

FFI RAPPORT

RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV HVITT FOSFOR I TROMS

STRØMSENG Arnljot E, JOHNSEN Arnt, VOIE Øyvind A, LONGVA
Kjetil Sager

FFI/RAPPORT-2006/02989

**RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV
HVITT FOSFOR I TROMS**

STRØMSENG Arnljot E, JOHNSEN Arnt, VOIE Øyvind
A, LONGVA Kjetil Sager

FFI/RAPPORT-2006/02989

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2006/02989 1a) PROJECT REFERENCE V/333401/917	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 74		
4) TITLE RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV HVITT FOSFOR I TROMS RISK ASSESSMENT OF MILITARY USE OF WHITE PHOSPHORUS IN TROMS				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) STRØMSENG Arnljot E, JOHNSEN Arnt, VOIE Øyvind A, LONGVA Kjetil Sager				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>White phosphorus</u> b) <u>Risk assessment</u> c) <u>Environmental impact</u> d) <u>Military training areas</u> e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u> b) <u>Risikovurdering</u> c) <u>Helse- og miljøkonsekvenser</u> d) <u>Militære skyte- og øvingsfelt</u> e) _____ </td> </tr> </table>			a) <u>White phosphorus</u> b) <u>Risk assessment</u> c) <u>Environmental impact</u> d) <u>Military training areas</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u> b) <u>Risikovurdering</u> c) <u>Helse- og miljøkonsekvenser</u> d) <u>Militære skyte- og øvingsfelt</u> e) _____
a) <u>White phosphorus</u> b) <u>Risk assessment</u> c) <u>Environmental impact</u> d) <u>Military training areas</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u> b) <u>Risikovurdering</u> c) <u>Helse- og miljøkonsekvenser</u> d) <u>Militære skyte- og øvingsfelt</u> e) _____			
THESAURUS REFERENCE:				
8) ABSTRACT The aim of the report is to unravel potential environmental impacts of white phosphorus (WP) in military training areas in Troms. Due to contamination of equipment used for analysis of WP in water samples, new samples of water were taken in July 2006 and analysed for WP. The concentration of WP was below the detection limit for all water samples. The potential health impacts on humans and grazers that temporary stays in the training areas are assessed. No area is found to pose an acute or chronic risk to humans, based on the present use of the training areas. Conservative calculations show that some grazers might stay in the contaminated areas long enough to be exposed for amounts of WP that can cause toxic effects. Local fauna might also be exposed for amounts of WP that can cause toxic effects.				
9) DATE 2007-01-12	AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan	POSITION		

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
1.3	Hvitt fosfor – giftighet og miljøkonsekvenser	8
1.4	Kartlegging av historisk bruk av hvitt fosfor	8
2	METODER	9
2.1	Utvelgelse av prøvetakningspunkter	9
2.2	Prøvetakning av jord/sediment	9
2.3	Prøvetakning av vann	10
2.4	Kjemisk analyse	11
2.5	Risikovurdering	11
2.5.1	Bayesianske nettverk	12
2.5.2	Livstidseksposering	12
2.5.3	Eksposering av mennesker i målområder	13
2.5.4	Eksposering av beitedyr	13
2.5.5	Eksposering av annen fauna	13
3	BESKRIVELSE AV PRØVETAKNINGOMRÅDER	13
3.1	Blåtind skytefelt	14
3.2	Setermoen skytefelt	15
3.2.1	Område 7/8 i Kobbryggdalen	15
3.2.2	Område 23 i Kobbryggdalen	16
3.2.3	Området 5 i Liveltskardet	17
3.3	Mauken skytefelt	18
4	RESULTATER	20
4.1	Blåtind skytefelt	20
4.2	Setermoen skytefelt	24
4.2.1	Kobbryggdalen	24
4.2.2	Liveltskardet	28
4.3	Mauken skytefelt	30
4.4	Estimat av mengde hvitt fosfor i de undersøkte områdene	33
5	RISIKOVURDERING	33
5.1	Eksposering av mennesker i målområder	33
5.1.1	Ferdsl og eksposering	33
5.1.2	Tetthet av forurensede områder	34
5.1.3	Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord og vann	35

5.1.4	Toksisitet av hvitt fosfor	36
5.1.5	Helserisiko knyttet til Blåtind skyte- og øvingsfelt	37
5.1.6	Helserisiko knyttet til Setermoen skyte- og øvingsfelt	37
5.1.7	Helserisiko knyttet til Mauken skyte- og øvingsfelt	38
5.1.8	Oppsummering av helserisiko i målområder for hvitt fosfor	38
5.1.9	Livstidseksponering i forbindelse med drikkevann	39
5.2	Eksponering av beitedyr og annen fauna	39
5.2.1	Risiko for beitedyr og annen fauna i Blåtind, Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt	39
6	KONKLUSJON	40
6.1	Risiko for mennesker som ferdes i målområder for hvitt fosfor	40
6.2	Risiko i forbindelse med inntak av drikkevann	40
6.3	Risiko for beitedyr og annen fauna som ferdes i målområder for hvitt fosfor	40
APPENDIKS		
A	BESKRIVELSE AV PRØVELOKALITETER	41
A.1	Blåtind skytefelt	41
A.1.1	Jord- og sedimentprøver tatt i område 1	41
A.1.2	Vannprøver tatt i område 1	43
A.1.3	Jord- og sedimentprøver tatt i område 3	45
A.1.4	Vannprøver tatt i område 3	46
A.2	Setermoen skytefelt	48
A.2.1	Jord- og sedimentprøver tatt i område 5 i Liveltskardet	48
A.2.2	Vannprøver tatt i område 5 i Liveltskardet	50
A.2.3	Jord- og sedimentprøver tatt i område 7/8 i Kobbryggdalen	51
A.2.4	Jord- og sedimentprøver tatt i område 23 i Kobbryggdalen	54
A.2.5	Vannprøver tatt i Kobbryggdalen	57
A.3	Mauken skytefelt	58
A.3.1	Jord- og sedimentprøver	58
A.3.2	Vannprøver	62
B	GPS POSISJONER TIL PRØVEPUNKTER	64
C	ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I JORD/SEDIMENTPRØVER	65
D	ANALYSERAPPORT FOR HVITT FOSFOR I VANNPRØVER	68
E	RISIKOVURDERINGER	71
	Litteratur	73

RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV HVITT FOSFOR I TROMS

1 INNLEDNING

Denne rapporten er en ny versjon av rapporten ”Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms” og erstatter rapport med samme tittel, men med rapportnummer FFI/RAPPORT-2005/03531.

Den nye rapporten inneholder en oppdatert risikovurdering, der nye resultater fra analyse av hvitt fosfor i vannprøver er benyttet. Grunnet en intern forurensning av det utstyret som benyttes i forbindelse med ekstraksjon av hvitt fosfor i vann, er det i den forrige versjonen av rapporten oppgitt for høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøvene. Det knytter seg ingen feil til jord/sedimentprøvene i den forrige versjonen av rapporten. De analysetekniske problemene og gjennomførte tiltak er nærmere beskrevet i FFI/NOTAT-2006/00512. De nye undersøkelsene som er gjort i 2006, viser at det ikke er detekterbare mengder av hvitt fosfor i vann fra bekker og elver i de undersøkte områdene i skytefeltene i Troms. Den forrige versjonen av rapporten vil være tilgjengelig på www.ffi.no med påskrift om at den er erstattet med ny versjon.

1.1 Bakgrunn

Forsvarets militære organisasjon (FMO) ved Hærens styrker (HSTY) har gitt Forsvarsbygg i oppdrag å utføre oppdraget ”Kartlegging av hvitt fosfor i skytefelt, Troms Fylke”.

Forsvarsbygg har som en del av dette oppdraget gitt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å gjennomføre ”Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms”. FFIs oppdrag innbefatter planlegging og gjennomføring av feltarbeid med prøvetaking, kjemisk analyse og tolkning av resultater fra feltarbeidet, samt gjennomføring av risikovurdering.

1.2 Formål

Hovedmålet for oppdraget ”Kartlegging av hvitt fosfor i skytefelt, Troms Fylke” er:

- *Avdekke i hvilken grad hvitt fosfor eventuelt kan representere et forurensningsproblem i skytefeltene i Troms*

Målet med oppdraget som FFI utfører, er å vurdere helse- og miljørisiko knyttet til rester av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfeltene. Dette innbefatter risiko for folk som ferdes i feltene, risiko for flora og fauna som har sine leveområder helt eller delvis innenfor feltene, samt risiko

knyttet til spredning av hvitt fosfor ut fra feltene. Sistnevnte vil være knyttet til konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann fra bekker og elver som renner ut fra feltene.

1.3 Hvitt fosfor – giftighet og miljøkonsekvenser

Hvitt fosfor er et meget giftig uorganisk stoff. Dødelig dose for fugler og pattedyr ligger mellom 1 og 10 mg/kg kroppsvekt avhengig av eksponeringsvei. Hvis mennesker får i seg hvitt fosfor enten ved spising eller drikking, kan det gi skader på mage og fordøyelsessystem samt lever og nyrer (1). En nærmere beskrivelse av de kjemiske og fysiske egenskapene til hvitt fosfor er gjort i FFI-Rapport-2002/04042 (1). Her er det også gitt en beskrivelse av hvilken skjebne og transport hvitt fosfor vil ha i miljøet i tillegg til at det er redegjort for de toksikologiske egenskapene til hvitt fosfor.

Hovedproblemet med hvitt fosfor oppstår hvis det ender opp i et miljø med liten tilgang til oksygen. I et oksygenfattig miljø vil hvitt fosfor forbli uforandret over lang tid. Eksempelvis vil biter av hvitt fosfor som havner i vann bli liggende tilnærmet uforandret i flere år, og i tillegg vil bitene etter hvert kunne bli liggende dypere i sedimentene, noe som øker tiden disse blir liggende uforandret. Om dyr eller fugler spiser biter av hvitt fosfor som ligger i vann og sedimenter, vil dette kunne føre til død. Dette er blitt identifisert som et problem i et skytefelt som ligger i et våtmarksområde i Alaska, USA (2).

I forbindelse med den økte bevisstheten om mulige negative miljøkonsekvenser ved hvitt fosfor, innførte Forsvarssjefen nye retningslinjer for bruk av røykammunisjon i november 2003. Ved bruk av røykammunisjon i henhold til disse retningslinjene, vil det i liten grad bli liggende rester av hvitt fosfor i målområdene.

Tidligere tiders bruk har imidlertid ikke vært regulert av disse retningslinjene, og det er derfor sannsynlig at det finnes rester av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfeltene som kan være av betydning for miljøet.

1.4 Kartlegging av historisk bruk av hvitt fosfor

I forbindelse med pålegg fra Statens forurensningstilsyn (SFT) redegjorde Forsvarsstaben (FST) i brev til SFT datert 29 september 2003 for Forsvarets bruk av hvitt fosfor, herunder bruken i skyte- og øvingsfeltene Blåtind, Setermoen og Mauken i Troms. Her fremkommer totalmengden av hvitt fosfor som er benyttet i feltene, men i liten grad en spesifisering av hvor i feltene granatene er blitt skutt.

Som et ledd i oppdraget ”Kartlegging av hvitt fosfor i skytefelt, Troms Fylke” gjennomførte derfor Forsvarsbygg en historisk kartlegging av hvor i feltene det er benyttet røykgranater med hvitt fosfor, samt en befarings av områdene (3). Denne kartleggingen har, sammen med

gjennomgang av kart og fotografier, dannet grunnlaget for FFIs utvelgelse av områder i de tre skytefeltene hvor det tas prøver for analyse av hvitt fosfor presentert i denne rapporten.

2 METODER

Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 22 – 26 august 2005. Arbeidet ble utført av to personer fra FFI, en person fra Forsvarsbygg og en person fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Fra Forsvarsbygg deltok Grete Rasmussen og fra NIVA deltok Jarl Eivind Løvik. FMO stilte med EOD (Explosive Ordonance Disposale) personell som kjentmenn og for bistand med identifisering av ammunisjonstyper. Følgende personer deltok fra FMO: kapt Lars Dolmseth, kapt Joar Dahlkvist, kapt Ole Olstad og kapt Håkon Strand. Det ble tatt nye vannprøver i perioden 17-21 juli 2006 av personell fra FFI som også var med ved prøvetaking i 2005.

2.1 Utvelgelse av prøvetakningspunkter

For å skaffe en best mulig oversikt over hva som kan være maksimale konsentrasjoner av hvitt fosfor i de tre skytefeltene, er prøvetakingen lagt opp til at en aktivt identifiserer områder som kan være ”hot spots” og foretar prøvetaking av jord/sediment fra slike områder. ”Hot spots” for hvitt fosfor forurensning vil typisk være krater fra ammunisjon som inneholder hvitt fosfor (4)(5), samt dammer, pytter eller forsenkninger i terrenget der det står vann (6)(7).

Identifiseringen av ”hot spots” er gjort av personell fra FFI i samråd med EOD personell fra FMO. Det er benyttet ulike metoder for å identifisere ”hot spots”. Kriteriene for identifisering av fosforkrater som ble benyttet var: visuelle kjennetegn i form av rester av ammunisjon med hvitt fosfor; kraterets utseende både med hensyn på romlig utbredelse og grad av plantevekst i nærområdet og i hvilken grad det observeres brennmerker ved kratret. Det ble også benyttet et feltinstrument (AP2C fra Proengin SA i Frankrike) som er sensitivt for fosfor for å påvise lokaliteter med høye konsentrasjoner (> 1 g/kg tørr prøve) av hvitt fosfor.

2.2 Prøvetakning av jord/sediment

Det er tatt en rekke jord- og sedimentprøver i forbindelse med feltarbeidet. Jord- og sedimentprøvene vil avdekke om det er rester av hvitt fosfor i krater, noe som vil avhenge av jordsmonn, klimatiske faktorer, samt tidspunkt for skyting. Jordprøvene er hovedsaklig tatt i og omkring relativt ferske krater, mens sedimentprøvene er tatt fra permanente dammer og tjern.

Jord- og sedimentprøvene er tatt av overflatelaget. Dette er gjort for å relatere forurensningsnivået av hvitt fosfor til biotilgjengelighet for dyr og mennesker. Dybden vil variere noe avhengig av jordsmonn, men er typisk rundt 2-3 cm for jordprøver og noe dypere for sedimentprøver. Overflatelaget som det er tatt delprøve av er maksimalt 200 cm². Dette er et betydelig større prøvevolum enn det som er benyttet ved prøvetaking i Alaska (8), men med bakgrunn i undersøkelser gjort på Hjerkin (4) og at FFI har mulighet for å ekstrahere store prøvevolumer er det valgt å benytte så store prøver for å øke sannsynligheten for å få med

fosforpartikler ved prøvetakningen. Hvert angitt prøvepunkt består i utgangspunktet av tre delprøver, noe som er med på å øke sannsynligheten for at partikler av hvitt fosfor skal bli prøvetatt. Ved analyse er alle delprøvene samlet til en prøve og hele prøven analysert. Sedimentprøvene er i utgangspunktet tatt på tilsvarende måte som jordprøvene, men det var her vanskelig å vurdere prøvedybden og prøvetatt areal. Dette skyldes veldig mykt sediment som raskt ble oppvirvlet ved prøvetaking. 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 (8). Jord- og sedimentprøvene er tatt med spade eller øse av metall og overført til flasker med tett kork. Det er fylt vann på flaskene, slik at vannet overstiger de prøvetatte massene.

Det var i utgangspunktet planlagt å ta 8 jord/sedimentprøver fra hvert av de nedslagsområdene som er valgt ut i de tre skytefeltene. Antall prøver er relativt lite, men er bestemt ut i fra at det ble ansett som svært sannsynlig at en skulle finne krater fra ammunisjon med hvitt fosfor. Innholdet av hvitt fosfor i de enkelte krater fra ammunisjon med hvitt fosfor vil rett etter detonasjon variere lite, men vil selvsagt være avhengig av i hvilken grad det blir stående vann i krateret og om det er et krater fra bombekaster- eller artilleriammunisjon. Det er valgt å ta prøver fra de kratrene som vurderes til å være yngst. Ved utvelgelse av prøvepunkt har FFI prioritert å ta prøver fra vannfylte krater, ettersom hvitt fosfor vil forsvinne relativt fort om krateret tørker ut i deler av året. En nærmere beskrivelse av prøvetakningen i de ulike skytefeltene er redegjort for i Kapittel 3 og Appendiks A.

2.3 Prøvetaking av vann

Det er tatt vannprøver fra elver og bekker som har tilknytning til de utvalgte nedslagsområdene for å bestemme innholdet av hvitt fosfor. Prøvetakningen av vann tjener to formål. Det ene er å kvantifisere nivået av hvitt fosfor i vannet for og gjøre vurderinger av risiko knyttet til det å benytte vannet til drikkevann for mennesker og dyr, og eventuelt om nivået av hvitt fosfor i vannet kan ha effekter på vannlevende organismer. Det andre er å kunne gjøre grove estimater av mengde hvitt fosfor i form av partikler som ligger i de øvre sedimentlag i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning. Estimatenes baseres på data i litteraturen (6) om oppløsningshastighet for hvitt fosfor i vann, antatt gjennomsnittlig partikkelstørrelse ut fra studier gjort av FFI på Hjerkin i 2003 knyttet til spredning av hvitt fosfor etter detonasjon av hvitt fosfor granater (4), samt vannføringen i bekken/elven.

Oppløsningshastigheten av hvitt fosfor i vann vil i hovedsak være påvirket av i hvilken grad det er stillestående vann eller rennende vann. Nedbrytningstiden for løst fosfor i vann er avhengig av mengde oksygen i vannet, temperatur og pH. Et høyt nivå av oksygen i vannet, høy temperatur og høy pH vil føre til en raskere nedbrytning av løst hvitt fosfor i vann. De estimater av mengde hvitt fosfor som ligger i sedimentene i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning er såpass grove at de nevnte faktorer vil ha liten betydning for de vurderinger som er gjort. Det er benyttet konservative verdier for oppløsningshastighet, ettersom denne parameteren er usikker. Beregningene som er gjort vil derfor overestimere mengden av partikler

med hvitt fosfor i sedimentene i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning. En nærmere beskrivelse av prøvetakningen i de ulike skytefeltene er redegjort for i Kapittel 3 og Appendiks A.

2.4 Kjemisk analyse

Analysemetoden 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 Hjerkinnskytefelt i 1988 (9). Denne metoden baserer seg på ekstraksjon av hvitt fosfor med karbondisulfid og gasskromatografisk bestemmelse ved bruk av nitrogen/fosfor detektor. 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 løsemiddelekstraksjon og gasskromatografi (10). I hovedsak er de metoder som er benyttet av FFI for analyse av hvitt fosfor i jord, sediment og vannprøver tilsvarende det som er beskrevet i EPA metode 7580, men FFI benytter løsemidlet karbondisulfid og noe større prøvemengde ved ekstraksjon, noe som gir en lavere deteksjonsgrense.

Karbondisulfid er det beste løsningsmidlet for hvitt fosfor. Dette er derfor valgt ved prøveopparbeidelse for å sikre at alt hvitt fosfor blir ekstrahert i prøver av jord/sediment, ettersom disse kan inneholde høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. De analysemetodene som FFI benytter for bestemmelse av hvitt fosfor i prøver er nærmere beskrevet i FFI/RAPPORT-2003/01224 (11) og FFI/RAPPORT-2004/00177 (4). For jord- og sedimentprøver er delprøvene samlet til en prøve og hele denne prøven er ekstrahert og analysert. I etterkant er hele jord- og sedimentprøven tørket, slik at det kan beregnes en konsentrasjon av hvitt fosfor per mengde tørr jord/sediment. Med de analysemetodene som benyttes vil deteksjonsgrensen for hvitt fosfor være mer enn tilstrekkelig for å gjøre vurderinger av risiko for eventuelle rester av hvitt fosfor i nedslagsområdene.

2.5 Risikovurdering

Vanlig praksis ved risikovurdering av forurenset grunn er å bruke veilederen til SFT (12). Imidlertid er distribusjonen av hvitt fosfor i Forsvarets skyte- og øvingsfelt punktvis fordelt, mens veilederen til SFT kun beregner risiko for forurensninger som er relativt homogent fordelt innenfor områder av en viss romlig utstrekning. De spesielle egenskapene til hvitt fosfor med hensyn på nedbrytning og oppholdstid i miljøet gjør også at et verktøy der dette blir tatt hensyn til vil egne seg bedre. Risikovurderingen vil i prinsipp være i overensstemmelse med det som er beskrevet i "Veiledning for risikovurdering av forurenset grunn" utgitt av Statens forurensningstilsyn (12), men er tilpasset hvitt fosfor sine kjemiske egenskaper og den heterogene fordelingen av hvitt fosfor. Det vil si at alle de premissene som veilederen legger opp til vil bli fulgt. I tillegg vil det bli gjort en beregning av sannsynligheten for at personer eller beitedyr kan komme i kontakt med de forurensete punktene. Effekter av hvitt fosfor på planter er ikke tidligere rapportert. Risikovurdering av hvitt fosfors effekt på flora er derfor ikke

inkludert. FFI har utviklet et risikoverktøy for hvitt fosfor og andre stoffer som har liknende distribusjon i miljøet. Beregningene baserer seg på Bayesiansk statistikk og modellen er et Bayesiansk nettverk.

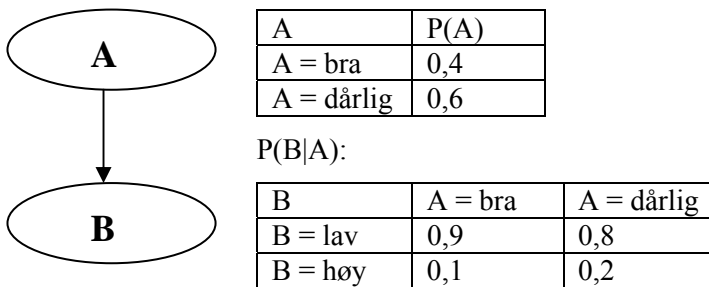
2.5.1 Bayesianske nettverk

Bayesianske nettverk kalles så, fordi de bruker Thomas Bayes regel for sammenheng (Formel 2.1). Essensen i Bayesianske metoder er å gi en matematisk regel for hvordan du skal forandre dine forventninger i lys av ny erfaring eller empiri. Med andre ord, de tillater å kombinere nye data med eksisterende kunnskap eller ekspertise.

$$P(R = r | e) = \left(\frac{P(e | R = r)P(R = r)}{P(e)} \right) \quad (2.1)$$

hvor $P(R=r|e)$ er sannsynligheten for at en tilfeldig variabel R har verdien r gitt bevis e .

Et Bayesiansk nettverk består av ett sett noder og ett sett retningsbestemte kanter, hvor nodene inneholder data om en eller annen tilstand og hvor kantene indikerer årsakssammenheng mellom de ulike tilstandene i systemet. Det enkleste Bayesianske nettverk består av 2 noder (A og B) og en kant (Figur 2.1). For å beskrive noder uten inngående kanter (A) oppgir man en ubetinget sannsynlighetsfordeling, mens for noder med inngående kanter (B) oppgir man en betinget sannsynlighetsfordeling. Normalt indikerer en kant fra A til B at A enten forårsaker B, at A delvis forårsaker B, at B er en ufullstendig observasjon av A, at A og B er funksjonelt relatert, eller at A og B er statistisk korrelert.



Figur 2.1 Eksempel på et enkelt Bayesiansk nettverk

Bayesianske nettverk fanger opp relasjonene mellom variable som er relevant for et eller annet problem. Disse relasjonene kan være stokastiske, upresise eller usikre. Verdien til en node avhenger av hvilken verdi til hvert av foreldrenodene har.

2.5.2 Livstidseksponering

Inntak av drikkevann forurenset med hvitt fosfor kan føre til helseeffekter for mennesker. I den forbindelse er det viktig å undersøke om forurensningen i feltet kan påvirke drikkevannskilder,

og om vannet som renner ut av feltene kan egne seg som drikkevann.

2.5.3 Eksponering av mennesker i målområder

Gjennom flere års bruk av skytefeltene kan det i enkelte områder være akkumulert hvitt fosfor. Spesielt i fuktige områder vil dette være sannsynlig. Eksponeringen kan skje gjennom tilfeldig oralt inntak av jord, og ved drikking av vann fra bekker og tjern. Det er imidlertid stor usikkerhet rundt hvor mye ammunisjon med hvitt fosfor som er skutt og i hvilke målområder dette har havnet. I Setermoen skyte- og øvingsfelt, hvor det ble valgt ut tre målområder for undersøkelse av hvitt fosfor. Det antas at all røykammunisjon med hvitt fosfor som er benyttet de siste årene har havnet innenfor de utvalgte målområdene. Det samme er gjort ved risikovurdering i Blåtind og Mauken skyte- og øvingsfelt.

2.5.4 Eksponering av beitedyr

På lik linje med mennesker kan beitedyr som for eksempel rein, elg, rådyr, sau eller storfe bli eksponert gjennom oralt inntak av jord og ved drikking av vann fra elver, bekker eller tjern. Beiting innebærer et høyere oralt inntak av jord enn det som er tilfelle for mennesker. Det er også mulig at beitedyr i større grad vil drikke vann fra pytter med stillestående vann som kan inneholde høyere konsentrasjoner av hvitt fosfor.

2.5.5 Eksponering av annen fauna

Det er i liten grad foretatt vurderinger av annen fauna enn beitedyr i risikovurderingen. Store rovdyr som jerv og gaupe, samt mer stasjonær fauna som lemmen, markmus og lignende kan påvirkes av forurensningen. Det er gjort en grov vurdering av risikoen på individnivå for annen fauna basert på eksponeringsdata fra beitedyr.

3 BESKRIVELSE AV PRØVETAKNINGOMRÅDER

Feltarbeidet ble utført i perioden 23 – 25 august 2005 og 17 – 21 juli 2006. Det var stort sett fint vær i prøvetakingsperioden i 2005, men natt til 24 august og om morgenen denne dagen var det et kraftig regnskyll i prøvetakingsområdene. Det var stort sett fint vær uten nevneverdig nedbør den uka som vannprøvene ble tatt i 2006 og det ble vurdert å være normal vannføring i elver og bekker.

Nedenfor er det gitt en grov beskrivelse av de områdene hvor man har samlet inn prøver. Hvert enkelt prøvetakingspunkt er detaljert beskrevet i Appendiks A. I Appendiks B er det oppgitt GPS posisjoner for alle prøvene.

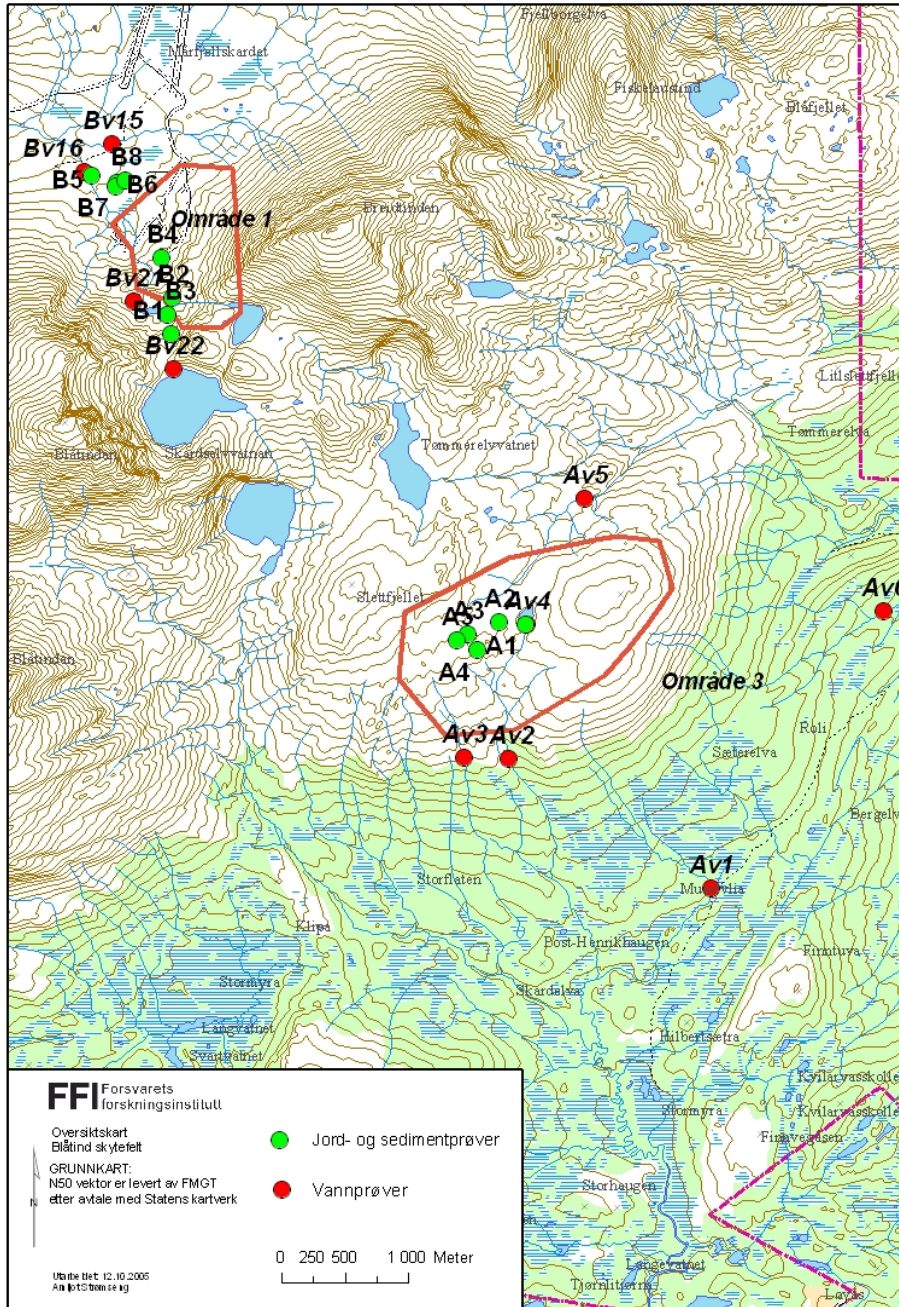
3.1 Blåtind skytefelt

Område 1

Dette prøvetakingsområdet ligger på sydsiden av Mårfjellskardet over skoggrensen i en høyde som strekker seg fra 550 moh til 750 moh (Figur 3.1). Området består av morenemasser av stor mektighet i dalbunnen med stedvis innslag av våtere myrområder. Det er relativt liten hellingsgrad i de laveste delene av området. I denne delen av området er det mange oppstikkende steiner. Noen av de største steinene brukes ofte som mål for skyting med stridsvogn og bombekaster. Det svakt hellende terrenget i dalen går over til å bli brattere mot sydøst. Her er det oppstikkende fjellknauser med løsmasser av mindre mektighet. Lengst sydøst er det bratte fjellskrenter som strekker seg mot Breidtinden og Blåtindan. Vegetasjonen i hele området består av ulike arter gress, starr, mose, bregner og lyng.

Område 3

Dette prøvetakingsområdet ligger over skoggrensen øst for Blåtindan ved Slettfjellet (Figur 3.1). Området der det ble tatt jord- og sedimentprøver strekker seg fra 500 moh til 670 moh. De laveste områdene for prøvetaking av vann i bekker og elver går ned til 300 moh. Områdene opp mot Slettfjellet består av relativt tørre rabber med våtere søkk i terrenget. Vegetasjonen her består av ulike arter gress, starr, mose, vier, bregner, og lyng. Der de fleste vannprøvene ble tatt er det skogsvegetasjon med bjørk.

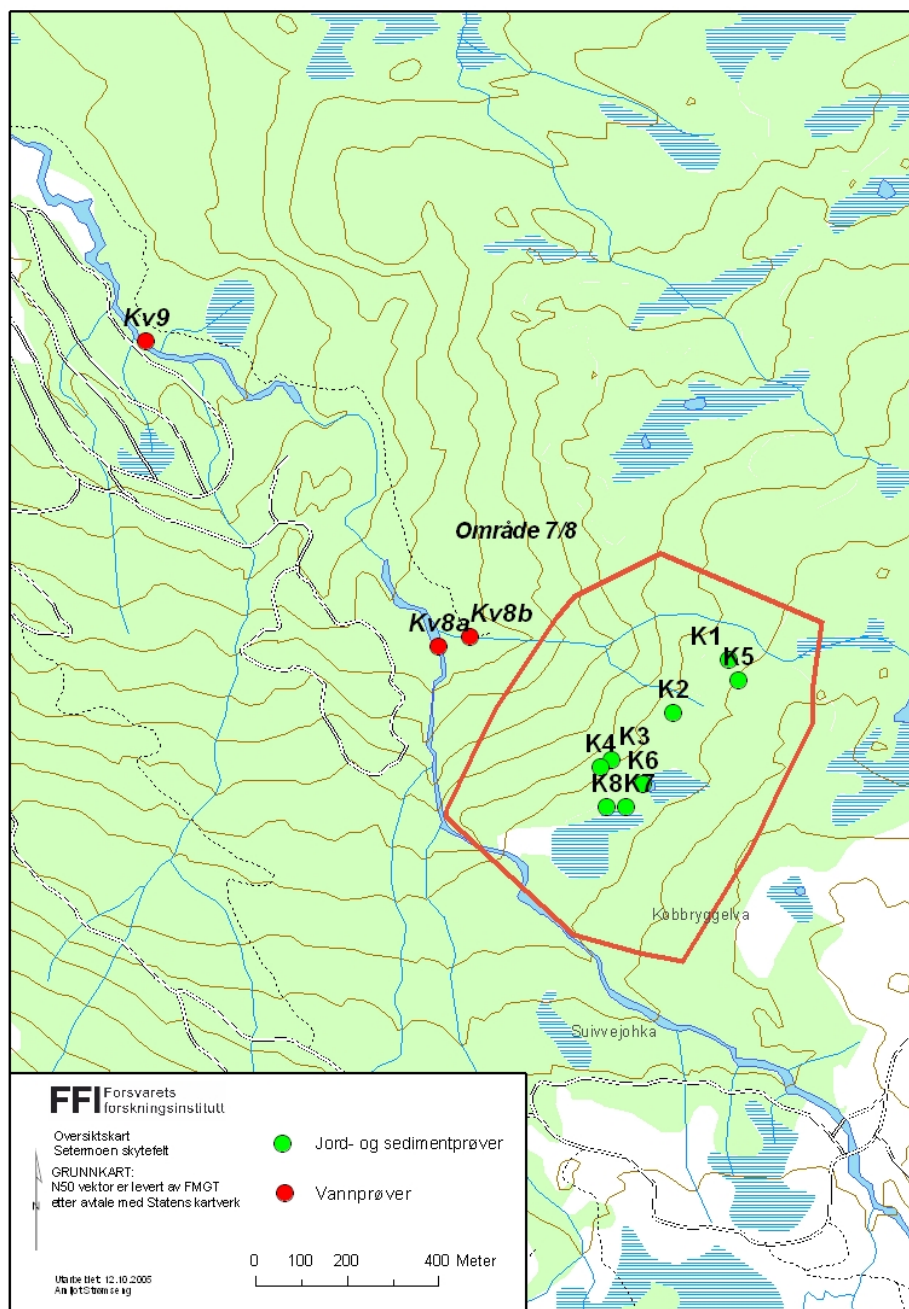


Figur 3.1 Oversikt over prøvepunkter i Blåtind skytefelt. Rød avgrensing viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.2 Setermoen skytefelt

3.2.1 Område 7/8 i Kobbryggdalen

Dette prøvetakingsområdet ligger nordøst for Kobbryggelva i starten av Kobbryggdalen og består av en fjellskrent med et bakenforliggende myrområde (Figur 3.2). Området hvor det ble tatt jord- og sedimentprøver ligger fra 400 moh til 450 moh. Vegetasjonen i området varierer fra bjørkeskog til åpne myrområder. Disse myrområdene har en vegetasjon av ulike arter av gress, starr, lyng og mose.

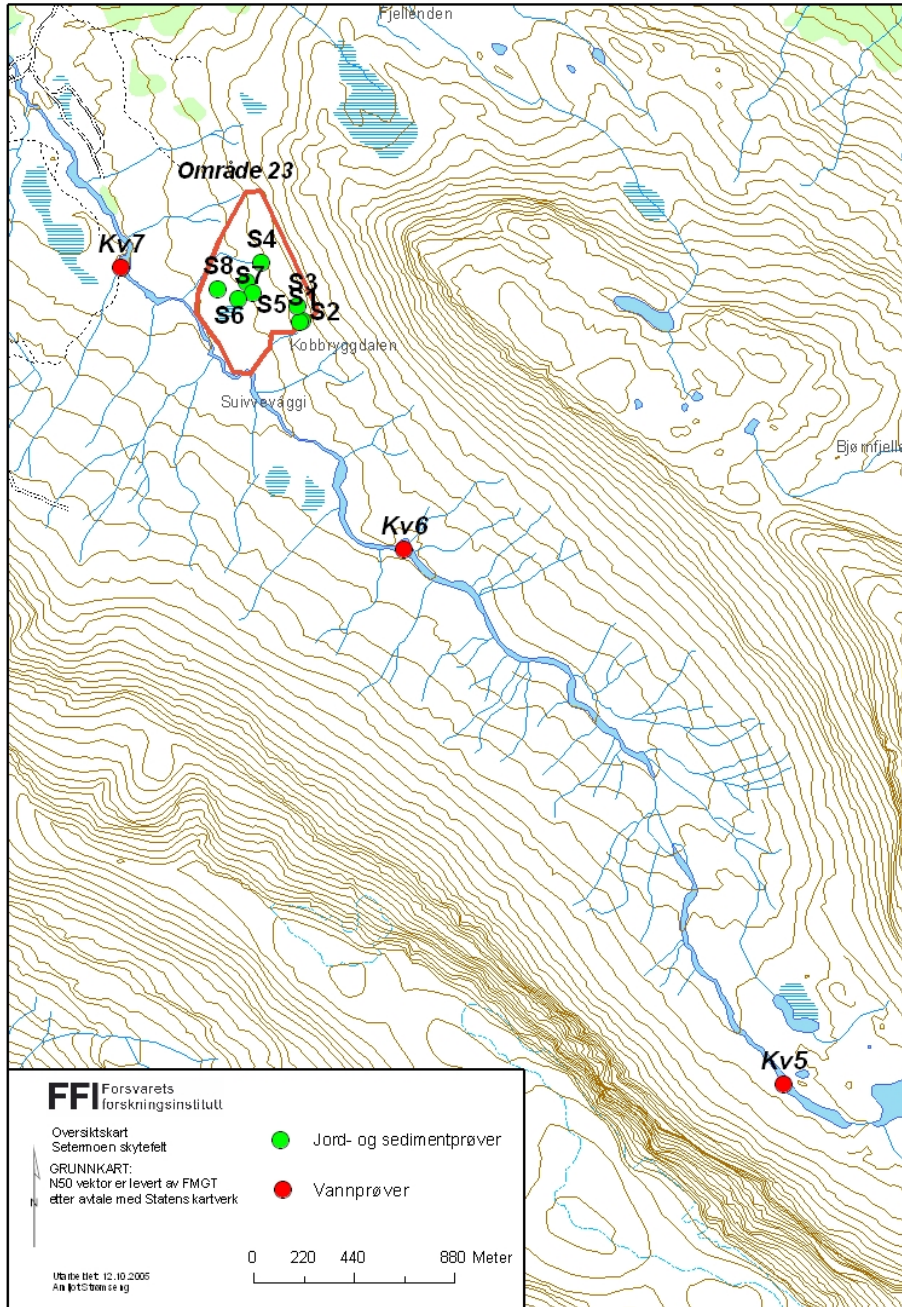


Figur 3.2 Oversikt over prøvepunkter fra område 7/8 i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.2.2 Område 23 i Kobbryggdalen

Dette prøvetakingsområdet ligger lenger sydøst for prøvetakingsområde 7/8 og øst for Kobbryggelva (Figur 3.3). Området er svakt hellende lengst ned mot elva med stort innslag av våte myrdrag. Høyere opp i området er det brattere og noe tørrere.

Prøvetaking av vann ble gjort gjennom hele kobbryggdalen fra 250 moh til 700 moh. Det er stor variasjon i både vegetasjonsdekke og i løsmassens mektighet gjennom dalen. Generelt er det en del våte myrområder i dalbunnen av Kobbryggdalen, men det finnes også tørre morenerabber.



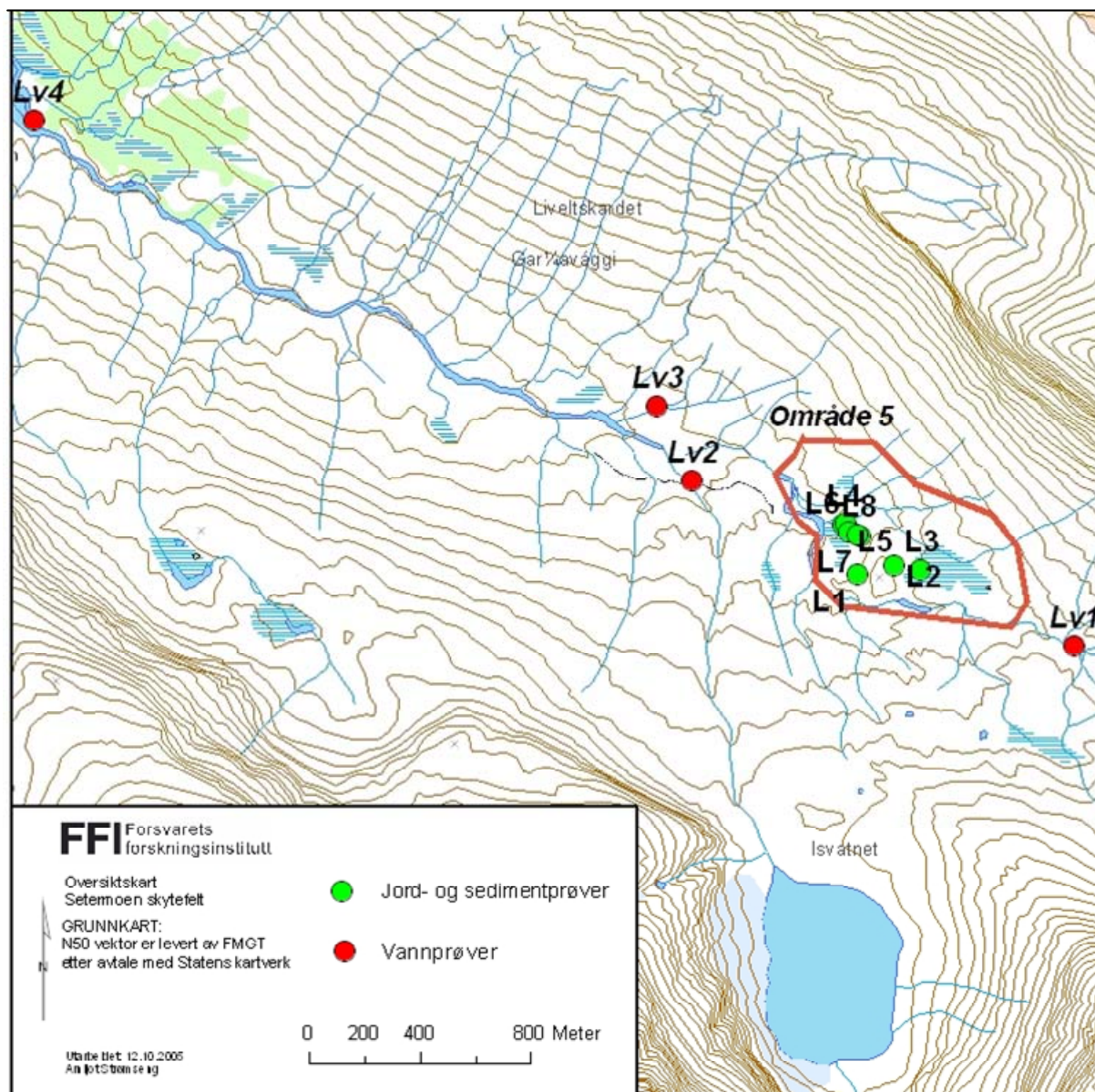
Figur 3.3 Oversikt over prøvepunkter fra område 23 i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.2.3 Området 5 i Liveltskardet

Dette prøvetakingsområdet består av en morenerygg med stor mektighet med myrområder både nordvest og sydøst for ryggen (Figur 3.4). Området hvor det ble tatt jord- og sedimentprøver ligger ca 600 moh. Vegetasjonen på myrene består av ulike arter star, gress, vier og mose. På moreneryggen er det lyng, gress, vier, lav og mose.

Prøvetakingen av vann ble gjort gjennom hele Liveltskardet fra 500 moh til 700 moh. Denne

dalen består av varierende mektighet av moreneløsmasser, hvor det er partier med våte myrer og tørre rabber. Generelt består vegetasjonen av ulike arter av gress, vier, starr, lyng og mose. Ved det nederste prøvetakingspunktet for vann er det bjørkevegetasjon.



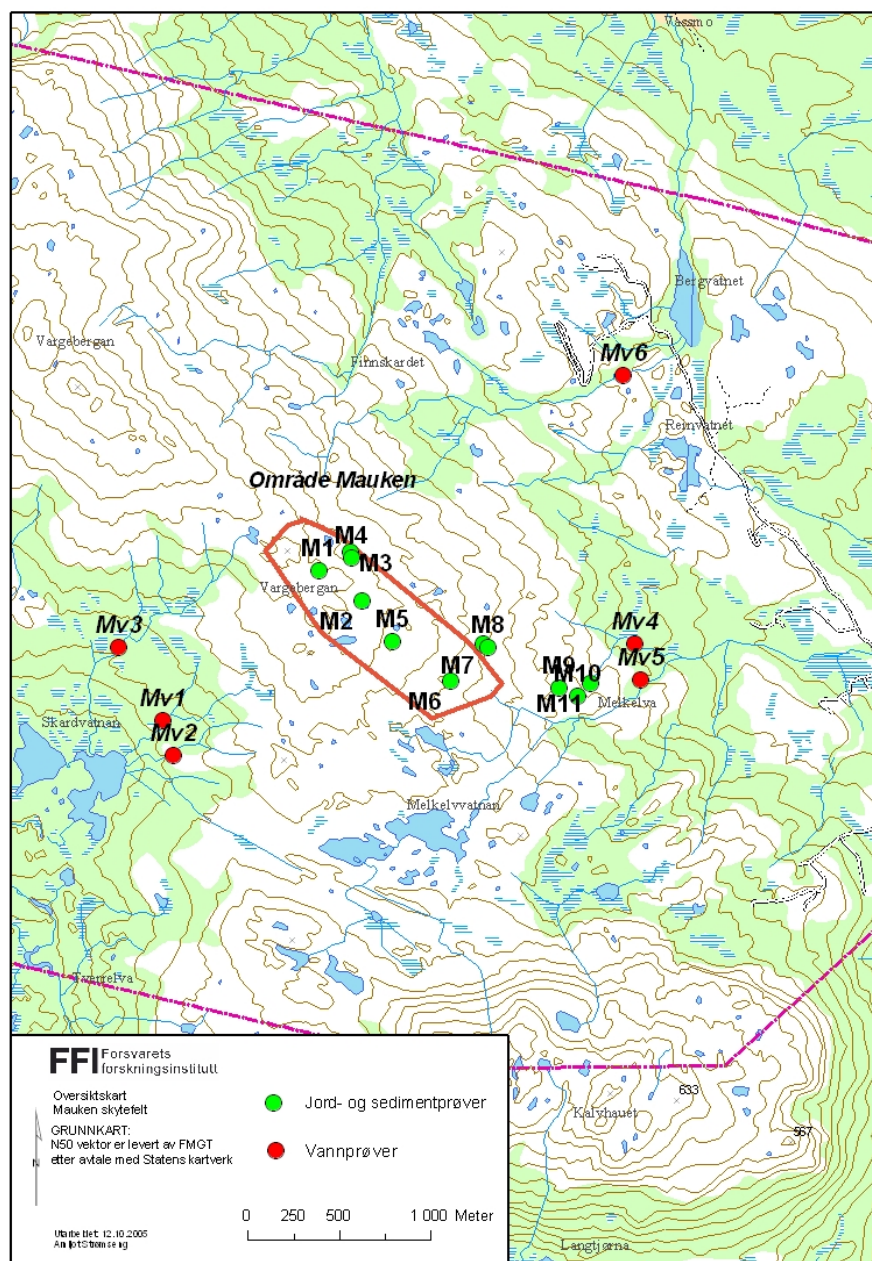
Figur 3.4 Oversikt over prøvepunkter fra område 5 i Liveltskardet i Setermoen skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.3 Mauken skytefelt

Dette prøvetakingsområdet ligger sydøst for Vargbergan og består av relativt tørre rabber med enkelte våtere søkk i terrenget (Figur 3.5). Det er flere små tjern i området som ligger innenfor nedslagsområdene for artilleri og bombekaster. Området for jord- og sediment strekker seg fra 450 moh til 570 moh og har et relativt tynt dekke av løsmasser med oppstikkende fjellknauser

og oppstikkende steiner. Et langt større område enn det som var tenkt ble gjennomgått for å lete etter rester av hvitt fosfor etter nærmere anvisning fra skytefeltadministrasjonen og flere av prøvepunktene ligger derfor utenfor det planlagte prøvetakingsområdet.

Vannprøvene ble tatt ned til skogsgrensen på 450 moh. Vegetasjonen i området består av spredt fjellbjørk og ulike arter av gress, starr, mose, vier og lyng.



Figur 3.5 Oversikt over prøvepunkter fra Mauken skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

4 RESULTATER

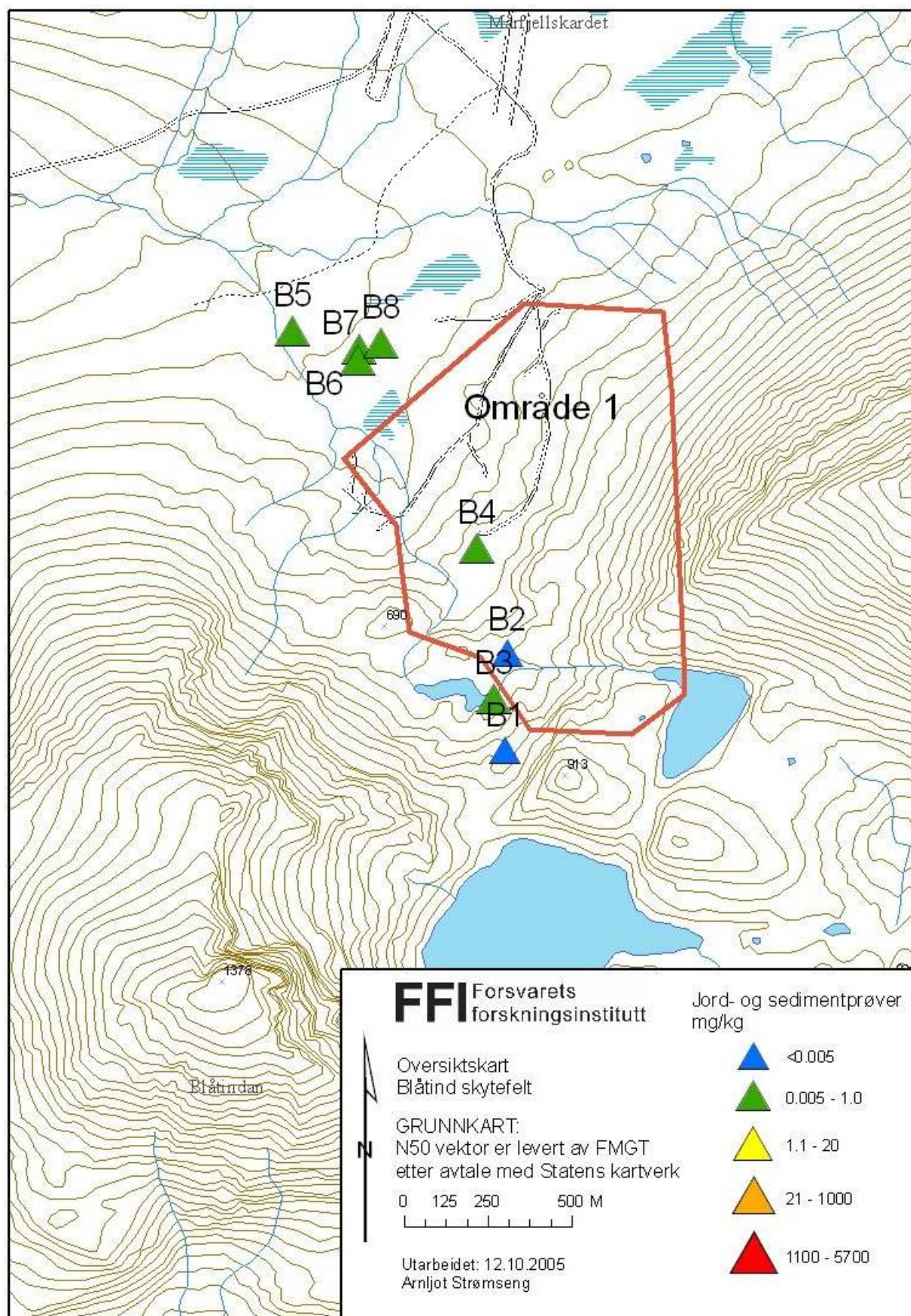
I Appendiks C og D er resultatene fra analysene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver og vannprøver gjengitt. Her er også mengden tørr prøve som er ekstrahert oppgitt for den enkelte jord/sedimentprøve.

4.1 Blåtind skytefelt

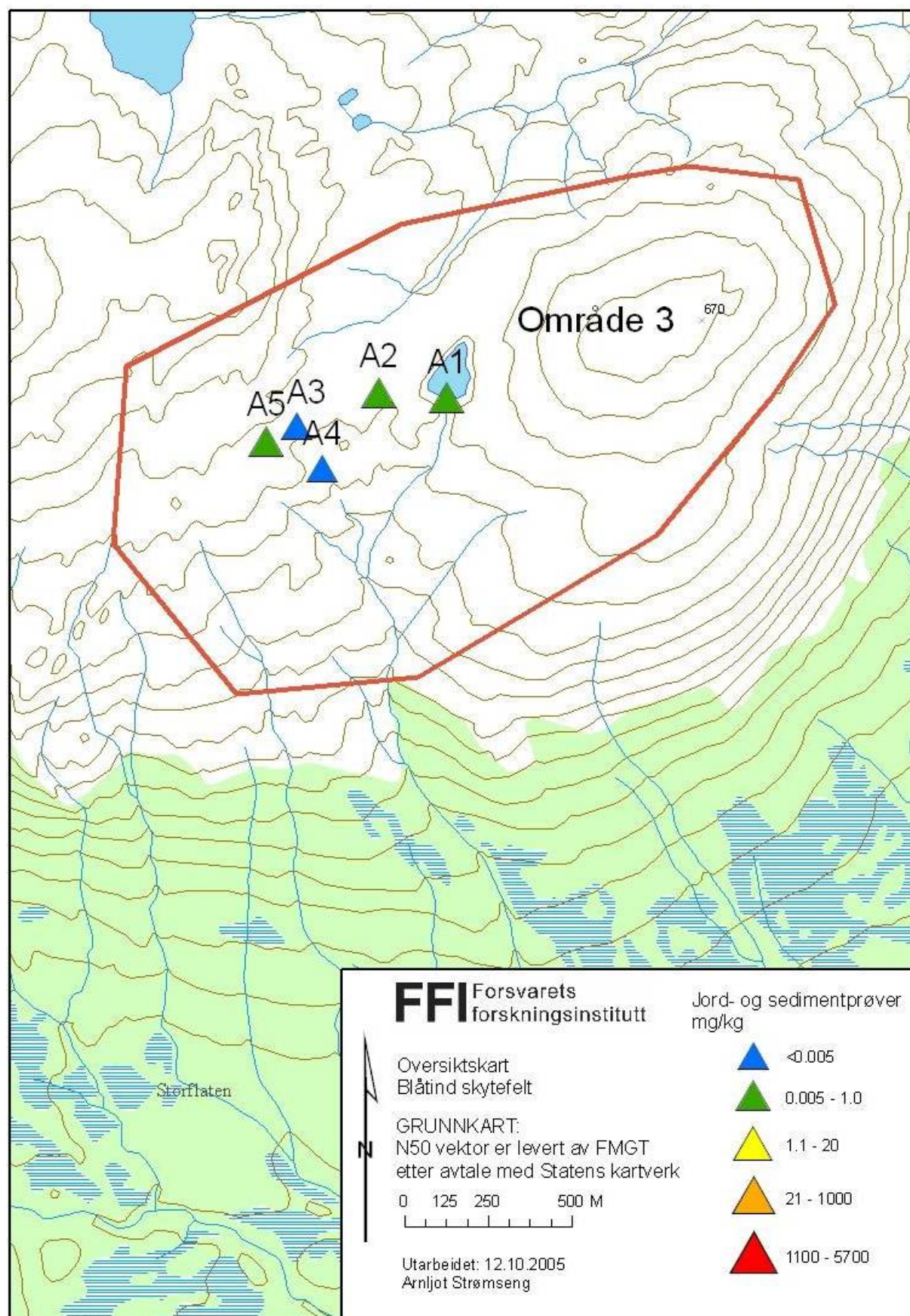
De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver og vannprøver fra område 1 og 3 er vist i Tabell 4.1. Det var ingen av jord/sedimentprøvene tatt i Blåtind skytefelt som viste seg å inneholde høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, noe som er vist i Figur 4.1 og Figur 4.2. Det er derfor på det rene at det ikke lot seg gjøre å oppspore krater fra ammunisjon med hvitt fosfor som har vært vannfylte siden dannelsen. Det ble påvist små mengder med hvitt fosfor i de fleste prøvene, noe som indikerer at det er blitt skutt hvitt fosfor inn i området. Det er lite våte områder både i område 1 og 3 og det ble observert få krater fra hvitt fosfor ammunisjon i disse to områdene og dette er sikkert årsaken til at ingen av prøvene inneholdt høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. I område 3 var det nærmest ingen krater, hverken fra hvitt fosfor eller annen ammunisjon. Dette kan skyldes at området stort sett har vært brukt i perioder med tykt snødekke. På grunn av manglende funn av krater, ble prøvetakningen her konsentrert rundt større våte arealer i nær tilknytning til aktuelle mål i området som fremstikkende bergknauser og store steiner. Større arealer ble samlet i en blandprøve og antallet prøver i dette området er derfor mindre enn det som var planlagt. Det ble ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av vannprøvene som ble tatt i de to delområdene. I Figur 4.3 er konsentrasjonen av hvitt fosfor i de ulike vannprøvene illustrert.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>		<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l vann</i>
A1, område 3	0,083		Av1, område 3	< 0,01
A2, område 3	0,017		Av2, område 3	< 0,01
A3, område 3	< 0,005		Av3, område 3	< 0,01
A4, område 3	< 0,005		Av4, område 3	< 0,01
A5, område 3	0,017		Av5, område 3	< 0,01
A5 rødt produkt, område 3	< 0,001		Av6, område 3	< 0,01
B1, område 1	< 0,005		Bv15, område 1	< 0,01
B2, område 1	< 0,005		Bv16, område 1	< 0,01
B3, område 1	0,091		Bv21, område 1	< 0,01
B4, område 1	0,055		Bv22, område 1	< 0,01
B5, område 1	0,11			
B6, område 1	0,052			
B7, område 1	0,024			
B8, område 1	0,009			

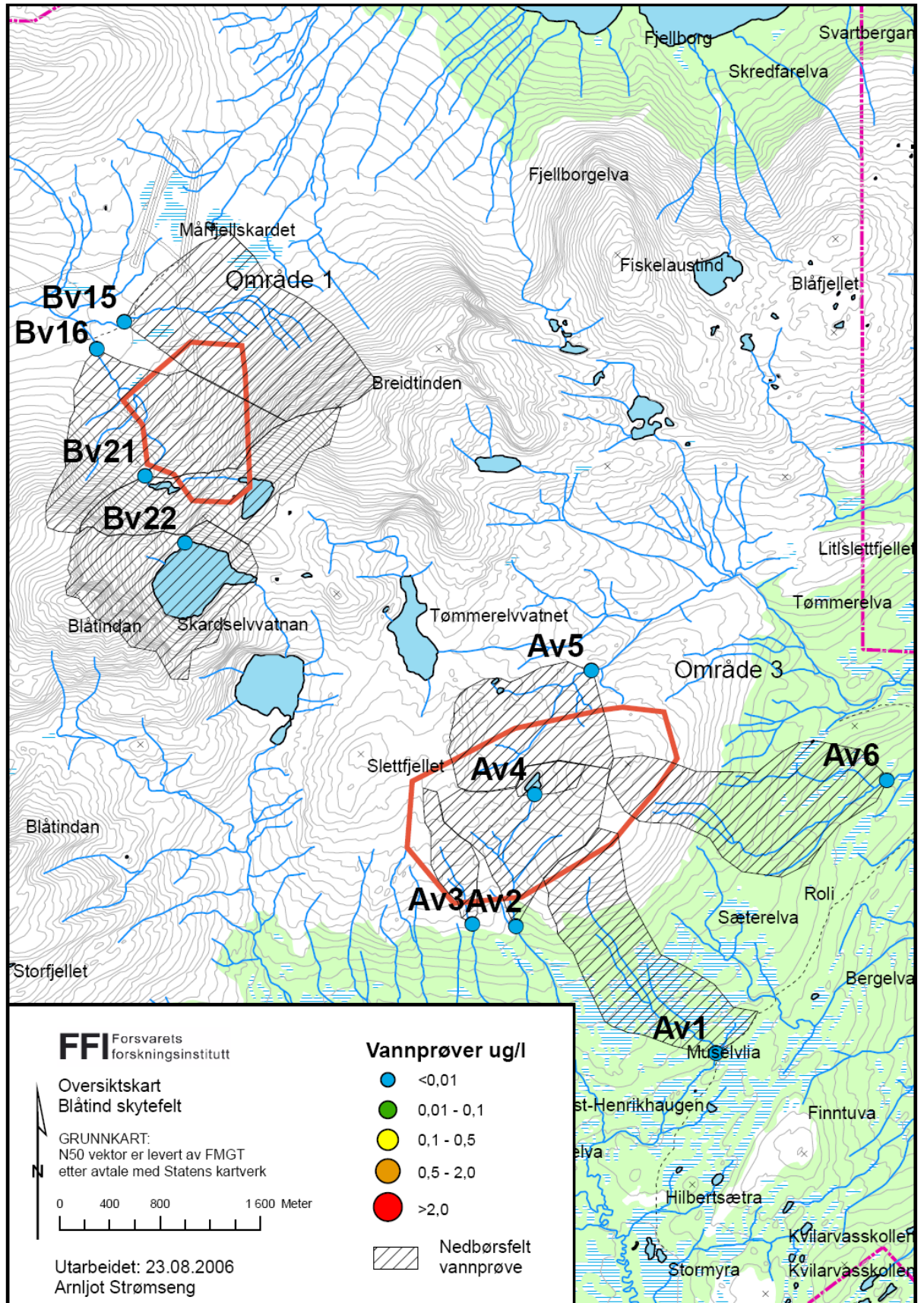
Tabell 4.1 *Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver fra område 1 og 3 og i vannprøver fra Blåtind skytefelt. Lokalisering av prøvene er vist i Figur 4.1, Figur 4.2 og Figur 4.3, mens det i Appendiks A er gitt en nærmere beskrivelse av prøvene*



Figur 4.1 Prøvepunkter for jord- og sediment i Blåtind skytefelt (område 1) markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor



Figur 4.2 Prøvepunkter for jord- og sediment i Blåtind skytefelt (område 3) markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor



Figur 4.3 Prøvepunkter for vann i Blåtind skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor. Nedbørsfeltet for de enkelte prøvene er også inntegnet

4.2 Setermoen skytefelt

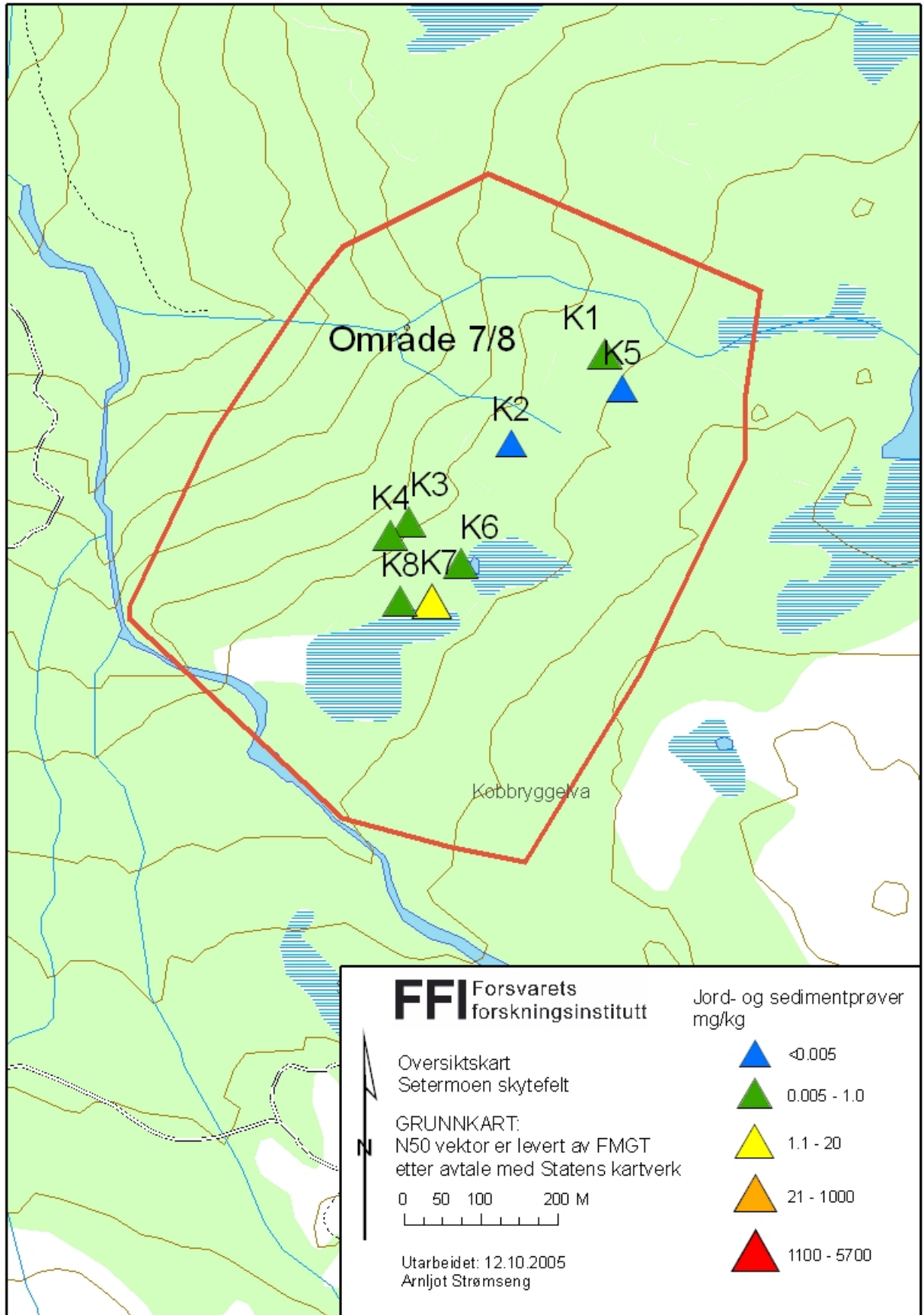
4.2.1 Kobbryggdalen

I Tabell 4.2 er konsentrasjonen av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i område 7/8 og område 23 i Kobbryggdalen samt konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøver tatt i Kobbryggdalen vist. Ingen av prøvene tatt i område 7/8 viser høye konsentrasjoner av hvitt fosfor (Figur 4.4), mens det i område 23 var en prøve som hadde høyt innhold av hvitt fosfor, noe som er illustrert i Figur 4.5. Denne prøven er tatt fra et artillerikrater som er lokalisert i den våteste delen av område 23 og det er derfor sannsynlig at det står vann i dette kratret til enhver tid. Nivået av hvitt fosfor i denne prøven er sammenlignbart med det som FFI har målt nede i ferske krater fra 155 mm artilleriammunisjon i Hjerkinnskytefelt (upubliserte data). I område 7/8 ble de høyeste konsentrasjonene av hvitt fosfor funnet i den våteste delen av området.

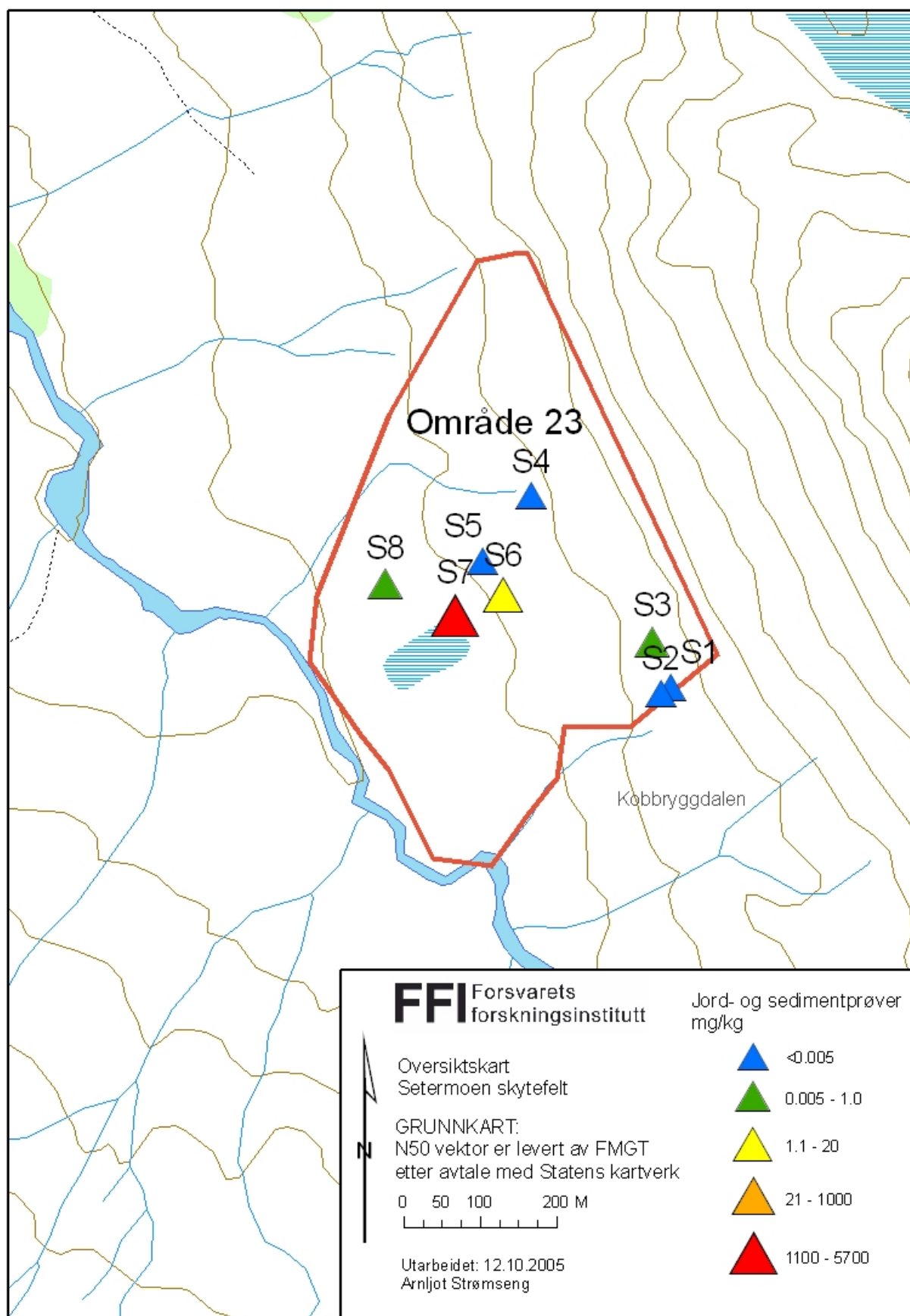
Det ble ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av vannprøvene som ble tatt i de to delområdene (Tabell 4.2). En oversikt over prøvepunkter for vann og konsentrasjonen av hvitt fosfor er vist i Figur 4.6.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>	<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l vann</i>
K1, område 7/8	0,046	Kv5	< 0,01
K2, område 7/8	< 0,005	Kv6	< 0,01
K3, område 7/8	0,11	Kv7	< 0,01
K4 våt, område 7/8	< 0,005	Kv8A	< 0,01
K4 tørr, område 7/8	0,047	Kv8B	< 0,01
K5, område 7/8	< 0,005	Kv9	< 0,01
K6, område 7/8	0,18		
K7, område 7/8	2,4		
K8, område 7/8	0,011		
S1, område 23	< 0,005		
S2, område 23	< 0,005		
S3, område 23	0,005		
S4, område 23	< 0,005		
S5, område 23	< 0,005		
S6, område 23	3,0		
S7, område 23	2000		
S8, område 23	0,008		

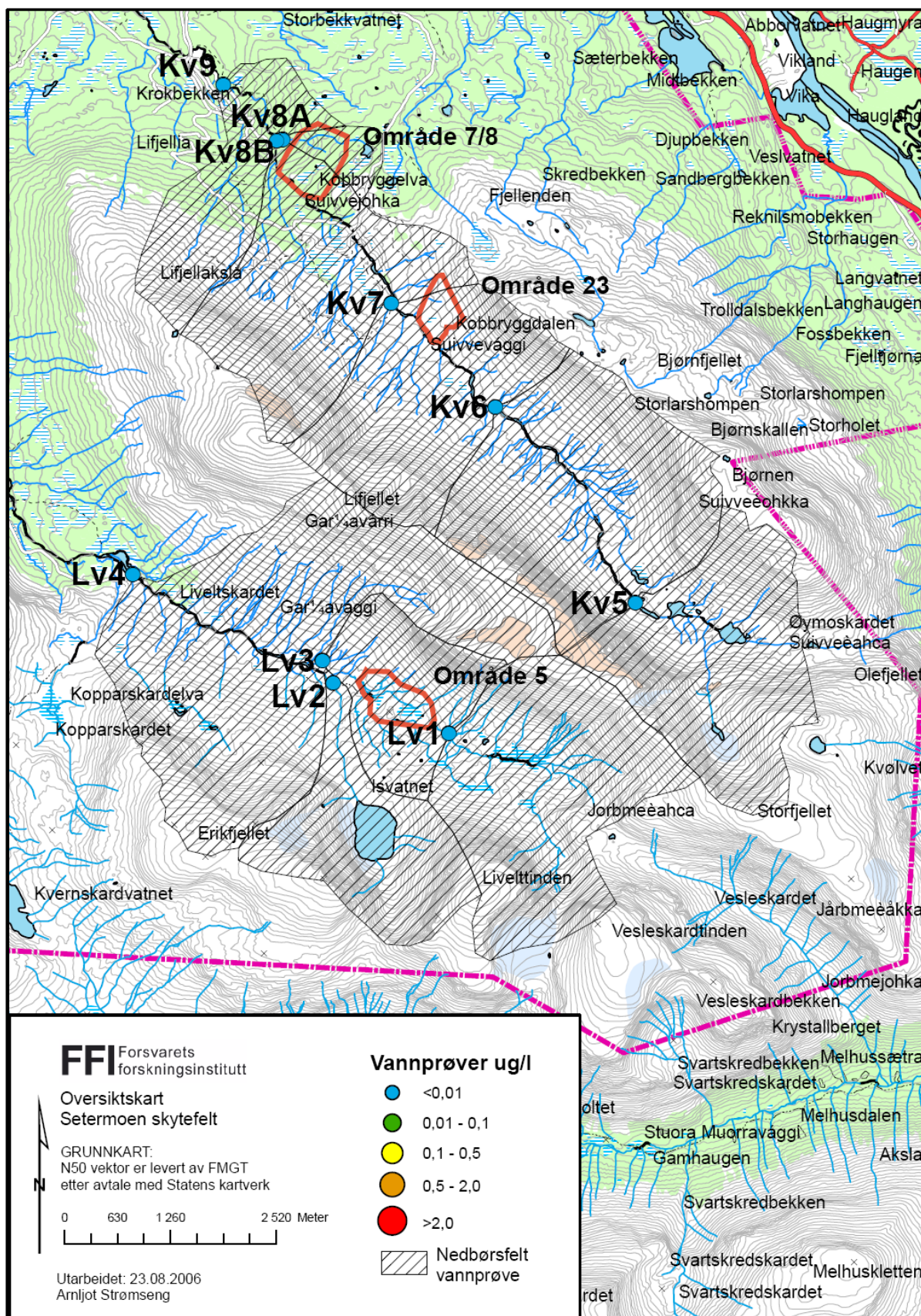
Tabell 4.2 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i område 7/8 og område 23 i Kobbryggdalen samt konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøver tatt i Kobbryggdalen. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.4, Figur 4.5 og Figur 4.6, mens det i Appendiks A er gitt en nærmere beskrivelse av prøvene



Figur 4.4 Prøvepunkter for jord- og sediment i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt (område 7/8) markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor



Figur 4.5 Prøvepunkter for jord- og sediment i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt (område 23) markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor



Figur 4.6 Prøvepunkter for vann i Setermoen skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor. Nedbørsfeltet for de enkelte prøvene er også inntegnet

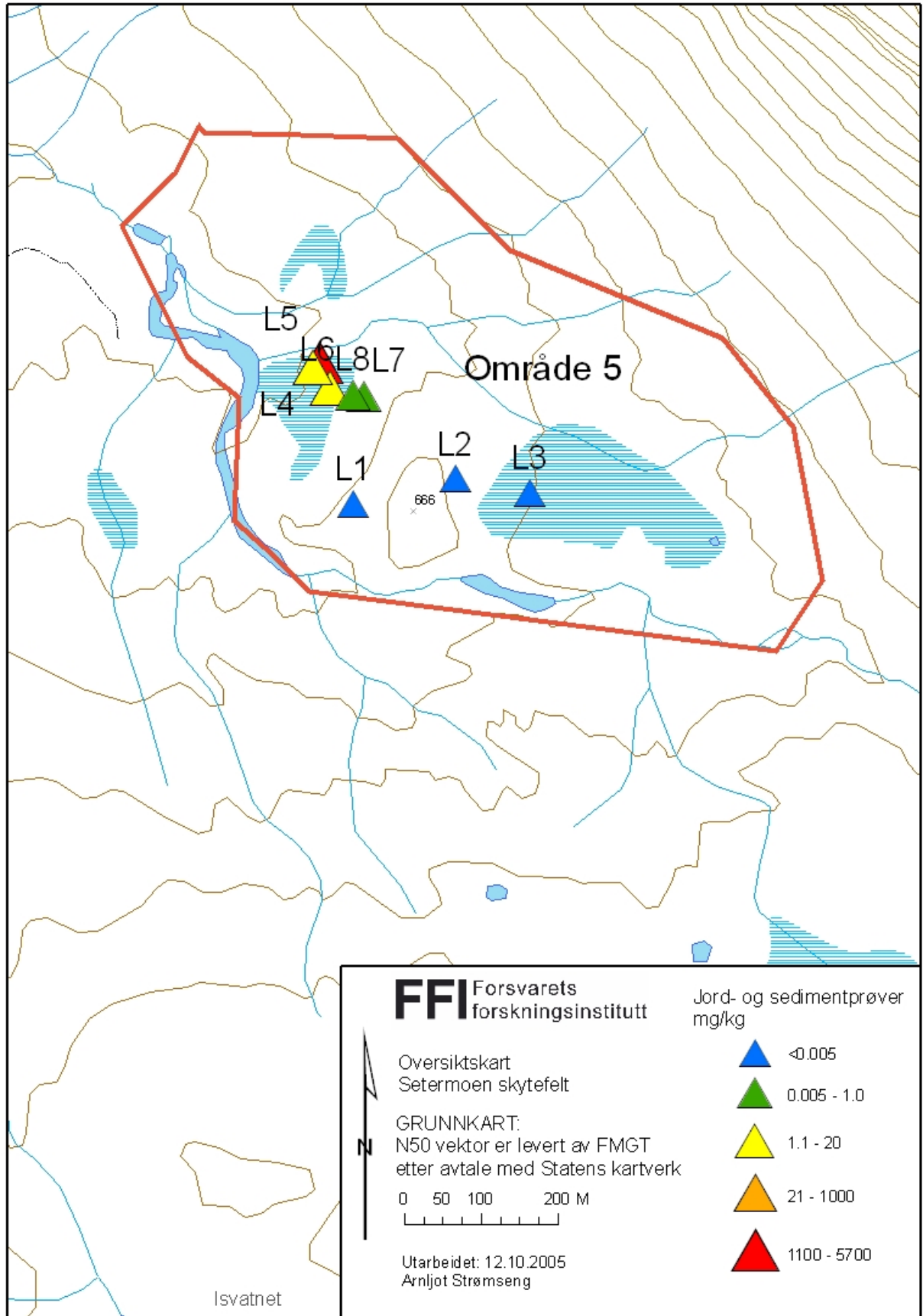
4.2.2 Liveltskardet

De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver og vannprøver fra Liveltskardet er vist i Tabell 4.3. I Liveltskardet er det ved en prøvelokalitet (L5) funnet høyt innhold av hvitt fosfor i jord/sedimentprøve (Figur 4.7) og nivået er tilsvarende det som ble funnet i Kobbryggdalen. Denne prøven er lokalisert til det flate og våte myrområdet som ligger i vestkanten av område 5 og det er sannsynlig at krater i dette området inneholder vann hele året. I dette området ble det også funnet mindre rester av hvitt fosfor i flere prøver. I de prøvene som ble tatt i den østre delen av område 5, ble det ikke funnet rester av hvitt fosfor.

Det ble ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av vannprøvene som ble tatt i Liveltskardet. I Figur 4.6 er det vist en oversikt over prøvepunkter for vann og innholdet av hvitt fosfor.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>		<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l vann</i>
L1, område 5	< 0,005		Lv1	< 0,01
L2, område 5	< 0,005		Lv2	< 0,01
L3, område 5	< 0,005		Lv3	< 0,01
L4, område 5	1,3		Lv4	< 0,01
L5, område 5	2300			
L6, område 5	1,7			
L7, område 5	0,080			
L8, område 5	0,024			

Tabell 4.3 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i område 5 i Liveltskardet samt konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøver tatt i Liveltskardet. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.6 og Figur 4.7, mens det i Appendiks A er gitt en nærmere beskrivelse av prøvene



Figur 4.7 Prøvepunkter for jord- og sediment i Liveltskardet i Setermoen skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

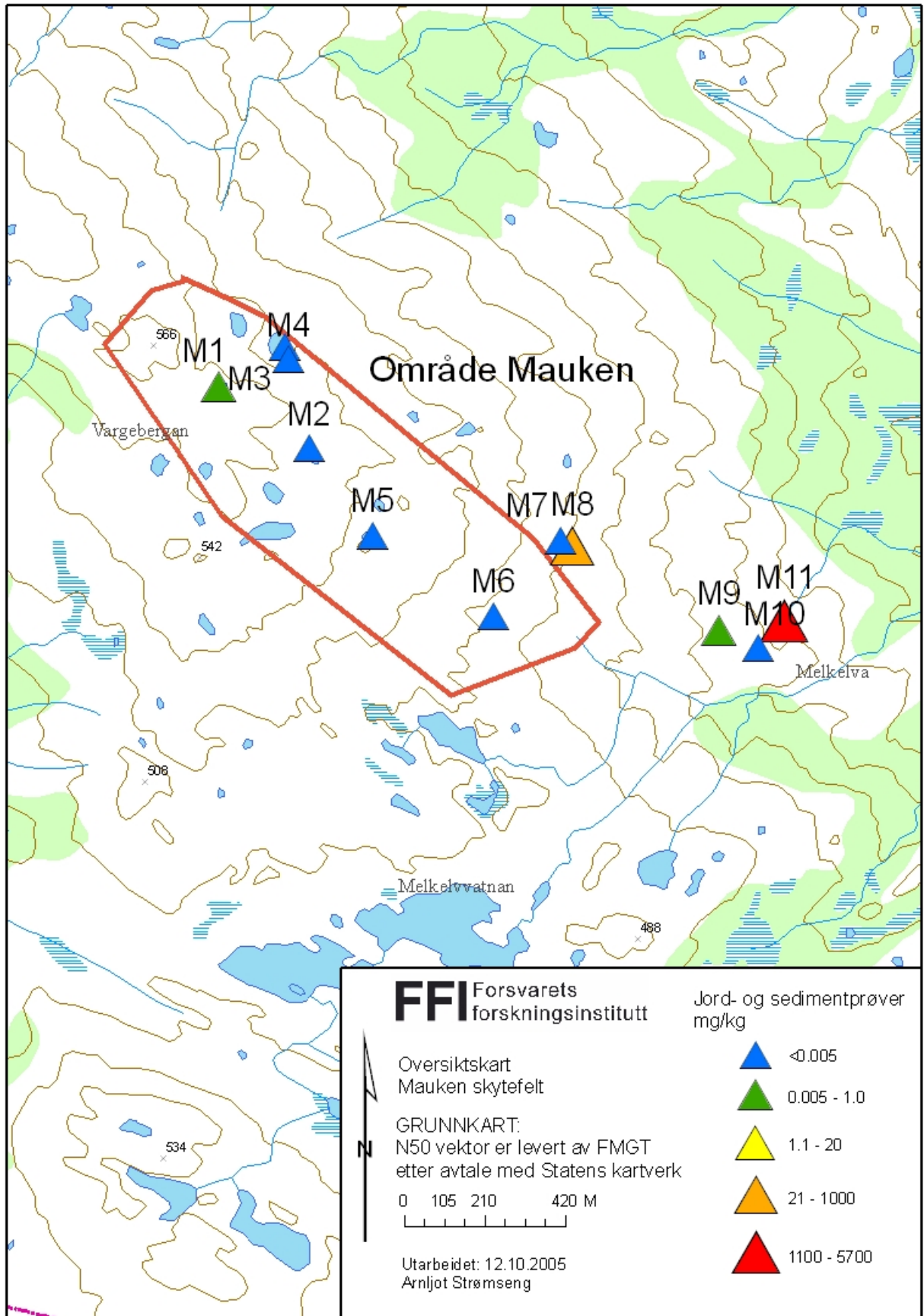
4.3 Mauken skytefelt

De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver og vannprøver er vist i Tabell 4.4. Av de 11 jord/sedimentprøvene som ble tatt i Mauken var det en prøve som inneholdt mye hvitt fosfor, noe som er illustrert i Figur 4.8. I forbindelse med feltarbeidet ble det foretatt en viss justering av det planlagte prøvetakingsområdet etter nærmere anvisning fra skytefeltforvalter. Det ble funnet et krater fra røykammunisjon med hvitt fosfor noe øst for det som var planlagt prøvetakingsområde i Mauken. Dette kratret var relativt nytt og vannfylt noe som forklarer det høye nivået av hvitt fosfor i dette kratret. I de andre prøvene ble det stort sett ikke funnet hvitt fosfor over deteksjonsgrensen.

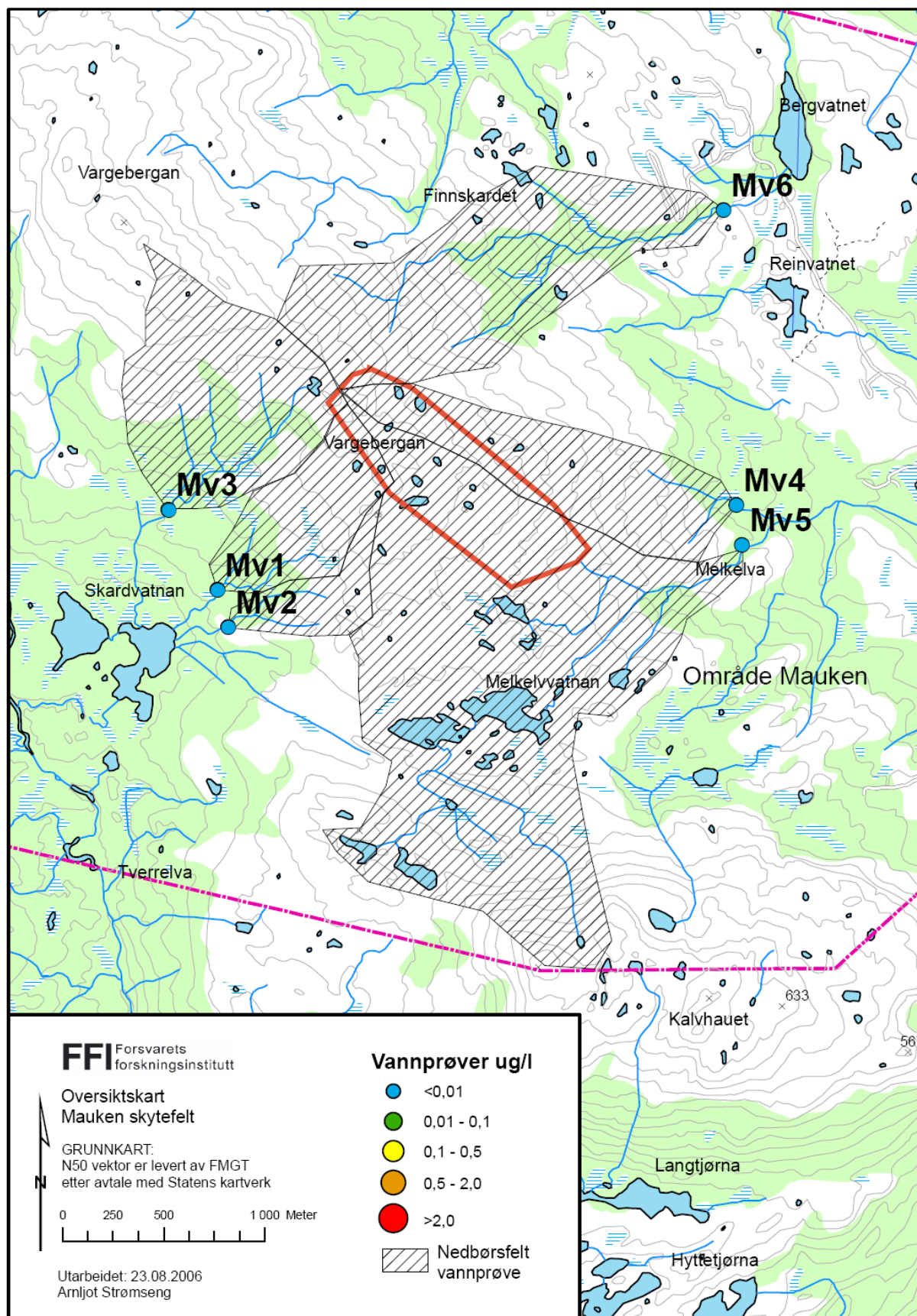
Det ble ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av vannprøvene som ble tatt i Mauken. I Figur 4.9 er det vist en oversikt over prøvepunkter for vann og innholdet av hvitt fosfor.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>	<i>Prøvepunkt</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l vann</i>
M1	0,13	Mv1	< 0,01
M2	< 0,005	Mv2	< 0,01
M3	< 0,005	Mv3	< 0,01
M4	< 0,005	Mv4	< 0,01
M5	< 0,005	Mv5	< 0,01
M6	< 0,005	Mv6	< 0,01
M7	< 0,005		
M8	26		
M9	0,080		
M10	< 0,005		
M11	5700		

Tabell 4.4 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver og vannprøver tatt i Mauken. Lokalisering av prøvene er vist i Figur 4.8 og Figur 4.9, mens det i Appendiks A er gitt en nærmere beskrivelse av prøvene



Figur 4.8 Prøvepunkter for jord- og sediment i Mauken skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor



Figur 4.9 Prøvepunkter for vann i Mauken skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor. Nedbørsfeltet for de enkelte prøvene er også inntegnet

4.4 Estimat av mengde hvitt fosfor i de undersøkte områdene

Et av formålene med analyse av hvitt fosfor i vannprøver var å kunne gjøre grove estimater av mengde hvitt fosfor i form av partikler som ligger i de øvre sedimentlag i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning. Hensikten med dette er å identifisere områder som har høyere forurensningsgrad enn andre, for dermed å kunne rangere de undersøkte områdene med hensyn på mengden av hvitt fosfor som er tilgjengelig for oppløsning og transport i forbindelse med overflateavrenning. Med bakgrunn i vannføringen til den enkelte elv/bekk som er prøvetatt og målt konsentrasjon av hvitt fosfor i elven/bekken, er det mulig å gjøre grove estimater av mengden hvitt fosfor i form av partikler som kan være tilgjengelig for oppløsning og transport med vann i nedbørsfeltene til de ulike prøvepunktene.

Det ble ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av vannprøvene som ble tatt i de undersøkte områdene. Det ble heller ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av vannprøvene som er tatt fra drikkevannskilder i tilknytning til elver og bekker som avvanner skytefeltene (13). Det er derfor ikke mulig å foreta en beregning av mengden hvitt fosfor i form av partikler som kan være tilgjengelig for oppløsning og transport med vann som planlagt.

5 RISIKOVURDERING

Det er foretatt en ny vurdering av risiko knyttet til hvitt fosfor i de tre skyte- og øvingsfeltene i Troms, basert på målte konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver fra 2005 og målte konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøver fra 2006. SFTs veileder for risikovurdering (12) er basert på en antagelse om relativt homogen fordeling av forurensning innenfor større områder, noe som ikke er tilfellet for denne typen forurensning. FFI har derfor benyttet en spesialisert modell basert på Bayesiansk nettverk som tar hensyn til den heterogene fordelingen av hvitt fosfor.

5.1 Eksponering av mennesker i målområder

5.1.1 Ferdsel og eksponering

Det er liten sivil ferdsel i de undersøkte områdene, men områdene blir sporadisk brukt til friluftsmål som jakt og bærplukking. Forsvarets personell vil i hovedsak kun være inne i de undersøkte områdene ved blindgjengerrydding. Ved blindgjengerrydding vil det kunne bli benyttet en manngard bestående av rundt 30 mann som systematisk søker gjennom området. Dette betyr at områdene er sjeldent besøkt, med en frekvens på noen få dager i året. Som et "worst case" scenario tar vurderingen høyde for at opp til 10 personer oppholder seg i området opp til 30 dager i året. Basert på SFTs veileder (12) vil en voksen person daglig innta 50 mg jord fra tilfeldige punkter i terrenget, mens daglig inntak av drikkevann er satt til 2 liter. Det er videre antatt at det ved inntak av drikkevann er 99 % sannsynlig å foretrekke vann fra elv/bekk i forhold til et tjern.

5.1.2 Tetthet av forurensede områder

Hvitt fosfor forårsaker en spredning av forurensningen som er svært lokal og hvor forurensningen kan forekomme i høye konsentrasjoner i detonasjonspunktet. Gitt betingelsene for eksponering av mennesker i Kapittel 5.1.1 og tettheten av potensielt forurensede punkter i terrenget vil det være en viss sannsynlighet for at en person kan få i seg jord og vann fra de forurensede punktene. Ett forurensningspunkt eller krater er satt til en kvadratmeter. Med utgangspunkt i oversiktstall over totalmengder hvitt fosfor benyttet i de tre undersøkte skytefeltene (Figur 5.1, node Kg WP per year) og informasjon om hvilke typer ammunisjon som er brukt (Figur 5.1, node Type amm.), blir det beregnet et årlig totalt forbruk av enkeltvis granater (Figur 5.1, node #shells/year). De mest benyttede hvitt fosfor granatene er 155 mm artillerigranat (M110) (kalles ART i Figur 5.1) som inneholder 7,1 kg hvitt fosfor, 81 mm bombekastergranat (M57) (kalles BK1 i Figur 5.1) med 1,885 kg hvitt fosfor, og 81 mm bombekastergranat (G40) (kalles BK2 i Figur 5.1) med 0,71 kg hvitt fosfor. Det burde være en sammenheng mellom type granat og rester på bakken etter detonasjon, men det er ennå ikke empirisk godt nok grunnlag til å beskrive dette forholdet. Det forutsettes at alle typer granater kan gi opphav til like konsentrasjoner i jord i et begrenset areal på en kvadratmeter. Partikler som spres rundt krateret er forventet å lande på overflaten av bakken hvor kontakt med luft vil føre til rask omdannelse. Dersom partiklene faller i vannpytter vil de imidlertid ikke brytes ned like raskt (Tabell 5.1). Det betyr at det fortsatt kan være rester av hvitt fosfor fra ammunisjon som ble skutt for mange år siden. Det gjør at tettheten av forurensede punkter vil være mye høyere i fuktige områder som myr og lignende. Forbruket av de ulike typene av granater vil påvirke vurderingen betraktelig, ettersom bruk av bombekastergranater kan gi 10 ganger så mange forurensede flekker i forhold til bruk av artillerigranater, dersom det totale forbruket av hvitt fosfor holdes konstant. Kunnskap om nedbrytning er benyttet til å beregne antall kratre med rester av hvitt fosfor og en tetthet for potensielt forurensede kratre (Figur 5.1, node Land cover, node Persistence, node #WP spots og node WP spots/km²). Basert på områdets størrelse og aktivitet kan det beregnes en sannsynlighet for å bli eksponert for hvitt fosfor (Figur 5.1, node Contact) ved hjelp av Formel 5.1;

$$P(r) = \exp(-\lambda a) \frac{(\lambda a)^r}{r!}, (r = 0, 1, 2, \dots) \quad (5.1)$$

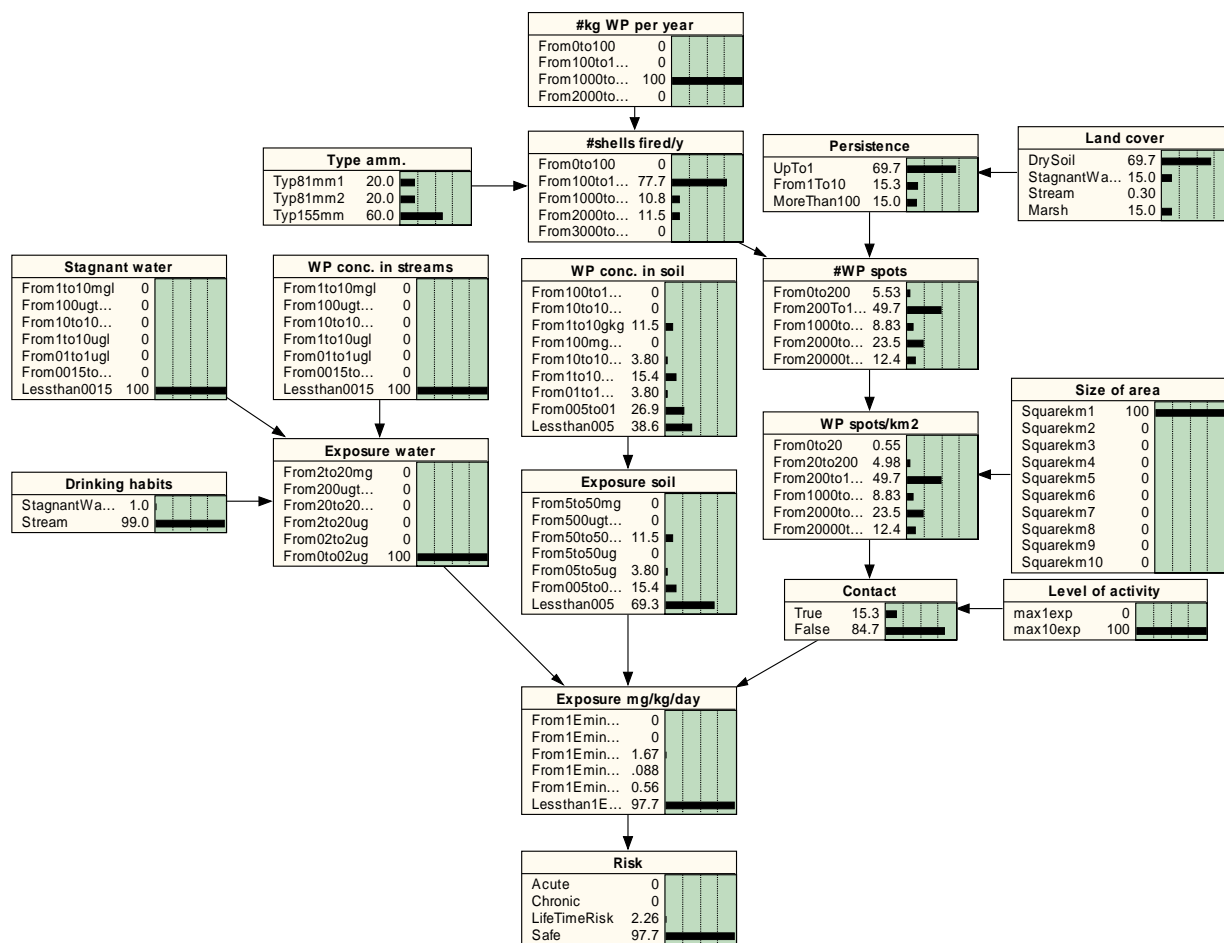
hvor $P(r)$ er sannsynligheten for å finne r punkter i et firkantet delområde av et område a , der λ er tettheten av punkter i området a (14).

Miljø	Eksempel	Nedbrytningstid
Stillestående vann	Tjern, vann, innsjø	> 100 år
Turbulent vann	Bekk, elv	1 – 10 år
Myrområde	Myr – tørrlagt 2 måneder i året	1 – 10 år
Jord – fuktig	Vanninnhold: 30 % Porøsitet: 40 %	~ 1 år

Tabell 5.1 Beregnet nedbrytningstid for hvitt fosfor i ulike miljø (4) forutsatt runde partikler av hvitt fosfor med diameter på 1 mm

5.1.3 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord og vann

Resultatene fra analysene av jord- og sedimentprøvene viser at forurensninger av hvitt fosfor i all hovedsak er knyttet til kratre. Det ble påvist totalt 26 kratre i de undersøkte områdene som med høy sannsynlighet stammer fra detonering av hvitt fosfor granater. I tillegg ble det tatt prøver av sedimentet i pytter og dammer, samt prøver av jord fra kratre som kan være forårsaket av annen type ammunisjon. I tre av de 26 kratrene var konsentrasjonen av hvitt fosfor i klassen 1 – 10 g/kg tørr prøve og det var bare i Blåtind skyte- og øvingsfelt at så høye nivåer av hvitt fosfor ikke ble funnet. Tidligere sprengningsforsøk har vist at man ikke kan utelukke muligheten for at det kan ligge ureagert hvitt fosfor i kratrene, spesielt ikke dersom det står vann der (4). Det ble også observert røykutvikling i noen prøver, noe som tyder på at klumper av ureagert hvitt fosfor er til stede. Området ble imidlertid godt gjennomført for kratre med hvitt fosfor uten at det ble funnet høyere konsentrasjoner enn i størrelsesområdet 1 – 10 g/kg. Basert på disse resultatene ble det opprettet en sannsynlig distribusjon av konsentrasjoner som vist i Figur 5.1 (node WP conc. in soil). Analyser av vannprøver fra de undersøkte områdene viser at det ikke er spor av hvitt fosfor over deteksjonsgrensen på 0,01 µg/l. Risikovurderingen tar derfor utgangspunkt i at vannet ikke inneholder konsentrasjoner av hvitt fosfor over 0,01 µg/l (Figur 5.1, node WP conc. in streams og node WP stagnant water). Basert på at en person spiser 50 mg jord om dagen er det beregnet et daglig inntak av hvitt fosfor (Figur 5.1, node Exposure soil). Dersom man tar med sannsynligheten for å få i seg jord fra et forurenset krater, samt vekten av et voksent menneske kan man regne ut sannsynlig eksponering per dag (Figur 5.1, node Exposure mg/kg/day).



Figur 5.1 Risikovurdering av hvitt fosfor forurensninger i Setermoen skyte- og øvingsfelt. Eksempelet viser risikovurdering for mennesker ved ferdsel i området

5.1.4 Toksisitet av hvitt fosfor

I Tabell 5.2 er det vist en oversikt over toksikologiske verdier for hvitt fosfor. Basert på dyreforsøk og kjente tilfeller av forgiftning av mennesker er det satt noen grenseverdier for akutt, kronisk og livstidseksponering (Tabell 5.3).

Organisme	Eksponeringsvei	Effekt	Eksponering	Referanse
Fugler og pattedyr	Variabel	Død	1-10 mg/kg	(1)
Menneske	Oralt	Død	2 mg/kg	(15)
Menneske	Oralt	Diverse toksiske effekter	0,2 mg/kg	(1)
Rotte og hund	Kronisk eksponering	Diverse toksiske effekter	0,05 mg/kg	(1)
Torsk og laks	Vann	LC ₅₀	14,4 µg/l	(1)
Torsk og laks	Vann	Ingen observerte effekter	1 µg/l	(1)

Tabell 5.2 Oppsummering av toksikologiske verdier for hvitt fosfor

<i>Eksponeeringsklasser</i>	<i>Dose av hvitt fosfor</i>	<i>Referanse</i>
Eksponeeringstid < 14 d (akutt)	> 0,2 mg/kg/dag	(15)
Gjentatt eksponeering (kronisk)	0,02 – 0,2 mg/kg/dag	(15)
Livstidseksponeering	0,00002 – 0,02 mg/kg/dag	(15)
Akseptabel livstidseksponeering	< 0,00002 mg/kg/dag	(15)

Tabell 5.3 Eksponeeringsklasser for ulik grad av eksponeering. Verdier er angitt i mg hvitt fosfor per kilo kroppsvekt per dag

5.1.5 Helserisiko knyttet til Blåtind skyte- og øvingsfelt

Det er anslått et totalt forbruk av hvitt fosfor i Blåtind på 2978 kg i perioden 1992 – 2002, med et maksimalt årlig forbruk på 802 kg (3). I Blåtind er derfor årlig forbruk av hvitt fosfor satt til en størrelsesorden på 100 – 1000 kg/år. Vurderingen tar høyde for at alt dette er skutt inn i de undersøkte delområdene som har et totalt areal på 3,0 km². Det er ikke kjent hvordan forbruket har vært fordelt mellom artillerigranater og bombekastergranater i Blåtind, med i risikovurderingen er fordelingen av totalantallet mellom de ulike granatene satt til 50 % for ART, mens BK1 og BK2 er begge satt til 25 %. Dersom det er skutt et større antall ART med 7,1 kg hvitt fosfor, betyr det at den totale mengden hvitt fosfor er fordelt på færre forurensningspunkter, ettersom den totale mengden i kg er gitt. Et større forbruk av ART enn det som er antatt, vil derfor redusere risikoen for eksponeering. Skulle granaten detonere i myr, vil man forvente en lenger oppholdstid i miljøet enn om den havner på tørr jord, hvor oppholdstiden er estimert til mindre enn ett år (Tabell 5.1). Naturtypen vil derfor bestemme hvor mange kratre med rester av hvitt fosfor det vil være, gitt at området er benyttet over flere år. Ut fra en vurdering av flyfoto, kartmateriale og en befaring i delområdene, er andelen av myr i området satt til 5 %, mens andelen tørr jord er satt til 94 %. Andelen av stillestående vann er satt til 0,6 %, mens innslag av bekker og elver er satt til 0,3 %.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur E.1 i Appendix E, gir følgende resultater for mennesker: Det er meget liten sannsynlighet for å bli eksponert for konsentrasjoner som overskrider grensen for kroniske effekter på 0,02 mg/kg/dag, gitt at det oppholder seg 10 personer i området opp til 30 dager i året.

5.1.6 Helserisiko knyttet til Setermoen skyte- og øvingsfelt

I Setermoen er det anslått et totalt forbruk på 19 950 kg hvitt fosfor i perioden fra 1992 til 2002 (3). I Setermoen er derfor årlig forbruk av hvitt fosfor satt til en størrelsesorden på 1000 - 2000 kg/år. Vurderingen tar høyde for at alt dette er skutt inn i de undersøkte delområdene 5, 7 og 8, samt 23 som har et totalt areal på 1,1 km². Det er skutt flest artillerigranater, men bombekastergranater er også brukt. Fordelingen av totalantallet mellom de ulike granatene er satt til 60 % for ART, mens BK1 og BK2 er begge satt til 20 %. Ut fra en vurdering av flyfoto, kartmateriale og en befaring i områdene ved prøvetaking, er andelen av myr i området estimert

til 15 %, mens andelen av tørr jord er satt til 70 %. Det er også innslag av myr hvor det står vann hele året. Andelen av stillestående vann er derfor satt til 15 %, mens innslag av bekker og elver er satt til 0,3 %.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur E.2 i Appendiks E, gir følgende resultater for mennesker: Det er meget liten sannsynlighet for å bli eksponert for konsentrasjoner som overskrider grensen for kroniske effekter på 0,02 mg/kg/dag, gitt at det oppholder seg 10 personer i området opp til 30 dager i året.

5.1.7 Helserisiko knyttet til Mauken skyte- og øvingsfelt

Det er anslått et totalt forbruk på 4437 kg hvitt fosfor i perioden fra 1992 til 2002 i Mauken (3). Det årlige forbruket av hvitt fosfor er derfor satt til en størrelsesorden på 100 – 1000 kg/år. Vurderingen tar høyde for at alt dette er skutt inn i det undersøkte delområdet som har et totalt areal på rundt 0,6 km². Det er ikke kjent hvordan forbruket har vært fordelt mellom artillerigranater og bombekastergranater i Mauken skyte- og øvingsfelt, med i risikovurderingen er fordelingen av totalantallet mellom de ulike granatene satt til 50 % for ART, mens BK1 og BK2 begge er satt til 25 %. Ut fra en vurdering av flyfoto, kartmateriale og en befaring i området ved prøvetaking, er andelen av myr i området estimert til 15 %, mens andelen av tørr jord er satt til 70 %. Det er også innslag av myr hvor det står vann hele året. Andelen av stillestående vann ble derfor satt til 15 %, mens innslag av bekker og elver ble satt til 0,3 %.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur E.3 i Appendiks E, gir følgende resultater for mennesker: Det er meget liten sannsynlighet for å bli eksponert for konsentrasjoner som overskrider grensen for kroniske effekter på 0,02 mg/kg/dag, gitt at det oppholder seg 10 personer i området opp til 30 dager i året.

5.1.8 Oppsummering av helserisiko i målområder for hvitt fosfor

Grenseverdien for livstidseksponering til hvitt fosfor er satt til 0,00002 mg/kg kroppsvekt/dag. Selv om man oppholder seg i målområdet hele livet er det liten sannsynlighet for at denne verdien overskrides. Ved dagens arealbruk vil det ikke være langvarig eksponering av de samme individene, noe som gjør at det ikke er knyttet noen helserisiko til målområder for hvitt fosfor. I Tabell 5.4 er det gjort en oppsummering av resultatene fra beregningene gjort med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk.

<i>Sannsynlighet for eksponering av konsentrasjoner som kan gi effekter ved</i>	<i>Blåtind skytefelt</i>	<i>Setermoen skytefelt</i>	<i>Mauken skytefelt</i>
Eksponeringstid < 14 d (akutte effekter)	0 %	0 %	0 %
Gjentatt eksponering (kroniske effekter)	0 %	0 %	0 %
Livstidseksponering	0,1 %	2,3 %	2,0 %
Ingen effekter	99,9 %	97,7 %	98,0 %

Tabell 5.4 Oppsummering av helserisiko knyttet til hvitt fosfor i målområder for hvitt fosfor i skyte- og øvingsfelt i Troms ved ulike eksponeringssituasjoner. Ved opphold i området mindre enn 14 dager gjelder grenseverdien for akutte effekter oppgitt i Tabell 5.3. For opphold i området fra måneder til år gjelder grenseverdien for kroniske effekter oppgitt i Tabell 5.3. Ved opphold i området hele livet gjelder grenseverdien for livstidseksponering oppgitt i Tabell 5.3

5.1.9 Livstidseksponering i forbindelse med drikkevann

Vann som drenerer ut av øvingsområdene ble analysert for hvitt fosfor i 2006 (13). Det ble ikke funnet detekterbare mengder av hvitt fosfor i noen av disse prøvene. Det vil derfor ikke være forbundet noen helserisiko knyttet til hvitt fosfor i forbindelse med inntak av drikkevann fra elver som avvanner skytefeltene.

5.2 Eksponering av beitedyr og annen fauna

For beitedyr er det samme verktøyet som for mennesker benyttet for å beregne sannsynlig eksponering og risiko. Beitedyr vil ha et høyere inntak av jord per dag og de vil også kunne spise jord fra et mye større areal per dag, enn det som er tilfelle hos mennesker. I vurderingen er det lagt til grunn at de spiser 50 g jord per dag fra et areal på 100 m². Vekten til beitedyrene er satt til 50 kg, og det er antatt at de drikker 4 l vann per dag. I risikovurderingen er det benyttet de samme eksponeringsklassene som vist i Tabell 5.3. For beitedyr er det ikke vanlig å snakke om livstidsrisiko, men for stedbunden fauna kan det være mer naturlig å benytte denne eksponeringsklassen.

5.2.1 Risiko for beitedyr og annen fauna i Blåtind, Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur 5.1 med endrede inngangsdata som nevnt ovenfor, gir følgende resultater for beitedyr. 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. Ved å gjøre en mer nøyaktig datafangst når det gjelder kunnskap om

spredning og eksponering vil denne usikkerheten kunne reduseres. Det kan heller ikke utelukkes at lokal stedbundet fauna kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi effekt på individnivå i skytefeltenes målområder.

6 KONKLUSJON

6.1 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 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.

6.2 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.

6.3 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. 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 heller ikke utelukkes at lokal stedbundet fauna kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi effekt på individnivå i skytefeltenes målområder.

APPENDIKS

A BESKRIVELSE AV PRØVELOKALITETER

Alle bilder som er vist for de ulike prøvelokalitetene er tatt under prøvetaking i 2005.

A.1 Blåtind skytefelt

A.1.1 Jord- og sedimentprøver tatt i område 1

B1

Granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk (M57). Granatnedslag i snøfonn/smeltevannsbekk. Det så ut til å ligge hvitt fosfor på snøen ved granaten. Dette hadde en rødlig farge. Området er hellende og vått store deler av året. Jordsmonn: Stein og mose. Lite løsmasse over fjell. Prøven ble tatt i det våteste området.



B2

Ammunisjonshaug etter rydding av feltet. Det lå en mengde ammunisjonsrester av bombekastergranater som har inneholdt hvitt fosfor i haugen. Hellende terreng dekket med mose og spredte gresstuer. Jordsmonnet er tørt og består av morenejord. Prøven ble tatt i dreneringsretningen fra ammunisjonshaugen.



B3

Utløp av smeltevannsbekker i et lite tjern. Noe begroing av alger i bekken. I tjernet var det en mengde småfisk. Prøven ble tatt fra to ulike bekker fra samme området.



B4

Gammelt krater eller naturlig pytt i myr med mulighet for ansamling av hvitt fosfor fra skyting. Terrenget er flatt/svakt hellende. Ikke stor myrdannelse. Prøven ble tatt i bunnen av krateret og prøven inneholdt mye torvmoserester.



B5

En pytt med størrelse på omkring 7 x 5 meter. Mulig avrenning fra en stor stein som er brukt som målområde. Muligheter for ansamling av hvitt fosfor fra skyting. Prøve tatt fra bunnen av pytten som bestod av sediment/mose. Stor vekst av alger med grønngrå farge. Myrlendt rundt dammen.



B6

Gamle kratre på omkring 1 x 1 meter. Prøven ble tatt i bunnen av tre kratre i nærheten av hverandre. Området var svakt hellende og relativt tørt. Det var lite vann i de prøvetatte kratere.



B7

Prøven ble tatt i en dam som lå i skygge for skyteretningen bak en stor trekantstein som det blir skutt mye mot. Det ble tatt prøve av sediment flere steder i den halvmåneformede dammen.



B8

Tre ulike gamle kratre med vann. Det var vegetasjon i kratrene med myrull. Prøven ble tatt av sedimenter i bunnen av kratrene.



A.1.2 Vannprøver tatt i område 1

Bv15

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 1,6 km² og årlig middelavrenning ca 40 l/s km²) er 64 l/s.



Bv16

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig
middelvannføring med bakgrunn i
nedbørsfelt (areal ca $2,3 \text{ km}^2$ og årlig
middelavrenning ca 40 l/s km^2) er 92 l/s .

**Bv21**

Bekk, utløp av lite tjern. Prøve tatt i
rennende vann. Estimert årlig
middelvannføring med bakgrunn i
nedbørsareal (areal ca $0,9 \text{ km}^2$ og årlig
middelavrenning ca 40 l/s km^2) er 36 l/s .

**Bv22**

Vannprøve tatt i vannkanten av innsjøen
Øvre Skardselvatn. Nedbørsareal til dette
vannet er $1,2 \text{ km}^2$.



A.1.3 Jord- og sedimentprøver tatt i område 3

A1

Prøve av sediment tatt fra kanten av vann/tjern ved Slett fjellet. Samme sted som prøve Av4. Steinbunn i tjernet, med myr langs kantene. Vegetasjonen rundt tjernet består av starr, myrull, vierkratt og gress.



A2

Prøve tatt i et søkk i terrenget med vann i en del små pytter. Vegetasjonen er gress, myrull og mose i våte områder med lyng på rabbene rundt prøvestedet.



A3

Prøve tatt i et søkk i terrenget med vannsig nedenfor en bratt skrent. Mange splinter fra ulike ammunisjonstyper, men ingen ble bekreftet å være hvitt fosfor granater. Vegetasjonen er gress, mose og lyng.



A4

Prøve er tatt i søkk med vannsig uten tydelige kratre. Noe grantatsplinter spredt utover området (usikkert om det er rester etter hvitt fosfor granater). Store oppstikkende steiner med vegetasjon av gress, myrull og mose.



A5

Prøven er tatt i vannsig/bekk med flere tydelige kratre og rester av granater (usikkert om det er rester etter hvitt fosfor granater). Store oppstikkende steiner med vegetasjon av gress, myrull og mose.

Ved A5 ble det funnet rester av et rødt produkt som vist nedenfor. Da dette minnet om forbrent rødt fosfor ble dette produktet prøvetatt og merket A5 rødt produkt.



A.1.4 Vannprøver tatt i område 3

Av1

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 1,3 km² og årlig middelavrenning ca 25 l/s km²) er 32 l/s.



Av2

Bekk med steinbunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $0,9 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 25 l/s km^2) er 23 l/s .



Av3

Liten sildrebekk med stein og mosebunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $0,24 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 25 l/s km^2) er 6 l/s .



Av4

Prøve tatt i stillestående vann/tjern. Estimert årlig middelvannføring ut av tjern (areal ca $0,1 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 25 l/s km^2) er $2,5 \text{ l/s}$.



Av5

Bekk med steinbunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $1,0 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 25 l/s km^2) er 25 l/s .



Av6

Bekk med steinbunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal $1,4 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 25 l/s km^2) er 35 l/s .

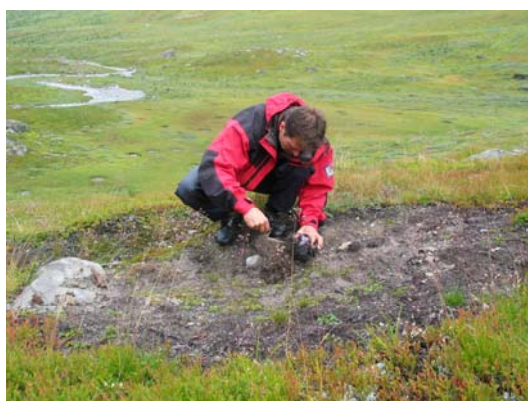


A.2 Setermoen skytefelt

A.2.1 Jord- og sedimentprøver tatt i område 5 i Liveltskardet

L1

Prøve tatt fra to kratre som ikke nødvendigvis er hvitt fosfor kratre. Tørt i deler av året. Minst 2 – 4 år gammelt. Prøve tatt av jord. Hellende terreng (NV) med morenejord.



L2

Krater med vann, men området rundt var relativt tørt. Ikke hvitt forfor krater, men mulig avrenning/sprut fra omgivelser. Prøve tatt av jord/ sediment. Svakt hellende terreng (Ø) med morenejord.



L3

Vannfylt krater med størrelse på ca 2 x 2,5 meter. Mottar sig fra myr. Mye algevekst og sneller. Flatt terreng med torvmyr.



L4

Gammelt krater med vann på myr: Størrelse på krateret var ca 1,5 x 1,5 meter. Vekst av torvmose og starr. Registrerte hvitt fosfor med feltinstrument i prøve fra bunnsediment. Flatt terreng med torvmyr.



L5

Gammelt lite krater. Begrodd med torvmose. Utslag med feltinstrument i prøven av bunnsediment. Flatt terreng med torvmyr.



L6

Krater fra sprenggranat med størrelse på ca 2 x 2 meter. Lite begroing i krateret. Flatt terreng med torvmyr.



L7

Prøve fra tre mulige hvitt fosfor krater som ligger nært hverandre. Ligger i en bakke, med hellning mot myr (NV). Ganske tørt, med mye vekst av mose. Morenejord i prøvepunkt.



L8

Gammelt krater med mye torvmose. Litt vann i bunnen. Ligger nederst i bakken, med helling ned mot myr (NV). Kan motta avrenning fra nedslag høyere opp i bakken. Morenejord i prøvepunkt.



A.2.2 Vannprøver tatt i område 5 i Liveltskardet

Lv1

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $6,6 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 50 l/s km^2) er 330 l/s .



Lv2

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 3,8 km² og årlig middelavrenning ca 50 l/s km²) er 190 l/s.



Lv3

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 9,5 km² og årlig middelavrenning ca 50 l/s km²) er 475 l/s.



Lv4

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 24,1 km² og årlig middelavrenning ca 50 l/s km²) er 1200 l/s.



A.2.3 Jord- og sedimentprøver tatt i område 7/8 i Kobbryggdalen

K1

Gammelt hvitt fosfor krater fra bombekaster. Ligger i skråning med litt fuktig jordsmonn. Feltinstrument gav utslag på splint. Lyng, rabber med lett torvlag på toppen.



K2

Stort krater med vann og mye mose. Lukter ikke fosfor. Ligger 4 krater i området, der 2 krater har mose og 2 krater ikke har mose. Alle ble testet med feltinstrument, men ingen gav utslag. Ligger i høyden (428 moh). Det ble tatt prøver av to krater.



K3

Hvitt fosfor krater fra bombekaster. Deler av prøven ble tatt under fragmenter. Noe fuktig, men er nok ofte tørt. Skutt om vinteren. Lyng, mose. Ligger i skråningen i område 7 på 412 moh. Ikke signal på feltinstrument.



K4

Artilleri hvitt fosfor krater, som ligger i skråning (skutt på snø?). Like nedenfor er en liten flate, og der er det et krater med mye vegetasjon/mose. Tok to prøver K4 tørr og K4 våt i disse to kraterne. Det tørre krateret er ganske tørt, og det er lite vegetasjon. Grunt jordsmonn i området. Minst 4 år gammelt krater på 415 moh.



K5

Prøve tatt av sediment i gammelt krater på myr. Vegetasjon rundt krateret er vierkratt, myrull, starr og lyng.



K6

Prøve tatt i lite tjern og gammelt krater med diameter ca 2 m på myr. Vegetasjon rundt krateret er vierkratt, myrull, starr og lyng.



K7

Prøve tatt i krater med diameter på ca 2,5 meter på myr. Vegetasjon rundt krateret er starr, gress og mose med innslag av vier.



K8

Prøve tatt i krater med diameter på ca 2,5 meter på myr. Krateret tilgrenser et lite tjern. Vegetasjon rundt krateret er starr, gress og mose med innslag av vier.



A.2.4 Jord- og sedimentprøver tatt i område 23 i Kobbryggdalen

S1

Blandprøve av sediment fra to krater. Ikke definert som hvitt fosfor krater. Ingen utslag med feltinstrument. Ligger i en myrlendt helling. Vann i begge krater.



S2

Blandprøve av sediment fra to krater. Ca 20 meter nedenfor S1. Vannfylte krater, ikke definert som hvitt fosfor. Ingen utslag med feltinstrument. Ligger i en myrlendt helling. Ett krater med mye mose og ett uten mose. Noe rustfarge. S1 og S2 ligger nær stor stein som kan være naturlig mål for hvitt fosfor granater.



S3

Prøve fra tre krater. Artillerikrater som ligger i bakken (helling). Muligens hvitt fosfor, men ikke definert som det. Mottar noe vannsig. Lyng, noe mose, myrull. Ett med litt vann, antakelig alltid fuktig, to med vann (aldri tørre). Noe alger i det ene krateret.



S4

Prøve av tre vannfylte krater. Ikke definert som hvitt fosfor. Noe alger i det ene krateret (ligger i kjørespor). Ikke utslag med feltinstrument i noen av kraterne. Gress og dvergbjørk i prøvepunkt.



S5

Samleprøve av fire krater. Ikke definert som hvitt fosfor. Ligger litt vann i kraterne, men de kan nok tørke ut i tørre perioder. Dvergbjørk, vier, gress, noe fjellbjørk i området.



S6

Ett krater med brunlige alger. Ikke definert som hvitt fosfor krater. Ligger i helning og ved kjørespor. Gress, mose, dvergbjørk i området. Utslag på feltinstrument.



S7

Et vannfylt krater som ligger i myra, nederst i feltet. Ikke definert som hvitt fosfor krater. Noe brune alger, og rødlig forbrent hvitt fosfor rester? Gir utslag på feltinstrument.



S8

Krater uten vann, men med fuktig jord/mose. Metallfragment fra bristeladning, artilleri. Lyngrabber med vier kratt.



A.2.5 Vannprøver tatt i Kobbryggdalen

Kv5

Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 5,8 km² og årlig middelavrenning ca 50 l/s km²) er 290 l/s.



Kv6

Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 13,1 km² og årlig middelavrenning ca 50 l/s km²) er 655 l/s.



Kv7

Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 18,3 km² og årlig middelavrenning ca 50 l/s km²) er 915 l/s.



Kv8A

I prøvepunktet hadde elva to elveløp. Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 24,0 km² og årlig middelaavrenning ca 50 l/s km²) er 1200 l/s.

**Kv8B**

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,56 km² og årlig middelaavrenning ca 40 l/s km²) er 22 l/s.

Kv9

Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 27,6 km² og årlig middelaavrenning ca 50 l/s km²) er 1380 l/s.

**A.3 Mauken skytefelt****A.3.1 Jord- og sedimentprøver****M1**

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 50 meter langt og 30 meter bredt. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det myr med mose og starr vegetasjon.



M2

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 50 meter langt og 30 meter bredt. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det vegetasjon med starr og myrull vegetasjon. Noe mer igjengrodd sammenlignet med M1.

**M3**

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 75 meter langt og 50 meter bredt. Kratre i nærheten av tjernet. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det myr med mose, starr og myrull vegetasjon.

**M4**

Tilsvarende M3, men prøven er tatt i to 155 mm kratre.



M5

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 50 meter langt og 30 meter bredt. Kratre i nærheten av tjernet. Rundt tjernet er det oppstikkende bergrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det myr med mose, starr og myrull vegetasjon.



M6

Prøve fra krater på myr etter demolering. Ikke gammelt krater og ikke synlige rester etter hvitt fosfor granater. Jordart er myr med vegetasjon av multer, lyng og vierkratt.



M7

Prøve fra gamle kratre på tørr lyngrabbe. Det er rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Ikke sikkert utslag på feltinstrument.



M8

Prøve fra gamle kratre på tørr lyngrabbe. Det er rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Sikkert utslag på feltinstrument.



M9

Prøve fra gammelt tørt krater på lyngrabbe.
Rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt
fosfor røyk. Svakt utslag på feltinstrument.



M10

Prøve fra gammelt tørt krater på lyngrabbe.
Rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt
fosfor røyk. Sikkert utslag på
feltinstrument.



M11

Prøve fra nyere krater på myr. Rester etter
granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor
røyk. Sikkert utslag på feltinstrument.



A.3.2 Vannprøver

Mv1

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $0,4 \text{ km}^2$ og årlig middelvannføring ca 20 l/s km^2) er 8 l/s .



Mv2

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $0,2 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 20 l/s km^2) er 4 l/s .



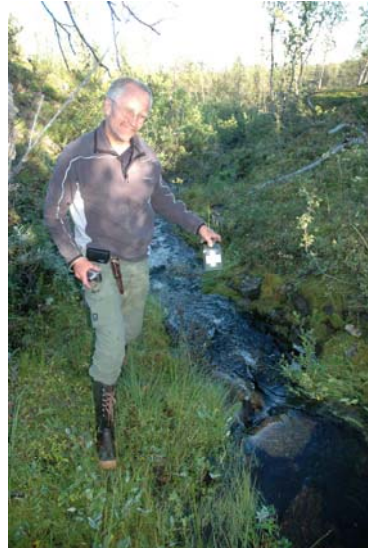
Mv3

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $0,9 \text{ km}^2$ og årlig middelavrenning ca 20 l/s km^2) er 18 l/s .



Mv4

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig
middelvannføring med bakgrunn i
nedbørsfelt (areal ca 0,7 km² og årlig
middelavrenning ca 20 l/s km²) er 14 l/s.

**Mv5**

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig
middelvannføring med bakgrunn i
nedbørsfelt (areal ca 2,9 km² og årlig
middelavrenning ca 20 l/s km²) er 58 l/s.

**Mv6**

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig
middelvannføring med bakgrunn i
nedbørsfelt (areal ca 1,2 km² og årlig
middelavrenning ca 20 l/s km²) er 24 l/s.



B GPS POSISJONER TIL PRØVEPUNKTER

Prøvenummer	Øst	Nord	Prøvenummer	Øst	Nord
Av1	418972	7673072	L8	392443	7628550
Av2	417373	7674086	K1	391816	7635189
Av3	417023	7674105	K2	391694	7635073
Av4	417520	7675144	K3	391560	7634971
Av5	417977	7676137	K4	391536	7634953
Av6	420336	7675255	A2	417299	7675169
Bv15	414243	7678931	A3	417054	7675069
Bv16	414023	7678714	A4	417132	7674944
Bv21	414408	7677696	A5	416965	7675024
Bv22	414727	7677160	M1	426917	7661047
Kv5	395444	7629707	M2	427152	7660888
Kv6	393779	7632043	M3	427090	7661153
Kv7	392540	7633280	M4	427097	7661120
Kv8a	391179	7635220	M5	427319	7660660
Kv8b	391249	7635239	M6	427634	7660449
Kv9	390540	7635890	M7	427810	7660647
Lv1	393225	7628151	M8	427841	7660633
Lv2	391847	7628747	M9	428226	7660410
Lv3	391721	7629020	M10	428327	7660364
Lv4	389466	7630048	M11	428397	7660436
Mv1	426068	7660228	K5	391838	7635145
Mv2	426121	7660043	K6	391629	7634916
Mv3	425826	7660628	K7	391591	7634867
Mv4	428641	7660650	K8	391549	7634867
Mv5	428668	7660452	S1	393337	7633048
Mv6	428577	7662119	S2	393324	7633040
B1	414712	7677436	S3	393314	7633107
B2	414717	7677724	S4	393155	7633298
B3	414679	7677586	S5	393091	7633213
B4	414627	7678036	S6	393118	7633169
B5	414077	7678684	S7	393056	7633141
B6	414277	7678630	S8	392965	7633182
B7	414272	7678599			
B8	414341	7678647	Geodetisk datum:	WGS 84	
L1	392443	7628410	Koordinater:	UTM	
L2	392576	7628442	Sone:	34N	
L3	392672	7628424			
L4	392390	7628587			
L5	392399	7628594			
L6	392412	7628560			
L7	392456	7628549			

C ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I JORD/SEDIMENTPRØVER



FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT
Avdeling Beskyttelse

Dato: 5 oktober 2005

Analyserapport M05/003

Side 1 av 3

Analyserapportmal versjon 2.6 15.05.98 LHB

Analyserapport nr M05/003

Analyse av hvitt fosfor

Oppdragsgiver: FFI
Adresse: Postboks 25, 2027 Kjeller
Anmerkninger: Ingen

Antall prøver: 50
Mottatt dato: 26.08.2005

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parameter	Metode- identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
Hvitt fosfor	F1	Nei	0,005 – 0,50 mg/kg	30

Denne analyserapporten består av i alt 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetoden kan rekvireres fra FFI. Ekstraktene oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 5 oktober 2005

Arnt Johnsen
Forsker



ANALYSE AV HVITT FOSFOR I JORD/SEDIMENT

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

Operatør: Arnt Johnsen

<i>FFI nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>	<i>FFI nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
05-638	S1	05-722	B6
05-639	S2	05-723	B8
05-640	S3	05-724	A1
05-641	S4	05-726	A3
05-642	S5	05-728	A5
05-643	S6	05-729	A5 rødt produkt
05-644	M1	05-730	K3
05-645	M3	05-731	K5
05-701	K1	05-733	K6
05-702	K2	05-734	K8
05-703	K4 våt	05-735	L2
05-704	K4 tørr	05-736	L3
05-705	K7	05-737	L4
05-706	L1	05-738	L8
05-707	L5	05-739	M8
05-708	L6	05-740	A2
05-709	L7	05-741	A4
05-710	M2	05-745	B1
05-711	M4	05-746	B2
05-712	M5	05-747	B3
05-713	M6	05-749	B7
05-714	M7		
05-715	M9		
05-716	M10		
05-717	M11		
05-718	S8		
05-719	S7		
05-720	B4		
05-721	B5		



<i>FFI nr</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>	<i>Tørrvekt, g</i>	<i>FFI nr</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>	<i>Tørrvekt, g</i>
05-638	< 0,005	784	05-722	0,052	614
05-639	< 0,005	172	05-723	0,009	190
05-640	0,005	574	05-724	0,083	127
05-641	< 0,005	634	05-726	< 0,005	644
05-642	< 0,005	592	05-728	0,017	883
05-643	3,0	209	05-729	< 0,001	0,01
05-644	0,13	111	05-730	0,11	126
05-645	< 0,005	717	05-731	< 0,005	83
05-701	0,046	163	05-733	0,18	112
05-702	< 0,005	452	05-734	0,011	59
05-703	< 0,005	458	05-735	< 0,005	499
05-704	0,047	451	05-736	< 0,005	124
05-705	2,4	70	05-737	1,3	894
05-706	< 0,005	607	05-738	0,024	342
05-707	2300	62	05-739	26	360
05-708	1,7	95	05-740	0,017	358
05-709	0,080	533	05-741	< 0,005	1224
05-710	< 0,005	135	05-745	< 0,005	390
05-711	< 0,005	932	05-746	< 0,005	521
05-712	< 0,005	176	05-747	0,091	304
05-713	< 0,005	101	05-749	0,024	120
05-714	< 0,005	145			
05-715	0,080	167			
05-716	< 0,005	127			
05-717	5700	284			
05-718	0,008	459			
05-719	2000	187			
05-720	0,055	141			
05-721	0,11	129			

D ANALYSERAPPORT FOR HVITT FOSFOR I VANNPRØVER

FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT
Afdeling Beskyttelse

Dato: 21 august 2006

Analyserapport M06/005

Side 1 av 3

Analyserapportmal versjon 2.6 15.05.98 LHB

Analyserapport nr M06/005

Analyse av hvitt fosfor

Oppdragsgiver: FFI

Antall prøver: 26

Adresse:

Mottatt dato: 24.07.2006 og
28.07.2006

Anmerkninger: Ingen

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metodeidentitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
Hvitt fosfor	F1	Nei	0,01 – 1,0 ug/l	30

Denne analyserapporten består av i alt 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetoden kan rekvireres fra FFI. Ekstraktene oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 21 august 2006

Arnt Johnsen
Forsker

Saksbehandler: Arnt Johnsen

Innvalg : 63 80 78 33

Telefax : 63 80 78 11

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Sentralbord : 63 80 70 00

Mil retn nr: 0505

Bankgiro: 7101.05.00030

Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV HVITT FOSFOR I VANN

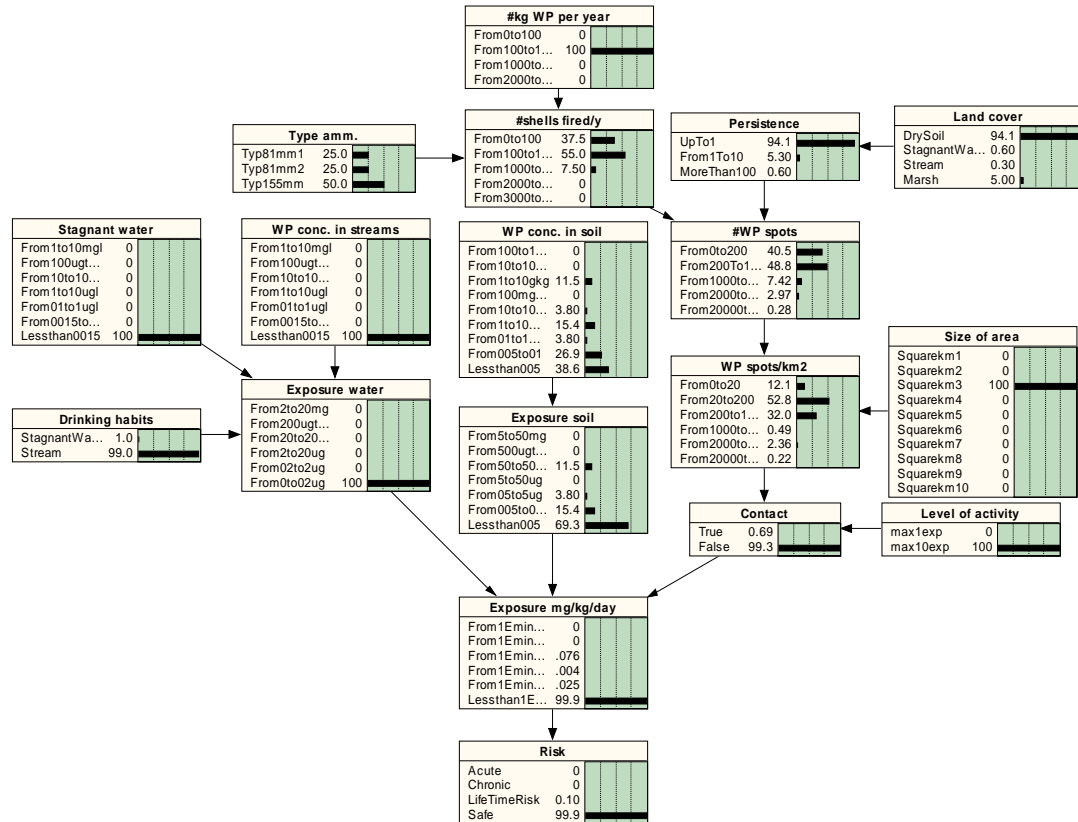
Instrument: Gasskromatograf, Autosystem, Perkin Elmer med NPD til analyse av hvitt fosfor
 Operatør: Arnt Johnsen

<i>FFI nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
06-906	Av1
06-907	Av2
06-908	Av3
06-909	Av4
06-910	Av5
06-911	Kv5
06-912	Kv6
06-913	Kv7
06-914	Kv8A
06-915	Kv8B
06-916	Kv9
06-917	Lv1
06-918	Lv2
06-919	Lv3
06-920	Lv4
06-921	Mv1
06-922	Mv3
06-923	Mv4
06-924	Mv5
06-925	Mv6
06-926	Bv15
06-927	Bv16
06-928	Bv21
06-929	Bv22
06-930	Mv2
06-931	Av6

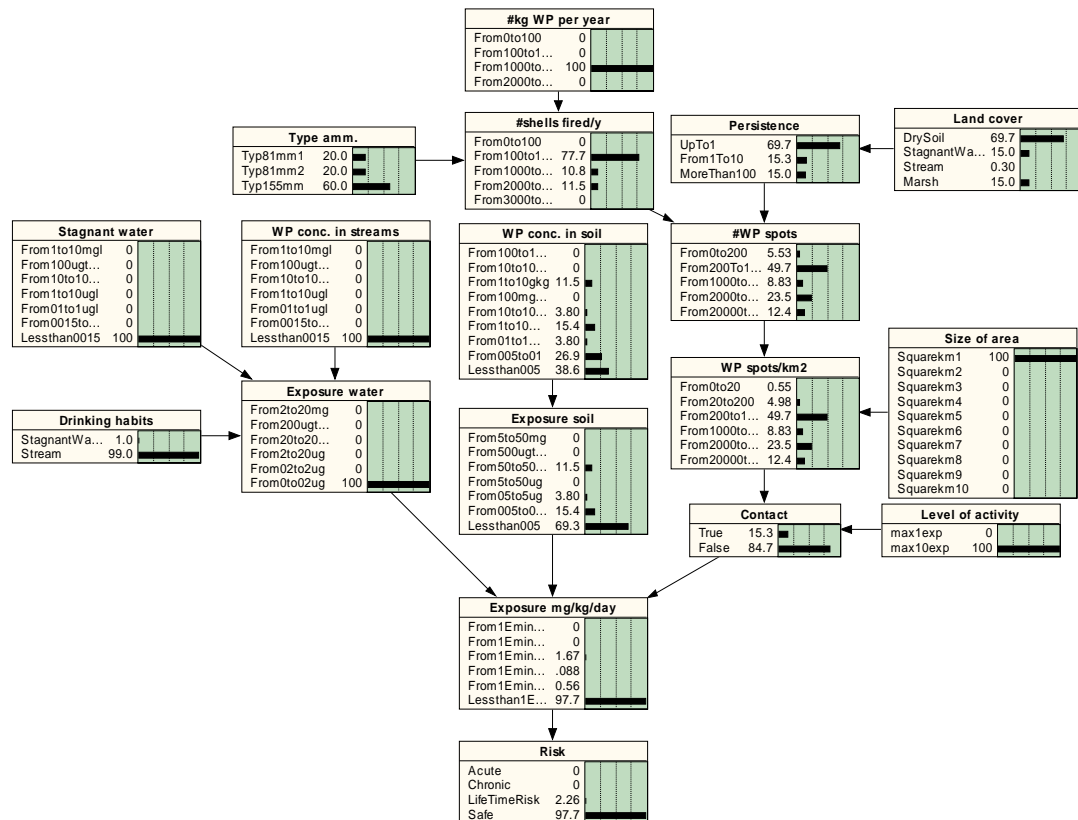


<i>FFI nr</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l prøve</i>
06-906	< 0,01
06-907	< 0,01
06-908	< 0,01
06-909	< 0,01
06-910	< 0,01
06-911	< 0,01
06-912	< 0,01
06-913	< 0,01
06-914	< 0,01
06-915	< 0,01
06-916	< 0,01
06-917	< 0,01
06-918	< 0,01
06-919	< 0,01
06-920	< 0,01
06-921	< 0,01
06-922	< 0,01
06-923	< 0,01
06-924	< 0,01
06-925	< 0,01
06-926	< 0,01
06-927	< 0,01
06-928	< 0,01
06-929	< 0,01
06-930	< 0,01
06-931	< 0,01

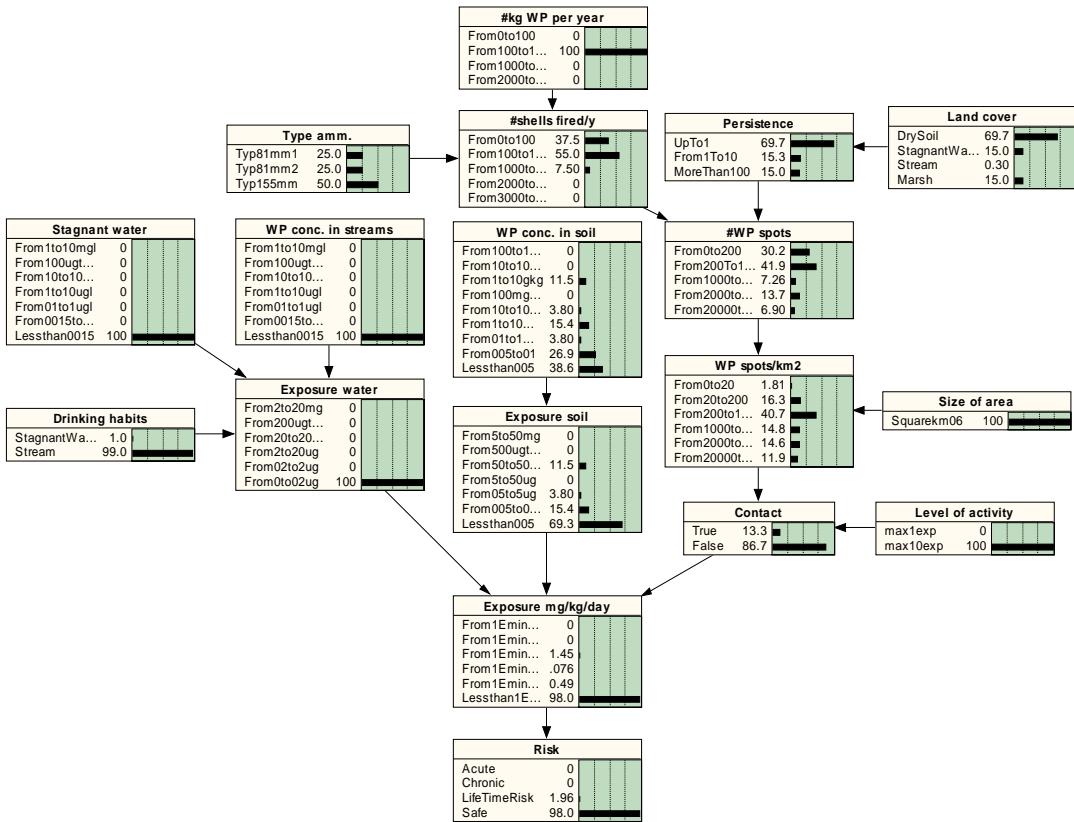
E RISIKOVURDERINGER



Figur E.1 Human risikovurdering av hvitt fosfor i Blåtind skyte- og øvingsfelt



Figur E.2 Human risikovurdering av hvitt fosfor i Setermoen skyte- og øvingsfelt



Figur E.3 Human risikovurdering av hvitt fosfor i Mauken skyte- og øvingsfelt

Litteratur

- (1) Johnsen A, Longva KS, Ringnes H, Strømseng A (2002): Helse- og miljømessige konsekvenser ved Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor. FFI/RAPPORT-2002/04042.
- (2) Nam S-I, Walsh MR, Collins CM, Thomas L (1999): Eagle River Flats Remediation Project. Comprehensive Bibliography – 1950 to 1998. CRREL Special Report 99-13.
- (3) Rasmussen G, Søyland R (2004): Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i Troms, 21.-23. september 2004.
- (4) Søbye E, Johnsen A, Longva KS, Strømseng A, Ljønes M, Oddan A (2004): Spredning av hvitt fosfor ved detonasjon av røykgranater med hvitt fosfor. Sluttrapport. FFI-RAPPORT-2004/00177.
- (5) Walsh ME, Collins CM (1996): Distribution of white phosphorus residues from the detonation of 81-mm mortar WP smoke rounds at an upland site. Special report 93-18. US Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory. Hanover, New Hampshire.
- (6) Spanggord RJ, Rewick R, Chou TS, Wilson R, Podoll RT, Parnas R, Platz R, Roberts D (1985): Environmental fate of white phosphorus/felt and red phosphorus /butyl rubber military screening smokes. US Army Medical Research and Development Command. Fort Detrick, Frederick, Maryland.
- (7) Walsh MR, Walsh ME, Collins CM (1996): Persistence of white phosphorus (P4) particles in salt marsh sediments, *Environmental Conservation* **15**, 6, 846-855.
- (8) Walsh ME, Collins CM, Bailey RN, Grant CL (1997): Composite sampling of sediments contaminated with white phosphorus. Special report 97-30. US Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory. Hanover, New Hampshire.
- (9) Tørnes JA (1988): Bestemmelse av hvitt fosfor i prøver fra Forsvarets skytefelt på Dovre. FFI/RAPPORT-6909, ugradert
- (10) United States Environmental Protection Agency (1996): EPA Method 7580. Determination of white phosphorus (P4) concentration by solvent extraction and gas chromatography. [Http://www.epa.gov/](http://www.epa.gov/)
- (11) Søbye E, Johnsen A, Strømseng A (2003): Kartlegging av hvitt fosfor forurensning i Hjerkinnskytefelt. FFI/RAPPORT-2003/01224, ugradert
- (12) Statens forurensningstilsyn (1999): Veiledning for risikovurdering av forurenset grunn. Veiledning 99:01A
- (13) Strømseng AE, Johnsen A, Longva KS, Voie ØA (2006): Analyse av hvitt fosfor i drikkevann i Troms, FFI/NOTAT-2006/00412, ugradert
- (14) Rogers, A., (1974): Statistical analysis of spatial dispersion. Pion Limited, London, 164 pp.

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