

Bradalsmyra testsenter Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Bradalsmyra testsenter Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig.	Løpenr. (for bestilling) 6455-2012	Dato 17. desember 2012
	Prosjektnr. Undemr. 12167	Sider Pris 20
Forfatter(e) Sigurd Rognerud	Fagområde miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Trond Simen Aasmundstad
--------------------------------------	---

Sammendrag

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av mindre bekker som avvanner miljøtestanlegget, verkstedområdet og rakettestandplassen. Forurensningsgraden av bly, kobber, sink og antimon i bekkene har vært undersøkt årlig i perioden 1991-2012, først ved hjelp av målinger i vannmoser (1991-2004), siden kun ved hjelp av konsentrasjonsmålinger i vann. Aktiviteten ved testsentret har generelt ikke bidratt til nevneverdig forurensning av metaller for brukere i bekkene nedstrøms testsenteret i overvåkingsperioden. Enkelte mindre episodiske utslipp av metaller har blitt oppfanget av overvåkningen og kildene fjernet. Konsentrasjonene av bly, sink og antimon har i all hovedsak vært lavere enn LBRL grensene (Lowest Biological Risk Level) i alle bekkene. Tidvis har konsentrasjonene av kobber oversteget LBRL i noen bekker, men høye konsentrasjoner av kompleksdannere (TOC) gjør at sjansene for negative biologiske effekter vurderes som relativt liten. Likevel bør utviklingen følges nøye gjennom å fortsette det årlige overvåkingsprogrammet. Konsentrasjonene av utlekkede metaller i grunnvannsiget fra et metalldeponi har ikke nådd Veltmannåa. Dette skyldes høyst sannsynlig at metallene bindes i finkorna løsmassene før de når Veltmannåa.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Skytefelt	1. Shooting range
2. Overvåkning	2. Monitoring
3. Metallkonsentrasjoner	3. Metal concentrations
4. Forurensningsgrad	4. Degree of impact



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Thorjorn Larssen
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
forskningsdirektør

Bradalsmyra testsenter

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og
grunnvannsig

Forord

Vi rapporterer her resultatene fra undersøkelsene av konsentrasjoner av kobber, bly, sink og antimon samt viktige forklaringsvariabler som pH og TOC i bekker og et grunnvannsig på Bradalsmyra testsenter i 2012. Resultatene er satt sammen med alle tidligere målinger av disse variablene i vann siden 2004, samt metaller i vannmoser i perioden 1991-2006 slik at tidstrender i vannkvaliteten kan avdekkes.

Prosjektet ble bekreftet 14. mars 2012, og Nammo Raufoss AS er oppdragsgiver. Kontaktperson ved testsenteret har vært Trond Simen Aasmundstad som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeidet har vært gjennomført av Sigurd Rognerud og alle analysene er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Ottestad, 17. desember 2012



Sigurd Rognerud

Innhold

	1
Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metoder	7
2.1 Innsamling og vannanalyser	7
2.2 Grunnvannsbrønner	7
2.3 Klassifisering av tilstand	7
3. Resultater	8
3.1 Humuspåvirkning og pH	8
3.2 Veltmannåa	8
3.2.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser	8
3.2.2 Tidstrend basert på vannanalyser	9
3.2.3 Sammenheng mellom TOC og metallkonsentrasjoner	9
3.3 Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass	10
3.3.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser	10
3.3.2 Tidstrend basert på vannanalyser	11
3.3.3 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner	12
3.3.4 Raketstandplass	12
3.4 Utlekking av metaller fra deponiet	13
3.4.1 Grunnvannsbrønnen	13
3.4.2 Bekk 4	13
4. Diskusjon	14
5. Referanser	16
Vedlegg A.	17

Sammendrag

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

Klif har benyttet ”Lowest Biological Risk Level (LBRL)” som nedre konsentrasjonsgrenser for ulike metaller ved risikovurderinger i forbindelse med avrenning fra skytebaner. LBRL- konsentrasjonene for Cu, Pb og Zn sammenfaller med øvre grense for tilstandsklasse III i Klifs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Det er ikke gitt noen LBRL grense for antimon, men her har vi valgt drikkevannsnormen.

I Veltmannåa har konsentrasjonene av kobber, bly, sink og antimon i overvåkingsperioden (inklusive 2012) vært lavere eller nær LBRL grensene (Lowest Biological Risk Level). Det har tidvis vært et lite bidrag av kobber og bly fra testsenteret til Veltmannåa, men dette vurderes som å ha liten betydning. Konsentrasjonene av metaller i en grunnvannsbrønn nedstrøms metalldeponiet har vært høyere enn i Veltmannåa, men dette kan ikke spores i form av økning av metallkonsentrasjonen i Veltmannåa. Dette skyldes antagelig at nedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa oppstrøms utløpet fra testsenteret, og at metaller bindes til finkorna partikler i jorda nedenfor deponiet før det når Veltmannåa. Dette bekreftes ved de lave metallkonsentrasjonene som ble observert i 2012 i et grunnvannsutsig nedstrøms grunnvannsbrønnen. Grunnvannsbrønnen ble fylt av med finkorna sedimenter i 2010 og er ikke lenger operativ. Testsenteret avvannes i all hovedsak av Veltmannåa og denne bekken er så stor at vannkvaliteten kan ha betydning for brukere i områdene nedstrøms. Overvåkingen har imidlertid vist at aktiviteten ved testsenteret ikke har forringet vannkvaliteten nevneverdig i Veltmannåa med hensyn til de metaller vi har undersøkt.

Et bekkesig ved raketstandplassen har inngått i overvåking fra høsten 2011. Bekkene fra verkstedsområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass har alle lave vannføringer, og eventuelle utslipp av metaller vil raskt kunne spores i form av økte konsentrasjoner. I overvåkingsperioden har konsentrasjonene av metaller i all hovedsak vært lavere enn LBRL-grensene, men det har vært episodiske unntak slik som et utslipp av bly i 1993 (verkstedsområdet) og 1997 (miljøtestsenteret) og en markert økning i sinkkonsentrasjonene ved miljøtestanlegget i 2012. Årsaken til utslippene ble fjernet i de to første tilfellene, mens det bør sjekkes om det finnes en ny sinkkilde som bør fjernes ved miljøtestanlegget. Det bør også nevnes at konsentrasjonen av kobber i periodevis har ligget litt over både LBRL ved raketstandplass og fra verkstedområdet. Denne overskridelsen vurderes imidlertid ikke som kritisk for organismer i disse bekkene da konsentrasjonen av organiske kompleksdannere (målt som TOC) er relativt høyt, men utviklinger bør følges nøye.

Bidrag av vann fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil bidra til en fortykning av metallkonsentrasjonene. Med unntak av de ovennevnte episodene har aktiviteten ved verkstedsanlegget og miljøtestanlegget ikke forurenset bekkene nevneverdig og forringet vannkvaliteten for eventuelle brukere nedstrøms.

Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentret ikke har bidrar til vannforurensning av betydning for brukere nedstrøms. Det er også lite sannsynlig at biota i bekkene har vært skadelidende. Overvåkingen, som har pågått i 21 år, gir styrke til denne konklusjonen. Den er viktig for å hindre at deponier som har en økt utlekking av metaller over tid kan blir fjernet før det oppstår problemer for biota eller andre brukere.

1. Innledning

På Bradalsmyra testes konvensjonell ammunisjon og det prøves ut ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av mindre bekker som bl.a. avvanner miljøtestanlegget, verkstedområdet og raketstandplass (Fig.1). Et metalldeponi er lokalisert nord for kjøretrasen til det nordligste kulvertanlegget (Fig.1). Dette 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 ikke forurenset Veltmannåa.

Vannkvaliteten i Veltmannåa ble undersøkt i 2004. Da ble det konkludert med at deponiet ikke forurenset Veltmannåa (Rognerud 2004). I 2004 ble det etablert flere grunnvannsbrønner nedstrøms deponiet for å følge utviklingen i forureningsgraden av grunnvannet ned mot Veltmannåa. En av disse, Brønn 4 (Fig.1), har blitt undersøkt årlige fram til høsten 2010 da den ble fylt av finkorna sedimenter. Siden er prøvene tatt i en bekk som kommer ut i dagen nedenfor (bekk 4, Fig.1). Deponiet er en potensiell kilde til forurensning av Veltmannåa. For å kunne vurdere betydningen av denne kilden ble det i 2006 etablert en ny stasjon (st.3, Fig.1) i Veltmannåa oppstrøms forventet utsig fra deponiet. Høsten 2011 ble det også opprettet en ny stasjon (st.9) i et vannsig ved Raketstandplassen (Fig.1).

Hensikten med undersøkelsen er å avklare om vannkvaliteten i bekkene med hensyn til metaller er tilfredsstillende når de renner ut av testsenterets avgrensede område. Vi rapporterer her resultatene fra undersøkelsene i 2012 sammen med alle tidligere rapporterte målinger av metaller i vann og vannmose. Derved kan vi vise tidstrender i metallkonsentrasjonene og foreslå tiltak på et tidlig stadium hvis det skjer en negativ utvikling i vannkvaliteten over tid.



Figur 1. Bradalsmyra testsenter med veinett, bekker og prøvetakningspunktene i Veltmannåa (St.1, 3 og 4), fra verkstedsområdet (st. 7), miljøtestsenteret (st. 8), raketstandplass(st.9) og i en grunnvannsbrønn (brønn 4) nedstrøms deponiet. I 2011 var denne brønnen fylt av sedimenter og nytt prøvepunkt (bekk 4) ble etablert i et grunnvannsig som kommer ut i dagen 15 m nedenfor brønn 4.

2. Metoder

2.1 Innsamling og vannanalyser

Det er samlet inn prøver fra 3 stasjoner i Veltmannåa og en stasjon i bekkene som avvanner henholdsvis verkstedområdet, miljøtestcenteret og raketstandplassen. I 2006 ble det opprettet en ny stasjon i Veltmannåa (st.3) oppstrøms utsig fra metalldeponiet. Det ble samlet inn vannprøver fra en grunnvannsbrønn (Brønn.4) av i alt 5 brønner som ble opprettet nedstrøms deponiet i 2004 (Rognerud 2004). Prøvene fra brønnen ble hentet opp med elektriske miljøpumper som ble senket ned i røret. Fra og med 2011 er prøvene tatt 15 m nedenfor brønn 4, der hvor grunnvannet slår ut i dagen. Årsaken er at brønnen er fylt opp av finstoff og ikke fungerer lenger. Vannprøvene for metallanalyser ble samlet inn på syrevaskede plastflasker, mens vann for analyse av pH og TOC ble samlet inn på andre rengjorte plastflasker. Metallene er analysert etter metode E 8-3 gitt i metodebeskrivelser ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Bruk av moser som biomonitor av metaller måtte opphøre i 2006 på grunn av økende problemer med nedslamming. For å videreføre tidsserien som startet i 1991 er middelkonsentrasjoner av bly og kobber i moser estimert på bakgrunn av regresjoner mellom metallkonsentrasjoner i mose og vann gitt i tidligere overvåkningsdata fra Bradalsmyra (Rognerud 2005). Omregningen er gjort på bakgrunn av følgende ligninger:

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

2.2 Grunnvannsbrønner

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, mens fra og med 2006 er kun Brønn 4 undersøkt da dette er siste målepunkt før grunnvannsiget fra deponiet når Veltmannåa. Koordinatene for denne er: N 60° 42.822', E 10° 32.900'. Denne er nå fylt opp av finstoff og prøvene tas i en bekk 15 m nedenfor.

2.3 Klassifisering av tilstand

I 1992 utviklet Statens Forurensningstilsyn (SFT nå Klif) et system der vannkvalitet ble inndelt i tilstandsklasser (Holtan og Rosland 1992). Denne klassifikasjonen ble revidert i 1997 (Andersen et al. 1997). SFT har benyttet såkalte "Lowest Biological Risk Level (LBRL)" utviklet av Lydersen et al. (2002) som nedre konsentrasjonsgrenser for ulike metaller for risikovurderinger i avrenning fra skytebaner (Rognerud og Rustadbakken 2007). Dette er samme system som SFT har lagt til grunn ved konsesjonsbehandlingen av Regionfelt Østlandet etter anbefaling fra NIVA. Forsvarsbygg har benyttet LBRL ved risikovurderinger for avhending av skytebaner og konsentrasjonene for Cu, Pb og Zn sammenfaller med øvre grense for tilstandsklasse III i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Tab.1). Ingen grenseverdi er gitt for antimon, men her er drikkevannsnormen valgt (5 µg/l).

Tabell 1. Lowest Biological Risk Level (LBRL) for konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb) og sink (Zn) i vann. LBRL verdiene er de samme som øvre grense for tilstandsklasse III i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Drikkevannsnormen er valgt for antimon (Sb).

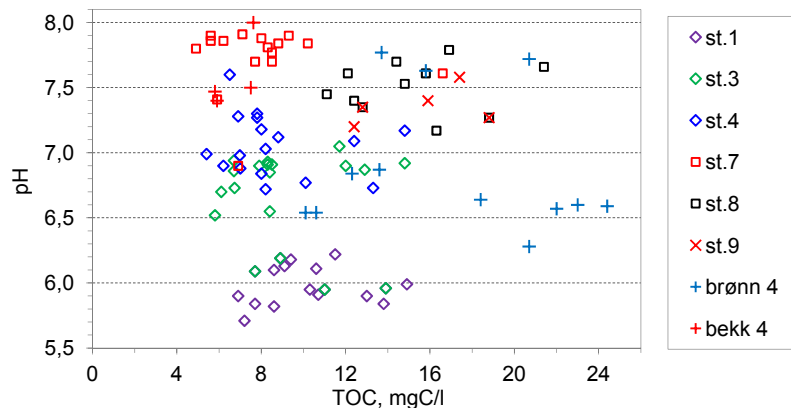
metall	Cu	Pb	Sb	Zn
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
LBRL	3	2,5	5	50

3. Resultater

Primærdata for alle vannanalysene i perioden 2004-2012 er gitt i Tab.4 i vedlegget.

3.1 Humuspåvirkning og pH

Det var til dels stor variasjon i pH og TOC mellom de ulike målepunktene (Fig.2). I Veltmannåa økte pH samtidig med at TOC konsentrasjonen (humuspåvirkningen) avtok litt gjennom feltet (st.1 til 3 og 4). Bekkene fra verkstedområdet (st.7), miljøtestanlegget (st.8) og raketstandplass har alkalisk vann, og er moderat (st.7) til betydelig humuspåvirket (st.8, 9). Dette er naturlig da mye av verkstedsområdet er asfaltert, mens det er myrlandt ved de andre stasjonene. Grunnvannet nedstrøms deponiet (brønn 4) har hatt stor variasjon i pH og TOC fordi utsiget fra det kalkede metalldeponiet har større betydning til enkelte tider. Bekk 4 som slår ut i dagen nedenfor Brønn 4 har alkalisk og lite humuspåvirket vann.

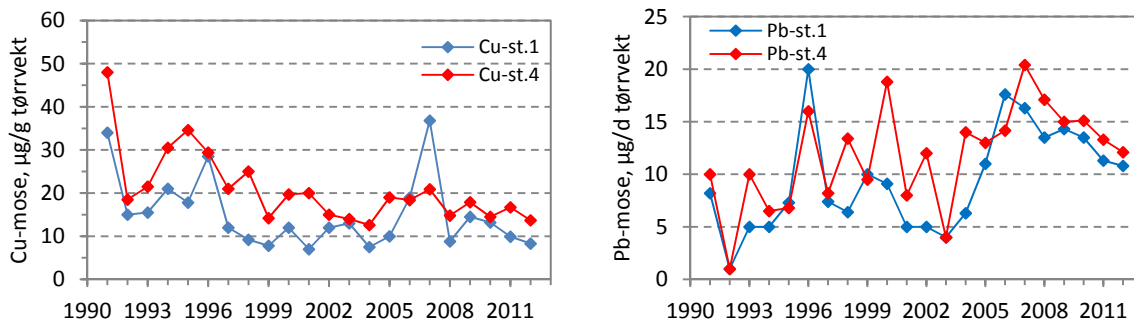


Figur 2. TOC og pH i Veltmannåa (st.1,3,4), i bekkene fra verkstedområdet (St.7), miljøtestanlegget (st.8), raketstandplass og grunnvannsiget fra metalldeponiet (brønn 4, bekk 4) for 2007-2012.

3.2 Veltmannåa

3.2.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser

Middelkonsentrasjonen av kobber i vannmoser har vist en synkende trend fra 1991 til 1999 (Fig.3). Etter dette har det vært små endringer fra år til år. Konsentrasjonen av kobber var høy ved i st.1 i 2007, men da ble det bare gjort en måling over 3 uker og den er neppe representativ. Omregning fra metallkonsentrasjoner i vann til konsentrasjoner i moser bør være basert på minst 3 målinger av over sesongen. Med unntak av 2007 så var konsentrasjonene av kobber høyere i bekken ut av feltet (st.4) enn inn i feltet (st.1). Konsentrasjonene av bly var nær de samme på st.1 og st.4 og det var en svak tendens til økning fra og med 2005. Det vil si at bidraget av bly fra testsenteret er lite.

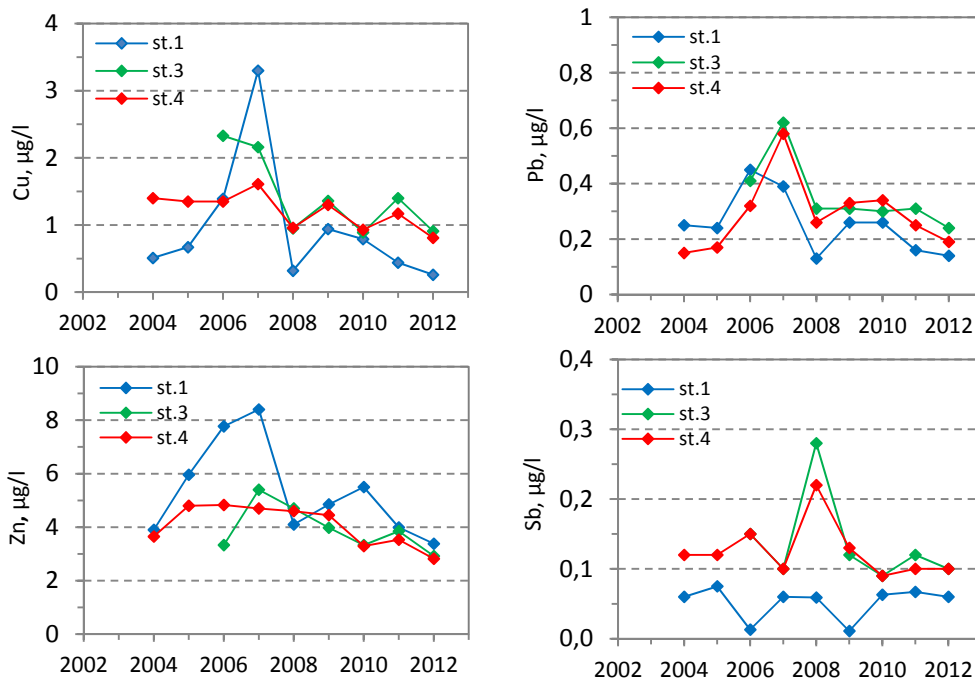


Figur 3. Middelkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved stasjon 1 (inn i feltet) og 4 (ut av feltet) i Veltmannåa. Fra og med 2006 er konsentrasjonene estimert (se metodekapitlet).

3.2.2 Tidstrend basert på vannanalyser

I 2012 var middelkonsentrasjonene av metaller i Veltmannåa på nivå med de fire foregående årene (Fig.4). I 2007 ble det kun tatt en stikkprøve i september. Målingene dette året kan derfor ikke sies å være representative for sesongen på de ulike stasjonene, og de vil ikke bli vektlagt i vurderingen av tidstrender. Det ligger en brennplass nær der Veltmannåa renner inn i feltet (st.1). Avrenning av metaller knyttet til virksomhet ved denne høsten 2006 og i 2007 kan være en mulig forklaring på hvorfor konsentrasjonene av kobber og sink var betydelig høyere ved st.1 i denne perioden enn etter 2007 (Fig.4 og Tab.2 i vedlegget). De 4 siste årene har det vært et lite og ubetydelig påslag i konsentrasjonene av kobber (ca. $0.5 \mu\text{g/L}$), bly ($0,1 \mu\text{g/L}$) og antimon ($0,06 \mu\text{g/L}$) i Veltmannåa på veien gjennom testsentret (Fig.4). Etter at sink-kilden ved st. 1 forsvant har sink hatt nær de samme konsentrasjoner inn og ut av feltet.

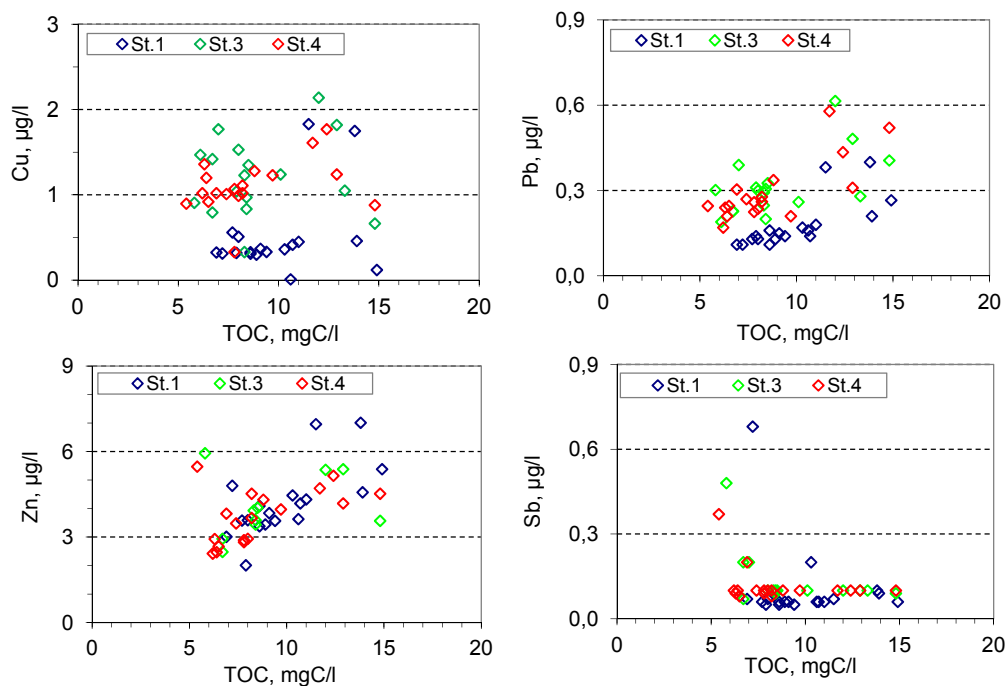
Generelt kan vi si at konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa har vært relativt lave i hele overvåkingsperioden. De noe høyere konsentrasjoner som opptrer episodisk var ofte knyttet til lav vannføring og høye humuskonsentrasjoner (Fig.5). Vi kan derfor konkludere med at testsenteret ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig med metaller relatert til bruk av ammunisjon slik som kobber, bly, sink og antimon, men tidvis kan det være økt avrenning av metaller fra brennplassen oppstrøms feltet.



Figur 4. Middelkonsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i Veltmannåa ved innløpet til testsenteret (st.1), ovenfor siget fra metalldeponiet (st.3) og ved utløpet av feltet (st.4).

3.2.3 Sammenheng mellom TOC og metallkonsentrasjoner

Det var generelt en positiv sammenheng mellom konsentrasjoner av metallene bly, kobber og sink og TOC i Veltmannåa, mens for antimon var det ingen sammenheng (Fig.5). I Veltmannåa er TOC et mål på humuspåvirkningen. Det er godt kjent at bly oftest er sterkt bundet til humuskomplekser, men også kobber er ofte bundet til organiske forbindelser, mens denne assosiasjonen er svakere for sink og spesielt antimon som opptrer som et anion i vann. Det er derfor rimelig at konsentrasjonene av bly, kobber og oftest sink vil følge variasjonene i TOC over året i Veltmannåa, men ikke nødvendigvis ved episodiske utslipp.

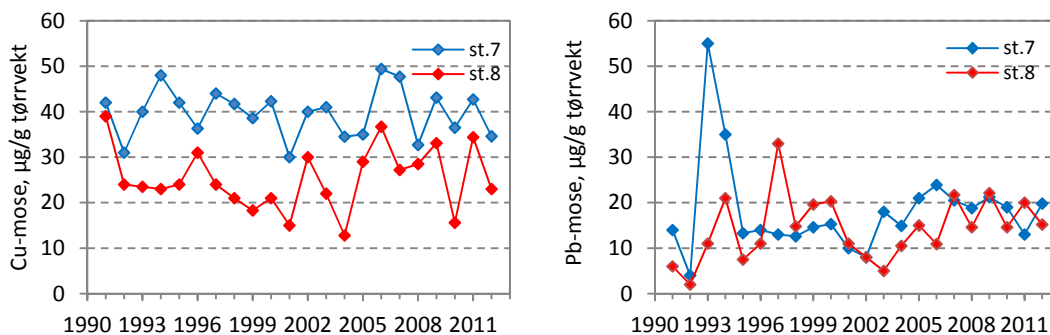


Figur 5. Sammenhengen mellom TOC (totalt organisk karbon) og konsentrasjoner av metaller på ulike stasjoner i Veltmannåa (2007-2012).

3.3 Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass

3.3.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser

Middelkonsentrasjonene av kobber i vannmose har vært relativt stabile både i bekken fra verkstedområdet (st.7, fig.6) og i bekken fra miljøtestanlegget (st.8, Fig.6). Det samme har vært tilfelle for bly med unntak av i 1993 og 1994 (st. 7) og 1997 (st. 8). Kilden til forurensningene disse årene ble fjernet.



Figur 6. Middelkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved i bekkene fra verkstedområdet (stasjon 7) og miljøtestanlegget (st.8) i Veltmannåa.

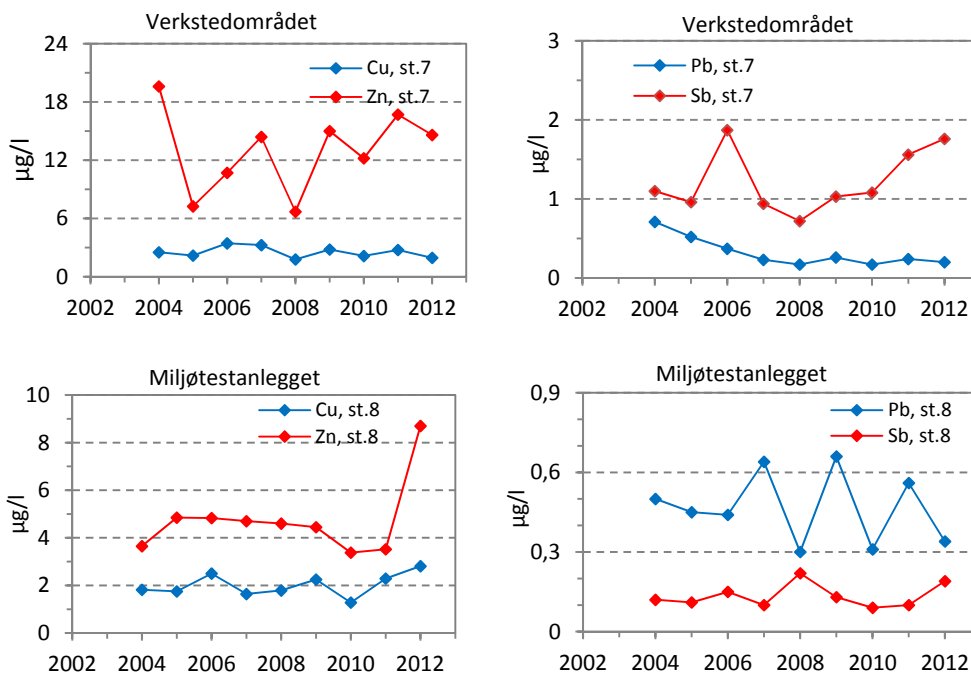
3.3.2 Tidstrend basert på vannanalyser

Verkstedområdet

I bekken fra verkstedsområdet var middelkonsentrasjonene av sink, kobber og bly i 2012 på nivå med de fire foregående årene, mens middelkonsentrasjonene av antimon har økt årlig siden 2008 og var i 2012 på nivå med 2006 som er de høyeste vi har målt. Middelkonsentrasjonene av kobber og bly er på nivå med middelkonsentrasjonene i Veltmannåa (Fig.4). Middelkonsentrasjonene av bly har vist en synkende tendens fra 2004 til 2007 og har siden vært nær 0,25 µg/L, mens kobber har vært nær ca. 3 µg/L i hele perioden. Middelkonsentrasjonene av antimon og sink har imidlertid vært klart høyere enn de vi vanligvis finner i Veltmannåa. I 2012 var middelkonsentrasjonen av sink nær 13 µg/L og antimon 1,8 µg/L som er henholdsvis 4 og 20 ganger høyere enn i Veltmannåa. Det rimelig å anta at det er lokale kilder for sink og antimon inne på verkstedsområdet som er årsaken til dette. Bekken starter i verkstedområdet og har følgelig liten vannføring på målestasjonen. Det er særlig ved lav vannføring at konsentrasjonene har vært høyest. Bekken har liten vannføring ved målestasjonen, men tilføres vann fra skogsområdene lenger ned. Dette vil bidra til å senke metall-konsentrasjonene. Vi regner derfor med at avrenningen fra verkstedsområdet ikke forurensrer områdene lenger ned bekken i nevneverdig grad. Likevel bør en få kontroll på kildene i verkstedsområdet.

Miljøtestanlegget

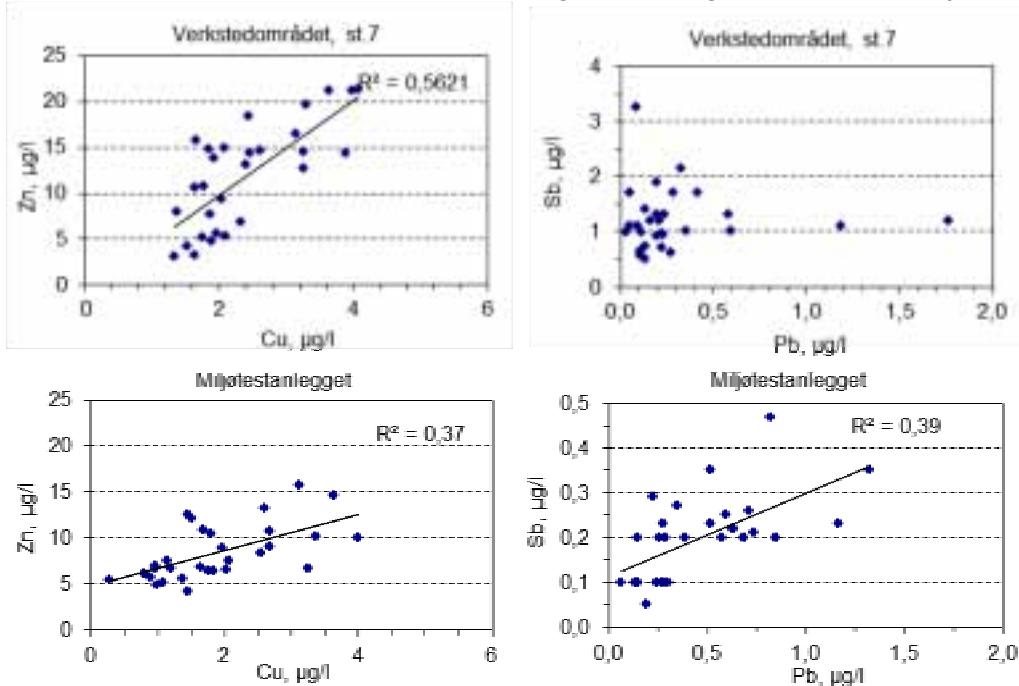
Bekken fra miljøtestanlegget har fram til og med 2011 hatt relativt lave metallkonsentrasjoner (Fig.7), og nære de vi har målt i Veltmannåa (Fig.4). I 2012 var middelkonsentrasjonene for kobber, bly og antimon nær de samme som tidligere er målt, mens for sink var den nær det dobbelte. Da det bare var middelkonsentrasjonen av sink av de undersøkte metallene som økte i 2012 er det rimelig sannsynlig at dette skyldes en sink-kilde i nedbørfelt



Figur 7. Middelkonsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i bekken fra verkstedområdet og fra miljøtestanlegget

3.3.3 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner

Ammunisjon (særlig geværammunisjon) består ofte av en kappe av kobber og sink og en kjerne av bly og antimon. Konsentrasjonene av disse metallene er derfor ofte nært korrelert i avrenning fra skytefelt (Rognerud 2005b). Det var en relativt god sammenheng mellom konsentrasjonene av kobber og sink i bekken fra verkstedområdet, mens sammenhengen var dårligere i bekken fra miljøtestanlegget (Fig.8)



Figur 8. Sammenhengen mellom kobber (Cu) og sink (Zn), samt bly (Pb) og antimon (Sb) i bekkene

Konsentrasjonene av sink var ca. 5 ganger høyere enn kobberkonsentrasjonene i bekken fra verkstedområdet, mens i bekken fra miljøtestanlegget og i Veltmannåa var de nær 3 ganger så høye (Fig.4 og 8). Dette indikerer at kildene på verkstedområdet kan være litt forskjellig fra Veltmannåa og miljøtestanlegget. Sammenhengen mellom bly og antimon ved miljøtestanlegget var relativt god ($r^2 = 0,39$), men spredningen var stor. Ved verkstedområdet var det ingen sammenheng vesentlig på grunn av 2 målinger med betydelig høyere Pb/Sb forhold enn de andre. Dette kan også skyldes at miljøet i disse områdene er alkaliske og at mobiliteten av bly fra punktkilder vil være betydelig lavere og mer variabel enn for antimon.

3.3.4 Rakettstandplass

Målingene av metallkonsentrasjoner i bekken ved rakettstandplass er gitt i tabell 2.

Tabell.2. pH, TOC og metallkonsentrasjoner ved rakettstandplass, st. 9

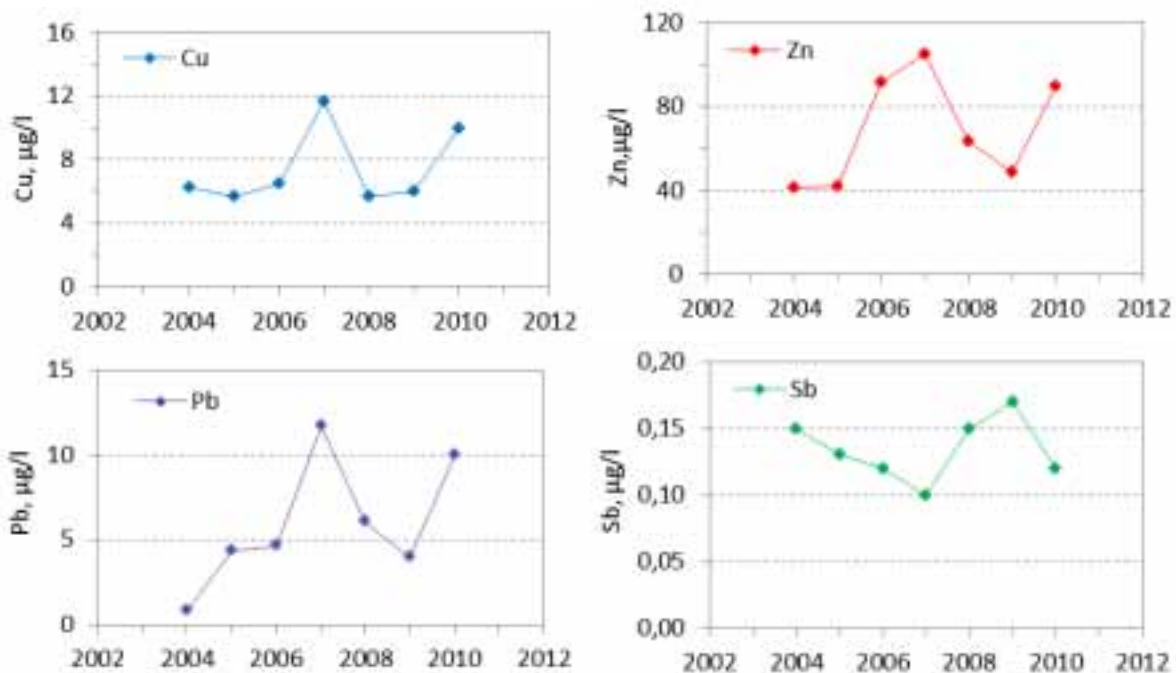
dato, st.9	pH	TOC mgC/L	Cu µg/L	Pb µg/L	Sb µg/L	Zn µg/L
28.09.2011	7,35	12,8	5,14	1,16	0,72	37,7
02.11.2011	7,28	18,8	3,39	1,87	0,35	13,2
07.05.2012	7,20	11,5	5,04	0,851	0,29	43,3
02.07.2012	7,40	15,9	2,46	1,66	0,25	24,5
04.09.2012	7,58	17,4	1,55	1,28	0,29	16,9
31.10.2012	7,32	11,2	2,16	0,867	0,26	25,3
Middelverdi	7,35	14,6	3,29	1,28	0,36	26,8

Vannkvaliteten i bekken ved raketstandplassen kan beskrives som svakt alkalisk og betydelig humuspåvirket. Bekken drenerer myr/sumpområder og det alkaliske miljøet kan skyldes at deler av området er kalket. Metallkonsentrasjonene har generelt vært høyere enn i Veltmannåa og i bekken fra det nærliggende miljøtestanlegget. Midlere konsentrasjon var litt over LBRL«Lowest biological risk level» for kobber, men lavere for de andre metallene. TOC konsentrasjonen er høy slik at faren for negative effekter i biota vurderes som liten. Vannføringen er generelt lav og området er relativt flatt. Økt tilførsel av vann fra områder utenfor testsenteret gjør at betydningen av metallforurensingen utenfor feltet er vurderes som liten.

3.4 Utlekking av metaller fra deponiet

3.4.1 Grunnvannsbrønnen

Selv om målingene i denne brønnen ble avsluttet i 2010 tas de med her for å holde all informasjon knyttet til overvåkingen i årsrapportene. Konsentrasjonene av metaller i Brønn 4 har variert betydelig, særlig for kobber, bly og sink (som forekommer som kationer i dette miljøet) i den perioden målingene pågikk (Fig.9). Variasjonene i konsentrasjonene for antimon var langt mindre. Dette kan skyldes at antimon opptrer som et anion i miljøet og er langt mer mobilt enn de ovennevnte kationene i dette alkaliske miljøet (Tab.2). Det er rimelig å tro at de store svingningene i konsentrasjoner av kationene kan ha vært forårsaket av variasjoner i grunnvannstrømmen, og at det tidvis var mer turbid vann. Turbid vann indikerer økte mengder partikler/kolloider som ofte binder metallkationer effektivt. I 2010 var brønnen fylt opp av finkorna sedimenter og prøvetakningen ble avsluttet.



Figur 9. Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i grunnvannsig fra metalldeponiet. Målingene er fra brønn 4 som ligger nærmest Veltmannåa.

3.4.2 Bekk 4

Denne prøvestasjonen er ligger 15m nedstrøms den gjenfylte grunnvannsbrønnen. I dette området kommer det grunnvannet ut i dagen som renner videre ned i Veltmannåa (Fig.1). Det er rimelig å anta

at denne stasjonen kan motta vann fra andre deler av området enn i det dalsøkket der deponiet befinner seg, men dette er det eneste synlige utsiget i området som renner direkte ned i Veltmannsåa. Vannkvaliteten i bekk 4 kan beskrives generelt som svakt alkalisk, markert humuspåvirket og med relativt lave konsentrasjoner av metaller (Tab.3). De siste målingene i grunnvannsbrønnen året før viste betydelig høyere konsentrasjoner (Fig.9). Det er derfor tydelig at metallene fra deponiet ennå ikke har nådd dette området hvor det kommer grunnvannet kommer ut i dagen. Det er også mulig at de fleste metaller er assosiert til partikler som ennå ikke slipper ut fra grunnvannet til dette utløpet. Dette stemmer godt overens med at konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa ikke øker mellom st.3 og st.4 (oppstrøms og nedstrøms siget fra deponiet, Fig.4).

Tabell 3. pH, TOC og metallkonsentrasjoner ved stasjon Bekk 4.

Bekk 4 dato	pH	TOC mgC/L	Cu µg/L	Pb µg/L	Sb µg/L	Zn µg/L
25.05.2011	7,57	14,1	1,98	0,202	0,2	6,8
12.08.2011	6,72	19,1	1,20	0,31	0,1	3,9
28.09.2011	7,42	20	2,55	0,737	0,21	8,4
02.11.2011	6,96	11	1,52	0,097	0,06	11,6
07.05.2012	7,40	5,9	0,778	0,048	0,1	2,28
02.07.2012	7,50		0,583	0,032	0,08	1,8
04.09.2012	7,62	8	0,01	0,039	0,07	2,26
31.10.2012	7,47	5,8	0,63	0,12	0,07	3,73
Middelverdi	7,33	12,0	1,16	0,198	0,111	5,10

4. Diskusjon

I Veltmannåa var konsentrasjonene av de undersøkte metallene (Cu, Pb, Zn og Sb) lavere enn grensene som er satt for laveste grenser for negative biologiske effekter, såkalt LBRL (Lowest Biological Risk Level). I overvåkingsperioden har det generelt vært et lite bidrag av kobber og bly fra feltet, men dette bidraget er så lavt at vi kan konkludere med at testsenteret ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig. Konsentrasjonene av metaller i grunnvannsbrønnen nedstrøms metalldeponiet var betydelig høyere enn i Veltmannåa før den gikk tett av finkorna sedimenter i 2010. Likevel har det ikke vært noen forskjell i metallkonsentrasjoner i Veltmannåa oppstrøms og nedstrøms området der utsiget fra deponiet må forventes å nå Veltmannåa. Dette skyldes antagelig en kombinasjon av at delnedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa, og at metallene bindes i de finkorna løsmassene før de når Veltmannåa. Dette sistnevnte støttes av vi har målt lave metallkonsentrasjonene i en grunnvannsbekk som slår ut i dagen nedstrøms grunnvannsbrønnen.

Vi kan derfor konkludere med at grunnvannsiget fra deponiet ikke har forurenset Veltmannåa nevneverdig. Testsenteret avvannes i all hovedsak av Veltmannåa og denne bekken er så vidt stor at vannkvaliteten kan ha betydning for brukere i områdene nedstrøms. Overvåkingen har imidlertid vist at aktiviteten ved testsenteret ikke har forringet vannkvaliteten i Veltmannåa nevneverdig med hensyn til de metaller vi har undersøkt.

Bekkene fra verkstedsområdet, miljøtestanlegget og raketstandplassen har lav vannføring og eventuelle utslipp av metaller vil raskt kunne spores i form av økte konsentrasjoner. I overvåkingsperioden har konsentrasjonene stort sett vært lavere enn LBRL-grensene. Det har vært unntaket slik som ved to episodiske utslipp av bly i 1993 (verkstedsområdet) og 1997 (miljøtestsenteret). Årsaken til utslippene ble fjernet, og således har overvåkingen virket etter hensikten. Konsentrasjonene av sink økte betydelig i bekken fra miljøtestanlegget i 2012 og utviklingen videre bør følges nøye, samtidig med at det bør sjekkes om det er en kilde som kan fjernes. I bekkene fra raketstandplass og verkstedsområdet har konsentrasjonene av kobber periodevis vært noe høyere en LBRL-grensen. Denne overskridelsen vurderes likevel ikke som kritisk for organismer i disse bekkene fordi konsentrasjonene av organiske kompleksdannere (TOC) er relativt høye, men utviklinger bør følges.

Bidrag av vann fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil føre til en fortykning av metallkonsentrasjonene i bekkene. Med unntak av de to ovennevnte episodene ved verkstedsanlegget og miljøtestanlegget er det lite sannsynlig at testsenteret har forurenset bekkene nevneverdig og følgelig ikke hatt negative konsekvenser for biota i bekken eller for andre brukere nedstrøms.

Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentret ikke har bidratt til nevneverdig forurensning av de metaller vi har undersøkt i bekkene som avvanner testsenteret. Overvåkingen gjennom 21 år er en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkingen har også den store fordel at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre at negative biologiske effekter skjer i bekkene nedstrøms testsenteret.

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. Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi. NIVA-rapport Lnr 5110-2005.
- Rognerud, S. 2005b. Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. Resultater fra 14 års overvåkning. NIVA-rapport 4944-2005. 62 sider + vedlegg.
- Rognerud, S. og Rustadbakken, A. 2007. Tungmetallavrenning fra sivile skytebaner. Resultater fra undersøkelsene i 2006. NIVA-rapport Lnr. 5367-2007.
- Rognerud, S. 2007. Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi. NIVA-rapport Lnr. 5372-2007.
- Rognerud, S. 2009. Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi. NIVA-rapport Lnr. 5894-2009
- Rognerud, S. 2011. Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig. NIVA-rapport Lnr. 6103-2011.
- Rognerud, S. 2012. Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig. NIVA-rapport Lnr. 6318-2012.

Vedlegg A.

Tabell 4. Primærdata for Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i vann, pH og TOC i bekker og en grunnvannsbrønn (Brønn 4) i perioden 2004 – 2012. I 2011 ble brønn 4 fylt opp av finkorna masser. Fra og med 2011 er prøvene tatt 15 m nedenfor brønnen i en liten bekk (Bekk 4) som renner ut i Veltmannsåa og den antas også å drenere området rundt brønn 4.

Lokalitet	stasjon	Dato	pH	TOC mgC/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	1	07.07.2004			0,60	0,25	0,08	5,0
Bradalsmyra	1	04.08.2004			0,63	0,31	0,06	5,1
Bradalsmyra	1	30.08.2004			0,44	0,20	0,05	3,4
Bradalsmyra	1	04.11.2004	5,56	7,9	0,32	0,14	0,05	2,0
Bradalsmyra	1	31.05.2005	5,81	8,0	0,51	0,13	0,07	3,6
Bradalsmyra	1	07.07.2005			1,87	0,65	0,06	9,3
Bradalsmyra	1	04.08.2005			0,55	0,21	0,10	12,0
Bradalsmyra	1	08.09.2005			0,36	0,15	0,06	3,4
Bradalsmyra	1	11.10.2005			0,32	0,14	0,07	3,0
Bradalsmyra	1	03.11.2005			0,41	0,15	0,09	4,5
Bradalsmyra	1	08.05.2006			0,51	0,16	0,10	5,4
Bradalsmyra	1	02.06.2006			0,51	0,24	0,20	4,1
Bradalsmyra	1	03.07.2006			2,16	1,02	0,10	13,7
Bradalsmyra	1	21.08.2006			2,40	0,39	0,10	7,9
Bradalsmyra	1	18.09.2007	5,90	13,0	3,30	0,39	0,06	8,4
Bradalsmyra	1	27.10.2008	6,18	9,4	0,33	0,14	0,05	3,6
Bradalsmyra	1	26.11.2008	5,71	7,2	0,31	0,11	0,68	4,8
Bradalsmyra	1	07.08.2009	5,84	13,8	2,75	0,60	0,10	7,0
Bradalsmyra	1	18.10.2009	5,95	10,3	0,36	0,17	0,20	4,5
Bradalsmyra	1	09.10.2009	6,13	9,1	0,37	0,15	0,06	3,8
Bradalsmyra	1	16.11.2009	5,82	8,6	0,31	0,11	0,06	4,1
Bradalsmyra	1	09.06.2010	5,91	10,7	0,42	0,14	0,06	4,18
Bradalsmyra	1	07.07.2010	6,22	11,5	1,83	0,38	0,07	6,96
Bradalsmyra	1	04.08.2010	5,99	14,9	0,12	0,27	0,06	5,38
Bradalsmyra	1	25.05.2011	6,09	7,7	0,56	0,13	0,06	3,58
Bradalsmyra	1	12.08.2011	5,96	13,9	0,46	0,21	0,09	4,57
Bradalsmyra	1	28.09.2011	5,95	11,0	0,45	0,18	0,06	4,35
Bradalsmyra	1	02.11.2011	6,19	8,9	0,30	0,13	0,06	3,44
Bradalsmyra	1	07.05.2012	5,90	6,9	0,352	0,11	0,07	3,01
Bradalsmyra	1	02.07.2012	6,10	8,6	0,328	0,16	0,05	3,38
Bradalsmyra	1	04.09.2012	6,11	10,6	0,01	0,16	0,06	3,63
Bradalsmyra	1	31.10.2012	5,87	7,7	0,366	0,11	0,06	3,49
Bradalsmyra	3	08.05.2006			1,52	0,23	0,20	4,7
Bradalsmyra	3	02.06.2006			1,70	0,30	0,23	4,0
Bradalsmyra	3	03.07.2006			0,71	0,12	0,08	2,0
Bradalsmyra	3	21.08.2006			1,40	0,50	0,11	2,6
Bradalsmyra	3	18.09.2007	6,90	12,0	2,14	0,62	0,10	5,4
Bradalsmyra	3	27.10.2008	6,85	8,4	0,97	0,31	0,09	3,4
Bradalsmyra	3	26.11.2008	6,52	5,8	0,91	0,30	0,48	5,9

Lokalitet	stasjon	Dato	pH	TOC mgC/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	3	07.08.2009	6,87	12,9	1,82	0,48	0,10	5,4
Bradalsmyra	3	18.10.2009	6,86	6,7	1,42	0,23	0,20	2,9
Bradalsmyra	3	09.10.2009	6,91	8,5	1,35	0,33	0,10	4,0
Bradalsmyra	3	16.11.2009	6,55	8,4	0,84	0,20	0,10	3,6
Bradalsmyra	3	09.06.2010	6,93	8,3	1,23	0,25	0,10	3,93
Bradalsmyra	3	07.07.2010	6,94	6,7	0,79	0,23	0,07	2,48
Bradalsmyra	3	04.08.2010	6,92	14,8	0,66	0,41	0,09	3,57
Bradalsmyra	3	25.05.2011	6,88	7,0	1,77	0,39	0,20	3,94
Bradalsmyra	3	12.08.2011	6,73	13,3	1,05	0,28	0,10	3,65
Bradalsmyra	3	28.09.2011	6,77	10,1	1,24	0,26	0,10	3,94
Bradalsmyra	3	02.11.2011	6,84	8,0	1,53	0,30	0,10	3,86
Bradalsmyra	3	07.05.2012	5,90	6,9	0,352	0,11	0,07	3,01
Bradalsmyra	3	02.07.2012	6,10	8,6	0,328	0,16	0,05	3,38
Bradalsmyra	3	04.09.2012	6,11	10,6	0,010	0,16	0,06	3,63
Bradalsmyra	3	31.10.2012	6,73	6,3	0,797	0,16	0,10	3,33
Bradalsmyra	4	07.07.2004			1,87	0,47	0,10	5,4
Bradalsmyra	4	04.08.2004			1,17	0,33	0,20	3,0
Bradalsmyra	4	30.08.2004			1,14	0,24	0,10	3,3
Bradalsmyra	4	04.11.2004			1,36	0,24	0,09	2,9
Bradalsmyra	4	31.05.2005			1,29	0,25	0,10	3,4
Bradalsmyra	4	07.07.2005			1,12	0,18	0,10	3,7
Bradalsmyra	4	04.08.2005			1,23	0,32	0,10	9,6
Bradalsmyra	4	08.09.2005			1,27	0,22	0,09	3,3
Bradalsmyra	4	11.10.2005			1,35	0,26	0,10	3,7
Bradalsmyra	4	03.11.2005			1,88	0,39	0,20	5,1
Bradalsmyra	4	08.05.2006			1,60	0,27	0,20	5,8
Bradalsmyra	4	02.06.2006			1,31	0,21	0,20	3,3
Bradalsmyra	4	03.07.2006			0,97	0,19	0,10	3,6
Bradalsmyra	4	21.08.2006			1,50	0,52	0,10	6,6
Bradalsmyra	4	18.09.2007	7,05	11,7	1,61	0,58	0,10	4,7
Bradalsmyra	4	27.10.2008	7,03	8,2	1,02	0,28	0,08	3,7
Bradalsmyra	4	26.11.2008	6,99	5,4	0,90	0,25	0,37	5,5
Bradalsmyra	4	07.08.2009	7,09	12,4	1,77	0,44	0,10	5,2
Bradalsmyra	4	18.10.2009	7,28	6,9	1,02	0,30	0,20	3,8
Bradalsmyra	4	09.10.2009	7,12	8,8	1,28	0,34	0,10	4,3
Bradalsmyra	4	16.11.2009	6,72	8,2	1,11	0,26	0,10	4,5
Bradalsmyra	4	09.06.2010	7,18	8,0	0,99	0,24	0,10	2,94
Bradalsmyra	4	07.07.2010	7,60	6,5	0,92	0,25	0,08	2,67
Bradalsmyra	4	04.08.2010	7,17	14,8	0,88	0,52	0,10	4,52
Bradalsmyra	4	25.05.2011	7,21	6,4	1,20	0,21	0,10	2,47
Bradalsmyra	4	12.08.2011	6,88	12,9	1,24	0,31	0,10	4,18
Bradalsmyra	4	28.09.2011	6,96	9,7	1,23	0,21	0,10	3,97
Bradalsmyra	4	02.11.2011	7,08	7,4	1,01	0,27	0,10	3,48
Bradalsmyra	4	07.05.2012	6,90	6,2	1,02	0,17	0,10	2,42
Bradalsmyra	4	02.07.2012	7,30	7,8	1,07	0,259	0,10	2,89
Bradalsmyra	4	04.09.2012	7,27	7,8	0,33	0,225	0,09	2,82
Bradalsmyra	4	31.10.2012	6,98	6,0	0,792	0,14	0,10	3,15
Bradalsmyra	7	07.07.2004			3,30	1,19	1,10	19,6
Bradalsmyra	7	04.08.2004			1,74	0,23		
Bradalsmyra	7	31.05.2005			1,95	0,14	1,40	5,4

Lokalitet	stasjon	Dato	pH	TOC mgC/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	7	07.07.2005			1,63	0,04	0,99	3,1
Bradalsmyra	7	04.08.2005			2,40	0,23	0,96	13,0
Bradalsmyra	7	08.09.2005			1,88	0,28	0,62	4,7
Bradalsmyra	7	11.10.2005			1,33	0,11	0,58	3,0
Bradalsmyra	7	03.11.2005			3,88	1,77	1,20	14,3
Bradalsmyra	7	08.05.2006			6,08	0,49	2,90	18,3
Bradalsmyra	7	02.06.2006			3,25	0,20	1,90	12,6
Bradalsmyra	7	03.07.2006			2,32	0,36	1,00	6,7
Bradalsmyra	7	21.08.2006			2,10	0,42	1,70	5,2
Bradalsmyra	7	18.09.2007	7,70	8,5	3,26	0,23	0,94	14,4
Bradalsmyra	7	27.10.2008	7,86	6,2	1,52	0,14	0,51	4,2
Bradalsmyra	7	26.11.2008	7,86	5,6	2,03	0,20	0,92	9,2
Bradalsmyra	7	07.08.2009	7,77	8,5	4,08	0,22	1,20	21,2
Bradalsmyra	7	18.10.2009	7,81	8,3	1,63	0,11	0,65	10,5
Bradalsmyra	7	09.10.2009	7,90	9,3	1,87	0,12	0,99	7,5
Bradalsmyra	7	16.11.2009	7,41	5,9	3,64	0,59	1,30	21,1
Bradalsmyra	7	09.06.2010	7,84	8,8	2,46	0,14	0,73	14,3
Bradalsmyra	7	07.07.2010	7,88	8,0	1,36	0,17	1,20	7,9
Bradalsmyra	7	04.08.2010	7,84	10,2	2,61	0,20	1,30	14,5
Bradalsmyra	7	25.05.2011	7,63	7,7	2,07	0,33	2,14	14,8
Bradalsmyra	7	12.08.2011	7,50	9,1	3,15	0,24	1,30	16,3
Bradalsmyra	7	28.09.2011	7,71	9,7	3,98	0,29	1,70	21,1
Bradalsmyra	7	02.11.2011	7,91	6,9	1,85	0,10	1,10	14,7
Bradalsmyra	7	07.05.2012	7,80	4,9	2,43	0,095	3,26	18,3
Bradalamyra	7	02.07.2012	7,90	5,6	1,92	0,057	1,70	13,7
Bradalsmyra	7	04.09.2012	7,91	7,1	1,66	0,599	1,00	15,6
Bradalsmyra	7	31.10.2012	7,84	5,1	1,77	0,06	1,10	10,7
Bradalsmyra	8	07.07.2004			2,67	0,85	0,20	10,8
Bradalsmyra	8	04.08.2004			0,98	0,15		
Bradalsmyra	8	31.05.2005			1,96	0,52	0,23	9,0
Bradalsmyra	8	07.07.2005			1,37	0,15	0,10	5,6
Bradalsmyra	8	04.08.2005			1,44	0,26	0,20	12,5
Bradalsmyra	8	08.09.2005			1,75	0,28	0,10	6,5
Bradalsmyra	8	11.10.2005			0,89	0,14	0,10	5,7
Bradalsmyra	8	03.11.2005			3,11	1,33	0,35	15,8
Bradalsmyra	8	08.05.2006			3,64	0,83	0,47	14,7
Bradalsmyra	8	02.06.2006			3,36	0,356	0,27	10,2
Bradalsmyra	8	03.07.2006			1,79	0,283	0,1	10,5
Bradalsmyra	8	21.08.2006			1,2	0,28	0,1	6,7
Bradalsmyra	8	18.09.2007			1,64	0,64	0,22	6,9
Bradalsmyra	8	27.10.2008	7,61	16,6	2,07	0,39	0,2	7,5
Bradalsmyra	8	26.11.2008	7,61	12,1	1,51	0,23	0,29	12,2
Bradalsmyra	8	07.08.2009	7,66	21,4	3,25	0,597	0,25	6,7
Bradalsmyra	8	18.10.2009	7,53	14,8	0,962	0,15	0,2	6,7
Bradalsmyra	8	09.10.2009	7,61	15,8	1,84	1,17	0,23	6,5
Bradalsmyra	8	16.11.2009	7,17	16,3	2,67	0,72	0,26	9,1
Bradalsmyra	8	09.06.2010	7,63	15,8	2,03	0,29	0,20	6,63
Bradalsmyra	8	07.07.2010	7,77	13,7	0,80	0,07	0,10	6,09
Bradalsmyra	8	04.08.2010	7,72	20,7	1,00	0,58	0,20	4,92
Bradalsmyra	8	25.05.2011	6,31	5,0	1,14	0,20	0,05	7,61

Lokalitet	stasjon	Dato	pH	TOC mgC/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	8	12.08.2011	7,38	21,6	1,45	0,69	0,20	4,27
Bradalsmyra	8	28.09.2011	7,42	20,0	2,55	0,74	0,21	8,36
Bradalsmyra	8	02.11.2011	7,60	15,6	4,00	0,63	0,22	10,0
Bradalsmyra	8	07.05.2012	7,40	12,4	2,59	0,523	0,35	13,2
Bradalsmyra	8	02.07.2012	7,70	14,4	1,09	0,309	0,1	5,12
Bradalsmyra	8	04.09.2012	7,79	16,9	0,28	0,252	0,1	5,47
Bradalsmyra	8	31.10.2012	7,45	11,1	1,67	0,282	0,23	10,9
Bradalsmyra	9	28.09.2011	7,35	12,8	5,14	1,16	0,72	37,7
Bradalsmyra	9	02.11.2011	7,27	18,8	3,39	1,87	0,35	13,2
Bradalsmyra	9	07.05.2012	7,20	11,5	5,04	0,851	0,29	43,3
Bradalsmyra	9	02.07.2012	7,40	15,9	2,46	1,66	0,25	24,5
Bradalsmyra	9	04.09.2012	7,58	17,4	1,55	1,28	0,29	16,9
Bradalsmyra	9	31.10.2012	7,32	11,2	2,16	0,867	0,26	25,3
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2004			4,54	0,04	0,24	36,1
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2004			9,83	2,36	0,20	103,0
Bradalsmyra	Brønn 4	30.08.2004			2,66	0,71	0,10	12,4
Bradalsmyra	Brønn 4	04.11.2004			7,99	0,22	0,05	14,7
Bradalsmyra	Brønn 4	31.05.2005			9,05	8,72	0,10	58,6
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2005			1,06	0,61	0,05	3,4
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2005			7,84	5,83	0,10	76,2
Bradalsmyra	Brønn 4	08.09.2005			3,74	2,80	0,10	27,4
Bradalsmyra	Brønn 4	11.10.2005			4,35	3,57	0,21	23,1
Bradalsmyra	Brønn 4	03.11.2005			8,21	4,39	0,20	61,6
Bradalsmyra	Brønn 4	08.05.2006			7,82	4,68	0,08	39,4
Bradalsmyra	Brønn 4	02.06.2006			5,60	3,80	0,10	32,7
Bradalsmyra	Brønn 4	03.07.2006			5,60	4,67	0,20	22,4
Bradalsmyra	Brønn 4	21.08.2006			7,00	5,50	0,10	270,0
Bradalsmyra	Brønn 4	18.09.2007	6,60	23,0	11,70	11,70	0,10	105,0
Bradalsmyra	Brønn 4	27.10.2008	6,28	20,7	8,15	10,20	0,10	89,0
Bradalsmyra	Brønn 4	26.11.2008	6,54	10,1	3,26	1,92	0,20	37,2
Bradalsmyra	Brønn 4	07.08.2009	6,59	24,4	13,40	12,50	0,20	94,9
Bradalsmyra	Brønn 4	18.10.2009	6,64	18,4	5,45	2,33	0,30	48,7
Bradalsmyra	Brønn 4	09.10.2009	6,87	13,6	2,61	0,26	0,10	25,8
Bradalsmyra	Brønn 4	16.11.2009	6,54	10,6	2,55	0,80	0,10	25,8
Bradalsmyra	Brønn 4	09.06.2010	6,57	35,3	14,40	9,74	0,10	144,0
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2010	6,84	12,3	1,89	0,367	0,06	6,5
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2010	6,57	22,0	13,7	19,8	0,2	118,0
Bradalsmyra	Bekk 4	25.05.2011	7,57	14,1	1,98	0,202	0,2	6,8
Bradalsmyra	Bekk 4	12.08.2011	6,72	19,1	1,2	0,31	0,1	3,9
Bradalsmyra	Bekk 4	28.09.2011	7,42	20,0	2,55	0,737	0,21	8,4
Bradalsmyra	Bekk 4	02.11.2011	6,96	11,0	1,52	0,097	0,06	11,6
Bradalsmyra	Bekk 4	07.05.2012	7,40	5,9	0,778	0,048	0,1	2,28
Bradalsmyra	Bekk 4	02.07.2012	7,5	5,6	0,583	0,032	0,08	1,8
Bradalsmyra	Bekk 4	04.09.2012	7,62	8	0,01	0,039	0,07	2,26
Bradalsmyra	Bekk 4	31.10.2012	7,47	5,8	0,63	0,12	0,07	3,73

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no