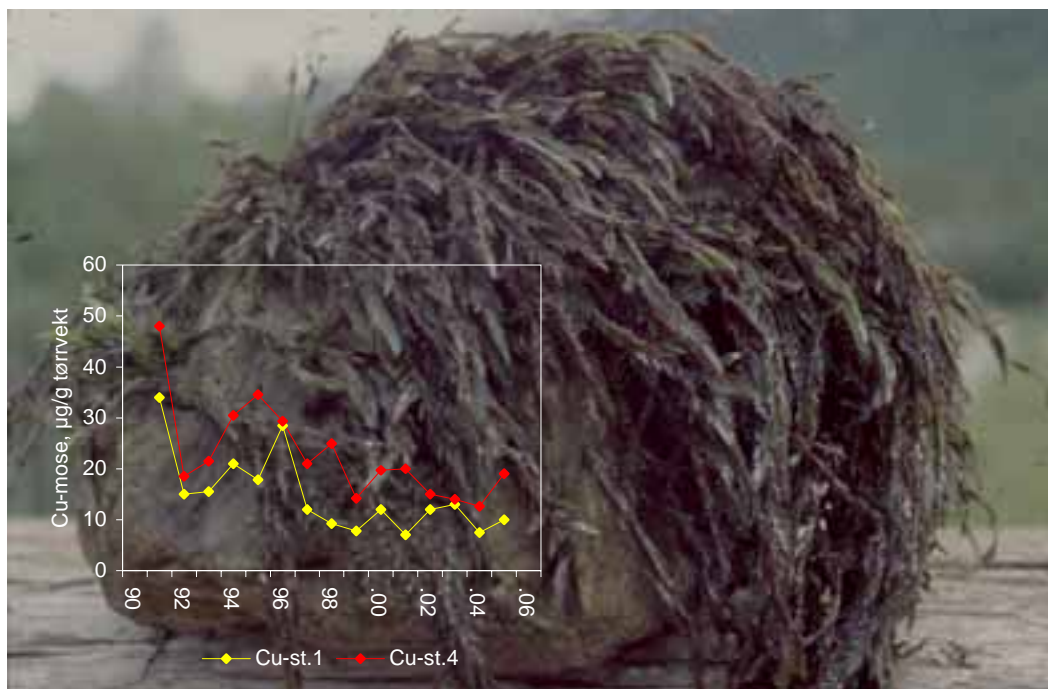


## Bradalsmyra testsenter

Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi



*Kobberkonsentrasjonen i vannmose (*Fontinalis antipyretica*) fra Veltmannåa nedstrøms testsenteret (st.4) har vist en synkende trend de siste 10 årene.*

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86  
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Bradalsmyra testsenter Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi	Løpenr. (for bestilling) 5110-2005	Dato 22. desember 2005
	Prosjektnr. Undernr. 25154	Sider Pris 14
Forfatter(e) Sigurd Rognerud	Fagområde miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Ragnar Haugen
--------------------------------------	------------------------------------

Sammendrag

Konsentrasjonene av kobber, bly og sink i bekkene som avvanner Bradalsmyra testsenter, var lavere enn de grenser som er satt for "ingen biologiske effekter" og de grenser SFT har satt for kritiske metallkonsentrasjoner. Overvåkingen av av bly og kobber i vannmoser har vist at middelkonsentrasjonene av kobber i Veltmannåa ved utløpet av testsenteret har avtatt de siste 10 årene, mens blykonsentrasjonene har vært lave og uforandret. I bekkene fra miljøtestanlegget har verkstedsområdet har konsentrasjonene av kobber og bly vært nær de samme hele overvåkingsperioden med unntak av to episodiske utslipp av bly fra verkstedsområdet i 1993 og fra miljøtestsenteret i 1997. Konsentrasjonene av antimon var 4 til 5 ganger høyere i bekken fra verkstedsområdet enn ved de andre målestasjonene på testsenteret og det som er vanlig i norske vannforekomster. Konsentrasjonene av metaller i grunnvannsiget fra deponiet var noe høyere enn de var i Veltmannåa, og det forekom episodisk betydelig høyere konsentrasjoner enn de som er målt i Veltmannåa. Nedbørfeltet som deponiet ligger i, er imidlertid lite og vannmengden beskjedne, slik at deponiet ikke bidrar til nevneverdig forurensning av Veltmannåa.

Fire norske emneord 1. Skytefelt 2. Overvåking av vannkvalitet 3. Metallkonsentrasjoner 4. Forurensningsgrad	Fire engelske emneord 1. Shooting range 2. Monitoring water quality 3. Concentrations of metals 4. Degree of impact
--	---



Sigurd Rognerud  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Øyvind Sørensen  
Ansvarlig

## **Bradalsmyra testsenter**

Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metaldeponi

## Forord

Rapporten omhandler resultater fra undersøkelsen i 2005 av metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvannsig fra et metalldeponi. Årets resultater er satt i sammenheng med de årlige målingene som startet i 1991.

Prosjektet ble kontraktfestet i 12. april 2005, og Nammo Raufoss AS (Nordic Ammunition Company) er oppdragsgiver. Kontaktperson på testsenteret har vært Ragnar Haugen som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeidet har vært gjennomført av Sigurd Rognerud og Jarl Eivind Løvik ved NIVAs Østlandsavdeling. Alle kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Ottestad, 20. desember 2005



*Sigurd Rognerud*

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Metoder</b>	<b>7</b>
2.1 Innsamling og vannanalyser	7
2.2 Overvåkningsbrønner	7
2.3 Klassifisering av tilstand	7
<b>3. Resultater</b>	<b>8</b>
3.1 Primærdata fra 2005	8
3.2 Veltmannåa	8
3.3 Deponiet	10
3.4 Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget	11
<b>4. Diskusjon</b>	<b>13</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>14</b>

---

## Sammendrag

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av to mindre bekker som bl.a avvanner miljøtestanlegget og verkstedområdet. Testsenteret har også et deponi som inneholder ”metallavfall” etter overflatebehandling ved tidligere Raufoss Våpenfabrikk.

Overvåkingen av bly og kobber i Veltmannåa har foregått siden 1991 og er basert på vannmoser som biomonitor. Resultatene fra denne lange tidsserien har vist at konsentrasjonene av bly har vært lave, og de har ikke endret seg nevneverdig over tid. Konsentrasjonene i 2005 var likevel generelt litt høyere ut av feltet enn inn i feltet slik de også var i 2004. Bly i ammunisjon er legert med antimon og en liten økning også av antimon i Veltmannåa gjennom testsenteret i 2004 og 2005 kan indikere at korrosjon av prosjektiler er årsaken til dette. Konsentrasjoner av bly og antimon var imidlertid lave, og de vil ikke skape negative effekter på biota i bekken. Konsentrasjonene av kobber i Veltmannåa ut av feltet har avtatt de siste 10 årene både som følge av lavere konsentrasjoner inn i feltet og litt mindre bidrag av forurensninger fra testsenteret. Konsentrasjonene av både kobber og sink har vært lavere, både i 2004 og 2005, enn grensa satt for negative biologiske effekter. Vi vil likevel nevne at det i 2005 var episodisk høye sinkverdier i Veltmannåa inn i feltet. Det er mulig at avrenning (evt lokal luftforurensning) fra brennplassen som er lokalsert nær Veltmannantjernet, kan være årsak til dette.

Konsentrasjonene av bly, kobber og sink i bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestsenteret var også lavere enn de grenser som er satt for negative biologiske effekter eller kritiske metallkonsentrasjoner (iht SFT) i 2005. Konsentrasjonene av kobber har vært nær de samme i hele overvåkingsperioden. Med unntak av to episodiske utslipp av bly i 1993 (verkstedsområdet) og i 1997 (miljøtestsenteret) har også blykonsentrasjonene vært nær de samme. Kilden til blyforurensningen ble fjernet, og således har overvåkingen virket etter hensikten. Det finnes ingen vannkvalitetsgrenser mht biologiske effekter for antimon. Konsentrasjonene i bekken fra verkstedsområdet var betydelig høyere enn i Veltmannåa og generelt i norske vannforekomster. Det er rimelig å anta at det finnes en antimonforurensning i dette området, men betydningen for biota i bekken er antagelig liten.

Konsentrasjonene av metaller i grunnvannsiget fra deponiet var noe høyere enn i Veltmannåa, og episodisk forekom det betydelig høyere konsentrasjoner enn i Veltmannåa. Deponiområdets nedbørfelt er imidlertid lite og vannmengden sannsynligvis også beskjedne, slik at de ikke bidrar til nevneverdig forurensning av Veltmannåa. Brønn 0 som er ment som en referansestasjon for vannkvaliteten av grunnvannet før det når deponiet, er neppe upåvirket av deponiet. Den ligger for nær deponiet og det er ingen høydeforskjell mellom denne brønnen og deponiets beliggenhet. På bakgrunn av observasjonene i 2005 mener vi at denne brønnen ikke er en god referanse for grunnvannet i området. Vi foreslår derfor at den videre overvåking kun følger vannkvaliteten i Brønn 4 som ligger nærmest Veltmannåa. Dette vil gi en god indikasjon på hvordan vannkvaliteten i grunnvannsiget fra deponiet, før det når Veltmannåa, utvikler seg med tiden.

# 1. Innledning

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av to mindre bekker som bl.a avvanner miljøtestanlegget og verkstedområdet (Fig.1). Et deponi er lokalisert nord for kjøretraseen til det nordligste kulvert-anlegget (Fig.1), og det inneholder metaller som var ”avfall” etter overflatebehandling ved Raufoss Våpenfabrikk. Det er uklart i hvilken grad det var faste masser (utfelte metaller etter såkalt avgiftning) som ble deponert, eller om metallene ble deponert som vandige løsninger. Det ble tilsatt kalk som skulle skape et alkalisk miljø og derved bidra til å felle ut metallene slik at de ble immobilisert og ikke forurenset Veltmannåa.

Vannkvaliteten oppstrøms og nedstrøms deponiet ble første gang undersøkt av NIVA i 2004, og det ble konkludert med at deponiet ikke forurenset Veltmannåa (Rognerud 2004). Likevel har metallkonsentrasjoner i to av brønnene vært undersøkt også i 2005. Det gjelder brønnen oppstrøms deponiet (brønn 0) og brønnen nedstrøms, nærmest Veltmannåa (brønn 4). Bedriften ønsker at siget fra deponiet skal inngå i den årlige overvåkingen som gjennomføres i bekkene.

Hensikten med undersøkelsen er å avklare om metaller lekker ut i drenerende bekker og forurenser områdene utenfor testsenteret. Videre skal overvåkingen avdekke tidstrender i metallkonsentrasjonene slik at hvis trenden er negativ, kan tiltak settes i verk på et tidligst tidspunkt.



**Figur 1.** Bradalsmyra testsenter med veinett, bekker og prøvetakningspunktene i Veltmannåa (St.1 og 4), fra verkstedsområdet (st. 7) og miljøtestsenteret (st. 8) samt i grunnvannsbrønnene ovenfor deponiet (0), i deponiet (1) og nedstrøms (2, 3, 4). I 2005 ble bare brønn 0 og 4 undersøkt.

## 2. Metoder

### 2.1 Innsamling og vannanalyser

Vannprøvene fra brønnene som ble satt ned i 2004 av Interconsult (se Rognerud 2004), ble hentet opp med elektriske miljøpumper som ble senket ned i røret. Det ble benyttet separate pumper for hver brønn. Vannprøvene for metallanalyser ble samlet inn på syrevaskede plastflasker fra to brønner ved deponiet og 4 stasjoner i bekkene. Metallene er analysert etter metode E 8-3 gitt i metodebeskrivelser ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Det ble samlet inn prøver fra 6 prøverunder i 2005 (31. mai, 7.juni, 4. august, 8. september, 11. oktober og 3. november). På grunn av nedslamming av moser og at de ikke dannet nye årskudd på stasjon 7 og 8, ble middel-konsentrasjonen av bly og kobber i moser estimert på bakgrunn av regresjoner mellom metall-konsentrasjoner i mose og vann gitt i tidligere overvåkningsdata fra Bradalsmyra (Rognerud 2005). Dette for å videreføre langtidsserien på moser. Omregningen er gjort på bakgrunn av følgende:

St.1 og 4: Cu-mose = 9,4 Cu-vann +5,8 (n = 37,  $r^2 = 0,41$ ), Pb-mose = 21,6 Pb-vann + 7,9 (n = 40,  $r^2 = 0,42$ ).  
 St. 7: Cu-mose = 10,0 Cu-vann +15,1 (n = 20,  $r^2 = 0,45$ ), Pb-mose = 24,4 Pb-vann + 14,9 (n = 20,  $r^2 = 0,52$ )  
 St. 8: Cu-mose = 11,1 Cu-vann +9,0 (n = 20,  $r^2 = 0,48$ ), Pb-mose = 21,6 Pb-vann + 7,9 (n = 20,  $r^2 = 0,45$ )

### 2.2 Overvåkningsbrønner

I 2004 ble det satt ned 5stk 63 mm overvåkningsbrønner med filter og lokk. Renset filtersand (kvarts) ble benyttet til omfylling. Lengden på rørene er ca. 2 m. Brønn 0 (referansen) ligger ovenfor deponiet, Brønn 1 er i selve deponiet, mens Brønn 2, 3 og 4 ligger nedstrøms deponiet med henholdsvis økende avstand. I 2005 ble bare Brønn 0 og 4 undersøkt. Koordinatene for disse er: Brønn 0: N 60° 42.802', E 10° 32.987' og Brønn 4: N 60° 42.822', E 10° 32.900'

### 2.3 Klassifisering av tilstand

Statens Forurensningstilsyn (SFT) utviklet i 1992 et system der vannkvalitet ble inndelt i tilstandsklasser (Holtan og Rosland 1992). Denne klassifikasjonen ble revidert i 1997 (Andersen et al. 1997). Svakheten med systemet er at forurensningsgraden ikke nødvendigvis er knyttet til et konsentrasjonsintervall fordi naturlige konsentrasjoner av metaller varierer betydelig. Dessuten bør konsentrasjoner være knyttet opp mot eventuelle biologiske effekter. Det foreligger et klassifikasjonssystem der metall-konsentrasjoner er samholdt med biologiske effekter ut fra erfaringer fra skandinaviske undersøkelser (Lydersen et al. 2002). Dette systemet benyttes i vurderingen sammen med kritiske konsentrasjoner gitt i SFTs klassifikasjon fra 1997, (Tabell 1). Kritiske konsentrasjoner er satt lik grensene mellom tilstandsklassene III og IV i SFTs klassifikasjon. Etter råd fra NIVA benyttet SFT dette som grunnlag for de krav som ble satt til vannkvalitet i forbindelse med utslippsøkningen for Regionfelt Østlandet.

**Tabell 1.** *Klassifikasjon av metallkonsentrasjoner i forhold til biologiske effekter. Klasse 1: Ingen effekter på biota. Klasse 2: Noen sensitive arter kan påvirkes, men ingen effekter på fisk. Klasse 3: Effekter på biota ved reduksjon av artsantallet samt effekter på salmonide fisk. Klasse 4: Store effekter på økosystemet. Denne klassifikasjonen er basert på Lydersen et al. (2002), mens kritiske konsentrasjoner gitt av SFT (1997) også er vist.*

Element	Klasse 1 svært lav	Klasse 2 lav	Klasse 3 medium	Klasse 4 høy	SFT 1997 kritiske kons.
Cu (µg/l)	<3	3 - 15	16 - 30	>30	3
Pb (µg/l)	<1	1 - 5	6 - 15	>15	2,5
Zn (µg/l)	<30	30 - 60	61 - 100	>100	50



## 3. Resultater

### 3.1 Primærdata fra 2005

Primærdata for vannanalysene i 2005 er gitt i tabell 1, mens resultatene for 2004 er gitt i overvåkningsrapporten fra dette året (Rognerud 2005).

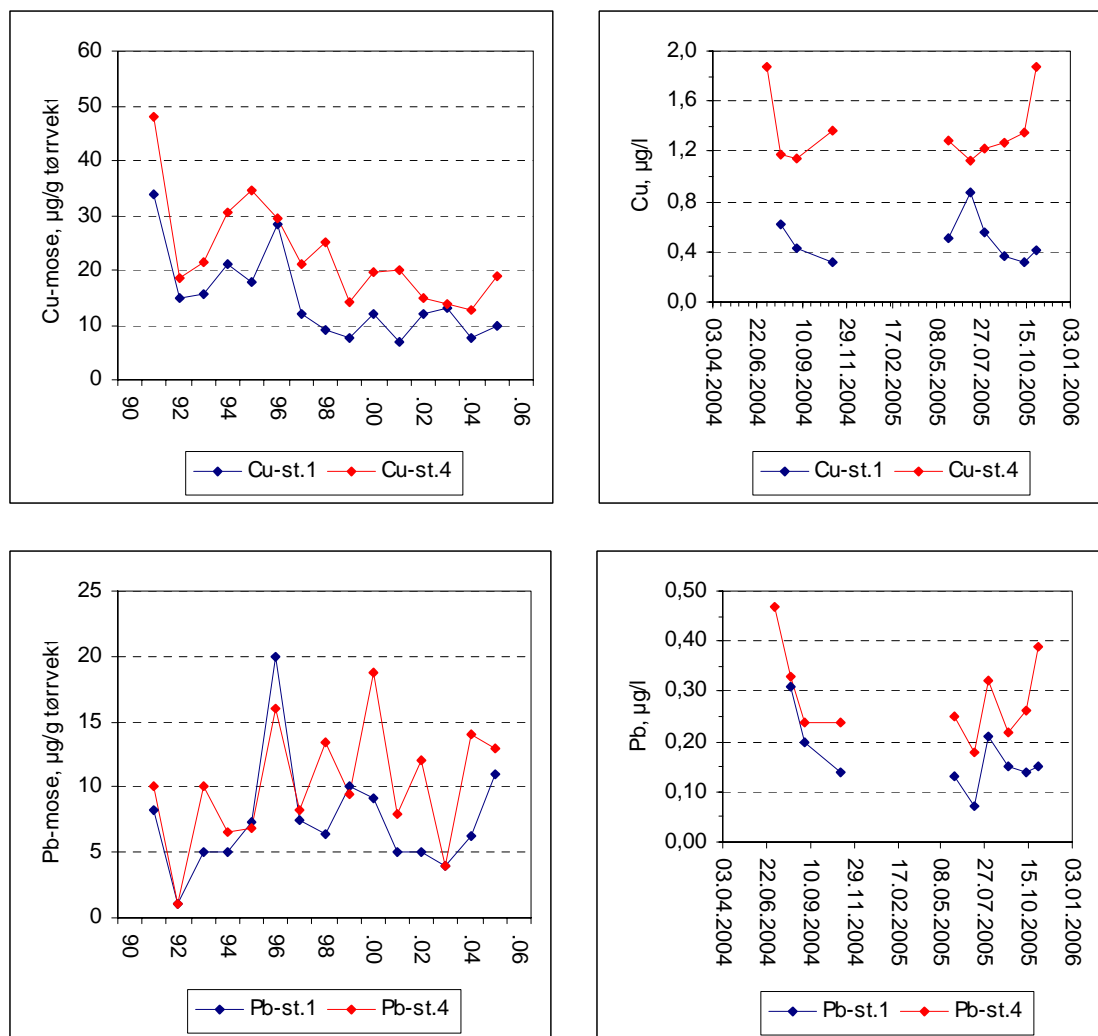
**Tabell 2.** Analyser av vannkonsentrasjoner på Bradalsmyra i 2005.

Lokalitet	stasjon	Dato	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	1	31.05.2005	0,51	0,13	0,07	3,59
Bradalsmyra	1	07.07.2005	1,87	0,65	0,06	9,32
Bradalsmyra	1	04.08.2005	0,55	0,21	0,10	12,00
Bradalsmyra	1	08.09.2005	0,36	0,15	0,06	3,40
Bradalsmyra	1	11.10.2005	0,32	0,14	0,07	3,01
Bradalsmyra	1	03.11.2005	0,41	0,15	0,09	4,49
Bradalsmyra	4	31.05.2005	1,29	0,25	0,10	3,43
Bradalsmyra	4	07.07.2005	1,12	0,18	0,10	3,69
Bradalsmyra	4	04.08.2005	1,23	0,32	0,10	9,60
Bradalsmyra	4	08.09.2005	1,27	0,22	0,09	3,26
Bradalsmyra	4	11.10.2005	1,35	0,26	0,10	3,67
Bradalsmyra	4	03.11.2005	1,88	0,39	0,20	5,09
Bradalsmyra	7	31.05.2005	1,95	0,14	1,40	5,42
Bradalsmyra	7	07.07.2005	1,63	0,04	0,99	3,06
Bradalsmyra	7	04.08.2005	2,40	0,23	0,96	13,00
Bradalsmyra	7	08.09.2005	1,88	0,28	0,62	4,66
Bradalsmyra	7	11.10.2005	1,33	0,11	0,58	2,96
Bradalsmyra	7	03.11.2005	3,88	1,77	1,20	14,30
Bradalsmyra	8	31.05.2005	1,96	0,52	0,23	8,98
Bradalsmyra	8	07.07.2005	1,37	0,15	0,10	5,55
Bradalsmyra	8	04.08.2005	1,44	0,26	0,20	12,50
Bradalsmyra	8	08.09.2005	1,75	0,28	0,10	6,47
Bradalsmyra	8	11.10.2005	0,89	0,14	0,10	5,69
Bradalsmyra	8	03.11.2005	3,11	1,33	0,35	15,80
Bradalsmyra	Brønn 0	31.05.2005	6,17	0,55	0,10	29,50
Bradalsmyra	Brønn 0	07.07.2005	2,98	3,85	0,09	13,20
Bradalsmyra	Brønn 0	04.08.2005	2,48	2,18	0,10	14,30
Bradalsmyra	Brønn 0	08.09.2005	4,50	2,96	0,10	21,10
Bradalsmyra	Brønn 0	11.10.2005	4,38	2,01	0,09	26,90
Bradalsmyra	Brønn 0	03.11.2005	1,66	1,28	0,10	11,20
Bradalsmyra	Brønn 4	31.05.2005	9,05	8,72	0,10	58,60
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2005	1,06	0,61	0,05	3,38
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2005	7,84	5,83	0,10	76,20
Bradalsmyra	Brønn 4	08.09.2005	3,74	2,80	0,10	27,40
Bradalsmyra	Brønn 4	11.10.2005	4,35	3,57	0,21	23,10
Bradalsmyra	Brønn 4	03.11.2005	8,21	4,39	0,20	61,60

### 3.2 Veltmannåa

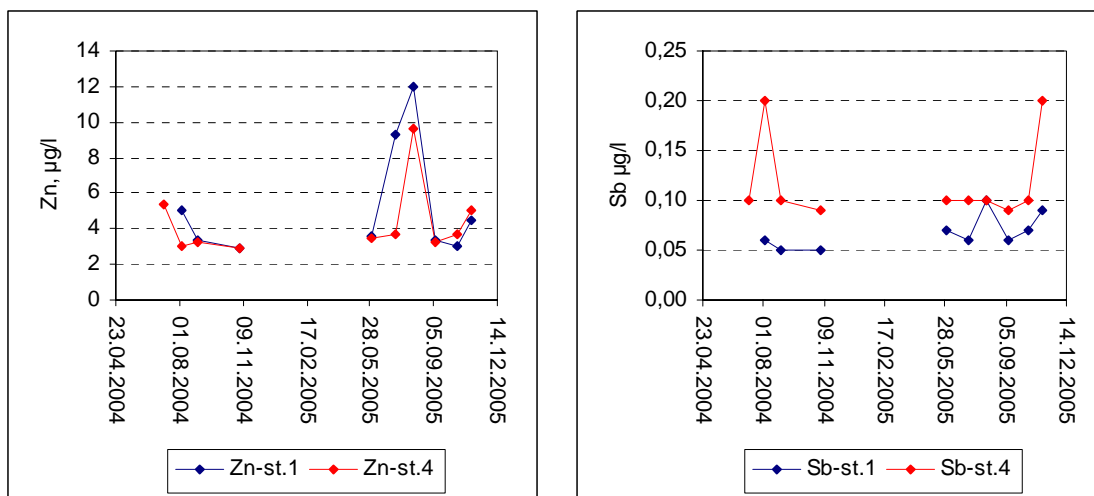
Overvåkingen av kobber i vannmoser har vist en synkende trend i middelkonsentrasjonen (mai-oktober) fra 1991 til 1997, men middelkonsentrasjonen har siden vært relativt konstant (Fig.2). Denne trenden har vært den samme ved innløpet til testsenteret (st.1) og ved utløpet av testsenteret (st.4). I alle år har det imidlertid vært en konsentrasjonsøkning av kobber i Veltmannåa på veien gjennom testsentert. De siste årene har denne økning vært på ca. 1 µg Cu/l (Fig. 2, høyre panel).

Konsentrasjonene av bly har vært svært lave i bekken gjennom hele overvåkingsperioden, og variasjonene i blykonsentrasjonene i mose skal ikke tillegges for stor vekt. Det synes imidlertid som om konsentrasjonene i bekken ut av testsenteret (st.4) generelt har vært litt høyere enn inn (st.1) de fleste årene. Basert på vannanalysene de siste 2 årene kan denne økningen være så lav som 0,1  $\mu\text{g Pb/l}$  (Fig.2 høyre panel).



**Figur 2.** Middelmiddelkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved stasjon 1 og 4 i Veltmannåa (venstre paneler) og vannkonsentrasjoner av Cu og Pb ved tilsvarende stasjoner i 2004 og 2005 (høyre paneler).

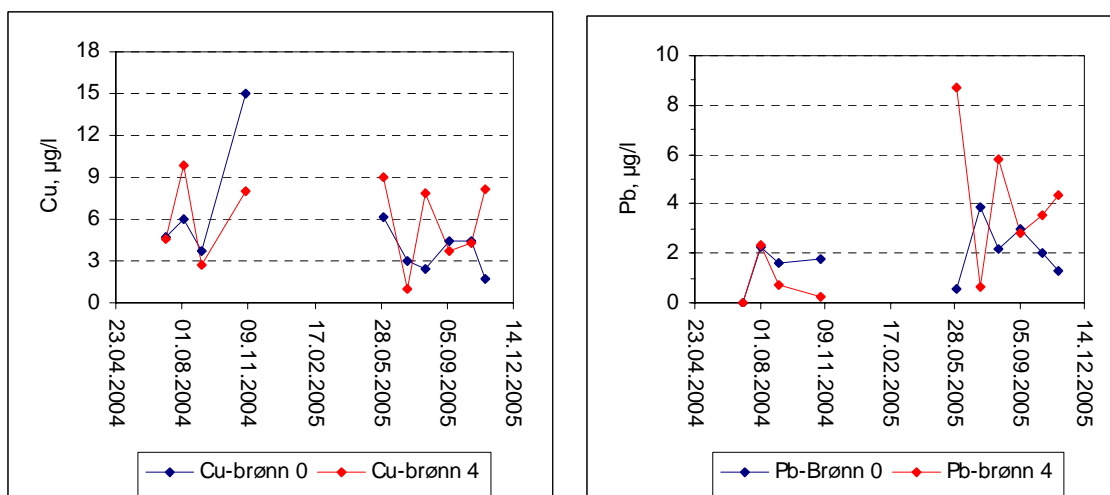
Undersøkelsene i 2004 viste at konsentrasjonene av andre metaller som kadmium, nikkel og krom var lave i Veltmannåa, mens konsentrasjonene av sink var generelt høyest av metallene som ble undersøkt, og at antimon viste et lite påslag i bekken gjennom testsenteret. Konsentrasjonene av sink og antimon ble også undersøkt i 2005 (Fig. 3). Konsentrasjonene av sink har variert mellom 3 og 5  $\mu\text{g Zn/l}$  med unntak av en periode midt på sommeren i 2005 da konsentrasjonene økte til 10-12  $\mu\text{g Zn/l}$  på stasjonen inn i feltet. Denne pulsen av mer sinkholdig vann preget vannet i Veltmannåa også på st.4, men konsentrasjonene var tilbake på normalt nivå seinere på høsten. Generelt var det ingen konsentrasjonsøkning av sink i Veltmannåa gjennom feltet. Konsentrasjonene av antimon økte til det dobbelte gjennom feltet, men konsentrasjonene var svært lave og utgjør ingen forurensningsmessig betydning.



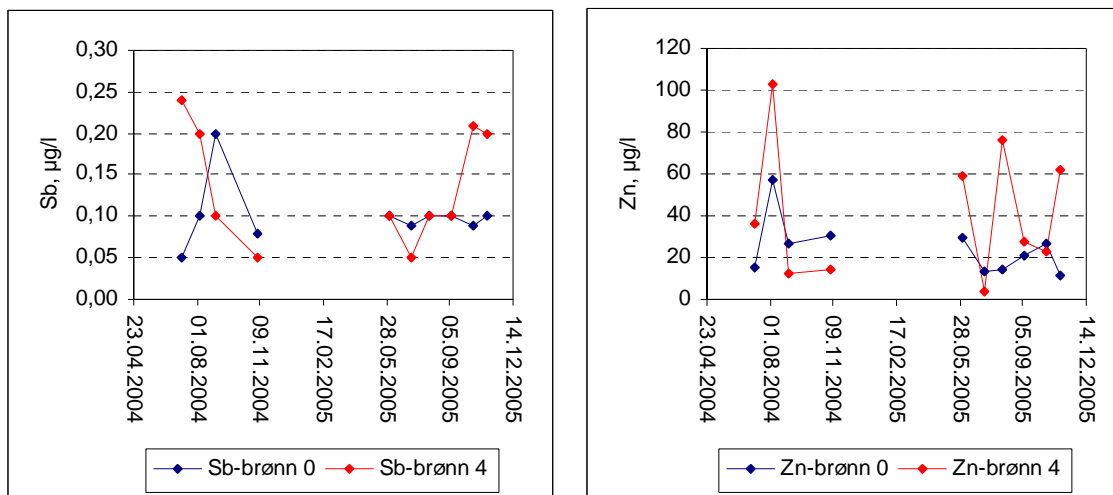
**Figur 3.** Konsentrasjonene av sink (Zn) og antimon (Sb) i Velmannåa ved innløp (st.1) og utløp (st.4) av testsenteret.

### 3.3 Deponiet

Konsentrasjonene av metaller i vannsigtet gjennom deponiet viste at det ikke var store forskjeller i metallkonsentrasjonene mellom Brønn 0 og Brønn 4 (Fig.4 og 5). Dette er uventet, og det kan muligens skyldes at vannkvaliteten i Brønn 0 ikke er en god referanse, men er preget av deponiet. Det er ingen høydeforskjell mellom deponiet og denne brønnens lokalisering. Vi betrakter derfor ikke denne brønnen som en oppstrøms referanse på vannkvaliteten. Variasjonene i metallkonsentrasjonene var betydelig større i Brønn 4 nedstrøms deponiet enn i Brønn 0. Konsentrasjonene av kobber, bly og sink i siget fra deponiet var generelt noe høyere enn i Velmannåa like nedstrøms samløpet (st.4), mens antimon-konsentrasjonene var nær de samme.



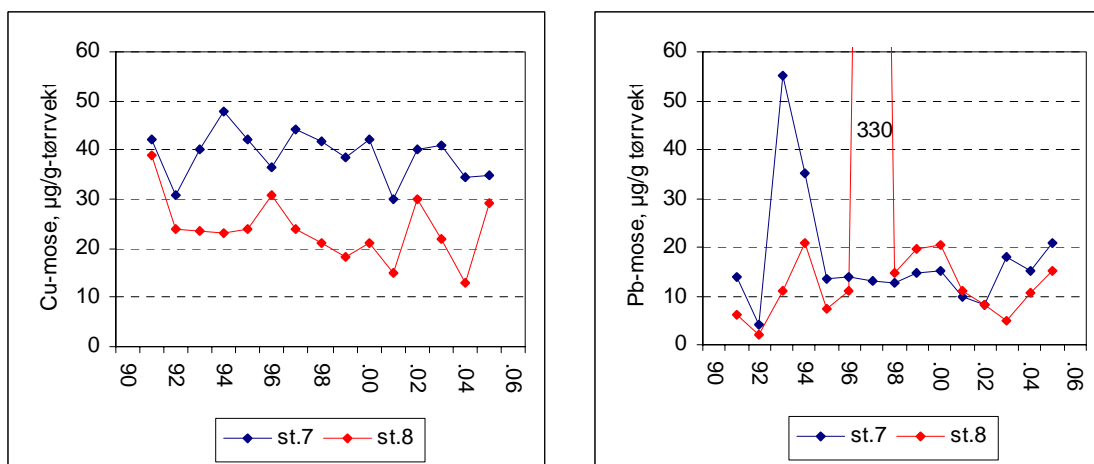
**Figur 4.** Konsentrasjoner av kobber (Cu) og bly (Pb) i brønnene ved deponiet.



Figur 5. Konsentrasjonene av antimon (Sb) og sink (Zn) i brønnene ved deponiet.

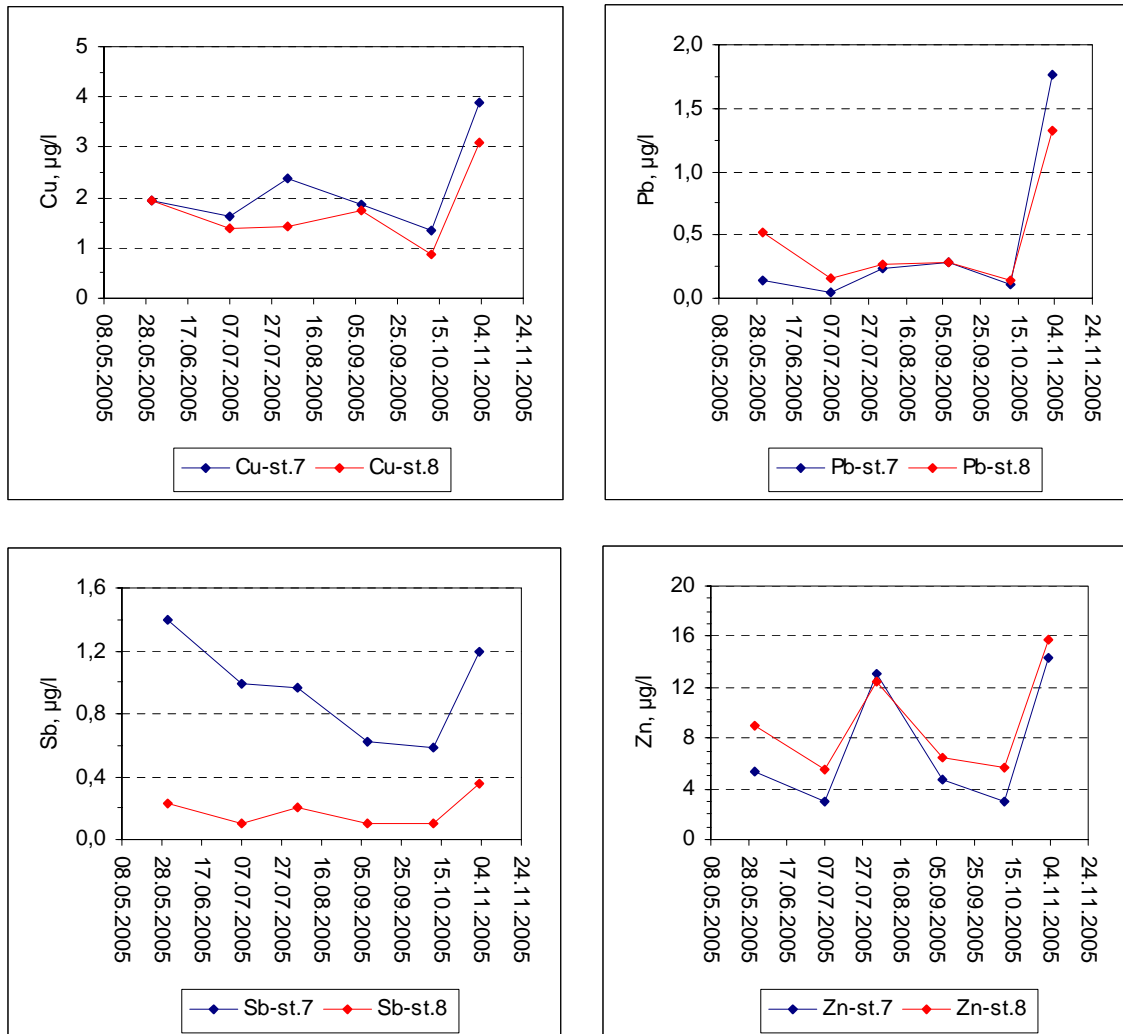
### 3.4 Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget

Overvåkningsundersøkelsen har vist at konsentrasjonene av kobber har vært relativt stabile både i bekken fra verkstedsområdet (st.7) og i bekken fra miljøtestanlegget (Fig.6). Omregnet til vannkonsentrasjoner vil dette si at konsentrasjonene i sommerperioden i snitt har variert mellom 1,5 og 2,5 µg Cu/l slik den også var i 2005 (Fig. 7). Blykonsentrasjonene har også vært relativt stabile med unntak av 1993 og 1994 ved st. 7 og 1997 ved st. 8. Kilden til forurensningene disse årene ble funnet, og siden har konsentrasjonene vært normale slik som i 2005 med ca. 0,25 µg Pb/l (Fig. 7).



Figur 6. Middelskonsentrasjonene av kobber og bly i vannmoser eksponert i bekken fra verkstedsområdet (st.7) og i bekken fra miljøtestanlegget (st.8) i perioden mai-oktober fra 1991 til 2005

I 2005 ble foruten bly og kobber også konsentrasjonene av sink og antimon undersøkt i bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget (Fig.7). Konsentrasjonene av kobber og bly var på nivå med konsentrasjonene i Veltmannåa, mens konsentrasjonene av antimon i bekken fra verkstedsområdet var klart høyere. Da konsentrasjonene av antimon generelt er lav i naturlig vann, er det rimelig å anta at det er en antimonkilde inne på verkstedsområdet. De forhøyede verdiene for alle elementene i november kan skyldes en svært lav vannføring ved denne anledningen. Den samme trenden i begge bekkene kan tyde på at dette er en rimelig forklaring.



**Figur 7.** Konsentrasjonene av kobber (Cu), bly (Pb), antimon (Sb) og sink (Zn) i bekkene fra verkstedsområdet (st.7) og fra miljøtestanlegget (st.8) i 2005.

## 4. Diskusjon

Overvåkningen av bly og kobber i Veltmannåa er basert på vannmoser som biomontior, og sammenhengen mellom konsentrasjoner i vann og mose er godt dokumentert (Rognerud 2005). Resultatene fra denne lange tidsserien har vist at konsentrasjonene av bly har vært lave (mindre enn 0,5 µg/l) og at de ikke har endret seg nevneverdig over tid. Konsentrasjonene i 2005 var likevel generelt litt høyere ut av feltet enn inn i feltet slik de også var i 2004. Denne beskjedne økningen kan både skyldes geokjemiske forhold og utlekking av korroderte prosjektilrester. Bly i ammunisjon er leget med antimon og en liten økning også av antimon i Veltmannå gjennom testsenteret i 2004 og 2005 kan derfor indikere at korrosjon av prosjektiler er hovedkilden. Konsentrasjonene av bly og antimon var imidlertid lave, og de vil ikke skape negative effekter på biota i bekken (tilstandsklasse 1). Konsentrasjonene av kobber i Veltmannåa, når den renner ut av feltet, har sunket fra ca. 2-3 µg/l på begynnelsen av 1990-tallet til ca 1-2 µg/l i 2005. Konsentrasjonene i bekken inn i feltet har hele perioden vært lavere, men den har også sunket i samme tidsperiode fra 0,8 µg/l til 0,5 µg/l. Årsaken til dette er vanskelig å si noe sikkert om, men en generell reduksjon i atmosfæriske avsetninger de siste årene (Steinnes et al. 2001) kan være en forklaring. Konsentrasjonene av både kobber og sink har vært lavere enn grensa satt for negative biologiske effekter både i 2004 og 2005. Vi vil likevel nevne at de episodisk høye sinkverdiene har sin årsak oppstrøms st.1 dvs. før Veltmannåa renner inn i feltet. Det er mulig at avrenning (evt. lokal luftforurensning) fra brennplassen som er lokalisert nær Veltmannåtjernet og st.1 kan være årsak til dette.

Konsentrasjonene av bly, kobber og sink i bekkene fra verkstedsområdet (st.7) og miljøtestsenteret (st.8) var også innenfor tilstandsklasse 1 i 2004 og 2005, dvs ingen ingen negative biologiske effekter. Konsentrasjonene av kobber har vært nær den samme i hele overvåkingsperioden. Med unntak av to episodiske utslipp av bly i 1993 (verkstedsområdet) og 1997 (miljøtestsenteret) har også blykonsentrasjonene vært nær de samme og innefor grensen satt for ingen negative biologiske effekter i bekkene. Årsaken til utslippene ble fjernet, og således har overvåkningen virket etter hensikten. Det finnes ingen vannkvalitetsgrenser mht. biologiske effekter for antimon. Konsentrasjonene i bekken fra miljøtestsenteret var betydelig høyere enn de en finner i norske vannforekomster, men likevel lavere enn fra mange skytebaner (Rognerud 2005). Det er mulig at det finnes en antimonforurensning i dette området, men betydningen for biota i bekken er antagelig liten.

Konsentrasjonene av metaller i grunnvannsiget fra deponiet på Bradalsmyra var noe høyere enn i Veltmannåa, og det var tydelig at det episodisk forekommer betydelig høyere konsentrasjoner enn i Veltmannåa. Deponiområdets nedbørfelt er imidlertid lite og vannmengden sannsynligvis også beskjedne, slik at de ikke bidrar til nevneverdig forurensning av Veltmannåa. I rapporten fra 2004 konkluderte vi med at det ikke var mulig å si om metallkonsentrasjonene i Brønn 0 skyldtes den lokale geokjemien i feltet eller påvirkning fra deponiet (Rognerud 2004). Den ligger nær deponiet, og det er ingen høydeforskjell mellom denne brønnen og deponiets beliggenhet. På bakgrunn av observasjonene i 2005 mener vi at det er sannsynlig at vannkvaliteten i Brønn 0 er påvirket av deponiet, og at den ikke er en god referanse for grunnvannet i området. Vi foreslår derfor at den videre overvåking kun følger vannkvaliteten i Brønn 4, som ligger inærmest Veltmannåa. Dette vil gi en god indikasjon på hvordan vannkvaliteten i grunnvannsiget fra deponiet utvikler seg med tiden før det når Veltmannåa.

## 5. Referanser

- Andersen, J.R. et al. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT Veiledning 97:04.31s.
- Holtan, H. og Rosland, D.S. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veileder nr. 92:06. SFT-TA- 905/1992.
- Lydersen, E., Løfgren, S and Arnesen, R.T. 2002. Metals in Scandinavian surface waters: effects of acidification, liming and potential reacidification. Critical Rev. Environ. Sci. Technol. 32: Issue 2 and 3. 295s.
- Rognerud, S. 2004. Bradalsmyra testsenter. Vannkvalitet i grunnvann i tilknytning til et deponi og i Veltmannåa som avvanner størstedelen av testsenteret. NIVA-rapport Lnr. 4919-2004.
- Rognerud, S. 2005. Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. Resultater fra 14 års overvåkning. NIVA-rapport Lnr. 4944-2005. 67s.
- Steinnes, E. Berg T., Vadset, M. og Røyset, O. 1997. Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 1995. SFT-rapport