



# KARTLEGGING OG OPPFØLGING AV HVITT FOSFOR I TRE SKYTE- OG ØVINGSFELT I TROMS

*Oppsummering av undersøkelser 2004 – 2008 og anbefalinger. Litteraturstudie av undersøkelser og tiltak i Alaska.*

Grete Rasmussen og Freddy Engelstad

**DOKUMENTINFORMASJON**

<b>Publ./Rapportnr:</b> Futura rapport 131/2010	<b>Prosjektnr:</b> 9355012 - 51024	
<b>Tittel:</b> Undersøkelser etter hvitt fosfor i tre skyte- og øvingsfelt i Troms. Oppsummering av undersøkelser 2004 – 2008 og anbefalinger. Litteraturstudie av undersøkelser og tiltak i Alaska.		
<b>Forfattere:</b> Grete Rasmussen og Freddy Engelstad		
<b>Oppdragsgiver/kontaktperson:</b> Forsvarsbygg Utleie Utleietjenester SØF v Per Siem		
<b>Stikkord (norsk):</b> Hvitt fosfor, røykammunisjon, risikovurderinger, krater, vann, sediment, fisk, vegetasjon, elg		
<b>Key word (English):</b> White phosphorus, smoke-ammunition, risk assessment, crater, water, sediment, fish, vegetation, moose		
<b>Sammendrag:</b> Undersøkelser gjennomført i tre skytefelt i Troms konkluderer med at forekomst av hvitt fosfor ikke utgjør en risiko for mennesker som bruker feltet til fiske eller annen rekreasjon, og utgjør en lav risiko for dyr. Det er trygt å drikke vann fra elver som avvanner feltene. Hvitt fosfor er et stoff som brukes i røykgranater. Når hvitt fosfor reagerer med luft dannes en tett, varm, ufarlig røyk som skjermer styrkene. Hvitt fosfor som havner i våte områder kan bli liggende uforbrent. Det er brukt flere tonn hvitt fosfor i Mauken, Blåtind og Setermoen skyte- og øvingsfelt frem til 2003/2004. Da hvitt fosfor som ikke er omdannet kan være giftig ved inntak i relativt lave konsentrasjoner, var det viktig å avklare om eventuelle rester vil utgjøre en risiko for mennesker og dyr. Forsvarsbygg har sammen med Forsvaret iverksatt undersøkelser for å finne rester av hvitt fosfor i krater i målområdene, bekker, elver, fiskevann, sediment, fisk, sopp, bær, beiteplanter og elg. I tillegg er det gjennomført flere risikoundersøkelser basert på resultatene. Målområder med myr i Setermoen og Mauken inneholder hvitt fosfor, men stort sett lave konsentrasjoner. Det er funnet høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i sedimentprøver fra totalt tre vannfylte krater i myr – i disse to skytefeltene. I Blåtind er det ikke påvist høye konsentrasjoner. Det er kun funnet hvitt fosfor i en bekk – denne renner ut fra målområde i myr i Setermoen. Det er ikke hvitt fosfor i elva bekken renner inn i (Kobbryggelva). Forsvarets Forsvarsinstitutt (FFI) konkluderer at det er ikke risiko for mennesker som oppholder seg i målområdene. Det er ikke påvist hvitt fosfor i drikkevann, beiteplanter, bær, sopp, elg, fiskekjøtt eller sediment i fiskevann. Det er funnet spor av hvitt fosfor i innvoller hos enkelte fisk i Melkelvatn (Mauken) og i en fiskeprøve av innvoller fra Liveltskardelva (Setermoen). Funnene av hvitt fosfor i fiskeinnvoller er lave, og Akvaplan-niva		

konkluderer at dette medfører ingen risiko for mennesker som bruker vannene til fiske og rekreasjon. Dersom dyr oppholder seg i målområdene over tid, har FFI beregnet at det er en viss sannsynlighet for at akutte og kroniske effekter skal kunne oppstå som følge av gjentatt eksponering. Det vil være knyttet liten risiko av hvitt fosfor for dyr som kun streifer gjennom målområder. Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) har vurdert elg som det dyret som har størst sannsynlighet for å få i seg hvitt fosfor. Dataene som foreligger gir grunn til å tro at den subletale belastningen av hvitt fosfor hos elg i skytefeltene er lav. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i lever og nyre fra elg. NINA vurderer sannsynligheten for at fugler vil få i seg hvitt fosfor i nedslagsfeltene i alle tre skytefeltene som små.

**Dato: 1. juni 2010**

**Godkjent av:**

Harald Bjørnstad, fagleder

-----  
Forsvarsbygg Futura miljø

# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>8</b>
<b>1 BAKGRUNN OM HVITT FOSFOR.....</b>	<b>13</b>
<b>2 BAKGRUNN OM GJENNOMFØRINGEN AV UNDERSØKELSENE .....</b>	<b>17</b>
<b>3 KRAV TIL UNDERSØKELSER GITT I VEDTAK FRA FYLKESMANNENS MILJØVERNDELING I TROMS.....</b>	<b>19</b>
<b>4 UNDERSØKELSER ETTER HVITT FOSFOR GJENNOMFØRT I PERIODEN 2004 - 2008 .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Kartlegging av historisk bruk av hvitt fosfor ammunisjon i skytefeltene i Troms (2004) (før vedtak fra Fylkesmannen). .....</b>	<b>20</b>
4.1.1 Rapportering .....	20
4.1.2 Gjennomføring av historisk kartlegging.....	20
<b>4.2 Undersøkelser av jord/sediment i krater i de mest brukte målområdene (2005 og 2006) .....</b>	<b>23</b>
4.2.1 Rapportering .....	23
4.2.2 Prøvetakingsprogram 2005.....	23
4.2.3 Prøvetakingsprogram 2006.....	24
4.2.4 Feltarbeid.....	24
4.2.5 Prøveoppbevaring og analyse av jord, sediment og vann.....	25
4.2.6 Resultater fra undersøkelser av krater .....	25
<b>4.3 Undersøkelser av vegetasjon .....</b>	<b>28</b>
4.3.1 Rapportering.....	28
4.3.2 Prøvetakingsprogram.....	28
4.3.3 Feltarbeid.....	28
4.3.4 Prøveoppbevaring og analyser av planter, sopp og bær .....	29
4.3.5 Resultater.....	29
<b>4.4 Prøver av bekker, elver og drikkevann.....</b>	<b>29</b>
4.4.1 Rapportering .....	29
4.4.2 Prøvetakingsprogram og feltarbeid .....	30
4.4.3 Prøveoppbevaring og analyser .....	31
4.4.4 Resultater.....	31
<b>4.5 Prøvetaking av fisk og sediment i elver, bekker og fiskevann.....</b>	<b>32</b>
4.5.1 Rapportering .....	32
4.5.2 Prøvetakingsprogram.....	33
4.5.3 Feltarbeid.....	33
4.5.4 Prøveoppbevaring og analyser .....	35
4.5.5 Resultater.....	36

<b>4.6</b>	<b>Prøver av elg.....</b>	<b>39</b>
4.6.1	Prøvetakingsprogram.....	39
4.6.2	Rapportering.....	39
4.6.3	Feltarbeid.....	40
4.6.4	Prøveoppbevaring og analyse av elg .....	40
4.6.5	Resultater.....	40
<b>4.7</b>	<b>Risikovurderinger .....</b>	<b>40</b>
4.7.1	Gjennomføring og rapportering.....	40
4.7.2	Konklusjoner fra FFIs risikovurdering .....	41
4.7.3	Konklusjoner fra NIVAs risikovurdering.....	42
4.7.4	Risikovurdering fra Vitenskapskomiteen .....	42
4.7.5	Spesifikk risikovurdering av beitedyr og fugl - NINA.....	43
<b>5</b>	<b>FORSVARSBYGGES GJENNOMFØRING AV KRAV FRA FYLKESMANNENS MILJØVERNAVDELING I TROMS .....</b>	<b>45</b>
5.1.1	Forekomster av hvitt fosfor i målområdene.....	45
5.1.2	Prøver av vegetasjon .....	46
5.1.3	Prøver av bekker/elver og drikkevann.....	46
5.1.4	Undersøkelser av fisk .....	47
5.1.5	Prøver av husdyr/rein/vilt .....	48
<b>5.2</b>	<b>Forslag til overvåking .....</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>Anbefalte tiltak.....</b>	<b>49</b>
5.3.1	Farer utslippene kan ha forårsaket – og tiltak for å unngå nye utslipp .....	49
5.3.2	Farer utslipp vil kunne forårsake – og eventuelle tiltak.....	49
<b>5.4</b>	<b>Merking av forurensning av hvitt fosfor.....</b>	<b>51</b>
<b>5.5</b>	<b>Mulige tilleggsundersøkelser.....</b>	<b>51</b>
5.5.1	Beregning av selvrensingsevne .....	51
5.5.2	Prøver av levende beitedyr .....	51
5.5.3	Artsesifikk eksponering ovenfor hvitt fosfor.....	51
5.5.4	Registrering av døde dyr, inkl analyser av disse. ....	52
5.5.5	Prioritert kartlegging av tjern og bekker der fugl søker etter føde.....	52
<b>6</b>	<b>KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....</b>	<b>53</b>
<b>6.1</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>53</b>
<b>6.2</b>	<b>Anbefalinger .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>REFERANSELISTE .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>VEDLEGG .....</b>	<b>58</b>
<b>8.1</b>	<b>Analyseresultater fra bekk med funn av hvitt fosfor.....</b>	<b>58</b>
<b>8.2</b>	<b>Forsvarsstabens oversikt over bruk av hvitt fosfor i perioden 1998 – 2002 .....</b>	<b>60</b>
<b>8.3</b>	<b>Kart målområder, prøvetakingspunkt og funn av hvitt fosfor .....</b>	<b>61</b>

<b>8.4</b>	<b>Analyserapport fra analyse av hvitt fosfor i elg .....</b>	<b>64</b>
<b>8.5</b>	<b>Oppsummering av undersøkelser etter hvitt fosfor og tiltak gjennomført i Alaska .....</b>	<b>65</b>
<b>8.6</b>	<b>Oversikt over innsamlede prøver hvitt fosfor 2005-2008 .....</b>	<b>70</b>



## Forord

I en oversikt over bruk av hvitt fosfor fra Forsvarsstaben fra 2003 kom det frem at bruken har vært høyest i skyte- og øvingsfeltene i Troms. I 2004 og 2005 ble det gjennomført et prosjekt for å kartlegge forekomst av hvitt fosfor i Mauken, Blåtind og Setermoen. Prosjektet ble ledet av Forsvarsbygg Utvikling Nord, ved Åshild Slåttå Vatn, på oppdrag av Hærens Styrker. Grete Rasmussen i Forsvarsbygg Futura Miljø deltok i prosjektet, sammen med forskere fra Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) og Norsk institutt for Vannforskning (NIVA).

FFI rapporterte i 2005 om overraskende høye hvitt fosfor konsentrasjoner i prøver av elver og bekker samlet inn fra skytefeltene i Indre Troms. I januar 2006 oppdaget FFI at det var feil forbundet med analysene. Glass som ble benyttet i opparbeidingen av prøvene hadde plastkork. Glassene var tidligere brukt til å analysere prøver med høye konsentrasjoner med hvitt fosfor ifm et forsøk på Hjerkin. Selv om glassene var blitt rengjort har det vist seg i ettertid at det satt rester av hvitt fosfor i korken. Vannprøvene fra Indre Troms ble opparbeidet i de samme glassflaskene, og da ekstraksjonsmiddel ble tilsatt ble hvitt fosfor trukket ut av platen og overført til prøven. Dette ble dessverre ikke oppdaget før etter utgivelsene av rapportene FFI 2005/2007, NIVA 2005/2007 og FB 2006.

FFI 2005/2007 ble revidert i januar 2007, og NIVA rapporten ble revidert i desember 2007. FB 2006 gav et sammendrag av resultatene i prosjektet, og gav en litteratursammenstilling av noen undersøkelser, og spesielt tiltak, gjennomført i andre land. I og med at funnene av hvitt fosfor i vann tydet på at hvitt fosfor ble transportert i vannet ut av feltene, og at det lå store mengder hvitt fosfor igjen inne i feltene ble det anbefalt strenge og omfattende tiltak i starten av 2006. Fylkesmannens miljøvernavdeling i Troms valgte å bruke rapporten som grunnlag for et omfattende pålegg, selv om FB gjorde oppmerksom på at anbefalingene var basert på feil grunnlag.

FB 2006 ble trukket tilbake. Planen var å revidere rapporten etter at de reviderte FFI og NIVA rapportene forelå. Men da disse forelå i desember 2007 var det allerede gjennomført en rekke nye undersøkelser, og det virket uhensiktsmessig å revidere rapporten. Deler av FB 2006 er derimot benyttet i denne rapporten.

I 2006 overtok Forsvarsbygg ved Utleie, Utleietjenester SØF forvaltning av blant annet miljø i skyte- og øvingsfeltene. Det ble i avtalen med FLO avtalt at Forsvarsbygg skulle håndtere pålegget gitt av Fylkesmannen i Troms. Grete Rasmussen tok da over ledelsen av prosjektet. Freddy Engelstad i Forsvarsbygg Futura Miljø har også bidratt sterkt inn i prosjektet. Knut Grindrud og Per Siem i FB Utleie, Utleietjenester har vært oppdragsgivere. Thor Eirik Næss Bakken i FB Markedsområde Midt Troms har vært lokal kontaktperson.

Flere har bidratt med informasjon og bistand ved befaringer og prøvetaking. Vi ønsker spesielt å takke skytefeltadministrasjonen ved Tor Inge Olsen, Joar Dalkvist, Lars Dolmseth, Ole Olstad og Håkon Strand, og miljøvernoffiserene Ove Andreassen, Roger Heiskel og Anders Hamnes. I tillegg ønsker vi å takke Lauritz Døsen, Veterinærinstituttet, AnalyCen AS (nå Eurofins AS), forskere ved FFI (Arnljot E. Strømseng, Kjetil S. Longva, Arnt Johnsen, Øyvind A. Voie) og konsulenter fra Sweco Norge (Roger Pedersen), Akvaplan Niva (Geir Dahl-Hanssen), Asplan Viak (Ola Nordal, Per Kraft), NINA (Jan Ove Gjershaug, Graciela

Rusch, Frank Hansen) og NIVA (Sigurd Rognerud, Jarl E. Løvik) for sine bidrag i arbeidet. Vi takker og grunneierne for sine innspill under grunneiermøter i Mauken, Blåtind og Setermoen, samt lokalbefolkningens bidrag ved innsamling av drikkevannsprøver. Takk til Per Gunnar Ulveseth og Line Stabell Selvaag fra Forsvarsbygg, som har laget kartene. En spesiell takk rettes til FFI som har levert hvitt fosfor-standard til AnalyCen, og lært opp AnalyCen i å analysere på hvitt fosfor.

Vi vil presisere at det ble forbudt å bruke hvitt fosfor granater på våt mark, snø og områder i nærheten av åpent vann i 2003. I Forsvarsbyggs skytefelthåndbok står det at all bruk av fosforgranater på snødekket mark, i myr og på våtmarksområder, i vann og i forbindelse med vannveier er forbudt. I Miljøpolicy for skyte- og øvingsfelt står det at det skal etableres egne målområder på tørr morenegrunn eller fjell/berggrunn til bruk under skyting med fosforgranater. Dette er allerede gjennomført for RØ. Det er ikke brukt hvitt fosfor granater i Troms siden 2003.

Alle rapportene er tilgjengelig på internett:  
www.forsvarsbygg.no – publikasjoner – miljø – grunn og vann:  
<http://www.forsvarsbygg.no/newsread/news.asp?docid=11315>

FFI har og en rekke publikasjoner om hvitt fosfor som finnes i rapportdatabasen på FFI sine nettsider  
<http://rapporter.ffi.no/search.asp?norsk>



## Sammen drag

Etter en forespørsel fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif – tidligere Statens forurensningstilsyn) i 2003 ga Forsvaret en oversikt over forbruket av hvitt fosforgranater de siste 10 årene. Det største forbruket var i Troms, og Fylkesmannens miljøvernavdeling, (som er forurensningsmyndighet for skyte- og øvingsfelt i Troms), ba om en undersøkelse over mulige uforbrente rester i målområdene.

Det er gjennomført begrenset med undersøkelser av hvitt fosfor i andre skyte- og øvingsfelt i verden. Undersøkelser som er mest kjent og publisert er undersøkelser gjennomført i skytefeltet Eagle Flat River i Alaska, der hvitt fosfor granater er blitt skutt i et våtmarksområde som er et populært beiteområde for fugl. Ved inntak er hvitt fosfor giftig både for mennesker og dyr, selv i mindre mengder. I Alaska har flere hundre fugl dødd som følge av at de har spist hvitt fosfor partikler som ligger i sedimentene. Hvitt fosfor omdannes til ufarlige forbindelser i reaksjon med luft. Dersom partikler havner i vann eller fuktige områder vil omdannelsesraten reduseres kraftig. I oksygenfattige vann eller myrer kan hvitt fosfor bli liggende uforbrent i flere tiår. Hvitt fosfor er lite løselig i vann. Da det er tyngre enn vann vil det raskt synke og bli liggende i sedimentene. Det presiseres at det ikke er rapportert om unormalt høye dødsfall av pattedyr eller fugl i skyte- og øvingsfeltene i Troms.

I 2004 og 2005 ble det gjennomført et prosjekt for å kartlegge forekomst av hvitt fosfor i målområder i Mauken, Blåtind og Setermoen (FB 2005, FFI 2005/2007, NIVA 2005/2007, FB 2006). Prosjektet ble ledet av Forsvarsbygg Utvikling Nord, på oppdrag av Hærens Styrker.

Forsvarsbygg Futura Miljø gjennomførte en historisk kartlegging i 2004, der områder med størst sannsynlighet for å finne rester av hvitt fosfor ble identifisert (FB, 2005). Det kom frem at det i Setermoen SØF (skytte- og øvingsfelt) sannsynligvis var skutt med hvitt fosfor granater fom. 2. verdenskrig, og det var benyttet ca 20 tonn hvitt fosfor i perioden 1992 – 2002. Det var sist brukt hvitt fosfor granater i 2001/2002. Det ble utpekt fire områder som burde kartlegges i Kobbryggdalen og fem områder i Liveltskardet. I Mauken er det sannsynligvis brukt hvitt fosfor granater siden tidlig 50-tallet. Det er sist brukt hvitt fosfor granater i 2003. Det er brukt ca 4,4 tonn hvitt fosfor i perioden 1992 – 2002. To områder ble plukket ut for videre kartlegging. Blåtind SØF er brukt siden 1950-tallet, og det er mulig hvitt fosfor granater har vært brukt siden da. Det er brukt nesten 3 tonn hvitt fosfor i perioden 1992 – 2002. Det er mest skutt på snø, og derfor er det få krater i Blåtind. Det er sist skutt med hvitt fosfor granater i 2003/2004. Tre områder ble valgt ut for videre kartlegging.

Med bakgrunn i gjennomgang av kart, fotografier og historisk kartlegging utarbeidet Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) i 2005 et forslag til prøvetakingsprogram. Målsetningen var å få en oversikt over hvilket forurensningsnivå av hvitt fosfor det er i de mest belastede nedslagsområdene for ammunisjon med hvitt fosfor i de tre skytefeltene. Derfor ble områder som var mest brukt, og inneholdt større fuktige områder, plukket ut. Prøvetakingen ble gjennomført av FFI, FB Futura og NIVA, og resultatene ble rapportert av FFI (FFI 2005/2007). I kartleggingen som ble gjennomført i 2005 ble det samlet inn 50 jord- og sedimentprøver fordelt på tre områder i Setermoen, to områder i Blåtind, og to områder i Mauken. Det ble totalt funnet to krater med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i Setermoen og ett i Mauken. Disse ble funnet i sediment på bunnen av vannfylte krater, i

nedslagsfelt i myr. Det ble også funnet rester i jord- og sedimenter fra andre krater, men i langt lavere konsentrasjon. I Blåtind ble det funnet minimalt med hvitt fosfor. Disse resultatene var som vi måtte kunne forvente. Mer overraskende var de rapporterte høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i elver og bekker i Mauken, Blåtind og Setermoen (FFI 2005/2007). FFI, som analyserte vannprøvene i 2005, fant i ettertid en intern forurensning i forbindelse med den kjemiske analysen. En mer grundig forklaring er gitt i forord. Det betyr at konsentrasjonene målt i vann var for høye. Resultatene fra jord og sediment var riktige. Rapportene fra FFI, NIVA og Forsvarsbygg (FFI 2005/2007, NIVA 2005/2007) som ble skrevet på grunnlag av feilaktige vannanalyser ble trukket tilbake og revidert. FB, 2006 ble også trukket tilbake, men det var uhensiktsmessig å revidere denne. Den er istedenfor brukt som et grunnlag i denne rapporten.

FFI analyserte 26 drikkevannsprøver samlet fra områdene rundt Mauken, Blåtind og Setermoen. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i disse (FFI 2006).

I 2006 gav Fylkesmannen i Troms Forsvarsbygg pålegg om å gjennomføre ytterligere undersøkelser. Selv om rapportene ennå ikke var revidert, brukte Fylkesmannen rapportene som grunnlag i sitt pålegg. Selv om Forsvarsbygg påklaget vedtaket, har pålegget dannet grunnlaget for de undersøkelsene som er gjennomført. Alle undersøkelsene er ledet av Forsvarsbygg Futura, Miljø, på oppdrag av Forsvarsbygg Utleie, Utleietjenester SØF. Alle analyser er gjennomført av AnalyCen.

FFI tok 26 nye vannprøver fra elver og bekker inne i feltene sommeren 2006 samme steder som under kartleggingen i 2005. Det ble ikke funnet spor av hvitt fosfor i elver eller bekker (FFI 2005/2007).

De områdene som ble utpekt gjennom historisk kartlegging i 2004 (FB 2005) og som ikke ble kartlagt i 2005 (FFI 2005/2007) ble kartlagt av Asplan Viak i 2006 (Asplan Viak/Forsvarsbygg 2007). Disse områdene var generelt noe tørrere enn områdene undersøkt i 2005. Asplan Viak samlet inn 31 jord- og sedimentprøver i åtte målområder i Blåtind, Mauken og Setermoen. Seks av prøvene var sediment fra bekker. Flere av prøvene tatt fra krater besto av blandprøver fra 2-4 krater. Det ble påvist hvitt fosfor i to av 31 jord/sedimentprøver fra nedslagskratere etter hvitt fosforgranater. Begge i Setermoen skytefelt (Asplan Viak/Forsvarsbygg 2007).

I undersøkelsene som Asplan Viak gjennomførte i 2006 ble det tatt 30 vannprøver fra elver og bekker, i en periode med regn, og delvis snøsmeltning (Asplan Viak/Forsvarsbygg 2007). I en av prøvene er det funnet hvitt fosfor, mens det i de 29 andre ikke er påvist hvitt fosfor. Bekken der hvitt fosfor ble påvist renner ut fra myr som har vært benyttet som nedslagsfelt for hvitt fosfor granater. Utgraving av drensveier med gravemaskin i et myrområde antas å være årsaken til utlekking av det hvite fosforet. Konsentrasjonen på 0,037 µg/l er under anbefalt grense for drikkevann til mennesker (0,1 µg/l) (Asplan Viak/Forsvarsbygg, 2007). Det er tatt prøve i den samme bekken i august 2007 og september 2009, med hhv 0,02 µg/l og 0,008 µg/l hvitt fosfor i prøvene, som viser at konsentrasjonen gradvis er redusert (vedlegg 8.1). Det ble i tillegg tatt 13 drikkevannsprøver i bebyggelse nær Blåtind. Det er ikke funnet hvitt fosfor i drikkevannsprøvene.

I 2007 hentet Forsvarsbygg, i samarbeid med Norsk institutt for naturforskning (NINA), 20 prøver av planter, sopp og bær fra nedslagskrater hvor det tidligere er påvist hvitt fosfor (NINA 2008). Det ble blant annet hentet prøver av beiteplanter som vokste i de tre kratrene der det tidligere var påvist høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene.

I 2007 gjennomført Asplan Viak prøvetaking av vann- og elvesedimenter, samt prøvetaking av fisk i samarbeid med Akvaplan-niva (Asplan Viak 2008 og Akvaplan-niva 2008). Sediment- og fiskeprøver er tatt fra ulike vann og elver som har avrenningen fra målområdene som er brukt til skyting av hvitt fosfor granater. Totalt er det analysert 33 sedimentprøver fra fiskevann og –elver, samt 27 fiskeprøver fra 148 fisk. Det er tatt både prøver fra fiskekjøtt og innvoller fra fisk. Det er ikke funnet spor av hvitt fosfor i noen av prøvene fra verken sediment eller fiskekjøtt. Det ble derimot påvist spor av hvitt fosfor i en prøve av innvoller fra fisk fra Liveltskardelva i Setermoen skytefelt og to prøver av innvoller fra fisk i Melkelvatnet i Mauken. Nivåene av hvitt fosfor i disse innvollsprøvene fra fisk var svært lave og langt under hva som er farlig inntak for mennesker. Basert på tilgjengelig litteratur om giftighet og omsetning av hvitt fosfor i levende organismer, utgjør en eventuell tilstedeværelse av hvitt fosfor ingen fare for mennesker som bruker de undersøkte vannene til rekreasjon, og som benytter fisk fra disse områdene i kostholdet.

I 2008 hentet Akvaplan-niva inn 20 røye fra Melkelvatnan i Mauken (Akvaplan-niva 2009). Mage/tarm og lever ble tatt ut fra hver fisk og analysert hver for seg (totalt 40 analyser). Mage/tarm og lever fra 11 ørret fra Bergvatn, Mauken, ble analysert hver for seg (Totalt 22 analyser). I tillegg ble det hentet 40 ørret fra Liveltskardelva i Setermoen. Det ble laget fire blandprøver av mage/tarm, og fire blandprøver av lever. Det ble ikke påvist hvitt fosfor over deteksjonsgrensen i prøvene.

I en undersøkelse over avrenningen fra alle aktive skyte- og øvingsfelt over hele landet, gjennomført av Sweco Norge og Forsvarsbygg (2006-2008), er det ikke funnet hvitt fosfor i de over 600 vannprøvene som er analysert med hensyn på hvitt fosfor. Sweco Norge har samlet inn vannprøver fra Mauken, Blåtind og Setermoen tre ganger i løpet av ett år (totalt ca 100 prøver), i tørr periode, nedbørsepisode og i slutten av snøsmelting (Sweco Grøner/Forsvarsbygg 2007). Miljøvernoffiserer har i tillegg samlet inn ekstra prøver i forbindelse med graving i Setermoen og Blåtind. Det er ikke funnet hvitt fosfor i disse (Sweco Norge/Forsvarsbygg 2009).

Det er gjennomført fire risikovurderinger som omhandler problemstillingen med hvitt fosfor. Det påpekes at kun NINA sin risikovurdering er gjennomført etter de fleste av resultatene forelå. De andre vurderingene ble gjennomført i 2006.

(1) Forsvarets forskningsinstitutt sin risikovurdering konkluderer med at det ikke er helseisiko knyttet til menneskelig eksponering i skytefeltene, verken ved opphold i skytefeltet eller ved å drikke vann som avvanner skytefeltene (FFI, 2005/2007). ”For de beitedyrene som ferdes hyppigst i området, er det en viss sannsynlighet for at de kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi en eller annen form for skade. Ettersom dyrene kan oppholde seg i områdene over lengre tid og at flere dyr kan beite over et større område, kan man ikke utelukke at forgiftninger kan

forekomme. Dette gjelder særlig målområdene i Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt. Setermoen skyte- og øvingsfelt benyttes imidlertid ikke til beite. Det er lite trolig at beitedyr vil akkumulere så store mengder med hvitt fosfor at det vil være knyttet noen helserisiko til det å benytte beitedyr som har oppholdt seg i skytefeltene til matproduksjon”. Beregningene er foretatt etter en ”Bayesiansk nettverks-modell” og er svært konservativ i tilnærming for å oppnå høyeste grad av sikkerhet.

(2) Risikovurderingen som NIVA har gjennomført er en vurdering over miljømessig risiko uten spesifikt å vurdere hvilke arter som faktisk befinner seg i de ulike målområdene (NIVA 2005/2007). NIVA oppsummerer at ”Det har ikke fremkommet opplysninger om at det er observert døde dyr, fugl eller fisk som følge av forgiftninger med hvitt fosfor i de aktuelle skytefeltene. Det betyr imidlertid ikke at en kan utelukke at forgiftninger av beitedyr eller lokal fauna har forekommet, men eventuelle skadeeffekter må ha vært for enkelte individer av bestanden som har søkt næring i nedslagsområdene for hvitt fosfor. NIVA vurderer risikoen for skader på faunaen i Blåtind som meget liten, og selv om risikoen sannsynligheten for skader er høyere i de to andre skytefeltene vurderes risikoen som liten også her.

(3) Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM, 2006) har på oppdrag fra Mattilsynet i Troms gitt en framstilling av problemstillingene rundt hvitt fosfor, vesentlig toksisitet og toksisk virkning. Hvitt fosfor kan inkorporeres i muskelvev, men halveringstiden er kort, for fisk er den oppgitt til å være 1-6 timer. Det er ingen indikasjoner på at hvitt fosfor vil akkumuleres i næringskjeden. VKM anser at det for menneskelig konsum av fisk og vilt fra skytefeltene er svært usannsynlig at inntatt dose overskrider sikkerhetsmarginen. Det er også ”svært usannsynlig” at hvitt fosfor finnes i spiselige deler av planter, bær og sopp. De kan derimot ikke se bort fra at fisk, fugl eller beitedyr som holder til på skytefeltet kan få skader fra restene fra hvitt fosfor. Forsvarsbygg påpeker at de feilaktige vannanalysene ble benyttet i risikovurderingen, med det resultat at VK konkluderer med at det kan være fare for fisk, og evt for mennesker dersom det er høyere utlekking av hvitt fosfor under snøsmeltning, flom mm. Resultatene som foreligger per i dag tyder på at dette ikke er tilfelle.

(4) Norsk institutt for naturforskning (NINA) har gjennomført en risikovurdering for å vurdere biotilgjengelighet av hvitt fosfor med hensyn til forekomster av beitetypers ettersom sannsynligheten for eksponering av hvitt fosfor er avhengig av mengde og kvalitet av beiter for de ulike arter beitedyr inne i målområdene (NINA 2008). Beitedyr er meget selektive i sitt utvalg og bruk av beiteområder. Derfor utgjør forekomst av hvitt fosfor i lite prefererte habitattypers en liten grad av trussel. Det er sannsynlig at elg kan få i seg hvitt fosfor ved at den beiter på bukkeblad (*Menyanthes trifoliata* L.) og andre vannplanter i små vannpytter og vannfylte granatkrater. Elg kan da få i seg partikler av hvitt fosfor i sedimentene som blir med når den røsker opp plantene. Men sannsynligheten for at den skal få i seg skadelige mengder av hvitt fosfor på denne måten vurderes som liten. På grunn av at det er gjort få funn av krater med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, og at selv de høyeste konsentrasjonene ikke utgjør en alvorlig trussel dersom eksponeringen er sporadisk, er det lav risiko for at elgen skal få i seg skadelige mengder av hvitt fosfor på denne måten. Også rein beiter på bukkeblad og andre myrplanter om sommeren og ville

kunne få i seg hvitt fosfor på samme måte som elgen, men områdene brukes ikke av rein sommerstid. Konklusjon fra den histologiske undersøkelsen av elgmaterialet fra skytefeltene Setermoen og Blåtind er at det ikke er mulig å utelukke forgiftning av hvitt fosfor i en av prøvene fra Blåtind. Leverforfetting er et vanlig bilde ved mange toksikasjoner, også ved hvitt fosfor-forgiftning. At det ikke samtidig ble påvist nyreforandringer kan tyde på at det kan være andre årsaker enn hvitt fosfor-forgiftning. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i prøvene. Dataene som foreligger gir grunn til å tro at den subletale belastningen av hvitt fosfor hos elg i skytefeltene er lav.

Når det gjelder fugl, vurderer NINA sannsynligheten for at fugler kan få i seg hvitt fosfor i nedslagsfeltene i alle tre skytefelte som små. De stedene med størst sannsynlighet for forekomst av hvitt fosfor er vannfylte granatkrater som sannsynligvis er lite attraktive for vannfugler. Melkelvatnan i Mauken skytefelt er registrert som hekke- og/eller næringslokalitet for den rødlistete storlommen. Det ble funnet små rester av hvitt fosfor i innvoller fra en røye fra Melkelvatnan. Selv om det er tenkelig at storlom kan spise fisk med innhold av hvitt fosfor i innvollene, er det meget liten sjanse for at den bli eksponert for skadelige mengder. NINA vurderer dette som en akseptabel risiko.

Forsvarsbygg anser problemet med hvitt fosfor som langt lavere enn først antatt. Ut fra den kunnskap vi har i dag vurderes ikke forekomstene av hvitt fosfor i skytefeltene i Troms å utgjøre noen helserisiko for mennesker (FFI 2005/2007). Risiko for beitedyr og fugl vurderes som lav (FFI 2005/2007, NINA 2008).

Vi ser ikke behov for å gjennomføre tiltak for å redusere konsentrasjonen av hvitt fosfor, da det kun er funnet tre krater med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. Vi ser heller ikke behov for å gjennomføre overvåking av hvitt fosfor i bekker og elver, da det kun er gjort funn av hvitt fosfor i én bekk.

Forsvarsbygg ser ikke behov for å merke forurensning med hvitt fosfor, spesielt. Hvitt fosfor granater er kun benyttet i blindgjenger områder. Blindgjengerområder er allerede merket og skiltet, og ved innkjøringen til skytefeltene står det at områdene er forbundet med fare. Innfartsårer til skytefeltene skal derimot skiltes med ”Innenfor skytefeltet kan forurenset grunn og vann påtreffes”.

Vi anbefaler at i forkant av gravearbeid og større terrenginngrep i hvitt fosfor forurensede områder gjennomføres en sikker jobb analyse, og en risikovurdering mhp miljø. Dette skal identifisere fare for eksponering av mennesker og dyr, samt fare for spredning til vann. Tiltak iverksettes for å forebygge skader og spredning. Vi anbefaler at det gjennomføres overvåking av bekker og elver i forbindelse med gravearbeid og større terrenginngrep nær vann, bekker og elver. I skytefeltinstruksen skal det informeres spesielt om hvitt fosfor, der dette er brukt eller skal brukes i fremtiden.

## 1 Bakgrunn om hvitt fosfor

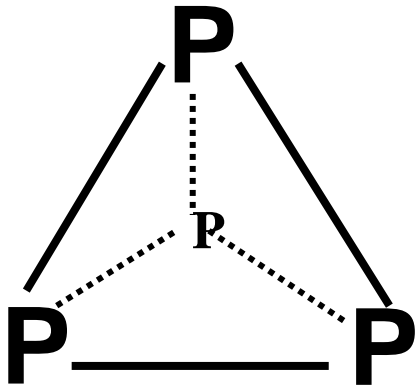
Forsvaret har brukt hvitt fosfor granater i over femti år. Hvitt fosfor granater brukes for å skjerme styrkene med den tykke, varme røyken som dannes når hvitt fosfor reagerer med luft (Figur 1). Tidligere var det vanlig at Forsvaret brukte myrer, eller snødekt mark, som nedslagsfelt for hvitt fosforgranater. Dette ble forbudt i 2003.



**Figur 1-1:** To detonerte hvitt fosfor granater (foto: Grete Rasmussen)

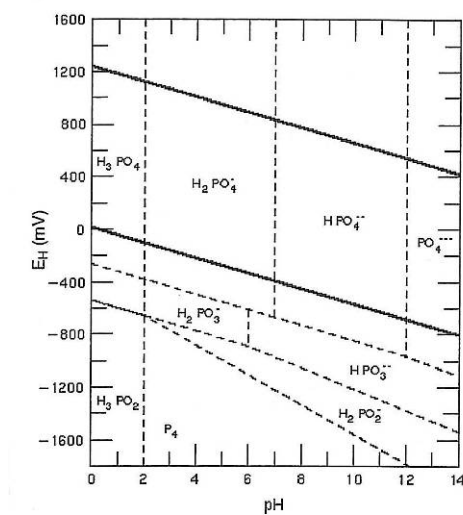
Hvitt fosfor er et uorganisk voksaktig stoff med høyere egenvekt enn vann ( $1,82 \text{ kg/dm}^3$ ). Fosfor forekommer ikke fritt i naturen, men er for det meste bundet som fosfatmineraler (apatitter). Det er imidlertid i naturen et lite organisk reservoar hvor fosfor er bundet på en organisk form (biologisk) med en relativ hurtig omsetningshastighet.

Fosfor er et stoff som kan forekomme i svært mange forbindelser og tilstander. Fosfor sine oksidasjonstrinn varierer fra -5, -4, -3 til +3, +4 og + 5 noe som forteller om en kompleks kjemi. På ren form foreligger hvitt fosfor (P4) i en tetraedrisk struktur / krystallgitter som vist på figur 2.



**Figur 1-2:** Strukturdiagram av hvitt fosfor.

Hvitt fosfor er termodynamisk ustabil stoff (oksidasjonstrinn: -5) som reagerer spontant med fritt oksygen. Dette er en eksoterm prosess hvor det altså frigjøres varme. Selv i vann er hvitt fosfor ikke stabilt, noe som vises av Pourbaix tilstandsdiagram, vist i figur 3 (Pourbaix 1966).



**Figur 1-3:** Pourbaix' likevektsdiagram som viser hvilke pH-nivå og redokspotensiale som gir en termodynamisk likevekt for fosforforbindelser i vann. Likevekt oppnås bare mellom de heltrukne linjene.

Diagrammet viser hvilke fosforforbindelser som er termodynamisk stabile i et vandig miljø av skiftende oksygentilgang (redokspotensialet = EH) og pH. For normal pH (5 - 8) vil P<sub>4</sub> være stabilt bare under sterkt anaerobe forhold (EH < -1000mV). Verken i stillestående eller rennende vann (med løst oksygen) vil hvitt fosfor være stabilt over tid.



Hvitt fosfor kan reagere med vann og danne hydrider (fosfin ( $\text{PH}_3$ ) og difosfin ( $\text{P}_2\text{H}_4$ )). Disse er som det hvite fosforet ustabile (gasser) og antennes spontant i luft.

Når fosfor reagerer med oksygen i luft dannes først fosfortrioksid ( $\text{P}_4\text{O}_6$ ) som igjen raskt omdannes videre til pentoksid ( $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ). Videre ender fosforet opp som fosforsyring og til sist som fosforsyre. Her er fosforet på den formen hvor det er biologisk tilgjengelig som næringsstoff for planter (fosfat,  $\text{PO}_4^{3-}$ ; eks. som et salt  $\text{Ca}_3\text{PO}_4$ ). For øvrig vises det til rapporten "Helse- og miljømessige konsekvenser ved forsvarets bruk av røykkommunisjon med hvitt fosfor" utarbeidet ved Forsvarets forskningsinstitutt (Johnsen et al. 2002).

Hvitt fosfor er så ustabil (reaktivt) at det spontant reagerer med oksygen ved temperaturer over 20 - 30 °C. Selv ved temperaturer under dette vil hvitt fosfor kunne brenne opp siden reaksjonen med oksygen utvikler varme og således genererer temperaturer som øker den videre oksideringen. Bare i oksygenfritt miljø vil det hvite fosforet kunne forbli hvitt fosfor over tid. Oksidasjonsprosessen er som nevnt temperaturavhengig og reaksjonen går derfor langsomt ved lave temperaturer.

Mye av det vi vet om hvordan hvitt fosfor oppfører seg i naturen, og de biologiske virkningene av dette, har sitt utspring i undersøkelser fra et militært skytefelt i Alaska, Eagle River Flats (ERF). En omfattende oversikt over artikler vedrørende undersøkelsene herfra ligger på nettstedet: <http://www.crrel.usace.army.mil/erf/bibliography/>. Landskapet og naturforholdene i skytefeltene i Norge har bidratt til at vi ikke har opplevd tilsvarende problemer som i Alaska hvor tusenvis av vade-/andefugl har omkommet etter å ha fått i seg klumper med uforbrent hvitt fosfor ved matsøk i sedimentene.



**Figur 1-4:** Oversikt-bilde fra skytefeltet Eagle River Flats i Alaska (bildet til venstre er hentet fra [www.crrel.usace.army.mil](http://www.crrel.usace.army.mil)) og fra Setermoen skyte- og øvingsfelt i Troms.

Hvitt fosfor er giftig i lave konsentrasjoner. For pattedyr og fugl anses en giftighet på 1 -10 mg hvitt fosfor / kg kroppsvekt å kunne medføre alvorlig skade eller å være dødelig (ATSDR 1997). Eksposering overfor levende organismer vil kunne finne sted gjennom fødesøk i sedimentsoner eller i vannfylte granatgroper.

Av undersøkelser foretatt i Alaska vet en at hvitt fosfor som er spist /inntatt ved fødesøk, vil bli absorbert av mage/ tarmsystem i organismene (Sparling et al. 1997; Sparling, web ref nr 2). Hvitt fosfor er lite vannløselig, men løses i fett/fettvev (ATSDR 1997). Etter eksponering vil det hvite fosforet gjenfinnes i blod og en rekke vev og organ (ATSDR 1997), blant annet underhuds fett, sentralnervesystemet (som er rikt på fett) og organer som normalt har høy blodgjennomstrømning som lever og nyrer. Forutsatt at inntaket ikke har oversteget dødelig dose, forsvinner det hvite fosforet raskt fra organismene med en oppholdstid på timer for fisk, og få dager for fugl og pattedyr (ATSDR 1997, VKM 2006). Det vises til at en i litteraturen ikke har forsøk som viser om omdanningen eller utskillelsen skjer enzymatisk eller på annen måte (ATSDR 1997). Det er liten grunn til å anta at denne omdanningen skal være en enzymatisk/biologisk nedbrytning. Hvitt fosfor er så reaktivt at det vil reagere med en rekke komponenter i mylderet av kjemiske substanser i en organisme og omdannes til andre fosforforbindelser. Hos fugl og pattedyr er jo kroppstemperaturen på 37 (pattedyr) – 40 (fugl) grader, noe som øker det hvite fosforets reaktive karakter.

Det er kjent fra litteraturen at hvitt fosfor blant annet reagerer med komponenter i celler som fører til ødeleggelse av proteinsyntese (VLDL) og evnen til å produsere energi (ATP) (ATSDR 1997). Dette er en årsak til at hvitt fosfor er så giftig, men en må anta at det også er andre virkningsmekanismene som ikke er beskrevet fra litteraturen.

Selv om det hvite fosforets reaktive karakter er slik at det i hovedsak oksideres og dermed forsvinner som hvitt fosfor ved bruk, kan noe uforbrent fosfor gjenfinnes i anaerobe ”lommer” i terrenget. Anaerobe forhold finnes i hovedsak i myr eller i innsjøsedimenter. Innsjøsedimenter er viktige levesteder for insekter/insektlarver (sedimentoverflaten), noe som også er viktig i fiskenes føde. I myrpytter vil det også kunne være vanninsekter. En må vel anta at insektlivet i en vannansamling i en granatgrop er begrenset etter at granaten har eksplodert og forårsaket denne vannansamlingen. Imidlertid vil de kunne kolonisere/rekolonisere lokaliteten og på sikt etablere en populasjon her. I hvor stor grad rester av hvitt fosfor påvirker lokale insektpopulasjoner er ikke mulig å vurdere i dag.

## 2 Bakgrunn om gjennomføringen av undersøkelsene

Oppmerksomheten omkring mulig miljøkonsekvens ved Forsvarets bruk av hvitt fosfor ammunisjon i Forsvarets skyte- og øvingsfelt har vært økende i de senere år og i forbindelse med behandlingen av utslippstillatelse til Regionfelt Østlandet ble det også satt lys på denne problemstillingen. På denne bakgrunn ga Klif i 2003 Forsvarsstaben (FST) pålegg om å rapportere hvor hen og hvor mye hvitt fosfor som var benyttet i Forsvarets skytefelt. I september 2003 rapporterte Forsvarsstaben om bruken av hvitt fosfor for perioden 1992-2002 (vedlegg 8.2).

I følge rapporten fra FST knytter den historiske bruken i Troms fylke seg til skytefeltene Mauken, Blåtind og Setermoen. I Sørlimarka skyte- og øvingsfelt tillater ikke instruksen for feltet at det benyttes artillerigranater og bombekastere. Instruksen har vært gjeldende siden tidlig 1970-tallet og de må derfor antas at det ikke er benyttet hvitt fosfor ammunisjon i dette skytefeltet (pers.med Mats Bråttkorb).

Forsvarsbygg, etter dialog med Fylkesmannen i Troms, tok på grunnlag av FST-rapporten våren 2004 initiativ til å etablere et prosjekt med sikte på å undersøke eventuelle miljøeffekter knyttet til bruken av hvitt fosfor i skytefeltene Mauken, Blåtind og Setermoen. Forsvarsbygg Utvikling Nord ledet prosjektet på oppdrag fra Hærens styrker (HSTY). NIVA og FFI har vært underleverandører samt at Forsvarsbygg Futura Miljø har deltatt gjennom hele prosjektet.

**På grunnlag av resultatene fra undersøkelsene ble det rapportert om overraskende høye funn av hvitt fosfor i vann. I januar 2006 oppdaget FFI at dette var feil. Tre rapporter ble skrevet på feil grunnlag. Fylkesmannen i Troms valgte å bruke disse rapportene som grunnlag for et omfattende pålegg om undersøkelser 27.05.2006.**

Videre medførte de feilaktige funnene til at:

- Sjef HSTY innførte 12. november, 2005 midlertidig bruksforbud på hvitt fosfor, Dette gjelder i felt uten konsesjon.
- Det ble utarbeidet et varsel til innbyggerne i kommunen og brukerne av feltene om at det ikke anbefales å drikke vannet inne i skytefeltene på grunn av fare for forurensning. Forsvarsbygg skulle så snart som mulig sette i gang prøvetaking av vannet til husstander som henter drikkevannet sitt fra bekker som kommer fra nedslagsområdene i skytefeltene.
- Forsvarsbygg skulle legge frem forslag til hvordan skytefeltene skulle merkes og et forslag til vannprøveprogram for husstandene i kommunene.
- Varsel ble hengt opp ved alle naturlige innfartsårer til skytefeltene.

I 2006 overtok Forsvarsbygg forvaltning av blant annet miljø i skyte- og øvingsfeltene. Det ble i avtalen med FLO avtalt at Forsvarsbygg skulle håndtere pålegget gitt av Fylkesmannen i Troms. Forsvarsbygg påklaget vedtaket fra Fylkesmannen 18.09.06, og Fylkesmannen sendte klagen til Klif for behandling 23.03.07. Et av kravene fra Fylkesmannen i Troms var at FB og FFI ikke skulle brukes i prosjektet og heller ikke gjennomføre analysene. Derfor er alle analysene gjennomført av AnalyCen, og undersøkelsene er gjennomført av diverse konsulentfirmaer. Forsvarsbygg søkte om oppsettende virkning 03.07.07. Først 25.09.08 fikk

Forsvarsbygg medhold i søknad om oppsettende virkning, men da var de fleste undersøkelser gjennomført. Den 23.11.08 fikk Forsvarsbygg svar på klagen fra Klif. Klif har i sitt vedtak på klagen fra november 2008 godkjent bruken av FFI.

### **3 Krav til undersøkelser gitt i vedtak fra fylkesmannens miljøvernavdeling i Troms.**

Pålegget fra Fylkesmannens miljøvernavdeling i Troms, mai 2006, var basert på anbefalinger gitt i rapporten Forsvarsbygg utgav i slutten av 2005. **Forsvarsbyggs rapport var basert på FFI og NIVA sine rapporter fra 2005, der det feilaktig ble rapportert om funn av hvitt fosfor i vann. Alle disse tre rapportene ble i ettertid trukket tilbake. Fylkesmannens miljøvernavdeling valgte allikevel å følge de anbefalingene som ble gitt i rapportene, før de ble revidert.**

Fylkesmannen gav Forsvarsbygg pålegg om å gjennomføre følgende undersøkelser:

1. Krater dannet av ammunisjon/granater med hvitt fosfor skal identifiseres i utvidete risikoområder sammenlignet med undersøkelsene foretatt i 2005. Prøver av sediment/vann i krater skal analyseres for innhold av hvitt fosfor.
2. Et representativt utvalg av planter rundt forurensede krater skal undersøkes. Det skal være et særskilt fokus på sopp, bær og beiteplanter.
3. Forekomst av hvitt fosfor skal undersøkes i vassdrag og vannveier inne i skytefeltene, samt i vassdragenes forlengelse utenfor skytefeltene. Vann som kan tenkes å bli brukt som drikkevann skal inkluderes. Det skal ta hensyn til sesongvariasjoner. Referanse-målinger oppstrøms fra skytefeltene skal inkluderes.
4. a. Det skal tas prøver av fisk i vassdrag/vatn i eller nær områder i skytefelt der hvitt fosfor kan ha blitt frigjort. b. Det samme gjelder slakt av husdyr/rein og vilt.
5. Forslag til program for overvåking skal foreslås i undersøkelsesrapporten.
6. Forslag til tiltak mot hvitt fosfor skal foreslås og de farene utslippene kan ha forårsaket eller vil kunne forårsake skal drøftes og begrunnes i egen rapport.
7. Forsvarsbygg skal og gi forslag til hvordan skytefeltene kan merkes for å opplyse om hvitt fosfor.

I tillegg mente Fylkesmannen at følgende undersøkelser kunne være aktuelle, men at hensiktsmessighet, nytte/kost-verdi og måloppnåelse skal vurderes av uavhengig kvalifisert fagkonsulent.

8. Beregning av selvrensingsevne
9. Prøver fra levende beitedyr
10. Artsspesifikk eksponering overfor hvitt fosfor
11. Registrering av døde dyr ink. analyser av disse
12. Prioritert kartlegging av tjern og bekker der fugl søker etter føde.

Forsvarsbygg har og mulighet til å drøfte med Fylkesmannen hvorvidt noen undersøkelser bør ekskluderes eller vesentlig omarbeides.

Før selve undersøkelsene startet ble det avholdt et oppstartsmøte hvor de berørte kommunene, Fylkesmannen i Troms og reindriftsforvaltningen var tilstede.

Kapittel 4 gir en oversikt over de undersøkelsene som er gjennomført i Troms vedr. hvitt fosfor i perioden 2004 – 2008. I kapittel 5 beskriver vi hva som er gjennomført i forhold til kravene fra Fylkesmannen.

## 4 Undersøkelser etter hvitt fosfor gjennomført i perioden 2004 - 2008

### 4.1 Kartlegging av historisk bruk av hvitt fosfor ammunisjon i skytefeltene i Troms (2004) (før vedtak fra Fylkesmannen).

Før selve undersøkelsene startet ble det avholdt et oppstartsmøte hvor de berørte kommunene, Fylkesmannen i Troms og reindriftsforvaltningen var tilstede.

#### 4.1.1 Rapportering

Kartleggingen ble utført av Rune Søyland og Grete Rasmussen i Forsvarsbygg Futura Miljø høsten 2004, med bistand fra skytefeltadministrasjonen i Mauken, Blåtind og Setermoen.

Resultatene er presentert i

- Forsvarsbygg, 2005. Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i skytefelt, Troms fylke, 21. – 23. september 2004.

#### 4.1.2 Gjennomføring av historisk kartlegging

Forsvarsbygg arrangerte et arbeidsmøte med skytefeltadministrasjonen i de respektive skyte- og øvingsfelt og miljøvernoffiserene. På arbeidsmøtet med skytefeltadministrasjonen og miljøvernoffiserene ble Forsvarsstaben sin rapport til Klif, datert september 2003, presentert. Skytefeltadministrasjonen orienterte om hvilke områder i nedslagsfeltene som de mener har vært mest benyttet til bruk av denne type ammunisjon. Områdene er markert med grønn linje i vedlegg kapittel 8.3. Disse områdene ble befart av Futura Miljø sammen med skytefeltadministrasjon og miljøvernoffiser.

Gjennom befaringen ble det vektlagt å få et inntrykk av naturtyper med vekt på fuktighetsforhold (våtmark, myr, tørre områder), mulige avrenningsveier og synlige krater. Områdenes egnethet og eventuelle spor etter hvitt fosfor forurensning ble registrert. Ut fra bruk og naturtyper ble det valgt ut områder der det ble vurdert som høyest sannsynlighet at det ligger igjen hvitt fosfor i grunnen. På grunnlag av befaringen og informasjon ble følgende områder utpekt som mest sannsynlige å inneholde rester av hvitt fosfor:

#### Setermoen

Sannsynligvis skutt med hvitt fosfor granater fom. 2. verdenskrig. Benyttet ca 20 tonn hvitt fosfor ila perioden 1992 – 2002. Sist brukt hvitt fosfor granater i 2001/2002.

#### *Kobbryggdalen*

Fire områder ble utpekt i Kobbryggdalen (vist i kart i vedlegg 8.3):

- Område 7/8 – brukt mye hvitt fosfor bombekaster granater de siste årene. Flere vannfylte krater i myr. Avrenning til bekk og Kobbryggelva. Ble vurdert som meget sannsynlig å finne rester av hvitt fosfor.
- Område 16 – skutt mye med artilleri og bombekastere (BK). Relativt tørt område, men og noe myr med synlige krater. Avrenning til bekker som leder til Kobbryggelva. Også avrenning til Bjørnfjellvatn.
- Område 21/22 – skutt mye med BK og artilleri, men noe mindre mengder enn områdene 7/8 og 16, og mindre fuktig pga hellende terreng. Avrenning til Kobbryggelva.

- Område 23 – skutt mye med BK og artilleri, men mindre enn de andre tre utpekte områdene. Veldig bratt terreng i øvre del, og nedre del er myrlendt med mange krater. Avrenning til Kobbryggelva.



**Figur 4-1:** Fra venstre: innhenting av bær i område 7/8; krater område 7/8; krater i nedre del av område 23. Foto Grete Rasmussen.

#### *Liveltskardet*

Fem områder ble utpekt i Liveltskardet (vist i kart i vedlegg 8.3):

- Område 4a - Målområde for BK og artilleri. Relativt tørt område, men veldig nær Liveltskardelva. En del synlige tørre krater.
- Område 4b – En god del bekker i området, og flere myrer med synlige krater. Bekkene renner til Liveltskardelva.
- Område 3 – ligger i høyden i meget bratt terreng med mye stein. Tørt område, men en del myrer og bekker lenger nede. Ikke så mye brukt til hvitt fosfor.
- Område 5 – Myrlendt område som er mye brukt til hvitt fosfor granater. Ligger på flaten ved siden av Liveltskardelva. Selv om selve målområdet er en tørr høyde i myra, var det flere synlige vannfylte krater i området.
- Område 6 – både tørre og fuktige områder i hellende terreng. Deler av avrenning skjer til Isvatn. Deler av avrenning skjer til mindre bekker som ender ut i Liveltskardelva



**Figur 4-2:** Setermoen. Fra venstre; område 5; område 6; område 4b. Foto Grete Rasmussen.

#### **Mauken**

Hvitt fosfor granater har sannsynligvis vært brukt så lenge feltet har vært i bruk, siden tidlig 50-tallet. Det er sist brukt hvitt fosfor granater i 2003. Det er brukt ca 4,4 tonn hvitt fosfor i perioden 1992 – 2002.



Det er skutt i to områder i Mauken (vist i kart i vedlegg 8.3):

- Område BK - Selv om de største områdene er tørre, i hellende terreng, finnes det fuktige myrområder. Avrenning til Melkelva.
- Område Artilleri - Relativt tørt område. Ikke brukt til hvitt fosfor granater siden 2001. Avrenning kan skje til Reinvatnet og til bekk som renner til Bergvatnet.



**Figur 4-3:** Mauken. Område BK. Innhenting av vegetasjon rundt krater. Foto Grete Rasmussen.

### Blåtind

Blåtind er brukt siden 1950-tallet, og det er mulig hvitt fosfor granater har vært brukt siden da. Det er brukt nesten 3 tonn hvitt fosfor i perioden 1992 – 2002. Det er mest skutt på snø, og derfor er det få krater i Blåtind. Det er sist skutt med hvitt fosfor granater i 2003/2004.

Tre områder ble valgt ut i Blåtind (vist i kart i vedlegg 8.3):

- Område 1 (Pri 1) – har vært brukt en del til hvitt fosfor granater. I høyden består grunnen av tynt jordsmonn med mye morene. Her er det bratte partier, med enkelte flate partier, og det ligger et vann i høyden. Det renner flere mindre bekker i området som leder til Skardelva. I de nedre delene av Pri 1 er det mye myr i flatt terreng.
- Område 2 (Pri 2) – dette området er mest brukt de senere år. Stort sett tørrere enn Pri 1. Sør i området er det et fuktig område, men dette er ikke så mye brukt. Det er en del bekker i området som havner i Mårelva. Rundhaugvatnet ligger i nærheten av målområdet.
- Område 3 (Pri 3) – Det er hovedsakelig skutt i høyden, der det sannsynligvis er relativt tørt. Det er en del bekker i området. Det er skutt mest med artilleri.



**Figur 4-4:** Blåtind. Fra venstre: Øvre del av Pri 1; myrlendt område i nedre del av Pri 1; område Pri 2. Foto: Grete Rasmussen.

Kartleggingen har omfattet bruk av hvitt fosfor ammunisjon før nye retningslinjer for bruk av hvitt fosfor ble implementert.

## 4.2 Undersøkelser av jord/sediment i krater i de mest brukte målområdene (2005 og 2006)

Her beskrives både undersøkelsene fra 2005 (før vedtak fra Fylkesmannen) og de supplerende undersøkelsene gjennomført etter vedtaket fra Fylkesmannen. Alle prøvepunkt og funn av hvitt fosfor er synliggjort i kartene i vedlegg 8.3.

### 4.2.1 Rapportering

Feltarbeid i 2005 er gjennomført av FFI v Arnljot Strømseng og Kjetil Longva, NIVA v Jarl Eivind Løvik og FB Futura Miljø v Grete Rasmussen, med bistand fra skytefeltadministrasjonen. FFI analyserte alle prøvene.

Feltarbeid i 2006 er gjennomført av Asplan Viak v Ola Nordal og Per Kraft, med bistand fra skytefeltadministrasjonen. Ved prøvetaking av jord og vannprøver sør for Slettfjell i Blåtind skytefelt bidro ”kjentmann” Torleif Andreassen. AnalyCen analyserte alle prøvene.

Resultatene er presentert i:

- FFI, 2007. Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms.
- Asplan Viak/Forsvarsbygg, 2007. Kartlegging av hvitt fosfor i jord og vann i Forsvarets skytefelt, Troms.

### 4.2.2 Prøvetakingsprogram 2005

Med bakgrunn i gjennomgang av kart, fotografier og øvrige opplysninger fra Forsvarsbygg Futura Miljø sin historiske kartlegging fra 2004, utarbeidet FFI forslag til et prøvetakingsprogram. Dette ble drøftet og justert i samråd med NIVA og Fylkesmannen i Troms før endelig utgave forelå i april 2005.

Målsetningen med prøvetakingsprogrammet var å få en oversikt over hvilket forurensningsnivå av hvitt fosfor det er i de mest belastede nedslagsområdene for ammunisjon med hvitt fosfor i de tre skytefeltene. På grunn av svært liten kunnskap om hvorvidt det lå hvitt fosfor rester igjen i de aktuelle skytefeltene, valgte man en ”hot spots” tilnærming. Områdene som ut i fra den historiske kartleggingen utpekte seg til å være mest benyttet og samtidig dårligst egnet mht omdanning av hvitt fosfor (våte myrområder) ble valgt ut. I forbindelse med utarbeidelsen av prøvetakingsprogrammet ble fokus i spesiell grad rettet mot metoder for å avdekke biotilgjengelighet og dermed risiko for områdenes fauna.

I Blåtind ble det valgt ut to områder (Område 1 og 3), i Mauken to områder (område BK og artilleri) og i Setermoen tre områder (Område 7/8, 23 og 5) for prøvetaking. Områdene vises i kartene i vedlegg 8.3. Prøvetakingen omfattet jord-, sediment- og vannprøver, og i hvert området ble det planlagt å ta åtte jord/sedimentprøver og 4-5 vannprøver. Resultatene fra vannprøvene er beskrevet under kapittel 4.4.

#### **4.2.3 Prøvetakingsprogram 2006**

De områdene som var utpekt gjennom historisk kartlegging, men ikke prøvetatt i 2005, ble undersøkt i 2006. Disse områdene var generelt noe tørrere enn de undersøkt i 2005. I prinsippet ble undersøkelsene gjennomført på samme måte som i 2005, men nå var det Asplan Viak som gjennomførte feltarbeidet. Det ble besluttet å ikke prøveta område 3 i Liveltskardelva da det er vanskelig å gå i det bratte, steinete terrenget. Det ble derimot besluttet å prøveta et ekstra område i Blåtind, nedenfor Slettfjellet, der lokalbefolkningen mente det var skutt med hvitt fosfor granater av utlendinger. Her ble det også tatt noen prøver av sediment i bekker i eller nær antatte målområder. I tillegg ble området i Mauken utvidet (Asplan Viak/Forsvarsbygg, 2007). Forslag til prøvetakingsprogram ble sendt Fylkesmannen i forkant av feltarbeidet.

#### **4.2.4 Feltarbeid**

Feltarbeidet gjennomført av FFI/Forsvarsbygg/NIVA ble gjennomført i juni i 2005 og feltarbeidet gjennomført av Asplan Viak ble gjennomført i september i 2006. I 2006 ble feltarbeidet gjennomført i en periode med betydelig avrenning som følge av nedbør som regn og smelting av nysnø.

Tre personer (inkl Explosive Ordnance Disposal (EOD) -personell) gikk systematisk gjennom hele de uvalgte områdene på leting etter hvitt fosfor-krater. Krater som så ut som hvitt fosfor krater ble kontrollert med et feltinstrument som er sensitivt for hvitt fosfor. Apparatet fungerte dessverre ikke i 2006. Jord- og sedimentprøvene ble i så stor grad som mulig tatt fra krater fra hvitt fosfor granater. Der det ikke var mulig å identifisere hvitt fosfor krater, ble prøvene tatt fra andre krater, forsenkninger, og fra sediment fra stillestående vanddammer/gamle krater. Partikler med hvitt fosfor kan ha blitt ført hit ifm snøsmelting eller regn. Jord- og sedimentprøvene ble tatt av overflatelaget for å relatere forurensningsnivået til biotilgjengelighet for dyr og mennesker. Dybden var typisk rundt 2-3 cm for jordprøver og noe dypere for sedimenter. Overflatelaget som ble prøvetatt i tørrere krater var maksimalt 200 cm<sup>2</sup>. Det ble hentet inn hhv 50 og 31 prøver av jord/sediment i 2005 og 2006.



**Figur 4-5:** Innhenting av sediment fra krater i område 23 i Kobbryggdalen, Setermoen. Foto Kjetil Longva, FFI.

#### **4.2.5 Prøveoppbevaring og analyse av jord, sediment og vann**

Vannprøver ble samlet inn i 1 L glassflasker med teflonkork. Pga problemer med knusing ble det senere brukt teflonflasker. Jord- og sediment prøver ble samlet i glassflasker med teflonkork. Flaskene ble fylt opp med vann for å unngå tilførsel av oksygen. Alle prøver ble holdt kjølig frem til analyse.

Prøvene fra undersøkelsene gjennomført i 2005 ble analysert ved FFI sitt laboratorium. Analysemetoder for hvitt fosfor i jord- og sedimentprøver er basert på en metode som ble utviklet av FFI i forbindelse med undersøkelser av hvitt fosfor i Hjerkinns skytefelt i 1988 (Tørnes 1988). En noe tilsvarende metode er senere blitt utviklet i USA, der det er utgitt en EPA metode 7580 for bestemmelse av hvitt fosfor i prøver ved bruk av løsemiddelestraksjon og gasskromatografi (USEPA 1996). I hovedsak er de metoder som ble benyttet av FFI for analyse av hvitt fosfor i jord, sediment og vannprøver tilsvarende med det som er beskrevet i EPA metode 7580, men FFI benytter løsemidlet karbondisulfid og noe større prøvemengde ved ekstraksjon, noe som gir en forbedret deteksjonsgrense for hvitt fosfor. De analysemetodene som FFI benytter for bestemmelse av hvitt fosfor i prøver er nærmere beskrevet i Søbye et al 2003 og 2004. For jord- og sedimentprøver ble de tre delprøvene samlet til en prøve og hele denne prøven ble ekstrahert og analysert. I etterkant ble hele jord- og sedimentprøven tørket, slik at det kan beregnes en konsentrasjon av hvitt fosfor pr kg tørr jord/sediment. Med de analysemetodene som benyttes vil deteksjonsgrensen for hvitt fosfor være omkring 0,005 mg/kg for jord- og sedimentprøver og for vannprøver omkring 0,01 µg/l. I 2009 var deteksjonsgrensen for vann 0,001 µg/l.

De fleste prøvene fra undersøkelsene etter 2005 ble gjennomført av AnalyCen, med unntak av vannprøvene som FFI hentet fra skytefeltene i 2006, samt drikkevannsprøvene som er rapportert i FFI 2006. AnalyCen fikk opplæring av FFI, og mottok også hvitt fosfor standarder fra FFI. AnalyCen har analysert prøvene basert på EPA metode 7580. 40 g jord ble brukt i analyse av jord og sediment. Deteksjonsgrensen for vann er 0,01 µg/l, og for jord 0,001 mg/kg TS.

#### **4.2.6 Resultater fra undersøkelser av krater**

Resultatene er oppsummert i tabell 4-1 for 2005 og for 2006 i tabell 4-2. Kartene i vedlegg 8.3 viser hvor det er påvist hvitt fosfor.

**Tabell 4-1:** Resultater fra kartlegging i 2005. Hvitt fosfor i jord og sediment hentet fra ulike områder i Setermoen (Kobbryggdalen og Liveltskardet), Mauken og Blåtind SØF. Konsentrasjon er gitt i mg/kg tørrvekt.

Område	Kobbryggdalen		Livelt	Mauken	Blåtind		Alle
	7/8	23	5		1	3	
<b>Jord</b>							
Antall prøver	4	3	4	3	2	5	21
Høyeste kons.	0,11	0,008	0,08	0,08	<0,005	0,017	0,11
Ant. over det. gr.	3	1	2	1	0	2	9
Ant. over 100 <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sediment</b>							
Antall prøver	5	5	4	8	6	1	29
Maks kons.	2,4	2000	2300	5700	0,11	0,083	5700
Nest høyeste kons.	1,8	3,0	1,7	26	0,091	0,017	26
Ant. over det. gr.	3	3	3	3	6	1	19
Ant. over 0,026 <sup>2</sup>	2	2	3	3	4	1	15
Ant. over 0,1 <sup>3</sup>	2	0	1	1	1	0	5
Ant. over 100 <sup>1</sup>	0	1	1	1	0	0	3

<sup>1</sup>100 mg/kg er definert som høy konsentrasjon i sediment (jf. Walsh mfl. 1999). Antall gjelder alle lokaliteter.

<sup>2</sup>No effect concentration (NOEC) for fjærmygglarve – mest følsom organisme (U.S. Army Environmental Hygiene Agency, 1995).

<sup>3</sup>Antatt nedre grense for partikulær forurensning (jf. Walsh mfl. 2000). Antall gjelder større vannansamlinger (pytter og store vannfylte krater) samt tjern. Små krater ikke medreknet.

**Tabell 4-2:** Resultater fra kartlegging i 2006. Hvitt fosfor i jord, sediment og vannprøver hentet fra ulike områder i Setermoen (Kobbryggdalen og Liveltskardet), Mauken og Blåtind SØF. Konsentrasjon i jord og sediment er oppgitt som mg/kg tørrvekt, og i vann som µg/l.

Område	Kobbryggdalen			Liveltskardet			Mauken	Blåtind			Alle		
	16	21/22	Elva	4a	4b	6	Elva	Område BK	2	Stormyra 1		Stormyra 2	Bekker/elver
<b>Jord/sediment fra krater*</b>													
Antall prøver	2	5		2	2	2		5	7				25
Maks kons	<0,001	11		0,098	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001				11
Ant over det. gr.	0	1		1	0	0		0	0				2
<b>Vann fra krater</b>													
Antall prøver		1						2	3				6
Maks kons		<0,01						<0,01	<0,01				<0,01
Ant over det. gr.		0						0	0				0
<b>Sediment fra bekker</b>													
Antall prøver									1	3	2		6
Maks kons									<0,001	<0,001	<0,001		<0,001

\* de fleste prøvene er blandprøver fra flere krater

Funn i jord- og sedimentprøver fra krater fra 2005 og 2006:

Setermoen: Av totalt 38 prøver viste en prøve fra Kobbryggdalen og en prøve i Liveltskardet høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, henholdsvis 2000 og 2300 mg/kg tørr prøve. Med høy konsentrasjon menes høyere enn 100 mg/kg tørr jord. Begge prøvene er fra sediment i bunn av vannfylte krater. I tørrere krater var konsentrasjonene stort sett under eller like over deteksjonsgrensen. Et unntak var et relativt tørt krater med siltjord, der det ble funnet 11 mg/kg hvitt fosfor. Resultatet i 21 prøver var under deteksjonsgrensen (0,005 mg/kg i 2005 og 0,001 mg/kg i 2006). Kratrene med høyest konsentrasjoner av hvitt fosfor er vist i figur 10 og 11.





**Figur 4-6:** Kobbryggdalen, Setermoen. Krater til venstre inneholder 2000 mg/kg hvitt fosfor og ligger i område 23 som vises på bildet i midten. Krater til høyre inneholder 11 mg/kg hvitt fosfor og ligger i område 21/22. Foto Grete Rasmussen.



**Figur 4-7:** Liveltskardet. Til venstre: Krater med 2300 mg/kg hvitt fosfor i område 5. Til høyre: prøvetaking av tørt krater – i bakgrunnen er målområde 5. Pil viser hvor krateret med høy konsentrasjon ligger på myra i bakkant. Foto Grete Rasmussen.

Mauken: Av totalt 16 prøver var det kun fire prøver med konsentrasjoner over deteksjonsgrensen. En sedimentprøver fra et vannfylt krater innholdt høy konsentrasjon av hvitt fosfor, 5700 mg/kg tørr jord. Krateret vises i figur 12 og 7.



**Figur 4-8:** Mauken. Krater med 5700 mg/kg hvitt fosfor. Foto Grete Rasmussen.

Blåtind: Av totalt 21 prøver var det ingen av prøvene som viste høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. Den høyeste verdien ble målt til 0,11 mg/kg tørr prøve, og denne ble funnet i sediment i en større pytt. Resultatet i 12 prøver var under deteksjonsgrensen.

Resultater fra analyser av vann i krater:

Setermoen: Det ble tatt en vann prøve fra krater i område 21/22 i Kobbryggdalen der det var observert begroing av alger. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i denne.

Mauken: Det ble tatt to vannprøver fra krater i Mauken i området som Asplan Viak undersøkte i 2007. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i prøvene.

Blåtind: Det ble tatt vannprøver fra tre krater i område 2 fra Blåtind. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i prøvene.

## **4.3 Undersøkelser av vegetasjon**

### **4.3.1 Rapportering**

Prøvene ble hentet inn av Freddy Engelstad og Grete Rasmussen fra Forsvarsbygg Futura, sammen med Graciela Rusch og Jan Ove Gjershaug fra NINA. Materialet ble analysert av AnalyCen.

Resultatene er dokumentert i:

- NINA, 2008. Biotilgjengelighet av hvitt fosfor i skytefeltene i Midt-Troms. NINA rapport 381.

### **4.3.2 Prøvetakingsprogram**

Det ble planlagt å ta prøver i og rundt de kratrene hvor det var påvist høyest konsentrasjoner av hvitt fosfor. Kartene i vedlegg 8.3 viser hvor prøvene er tatt. Det var tidligere funnet høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i sediment i ett av kratrene i Mauken, ett i Liveltskaret og ett i Kobbryggdalen, og vegetasjonsprøver ble tatt i og nær alle disse. I og med at det ikke var påvist høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i Blåtind ble det ikke tatt prøver her.

Prøvetakingsprogrammet ble sendt til Fylkesmannen i forkant av feltarbeidet.

### **4.3.3 Feltarbeid**

Det ble 15.-17. august 2007 samlet inn vegetasjonsprøver fra nedslagsområdet i skytefeltene Mauken, Kobbryggdalen og Liveltskaret i Indre Troms. Prøvetakingen ble utført ved at det ble plukket vannplanter (hovedsakelig bukkeblad og starr) i krater hvor det var tidligere var påvist de høyeste hvitt fosfor konsentrasjonene i sediment/jord. Det ble også plukket plantematerial fra ulike arter gress og starr, samt blad av lyng, multer og vier, i kanten av kratrene. Valg av vegetasjonsprøver skulle gjenspeile prefererte beiteplanter for beitedyr i området. Det ble tatt 3 slike prøver fra Mauken, 6 fra Kobbryggdalen og 2 fra Liveltskaret. I tillegg ble det samlet inn prøver på 1/2-3/4 liter av bær (blåbær, blokkebær, molter og krekling), samt sopp (kremler, risker, skrubbsopp og ubestemte sopper) fra området omkring kratrene. For å finne tilstrekkelig med bær og sopp, ble materialet samlet inn i et område med opptil ca 25 meter i diameter omkring krateret. Det ble tatt 2 prøver av bær og 1 av sopp i Mauken, 2 med bær og 2 med sopp fra Kobbryggdalen og 1 med bær og 1 med sopp fra Liveltskaret.





**Figur 4-9:** Venstre: Innhenting av bær fra område rundt krater i område BK i Mauken. Høyre: krater med molter i område 7/8 i Kobbryggdalen.

#### 4.3.4 Prøveoppbevaring og analyser av planter, sopp og bær

Prøvene ble samlet i 1L teflonflasker og oppbevart kaldt i felt. Prøvene ble frosset samme dag. Da prøvene ankom AnalyCen ble de flushet med nitrogen, og holdt i fryser frem til analyse. Analysen ble gjort på en GC-TSD, Thermionic Specific Detector. Analysemetoden er beskrevet i Sparling et. al. (1997).

#### 4.3.5 Resultater

Analyseresultatene fra sopp, bær og beiteplanter viser at det ikke ble funnet verdier av hvitt fosfor over deteksjonsverdien i noen av prøvene (0,001 mg/kg våtvekt).



**Figur 4-10:** Mauken. Innhenting av vegetasjon i krater med høyest målte hvitt fosfor konsentrasjon.

## 4.4 Prøver av bekker, elver og drikkevann

### 4.4.1 Rapportering

FFI hentet inn vannprøver i større bekker og elver sommeren 2006. FFI analyserte selv disse prøvene. Vannprøver i mindre bekker i og nær målområder ble samlet inn av Asplan Viak v Per Kraft i 2007. Disse prøvene ble analysert av AnalyCen.

Sweco Norge ved Roger Pedersen hentet vannprøver i juni, august/september og oktober/november 2006, og i mai 2007. I 2008 hentet miljøvernoffiserene Ove Andreassen

og Anders Hamnes inn totalt ti vannprøver fra Setermoen og Blåtind i juli og november, da hovedsakelig knyttet til drikkevann og ifm gravearbeid i feltene. Det bemerkes at det ble ikke gravd i selve nedslagsfeltene for hvitt fosfor granater. Ove Andreassen tok i tillegg prøver i bekken der det er påvist hvitt fosfor i august 2007 og september 2009. Alle prøver er analysert av AnalyCen.

Forsvarsbygg Utvikling Nord v Åshild Sletta foretok kartlegging av hvilke husstander som har drikkevannskilder i tilknytning til bekker og elver som renner ut fra skytefeltene, i starten av 2006. Miljøvernoffiserer i de ulike garnisonene hentet inn vannprøvene i 2005, og FFI analyserte prøvene.

Etter forespørsel fra Takelvdalen grunneierlag ble det sommeren 2006 tatt ut ekstra drikkevannsprøver. Torleif Andreassen bisto Asplan Viak v Per Kraft ved uttak av prøver. Prøvene ble analysert av AnalyCen.

Resultatene er dokumentert i:

- FFI, 2006. "Analyse av hvitt fosfor i drikkevann i Troms", FFI notat 2006/00412.
- Asplan Viak/Forsvarsbygg, 2007. "Kartlegging av hvitt fosfor i jord og vann i Forsvarets skytefelt, Troms 2006".
- Sweco Norge/Forsvarsbygg 2006, 2006-2007, 2007, 2008 og 2009. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Overvåking av vannforurensning. Program Grunnforurensning.
- FFI, 2005/2007. "Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms".

#### 4.4.2 Prøvetakingsprogram og feltarbeid

##### 4.4.2.1 Elver og bekker

Kartene i vedlegg 8.3 viser hvor det er tatt vannprøver. Prøvene FFI hentet inn sommeren 2006, var fra samme steder som det ble hentet prøver i 2005, men hvor det senere ble påvist feil i analyseresultatene. Prøvene ble tatt fra enkelte bekker som mottok avrenning fra større målområder, samt fra elvene i skytefeltene.



**Figur 4-11:** Innhenting av vannprøve i Blåtind. Foto: Arnljot Strømseng, FFI.

Som følge av folk var engstelige for forekomst av hvitt fosfor i vannveier som forlater skytefeltene, besluttet Forsvarsbygg å ta vannprøver fra alle skyte- og øvingsfelt. Alle

andre tenkelige forurensninger som kan skyldes Forsvarets aktivitet ble inkludert i analysene. Prøvene ble tatt av Sweco Norge, Forsvaret og Forsvarsbygg i perioden 2006-2008. I prinsippet ble alle elver og bekker som forlater skytefeltene prøvetatt på skytefeltgrensen. Det ble i tillegg tatt enkelte prøver nær nedslagsfeltene. AnalyCen har analysert prøvene. Sweco Norge har samlet inn vannprøver fra Mauken, Blåtind og Setermoen tre ganger i løpet av ett år, i tørr periode, nedbørsepisode og i slutten av snøsmeltning. I enkelte prøvepunkt ble det tatt fire prøverunder. I Setermoen ble det hentet inn 31 prøver fordelt på 10 prøvepunkt i 2006 og 2007. I Mauken ble det hentet inn 24 prøver fordelt på ni prøvepunkt i 2006 og 2007. I tillegg ble det tatt to ekstra prøver i to prøvepunkt i 2007 etter ønske fra grunneier, og to ekstra prøverunder i bekk i Setermoen der det ble påvist hvitt fosfor (Asplan Viak/Forsvarsbygg 2007). I Blåtind ble det hentet inn 41 prøver fordelt på 14 prøvepunkt i 2006 og 2007.

#### **4.4.2.2 Drikkevannsprøver**

I starten av 2006 ble det hentet inn vannprøver fra 8 husstander utenfor Setermoen SØF, 9 husstander utenfor Blåtind SØF og fem husstander utenfor Mauken SØF. I tillegg ble det hentet inn fire prøver i områder fra husstander som ikke var berørt av vann fra skytefeltene. Sommeren 2006 ble det tatt ut 13 vannprøver ved Blåtind (Takelvdalen). Sweco Norge/miljøvernoffiserer har tatt ut fire prøver i bekk i Mauken som er kilde til drikkevann (utløpet av Bergvatn), og fire prøver i bekk som brukes som drikkevann ved Øverli i Blåtind. Prøvene er tatt i tørr periode, nedbørrik periode og periode med snøsmeltning.

#### **4.4.3 Prøveoppbevaring og analyser**

Vannprøvene ble håndtert på samme måte som beskrevet i kap 5.2.5.

#### **4.4.4 Resultater**

Vannprøver i elver og bekker:

Setermoen: Ingen funn av hvitt fosfor i 54 av vannprøvene som ble samlet i 2006 og 2007. Det ble funnet spor av hvitt fosfor (0,037 µg/l) i en utløpsbekk fra målområde 16 i Kobbryggdalen i 2006 (se kart vedlegg 8.3 og figur 16). Konsentrasjonen lå godt under den amerikanske drikkevannsnormen på 0,1 µg/l, som også er foreslått som drikkevannsnorm av VKM 2006 (Asplan Viak, 2007). Bekken der hvitt fosfor ble påvist renner ut fra myr som har vært benyttet som nedslagsfelt for hvitt fosfor granater. Området oppstrøms prøvepunktet er en relativt stor, flat og dyp torvmyr, der det ble utført gravearbeid i forbindelse med forbedring av kjøretrase for beltevoan, både like før og under prøvetaking. Det hvite fosforet kan ha blitt frigjort ifm gravearbeidet. Det er tatt prøve i den samme bekken i august 2007 og september 2009, med hhv 0,02 µg/l og 0,008 µg/l hvitt fosfor i prøvene, som viser at konsentrasjonen gradvis er redusert (vedlegg 8.1).



**Figur 4-12:** Kobbryggdalen, Setermoen. Bekk hvor det er påvist hvitt fosfor, nedenfor myrlendt målområde for hvitt fosfor granater (markert med sirkel). Bilen står ved beltevogntraseen som ble utbedret under den første prøvetakingen (foto Grete Rasmussen). Bildet til høyre er tatt fra beltevogntraseen nedover dalen (foto Ola Nordal, Asplan Viak).

Mauken: Ingen funn av hvitt fosfor i de 37 vannprøvene som ble samlet i 2006 og 2007.

Blåtind: Ingen funn av hvitt fosfor i de 61 vannprøvene som ble samlet i 2006 og 2007.

Drikkevann

Setermoen: Det er ikke påvist hvitt fosfor i de åtte drikkevannprøvene fra Setermoen.

Mauken: Det er ikke påvist hvitt fosfor i de ni drikkevannprøvene fra Mauken.

Blåtind: Det er ikke påvist hvitt fosfor i de 30 drikkevannprøvene fra Blåtind.

## 4.5 Prøvetaking av fisk og sediment i elver, bekker og fiskevann

### 4.5.1 Rapportering

Asplan Viak ved Ola Nordal samlet inn sedimentprøver fra elver og fiskevann i august 2007. Han fikk bistand av Miljøvernseksjonen ved FLO Base Troms og Finnmark RSF v/kaptein Anders Hamnes. Fiskeinnsamlingene ble gjennomført i august og oktober 2007, og i juni og august 2008, av Akvaplan-niva v/Geir A. Dahl-Hansen, med bistand fra Anders Hamnes. Resultatene finnes i:

- Akvaplan-niva, 2008. Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2007.
- Akvaplan-niva, 2009. Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2008.
- Asplan Viak, 2008. Kartlegging av hvitt fosfor i sediment i Forsvarets skytefelt, Troms.



#### 4.5.2 Prøvetakingsprogram

Kartene i vedlegg 8.3 viser hvor prøvene er tatt. Valg av lokaliteter for innsamling av fisk er basert på avrenningskart og kunnskap om hvilke arealer som er benyttet til detonasjonsområder for granater inneholdende hvitt fosfor. Vannene som ble valgt ut skulle i tillegg være aktuelle for sportsfiske, og være relativt lett tilgjengelige for allmennheten.

Fiskeinnsamlingene ble gjennomført i Liveltskardelva, Kobbryggelva og Bjørnfjellvatnet i Setermoen skyte- og øvingfelt, i Sollitindvatn og Ole-Jonsavatn i Blåtind skyte- og øvingfelt og i Melkelvatn og Skardvatn i Mauken øvings- og skytefelt i 2007. Det ble tatt sediment prøver i Mårelva (Blåtind), Melkelva (Mauken) og bekken som renner inn i Bergvatnet (Mauken), i tillegg til de elver og vann det ble hentet fisk fra. I 2008 ble det hentet inn fisk fra Melkelvatn og Bergvatnet i Mauken og fra Liveltskardelva i Setermoen.

Prøvetakingsprogrammet ble sendt til Fylkesmannen i forkant av feltarbeidet.

#### 4.5.3 Feltarbeid

Til innsamlingen av fisk i innsjøene ble det benyttet bunngarn med maskevidde 26-29 mm. I elvene ble fisket gjennomført ved hjelp av elektrisk fiskeapparat. Elvestasjonene ble valgt ut med tanke på størst sannsynlighet for å fange fisk. Primært ble elvestasjonene lagt til områder i skytefeltene der sannsynligheten for tilstedeværelse av hvitt fosfor var størst, dvs. i nærområdet til nedslagsområdene for granater. Fisket ble gjort i hele elvenes bredde der dette var mulig.



**Figur 4-13:** Mauken. Skilting av Melkelvatn ifm garnfiske. Foto Grete Rasmussen. Fisk til hvitt fosfor analyse. Foto Geir Dahl-Hansen, Akvaplan-niva.



**Figur 4-14:** Sedimentprøve fra Liveltskardelva til venstre, og Vestre Skardvatn i Mauken til høyre. Foto Ola Nordal, Asplan Viak.

Antall fisk samlet inn:

**Setermoen:** 100 fisk – 10 røye, resten ørret (2x10 blandprøver og 2x2 enkeltprøver av kjøtt og innvoller, 2x4 blandprøver av mage/tarm og lever).

**Blåtind:** 35 fisk – ørret (2x4 blandprøver av kjøtt og innvoller)

**Mauken:** 84 fisk – røye (2x6 blandprøver og 2x5 enkeltprøver av kjøtt og innvoller, og 2x31 enkeltprøver av mage/tarm og lever).

For prøvetaking av sediment i elver er alle sedimentprøvene tatt i innersving av elv, der det var synlig at det var sedimentasjonsbunn. For prøvetaking i bekker er sedimentprøvene tatt i områder uten fall, der vannhastigheten er relativt sakte, og der det var synlig sedimentasjonsbunn. For prøvetaking i tjern er det tilstrebet å ta en blandprøve fra de dypeste partiene midt ute i vannet, der det var antatt at det har foregått sedimentasjon over lang tid. Disse prøvene ble tatt med bunngrabb fra båt. I tillegg ble det tatt en prøve nær elveos i de samme tjerna. Prøvene ble i de fleste tilfelle tatt der bekker fra områder der hvitt fosfor har vært brukt munner ut i tjern. Prøvene ble tatt i synlig sedimentasjonsbunn.

Prøver midt ute i tjern er tatt fra båt med en Ekman-grabb (sedimentgrabb for prøvetaking av bløtbunn). Grabben tar prøve fra et areal på ca 15 x 15 cm. Prøvetakingsdybde avhenger av sedimentet, på gytjebunn ca 0-3 cm dypt. Prøver fra bekkeos, bekk og elv er tatt med vassing med tørredrakt og bruk av jordbor. Jordboret har diameter 6 cm, og tar altså prøve fra et areal på ca 0,3 dm<sup>2</sup>. Prøvene ble tatt fra ca 0-4 cm dypt. Ved prøvetaking ble det tatt 5-10 enkeltprøver (5 med Ekman-grabb og 10 med jordbor) som ble samlet i en bøtte og blandet. Prøvene var så våte at sedimentet var fullstendig vannmettet i bøtta og under blandingen. Fra blandingen ble det fylt et 3 dl prøveglass (klart glass) som ble fylt helt, toppet opp med vann fra bøtta, og tettet med skrulokk. Fra hvert prøveområde ble det tatt minst to slike blandprøver. I bekk og elv ble prøvene tatt som like parallelle prøver. I tjerna ble det tatt en grabb-prøve fra midt i tjernet og en jordborprøve fra sediment ved bekkeos/strand. Denne formen for prøvetaking ved at flere prøver kombineres til en prøve ved analyse blir også anbefalt av miljøet i USA som har arbeidet med forurensning av hvitt fosfor i Alaska (Walsh et al. 1997). Ved prøvetaking av overflatelaget i sedimentene, kan forurensningsnivået av hvitt fosfor relateres til biotilgjengelighet for dyr og mennesker.

#### 4.5.4 Prøveoppbevaring og analyser

Fisken ble umiddelbart etter fangst pakket inn i aluminiumsfolie og fryst ned for senere analyser av hvitt fosfor. Fisken ble sendt i frossen tilstand til laboratoriet ”overnatt”, i kjølebag fylt med kjølelementer.

Fra innsamlingen i august 2007 ble fiskematerialet fra hver lokalitet delt i to, dvs. at det fra hver lokalitet ble tatt 2 blandprøver av innvoller og 2 blandprøver av muskel som alle ble analysert. Fra Liveltskardelva var det kun nok materiale til 1 prøve. Det ble fra august totalt analysert 13 kjøttprøver og 13 innvollsprøver fra de tre øvings- og skytefeltene.

Fra innsamlingen i oktober 2007 ble fiskematerialet fra Liveltskardelva fordelt på 3, dvs. at det ble tatt 3 blandprøver av muskel og 3 blandprøver av innvoller fra hver lokalitet som alle ble analysert. Totalt ble det analysert 9 muskelprøver og 9 innvollsprøver. Fisken fra Melkevatn (5 stk) ble analysert enkeltvis, dvs. 5 muskel- og 5 innvollsprøver.

Fiskematerialet ble halvtint før lever og mage/tarm ble dissekert ut. Deretter ble materialet innfryst på nytt hver for seg. Fisk med mest innhold i magen ble valgt ut til analyse.

Fra Østre Melkelvatn og Bergvatnet ble det analysert på henholdsvis 20 og 11 enkeltfisk. Ørreten fra Liveltskardelva var så liten at det var nødvendig å lage samleprøver bestående av flere fisk for å få nok materiale til analysene. Totalt ble det analysert 4 samleprøver Liveltskardelva. Prøvematerialet som inngikk i hver enkelt samleprøve, ble blandet så godt som mulig, dvs. litt av hver lever og innvoller ble brukt i blandingen. Materialet ble så homogenisert. Deretter ble 5 gram av henholdsvis lever og mage/tarm veid opp, og hvitt fosfor ble så ekstrahert med 10 ml isooktan under omrøring i 3 timer. Analysen ble gjort på en GC-TSD, *Thermionic Specific Detector*. Metoden som er brukt er beskrevet i Sparling m. fl. 1997.

Sedimentprøvene ble satt direkte i kjølebag med fryseelement etter prøveuttak, og sendt med over-natten pakke til AnalyCen i Kambo samme dag. Prøvene var dermed framme på laboratoriet dagen etter prøveuttak. Analysemetode er beskrevet i kap 4.2.5.

#### 4.5.5 Resultater

Tabell 4-3 og 4-4 gir en oversikt over prøver av fisk og sediment som er samlet inn i prosjektet, samt analyseresultater. Det er ikke funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt.

**Tabell 4-3:** Oversikt over prøver av fisk og sediment i elver og vann i Setermoen skyte- og øvingsfelt. Funn av hvitt fosfor er markert med oransje farge.

Lokalitet	Dato	Ant. fisk eller ant. sedimentprøver	Prøvetype og antall bland- eller enkeltprøver	Resultat (mg/kg)*
<b>Liveltskardelva i nedslagsfeltet</b>				
Fisk L1	okt.07	8 røye	Blandprøve muskel, 3 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 3 stk	<0,001
Fisk L4	aug.07	Ingen fisk		
Sediment LS1 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Liveltskardelva ved Fosseng</b>				
Fisk L2	aug.07	15 ørret	Blandprøve muskel, 1 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 1 stk	0,0055
Fisk L2	okt.07	20 ørret	Blandprøve muskel, 3 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 3 stk	<0,001
Fisk L2	jul.08	40 ørret	4 blandprøver mage/tarm	<0,0015
			4 blandprøver lever	<0,005
Sediment LS2a og b		20 sediment	Blandprøve sediment 2 stk	<0,001
<b>Liveltskardelva like før utløp i Salangselva</b>				
Fisk L3	okt.07	15 ørret	Blandprøve muskel, 3 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 3 stk	<0,001
<b>Bjørnfjellvatn i Kobbrygdalen</b>				
Fisk	aug.07	2 røye	Enkeltprøve muskel, 2 stk	<0,001
			Enkeltprøve innvoller, 2 stk	<0,001
Sediment KS1 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Kobbryggelva inni feltet</b>				
Fisk K1	aug.07	Ingen fisk		
<b>Kobbryggelva ut fra øvingsfeltet</b>				
Fisk K2	okt.07	Ingen fisk		
Sediment KS2a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Kobbryggelva ved E6</b>				
Fisk K3	aug og okt 07	Ingen fisk		
Sediment KS3 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Kobbryggelva ved Sætervannet</b>				
Sediment KS4a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001

\*mg/kg tørrstoff for sediment, og mg/kg våtvekt for fisk



**Tabell 4-4:** Oversikt over prøver av fisk og sediment i elver og vann i Blåtind skyte- og øvingsfelt. Funn av hvitt fosfor er markert med oransje farge.

Lokalitet	Dato	Ant. fisk eller ant. sedimentprøver	Prøvetype og antall bland- eller enkeltprøver	Resultat (mg/kg)*
<b>Sollitindvatn</b>				
Fisk	aug.07	17 ørret	Blandprøve muskel, 2 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 2 stk	<0,001
Sediment BS1 a og b		15	2 blandprøver	<0,001
<b>Ole Jonsavatn</b>				
Fisk	aug.07	18 ørret	Blandprøve muskel, 2 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 2 stk	<0,001
Sediment BS2 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Mårelva ut fra øvingsfeltet</b>				
Sediment BS3 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Mårelva nedstrøms hele Blåtind</b>				
Sediment BS4 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001

\*mg/kg tørrstoff for sediment, og mg/kg våtvekt for fisk

**Tabell 4-5:** Oversikt over prøver av fisk og sediment i elver og vann i Mauken skyte- og øvingsfelt. Funn av hvitt fosfor er markert med oransje farge.

Lokalitet	Dato	Ant. fisk eller ant. sedimentprøver	Prøvetype og antall bland- eller enkeltprøver	Resultat (mg/kg)*
<b>Østre Melkelvatn</b>				
Fisk	aug.07	16 røye	Blandprøve muskel, 2 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, prøve 1	0,0043
			Blandprøve innvoller, prøve 2	<0,001
Fisk	okt.07	5 røye	5 enkeltprøver	0,0017
Fisk	jun.08	20 røye	20 enkeltprøver mage/tarm	<0,001
			20 enkeltprøver lever	<0,001
Sediment MS3 b og c		15	2 blandprøver	<0,001
<b>Vestre Melelvvatn</b>				
Sediment MS3a	aug.07	5	1 blandprøve	<0,001
<b>Melkelva</b>				
Sediment MS5 a og b	aug.07	23	2 blandprøver	<0,001
<b>Østre Skardvatn</b>				
Fisk	aug.07	16 røye	Blandprøve muskel, 2 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 2 stk	<0,001
Sediment MS2 a og b	aug.07	15	2 blandprøver	<0,001
<b>Vestre Skardvatn</b>				
Fisk	aug.07	16 røye	Blandprøve muskel, 2 stk	<0,001
			Blandprøve innvoller, 2 stk	<0,001
Sediment MS1 a og b	aug.07	15	2 blandprøver	<0,001
<b>Bekk oppstrøms Bergvatn</b>				
Sediment MS4 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001
<b>Bergvatn</b>				
Fisk	jun.08	13 ørret	11 enkeltprøver mage/tarm	<0,002
			11 enkeltprøver lever	<0,001
Sediment MS5 a og b	aug.07	20	2 blandprøver	<0,001

\*mg/kg tørrstoff for sediment, og mg/kg våtvekt for fisk

**Setermoen:** Ingen funn av hvitt fosfor i prøvene av fiskekjøtt (60 fisk). Ingen funn av hvitt fosfor i innvoller fra 100 analyserte fisk. Analysene fra august 2007 påviste hvitt fosfor i en samleprøve av innvoller fra ørret i Liveltskardelva (bestående av 15 fisk), med en konsentrasjon på 5,5 µg/kg våtvekt (0,0055 mg/kg). Det er i ettertid samlet inn fisk fra elva i oktober 2007 (8 røye og 20 ørret) og i juli 2008 (40 ørret). Det er ingen funn av hvitt fosfor over deteksjonsgrensen i disse prøvene. Det er ikke funnet hvitt fosfor i fisk i Bjørnfjellvatn i Kobbryggdalen. Det ble ikke funnet fisk i Kobbryggelva.

Det er ikke funnet hvitt fosfor i de 120 sedimentprøvene (fordelt på 12 blandprøver) som ble samlet inn i Setermoen SØF.

**Mauken:** Det ble ikke funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt (53 fisk). Det er ikke funnet hvitt fosfor i innvoller fra 84 analyserte fisk. Det er ikke funnet hvitt fosfor i fisk fra Skardvatn eller Bergvatn. I august 2007 i Melkelvatn ble det påvist hvitt fosfor i innvollene fra den ene av de to samleprøvene (bestående av åtte fisk), med en konsentrasjon på 4,31 µg/kg våtvekt (0,0043 mg/kg). Røyematerialet (5 fisk) samlet inn i oktober 2007 ble analysert enkeltvis. Analysene av innvoller påviste hvitt fosfor i en fisk, med konsentrasjon 1,73 µg/kg våtvekt (0,0017 mg/kg). Det ble ikke funnet hvitt fosfor i innvoller fra de 20 røyene som ble samlet inn fra Melkevatn i juni 2008.

Det er ikke funnet hvitt fosfor i noen av de 113 sedimentprøvene fra bekker, elver og fiskevann i Mauken (13 blandprøver).

Undersøkelser av fiskebestandene i Melkevatnan og Skardvatnan gjennomført av Akvaplan-niva i 2004, ga ingen indikasjon på at forsvarets øvelsesaktivitet i nedslagsfeltet til disse vannene har påvirket fiskebestandene negativt med tanke på økt dødelighet og redusert rekruttering og tetthet (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Et mulig unntak kan være avrenning av myr- og jordmasser fra terrengskader i nærområdet til østre Skardvatn, noe som kan ha økt humusinnholdet og redusert siktedypet i vannet og videre fiskeproduksjonen i vannet. Mulige effekter av hvitt fosfor ble ikke vurdert i undersøkelsen fra 2004. Med basis i diskusjonen ovenfor kan det i midletid ikke helt utelukkes at fisk i de innsjøene der muligheten for at det kan finnes rester av hvitt fosfor er størst (som Melkevatnan i Mauken), kan ha fått (og får) hvitt fosfor i seg, og at inntak av partikler av hvitt fosfor kan ha medført forgiftninger for enkeltindivider av fisk.

**Blåtind:** Det ble ikke funnet hvitt fosfor verken i muskel og innvollprøvene fra de 35 ørretene som ble samlet inn fra **Ole-Jonsavatn** og **Sollitindvatn**.

Det ble ikke funnet hvitt fosfor i de 75 sedimentprøvene som ble samlet inn fra elver og fiskevann i Blåtind (8 blandprøver).

Undersøkelser av fiskebestandene i Sollitindvatn og Ola-Jonsavatn i 2004 ga ingen indikasjon på at forsvarets øvelsesaktivitet i nedslagsfeltet til disse vannene har påvirket fiskebestandene negativt med tanke på økt dødelighet og redusert rekruttering og tetthet (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Sannsynligheten for at det finnes hvitt fosfor i sediment i Blåtind er vurdert som liten på grunn av at detonasjon av granater i all hovedsak er gjort på tørre områder i skytefeltet (Løvik og Rognerud 2007). Sannsynligheten for at hvitt fosfor finnes i sedimentene i Sollitindvatn og Ola-Jonsavatn vurderes derfor som liten, og som mindre enn i Melkevatnan i Mauken. Med tanke på en eventuell tilstedeværelse av hvitt fosfor er det ikke forbundet med noen fare å bruke vannene til rekreasjon og å benytte fisk fra disse områdene til mat.

Verdiene som er målt i innvollsprøvene er langt under det som er satt som faregrense ved konsum dersom tilsvarende verdier hadde blitt målt i fiskekjøttet (Akvaplan-niva 2008). Hvitt fosfor brytes raskt ned i organismen hos dyr, fugl og fisk. I fisk er denne tiden beregnet til 1-6 timer (sitert i VKM 2006). På grunn av dette vurderes sannsynligheten for å kunne påvise hvitt fosfor i fisk som generelt liten, dersom ikke hvitt fosfor finnes i store mengder i leveområdet. Selv om fisk i Melkevatnan og de andre vannene i denne undersøkelsen allikevel skulle ha fått i seg hvitt fosfor, er det minimal risiko for at menneske skal få i seg helsefarlige mengder av stoffet gjennom konsum av fisk (Akvaplan-niva 2008). Basert på tilgjengelig litteratur om giftighet og omsetning av hvitt fosfor i levende organismer, utgjør en eventuell tilstedeværelse av hvitt fosfor ingen fare for mennesker som

bruker de undersøkte vannene til rekreasjon, og som benytter fisk fra disse områdene i kostholdet. Det påpekes at det ikke er funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt (muskel) i noen av prøvene som er analysert i foreliggende undersøkelse.

I **Kobbryggelva** ble det ikke fanget fisk, og det mangler derfor analyser fra dette vassdraget. Hvitt fosfor er ikke funnet i sediment og i vann fra elva (Asplan Viak 2008).

Elektrofisket i Liveltskardelva og Kobbryggelva i de delene som ligger inne i skytefeltene, viste et nesten totalt fravær av fisk på de undersøkte strekningene. Kun øverst i Liveltskaret ble det registrert og fanget noen få kjønnsmodne individer av røye i oktober, og dette er trolig fisk som i løpet av sommeren/høsten har sluppet seg ned fra Isvatnet. Selv om elvestrekningene vurderes som lite produktive med hensyn på ørret og røye, er det ikke noe som tilsier at strekningene i Liveltskaret og Kobbryggdalen skulle være naturlig fisketomme. Strekningene har egnede oppvekst- og standplasser for fisk, og det finnes gytemuligheter i områdene. Det fortelles fra lokalt hold at det tidligere har vært fisk i dette området, og at har vært et begrenset sportsfiske her.

De lave tetthetene som ble registrert kan ha flere årsaker, og dette er diskutert i Akvaplan-niva 2008.

## **4.6 Prøver av elg**

### **4.6.1 Prøvetakingsprogram**

Forsvarsbygg valgte å få gjennomført en risikovurdering for dyr, med fokus på beitedyr og fugl, for å få anbefalinger på hvilke dyr som evt burde prøvetas. Risikovurderingene er beskrevet i kapittel 4.7.5. NINA, som gjennomførte risikovurderingene anbefalte at det ble tatt prøver av elg, og dersom det ikke fantes hvitt fosfor i elg var det lite sannsynlig å finne det i andre dyr. Forsvarsbygg anså sannsynligheten for å finne hvitt fosfor i dyr som liten, da omsetningshastigheten på hvitt fosfor er høy. Forsvarsbygg valgte derfor å gjennomføre en histologisk undersøkelse på dyrene, og en kjemisk analyse på prøver med mistanke om eksponering ovenfor hvitt fosfor.

Prøvetakingsprogrammet ble sendt Fylkesmannen i forkant av feltarbeidet.

### **4.6.2 Rapportering**

Veterinær Lauritz Døsen organiserte innhenting av lever og nyre fra elg, fra ulike jaktlag. Bjørnar Ytrehus ved Veterinærinstituttet i Oslo foretok den histologiske vurderingen av materialet. Prøver av lever og nyre fra en elg ble analysert for hvitt fosfor hos AnalyCen.

Resultatene er dokumentert i:

- NINA, 2008. ”Biotilgjengelighet av hvitt fosfor i skytefeltene i Midt Troms”. NINA rapport 381.

### **4.6.3 Feltarbeid**

Det ble samlet inn 29 prøvesett fra nyrer og lever hos elg for histologisk undersøkelse. Disse prøvene fordelte seg på 11 fra Setermoen skytefelt, 8 fra Blåtind skytefelt og 10 fra et referanseområdet ved Narvik.

Målet var å ta prøver av eldre dyr der dette var mulig, da disse vil ha vært eksponert for hvitt fosfor over et lengre tidsrom. Det vil kunne gi utslag i økt forekomst av nyre- og leverdegenerasjon. Metoden som ble valgt er en korrelasjonsstudie mellom histologiske vurderinger og kjemisk analyse av hvitt fosfor i vevsprøver.

### **4.6.4 Prøveoppbevaring og analyse av elg**

Histologiske prøver ble fiksert umiddelbart på 10 % formalin og vevsprøver for kjemisk analyse ble frosset inn av de respektive jaktlag. Prøvene ble samlet inn fortløpende og innfrosset materiale ble blokkfrosset så raskt som praktisk mulig for å hindre oksidering.

Metode som ble brukt av Veterinærinstituttet er standard HE-farging av det innsendte materialet, med påfølgende mikroskopisk vurdering.

Kjemisk analyse av elg ble gjennomført etter samme metode som beskrevet for fisk.

### **4.6.5 Resultater**

Av de 29 elgene det ble tatt prøver fra, hadde en fire år gammel okse fra Blåtind- området, forandringer i lever som kan skyldes forgiftning (NINA, 2008). Denne prøven viser diffus forfetting. Leverforfetting er et vanlig bilde ved mange toksikasjoner, også hvitt fosforforgiftning. Videre kan leverforfetting oppstå ved sult og andre tilstander som setter ekstra store krav til det samlede stoffskifte eller mer selektivt til fettstoffskiftet. Videre kan forgiftning av endo- og eksogene toksiner samt moderat hypoksi gi leverforfetting, med mer. Ved hvitt fosfor-forgiftning finner en ofte forfetting av myocard og nyrer sammen med uttalt leverforfetting. Dette kan gi grunn til å tro at det ikke er hvitt fosfor-eksponering som er årsak til disse forandringene, fordi det ikke er påvist nyreforandringer. På en annen side er leverforandringene mest uttalt perilobulært, noe som tyder på en toksisk leverskade. Kjemisk analyse av elgen viste ingen spor av hvitt fosfor (<0,0001 mg/kg våtvekt) (vedlegg 8.4).

Jegerne rapporterte at alle dyrene virket friske ved fellingstidspunktet.

## **4.7 Risikovurderinger**

### **4.7.1 Gjennomføring og rapportering**

FFI gjennomførte en risikovurdering for mennesker og beitedyr i 2005, basert på resultater fra feltarbeid gjennomført i 2005. Da det i ettertid viste seg at resultatene for vann var feil, reviderte FFI risikovurderingen i 2006. Denne er nå rapportert i FFI 2005/2007. Nye data fra Asplan Viak (2007) ble ikke tatt med i den nye risikovurderingen.

NIVA gjennomførte en risikovurdering for fugl i 2005, basert på resultater fra feltarbeid gjennomført i 2005. Da det i ettertid viste seg at resultatene for vann var feil, reviderte NIVA risikovurderingen i 2007. Denne er nå rapportert i NIVA, 2005/2007. ”Vurdering av miljørisiko ved Forsvarets bruk av hvitt fosfor i skytefelt i Troms – ny, revidert utgave”. NIVA rapport 5493-2007. Nye data fra Asplan Viak (2007) ble ikke tatt med i den nye risikovurderingen.

I og med at det ble stor fokus på hvitt fosfor etter det ble feilaktig rapportert om høye funn av hvitt fosfor i bekker og elver, gav Mattilsynet Vitenskapskomiteen for mattrygghet i oppdrag å vurdere risiko forbundet med hvitt fosfor, samt sette en drikkevannsgrense for vann. Vurderingen er rapportert i VKM 2006. ”risk assessment of white phosphorous” utgitt 13.09.2006. Forsvarsbygg har oppfordret Mattilsynet om å revidere risikovurderingen pga feil vannresultater, men dette er ikke blitt gjennomført.

NINA gjennomførte en risikovurdering med fokus på beitedyr og fugl i 2007/2008. Formålet med denne var å være mer spesifikk enn de andre risikovurderingene, og ble i tillegg basert på nyere resultater, blant annet på resultater fra undersøkelser gjennomført på fisk, elg og vegetasjon. Resultatene er dokumentert i NINA 2008. ”Biotilgjengelighet av hvitt fosfor i skytefeltene i Midt-Troms”.

#### **4.7.2 Konklusjoner fra FFIs risikovurdering**

##### *Risiko for mennesker som ferdes i målområder for hvitt fosfor*

Ut fra dagens arealbruk av skytefeltene i Troms er det ingen helserisiko knyttet til hvitt fosfor. Det er da som et ”worst case” scenario antatt at 10 personer ferdes inne i målområdene til hvitt fosfor granater 30 dager i løpet av året. Selv om mennesker skulle befinne seg i målområdene hele livet, vil det være liten sannsynlighet for at hvitt fosfor skal føre til helseeffekter.

##### *Risiko i forbindelse med inntak av drikkevann*

Det er ingen sannsynlighet for at hvitt fosfor kan føre til helseeffekter ved inntak av drikkevann som hentes fra elver som avvanner skytefeltene.

##### *Risiko for beitedyr og annen fauna som ferdes i målområder for hvitt fosfor*

Beitedyr som sau, kyr, rein, elg og rådyr ferdes i skytefeltene i varierende grad. For de beitedyrene som ferdes hyppigst i området, er det en viss sannsynlighet for at de kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi en eller annen form for skade. Beitedyr vil ha et høyere inntak av jord per dag og de vil også kunne spise jord fra et mye større areal per dag. Ettersom dyrene kan oppholde seg i områdene over lengre tid og at flere dyr kan beite over et større område, kan man ikke utelukke at forgiftninger kan forekomme. Dette gjelder særlig målområdene i Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt. Setermoen skyte- og øvingsfelt benyttes imidlertid ikke til beite. Det er lite trolig at beitedyr vil akkumulere så store mengder med hvitt fosfor at det vil være knyttet noen helserisiko til det å benytte beitedyr som har oppholdt seg i skytefeltene til matproduksjon. Det kan ikke utelukkes at lokal stedbundet fauna kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi effekt på individnivå i skytefeltenes målområder.

Dersom dyrene oppholder seg i målområdet til Blåtind, Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt over tid, er det en viss sannsynlighet på henholdsvis 0,7 %, 5 %, og 4 % for at akutte og kroniske effekter skal kunne oppstå som følge av gjentatt eksponering. Det er inntaket av forurenset jord som forårsaker denne risikoen. Premissene for beregningene er imidlertid så konservative og usikre, at man kun kan si at beregningene tyder på at man ikke kan utelukke at forgiftning på beitende dyr kan inntreffe.

#### **4.7.3 Konklusjoner fra NIVAs risikovurdering**

Av de undersøkte skytefeltene, er trolig Blåtind det som er minst forurenset av hvitt fosfor. Denne antagelsen bygger på at bruken av hvitt fosfor ser ut til å ha vært minst i dette feltet, at feltet har en mindre andel myr og fuktige områder i eller nær nedslagsfeltene, og at det ikke har blitt funnet lokaliteter med høye konsentrasjoner i jord og/eller sediment. NIVA vurderer derfor sannsynligheten for at det finnes høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord og sediment i Blåtind som liten.

Kartleggingen av naturtyper og bruken av hvitt fosfor i feltene samt FFIs målinger i 2005 og 2006 indikerer at det trolig finnes hvitt fosfor i så høye konsentrasjoner på enkelte lokaliteter at en ikke kan utelukke skadeeffekter overfor dyrelivet i området. Ender og vadefugl som søker føde i fuktige områder som myrer, pytter, bekker og tjern vil kunne være spesielt utsatt, dersom partikler av hvitt fosfor finnes der de søker føde. Inntak av en enkelt partikkel større enn ca. 1,5 mm vil for eksempel være tilstrekkelig til å representere en dødelig dose for en stokkand. Fisk og bunndyr vil også kunne rammes av forgiftning hvis de får i seg hvitt fosfor-partikler ved fødesøk. Pattedyr inklusive beitedyr vil kunne få i seg hvitt fosfor ved at de spiser noe jord på forurensede steder eller at de roter opp forurenset sediment i vannfylte kratre i forbindelse med drikking. Alt hvitt fosfor som befinner seg i feltene er imidlertid ikke like tilgjengelig for vilt og beitedyr. Partikler av hvitt fosfor som befinner seg på eller nær overflata av jord eller sediment, representerer den største risikoen. Det har ikke framkommet opplysninger om at det er observert døde dyr, fugl eller fisk som følge av forgiftninger med hvitt fosfor i de aktuelle skytefeltene. Det betyr imidlertid ikke at en kan utelukke at forgiftninger av beitedyr eller lokal fauna har forekommet, men eventuelle skadeeffekter må ha vært for enkelte individer av bestanden som har søkt næring i nedslagsområdene for hvitt fosfor.

#### **4.7.4 Risikovurdering fra Vitenskapskomiteen**

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VK) har utredet en risikovurdering mhp matsikkerhet og fare for beitedyr i skytefeltene, mhp hvitt fosfor (VK 2006). Dette oppdraget ble gitt av Mattilsynet i Troms, og ikke av Forsvarsbygg, men tas med her da det er et viktig dokument.

VK har gitt en framstilling av problemstillingene rundt hvitt fosfor, vesentlig toksisitet og toksisk virkning. Hvitt fosfor kan inkorporeres i muskelvev, men halveringstiden er kort, for fisk er den oppgitt til å være 1-6 timer. Det er ingen indikasjoner på at hvitt fosfor vil akkumuleres i næringskjeden. VKM anser at det for menneskelig konsum av fisk og vilt fra skytefeltene er svært usannsynlig at inntatt dose overskrider sikkerhetsmarginen. Det er også ”svært usannsynlig” at hvitt fosfor finnes i spiselige deler av planter, bær og sopp

VK anser det som lite sannsynlig at mennesker kan innta hvitt fosfor gjennom å spise dyr eller planter. De kan derimot ikke se bort fra at fisk, fugl eller beitedyr som holder til på skytefeltet kan få skader fra restene fra hvitt fosfor. Forsvarsbygg påpeker at de feilaktige vannanalysene ble benyttet i risikovurderingen, med det resultat at VK konkluderer med at det kan være fare for fisk, og evt for mennesker dersom det er høyere utlekking av hvitt fosfor under snøsmeltning, flom mm.

#### **4.7.5 Spesifikk risikovurdering av beitedyr og fugl - NINA**

Innenfor målområdene for hvitt fosfor-ammunisjon i **Setermoen** skytefelt finnes det vegetasjonstyper av god beitekvalitet som sommerbeite for sau og tamrein som hovedsakelig er tørrere eng og hei typer hvor hvitt fosfor vanligvis oksideres raskt. Arealene av disse områdene utgjør en liten andel av skytefeltets areal. Imidlertid kan dyrene konsentrere beiting på prefererte områder og det er observert hvitt fosfor liggende i fuktig leirjord i krater på tørrere mark (ikke myr) (FFI, 2005/2007, NINAs egen observasjon). Det forekommer i dag hverken sau eller tamrein i området, men det kan ikke utelukkes at sau og tamrein kan få i seg hvitt fosfor dersom de skulle beite i de mest intensivt brukte målområdene for hvitt fosfor-granater. NINA bedømmer sannsynligheten for at sau og tamrein skal bli eksponert for skadelige doser som liten.

Elgens bruk av området er også forholdsvis begrenset sammenlignet med mer lavtliggende områder. Det blir vurdert som sannsynlig at elg kan få i seg hvitt fosfor når den beiter på bukkeblad og andre vannplanter i de små vannpyttene og vannfylte granatkratrene som finnes i skytefeltet. Partikler av hvitt fosfor som ligger i sediment kan følge med vannplantene når de røskes opp av elgen. På grunn av at det er gjort få funn av krater med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, og at selv de høyeste konsentrasjonene ikke utgjør en alvorlig trussel dersom eksponeringen er sporadisk, er sannsynligheten for at elgen skal få i seg skadelige mengder av hvitt fosfor på denne måten liten. Det ble dessuten i 2003 innført et forbud mot å bruke hvitt fosfor på snø og våte områder, så antall vannfylte krater med hvitt fosfor er ikke forventet å øke.

De områder som er mest belastet med hvitt fosfor i **Mauken** skytefelt har et betydelig innslag av vegetasjonstyper som er meget god beiteressurs for sau, rein og elg, men disse områdene utgjør et meget begrenset område av skytefeltets totale areal. Området er ikke brukt som saubeite, men brukes som vinterbeite for tamrein. Det drives med tilleggsføring av rein i området, særlig i år med ising av beitene. Det vurderes som lite sannsynlig at rein får i seg hvitt fosfor på vinterbeite. Området blir lite brukt av elg.

**Blåtind** skytefelt har generelt vegetasjonstyper med lav beiteverdi i de delene av skytefeltet som er mest påvirket av hvitt fosfor, men i område Pri1 (kart i vedlegg 8.3) i Skardalen finnes en god del gode beitemarker for sau. Dette området har blitt sporadisk beitet av rein om vinteren, men vanligvis er det ikke beitet av sau. Generelt forekommer gode beitemarker for elg i de tre mest brukte områdene for øvelser med hvitt fosfor-ammunisjon, og NINA vurderer at det er elgen som er mest utsatt for å få i seg hvitt fosfor.

Konklusjonen fra den histologiske undersøkelsen av elgmaterialet fra skytefeltene Setermoen og Blåtind er at det ikke er mulig å utelukke forgiftning av hvitt fosfor i en av prøvene fra Blåtind. Leverforfetting er et vanlig bilde ved mange toksikasjoner, også ved hvitt fosfor-forgiftning. At det ikke samtidig ikke ble påvist nyreforandringer kan tyde på at det kan være



andre årsaker enn hvitt fosfor-forgiftning. Dataene som foreligger gir grunn til å tro at den subletale belastningen av hvitt fosfor hos elg i skytefeltene er lav. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i lever og nyre fra denne elgen. Resultater forelå etter utgivelse av NINA rapporten og finnes i vedlegg 8.4). Det er heller aldri blitt rapportert om funn av døde elger i skytefeltene som tyder på at forgiftning har funnet sted. Det er vanskelig med feltforsøk å få et godt estimat på dette problemet pga av kort forløp av forgiftningen. NINA bedømmer risikoen for at elg kan bli utsatt for skadelige doser hvitt fosfor som liten. NINA påpeker at materialet fra 2007 lite og hadde få gamle dyr.

Når det gjelder fugl, vurderer NINA sannsynligheten for at fugler vil få i seg hvitt fosfor i nedslagsfeltene i alle tre skytefeltene som små. De stedene med størst sannsynlighet for forekomst av hvitt fosfor er vannfylte granatkrater som sannsynligvis er lite attraktive for vannfugler. I Mauken er Melkelvatnan registrert som hekke- og/eller næringslokalitet for den rødlistete storlommen. Det ble funnet små rester av hvitt fosfor i innvoller fra en røye fra Melkelvatnan. Selv om det er tenkelig at storlom kan komme til å spise fisk med innhold av hvitt fosfor i innvollene, er det meget liten sjanse for at den vil få i seg så store mengder hvitt fosfor at det er skadelig for den. NINA vurderer dette som en akseptabel risiko.

## 5 Forsvarsbyggs gjennomføring av krav fra Fylkesmannens miljøvernavdeling i Troms

Her gis en oversikt over hvilke undersøkelser som er gjennomført for å oppfylle Fylkesmannens vedtak. Kartene i vedlegg 8.3 viser hvor de ulike prøvene er tatt og hvor det er påvist hvitt fosfor.

### 5.1.1 Forekomster av hvitt fosfor i målområdene

#### *Krav 1*

*Krater dannet av ammunisjon/granater med hvitt fosfor skal identifiseres i utvidete risikoområder sammenlignet med undersøkelsene foretatt i 2005. Prøver av sediment/vann i krater skal analyseres for innhold av hvitt fosfor.*

Undersøkelsene som er gjennomført er beskrevet i kapittel 4.2. Det er tatt prøver av de målområdene i Setermoen, Mauken og Blåtind skyte- og øvingsfelt hvor det i den historiske kartleggingen ble vurdert som mest sannsynlig å finne rester av hvitt fosfor. Det er tatt prøver av jord og sediment fra krater, og forsøkninger/pytter i målområdene hvor hvitt fosfor kan ha blitt fraktet. Det er tatt prøver av de krater og områder hvor det var høyest sannsynlighet for å finne hvitt fosfor. Det er også tatt vannprøver fra noen av kratrene.

Setermoen er det skyte- og øvingsfeltet i landet hvor det er brukt mest hvitt fosforgranater, totalt 20 tonn i løpet av 1992 – 2002. Flere av de tidligere brukte målområdene består av myrlendt terreng. Det er hovedsakelig skutt på snøfri grunn, og derfor er det synlige krater i feltet. Totalt åtte målområder er undersøkt, og det er funnet spor av hvitt fosfor i nesten halvparten av de 38 prøvene som er tatt. Det presiseres at det er forsøkt tatt prøver i krater der det var grunn til å tro at det kunne finnes rester av hvitt fosfor, og i flere av prøvene var dette basert på en screening vha feltdetektor. Konsentrasjonene er stort sett lave, spesielt i de tørrere kratrene. To av prøvene inneholder derimot høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, og begge prøvene er tatt av sediment fra bunnen av vannfylte krater på myr.

I Mauken er det benyttet betydelige mengder hvitt fosfor granater, både på vinteren og på myrlendte områder, totalt 4,4 tonn i løpet av 1992 - 2002. Det er begrenset med synlige krater i området. Av totalt 16 prøver var det kun fire prøver med konsentrasjoner over deteksjonsgrensen. En sedimentprøve fra et vannfylt krater innholdt høy konsentrasjon av hvitt fosfor, 5700 mg/kg tørr jord.

Av de tre feltene er Blåtind det feltet hvor det er brukt minst hvitt fosfor granater, totalt 3 tonn i 1992 - 2002. Mye av bruken har foregått på snø, og det derfor få synlige krater. Av totalt 21 prøver var det ingen av prøvene som viste høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. Den høyeste verdien ble målt til 0,11 mg/kg tørr prøve, og denne ble funnet i sediment i en større pytt. Resultatet i 12 prøver var under deteksjonsgrensen.

Det ble påvist flest funn av hvitt fosfor i undersøkelsene fra 2005. I 2006 ble det kun funnet hvitt fosfor i to av de 25 prøvene tatt fra jord/sediment fra krater. Dette kan ha sammenheng med at områdene som ble prøvetatt i 2005 var de det var mest sannsynlig å finne rester av hvitt fosfor i, pga bruksfrekvens og fuktighet i grunnen.

Det ble ikke tatt vannprøver fra krater i 2005. I 2006 ble det tatt vannprøver fra seks krater. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i verken sediment eller i vann fra disse kratrene.

Det ble funnet mest hvitt fosfor i områdene som ble antatt å inneholde mest hvitt fosfor (prøvetatt i 2005). Det var kun to funn av hvitt fosfor i områdene som ble undersøkt i 2006. Det er derfor lite sannsynlig at det finnes betydelig med biotilgjengelig hvitt fosfor i områdene som ikke ble valgt ut i den historiske kartleggingen. Forsvarsbygg ser derfor ikke behov for å kartlegge resten av målområdene, så lenge det ikke skal gjennomføres betydelig gravearbeid eller andre terrenginngrep i områdene.

### **5.1.2 Prøver av vegetasjon**

#### *Krav 2*

*Et representativt utvalg av planter rundt forurensede krater skal undersøkes. Det skal være et særskilt fokus på sopp, bær og beiteplanter.*

Undersøkelsene som er gjennomført er beskrevet i kapittel 4.3. Det er tatt prøver av vegetasjon fra de kratrene og målområdene hvor det er påvist mest hvitt fosfor, og det er tatt prøver av spiselige planter, sopp og bær. Det er ikke funnet hvitt fosfor i prøver tatt av beiteplanter, sopp eller bær fra målområder for hvitt fosfor granater i Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt. Prøvene ble tatt i eller nær krater der det er påvist de høyeste konsentrasjonene av hvitt fosfor i sedimentasjon/jord. Det ble ikke tatt prøver fra Blåtind da det ikke er påvist krater med høye konsentrasjoner. Da det ikke er funnet hvitt fosfor i vegetasjon fra de mest forurensede områdene er det lite sannsynlig å finne hvitt fosfor i vegetasjon fra de resterende områdene i skytefeltene.

### **5.1.3 Prøver av bekker/elver og drikkevann**

#### *Krav 3*

*Forekomst av hvitt fosfor skal undersøkes i vassdrag og vannveier inne i skytefeltene, samt i vassdragenes forlengelse utenfor skytefeltene. Vann som kan tenkes å bli brukt som drikkevann skal inkluderes. Det skal ta hensyn til sesongvariasjoner. Referanse-målinger oppstrøms fra skytefeltene skal inkluderes.*

Undersøkelsene som er gjennomført er beskrevet i kapittel 4.4.

I og med at alle vannveier starter inne i skytefeltene er det ikke mulig å finne referansemålinger oppstrøms skytefeltene. Dette ble derfor ikke gjennomført. Det bør etter Forsvarsbyggs mening ikke ha betydning, da det er ingen grunn til å mistenke at hvitt fosfor finnes utenfor skytefeltene.

Det er samlet inn henholdsvis 54, 37 og 61 vannprøver fra bekker og elver i Setermoen, Mauken og Blåtind skyte- og øvingsfelt. Det er tatt prøver fra vannveier som drenerer målområdene, både fra bekker nær målområdene, samt i de større elvene. Det er i tillegg tatt prøver av drikkevannsforsyningspunkt i alle feltene. Det er tatt prøver i tørr periode, nedbørsperioder og i periode i slutten av snøsmeltning. Av alle prøvene som er tatt er det funnet spor av hvitt fosfor i en bekk. Prøven ble tatt fra en utløpsbekk fra målområde 16 i Kobbryggdalen. Området oppstrøms prøvepunktet er en relativt stor, flat og dyp torvmyr, der det ble utført gravearbeid i forbindelse med forbedring av kjøretrase for beltevogn, både

like før og under prøvetaking. Det hvite fosforet kan ha blitt frigjort ifm gravearbeidet. Konsentrasjonen var 0,037 µg/l i 2006, 0,02 µg/l i 2007 og 0,008 µg/l i 2009.

Konsentrasjonen reduseres dermed gradvis.

Forsvarsbygg har ikke funnet hvitt fosfor i de ca 500 vannprøvene tatt fra andre aktive skyte- og øvingsfelt i resten av landet. Resultatene bekrefter at det er lite sannsynlig at hvitt fosfor havner i vann, så lenge områdene får ligge i ro. Forsvarsbygg presiserer at det er ikke benyttet hvitt fosfor granater i skyte- og øvingsfeltene siden 2003/2004, og de første vannprøvene ble tatt i 2006. Ved fremtidig bruk av hvitt fosfor granater vil disse ikke bli brukt i nærheten av vann.

#### **5.1.4 Undersøkelser av fisk**

Krav 4a

*Det skal tas prøver av fisk i vassdrag/vatn i eller nær områder i skytefelt der hvitt fosfor kan ha blitt frigjort.*

Forsvarsbygg valgte i tillegg å ta sedimentprøver i fiskevann og elver. Undersøkelsene er beskrevet i kapittel 4.5.

Det er samlet inn hhv 100, 35 og 84 fisk fra Setermoen, Blåtind og Mauken skyte- og øvingsfelt (noen enkeltfisk og noe samleprøver) i løpet av 2007 og 2008. Det er i tillegg samlet inn hhv 75, 120 og 113 sedimentprøver fra de samme feltene (samleprøver). Det er ikke funnet hvitt fosfor i sedimentprøvene. Det er funnet spor av hvitt fosfor i innvoller i en blandprøve av ørret (15 fisk) fra Liveltskardelva, i en blandprøve fra Melkelvatnan (8 fisk) og i en enkeltfisk fra Melkelvatnan i 2007. Konsentrasjonene er lave, og det er praktisk talt ikke risiko for at menneske skal få i seg helsefarlige mengder av stoffet gjennom konsum av fisk (Akvaplan-niva 2008). Basert på tilgjengelig litteratur om giftighet og omsetning av hvitt fosfor i levende organismer, utgjør en eventuell tilstedeværelse av hvitt fosfor ingen fare for mennesker som bruker de undersøkte vannene til rekreasjon, og som benytter fisk fra disse områdene i kostholdet (Akvaplan-niva 2008). Det påpekes at det ikke er funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt (muskel) i noen av prøvene som er analysert i foreliggende undersøkelse. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i fisk i Blåtind. Det var ikke mulig å få tak i fisk fra Kobbryggelva pga liten bestand. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i fisken hentet inn i 2008. Det finnes altså spor av hvitt fosfor i innvoller hos fisk i Melkevattn og i Liveltskardelva (Akvaplan-niva 2008; 2009), men det er ikke funnet hvitt fosfor i sedimentene (Asplan Viak 2008). Vi mener at selv om det tas flere prøver av fisk vil det ikke bidra med ny informasjon. Det vil være veldig ressurskrevende å hente inn tilstrekkelig med prøver av sediment til å finne en eventuell kilde til det hvite fosforet i fisken. Da det hvite fosforet ikke medfører en fare for mennesker eller for fiskebestanden ser vi derfor ingen hensikt i å ta flere prøver av sediment for å finne kilden.

Dersom hvitt fosfor granater skal brukes i fremtiden skal det brukes på områder som fremmer nedbrytning av hvitt fosfor, og det er tilstrekkelig avstand til overflatevann.

### 5.1.5 Prøver av husdyr/rein/vilt

Krav 4b

*Det skal tas prøver slakt av husdyr/rein og vilt i eller nær områder i skytefelt der hvitt fosfor kan ha blitt frigjort.*

Undersøkelsene er beskrevet i kapittel 4.6 og 4.7. NINA har gjennom en vurdering på hvilke dyr som beiter i feltene og i hvilke områder, funnet at elg var det dyret som hadde høyest sannsynlighet for å bli eksponert for hvitt fosfor. Den histologiske analysen av elg viser at det ikke er mistanke om eksponering ovenfor hvitt fosfor, bortsett fra i ett individ. Dette individet har beitet i Blåtind, hvor det tidligere er funnet minst hvitt fosfor. Resultatene tyder på at vevsforandringene skyldes andre årsaker enn hvitt fosfor. Den kjemiske analysen viste at det ikke finnes hvitt fosfor i prøven. Både resultatene og risikovurderingene som beskrives under tyder på at det er lite sannsynlig å finne spor av hvitt fosfor i dyr. NINA påpeker at utvalget av elg er lite, og det var relativt få gamle dyr. Vi mener at risikovurderingen i seg selv tyder på at risiko for elg er liten, og ser ingen hensikt i å hente inn prøver fra flere dyr.

## 5.2 Forslag til overvåking

Følgende anbefalinger til videre overvåking er gitt i Asplan Viak (2007):

- Varslene mot å drikke vann i skytefeltet trekkes tilbake fordi det ikke er gjort funn som tilsier at det er helsefare forbundet med dette.
- Overvåking av vannkvalitet i elvene av hvitt fosfor stoppes fordi det ikke er indikasjoner på utlekking av hvitt fosfor fra større områder, fordi fortykning i elvene vil være så stor at evt sporadisk utlekking fra enkeltkrater ikke vil kunne påvises i elvene, og fordi enkeltprøver (stikkprøver) i elvene ikke vil være egnet til å fange opp enkelthendelser.

Alle resultatene fra vannanalysene tyder på at det er lite sannsynlig at det finnes hvitt fosfor i bekkene i skytefeltene, så lenge man ikke graver eller gjør andre terrenginngrep i målområdene. Derfor anser Forsvarsbygg det som unødvendig å gjennomføre en omfattende overvåking av bekker og elver så lenge det ikke skytes med hvitt fosfor granater, og det heller ikke graves i feltene. Vi anser det som lite sannsynlig at det vil forekomme hvitt fosfor i drikkevannet til dem som bruker bekken ved Øverli og bekken i utløpet av Bergvatn. Denne overvåkingen kan også avsluttes, i samråd med de pårørte.

Setermoen, Blåtind og Mauken overvåkes for tungmetallovervåking to ganger i året. I forbindelse med denne overvåkingen skal den som tar prøvene ta prøver i bekker som mottar avrenning der det graves, og at det ikke kan utelukkes at det finnes hvitt fosfor rester i området. Dersom det skal gjennomføres gravearbeid i selve målområdene for hvitt fosforgranater, må det gjennomføres en sikker jobb analyse (også ifm graving i blindgjenger område), der evt risiko for helse og miljø vurderes. Dersom det identifiseres uakseptabel risiko for helse eller miljø må det lages en plan for arbeidet og iverksette forebyggende tiltak.

## 5.3 Anbefalte tiltak

Krav 6:

*Forslag til tiltak mot hvitt fosfor skal foreslås og de farene utslippene kan ha forårsaket eller vil kunne forårsake skal drøftes og begrunnes i egen rapport*

### 5.3.1 Farer utslippene kan ha forårsaket – og tiltak for å unngå nye utslipp

Vi kan ikke utelukke at tidligere bruk av hvitt fosfor har medført skader på dyr. Det er brukt hvitt fosfor i over 50 år, både på snø og på våte områder, og Forsvaret hadde ikke kunnskap om hvitt fosfors giftighet tidligere. Det kan derfor ikke utelukkes at hvitt fosfor har havnet i vann, bekker og elver, og at hvitt fosfor på myrer og krater har utgjort en risiko. Det påpekes at det allikevel aldri er rapportert om dødsfall eller skader forbundet med hvitt fosfor i de tre skytefeltene, verken av mennesker eller dyr. Det er i tillegg et rikt dyreliv i skytefeltene. Det er imidlertid en lav bestand med fisk i Liveltskardelva og Kobbryggdalelva. Dette kan derimot ha andre årsaker.

For å redusere faren for at uforbrent hvitt fosfor havner i naturen ved fremtidig bruk, skal hvitt fosforgranater kun brukes på godkjente områder, der det er mindre sannsynlig at hvitt fosfor blir liggende igjen.

Noen aktuelle fremtidige målområder for bruk av hvitt fosfor ammunisjon ble befart og vurdert av NIVA i 2005. Konklusjonene gjengis her oppsummert i nedforstående tabell.

**Tabell 5-1:** Vurdering av mulige nye målområder for eventuell videre bruk av hvitt fosfor. Selve målområdet og de nærmeste omgivelser er gitt en verdi (score: 1,0-2,9 = dårlig egnet, 3,0-4,9 = mindre egnet og 5,0-6,0 = egnet). Ved beregning av totalscore og vurdering av egnethet er selve målområdet vektet med 70 % og omgivelsene med 30 % (NIVA, 2005/2007).

Område	Selve målomr.	Omgivelser	Totalscore	Egnethet
Setermoen: Kobbryggdalen, målområde 16	4,6	2,3	3,9	Mindre egnet
Setermoen: Kobbryggdalen, målområde 21/22	4,3	3,3	4,0	Mindre egnet
Setermoen: Liveltskardet, målområde 6	4,7	2,0	3,9	Mindre egnet
Mauken: Høydeparti 566	2,6	2,0	2,4	Dårlig egnet
Blåtind: Alt. A, Slettfjellet Trigpunkt 670	5,1	2,7	4,4	Mindre egnet
Blåtind: Alt. B, Slettfjellet sør for 739	5,1	2,7	4,4	Mindre egnet
Blåtind: Alt. C, Blåtindan vest for 770	5,0	3,3	4,5	Mindre egnet

Ved å ikke bare vurdere selve målområdet, men også omgivelsene, er det tatt høyde for effekt av eventuelle bomskudd. Hvis sannsynlighet for bomskudd kan utelukkes, er det Blåtind som fremstår som det skytefeltet med mest egnede målområder. Resultatene viser at man bør finne bedre egnede områder, dersom dette er mulig. Alternativt må Forsvarsbygg lage et egnet målområde.

### 5.3.2 Farer utslipp vil kunne forårsake – og eventuelle tiltak

Resultatene som foreligger per i dag indikerer at hvitt fosfor i skytefeltene i Troms ikke utgjør en risiko for mennesker. Risikovurderingene viser og at det er lite sannsynlig at dyr skades. Dette betyr likevel ikke at slike skader kan utelukkes, men eventuelle skader og dødsfall har trolig vært av et relativt begrenset omfang, det vil si i hovedsak på individnivå,

uten konsekvenser for populasjonen. Fisk er eksponert ovenfor hvitt fosfor, men dette har ikke gått ut over fiskebestanden i vannene. Undersøkelsene viser at funn av hvitt fosfor i vann, fiske-innvoller, sediment og krater er så lave, eller så få, at forekomstene ikke utgjør en trussel for mennesker, fugl eller beitedyr.

Vi ser ikke behov for å gjennomføre tiltak i Blåtind, Mauken eller Setermoen. I Blåtind er det ikke funnet noen kilde til hvitt fosfor, og det er derfor ikke mulig å gjennomføre tiltak.

I de to kratrene med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i Setermoen kan det gjennomføres tiltak, men vi vil ikke anbefale dette. Kratrene ligger på myr, og hvitt fosfor ligger på ca halv meter dyp. Det vil være lite sannsynlig at dyr, fugl eller mennesker får tilgang til dette. Det kan i teorien ligge blindgjengere i kratrene, noe som øker risikoen for menneskene som skal gjennomføre prøvetaking og tiltak.

I det ene kratret i Mauken med høye konsentrasjon av hvitt fosfor er det mulig å gjennomføre tiltak for å redusere konsentrasjonene. Krateret i Mauken er grunt. Vi mener likevel at sannsynligheten for å påtreffte dette kratret er liten, og det utgjør dermed liten risiko. I og med at krateret er prøvetatt, steiner og metall som lå i krateret er flyttet bort, og hvitt fosfor virvlet opp, vil sannsynligvis en del hvitt fosfor ha blitt omdannet siden prøven ble tatt.

Vi mener at det ikke er behov for å gjennomføre tiltak i Troms ved dagens bruk av feltet. Dersom det blir behov for å gjennomføre tiltak i krater, kan kratret enten fylles med jord, jorden kan fjernes og tørkes, eller man kan stimulere til nedbrytning av hvitt fosfor i kratret.

Ved større terrenginngrep kan det derimot bli aktuelt med tiltak. Det finnes forekomster av hvitt fosfor i målområdene, men stort sett i lave konsentrasjoner. Da vi har konsentrert undersøkelsene om biotilgjengelig hvitt fosfor kan vi ikke utelukke at det finnes forekomster av hvitt fosfor dypere i grunnen. Det betyr at ved graving eller andre større terrenginngrep kan faren for utlekking av hvitt fosfor øke. Dersom det graves i forurensede områder nær bekk eller vann, kan vi ikke utelukke at hvitt fosfor spres. Dette gjelder spesielt når det regner. Risiko for spredning kan reduseres ved å grave på lenger avstand fra vannveier, og ved å grave i varmt og tørt vær. Gravingen vil tilføre oksygen og dermed fremme omdanningen av hvitt fosfor. I og med at dette kan medføre at partikler kommer frem i dagen, kan fosforet i en kortere periode bli mer tilgjengelig for enkelte dyr. Ved gjennomføring av terrenginngrep i områder som kan være forurensset med hvitt fosfor må det gjennomføres en risikoanalyse for arbeidet på forhånd – både mht arbeidsmiljø og miljø, og deretter iverksettes forebyggende tiltak for å redusere risiko.

For at vi skal ha et best mulig grunnlag til å iverksette riktig tiltaksmetode dersom det vil bli behov for dette i Troms eller andre steder i Norge har vi laget en litteratursammenstilling av erfaringer fra Alaska i Vedlegg 8.5.



## **5.4 Merking av forurensning av hvitt fosfor**

Krav:

*Forsvarsbygg skal og gi forslag til hvordan skytefeltene kan merkes for å opplyse om hvitt fosfor.*

I Klifs vedtak 23.11.2008 oppheves Fylkesmannens vedtak om at skytefeltene skal merkes med fare for å få i seg hvitt fosfor. Behov for å treffe vedtak om merking vurderes når resultatene av nødvendige undersøkelser foreligger.

Risikovurderingene viser at forekomstene av hvitt fosfor ikke utgjør risiko for mennesker, med dagens arealbruk. Vi ser derfor ikke behov for å merke forurensning med hvitt fosfor, spesielt. Hvitt fosfor granater er kun benyttet i blindgjenger områder. Blindgjengerområder er merket og skiltet, og ved innkjøringen til skytefeltene står det at dette er farlige områder, og at all ferdsel i området skjer på egen risiko. Innfartsårer til skytefeltene skal derimot skiltes med ”Innenfor skytefeltet kan forurenset grunn og vann påtreffes”.

## **5.5 Mulige tilleggsundersøkelser**

Fylkesmannen mente at det kunne bli nødvendig å gjennomføre en del tilleggsundersøkelser (nr 8 til 12 i kapittel 3), men at hensiktsmessighet, nytte/kost-verdi og måloppnåelse skal vurderes av uavhengig kvalifisert fagkonsulent.

Forsvarsbygg har ikke innhentet en vurdering av uavhengig fagkonsulent, men valgt å gjøre noen vurderinger selv, blant annet basert på undersøkelser og risikovurdering av uavhengige fagkonsulenter. Anbefalingene ble gitt på et tidspunkt da vi trodde at det fantes hvitt fosfor i bekker og elver i feltet, noe som tilsa at det lå betydelige mengder hvitt fosfor tilgjengelig for dyr i feltene. Forsvarsbygg mener at den kunnskapen vi har i dag medfører at det er unødvendig å få vurdert undersøkelsene av fagkonsulent.

### **5.5.1 Beregning av selvrensingsevne**

Det er ikke funnet betydelig mengder av biotilgjengelig hvitt fosfor i skytefeltene, og Forsvarsbygg ser derfor ikke at det er noen hensikt å gjennomføre slike beregninger.

### **5.5.2 Prøver av levende beitedyr**

NINAs risikovurdering tilsier at det er liten risiko for beitedyr å få i seg hvitt fosfor. NINA har vurdert elg som mest sannsynlig beitedyr som kan bli eksponert for hvitt fosfor. Vi har allerede gjennomført en histologisk undersøkelse av elg, der resultatene tilsier at elgen ikke har fått skader av hvitt fosfor (NINA 2008). Det er heller ikke påvist unormal oppførsel, skader eller dødsfall av dyr i skytefeltene. Hvitt fosfor omdannes raskt i kroppen, så selv om et dyr får i seg hvitt fosfor er det svært lite sannsynlig at dette kan påvises.

### **5.5.3 Artspesifikk eksponering ovenfor hvitt fosfor**

NINA har gjennomført en artspesifikk risikovurdering som beskrevet i kapittel 4.7.5 (NINA, 2008).

#### **5.5.4 Registrering av døde dyr, inkl analyser av disse.**

Både resultatene og risikovurderingene tilsier at risiko for dyr er lave og akseptable. Forsvarsbygg anser derfor dette forslaget som unødvendig.

#### **5.5.5 Prioritert kartlegging av tjern og bekker der fugl søker etter føde.**

Undersøkelsene er gjennomført av Asplan Viak ved prøvetaking av sediment i større pytter, tjern og vann, og beskrevet i kapittel 4.5 (Asplan Viak, 2008). I tillegg har NINA vurdert risiko for fugl som beskrevet i kapittel 4.7.5 (NINA, 2008).

## 6 Konklusjoner og anbefalinger

Oppsummering av prosjektet er gitt i sammendraget foran i rapporten. Her er noen hovedkonklusjoner fra undersøkelsene gjennomført på hvitt fosfor i Troms. Antall prøver som er analysert i prosjektet er oppsummert i vedlegg 8.6.

### 6.1 Konklusjoner

1. Myrområder i skytefeltene Setermoen (Kobbryggdalen/Liveltskardet) og Mauken som er brukt som nedslagsfelt for hvitt fosforgranater inneholder hvitt fosfor. Konsentrasjonene er stort sett lave.
2. Det er funnet høye konsentrasjoner (>100 mg/kg) av hvitt fosfor i sedimentprøver fra tre vannfylte krater i myr. Hvorav to i Setermoen og ett i Mauken.
3. I målområder som er mye brukt er det spor av hvitt fosfor i opptil halvparten av de prøvetatte kratrene. Det er kun tatt prøver i krater hvor det har vært mistanke om at hvitt fosfor finnes.
4. I målområder som er tørrere og noe mindre brukt er det kun få funn av hvitt fosfor, og konsentrasjonene er lave.
5. Det er ikke funnet høye konsentrasjoner (>100 mg/kg) av hvitt fosfor i jord eller sedimenter i Blåtind.
6. Det er ikke risiko for mennesker som oppholder seg i målområdene, med dagens arealbruk.
7. Det er kun funnet hvitt fosfor i en bekk, og dette i bekk som drenerer målområde på myr. Utlekkingen kan skyldes gravearbeid i myra. Konsentrasjonen i bekken har blitt gradvis lavere, og ligger godt under den amerikanske drikkevannsnormen (som også er foreslått som drikkevannsnorm i Norge av VKM 2006). Det er ikke målt hvitt fosfor i bekk/elv lenger nedstrøms.
8. Det er ikke funnet hvitt fosfor i drikkevannsuttak.
9. Det er ikke funnet hvitt fosfor i beiteplanter, bær eller sopp som vokser i eller nær krater med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor.
10. Det er ikke funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt.
11. Det er spor av hvitt fosfor i innvoller hos enkelte fisk i Melkelvatn (Mauken) og i en fiskeprøve av innvoller fra Liveltskardelva (Setermoen). Det er ikke funnet hvitt fosfor i fisk i Blåtind.
12. Funnene av hvitt fosfor i fiskeinnvoller er lave, og medfører ingen risiko for mennesker som bruker vannene til rekreasjon og fiske.
13. Det er ikke funnet hvitt fosfor i sediment i fiskevann, Liveltskardelva eller Kobbryggelva.
14. Dersom dyrene oppholder seg i målområdet til Blåtind, Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt over tid, har FFI beregnet at det er en viss sannsynlighet på henholdsvis 0,7 %, 5 %, og 4 % for at akutte og kroniske effekter skal kunne oppstå som følge av gjentatt eksponering. Det vil imidlertid være knyttet liten risiko av hvitt fosfor for dyr som kun streifer gjennom målområder. Risikovurderingene er basert på konservative antakelser.
15. Mauken: Det vurderes som lite sannsynlig at rein får i seg hvitt fosfor på vinterbeite. Området blir lite brukt av elg.
16. Setermoen: NINA bedømmer sannsynligheten for at sau, elg og tamrein skal bli eksponert for skadelige doser som liten. NINA vurderer at elg er mer utsatt enn andre beitedyr.

17. Blåtind: NINA vurderer at det er elgen som er mest utsatt for å få i seg hvitt fosfor i Blåtind, i forhold til sau og rein.
18. Dataene som foreligger gir grunn til å tro at den subletale belastningen av hvitt fosfor hos elg i skytefeltene er lav. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i lever og nyre fra elg. Det er heller aldri blitt rapportert om funn av døde elger i skytefeltene som tyder på at forgiftning har funnet sted.
19. NINA vurderer sannsynligheten for at fugler vil få i seg hvitt fosfor i nedslagsfeltene i alle tre skytefeltene som små. Selv om det er tenkelig at storlom kan komme til å spise fisk med innhold av hvitt fosfor i innvollene, er det meget liten sjanse for at den vil få i seg så store mengder hvitt fosfor at det er skadelig for den. NINA vurderer dette som en akseptabel risiko.

## 6.2 Anbefalinger

Forsvarsbygg mener at kravene fra Fylkesmannen er oppfylt. Vi ser ikke behov for å gjennomføre tiltak for å redusere konsentrasjonen av hvitt fosfor, da det kun er funnet tre krater med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. Vi ser heller ikke behov for å gjennomføre overvåking av hvitt fosfor i bekker og elver, da det kun er gjort ett funn av hvitt fosfor i bekk.

Vi ser ikke behov for å merke forurensning med hvitt fosfor, spesielt. Hvitt fosfor granater er kun benyttet i blindgjenger områder. Blindgjengerområder er allerede merket og skiltet, og ved innkjøringen til skytefeltene står det at områdene er forbundet med fare. Innfartsårer til skytefeltene skal derimot skiltes med ”Innenfor skytefeltet kan forurenset grunn og vann påtreffes”.

Vi anbefaler at i forkant av gravearbeid og større terrenginngrep i forurensede områder gjennomføres en sikker jobb analyse, og en risikovurdering mhp miljø. Dette skal identifisere fare for eksponering av mennesker og dyr, samt fare for spredning til vann. Tiltak iverksettes for å forebygge skader og spredning. Vi anbefaler at det gjennomføres overvåking av bekker og elver i forbindelse med gravearbeid og større terrenginngrep nær vann, bekker og elver.

Det skal informeres om hvitt fosfor forurensning i skytefelt instruksen, slik at øvende avdeling er oppmerksom på at større terrenginngrep kan medføre utlekking av hvitt fosfor.

## 7 Referanseliste

Bilder og dokumentasjon fra ERF kan finnes på blant annet <http://www.crrel.usace.army.mil/erf/>.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997. Toxicological Profile for White Phosphorus. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service.

Akvaplan-niva, 2008. Dahl-Hansen, G. A. og A Hamnes. Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2007, Akvaplan-niva rapport 3744-01.

Akvaplan-niva, 2009. Dahl-Hansen, G. A. og A Hamnes. Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2008, Akvaplan-niva rapport 4328-01.

Asplan Viak/Forsvarsbygg, 2007. Kraft, P. og O. Nordal. Kartlegging av hvitt fosfor i jord og vann i Forsvarets skytefelt, Troms 2006. Oppdrag 500179/150.

Asplan Viak, 2008. Kraft, P. og O. Nordal. Kartlegging av hvitt fosfor i sediment i Forsvarets skytefelt, Troms. Oppdrag 500179/150.

Dahl-Hansen, G. A. og G. N. Christiansen, 2005. Fiskeribiologiske undersøkelser i militære øvingsfelt i Troms 2004. Akvaplan-niva rapport APN-510.3130.

FFI, 2005/2007. Strømseng A. E., Ø. A. Voie, A. Johnsen og K. S. Longva. Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms. FFI rapport 2006/02989. Revidert i 2007.

FFI, 2006. Strømseng, A. E., A. Johnsen, K. S. Longva og Ø. A. Voie. "Analyse av hvitt fosfor i drikkevann i Troms", FFI notat 2006/00412.

Forsvarsbygg, 2005. Rasmussen, G. og Søyland, R. Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i Troms, 21.-23. september 2004.

Forsvarsbygg, 2006. Rasmussen, G. og Å. S. Watn. Kartlegging av hvitt fosfor i skytefeltene i Troms. Januar 2006. Rapporten er trukket tilbake.

Johnsen, A., K. S. Longva, H. Ringnes, A. Strømseng, 2002. Helse- og miljømessige konsekvenser ved Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor. FFI rapport 2002/04042.

Lawson, D. E., L. E. Hunter og S. R. Bigl, 1996. Physical processes and natural attenuation alternatives for remediation of white phosphorus contamination, Eagle River Flats, Fort Richardson, Alaska. CRREL rapport 96-13.

NIVA, 2005/2007. Løvik, J. E. og S. Rognerud. Vurdering av miljørisiko ved Forsvarets bruk av hvitt fosfor i skytefelt i Troms. NIVA rapport LNR 5085-2005. Revidert i 2007.

NINA, 2008. Gjershaug, J. O., G. Rusch, F. Hansen og L. Døsen. Biotilgjengelighet av hvitt fosfor i skytefeltene i Midt-Troms. NINA rapport 381.

Pourbaix, M 1966 Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions. Pergamon Press.

Sparling D.W. og N.E. Federhoff, 1997. Secondary poisoning of kestrels by white phosphorus. *Ecotoxicology* 6, s. 239-247.

Sparling, D.W., Gustafson, M., Klein, P. and Karouna-Renier, N. 1997 Toxicity of White Phosphorus to Waterfowl: Acute Exposure in Mallards. *Journal of Wildlife Diseases*, 33(2) 1997.

Sweco Norge/Forsvarsbygg 2006, 2006-2007, 2007, 2008 og 2009. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Overvåking av vannforurensning. Program Grunnforurensning. Tilgjengelig på <http://www.forsvarsbygg.no/newsread/news.asp?docid=11315> ([www.Forsvarsbygg.no](http://www.Forsvarsbygg.no) – publikasjoner – miljø – grunn og vann).

Søbye E., A. Johnsen, A. Strømseng. 2003. Kartlegging av hvitt fosfor forurensning i Hjerkins skytefelt. FFI/RAPPORT-2003/01224.

Søbye E., A. Johnsen, K.S. Longva, A. Strømseng, M. Ljønes, A. Oddan. 2004. Spredning av hvitt fosfor ved detonasjon av røykgranater med hvitt fosfor. Sluttrapport. FFI-RAPPORT-2004/00177.

Tørnes J.A. 1988. Bestemmelse av hvitt fosfor i prøver fra Forsvarets skytefelt på Dovre. FFI/RAPPORT-6909.

USEPA - United States Environmental Protection Agency, 1996. EPA Method 7580. Determination of white phosphorus (P4) concentration by solvent extraction and gas chromatography.

U.S. Army Environmental Hygiene Agency, 1995. Evaluation of white phosphorous effects on the aquatic ecosystem, Eagle River Flats, Fort Richardson, Alaska. Final report receiving water biological study. No 32-24-H37Y-94.

U.S. Army Corps of Engineers. 2003. Interim remedial action report. Operable unit C – Eagle River Flats. U.S. Army Fort Richardson, Alaska.

VKM – Vitenskapskomiteen for mattrygghet, 2006 Risk Assessment of White Phosphorus. Opinion of the Head Committee of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety (Vitenskapskomiteen for mattrygghet) Rapport 13.09.2006.

Walsh, M. E., 1994. White phosphorus in plants at eagle river flats, 1994. I Interagency expanded site investigation: evaluation of white phosphorus contamination and potential treatability at Eagle River Flats, Alaska, C.H. Racine og D. Cate (Eds.). CRREL Contract report to U.S. army garrison, Alaska, Directorate of public works FY 93 Final report, s 263-265.

Walsh, M. E., C. M. Collins og C. Racine., 1995. Persistence of white phosphorus particles in sediment. CRREL rapport 95-23.

Walsh, M. E., C. M. Collins, R. N. Bailey, C. L. Grant, 1997. Composite sampling of sediments contaminated with white phosphorus. Special Report 97-30. US Army Corps of Engineers. Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Hanover New Hampshire.

Walsh, M. R., M. E. Walsh og C. M. Collins, 1999. Enhanced natural remediation of white-phosphorus contaminated wetlands through controlled pond draining. CRREL rapport 99-10.

Walsh, M.R., Walsh, M.E. and Collins, C.M. 2000. Method for attenuation of white phosphorus contamination in wetlands. Journal of environmental engineering. Nov. 2000:1013-1018.

#### **Referanser til nettsteder:**

Web ref nr 1. [Http://www.crrel.usace.army.mil/erf/history](http://www.crrel.usace.army.mil/erf/history)

Web ref nr 2. Sparling, D.W. Ecotoxicology of White Phosphorus in an Alaskan Tidal Marsh. U.S. Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center.

<http://www.pwrc.usgs.gov/resshow/spar1rs/spar1rs.htm> (Article not dated).

Eagle River Flats bibliografi: <http://www.crrel.usace.army.mil/erf/bibliography/>

#### **Personlige meddelser**

Bråttkorb, M. skytefeltforvalter Sørlimarka skyte- og øvingsfelt

Longva, K.S. forsker, FFI

Rognerud, S. forsker, NIVA

Walsh, M. R. Prosjektleder i Eagle River Flats-prosjektet. Fokus på tiltaksmetoder. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Hanover, NH, USA.



## 8 Vedlegg

### 8.1 Analyseresultater fra bekk med funn av hvitt fosfor

# Analyserapport

Moss

AnalyCen 

Forsvarsbygg  
Divisjon Rådgivning  
Grete Rasmussen  
Postboks 405 Sentrum  
0103 Oslo

Lab.nr.	NOV024548-07	Side 1 (1)	
Kundenummer	8188008-1129713		
Prøvetype	Vannprøve		
Oppdragets merking	Best.nr 53707, prosjekt 6221591 Troms WP vegetasjon		
Sted for prøvetaking	6221591 Troms WP vegetasjon		
	Tatt ut	20.08.2007	
	Prove mottatt	21.08.2007	
	Analyserapport klar	14.09.2007	
Merket	K16-K vann 1		

Parameter	Resultat	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
Hvitt fosfor	0.02	µg/L			L

Grethe Arnestad  
Cand.Mag



## Analysrapport nr M09/006 Analyse av hvitt fosfor

Oppdragsgiver: Forsvarsbygg Antall prøver: 4  
Adresse: Mottatt dato: 28.09.2009  
Anmerkninger: Ble stående i romtemperatur på varemottak hos FFI fra 25-28/9 2009

Analysrapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metodeidentitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
Hvitt fosfor	F1	Nei	1 – 500 ng/l	30

Denne analysrapporten består av i alt 2 sider. Analysrapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetoden kan rekvireres fra FFI. Ekstraktene oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 19. oktober 2009

Arnt Johnsen  
Forsker



### ANALYSE AV HVITT FOSFOR I VANN

Instrument: Gasskromatograf, Autosystem, Perkin Elmer med NPD til analyse av hvitt fosfor  
Operatør: Arnt Johnsen

FFI nr	Prøveidentifikasjon
09-871	KV 25 Kobbryggdalen
09-872	Punkt 5, Blåtind
09-873	Punkt 6, Blåtind
09-874	Punkt 9, Blåtind

FFI nr	Hvitt fosfor, ng/l
09-871	8
09-872	< 1
09-873	< 1
09-874	< 1

## 8.2 Forsvarsstabens oversikt over bruk av hvitt fosfor i perioden 1998 – 2002

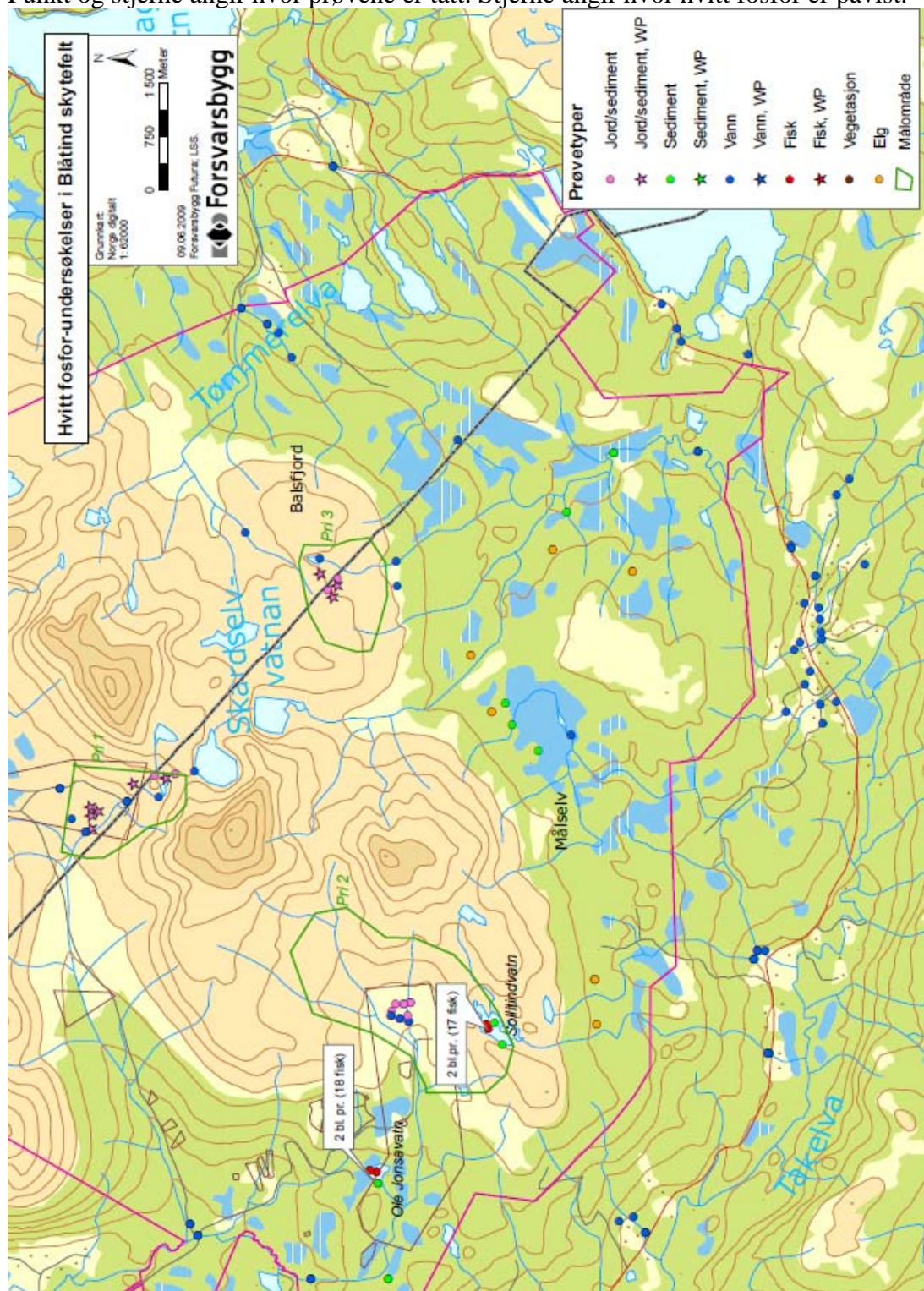
Tabell fra brev fra Forsvarsstaben til Klif september 2003.

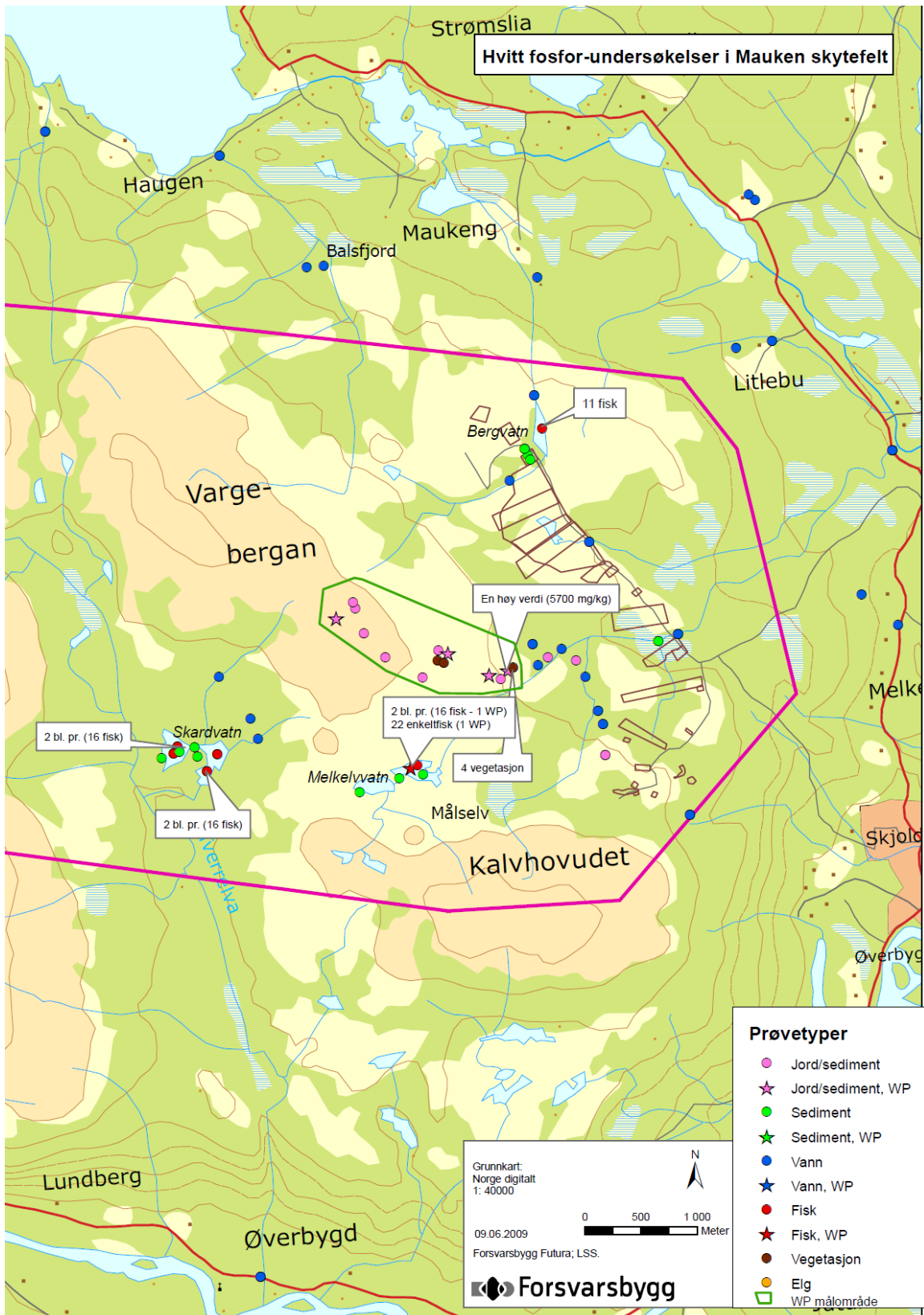
Oversikt over mengde hvitt fosfor i hvert enkelt skytefelt og totalmengder for perioden 1992-2002. Alle tall er kg hvitt fosfor.

Skytefelt	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	TOTALT
Blåtind	245	38	380	641	802	60	218	81	259	62	192	2 978
Drevja	108	354	146									608
Evje		57	75									132
Giskås	75			151								226
Halkavarre	179	142	248	541	249	361	358	86	42	287	3	2 496
Hengsvann		111	110	829	2 252	2 661	1 250	141	83	143		7 580
Hjerkinn	258	1 133	791	2 252	446	1 317	714	1 676	1 245	611	4	10 747
Leksdalen	75			151								226
Mauken	189			1 342	492	12	558	578	300	223	743	4 437
Mjølfjell	75	75			113							263
Porsangmoen	269	213	372	812	373	542	537	128	63	430	5	3 744
Steinsjøen	75			45								120
Setermoen	575				86	2 983	3 928	3 463	3 559	2 954	2 402	19 950
Terningmoen	6											6
<i>Ikke identifiserte steder</i>	1 896	652	75		452	811		2 105	30			6 021
<b>Totalt pr år</b>	<b>4 025</b>	<b>2 775</b>	<b>2 197</b>	<b>7 064</b>	<b>5 265</b>	<b>8 747</b>	<b>7 563</b>	<b>8 258</b>	<b>5 581</b>	<b>4 710</b>	<b>3 349</b>	<b>59 534</b>

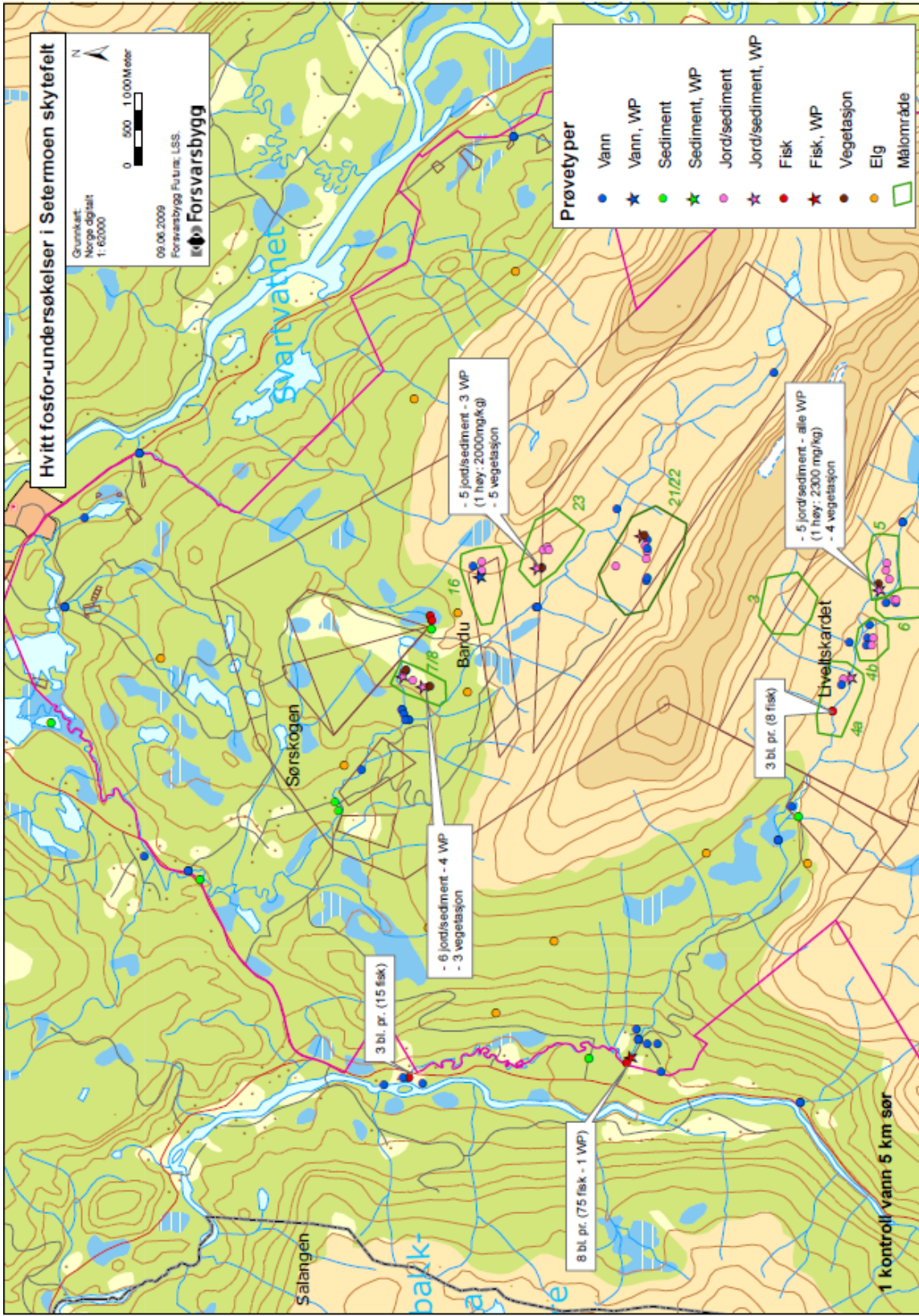
### 8.3 Kart målområder, prøvetakingspunkt og funn av hvitt fosfor

Punkt og stjerne angir hvor prøvene er tatt. Stjerne angir hvor hvitt fosfor er påvist.









## 8.4 Analyserapport fra analyse av hvitt fosfor i elg

Merk at muskel skal være nyreprøve.

### Analyserapport

Moss

AnalyCen 

Døsen Veterinærpraksis A/S  
Lauritz Døsen  
Rotvika  
9350 Sjøvegen

<b>Kundenummer</b>	8189905-1356070	<b>Prøvemottak</b>	17.09.2008	Side 1 (1)
<b>Prøvetype</b>	Miljøprøve	<b>Analysereport klar</b>	07.10.2008	
<b>Oppdragsmarking</b>	Elgprøve av lever og muskel (Hvit fosfor) 3/10-08			

<b>Lab.nr.</b>	NOV037179-08	NOV037180-08
<b>Sted for prøvetaking</b>	Lever, elg	Muskel, elg
<b>Tatt ut</b>	03.10.2007	03.10.2007
<b>Merket</b>	211 3/10-07 lever	211 3/10-07 muskel

Parameter	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
Hvitt fosfor	µg/kg	<0.1	<0.1	L

Anna A Kubberød

Ved spørsmål, ta kontakt med [support@analycen.no](mailto:support@analycen.no) eller på telefon 69279803 / 69279822



## 8.5 Oppsummering av undersøkelser etter hvitt fosfor og tiltak gjennomført i Alaska

Eagle River Flats (ERF) er det eneste skytefeltet der hvitt fosfor er brukt som det er gjennomført større undersøkelser av betydning. En del av erfaringen presenteres derfor her for å gi leseren et innblikk i hva som er gjennomført av undersøkelser tidligere. Det må påpekes at ERF og skytefeltene i Troms er svært forskjellig med hensyn på naturtyper og fauna og at erfaringene fra ERF derfor ikke kan direkte overføres til Troms.

### Beskrivelse av området

I ERF er det gjennomført utallige undersøkelser og uttesting av ulike tiltak gjennom flere år. Et bilde av området er vist i figur 4. Dersom det blir aktuelt å gjennomføre fysiske tiltak i Troms er det viktig å utnytte kunnskap som er ervervet i ERF prosjektet. Området er som nevnt forskjellig fra skytefeltene i Troms så det betyr at vi også må vurdere å teste tiltak som ikke er prøvd ut i ERF. ERF er et saltvanns estuarie/ våtmark som er benyttet for artillerigranater, med blant annet hvitt fosfor, siden 1940- årene. Området, som dekker 865 ha, består av et stort antall innsjøer, dammer, tjern, bekker, og en stor elv som renner gjennom området. Området er veldig fuktig og oversvømmes ofte, noe som medfører sedimentering, og videre anoksiske forhold i bunn. Området benyttes som rasteplass av tusenvis av fugler under migrering om vår og høst, og disse fuglene leter etter mat i sedimentene.

### Effekter

Det er observert både unormal oppførsel blant fuglene (skjelvende ben, risting på hodet) samt stor fugledød. September 1983 fant man 368 døde fugl, og ett år senere fant man 175 døde fugl. Antall døde fugler ble estimert til 1500 – 2000 per år (U.S. Army Corps of Engineers, 2003). Det er funnet hvitt fosfor både i sediment i tjern og innsjøer, og hvitt fosfor ble funnet i ”hot spots” som tydet på at granatene hadde truffet disse vannene direkte. Det ble imidlertid ikke funnet hvitt fosfor i elven som renner gjennom området (Walsh pers med, 2005).

Det er gjennomført undersøkelser av effekter på bunndyr, fisk, rovdyr, og forskjellige fuglearter. I tillegg er det analysert på planter. Det var ingen tydelige bevis på at hvitt fosfor hadde påvirkning på antall arter eller på antall organismer per areal og hvitt fosfor ble ikke påvist i fisk som lever i de forurensede tjernene (U.S. Army Environmental Hygiene Agency, 1995). Konklusjonen var derfor at man ikke bør sette tiltaksgrenser basert på fisk eller bunndyr. Mygglarven *Chironomus riparius* var allikevel den mest følsomme arten i ERF. Av 86 fisk og invertebrater ble det kun funnet spor av hvitt fosfor i tre stk fisk og i en prøve av invertebrater. Det er derimot observert fiskedød etter utslipp av hvitt fosfor i Canada, og det er gjennomført toksisitetsstudie av torsk og atlantehavslaks i et annet studie (ikke ERF) der 50% av individene døde etter å ha blitt eksponert for konsentrasjon på 14,4 µg/l i 48 timer (sitert i Johnsen et al, 2002). Det må påpekes at i fiskestudiet var det konsentrasjon av LØST hvitt fosfor. Fisk som lever i tjern der bunnsedimentene er forurenset blir ikke eksponert for hvitt fosfor på samme måte som i et forsøk der man bruker løst hvitt fosfor, og dermed får

fisken ikke de samme effekter. Resultatene må også antas å være avhengig av type fisk, og hvor de henter maten fra.

Det ble gjennomført et forsøk i ERF der 15 falk (*Falco sparverius*) ble foret med fugl som inneholdt hvitt fosfor. Den øvre delen av tarmsystemet ble fjernet fra noen av fuglene for å fjerne partikler. Det var dødelig for falke å spise forurenset fugl, både med og uten partikler (Sparling og Federhoff, 1997). Det er også observert død ørn i feltet (M. Walsh, pers. med 2005). Hvitt fosfor er bioakkumulerende, men vil brytes ned over tid i kroppen dersom fuglen eller dyret ikke fortsetter å spise mat med hvitt fosfor (sikkert i Walsh et al 1995).

Det ble samlet prøver av seks ulike arter planter fra et forurenset område (*Zannichellia palustris*, *Carex lyngbyaei*, *Scripus paludosus*, *Hippurus tetraphylla*, *potamogeton pectinatus* og *Triglochin maritima*) (Walsh, 1994). Konsentrasjonene i sedimentet der plantene vokste var 2000 mg/kg. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i annet enn røttene, og dette kun i to av plantearter. Det ble påpekt at hvitt fosfor kan adsorbere til dødt plantemateriale, og kunne komme inn i næringskjeden til invertebrater på denne måten, men dette er ikke blitt bevist.

### **Tiltak**

Selvrensing ble vurdert som tiltaksmetode og ble funnet å kunne fungere i noen områder, for eksempel ved at rene sedimenter la seg over forurensete sedimenter. På denne måten ble hvitt fosfor dekket til over tid (Lawson et al 1996). Det ble gjennomført målinger av temperatur og metningsgrad i jord og sedimenter for å beregne mulighet for naturlig nedbrytning eller fordampning av hvitt fosfor. Hvitt fosfor kan fordampe i umettet jord, selv om det ikke er oksygen til stede (Walsh et al 1995). Denne diffusjonen kan foregå i porene i jorden. Dersom porene fylles med vann eller jorden er kompakt er diffusjonen liten. Partikler av hvitt fosfor kan brytes ned eller fordampes i umettet jord, men hastigheten er avhengig av temperatur (Walsh et al 1995).

Selvrensing fungerte ikke tilstrekkelig i alle områdene i ERF pga de enorme effektene hvitt fosfor i sedimentene hadde på fugler. En rekke ulike tiltaksmetoder ble derfor testet. De fleste tiltakene som er gjennomført i ERF er rettet mot fugl fordi det er på fugl man har sett de største effektene av hvitt fosfor forurensning. Tiltakene er rettet mot å forhindre fugl fra å innta hvitt fosfor partikler. Ulike tiltak som er utprøvd, men ikke nødvendigvis funnet tilfredsstillende, er kort beskrevet i Walsh et al (1999) og gjengis nedenfor. I ERF er flere tiltak testet i perioden 1991 tom 1994, som inkluderer blant annet tilsetning av kjemikalier til sedimentene for å "skremme" fugl fra å gjøre fødesøk i disse områdene, samt tildekking av sedimenter med ulike membraner, bentonittblandinger, grus med mer (f. eks. AquaBlokTM). Disse metodene forhindrer fugl og andre dyr å komme i direkte kontakt med de forurensete sedimentene. I en studie ble deler av myren oppvarmet for å stimulere til økt nedbrytning, men det viste seg at det høye vanninnholdet begrenset effekten av tiltaket. Jorden måtte dreneres i tillegg for å få effekt. Andre metoder er fysisk fjerning av sediment (mudring) fra innsjøer med etterfølgende avvanning og tørking av sedimentene. På denne måten fjerner en forurensningen fra områdene fuglene oppholder seg, i tillegg til at hvitt fosfor kan i teorien naturlig brytes ned når sedimentene tørker. Det ble fjernet vann fra mindre tjern ved hjelp av drenering og aktiv pumping for å oppnå aerobe tilstand i sedimentene, og dermed en nedbrytning av hvitt fosfor. Samtidig ble tjernene mindre attraktive for fugl i periodene de var tomme for vann. Selvrensing av sedimenter fungerte dersom sedimentene var umettet og

hadde en temperatur på over 15°C i totalt tretti kumulative dager gjennom en sesong, men fullstendig dekontaminering fra et tjerns overflatesediment kan først forventes innen tre til fem sesonger. I laboratoriet har man prøvd å presse luft inn i sedimentene, men dette hadde liten effekt på nedbrytning av hvitt fosfor. Heller ikke behandling med hydrogen peroksid fungerte.

De fleste tiltaksmetodene ble vurdert som ikke egnet, for kostbare eller for tidkrevende, eller det var for stor risiko for arbeiderne mht blindgjengere (Walsh et al 1999). Ingen av tiltakene er optimale. Selvrensing ville fungere i noen områder men ikke i alle. For ERF er det foretrukne tiltaket aktiv pumping av vann, gjerne i kombinasjon med AquaBlok™, i områder der pumping ikke kan benyttes. Tiltaket gjennomføres i sommermånedene, når temperaturen er tilstrekkelig (15°C) for å oppnå nedbrytning av hvitt fosfor, og klimaet er tørrere. Tiltaket startet i 1998, og innen utgangen av 2002 var 12 tjern, som dekker 17 ha, rensert for hvitt fosfor (web ref. nr 1).

Når det gjelder tildekking/gjenfylling av sediment og krater ble dette, i ERF, gjort fra helikopter på grunn av at det var vanskelig å komme til med kjøretøy. AquaBlok™ havnet på bunn, men hvitt fosfor partiklene ble samtidig virvlet opp og havnet over dekket (Walsh pers. med., 2005). Walsh, som er prosjektleder i ERF prosjektet, vil ikke anbefale tildekking som tiltak fordi en blir ikke kvitt problemet, og det er ikke sikkert tiltaket vil vare over tid. Tildekkingen kan ødelegges av for eksempel is og erosjon.

### **Likhetstrekk og ulikheter mellom skytefeltene i Troms og ERF**

Felles for ERF og skytefeltene i Troms er at hvitt fosfor ammunisjon har vært benyttet over flere år og at sommersesongen er kort. En relativt høy temperatur er viktig for å oppnå nedbrytning av hvitt fosfor, og den lave temperaturen gjør at det kan ta lenger tid å fjerne hvitt fosfor med naturlig nedbrytning i Alaska.

I skytefeltene i Troms er det per i dag ikke observert effekter på fugler og dyr.

I Troms er det ikke funnet hvitt fosfor i bekker og elver, med unntak av en bekkeprøve. Prosjektleder Walsh i ERF prosjektet forteller at det heller ikke funnet hvitt fosfor i vannmassene i ERF. Det må påpekes at det allikevel ble observert en transport av hvitt fosfor ut av områdene i ERF, men dette skjedde ved at sediment med hvitt fosfor ble transportert fra tjern og andre områder med is og vann (Lawson et al 1996). Det ble antatt at hvitt fosfor satt bundet til isflak, partikler eller organisk materiale.

Undersøkelsene i ERF er basert på fugl, fisk og bunndyr som lever i områder som består av brakk og saltvann, og områdene er våtmarksområder. Det betyr at resultatene kan kun brukes som veiledende for skytefeltene i Troms. I følge erfaringene fra Alaska bør man fokusere på fugler som gjør fødesøk i sedimenter, og rovdyr og rovfugler som spiser disse. FFI og NIVA har besøkt ERF og de påpeker at det er betydelige ulikheter mellom skytefeltene i Troms og ERF (Longva og Rognerud pers med, 2005 og figur 4). Dette må tas hensyn til blant annet med hensyn til valg av tiltak.

### **Aktuelle tiltak i Norge**

Forsvarsbygg mener at hensiktsmessighet i en samfunnsøkonomisk sammenheng må vurderes for aktuelle tiltak iverksettes. Hvitt fosfor granater er brukt inne i nedslagsområder i skyte- og øvingsfelt, som er definert som blindgjengerområder og merket med fare. Området er avsatt for å kunne brukes til både hvitt fosfor og aktiviteter som kan være forurensende. Forsvarsbygg mener å ha vist at hvitt fosfor utgjør minimal risiko for mennesker og dyr ved dagens arealbruk, og mener at det er viktigere å bruke ressurser på for eksempel å forebygge ny forurensning, eller å redusere spredning av metallforurensning.

Av metodene testet i Alaska var det pumping med etterfølgende selvrensning som fungerte best og som gjorde minst inngrep på naturen. Drenering av tjern fungerte til en viss grad, men var dyrt og tidkrevende. Ingen av disse metodene egner seg til myrer og de små kratrene der hvitt fosfor er påvist i Troms. Det blir vanskelig å pumpe vann ut av et krater uten å drenere myra. Å drenere myr vil være ressurskrevende og samtidig medføre irreversible skader i naturen.

Skulle det bli behov for tiltak i Troms eller andre steder i Norge, er det viktig å tenke nytt og kreativt med hensyn på forholdene i Troms. Tiltakene som er benyttet i Alaska er ikke nødvendigvis overførbare. For kratrene i Troms er tildekking mulig, men tildekking fungerte kun til en viss grad i Alaska. Det er også usikkerheter med hensyn på langtidseffekter. Metoden fjerner heller ikke hvitt fosfor. Metoden ble ikke anbefalt av Walsh som er prosjektleder i ERF prosjektet.

Der man vet hvor kildene til hvitt fosfor ligger, kan man prøve å ta opp sedimentene der hvitt fosfor ligger. Alternativt kan en gjennomføre forsøk med å tilføre oksygen til bunnen i krater samtidig som temperaturen er høy. Oksygen kan tilføres passivt med såkalte "Oxygen Release Compounds" (ORC) som ligger i jorden og frigjør oksygen over tid, eller aktivt med en pumpe. Det er viktig å vurdere eventuelle andre effekter et slikt tiltak kan gi før man prøver dette i felt.

Det anbefales ikke å iverksette fysiske tiltak før det er bevist at tilstedeværelsen av hvitt fosfor utgjør en uakseptabel risiko for dyr eller mennesker, i og med at å gjennomføre tiltak kan medføre økt utlekking av hvitt fosfor, eller økt eksponering av hvitt fosfor. Mulige tiltak:

1. Tildekke forurensningen for å forhindre at dyr kommer i kontakt med den.
2. Fjerne hvitt fosfor fra krater det er påvist.
3. Fjerne hvitt fosfor in situ.
4. Om det blir behov for å unngå spredning til vann ifm graving må man tenke nye løsninger, da dette ikke har vært en problemstilling i Alaska.

Bruk av fysiske tiltak må gjøres etter en nøye vurdering av om risikoen for eksponering av hvitt fosfor og utlekking av hvitt fosfor øker i tiltaksperioden, kostnytte effekter, fare for liv og helse i form av å påtreffe udetonerte granater ved gjennomføring av tiltak med mer. En må unngå å gjøre hvitt fosfor mer tilgjengelig under tiltaksgjennomføringen. For eksempel ble det sprengt ut dreneringsgrøfter i ERF for å føre vannet ut av tjern og vann. Det viste seg at dette medførte at hvitt fosfor kom frem i dagen, og flere ender ble funnet døde i grøften (Walsh, pers med 2005).

For å gjennomføre tiltak i krater anbefaler vi at det hvite fosforet fjernes, frem for å fylle kratrene med jord. Fordelen med å fylle på jord er at hvitt fosfor blir mindre tilgjengelig, i alle fall for en periode. Ulempen er at blir hvitt fosfor liggende lenger i naturen i forhold til om man ikke gjennomførte tiltaket. Dersom hvitt fosfor fjernes fra kratret kan det legges utover fast dekke og få mulighet til å tørke ut. Dermed omdannes hvitt fosfor til ufarlige forbindelser. Selv om stoffet er mer tilgjengelig i tiltaksperioden, er arealet så lite at det er liten sannsynlighet for at dyr eller mennesker vil komme i kontakt med jorden. Jorden kan dekkes med en vekstduk for å redusere denne faren ytterligere. Men dette medfører og at tiltaksperioden blir lenger. Alternativt kan man tilføre oksygen og varme til kratret for å få omdannet stoffene in situ. Dette tiltaket er derimot mer usikkert, og det kan kreve tilgang på strøm. Det vil være lite kosteffektivt dersom det kun skal benyttes på noen få krater.

Aktuelle tiltak ved terrenginngrep må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Men det er viktig å lage en plan for arbeidet, og en sikker jobb analyse/risikovurdering. Det er viktigst å unngå spredning til vann, i tillegg til å unngå at veldig forurensede områder blir liggende eksponert og tilgjengelig for dyr. Arbeidet må i den grad det er mulig gjennomføres i oppholdsvær. Jo høyere temperaturen er jo høyere er sannsynligheten for at det hvite fosforet omdannes raskt.

Man kan prøve å utvikle nye metoder, tilpasset forholdene i Troms. Det kan være aktuelt å rense vann vha filter eller sedimentasjonsdammer. Det vil allikevel være å foretrekke å unngå at hvitt fosfor i det hele tatt havner i vann, ved f eks kun grave i tørt vær, legge bekker i rør eller lage voller.

## 8.6 Oversikt over innsamlede prøver hvitt fosfor 2005-2008

### **FFI, FB og NIVA**

#### 2005/2006:

50 jord- og sedimentprøver (fordelt på Mauken (M) 11, Setermoen (S) 24, Blåtind (B) 13)

26 vannprøver elver og bekker (M 6, S 10, B 10)

26 drikkevannsprøver (M 5, S 8, B 8 og 5 uten tilknytning til SØF)

### **Sweco Norge**

Over 700 prøver analysert for hvitt fosfor pr i hele Norge. 34 Setermoen, 44 Blåtind, 26 Mauken.

### **Asplan Viak**

#### 2006

31 jord- og sedimentprøver i 8 målområder (noen var i bekker/elver) fordelt på M 5, S 13, B 13) + 30 vannprøver (fordelt på M 6, S 13, B 11). 13 drikkevannsuttak Blåtindområdet. Funn i to jordprøver i krater (Liveltskardet 0,098 mg/kg og Kobbryggdalen 11 mg/kg). Det ble gjort funn av hvitt fosfor i en vannprøve K25 – tatt i bekk fra målområde for hvitt fosfor granater i Kobbryggdalen. Konsentrasjonen var 0,037 µg/l i 2006, 0,02 µg/l i 2007 og 0,008 µg/l i 2009.

#### 2007 (29 – 30 august)

Tjern: Prøver tatt med grabb fra båt – 15 x 15 cm. 0-3 cm dyp. En prøve fra midt i tjernet og en jordborprøve ved bekkeos/strand

Bekker/elver: jordbor – 0-4 cm dyp, 6 cm diameter.

Blandprøver – 2 stk paralleller fra hvert område: 5 enkeltprøver med grabb, 10 enkeltprøver med jordbor. Samlet i bøtte og blandet (vannmettet). Fyllt i 3 dl prøveglass.

#### Prøvetaking sediment 2007:

12 sedimentprøver fra Setermoen (inkl paralleller)

8 fra Blåtind

13 fra Mauken (3 prøver fra Melkelvatnan).

#### Setermoen:

Liveltskardelva – inne i nedslagsfeltet, og ved Fosseng (ca 200 meter fra der første fiskeprøver ble tatt)

Bjørnfjellvatnet, Kobbryggelva ved Sørskogen, og ved E6, og nær utløp til Setervannet.

#### Blåtind:

Sollitindvatnet, Ole Jonsavatnet, Mårelva i skytefeltet og ved Nordlund.

#### Mauken:

Vestre og Østre Skardvatn, Melkelvatnan, bekker inn mot Bergvatn og i selve Bergvatn, Melkelva.

### **Akvaplan-niva**

#### Prøvetaking fisk 2007 og 2008:

Medio august 2007:

Setermoen:

Liveltskardelva ved Fosseng (15 stk – ble 1 blandprøve)

Bjørnfjellvatnet (2 – 2 enkeltprøver)

Blåtind:

Sollitindvatnet (17 – ble 2 blandprøver)

Ole Jonsavatnet (18 – ble 2 blandprøver)

Mauken:

Melkelvatnan Øst (16 – ble 2 blandprøver)

Skardvatn – Østre (16 – ble 2 blandprøver) og vestre (16 – ble 2 blandprøver)

Det ble laget to parallelle blandprøver av alle, og analysert på innvoller og kjøtt. Det ble kun nok til 1 prøve i Liveltskardelva. Det ble totalt analysert 13 kjøttprøver og 13 innvollsprøver.

I oktober (17/10-07) ble det tatt tilleggsprøver fra Liveltskardet:

8 – i nedslagsfeltet (3 blandprøver)

Ca 20 ved Fosseng (3 blandprøver)

Ca 15 like ovenfor utløp i Salangselva (3 blandprøver).

Fisken ble fordelt i tre parallelle prøver, og kjøtt og innvoller ble analysert (9 prøver av kjøtt, og 9 prøver av innvoller).

I oktober (24-25/10-07) ble det tatt 5 fisk fra Melkelvatnan. Alle ble analysert (5 enkeltprøver).

#### Juni/juli 2008:

Mauken

Det ble analysert på 20 røye fra Østre Melkelvatn. Mage/tarm og lever ble analysert hver for seg, i hver enkelt fisk.

Det ble analysert på 11 ørret fra Bergvatnet. Mage/tarm og lever ble analysert hver for seg, i hver enkelt fisk.

Setermoen

Det ble samlet inn 40 ørret fra Liveltskardelva. Da fisken var liten ble det laget 4 blandprøver av mage/tarm, og 4 prøver av lever.

*Totalt er det analysert på:*



Setermoen: 100 fisk (2x10 blandprøver og 2x2 enkeltprøver av kjøtt og innvoller, 2x4 blandprøver av mage/tarm og lever).

Blåtind: 35 fisk (2x4 blandprøver av kjøtt og innvoller)

Mauken: 84 fisk (2x6 blandprøver og 2x5 enkeltprøver av kjøtt og innvoller, og 2x31 enkeltprøver av mage/tarm og lever)

### **NINA/Forsvarsbygg**

Vegetasjon:

11 planteprøver

4 sopp-prøver

5 bærprøver

Mauken

3 planter

1 sopp

2 bær

Livveltskardet

2 planter

1 sopp

1 bær

Kobbryggdalen

6 planter

2 bær

2 sopp

### **Laurits Døsen (i NINA 2008)**

Elg

Setermoen

Elleve prøver av lever og nyre – histologisk undersøkelse

Blåtind

Åtte prøver av lever og nyre – histologisk undersøkelse

Lever og nyre fra en elg ble analysert for innhold av hvitt fosfor.

I tillegg ble det samlet inn prøver fra ti elg fra et referanseområde ved Narvik.



**Forsvarsbygg Futura**