

## **FFI NOTAT**

### **ANALYSE AV HVITT FOSFOR I DRIKKEVANN I TROMS**

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

**FFI/NOTAT-2006/00412**



**ANALYSE AV HVITT FOSFOR I DRIKKEVANN I  
TROMS**

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

FFI/NOTAT-2006/00412

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





P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
 (when data entered)

**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/NOTAT-2006/00412	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 23										
1a) PROJECT REFERENCE V/3334/917	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -											
4) TITLE ANALYSE AV HVITT FOSFOR I DRIKKEVANN I TROMS  Analysis of white phosphorus in drinking water in Troms, Norway												
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) STRØMSENG Arnljot E, JOHNSEN Arnt, LONGVA Kjetil S, VOIE Øyvind A,												
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 phosphorous</u></td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">                             IN NORWEGIAN:                              a) <u>Hvitt fosfor</u></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">                             b) <u>Drinking water</u></td> <td style="vertical-align: top;">                             b) <u>Drikkevann</u></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">                             c) <u>Military training areas</u></td> <td style="vertical-align: top;">                             c) <u>Militære skyte- og øvingsfelt</u></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">                             d) <u>Chemical analysis</u></td> <td style="vertical-align: top;">                             d) <u>Kjemisk analyse</u></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">                             e) _____</td> <td style="vertical-align: top;">                             e) _____</td> </tr> </table>			a) <u>White phosphorous</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u>	b) <u>Drinking water</u>	b) <u>Drikkevann</u>	c) <u>Military training areas</u>	c) <u>Militære skyte- og øvingsfelt</u>	d) <u>Chemical analysis</u>	d) <u>Kjemisk analyse</u>	e) _____	e) _____
a) <u>White phosphorous</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u>											
b) <u>Drinking water</u>	b) <u>Drikkevann</u>											
c) <u>Military training areas</u>	c) <u>Militære skyte- og øvingsfelt</u>											
d) <u>Chemical analysis</u>	d) <u>Kjemisk analyse</u>											
e) _____	e) _____											
THESAURUS REFERENCE:												
8) ABSTRACT The aim of the report is to assess the level of white phosphorus (WP) in drinking water for household near by military training areas in Troms. None of the 26 drinking water samples analysed contains WP above detection limits (0,015µg/l). These results suggest that no WP is transported from military training areas in Troms to the surrounding drinking water wells. Hence, there is no health risk associated with consumption of water from these wells due to WP content.												
9) DATE 2006-02-08	AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan	POSITION Director										



**INNHOOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
2	METODER	7
2.1	Prøvetaking	7
2.2	Kjemisk analyse	8
3	RESULTATER	8
3.1	Setermoen skytefelt	8
3.2	Blåtind skytefelt	10
3.3	Mauken skytefelt	12
3.4	Kontrollmålinger ved eksternt laboratorium	14
4	KONKLUSJON	14
APPENDIKS		
A	REGISTRERINGSSKJEMA FOR VANNPRØVER	15
B	ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I DRIKKEVANNSPRØVER FRA TROMS	16
C	ANALYSERAPPORT FRA TNO DEFENCE, SECURITY AND SAFETY	19
	Litteratur	23



## **ANALYSE AV HVITT FOSFOR I DRIKKEVANN I TROMS**

### **1 INNLEDNING**

#### **1.1 Bakgrunn**

I rapporten ”Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms” (1) ble det konkludert med at konsentrasjonene av hvitt fosfor i bekker og elver i skytefeltene var på et nivå som tilsa at helseeffekter ikke kunne utelukkes dersom dette benyttes som fast drikkevannskilde. Det ble derfor anbefalt en nærmere undersøkelse av drikkevannet til husstander med drikkevannskilder tilknyttet bekker og elver som renner ut av skytefeltene. Forsvarsbygg fikk i oppdrag fra Hærens styrker å lede disse undersøkelsene. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) fikk i oppdrag fra Forsvarsbygg å foreta kjemisk analyse av hvitt fosfor i drikkevannsprøvene, og å vurdere resultater.

#### **1.2 Formål**

Formålet med oppdraget ”Analyse av hvitt fosfor i drikkevann i Troms” er å fastslå om Forsvarets bruk av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfelter forurenses drikkevannet til husstander som har sine drikkevannskilder i tilknytning til elver som avvanner skytefeltene.

### **2 METODER**

#### **2.1 Prøvetaking**

Forsvarsbygg har foretatt en kartlegging av hvilke husstander som har drikkevannskilder i tilknytning til bekker og elver som renner ut av skytefeltene. Drikkevannet til samtlige av disse husstandene er undersøkt. Totalt er det tatt 22 vannprøver av drikkevann. Fordelt på de respektive skytefeltene ble det tatt 8 prøver i Setermoen, 9 prøver i Blåtind og 5 i Mauken. I tillegg er det tatt 4 vannprøver i områder fra husstander som ikke er berørt av vann fra skytefeltene.

Prøvene ble tappet på 1 liters glassflasker av miljøvernoffiserer i de ulike garnisonene. Hver enkelt husstand og drikkevannskilde ble koordinatfestet både fra kart og GPS. I tillegg ble det blant annet registrert opplysninger vedrørende vanntilførsel, type vanninntak og vannstand i nærliggende bekk eller elv. Skjemaet som ble benyttet for denne registreringen er vist i Appendix A.

På grunn av analysetekniske problemer ved FFI ble prøvene tatt to ganger. Det er kun resultater fra siste prøvetaking som er presentert i denne rapporten. Disse drikkevannsprøvene ble tatt i tidsrommet 10-16 januar 2006.

## 2.2 Kjemisk analyse

De analysemetodene som FFI benytter for bestemmelse av hvitt fosfor i de vannprøver er nærmere beskrevet i FFI/RAPPORT-2003/01224 (2) og FFI/RAPPORT-2004/00177 (3). For kvalitetssikring av egne målinger ved FFI, ble det sent 5 drikkevannsprøver til TNO Defence, Security and Safety (Lange Kleiweg 137, Rijswijk, Nederland) for analyse av hvitt fosfor. I tillegg ble det sendt en kontrollprøve med innhold av hvitt fosfor som også er analysert ved FFI.

## 3 RESULTATER

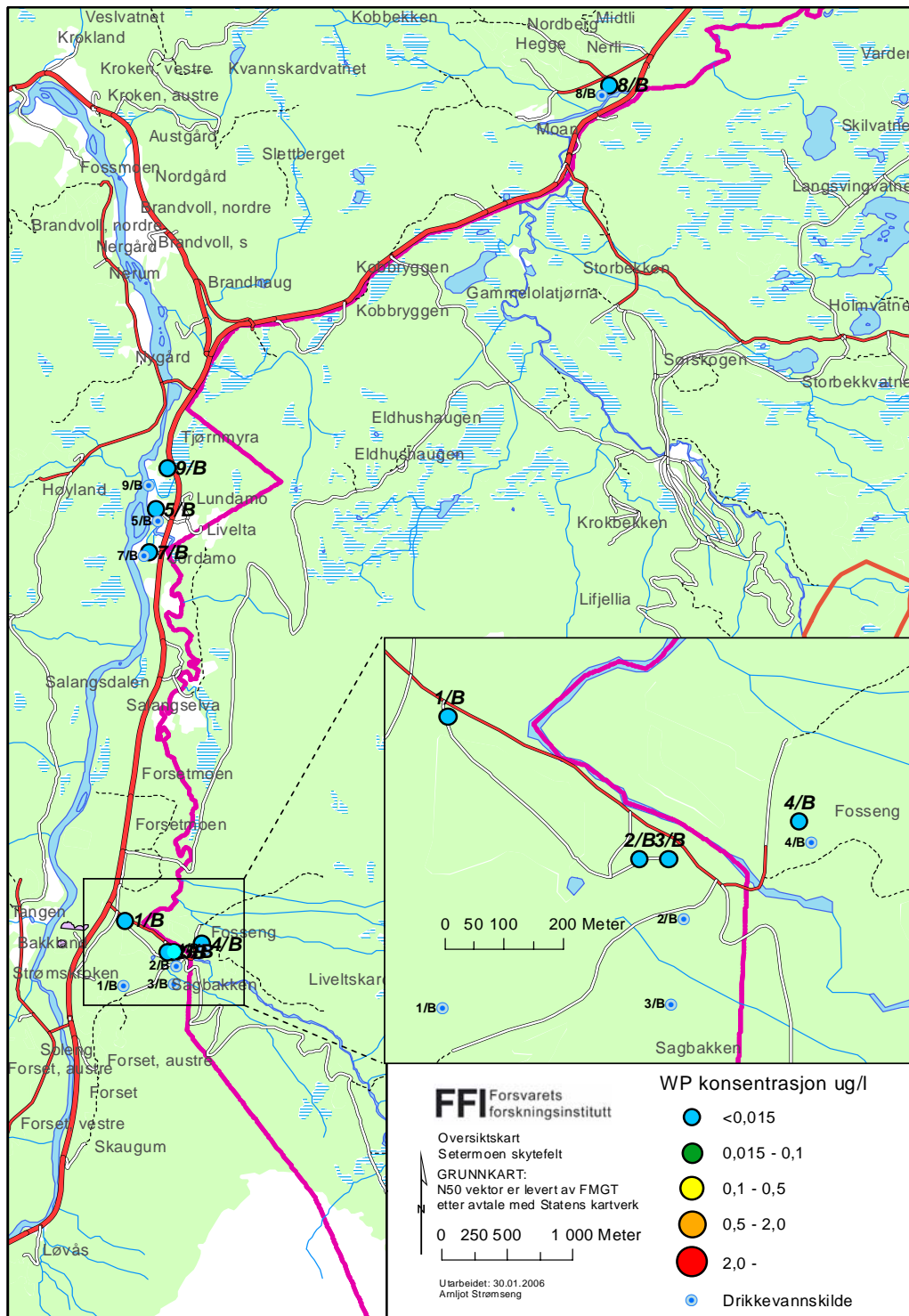
I Appendiks B er resultatene fra analysene av hvitt fosfor i alle vannprøver analysert ved FFI gjengitt i analyserapport M06/001.

### 3.1 Setermoen skytefelt

Konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøver tatt fra 8 husstander utenfor Setermoen skyte- og øvingsfelt er vist i Tabell 3.1 og lokaliseringen av prøvene er vist i Figur 3.1. Det var ingen av vannprøvene som inneholdt hvitt fosfor over deteksjonsgrensen på 0,015 µg/l.

<i>Prøvenummer</i>	<i>Gnr/bnr</i>	<i>Type drikkevanns kilde</i>	<i>Konsentrasjon hvitt fosfor, µg/l vann</i>
1/B	52/21	Grunnvann	< 0,015
2/B	52/31	Grunnvann	< 0,015
3/B	52/30	Kum i bekk	< 0,015
4/B	50/3	Grunnvann	< 0,015
5/B	50/13	Grunnvann	< 0,015
7/B	52/4	Grunnvann	< 0,015
8/B	53/43	Grunnvann	< 0,015
9/B	50/9	Grunnvann	< 0,015

Tabell 3.1 *Konsentrasjoner av hvitt fosfor i drikkevann til husstander utenfor Setermoen skytefelt.*



Figur 3.1 Prøvepunkter for drikkevann utenfor Setermoen skytefelt med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

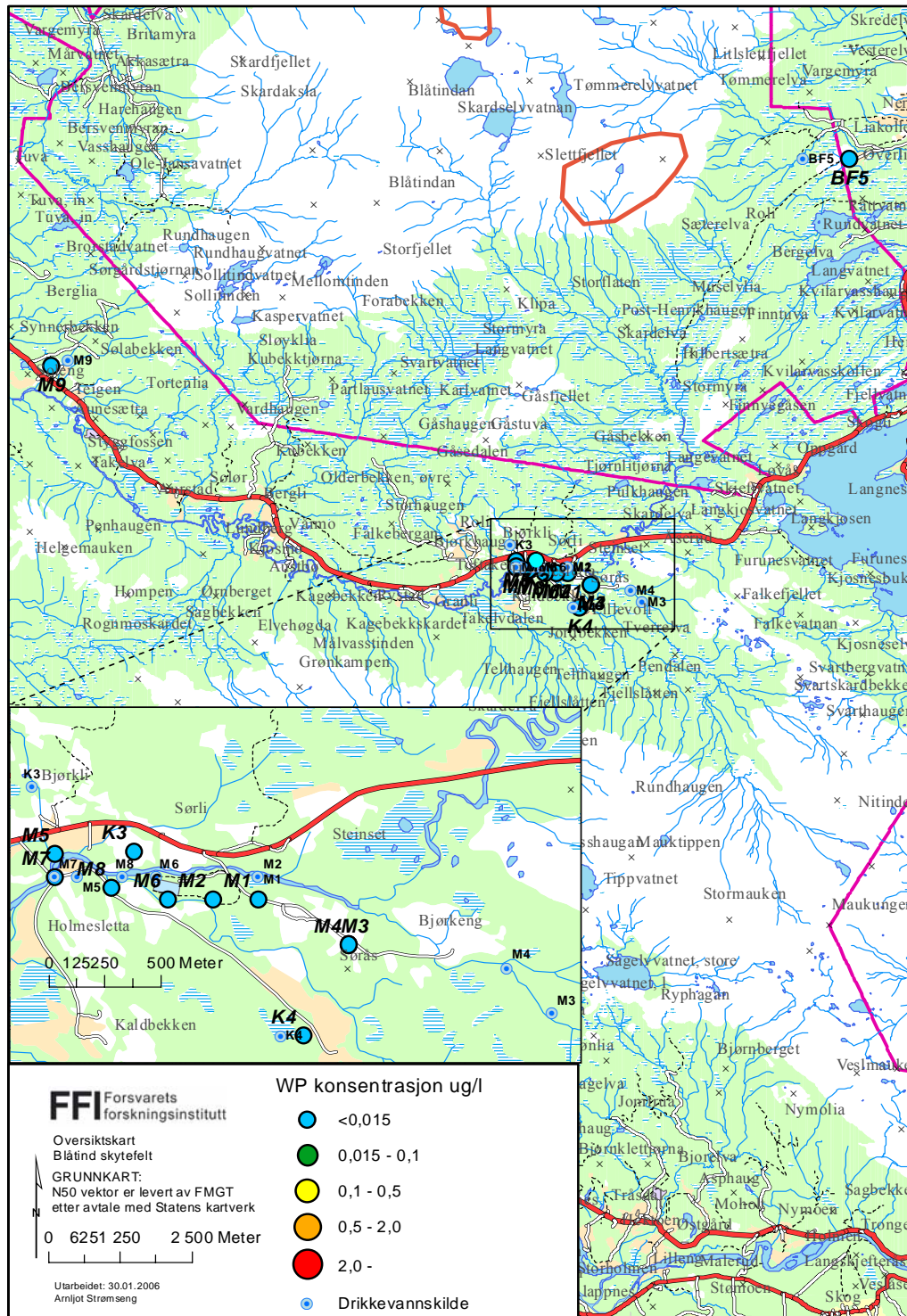
### 3.2 Blåtind skytefelt

Konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøver tatt fra 11 husstander utenfor Blåtind skyte- og øvingsfelt er vist i Tabell 3.2 og lokaliseringen av prøvene er vist i Figur 3.2. Det var ingen av vannprøvene som inneholdt hvitt fosfor over deteksjonsgrensen på 0,015 µg/l.

<i>Prøvenummer</i>	<i>Gnr/bnr</i>	<i>Type drikkevanns kilde</i>	<i>Konsentrasjon hvitt fosfor, µg/l vann</i>
M1	95/27	Elv/bekk	< 0,015
M2	19/65	Bekk	< 0,015
M3	95/26	Bekk	< 0,015
M4	95/5	Bekk	< 0,015
M5	21/4	Grunnvann	< 0,015
M6	21/2	Grunnvann	< 0,015
M7	21/1	Grunnvann	< 0,015
M8	21/8	Grunnvann	< 0,015
M9	18/18	Bekk	< 0,015
K3	20/4	Grunnvann	< 0,015
K4	21/6	Grunnvann	< 0,015

Tabell 3.2 *Konsentrasjoner av hvitt fosfor i drikkevann til husstander utenfor Blåtind skytefelt.*





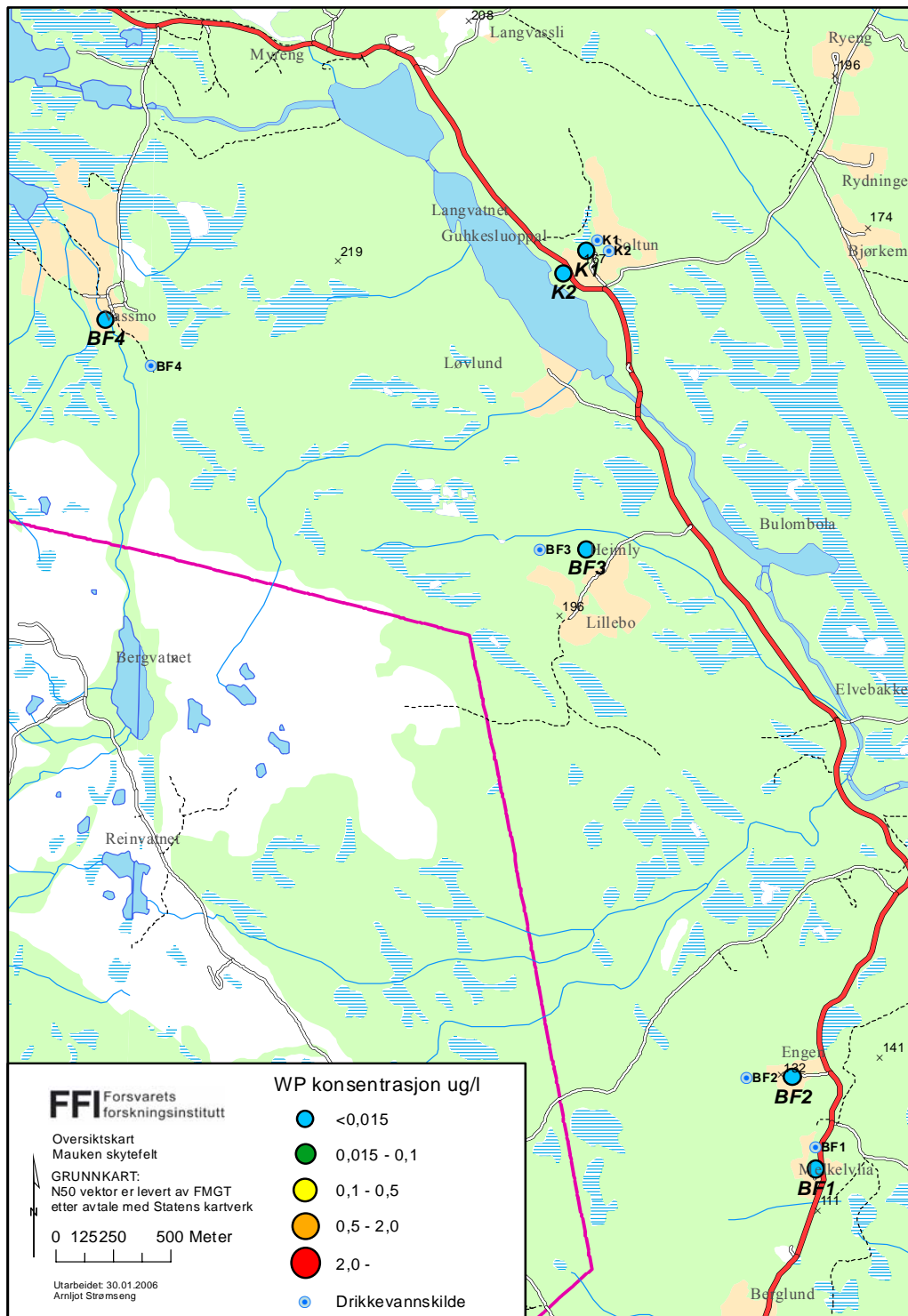
Figur 3.2 Prøvepunkter for drikkevann utenfor Blåtind skytefelt med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

### 3.3 Mauken skytefelt

Konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøver tatt fra 11 husstander utenfor Mauken skyte- og øvingsfelt er vist i Tabell 3.3 og lokaliseringen av prøvene er vist i Figur 3.3. Det var ingen av vannprøvene som inneholdt hvitt fosfor over deteksjonsgrensen.

<i>Prøvenummer</i>	<i>Gnr/bnr</i>	<i>Type drikkevanns kilde</i>	<i>Konsentrasjon hvitt fosfor, µg/l vann</i>
BF1	43/49	Grunnvann/bekk	< 0,015
BF2	8/12	Bekk	< 0,015
BF3	43/168	Grunnvann	< 0,015
BF4	43/52	Grunnvann	< 0,015
BF5	43/171	Bekk	< 0,015
K1	43/212	Grunnvann	< 0,015
K2	43/212	Bekk/grunnvann	< 0,015

*Tabell 3.3 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i drikkevann til husstander utenfor Setermoen skytefelt.*



Figur 3.3 Prøvepunkter for drikkevann utenfor Mauken skytefelt med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

### 3.4 Kontrollmålinger ved eksternt laboratorium

Resultatene fra kontrollmålinger gjort av TNO Defence, Security and Safety er vist i Tabell 3.4, mens analyserapporten er vedlagt i Appendiks C. I prøvenummer 06-027 har FFI målt en konsentrasjon av hvitt fosfor på 0,025 µg/l til sammenligning med 0,017 og 0,018 µg/l som er analyseresultatet fra TNO. Dette regnes som et akseptabelt resultat, ettersom FFI analyserte prøven samtidig med at den ble sendt til TNO og at det derfor kan ha skjedd en viss nedbrytning av hvitt fosfor før prøven ble analysert ved TNO.

<i>Prøvenummer</i>	<i>Internt prøve nr</i>	<i>Gnr/bnr</i>	<i>Konsentrasjon hvitt fosfor, µg/l vann</i>
4B	06-004	50/3	< 0,010
BF3	06-012	43/168	< 0,010
K1	06-014	43/212	< 0,010
M1	06-018	95/27	< 0,010
M9	06-026	18/18	< 0,010

Tabell 3.4 *Konsentrasjoner av hvitt fosfor kontrollmålinger foretatt ved TNO Defence, Security and Safety*

## 4 KONKLUSJON

I kjemiske analyser av 26 drikkevannsprøver, som ble tatt fra utvalgte husstander utenfor skytefeltene Setermoen, Mauken og Blåtind, ble det ikke funnet konsentrasjoner av hvitt fosfor over deteksjonsgrensen på 0,015 µg/l. Dette betyr at Forsvarets bruk av hvitt fosfor i de undersøkte skytefeltene ikke har medført målbare konsentrasjonsøkninger av hvitt fosfor i drikkevannet til husstander i området, og at helseeffekter dermed kan utelukkes.

## APPENDIKS

### A REGISTRERINGSSKJEMA FOR VANNPRØVER

Flasken merkes:	
Gnr/bnr – hjemmelshaver	
<b>Type vanninntak/vanntilførsel</b>	
Kum	
Tank som samler opp vann før det går videre inn	
Felles med andre husstander	
Grunnvann eller bekk	
Punktkoordinater for vanninntak:	
Punktkoordinater for beliggenhet til hus:	
Millimeter nedbør i form av regn det siste døgnet:	
Vannstand i bekk/elv hvor vannet kommer fra: høy / middels / lav	

Vann fylles fra vannkran inne i huset.

Vann fylles på 1 liters plastflaske. Denne fylles så full at det bli minimalt med luft i flasken.

Flaskene merkes

M = måselv

BF = balsfjord

B=bardu

+ Nr ved siden av navn i excelarket.

## B ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I DRIKKEVANNSPRØVER FRA TROMS



FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT  
Avdeling Beskyttelse

Dato: 24 januar 2006

Analysereport M06/001

Side 1 av 3

Analysereportmal versjon 2.6 15.05.98 LHB

### Analysereport nr M06/001 Analyse av hvitt fosfor

Oppdragsgiver: Forsvarsbygg Utvikling Nord      Antall prøver: 26  
Adresse: Postboks 1023, 9326 Bardufoss      Mottatt dato: 12.01.2006 og  
18.01.2006

Anmerkninger: Ingen

Analysereporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metodeidentitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
Hvitt fosfor	F1	Nei	0,015 – 1,5 µg/l	30

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

Kjeller, 24 januar 2006

Arnt Johnsen  
Forsker

Saksbehandler : Arnt Johnsen

Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Innvalg : 63 80 78 33

Sentralbord : 63 80 70 00

Telefax : 63 80 78 11

Mil retn nr: 0505

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

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>
06-001	1/B
06-002	2/B
06-003	3/B
06-004	4/B
06-005	5/B
06-006	7/B
06-007	8/B
06-008	9/B
06-009	BF5
06-010	BF1
06-011	BF2
06-012	BF3
06-013	BF4
06-014	K1
06-015	K2
06-016	K3
06-017	K4
06-018	M1
06-019	M2
06-020	M3
06-021	M4
06-022	M5
06-023	M6
06-024	M7
06-025	M8
06-026	M9



<i>FFI nr</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l prøve</i>
06-001	< 0,015
06-002	< 0,015
06-003	< 0,015
06-004	< 0,015
06-005	< 0,015
06-006	< 0,015
06-007	< 0,015
06-008	< 0,015
06-009	< 0,015
06-010	< 0,015
06-011	< 0,015
06-012	< 0,015
06-013	< 0,015
06-014	< 0,015
06-015	< 0,015
06-016	< 0,015
06-017	< 0,015
06-018	< 0,015
06-019	< 0,015
06-020	< 0,015
06-021	< 0,015
06-022	< 0,015
06-023	< 0,015
06-024	< 0,015
06-025	< 0,015
06-026	< 0,015



## C ANALYSERAPPORT FRA TNO DEFENCE, SECURITY AND SAFETY

### TNO Defence, Security and Safety

Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research



Return address: P.O.Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands

Forsvarets Forsknings Institutt  
Attn. Mr. A. Johnsen  
P.O. Box 25  
2027 Kjellar  
Norway

Lange Kleiweg 137  
P.O. Box 45  
2280 AA Rijswijk  
The Netherlands

www.tno.nl

T +31 15 28 43000  
F +31 15 28 43991  
Info@pml.tno.nl

**Date**  
February 8, 2006

**Our reference**  
06 BU3/2533

**E-mail**  
willem.duvalois@tno.nl

**Direct dialling**  
+31 15-2843263

**Project number**  
032.10686/06.01

The Standard Conditions for  
Research Instructions given to TNO,  
as filed at the Registry of the  
District Court and the Chamber of  
Commerce in The Hague  
shall apply to all instructions given to TNO;  
the Standard Conditions will be sent on  
request.

**Subject**  
Analysis white phosphorus in water

Dear Mr. Johnsen

According to your request dated January 25, 2006 we have analyzed the water samples for the amount of white phosphorus (P4). The numbers of the water samples are in table 1.

*Table 1: Sample numbers*

Sample number FFI	Sample number TNO
06-012	06AES035
06-018	06AES037
06-026	06AES038
06-027	06AES039
06-004	06AES048
06-014	06AES049

The samples were analyzed according EPA Method 7580 (see appendix), with a few changes in method of analysis and method of sample preparation. The samples were analyzed by GC-FPDS (flame photometric detector, P-mode) instead of the described GC-NPD method. Reason for the change is the GC-FPDS being more sensitive in determination of the P4, and more stable in analysis. The sample preparation is carried out in a glove box under a nitrogen atmosphere. The samples were prepared as follows: 200 ml of water is extracted with 20 ml of diethyl ether for 5 minutes, after 15 minutes of phase separation the water layer is discarded and the amount of diethyl ether is determined by weighing. Once the amount of diethyl ether is known, the volume is also known. The diethyl ether extract is analyzed with the GC-FPDS (for settings see appendix).

The spiking method as described in EPA 7580 has not been carried out; the preparation of the solution P4 in water takes at least 60 days.

The method gives a detection limit of 10 ng/L water, the detection limit (3x peak-to-peak noise) from the GC-FPDS analysis is 0.35 pg/ $\mu$ l.



**Date**  
February 8, 2006

**Our reference**  
06 BU3/2533

**Page**  
2/2

Table 2 gives the results of the analysis.

*Table 2: Results of the analysis of the water samples*

Sample	Concentration in ng/L	Concentration in ng/L
06AES035	<10	<10
06AES037	<10	<10
06AES038	<10	<10
06AES039	18	17
06AES048	<10	<10
06AES049	<10	<10

Only the 06AES039 (06-027) sample gives a detectable concentration of P4, all the other samples stay below the detection limit.

Yours faithfully,

W. Duvalois  
Research Analyst

J.B. de Bes  
Research Analyst



**Date**  
February 8, 2006

**Our reference**  
06 BU3/2533

**Page**  
3/3

Appendix 1: Settings of the GC-FPDS

Column	<b>J&amp;W DB-1: cross-link 100% methyl silicone 15.0 m; ID 0.53 mm; film 3.0 µm</b>
Injector temperature	275°C
Injection volume	1.0 µl
Injection mode	Split less injection, surge pressure
Oven temperature	80°C
Column flow	1.5 ml/min
Carrier gas	Helium
Temperature FPDS-detector	150°C
Hydrogen flow	90 ml/min
Air flow	115 ml/min
Make-up flow	5 ml/min
Retention time P4	1.24 min

Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research



**Date**  
February 8, 2006

**Our reference**  
06 BU3/2533

**Page**  
4/4

Appendix 2: EPA-Method 7580

See PDF attached to mail

## Litteratur

- (1) Strømseng AE, Voie ØA, Johnsen A, Longva KS (2005): Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms, FFI/RAPPORT-2005/03531, Ugradert
- (2) Søbye E, Johnsen A, Strømseng A (2003): Kartlegging av hvitt fosfor i Hjerkinnskytefelt, FFI/RAPPORT-2003/01224, Ugradert
- (3) 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, Ugradert