt
Helle k Rossland
Instituttveien 20
2007 Kjeller
Norge

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	08-713 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089975				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	98.7		%	1	V
As	1.38	0.45	mg/kg TS	1	H
Cd	0.196	0.054	mg/kg TS	1	H
Cr	77.6	20.5	mg/kg TS	1	H
Cu	40.9	9.5	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	38.0	11.1	mg/kg TS	1	H
Zn	94.3	21.9	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	08-714 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089976				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	97.8		%	1	V
As	1.52	0.49	mg/kg TS	1	H
Cd	0.221	0.064	mg/kg TS	1	H
Cr	125	33	mg/kg TS	1	H
Cu	97.1	22.6	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	15.9	3.7	mg/kg TS	1	H
Pb	87.8	25.7	mg/kg TS	1	H
Zn	104	24	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	08-715 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089977				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	97.4		%	1	V
As	2.31	0.72	mg/kg TS	1	H
Cd	0.338	0.089	mg/kg TS	1	H
Cr	79.0	21.2	mg/kg TS	1	H
Cu	126	29	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	64.1	18.7	mg/kg TS	1	H
Zn	184	43	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77

Inger Eikebu Alfsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0909181

Page 2 (14)

1PZOEWYQ80



Deres prøvenavn	08-716 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089978				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	97.1		%	1	V
As	2.99	0.92	mg/kg TS	1	H
Cd	0.360	0.095	mg/kg TS	1	H
Cr	35.3	9.3	mg/kg TS	1	H
Cu	105	24	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	75.9	22.2	mg/kg TS	1	H
Zn	178	41	mg/kg TS	1	H


Deres prøvenavn	09-782 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089979				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	97.4		%	1	V
As	47.7	14.3	mg/kg TS	1	H
Cd	1.75	0.46	mg/kg TS	1	H
Cr	233	67	mg/kg TS	1	H
Cu	233	54	mg/kg TS	1	H
Hg	2.09	0.70	mg/kg TS	1	H
Ni	46.6	10.9	mg/kg TS	1	H
Pb	248	72	mg/kg TS	1	H
Zn	1150	272	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-783 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089980				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	96.8		%	1	V
As	84.9	26.0	mg/kg TS	1	H
Cd	10.7	2.8	mg/kg TS	1	H
Cr	239	63	mg/kg TS	1	H
Cu	562	130	mg/kg TS	1	H
Hg	1.55	0.52	mg/kg TS	1	H
Ni	85.6	20.3	mg/kg TS	1	H
Pb	212	62	mg/kg TS	1	H
Zn	1780	415	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-1024 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089981				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørstoff (L)	99.8		%	1	V
As	2.35	0.74	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	49.5	13.4	mg/kg TS	1	H
Cu	12.7	3.0	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	35.5	8.6	mg/kg TS	1	H
Pb	6.09	1.80	mg/kg TS	1	H
Zn	116	27	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Inger Eikebu Alfisen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0909181

Page 3 (14)

1PZOEWYOQ80



Deres prøvenavn	09-1091 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089982				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	99.4		%	1	V
As	2.74	0.84	mg/kg TS	1	H
Cd	<0.1		mg/kg TS	1	H
Cr	74.7	20.0	mg/kg TS	1	H
Cu	15.9	3.7	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	<5		mg/kg TS	1	H
Pb	17.4	5.1	mg/kg TS	1	H
Zn	35.1	8.6	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-1028 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089983				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	99.7		%	1	V
As	4.11	1.25	mg/kg TS	1	H
Cd	0.461	0.121	mg/kg TS	1	H
Cr	71.7	18.9	mg/kg TS	1	H
Cu	15.6	3.6	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	27.7	6.4	mg/kg TS	1	H
Pb	17.6	5.2	mg/kg TS	1	H
Zn	80.7	18.8	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-1029 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089984				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	93.3		%	1	V
As	195	59	mg/kg TS	1	H
Cd	8.03	2.09	mg/kg TS	1	H
Cr	312	82	mg/kg TS	1	H
Cu	1050	242	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	101	23	mg/kg TS	1	H
Pb	238	69	mg/kg TS	1	H
Zn	1500	349	mg/kg TS	1	H

Deres prøvenavn	09-1120 jord/sediment/slam				
Labnummer	N00089985				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført
Tørrstoff (L)	88.8		%	1	V
As	1.03	0.36	mg/kg TS	1	H
Cd	1.21	0.32	mg/kg TS	1	H
Cr	23.5	6.2	mg/kg TS	1	H
Cu	257	59	mg/kg TS	1	H
Hg	<0.2		mg/kg TS	1	H
Ni	26.6	6.3	mg/kg TS	1	H
Pb	44.6	13.1	mg/kg TS	1	H
Zn	198	46	mg/kg TS	1	H

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77

IEA
Inger Eikebu Alfsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Rapport

N0909181

Page 14 (14)

1PZOEWYOQ80



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Analyse av tungmetaller (MS-1)
Metode:	EPA metoder -modifisert 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-MS)
Forbehandling:	Sikting 2 mm.
Oppslutning:	5 ml kons.HNO3+0,5 ml H2O2 i mikrobølgeovn.

Underleverandør ¹	
H	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 1087
V	Våtkemi

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Scandinavia) eller laboratorium (underleverandør).

ALS Scandinavia NUF
PB 643 Skøyen
N-0214 Oslo
Norway

Web: www.alsglobal.no
E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00
Fax: + 47 22 52 51 77


Inger Eikebu Alfsen
Kjemiker

The ALS Laboratory Group

Appendix B Analyserapporter fra FFI

B.1 Rauøy fort



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 14.01.2010

Analyserapport M10/008

Side 1 av 2

Analyserapport nr M10/008 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 4
Mottatt dato: 18072008

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde µg/g
HMX	G1	Nei	0,05-50
RDX	G1	Nei	0,05-50
TNB	G1	Nei	0,05-50
DNB	G1	Nei	0,05-50
TNT	G1	Nei	0,05-50
2,6-DNT	G1	Nei	0,05-50
2,4-DNT	G1	Nei	0,05-50
2-ADNT	G1	Nei	0,05-50
4-ADNT	G1	Nei	0,05-50
PETN	G1	Nei	0,05-50
NG	G1	Nei	2,50-50
Tetryl	G1	Nei	2,50-50

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

Kjeller, 14.januar 2010

Helle K. Rosland
Helle K Rosland
Senioringeniør

Marthe P. Parmer
Marthe Parmer
Forsker

Saksbehandler : Helle Rosland/ 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 RAUØY FORT

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

FFI-nr	Prøveidentifikasjon
08-713	10 m foran 75 mm kanon
08-714	17 m foran 75 mm kanon
08-715	16 m foran 150 mm kanon
08-716	19 m foran (litt til siden) 150 mm kanon

Akronym	Forklaring
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Heksahydro-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/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
08-713	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-714	0,37	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-715	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
08-716	0,54	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

B.2 Grøtsund fort og Solstrand



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 14.01.2010

Analysereport M10/004

Side 1 av 3

Analysereport nr M10/004 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 19
Mottatt dato: 02092009

Analysereporten gjelder følgende analyser:

Analyse-parameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde G1 og G3 µg/g	Måleområde G2 µg/l	Måleområde G4 ng/g
HMX	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
RDX	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
TNB	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
DNB	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
TNT	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
2,6-DNT	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
2,4-DNT	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
2-ADNT	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
4-ADNT	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
PETN	G1.G2, G3 og G4	Nei	0,05-50	0,1-100	5-5000
NG	G1.G2, G3 og G4	Nei	2,50-50	5-100	250-5000
Tetryl	G1.G2, G3 og G4	Nei	2,50-50	5-100	250-5000

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

Kjeller, 14.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, VANN,
SEDIMENT OG BIOLOGISK MATERIALE FRA SOLSTRAND OG GRØTTSUND FORT**

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>
09-749	Sjøvann, ved sjøbunn.
09-750	Sjøvann, ved sjøbunn.
09-751	Sediment
09-752	Sediment
09-753	Sediment
09-754	Sediment
09-755-1	Blåskjell
09-755-2	Rur
09-755-3	Snegler
09-756	Sediment, under brannrør på stranden.
09-757	Sediment, under bryggen. Linje innerst.
09-758	Sediment, under bryggen. Linje midten.
09-759	Sediment, under bryggen. Linje ytterst.
09-760	Jord, oppgravd masse.
09-761	Jord, 70 cm under overflaten.
09-762	Jord, fra grop.
09-763	Krater, etter sprengning.
09-764	Krater, etter sprengning.
09-765	Utenfor krater, etter sprengning.

<i>Akronym</i>	<i>Forklaring</i>
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Heksahydro-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
2,6-DNT	2,6-dinitrotoluen
2,4-DNT	2,4-dinitrotoluen
2-ADNT	2-amino-4,6-dinitrotoluen

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



4-ADNT	4-amino-2,6-dinitrotoluen
PETN	Pentaeryttritoltetranitrat

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
09-749	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-750	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	Tetryl	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	µg/g
09-751	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-752	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-753	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-754	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-756	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-757	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-758	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-759	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	Tetryl	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv	ng/g vv
09-755-1	7	<5	<5	<5	<250	<250	<5	<5	<5	<5	<5	<5
09-755-2	<5	<5	<5	<5	<250	<250	<5	<5	<5	<5	<5	<5
09-755-3	10	<5	<5	<5	<250	<250	<5	<5	<5	<5	<5	<5

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	Tetryl	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	µg/g
09-760	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	2,24	<0,05	<0,05	0,11	0,14	0,06
09-761	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	0,16	<0,05	<0,05	0,13	0,11	<0,05
09-762	0,28	<0,05	<0,05	<0,05	<2,50	<2,50	1,76	<0,05	<0,05	0,55	0,36	<0,05
09-763	0,06	0,12	0,05	0,05	<2,50	<2,50	>50	<0,05	<0,05	2,80	4,4	<0,05
09-764	<0,05	0,1	0,20	0,20	<2,50	<2,50	42	<0,05	<0,05	1,85	3,3	<0,05
09-765	0,75	0,26	0,08	0,08	<2,50	<2,50	>50	<0,05	<0,05	13	16	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

B.3 Tælavåg



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 14.01.2010

Analyserapport M10/003

Side 1 av 3

Analyserapport nr M10/003 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 12
Mottatt dato: 18082009

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse-parameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde G2 µg/l	Måleområde G3 µg/g	Måleområde G4 ng/g
HMX	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
RDX	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
TNB	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
DNB	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
TNT	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
2,6-DNT	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
2,4-DNT	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
2-ADNT	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
4-ADNT	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
PETN	G2, G3 og G4	Nei	0,1-100	0,05-50	5-5000
NG	G2, G3 og G4	Nei	5-100	2,50-50	250-5000
Tetryl	G2, G3 og G4	Nei	5-100	2,50-50	250-5000

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

Kjeller, 14.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, SEDIMENT OG BIOLOGISK MATERIALE FRA TÆLAVÅG

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>
09-702	Sjøvann, ved mine før sprengning. Ved sjøbunn.
09-703	Sjøvann, etter sprengning. Ved sjøbunn.
09-704	Sediment, etter sprengning. I overflaten m/håv.
09-705	Sjøvann, etter sprengning. I overflaten.
09-706	Sjøvann, etter sprengning. I overflaten.
09-707	Sediment, ved mine før sprengning.
09-708	Sediment, ved mine før sprengning.
09-709	Sediment, ved mine før sprengning.
09-710	Sediment, ved mine før sprengning.
09-711	Sediment, etter sprengning.
09-712	Sediment, etter sprengning.
09-713	Tang. Vekst på minen.

<i>Akronym</i>	<i>Forklaring</i>
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Heksaahydro-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

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter



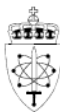
FFI-nr	HMX µg/l	RDX µg/l	TNB µg/l	DNB µg/l	NG µg/l	Tetryl µg/l	TNT µg/l	2,6-DNT µg/l	2,4-DNT µg/l	2-ADNT µg/l	4-ADNT µg/l	PETN µg/l
09-702	0,62	12,7	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-703	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-705	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	0,14	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-706	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	0,10	<0,1	<0,1	0,10	0,32	<0,1

FFI-nr	HMX µg/g	RDX µg/g	TNB µg/g	DNB µg/g	NG µg/g	Tetryl µg/g	TNT µg/g	2,6-DNT µg/g	2,4-DNT µg/g	2-ADNT µg/g	4-ADNT µg/g	PETN µg/g
09-704	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-707	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-708	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-709	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-710	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-711	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-712	0,29	0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

FFI-nr	HMX ng/g	RDX ng/g	TNB ng/g	DNB ng/g	NG ng/g	Tetryl ng/g	TNT ng/g	2,6-DNT ng/g	2,4-DNT ng/g	2-ADNT ng/g	4-ADNT ng/g	PETN ng/g
09-713	85	18	<5	<5	<250	<250	49	<5	<5	<5	<5	<5

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

B.4 Fjellhaug standplass



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 14.01.2010

Analyserapport M10/005

Side 1 av 2

Analyserapport nr M10/005 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 6
Mottatt dato: 27102009

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde G1,G3 µg/g	Måleområde G2 µg/l
HMX	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
RDX	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
TNB	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
DNB	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
TNT	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
2,6-DNT	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
2,4-DNT	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
2-ADNT	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
4-ADNT	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
PETN	G1,G2, og G3	Nei	0,05-50	0,1-100
NG	G1,G2, og G3	Nei	2,50-50	5-100
Tetryl	G1,G2, og G3	Nei	2,50-50	5-100

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

Kjeller, 14.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, VANN OG SEDIMENT FRA FJELLHAUG STANDPlass OG MJØSA

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

FFI-nr	Prøveidentifikasjon
09-1024	Sediment, ved granat.
09-1025	Ferskvann, ved granat på sjøbunn.
09-1026	Ferskvann, etter sprengning, overflate.
09-1027	Ferskvann, etter sprengning, overflate m/håv.
09-1027-2	Sediment samlet fra prøve 09-1027.
09-1028	Jord, ved BK utskyttingsrampe.
09-1029	Jord, bak beskyttelsesmur mot veien.

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
09-1025	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-1026	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-1027	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	0,85	<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/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>	<i>µg/g</i>
09-1024	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-1027-2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

<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/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>	<i>µg/g</i>
09-1028	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-1029	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	10,2	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,17	0,14	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

B.5 Rivingen og Justøya



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 14.01.2010

Analyserapport M10/006

Side 1 av 2

Analyserapport nr M10/006 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 4
Mottatt dato: 30102009

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde G3 µg/g	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 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 14.januar 2010

Helle K. Rosland
Helle K Rosland
Senioringeniør

Marthe P. Parmer
Marthe Parmer
Forsker

Saksbehandler : Helle Rosland/ 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 RIVINGEN OG MAURVIGA**

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

FFI-nr	Prøveidentifikasjon
09-1089	Sjøvann, ved prosjektil.
09-1090	Sediment, ved prosjektil.
09-1091	Sediment, ved prosjektil.
09-1092	Sjøvann, ved AT-miner.

Akronym	Forklaring
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Heksahydro-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
09-1089	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
09-1092	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	0,30	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

FFI-nr	HMX	RDX	TNB	DNB	NG	Tetryl	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	µg/g
09-1090	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-1091	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

B.6 DS Selma



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Beskyttelse

Dato: 14.01.2010

Analyserapport M10/007

Side 1 av 2

Analyserapport nr M10/007 Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter

Oppdragsgiver: FFI
Anmerkninger:

Antall prøver: 2
Mottatt dato: 21092009

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

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

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

Kjeller, 14.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 SEDIMENT FRA NESODDEN

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>
09-782	Sediment, ved DS Selma.
09-7	Sediment, ved DS Selma.

<i>Akronym</i>	<i>Forklaring</i>
HMX	Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin
RDX	Heksahydro-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

<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/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>	<i>µg/g</i>
09-782	0,41	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
09-783	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<2,5	<2,5	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Analyse av eksplosiver og nedbrytningsprodukter