

DE-3241

O-93109

Overvåking av
metallforurensning
fra militære skytefelt og demoleringsplasser
Resultater fra 4-års overvåking



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Underrn.:
93109	
Lopenr.:	Begr. distrib.:
3241	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA AS
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser.	Dato: april 95	Trykket: NIVA 1995
Resultater fra 4 års overvåkning	Faggruppe: miljøgifter	
Forfatter(e): Sigurd Rognerud	Geografisk område: hele landet	
	Antall sider: 31	Opplag: 100

Oppdragsgiver: Forsvarets Bygningstjeneste, avd. Hamar Raufoss Technology AS	Oppdragsg. ref.: 93109
---	----------------------------------

Ekstrakt: Det var ingen vesentlig endringer i konsentrasjonene av kobber og bly i bekkene som avvanner Bradalsmyra skytefelt i 1994 i forhold til årene før. Vannkvaliteten var generelt god med unntak av bekkene fra hovedstandplass som var mindre god. Det var økte konsentrasjoner av kobber og bly i bekkene som avvanner feltskytebanen og kulefangervollene på Evjemoen i 1994. Vi mener dette har sammenheng med en del anleggsarbeider i feltene som har økt utlekkningen av humus-metall komplekser. Konsentrasjonene av bly og kobber i Larsmyrbekken som avvanner feltskytebanen i Steinsjøfeltet fortsatte og stige i 1994 og er nå meget høye tilsvarende en meget dårlig vannkvalitet. Utviklingen skyldes en del gravearbeider i feltet. Sedimentene i Storvatnet var forurenset av bly, kobber og antimon som også er hovedbestanddelene i prosjektiler fra håndvåpen. Utviklingen i Steinsjøfeltet bør overvåkes nøye. Vannkvaliteten i Terninga som avvanner skytebanene på Terningmoen var god til mindre god og ikke nevneverdig preget av avrenningen fra feltskytebanene. Vannkvaliteten i bekkene som avvanner Leksdal skytefelt var god og lite preget av kobber og blyutløsninger. Feltet behøver ikke å overvåkes årlig. Vannkvaliteten i de mest belastede bekkene i Mauken skytefelt var fortsatt dårlig, mens bekkene i Porsangermoen generelt var lite forurenset (unntak for bekkene fra stridsløypa som var forurenset). Det ble registrert utlekkninger av metaller fra demoleringsfeltet i Lærdal til Nivla. Mengdene var imidlertid små og fortykning av tilkommende bekker gjorde at det ikke var mulig å påvise konsentrasjonsøkninger i Nivla som følge av demoleringsaktiviteten 2 km nedstrøms feltet.

4 emneord, norske

1. Militære skytefelt og demoleringsfelt
2. Overvåkning av vannkvalitet
3. Vannforurensning
4. Tungmetaller

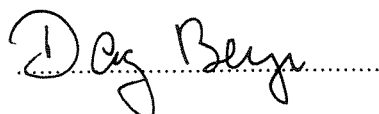
4 emneord, engelske

1. Military firing ranges and demolition sites
2. Monitoring of water quality
3. Water pollution
4. Heavy metals

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN-82-577-2668-0

O-93109

Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og
demoleringsplasser.

Resultater fra 4 års overvåkning

Saksbehandler: Sigurd Rognerud

Medarbeidere: Gøsta Kjellberg
Mette Gun Nordheim
Jarl Eivind Løvik
Bjørn Boye (tidl.Forsvaret)
Magnar O. Reistadmo (Forsvaret)
Kurt Dale (Forsvaret)
Asle Figenskau (Forsvaret)
Bjarte A. Sundal (Forsvaret)
Alf Pettersen (Forsvarert)

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
Innledning.....	6
Metoder.....	8
Sammenhengen mellom metallkonsentrasjoner i vann og mose.....	8
Kjemiske analysemetoder.....	10
Klassifisering av tilstand.....	10
Resultater.....	11
Bradalsmyra.....	11
Evjemoen.....	13
Steinsjøfeltet.....	15
Terningmoen.....	17
Leksdal.....	19
Mauken.....	20
Porsangermoen.....	22
Lærdalfeltet.....	24
Sammenfattende diskusjon.....	26
Litteraturliste.....	27

Forord

Denne rapporten er den tredje årsrapporten fra en overvåkning av metallavrenningen fra 7 av Forsvarets skytefelt, ett demoleringsfelt (1993,1994) og Bradalsmyra forsøksfelt tilhørende Raufoss Technology. Prosjektet med Forsvaret ble kontraktsfestet 1. nov. 1994, og Forsvarets Bygningstjeneste avd. Hamar har stått som oppdragsgiver. Kontaktpersoner har vært overingeniør Bjørn Brønstad i FBT og Astrid Waarum i Hærens Forsyningskommando, Ammunisjonskontrollen. Testsentersjef Paulsrud har vært kontaktperson ved Raufoss Technology.

Feltarbeidet ble gjennomført sommer og høst 1994 med hjelp av skytefeltsadministrasjonene og miljøvernoffiserene der disse var tilstede. Vi vil spesielt takke Bjarte A. Sundal (Leksdalen), Kurt Dale (Porsangermoen), Magnar O. Reistadmo (Mauken), Alf Pettersen (Evjemoen) og Asle Figenskau (Lærdal) for aktiv deltagelse ved prøveinnsamling slik at undersøkelsene gikk etter programmet.

Vannanalysene ble utført ved NILU's laboratorium på Kjeller og analysene av moseprøvene ved NIVA i Oslo. Rapporten er utarbeidet ved NIVA's Østlandsavdeling.

Sammendrag

I denne rapporten presenteres resultatene fra 4 av de første årene i en fem-års overvåkningsundersøkelse om konsentrasjoner av kobber og bly i bekker som avvanner skyte- og demoleringsfelt. Tidligere undersøkelser har vist at det er disse elementene som er de viktigste forurensende elementer i forbindelse med slik militær virksomhet.

I løpet av 1994 er nye analysemetoder for analyser av metaller i vann tatt i bruk (ICP-MS). Dette har gjort at relasjonene mellom konsentrasjoner målt i vann og mose har blitt ytterligere dokumentert. Sammenhengen er god og metoden er godt egnet til å overvåke utlekkingen av metaller fra deponerte prosjektiler. Bruk av vannmoser har også den store fordel at de kan innsamles og håndteres av Forsvarets egne folk uten at kontamineringsrisikoen er for stor. Derved blir også undersøkelsen gunstig sett ut fra et kost nytte forhold.

Resultatene for de ulike feltene er gitt nedenfor. Klassifiseringen av vannkvaliteten på bakgrunn av de ulike metallenes konsentrasjoner i avrenningen er gjort i henhold til SFT's retningslinjer (Holtan & Rosland 1992).

Det var ingen betydelige endringer i konsentrasjonene av kobber og bly i bekkene som avvanner Bradalsmyra i 1994 i forhold til tidligere år. Vannkvaliteten kan betegnes som god, med unntak av bekken som avvanner hovedstandplass. Vi vil foreslå et en gjør enkle tiltak for å hindre utslipp til denne bekken som er en svært dårlig resipient. Det bør være mulig å komme tilbake til den tilstanden en hadde i 1992, da vannkvaliteten var langt bedre. Forøvrig ser det ut til at utlekkingen av bly og kobber fra Bradalsmyra skytefelt er under kontroll.

De betydeligste forurensninger av bly og kobber i skytefeltet på Evjemoen var i hovedsak knyttet til feltskytebanen. Vannføringen fra dette feltet er imidlertid liten, og påvirkningen i Bjoråa ved utløpet av feltet var beskjeden på grunn av fortykning og utfellinger i Bigtjern. Likevel kan påvirkningen registreres i nedre deler av Bjoråa. Det bør så langt som mulig unngås å grave i feltskytebanen slik at utlekkingen av løste metaller økes. Det er rimelig å anta at mengden av utløst kobber og bly som er bundet til humusstoffer i feltet er betydelig etter mange års bruk. Alle inngrep som vil redusere oppholdstiden av vann i dette feltet vil føre til økt mobilitet av kobber-, og bly-humuskomplekser som vil ha betydning for vassdraget nedstrøms. Bekken som avvanner skytebanevollene ved Steinsfjellet har også vist en tendens til økende bly- og kobber-konsentrasjoner. Det er viktig å holde et øye med utviklingen i denne bekken.

Konsentrasjonene øker, spesielt for bly, i Larsmyrbekken som avvanner de østligste feltskytebanene i Steinsjøfeltet. Konsentrasjonene er så høye at gifteeffekter må forventes på akvatiske organismer. Årsaker til denne bekymringsfulle utviklingen er antagelig de gravearbeider som er utført i feltet. Humus-metall komplekser vil mobiliseres og renne ut i bekken dersom en roter opp i humus- og jordsjiktet som inneholder deponerte prosjektiler. Humusstoffene virker derfor som transportør for metallene. Siden kan disse frigjøres eller inngå i næringskjeden hvis forholdene ligger til rette. Det bør derfor vurderes å gjøre tiltak for å stanse denne utviklingen. Stikkprøvene viser at bekkene ved Storvatnet og Larsmyrbekken var klart forurenset av bly og kobber, mens konsentrasjonene av kadmium var nær de naturgitte verdier. Sedimentene i Storvatnet var klart forurenset av antimon, bly og kobber, dvs. de samme elementene som er hovedbestanddelene i prosjektilene. Konsentrasjonene i bekken fra de vestligste feltskytebaner var nær de naturgitte. Stor fortykning fra vann som tilkommer utenfra og infiltrasjon i store losmasser er årsaken til disse lave verdiene.

Det har vært klare år til år variasjoner i konsentrasjonene av bly og kobber i bekkene som avvanner feltskytebanene på Terningmoen. Totalt sett har effektene på vannkvaliteten i Terninga vært liten selv om bekkene bidrar til en økning av konsentrasjonene i Terninga. Forurensningene fra feltskytebanene er derfor et lokalt problem som kun berører de lokale bekkene. Vannkvaliteten i Terninga nedstrøms skytefeltet var god, eller mindre god, og ikke nevneverdig preget av avrenningen fra feltskytebanene.

Bekkene fra skytefeltet i Leksdalen var noe anriket på bly og kobber som følge av utløsning fra deponerte prosjektiler. Konsentrasjonsøkningene over de naturgitte forhold var imidlertid beskjedne og vannkvaliteten i bekken, når den renner ut fra feltet, må betegnes som god. Vi vurderer sjansen for at de årlige variasjoner i vannkvaliteten skal endre seg nevneverdig fra dette bildet som relativt liten. Vi vil derfor anbefale at dette feltet ikke overvåkes årlig, men undersøkes igjen om eksempelvis 5-8 år.

Bekkene i skytefeltet på Mauken tilføres lokale forurensninger av bly og kobber som følge av skyting spesielt med handvåpen. Vannkvaliteten i bekkene fra de mest belastede banene kan generelt klassifiseres som nokså dårlig. På grunn av stor fortykning er det likevel ikke registrert forurensnings-effekter i bekkene som renner ut av skytefeltet. Bruk av selvanvisere økte korrosjonshastigheten og utlekkingen av metaller betydelig på grunn av deformeringen og delvis oppsplitting av prosjektilene. Plassering av slike i nær tilknytning til bekker bør derfor unngås.

Det var ubetydelige forurensninger av bly og kobber fra korroderte prosjektiler i Porsangermoen skytefelt i 1994, med unntak av utløpet av Yngelvatn. Det var kjøring i stridsløypa med etterfølgende erosjon av humuspartikler som var årsaken til de høye blyverdiene i utløpet av Yngelvatn. Forøvrig bidrar de naturgitte forhold (velbufret jordsmonn) til å redusere utlekkingen av metaller fra korroderte prosjektiler. De naturlig høye kobberverdiene i øvre del av feltet gjør at også konsentrasjonen av kobber i avrenningen var naturlig høyere enn normalt. Gifteffekter av tungmetaller på det akvatiske økosystemet som følge av skyting med handvåpen i feltet er derfor lite sannsynlig i dette feltet.

Jordprøvene fra demoleringsfeltet i Lærdal har vist anrikning av bly i demoleringsfeltet, mens intet mønster ble registrert for kobber. Dette stemmer bra med våre observasjoner. Kobberverdiene var høyere enn normalt, men det var også referansestasjonen oppstrøms demoleringsplassen. Det er med andre ord naturlige geokjemiske årsaker til dette, og de høye verdiene har lite med demoleringen å gjøre. For bly (og kobber i 1994) registrerte vi et lite påslag på stasjonen like nedenfor demoleringsplassen, som må være forårsaket av korroderte prosjektilrester e.l. Dette er i overenstemmelse med jordanalyser i området. På grunn av fortykningen fra vann bl.a fra Øydalsfossen var verdiene nede på nær referanseverdier ca. 2 km lengre ned i elva. Resultatene i 1993 for sink og nikkell viste lave verdier og ingen forurensning fra demoleringsplassen. Det ble ikke målt forurensningseffekter som følge av utlekking av metaller fra demoleringsfeltet ved nederste stasjon. Dette fordi de mengdene som utløses var så små at de ble effektivt fortynnet ved tilkommende bekker.

Innledning

Denne rapporten er den tredje årsrapporten fra en 5 årig overvåkning av Forsvarets skytefelt. Arbeidet kom igang som følge av et ønske fra Forsvarets side om å klarlegge tidsutviklingen i avrenningen av tungmetaller fra skytefelt, og å klarlegge om det var felt der det kunne være nødvendig å gjøre tiltak for å begrense denne avrenningen. Erfaringene fra denne overvåkningen vil gi viktig informasjon om hvor og hvordan skytebaner og kulefangervoller bør anlegges i framtiden.

Forsvaret skaper betydelige deponier av metaller mange steder i landet gjennom sin trening og øvningsaktivitet særlig med ulike handvåpen. Det er beregnet at skyting i militære skytefelt fører til at det årlig deponeres ca. 85 tonn bly, 41 tonn kobber, 5 tonn sink og 11 tonn antimon vesentlig i kulefangervoller og feltskytebaner (Rognerud et al. 1992). Det finnes ikke beregninger på de totale mengder som gjennom årenes løp er deponert i feltene, men at det dreier seg om betydelige mengder er hevet over tvil. Det er således en betydelig potensiell mengde med forurensninger som finnes i feltene og de forsetter å øke årlig så lenge feltene er i bruk. Forsvaret har et spesielt ansvar for forvaltningen av disse deponiene og skal i følge Stortingsmelding 46 (1988-89) som hovedregel også stå for gjennomføringen av egne miljøtiltak og være forberedt til dette. Et hovedpoeng i denne sammenheng er at naturens tålegrenser ikke skal overstiges og at det praktiseres et "føre var"-prinsipp slik at miljøvernarbeidet blir forebyggende.

I løpet av de siste 8 årene har NIVA undersøkt avrenningen av tungmetaller fra ulike skytefelt (Kjellberg 1988, Kjellberg & Boye 1992, Rognerud & Boye 1992, Rognerud et al. 1993). Testsenteret på Raufoss og demoleringsfeltet i Lærdal er også undersøkt (Rognerud 1994). I den pågående overvåkningsundersøkelsen har noen felt vært undersøkt alle årene. Dette gjelder Evjemoen, Steinsjøfeltet, Terningmoen, Mauken og Porsangermoen. I 1994 ble i tillegg Leksdal skytefelt i Nord-Trøndelag undersøkt, sammen med demoleringsfeltet i Lærdal (også undersøkt i 1993). Lokalisering av de undersøkte feltene er vist i Fig. 1.

Fram til nå har overvåkningen vist at det er bly og kobber som er den viktigste påvirkningen, og at problemene i forurensningsammenheng vesentlig er knyttet til disse metallenes avrenning fra feltskytebaner og kulefangervoller. Selv om de totale mengdene som årlig renner av er små i forhold til de årlige deponeringer, så har enkelte bekker fra disse delene av feltene en meget dårlig vannkvalitet. Det er spesielt i områder der vannkvaliteten er preget av relativt surt humøst vann som er mest utsatt. Det har også vist seg at byggevirksomhet, kjøring eller andre inngrep i feltet øker utlekking av metaller betydelig. I feltet med høge naturlige metallnivå eller relativt høgt kalkinnhold har det generelt vært vanskelig å påvise signifikante effekter utenfor deponeringsplassen. Kobber og bly fortsetter å akkumuleres i skytefeltene fordi korrosjonshastigheten er mye lavere enn hastigheten som metallene deponeres med i form av prosjektiler. Videre så bindes løst bly og kobber fra prosjektilene effektivt i jord, vegetasjon og sedimenter. En følge av dette er at forurensningen av vassdragene i hovedsak blir et problem inne i skytefeltene.



Fig.1. Lokalisering av de undersøkte feltene. Lærdalfeltet er et demoleringsfelt. Bradalsmyra er test og utviklingsanlegg for Raufoss Technology. De resterende er militære skytefelt.

Metoder

Valg av metode

I lite eller moderat forurensede elver og bekker forekommer tungmetallene oftest i meget lave konsentrasjoner, og det kreves et stort antall vannprøver for å oppnå representative middelverdier over en lengre tidsperiode. I tillegg til dette kreves det omhyggelig rengjøring av prøveflasker og spesielle forhåndsregler ved prøvetakingen da kontamineringsfaren er meget stor ved slike analyser. Konsentrasjonene i vann for mange tungmetaller er også nær eller under grensen for det vi kan måle med tradisjonelle metoder som eksempelvis atomabsorpsjonspektrofotometri (AAS). I rennende vann brukes derfor ofte vannmoser, spesielt arter fra slekten *Fontinalis*, som bioindikator. Disse akkumulerer (oppkonsentrerer) metallene i vevet i et bestemt forhold til konsentrasjonene i vannet (opptil 10000 ganger). Mosene har en rask opptakshastighet, men en mye seinere utskilleleshastighet. Dette gjør at de gjenspeiler den midlere vannkonsentrasjonen over noen uker på en god måte også i de tilfeller hvor en har hatt pulser med høye konsentrasjoner som f.eks. ved tilfeldige utslipp (Mouvet et al. 1993). Det er levende nydannede toppskudd som samles inn, skylles forsiktig og tørkes og sendes til laboratoriet for analyse.

Konsentrasjonene gir informasjon om den antatt biotilgjengelige fraksjonen av metallkonsentrasjonen. Dette er viktig for vurderingen av de biologiske konsekvensene. Vannmosenes egenskaper som nevnt ovenfor gjør at de er mye brukt av geologer på leting etter tungmetallholdige mineraler. Det er spesielt i Canada, men også i Skandinavia og Russland at moser er brukt i denne sammenheng. Det har vist seg at moser er et mye bedre medium til å fange opp geokjemiske anomaliteter enn mange andre metoder slik som f.eks. analyser av bekkesedimenter og vann (Smith 1986). Det er imidlertid ikke bare ved leting etter mineralforekomster at vannmoser har vist sin fortreffelighet. De brukes også i overvåkning av metallkonsentrasjoner i rennende vann i Sverige (Selinus 1988, Lithner 1989), Canada (Barryman 1990), Frankrike (Mouvet 1993), Belgia (Descay & Empain 1981), England (Kelly et al. 1987) og i Portugal (Monteiro et al 1989). I Norge er også vannmoser benyttet ved flere anledninger spesielt ved overvåkningen av metallavrenningen fra gruveavganger/slagghauger og andre deponier (Lingsten 1985, Kjellberg et al. 1991, Kjellberg 1994), men også for å skaffe bakgrunnsdata om konsentrasjoner av metaller i naturlig "uforurensede" områder (Kjellberg 1994, Rognerud & Boye 1992).

Sammenhengen mellom metallkonsentrasjoner i vann og mose

I 1993 ble det parallelt med eksponeringene av mosene på de aller fleste stasjonene også samlet inn vannprøver for metallanalyser. Disse prøveflaskene var spesielt rengjorte og fylt opp med destilert vann for å redusere kontamineringsrisikoen. I enkelte tilfeller ble parallelle prøver samlet inn, men det viste seg etterhvert at disse ga nær de samme resultatene. For å spare analysekostnader gikk vi derfor over til bare å samle inn enkeltprøver. Prøvene ble som hovedregel samlet inn ved utsetting og opptak av moseprøver dvs. med ca. 3 ukers mellomrom. Da mosene vil gjenspeile vannkvaliteten over hele perioden, kan det selvfølgelig være forklarlig at en i enkelte tilfeller kan få en mindre god overenstemmelse mellom enkeltprøver. Likevel var det en brukbar sammenheng når resultatene fra alle stasjonene som er undersøkt over 2-3 perioder i sesongen blir fremstilt samlet slik som vist i Fig. 2. En relasjon som tidligere ble mye brukt for beregning av vannkonsentrasjoner ut fra mosedata er også vist (Bengtsson & Lithner 1981). I 1994 ble deteksjongrensene for vannanalysene senket betraktelig ved bruk av nye analysemetoder (ICP-MS). Vi gjorde derfor en supplerende innsamling i 1994 for også å undersøke sammenhengen mellom konsentrasjoner i vann og mose i de tilfeller der vannkonsentrasjonene var mindre enn 0,5 µg/l (tidligere deteksjongrense). Resultatene er vist sammen med tidligere resultater i Fig.2.

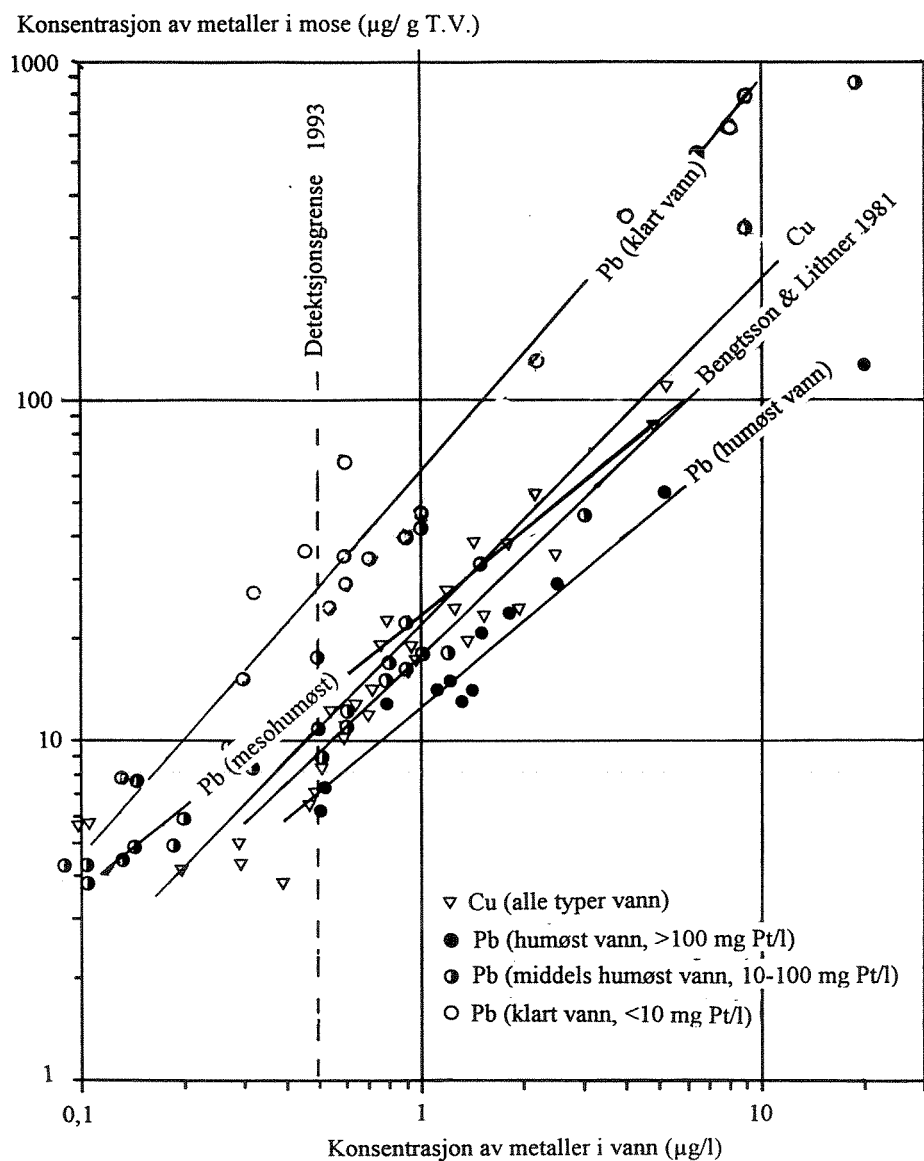


Fig.2. Sammenhengen mellom kobber - og blykonsentrasjoner i vann og mose fra skytefeltene.

Vi har følgende kommentarer til Figur 2: Surhetsgrad og humusinnhold synes å ha liten betydning for sammenheng mellom vann - og mosekonsentrasjoner for kobber (Fig. 2). Regresjonslinjen for våre data i feltene lå nær regresjonslinjen presentert av Bengtsson & Lithner (1981) som i hovedsak er basert på data fra middels humose, nær nøytrale ($\text{pH}=6,5-7,5$) vannforekomster. Resultatene for ICP-MS analysene i 1994 viser også at det var nær samme forholdet også i området under den tidligere deteksjonsgrensen. For bly derimot var forholdet noe anderledes. Forholdet mellom mose- og vannkonsentrasjon var klart større i humusfattig og svakt alkalisk vann (slik som på mange stasjoner fra feltene i Nord Norge) enn i svakt surt og humøst vann slik som på mange av stasjonene i Sør-Norge. Bengtsson & Lithner's data fra middels humose og nær nøytrale vannforekomster faller mellom disse regresjonslinjene. Det synes derfor å være et generelt trekk at opptaket av bly i mose er betydelig mer effektivt i svakt basisk, humusfattig vann enn i surt humusrikt. Dette forholdet skyldes antagelig at bly har en stor bindingsevne til humussyrer og humuspartikler og at dette vanskeliggjør opptaket i mosene. En økende konsentrasjon av H^+ -ioner som konkurrerer med metallionene om opptak kan også være en forklaring.

Kjemiske analysemetoder

Alle metall-vannanalysene ble utført ved NILU's akkrediterte laboratorium på Kjeller. Kobber og bly ble analysert ved bruk av ICP-MS, og pH og vannfarge ble analysert etter Norsk Standard ved Østlandsavdelingen. Kobber og bly i mose ble analysert ved NIVA's laboratorium i Oslo etter akkrediterte analysemetoder.

Klassifisering av tilstand

På bakgrunn av konsentrasjonene av miljøgifter som bly og kobber i vann har Statens Forurensningstilsyn (SFT) inndelt vannkvaliteten i ulike tilstandsklasser slik som gitt i Tab.1 (Holtan & Rosland 1992).

Tabell 1. Tilstandsklasser (I-IV) for vannkvalitet basert på konsentrasjoner av kobber og bly. De ulike klassene er gitt ulike fargekoder (Holtan & Rosland 1992)

	God (I) blå	Mindre god (II) grønn	Nokså dårlig (III) gul	Dårlig (IV) rød	Meget dårlig (V) fiolett
Kobber ($\mu\text{g/l}$)	<2	2-5	5-15	15-50	>50
Bly ($\mu\text{g/l}$)	<1	1-3	3-5	5-10	>10
Sink ($\mu\text{g/l}$)	<10	10-30	30-60	60-110	>110
Krom ($\mu\text{g/l}$)	<1	1-3	3-10	10-50	>50
Nikkel ($\mu\text{g/l}$)	<3	3-10	10-30	30-100	>100
Kvikksølv($\mu\text{g/l}$)	<0,01	0,01-0,04	0,04-0,1	0,1-0,3	>0,3

På bakgrunn av tilstandsgrensene i denne tabellen og regresjonene mellom konsentrasjonene i vann og mose som gitt i Fig. 2 kan også tilstandsklasser og fargekoder for konsentrasjoner i mose defineres. I alle presentasjonene fra de ulike skytefeltene er denne fargekoden og ovennevnte grenser benyttet. Vi gjør oppmerksom på at vi har benyttet samme regresjon for alle feltene når det gjelder kobber, mens for bly er det skilt mellom tre ulike miljø avhengig av surhetsgrad og humusinnhold (se Fig.2). Dette var nødvendig da forholdet var svært forskjellig for bly i surt/brunt vann og klart/basisk, mens forskjellene var små for kobber. I alle presentasjonene av resultatene for de ulike feltene er de ovennevnte fargekoder benyttet. Hvert målepunkt (stasjon) som er vist i figurene representeres ved en middelværdi i de ulike årene. Denne middelværdien er beregnet på bakgrunn av 2-4 eksponeringsperioder og utgjør stort sett den isfrie delen av året. De enkelte primærdata er gitt i vedlegget.

Resultater

Bradalsmyra

Innledning

Bradalsmyra er skytefelt og testplass for Raufoss Technology. Området avvannes av Veltmannåa og to mindre bekker som ikke ligger i Veltmannåa's nedbørfelt (Fig.3). Feltet ble tatt i bruk for prøveskyting av ammunisjon i 1918, men det var først i midten av 50-årene at aktiviteten ble mer omfattende. Bruken har i den senere tid endret karakter slik at prøving, kontroll og produktutvikling er hovedaktiviteten i dag. Dette innbefatter en mangesidig aktivitet med potensiell forurensingfare av bl.a tungmetaller. Testskyting av ammunisjon for håndvåpen skjer i et delvis lukket anlegg på fabrikkområdet slik at Bradalsmyra i dag er lite belastet med prosjektiler fra håndvåpen. Undersøkelsene på Bradalsmyra har foregått siden 1991. Det er utgitt tre rapporter som omhandler resultatene fra disse undersøkelsene (Kjellberg & Rognerud 1992, Rognerud 1993, 1994). Fra og med 1993 har undersøkelsene på Bradalsmyra blitt en overvåkningsundersøkelse (4 stasjoner) som rapporteres her.

Resultater

De små bekken (st.7 og 8) som avvanner de østligste områdene (der bl.a bygningsmassene ligger) hadde generelt noe høyere bly-konsentrasjoner enn st.4 i Veltmannåa (Fig.4). Spesielt gjalt dette stasjon 7 (nedstøms hovedstandplass) der verdiene var ca. 6 ganger høyere en referanseverdiene. Kobberverdiene var også høyere ved denne stasjonen slik at vannkvaliteten får klassifikasjonen "mindre god" i denne bekken. Forøvrig var konsentrasjonene ikke spesielt høye og vannkvaliteten kan betegnes som god også i bekken som avvanner miljøtestanlegget (st.8). Liten vannføring gjør at omfanget av forurensning fra hovedstandplass har et beskjedent omfang og i hovedsak er begrenset til til selve skytefeltet's umiddelbare nærhet. Det tidsmessige bilde over disse 4 årene viser relativt stor stabilitet, med unntak av st.7 der økningen av spesielt bly har vært betydelig de siste to årene.

Konklusjon

Det var ingen betydelige endringer i konsentrasjonene av kobber og bly i bekkene som avvanner Bradalsmyra i 1994 i forhold til tidligere år. Vannkvaliteten kan betegnes som god, med unntak av bekken som avvanner hovedstandplass. Vi vil foreslå et en gjør enkle tiltak for å hindre utslipp til denne bekken som er en svært dårlig resipient. Det bør være mulig å komme tilbake til tilstanden i 1992 da vannkvaliteten var langt bedre. Forøvrig ser forholdene til å være under kontroll med hensyn til utslipp av bly og kobber fra Bradalsmyra skytefelt.

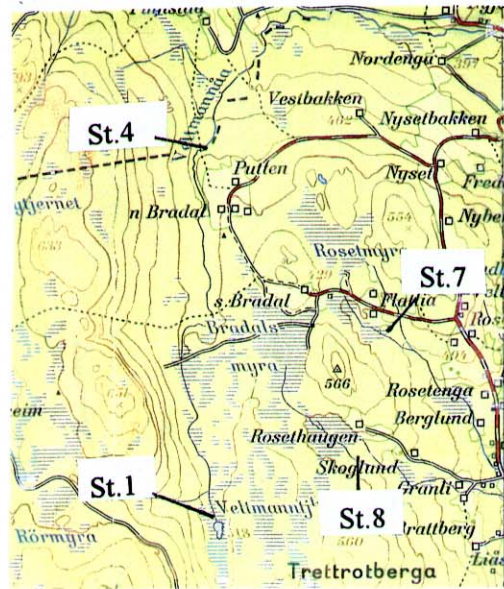
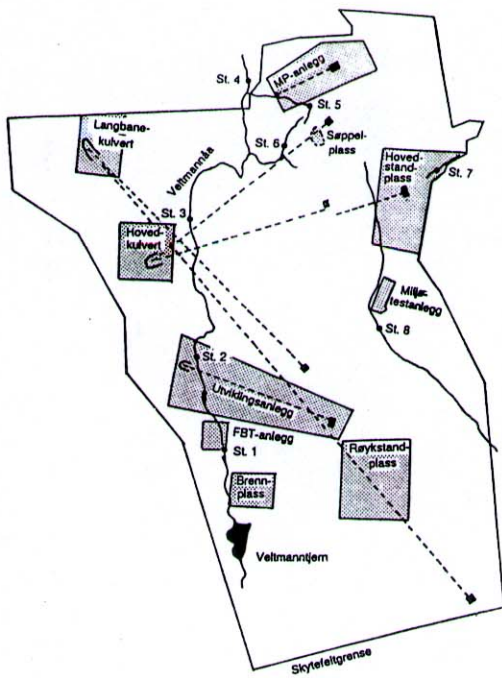


Fig. 3. Prøvetakningstasjoner i Bradalsmyra test- og utviklingsanlegg.

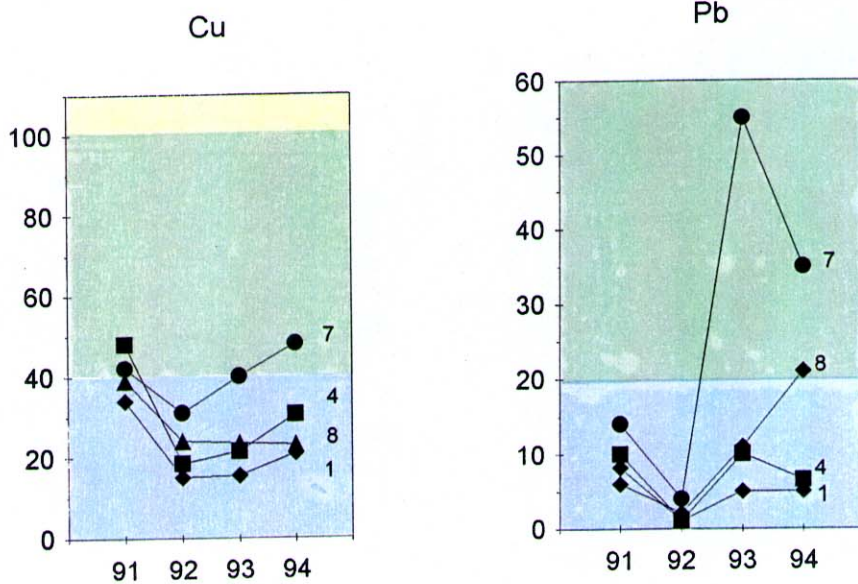


Fig.4. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g TV}$) av kobber og bly på overvåkingstasjonene i Bradalsmyra skytefelt.

Evjemoen

Innledning

Evjemoen er standkvarter for Infanteriets øvningsavdeling nr. 2 (IØ2). Skyte- og øvningsområdet omfatter ca. 9000 mål og er i Forsvarets eie (Fig.5). På bakgrunn av befaringer og orienterende undersøkelser i 1991 ble overvåkingen lagt til bekken som avvanner felttskytebanen og bekken som avvanner kulefangervollene ved Steinsfjellet. Det var disse områdene som hadde de største potensielle forurensningsfarene og de høyeste metallkonsentrasjonene i avrenningsvannet. I tillegg til dette ble konsentrasjonene overvåket i en naturlig voksende mosebestand der Bjoråa renner ut av skytefeltet (Fig.5). Vannkvaliteten i feltet kan karakteriseres som ionefattig, humøs og med svakt sur reaksjon (pH 5,0-6,5). Stedvis er det dumpet kalk i Bjoråa og tilrennende bekker som et ledd i fiskestellstiltak. Dette er en medvirkende årsak til at pH i Bjoråa's nedre deler var nær 6 ved befaringen alle årene. I bekken ved Steinsfjellet varierte pH mellom 5,5 og 6,0 der en høy grad av CO₂ overmetning var en vesentlig årsak til dette (humøst vann). De siste tre årene var deler av sommeren såvidt tørr at vannføringen i både Bjoråa og bekken ved Steinsfjellet var svært liten og vannet var meget humusrikt. Mosene hadde vanskelige levevilkår i disse tørkeperiodene, og mye av de utsatte bestandene strøk med. Likevel var det tilstrekkelig med friske skudd til at analysene kunne utføres etter gjeldende metodikk.

Resultater

Primærdata er gitt i vedlegget. Konsentrasjonene av kobber og bly var høgest i avrenningen fra felttskytebanen, og vannkvaliteten fra dette feltet var mindre god i de tre første årene overvåkingen foregikk (Fig.6). Det var en tendens til synkende verdier for kobber fram til 1993, men i 1994 steg konsentrasjonen betydelig. Bly-konsentrasjonen har steget alle årene undersøkelsen har foregått. Økningen var moderat i starten, men betydelig i 1994. Dette skyldes i hovedsak gravearbeider i feltet, selv om den lave vannføringen i 1994 også kan ha vært en medvirkende årsak. Utviklingen er imidlertid urovekkende og viser at en videre overvåking er påkrevet. Vannet var svært humuspåvirket ved alle observasjonene som ble gjort under feltarbeidet både i 1992, 1993 og 1994. Humus er transportøren for metallene og det er naturlig at utviklingen i den generelle vannkvaliteten med mer humøst vann også har ført til spesielt høyere blyverdier.

Bekken ved Steinsfjellet som avvanner kulefangervollene hadde lavere konsentrasjoner enn bekken fra felttskytebanene alle årene. Det var også en markert økning i konsentrasjonene av bly i denne bekken i 1994. I perioden 1991-93 var imidlertid konsentrasjonene lave og nær de en forventer som naturgitte betingelser. Dette er som ventet da prosjektilene deponeres i losmasser (voller) et stykke fra bekken, og sigevannet må dessuten infiltreres i sandavsetninger før det når bekken. Likevel var verdiene gjennomgående noe høyere enn i Bjoråa. Stikkprover (mose) tatt i Bjoråa i 1991 og 1992 ovenfor skytefeltet ga nær de samme verdier som ved stasjonen ut av feltet. Dette viser at bidraget av forurensninger fra felttskytebanen fortynnes slik at vannkvaliteten i Bjoråa ved angitt stasjon likevel kan beskrives som god. Paralleliteten i utviklingen i konsentrasjonene i Bjoråa og i bekken fra felttskytebanene indikerer likevel at felttskytebanen har innflytelse på vannkvaliteten i Bjoråa også så langt nede som ved utløpet av feltet. Verdiene var likevel innenfor de grenser som er satt for en god vannkvalitet.

Konklusjon

De betydeligste forurensningen av bly og kobber i skytefeltet er i hovedsak knyttet til felttskytebanen. Vannføringen fra dette feltet er imidlertid liten, og påvirkningen i Bjoråa ved utløpet av feltet var beskjedne på grunn av fortykning og sedimentering av partikulære metallforbindelser i Bigtjern. Likevel kan påvirkningen registreres i nedre deler av Bjoråa. Det bør så langt som mulig unngås å grave i felttskytebanen slik at utlekkingen av løste metaller økes. Det er rimelig å anta at mengden av utløste kobber og bly som er bundet til humusstoffer i feltet er betydelig etter mange års bruk. Alle inngrep som vil redusere oppholdstiden av vann i dette feltet vil føre til økt mobilitet av kobber-, og bly-humuskomplekser. Dette vil ha betydning for vassdraget nedstrøms. Bekken som avvanner skytebanevollene ved Steinsfjellet har også vist en tendens til økende bly- og kobber-konsentrasjoner. Det er viktig å overvåke utviklingen i denne bekken.



Fig.5. Overvåkingstasjonene i Evjemoen skytefelt

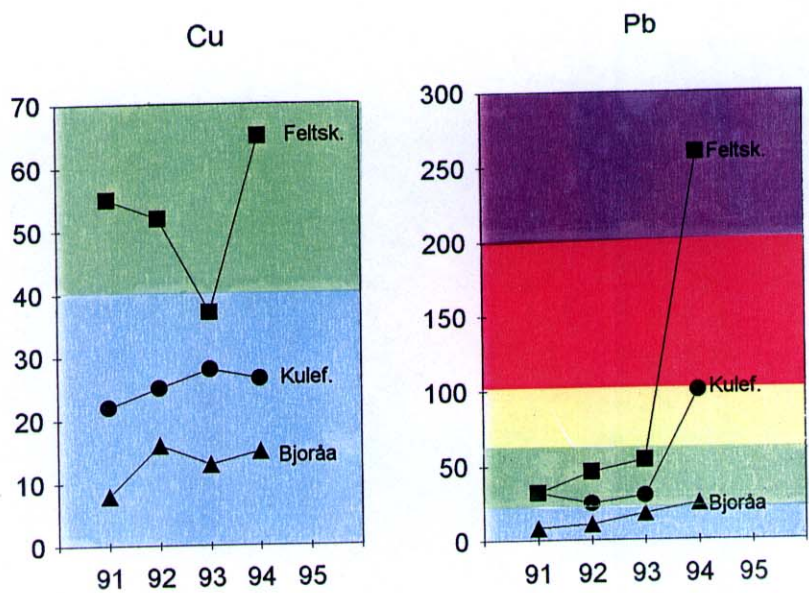


Fig.6. Konsentrasjoner av bly og kobber ($\mu\text{g/g TV}$) i mose på stasjonene i Evjemoen skytefelt.

Steinsjøfeltet

Innledning

Dette feltet er fjernøvningsfelt for avdelinger i det sentrale Østlandsområdet. Feltet er leiet privat område og er i alt på 11300 da. Området ble nøye befart i 1991 og flere orienterende prøver ble analysert. Det viste seg at problemer i forbindelse med avrenning av bly og kobber i hovedsak var knyttet til de østligste feltskytebanene som ligger oppover i Larsmyrdalen og som avvannes av Larsmyrbekken som renner ut i Brenntjern (Fig.7). Vannet i denne bekken var nær nøytralt og relativt lite humuspåvirket. Det er grunn til å anta at dette feltet er en av Forsvarets mest benyttede feltskytebaner. Analysene av vegetasjon på feltskytebanen har vist en betydelig anrikning av bly (Rognerud et al.1992). Det er i hovedsak bly- og kobberholdige prosjektiler fra handvåpen som deponeres i feltet.

Overvåkingen har vist at metall-konsentrasjonene i bekken som avvanner feltskytebanene har vært betydelig. Etter en befaring i feltet sammen med folk fra FBT avd. Hamar, DKØ og skytefelt-administrasjonen den 6/10-94 ble det besluttet at det også skulle tas stikkprøver i bekkene fra bane 5/6, 7/9 18/19 og av sedimentene i Storvatnet for å fastslå konsentrasjonene av aktuelle tungmetaller. Dersom konsentrasjonene var høye vil en også overveie å inkludere disse bekkene i overvåkingen.

Resultater

Primærdata er gitt i vedlegget. Resultatene for sedimentprøvene i Storvatnet er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Analyse av overflate (0-1 cm) og referanse-sediment (22-24 cm) fra dypeste punkt i Storvatnet (18/10-94). Alle konsentrasjoner er gitt i µg/g tørrvekt. K_f = kontamineringsfaktor = overflatekons./ref.kons. Glødetapet var henholdsvis 50% (0-1cm) og 53% (22-24cm).

	Al	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	V	Zn
0-1	37200	5,76	4,96	1,51	5,16	24,8	97,6	24600	0,253	482	16,1	306	4,10	9,31	49,3	227
Ref.	44600	2,91	5,79	0,93	5,10	17,2	12,7	14700	0,057	570	8,55	18,1	0,23	10,7	24,2	127
K_f	0,8	2,0	0,9	1,6	1,0	1,44	7,7	1,7	4,4	0,9	1,9	16,9	17,7	0,9	2,0	1,8

Det var et betydelig påslag av antimon (Sb), bly (Pb) og kobber (Cu) i overflatesedimentet i forhold til referansesedimentene. Analyser av sedimenter fra andre innsjøer i området viser at konsentrasjonene var klart høyere enn de en finner i vann som bare mottar atmosfæriske deponeringer. Det er også disse elementene som er hovedbestanddelene i kulene som deponeres fra skytingen med handvåpen og mitraljøser. Det er derfor klart at utlekkingen av disse metallene fra deponerte prosjektiler i vannet og i nærmiljøet har forurenset Storvatnet. En stikkprøve fra bekken som avvanner innslagsfeltet ovenfor målbanen (bane 9)viste da også relativt høye verdier. (Tabell 3)

Tabell 3. Konsentrasjoner av metaller (µg/l) i bekkene som avvanner ulike baner i Steinsjøfeltet. Stikkprøvene ble innsamlet den 6/10-94.

	Pb	Cu	Cd
Mitr. og liten PV bane (Bane 5/6)	9,5	13,3	0,05
Stor PV og kortholdsbane (Bane 7/9)	37,8	77,0	0,13
Feltskytebanene i Larsmyrdalen (2/3)	10,7	18,9	0,12
Feltskytebaner vest (bane 18/19)	0,23	3,2	0,14

Stikkprøvene viser at bekkene ved Storvatnet og Larsmyrbekken var klart forurenset av bly og kobber, mens konsentrasjonene av kadmium var nær de naturgitte. Konsentrasjonene i bekken fra feltskytebaner vest var nær de naturgitte verdiene. Stor fortykning fra vann som tilkommer utenfra og infiltrasjon i store losmasser er årsaken til disse lave verdiene. Resultatene er i god overenstemmelse med resultatene fra den årlige overvåkingen.

Resultatene fra overvåkningsundersøkelsen er vist i Fig.8. Alle referanseprøver i området viste lave

verdier og god vannkvalitet. I Larsmyrbekken har konsentrasjonene av kobber økt fra 1991 og er betydelig høyere i dag (ca. 18 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene). Utviklingen av blykonsentrasjonen i bekken er enda mer dramatisk. I 1994 var verdiene ca. 10 ganger høyere enn de som ble målt i 1991 og ca. 140 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene. En vesentlig del av dette bly forventes å sedimentere i Brenntjern. Fra og med 1993 ble en stasjon også lagt til utløpsbekken fra tjernet (st.1a). Konsentrasjonene viste en økning fra 1993 til 1994 slik som også ble observert i Larsmyrbekken. Dette betyr at til tross for sedimentasjonen i tjernet har også vannet som renner ut forhøyede verdier av bly og kobber. Konsentrasjonene i Larsmyrbekken er så høye at det er store sjanser for gifteffekter på akvatiske organismer. Det ble også eksponert moser lenger opp i Larsmyrbekken som viste konsentrasjoner på samme nivå som i innløpet til Brenntjern. På bakgrunn av kriterier for metaller i vann må vannkvaliteten i Larsmyrbekken betegnes som meget dårlig og i utløpet fra tjernet som dårlig.

Konklusjon

Konsentrasjonene øker, spesielt for bly, i Larsmyrbekken som avvanner feltskytebanene. Konsentrasjonene er så høye at gifteffekter må forventes på akvatiske organismer. Årsaker til denne bekymringsfulle utviklingen er antagelig de gravearbeider som er utført i feltet. Humus-metall komplekser vil mobiliseres og renne ut i bekken dersom en roter opp i humus- og jordsjiktet som inneholder deponerte prosjektiler. Humusstoffene virker som transportoren for metallene og siden kan disse frigjøres eller inngå i næringskjeden hvis forholdene ligger tilrette. Det bør derfor vurderes å gjøre tiltak for å stanse denne utviklingen.

Stikkprøvene viser at bekkene ved Storvatnet og Larsmyrbekken var klart forurenset av bly og kobber, mens konsentrasjonene av kadmium var nær de naturgitte verdier. Sedimentene i Storvatnet var klart forurenset av antimon, bly og kobber dvs de samme elementene som er hovedbestanddelene i prosjektilene. Konsentrasjonene i bekken fra feltskytebaner vest var nær de naturgitte verdiene. Stor fortykning fra vann som tilkommer utenfra og infiltrasjon i store løsmasser er årsaken til disse lave verdiene. Resultatene er i god overenstemmelse med resultatene fra den årlige overvåkingen.

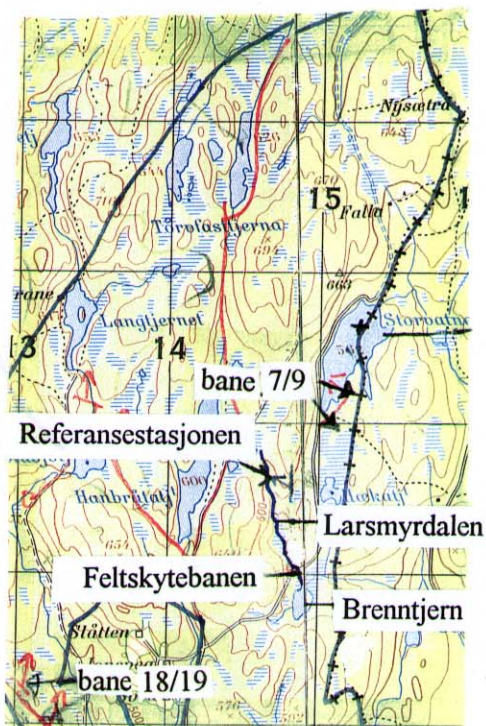


Fig.7. Lokalisering av stasjonene i Steinsjøfeltet

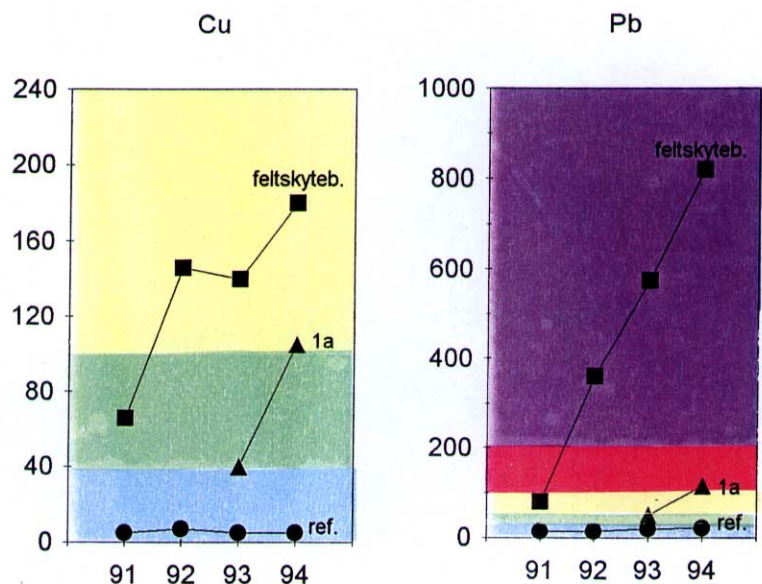


Fig.8. Konsentrasjoner av bly og kobber (µg/gTV).

Terningmoen

Innledning

Terningmoen skytefelt er Forsvarets eldste skytefelt som fortsatt er i bruk. Området har noen av landets mest benyttede skytebaner. Det skytes med handvåpen, raketter, granater og bombekastere. Hovedaktiviteten foregår i et skogsområde som avvannes av flere mindre bekker som renner ut i Terninga. Overvåkningsundersøkelsen omfatter to stasjoner i Terninga og tre stasjoner i de viktigste bekkensystemene (Fig.9). Terningmoen skytefelt har tidligere vært undersøkt mer inngående både i 1990 og i 1992. I disse undersøkelsene ble det avklart at bly, kobber, sink og jern fra skytefeltet forurenset bekkene som avvannet de mest benyttede feltskytebanene. Konsentrasjonsøkningene var imidlertid moderate og ingen skadeeffekter ble registrert på det akvatiske plante- og dyrelivet i Terninga.

Resultater

Konsentrasjonene i bekkene var gjennomgående noe høyere enn i Terninga, og vannkvaliteten kan betegnes som god til mindre god (Fig. 10). Konsentrasjonene i bekkene svinger en del fra år til år, sannsynligvis på grunn av store variasjoner i vannføringen. Det var imidlertid samme mønsteret i svigningene for både bekkene og stasjonene i Terninga. Vannkvaliteten i Terninga kan betegnes som god også etter at bekken har kommet til (T.2). Vi ser at påslaget i konsentrasjon av kobber mellom T1 og T2 var størst i 1991 og 1994, da også konsentrasjonene i bekkene var høgest. I 1993 var påslaget ubetydelig, og konsentrasjonene i bekkene var også nær bakgrunnsverdiene. Det er med andre ord en meget god overenstemmelse mellom resultatet fra bekkene og målingene i Terninga. Dette viser at denne overvåkningsmetoden også kan fange opp meget små endringer i konsentrasjonene i eventuelle sidebekker av mindre størrelse. Konsentrasjonene av bly økte i bekkene fra 1991 til 1993, men sank noe i 1994. Dette stemmer meget bra med mønsteret i økningen i Terningåa fra T 1 til T 2.

Konklusjon

Det har vært klare år til år variasjoner i konsentrasjonene av bly og kobber i bekkene som avvanner feltskytebanene. Totalt sett har effektene på vannkvaliteten i Terninga vært liten selv om bekkene bidrar til en økning av konsentrasjonene i Terninga. Forurensningene fra feltskytebanene er derfor et lokalt problem som kun har hatt betydning i de lokale bekkene. Vannkvaliteten i Terninga nedstrøms skytefeltet var god til mindre god og ikke nevneverdig preget av avrenningen fra feltskytebanene.

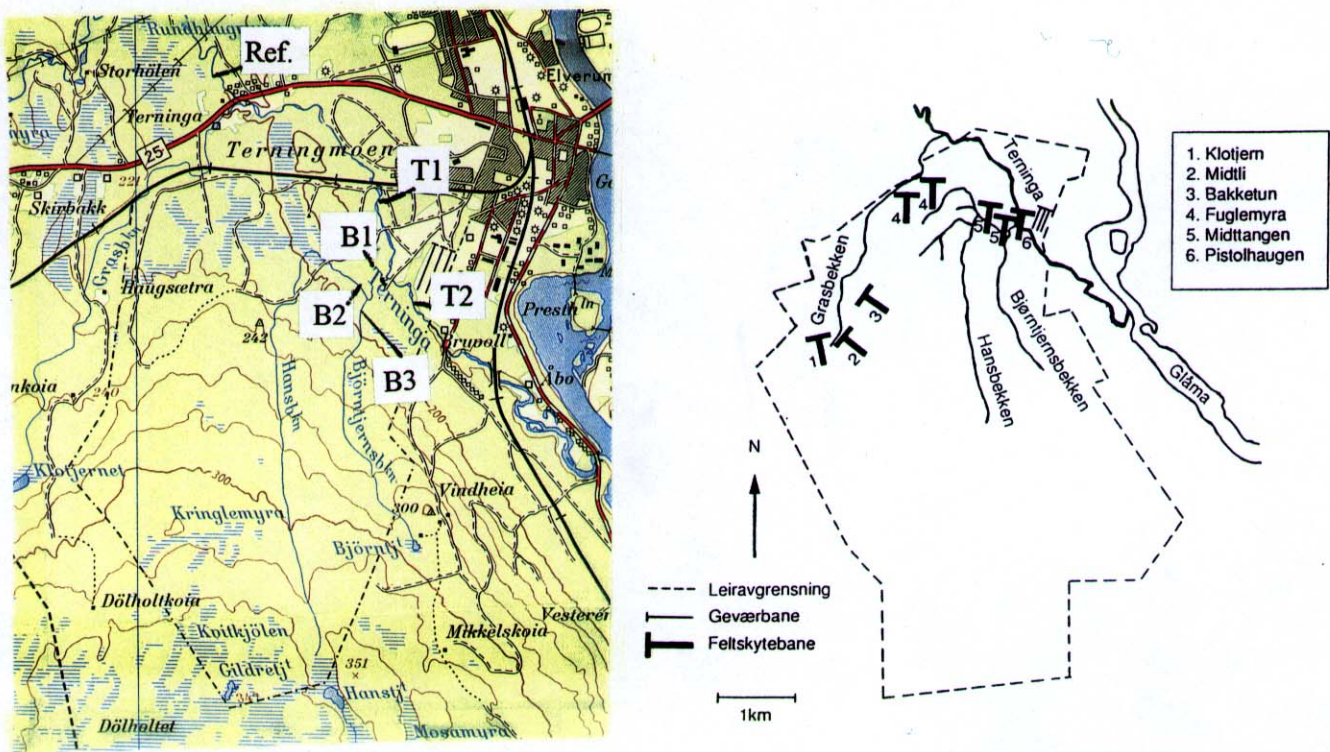
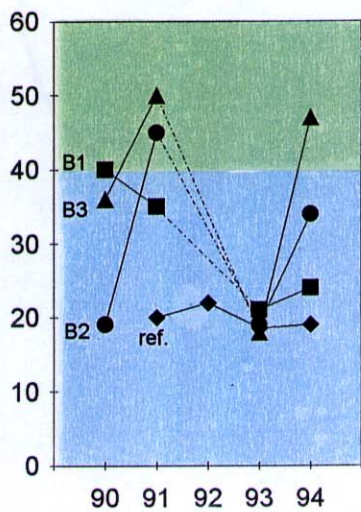
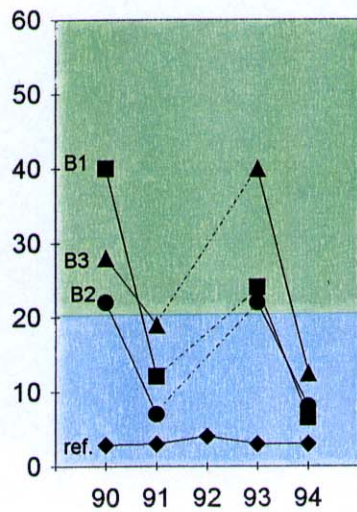


Fig.9. Oversikt over beliggenhet av baner og stasjoner Terningmoen skytefelt

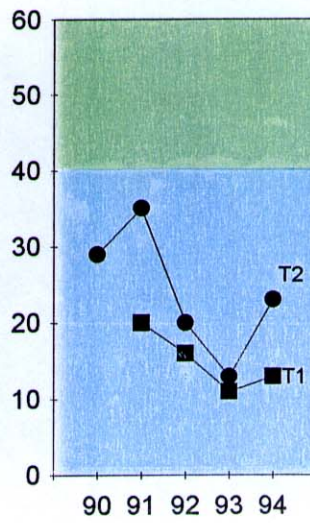
Cu bekker



Pb bekker



Cu



Pb

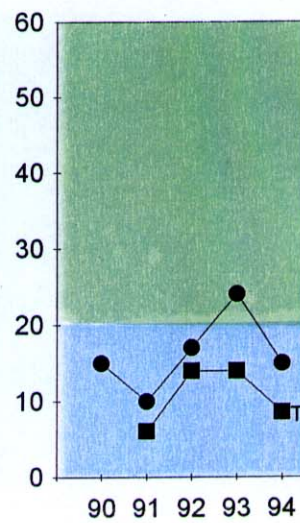


Fig.10. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g TV}$) av tungmetaller i moser fra bekker i Terningmoen skytefelt.

Leksdal skytefelt

Innledning

Dette feltet er et av Forsvarets eldre felt (1890 årene) og ble opprettet først og fremst for å betjene Rinnleiret og Værnes ekserserplasser. Feltet forvaltes i dag av FDI 12/IR 12 som har sitt standkvarter i Trondheim. Det er etablert en fast skytefeltadministrasjon med fast ansatt personale. Slik skytefeltet fremstår i dag dekker det alle aktuelle behov for infanterivåpen inklusive PV-våpen og bombekastere. I alt er det bygget eller planlagt bygget 25 baner i Leksdal. Etter omleggingen av Luftforsvarets rekrutt-utdanning er i dag Værnes flystasjon en av feltets største brukere. I tillegg benyttes feltet av BSIT (ca 100 elever), Luftkrigsskolen, HV og garnisonerende avdelinger i Trondheim, samt i forbindelse med repetisjonsøvelser. Vår kontaktsmann i feltet har vært Lt. Bjarte A. Sundal. En enkel oversikt over feltet med overvåkingstasjoner innlagt er vist i Fig. 11.

Resultater.

Konsentrasjonene på målestasjonene nedstrøms banene (st.3, 4 og 5) var noe høyere enn verdiene på referanse-stasjonene (st.1 og 2). Vannkvaliteten må likevel betegnes som god (Fig. 12). Utløsningen av metaller i dette feltet synes derfor i utgangspunktet å være beskjeden. Dette skyldes sannsynligvis et godt buffringsnivå og relativt kalkrikt jordsmønn som binder bly og kobber relativt godt. Humuspåvirkningen er også relativt beskjeden, slik at betydningen av humus som metall-transportør blir beskjeden. Bekkene hadde også en god vannføring og det er rimelig å anta at innblandingen av "ukontaminert" vann fra nedborfeltet utenfor nedslagsfeltet fortynner konsentrasjonene i avrenningen fra banene.

Konklusjon

Bekkene fra skytefeltet var noe anriket på bly og kobber som følge av utløsning fra deponerte prosjektiler. Konsentrasjonsøkningene over de naturgitte forhold var imidlertid beskjedne og vannkvaliteten i bekken ut fra feltet må betegnes som god. Vi vurderer sjansen for at de årlige variasjoner i vannkvaliteten skal endres nevneverdig fra dette bildet som relativt liten. Vi vil derfor anbefale at dette feltet ikke overvåkes årlig, men undersøkes igjen om eksempelvis 5-8 år.

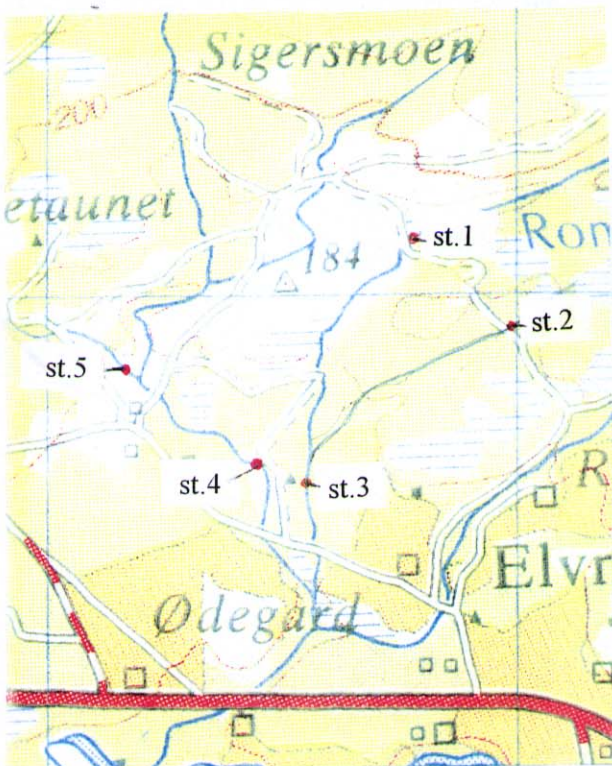


Fig. 11. Stasjonsplassering i Leksdal skytefelt

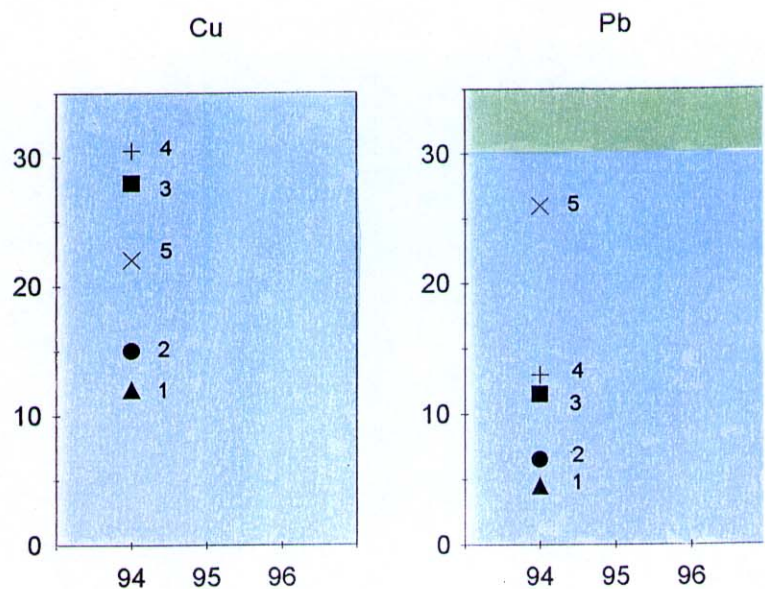


Fig. 12. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g TV}$) i mose i Leksdal

Mauken

Innledning

Skjold-området ble i likhet med de fleste tettsteder i Troms nytt til forlegning av tyske avdelinger under siste krig. Oppbygging av området til bruk for norske avdelinger fant sted i forbindelse med opprettelsen av Brigaden i Nord-Norge (BrigN). Helt fra etableringen i 1954 har området vært standkvarter for en infanteribataljon og ingeniørkompaniet, senere Ingeniørbataljon (Ingbn/N). I tillegg er nå også en oppklarings-eskadron forlagt i området. Skyte- og øvingsfeltet, som ligger på Mauken nord for Skjold er idag på ca 52000 da. Det har vært arbeidet med spørsmål om å binde Mauken skyte/øvingsfelt sammen med Blåtindfeltet. Overvåknings-undersøkelsen ble gjennomført i 4 delnedbørfelter og på totalt 7 stasjoner (Fig.13).

Resultater

Primærdata for overvåkningsperioden er gitt i vedlegget. Konsentrasjonene av bly og kobber har vært relativt stabile i overvåkningsperioden med unntak av verdiene for bly på st.3 (foran selvanviserene) og st.6 som økte betydelig i 1993 (Fig.14). Økningen fortsatte på stasjon 3 i 1994, mens konsentrasjonene ved st.6 gikk tilbake til verdier nær de som ble registrert ved starten av overvåkingen. I forhold til referanseverdiene var det et påslag i konsentrasjonene for kobber på de fleste stasjonene, sjøl om økningen var relativt moderat. Unntaket var bane 10 (st.4) og bane 17 (st.5) der ingen forurensning ble registrert. Dette er forståelig da disse banene i liten utstrekning benyttes til skyting med handvåpen. For de andre banene kan vi si at vannkvaliteten kan karakteriseres som mindre god. Det ble registrert spesielt høge blyverdier i avrenningen gjennom grøfta foran selvanviserene (st.3). Dette er rimelig da kulene blir sterkt deformert og delvis splintret ved anslag mot selvanviseren og følgelig lett tilgjengelig for korrosjon. Den relativt store vannføringen i de viktigste bekken ut fra skytefeltet gjør at forurensningene fra de mest belastede delene av feltet blir fortynnet såvidt mye at forurensningseffekter utenfor feltet er usannsynlig.

Konklusjon

Bekkene i skytefeltet på Mauken tilføres lokale forurensninger av bly og kobber som følge av skyting spesielt med handvåpen. Vannkvaliteten i bekkene fra de mest belastede banene kan generelt klassifiseres som nokså dårlig. På grunn av stor fortynning er det likevel ikke registrert forurensningseffekter i bekkene som renner ut av skytefeltet. Bruk av selvanvisere øker korrosjonshastighet og utlekkningen av metaller betydelig på grunn av deformeringen og delvis oppsplitting av prosjektilene. Plassering av slike i nær tilknytning til bekker bør unngås.

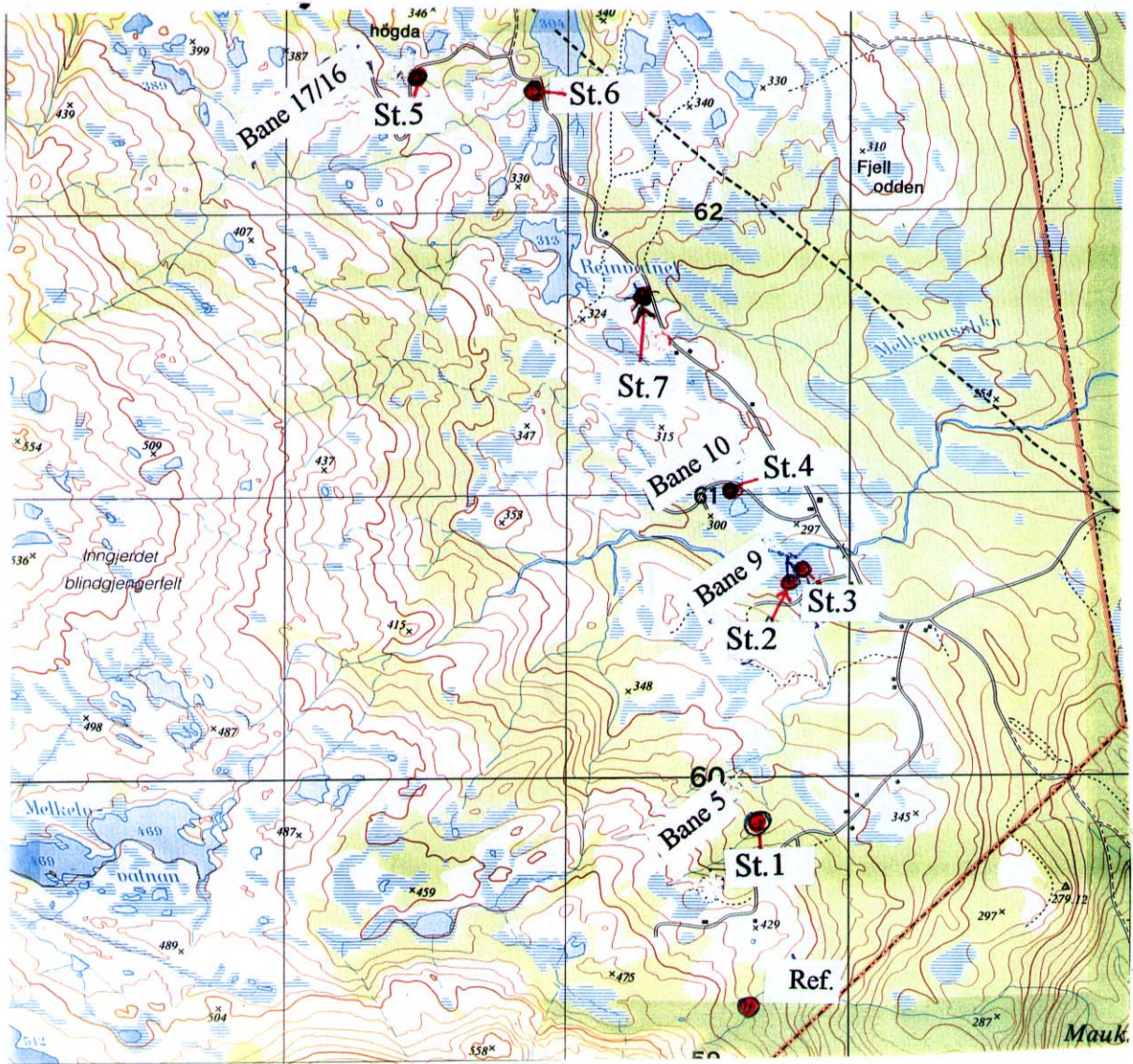


Fig.13. Stasjonsplassering i Mauken skytefelt

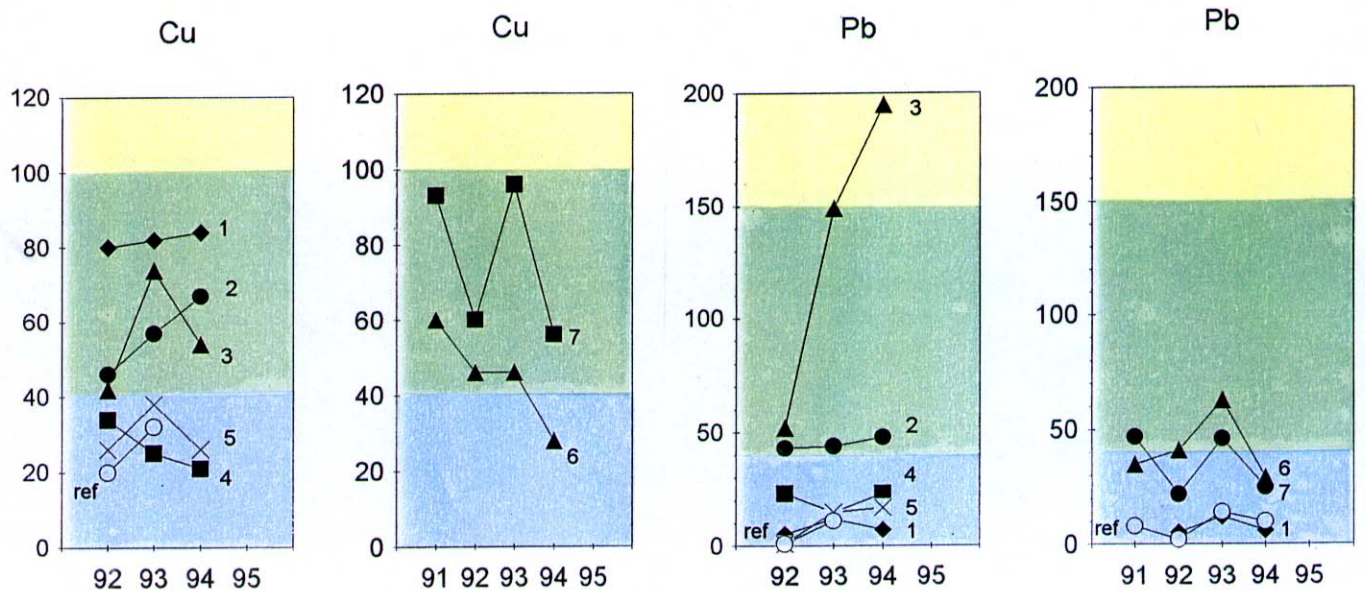


Fig.14. Konsentrasjoner($\mu\text{g/g TV}$) i mose på stasjonene i Mauken skytefelt

Porsangermoen

Innledning

Området Lakselv/Banak/Skoganvarre var, før den tyske tilbaketrekning fra Finnmark i 1944, forlegningsområde for sentrale deler av en tysk divisjonskommando. Ved tilbaketrekning fra Finland ble store deler av de tyske styrker dirigert til området. I den første tiden etter frigjøringen ble de norske styrker etablert i Skoganvarre øst for Porsangermoen. Garnisonstedet Porsangermoen er blitt kontinuerlig utbygd fra 1950. I hovedsak skjedde de store utbyggingene i perioden 1969-78. I tillegg er tildels store utbygginger gjennomført i de siste årene. På det meste er en bataljonsgruppe med infanteribataljon, ett middelstungt feltartilleribatteri, stridsvogntropp og luftvern timer vært forlagt i området. Området er mye benyttet som repetisjons senter. Porsangermoen og Halkavarre skyte- og øvningsfelt er et av Forsvarets største felter på ialt 318000 da. Området er i sin helhet Statens grunn.

Undersøkelsene i 1991 viste at Porsangermoen skytefelt hadde naturlig stor variasjon i de geokjemiske konsentrasjonene av kobber. Spesielt høge konsentrasjoner var det i områdene oppstrøms Yngelvatn noe som ble dokumentert ved sedimentundersøkelsene i tjernene. Det finnes flere gamle kobberskjerp i området. Lokaliseringen av prøvetaknings-stasjonene er vist i Fig.15.

Resultater

Primærdata for overvåkningsperioden er gitt i vedlegget. Det var generelt små endringer i konsentrasjonene fra 1992 til 1993 med unntak av bly-verdiene i Andersbekken (st.1) som var høge (også i parallell-prøven) i 1993 uvisst av hvilken grunn (Fig.16). I 1994 var imidlertid verdiene tilbake til 1992 nivå. I 1994 var blyverdiene relativt høge ut av Yngelvatn (st.6) noe som må ses i sammenheng med bruken av stridsløypa. Kjøring i løypa økte erosjonen betydelig spesielt i de regnrrike periodene. Som en følge av dette var Yngelvatnet sterkt humuspreget i perioder (Kurt Dale personlig meddelelse) Generelt må vannkvaliteten betegnes som god ved alle stasjonene nedstrøms Gjeddevatn, mens den var mindre god oppstrøms. Dette sistnevnte skyldes ikke avrenning fra korroderte prosjektiler, men de geologiske formasjoner som har et naturlig høgt kobberinnhold. Feltet har kalkholdig berggrunn som bl.a betinger basiske pH-verdier i avrenningsvannet (Andersbekken). Dette forholdet bidrar i vesentlig grad til den lave utlekkingen av metaller fra korroderte prosjektiler. De naturgitte forhold er derfor av en slik karakter at betydningen av korroderte prosjektiler er ubetydelig for vannkvaliteten og økosystemet i Andersbekken som avvanner hele feltet. Hvorfor blyverdiene var såvidt høge i Andersbekken i 1993 er det vanskelig å ha noen formening om, men bekken fungerer som resipient for leiområdet og år til år variasjoner kan forventes.

Konklusjon

Det var ubetydelige forurensninger av bly og kobber fra korroderte prosjektiler i Porsangermoen skytefelt, med unntak av utløpet av Yngelvatnet. Det er bruken av stridsløypa og erosjon av humuspartikler fra denne som var årsaken til de høge blyverdiene i utløpet av Yngelvatnet. Forøvrig bidrar de naturgitte forhold (velbufret jordsmonn) til å redusere utlekkingen av metaller fra korroderte prosjektiler. De naturlig høge kobberverdiene i øvre del av feltet gjør at også konsentrasjonen av kobber i vannet naturlig var høgere enn vanlig. Gifteffekter av tungmetaller på det akvatiske økosystemet som følge av skyting med handvåpen i feltet er derfor lite sannsynlig.

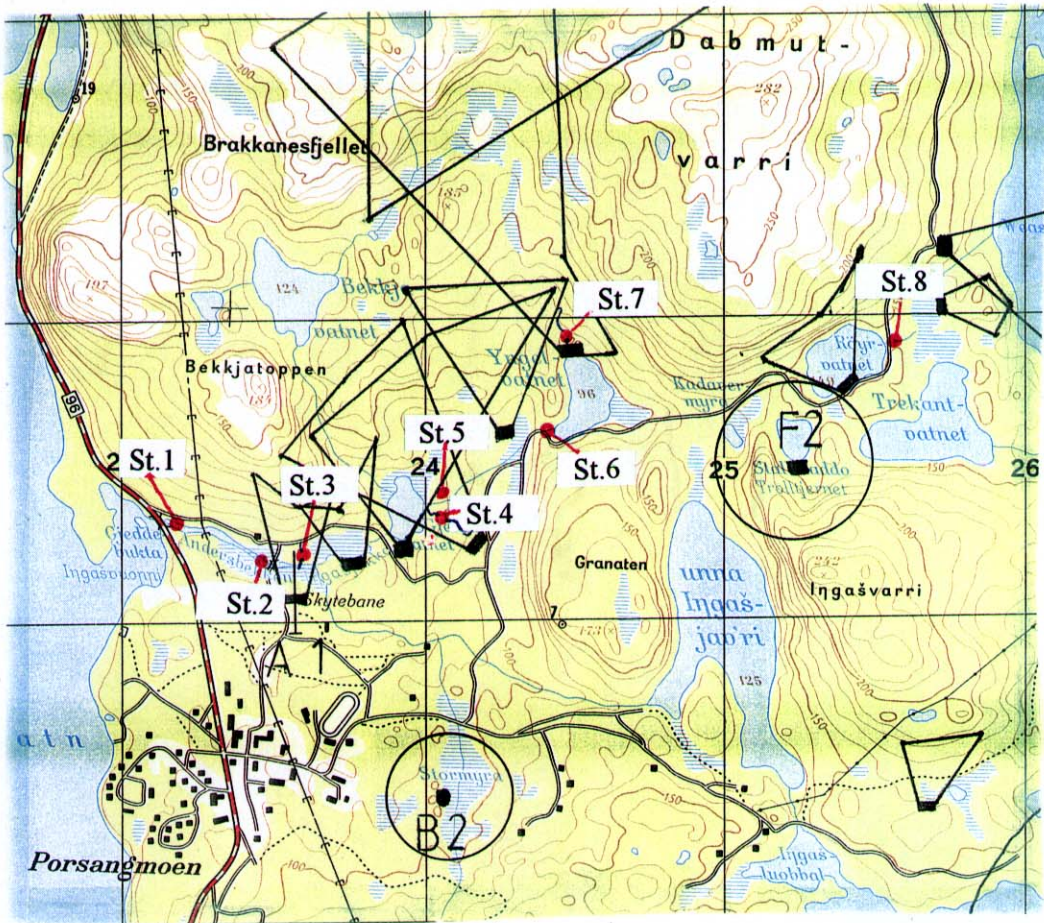


Fig.15. Prøvetakningstasjoner i Porsangermoen skytefelt.

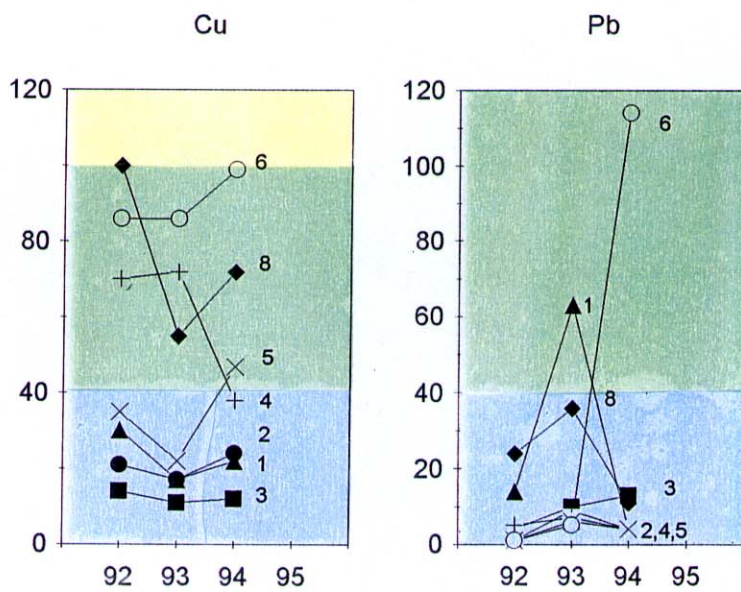


Fig.16. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g TV}$) i mose i Porsangermoen skytefelt.

Lærdalfeltet

Innledning

Demoleringsfeltet i Lærdal ligger i Øyridalen og avvannes av elva Nivla (Fig.17). Feltet ble tatt i bruk som sprengningsfelt i 1977. Vi har gjort akkumuleringsforsøk med utsatte vannmoser ovenfor sprengningsfeltet (st.1) like nedenfor (st.2) og nedenfor skytebanen (st.3). Hærens Forsyningskommando, Laboratorieavdelingen har undersøkt metallinnhold i vann ved enkelte anledninger samt metallinnhold i jord. I vannprøvene ble det funnet tildels meget høye metallkonsentrasjoner, men dette gjalt også referanseprøvene utenfor demoleringsfeltet.

Resultater

Moseprøvene ble eksponert på de aktuelle stasjonene nesten hele den isfrie perioden i 1993 og 1994. Resultatene skulle derfor være representative for konsentrasjonene av de aktuelle metaller i denne perioden. Det viste seg at det var relativt små forskjeller mellom stasjonene 1 og 3, men det ble registrert en klar økning nedstrøms demoleringsfeltet (st.2, Fig.18). Det var også en klar økning fra 1993 til 1994 på stasjon 2. Årsakene til dette er vanskelig å ha noen klar formening om, men den tørre sommeren kan ha ført til en mindre fortykning av avrenningsvannet fra demoleringsfeltet. Det er likevel verd å merke seg at ved stasjon 3 var verdiene både for kobber og bly nær de som ble observert ved stasjon 1. Dette skyldes fortykningen av tilkommende sidevassdrag. Forøvrig var konsentrasjonene av kobber og bly noe høyere enn det som er vanlig i "uforurensede" vassdrag i Sør-Norge.

Konklusjon

Jordprøvene har vist anrikning på bly i demoleringsfeltet, mens intet mønster ble registrert for kobber. Dette stemmer bra med våre observasjoner (fig 18). Kobberv verdiene var høyere enn normalt, men det var også referansestasjonen oppstrøms demoleringsplassen. Det er med andre ord naturlige geokjemiske årsaker til dette, og de høye verdiene har ingen ting med demoleringen å gjøre. For bly (og kobber i 1994) registrerte vi et lite påslag på stasjonen like nedenfor demoleringsplassen (st 2), som må være forårsaket av korroderte prosjektilrester e.l. Dette er i overensstemmelse med jordanalyser i området. På grunn av fortykningen fra vann bl.a. fra Øydalsfossen var verdiene nede på nær referanseverdier ved stasjon 3. Resultatene i 1993 for sink og nikkel viste lave verdier og ingen forurensning fra demoleringsplassen. Det ble ikke målt forurensningseffekter som følge av utlekking av metaller fra demoleringsfeltet nedstrøms st.3. Dette fordi mengdene var så små at de ble effektivt fortyknet ved tilkommende bekker.

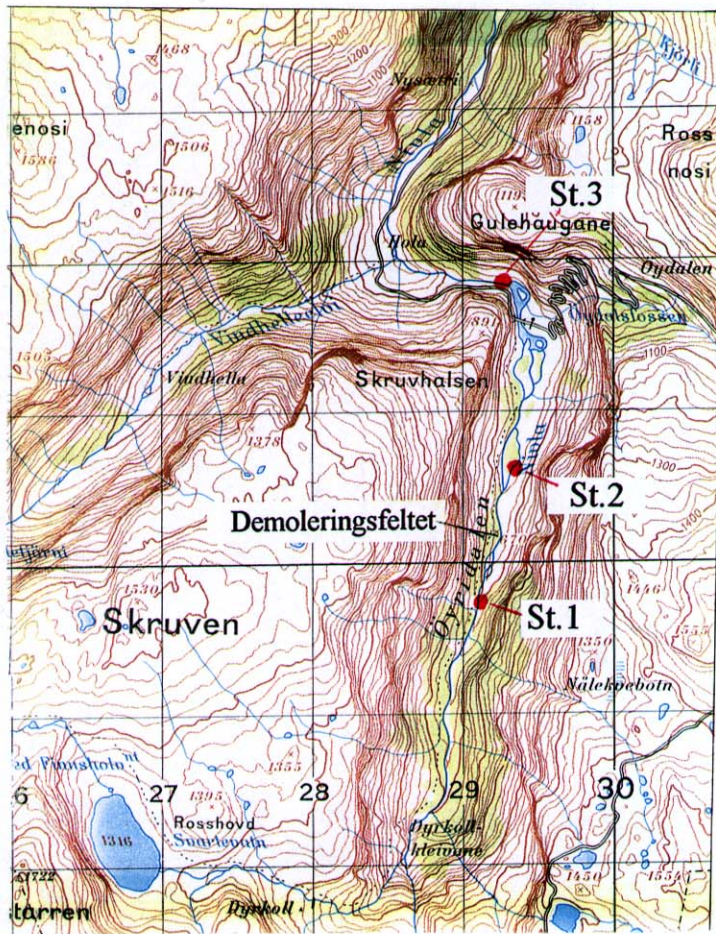


Fig.17. Prøvetakingstasjonene i Nivla som avvanner demoleringsfeltet i Lærdal.

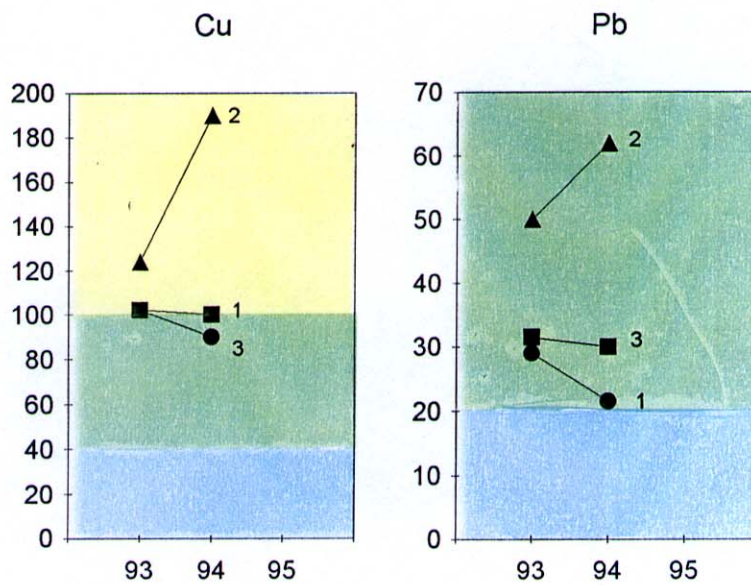


Fig.18. Konsentrasjonene ($\mu\text{g/g TV}$) i mose i Nivla som avvanner demoleringsfeltet i Lærdal.

Sammenfattende diskusjon

Hovedhensikten med den årlige overvåkningsundersøkelsen som ble startet opp i 1992 er å klarlegge år til år variasjoner i konsentrasjoner av bly og kobber i avrenningen fra skytefelt der naturgrunnlaget kan være svært ulikt. Målinger over lengre tid vil også gi informasjon om det er klare økninger i transportene over tid som følge av at de deponerte mengdene øker.

Prøveinnsamling har lokale kontaktpersoner (oftest miljøoffiserer) stått for etter en detaljert instruks. Dette har fungert meget tilfredstillende. Datasettet på sammenhengen mellom bly- og kobberkonsentrasjoner i vann og mose i de ulike miljø og vannkvaliteter har etterhvert blitt meget godt underbygget. Dette gjelder spesielt etter 1994 sesongen da nye metoder med langt lavere deteksjonsgrenser ble tatt i bruk. Dette sammen med god basiskunnskap om feltene har gjort at overvåkingen av metallkonsentrasjonene i avrenningen fra feltene er meget effektiv og kostnadsbesparende.

Erfaringer fra undersøkelsen i 1991 viste at når det gjelder metallavrenning fra skytefelt så er kulefangervoller og feltskytebaner hovedproblemet. Overvåkingen ble derfor i fortsettelsen lagt til slike områder i noen av de mest benyttede skytefeltene i landet. Målestasjonene ble med hensikt lagt så nær kilden som mulig for at avrenningsvannet ikke skulle bli for mye fortynt av tilkommende bekker og grunnvannstilsig fra uberørte områder og at opptak i biota og bekkesedimenter ikke skulle redusere vannkonsentrasjonene for mye. Ved å studere situasjonen ved slike antatt "verste steder" vil vi få et statistisk bedre datamateriale på mengdene som løses ut. En medvirkende årsak til dette er at verdiene som regel vil være betydelig høyere enn deteksjonsgrensen for metallene. Det ble imidlertid også lagt noen stasjoner et stykke nedstrøms deponiene for å vurdere betydningen av metallforurensningene utenfor skytefeltet. I overvåkingsperioden ble det ikke registrert betydelige forurensningseffekter i bekkene når de renner ut av skytefeltenes grenser. Mange av skytefeltene er relativt store og det er dermed ikke sagt at dette forurensningsaspektet har et lite omfang, men at problemet i hovedsak forblir innen feltet. Betydningen for andre brukerinteresser utenfor feltene er derfor relativt beskjeden.

Resultatene fra undersøkelsene i 1993 og 1994 har ytterligere demonstrert at det er feltskytebanene som det er knyttet de største forurensningsproblemene til. Selv om det ikke er store mengder som årlig transporteres ut fra disse feltene (<5 kg pr.år beregnet på data i fra 1992, Rognerud 1993) så kan konsentrasjonene tidvis bli høye på grunn av liten vannføring og erosjonsproblemer knyttet til graving, kjøring etc. i feltene. Det må regnes med gifteffekter på akvatiske organismer i de mest forurensede bekkene. Mengdene som renner av utgjør mindre enn 1% av den årlige deponeringen av bly og kobber i form av prosjektiler. Dette betyr at vi kan regne med at praktisk alt av bly og kobber som deponeres i skytefeltene forblir der og at mengdene fortsetter å øke hvert år. De metaller som løses ved korrosjon bindes til jordsmonnet, og svært lite renner av til bekker og grunnvann i alle fall som løste ioner. De største lekkasjene finner sted fra feltskytebaner som er anlagt på myr og der det generelt er lite kalk i jordsmonn og berggrunn (surt avrenningsvann). Dette gjelder i hovedsak feltene i Sør-Norge. I feltene i Nord-Norge, der det skytes betydelige mengder årlig, er lekkasjen liten hovedsakelig på grunn av et kalkrikt jordsmonn med svakt alkalisk avrenningsvann. I enkelte av feltene f.eks. Steinsjøfeltet og på Evjemoen har det vært en tendens til økende konsentrasjoner. Vi mener dette skyldes graving i feltskytebanene som øker transporten betydelig. Vi vil derfor understreke betydningen av å holde en overvåking gående og at gravevirksomhet i feltene/flytting av masser kan få svært uheldige konsekvenser for akvatiske organismer.

Litteraturliste

- Bengtsson, Å & Lithner, G. 1981. Vattenmossa (*Fontinalis*) som metare på metallforurening. Statens Naturvårdsverk, PM 1391.
- Berryman, D. 1990. Selection de nouveaux indicateurs de la qualite des cours d'eau du Quebec. Ministry of Environment Quebec EN 900 140 QE/67/1, 77 p.
- Descy, J. P. & Empain, A. 1981. Inventaire de la qualite des eaux courantes en Wallonie. Univ. of Liege, Department of Botany.
- Kelly, M. G., Gipton, C. & Whitton B. A. 1987. Use of moss-bags for monitoring heavy metals in rivers. *Water Resource* Vol. 21, No. 11, 1429-1435.
- Kjellberg, G & Boye, B. 1992. Vannforurensing fra skytefelt. Delprosjekt 2. Forurensningsgrad av tungmetaller fra Terningmoen skytefelt vurdert ut fra ulike målemetoder. NIVA-rapport. L.nr.2700
- Kjellberg, G. 1991. Tiltaksorientert overvåkning av øvre del av Glåma i 1990. NIVA-rapport L.nr. 2644.
- Kjellberg, G. 1994. Biologisk befaringsundersøkelse av Hunnselva i 1993. NIVA-rapport i trykk.
- Kjellberg, G. 1994. Tiltaksorientert overvåkning av Trysilelva. Generell vurdering av forurensningsgrad basert på kjemiske og biologiske forhold 1992. NIVA-rapport L.nr. 2983.
- Kjellberg, G. 1988. Vannforurensing fra skytefelt. Delprosjekt 1. Forprosjekt vedrørende eventuelle vannforurensing fra demolering av ammunisjon ved Hjerkinnskytefelt 1986-87. NIVA-rapport L.nr. 2183. 36s.
- Lithner, G. 1989. Bedømningsgrunder for sjoar och vattendrag. Bakgrunnsdokument 2. Metaller. Naturvårdsverket. Rapport nr. 3628. 80s.
- Monteiro, H.M.V., Goncalves, E. P. & Boaventura, R. 1989. International Symposium on Integrated Approches to Water Pollution Problems, SISSIPA, Lisboa Portugal 19-23 juni 1983.III 463
- Mouvet, C., Morhain, E. Sutter, C. & Couturieux, N. 1993. Aquatic mosses for the detection and follow-up of accidental discharges in surface waters. *Water Air, and Soil Pollution* 66: 333-348.
- Rognerud, S. & Boye, B. 1992. Vannforurensing fra skytefelt. Del 3. Forurensing av aktuelle tungmetaller fra 10 av Forsvarets skytefelt. NIVA-rapport. L.nr. 2699.
- Rognerud, S. & Fjeld, E. 1993. Regional survey of heavy metals in lake sediments in Norway. *Ambio* Vol 22, No. 4. 206-212
- Rognerud, S. 1993. Vannforurensning fra skytefelt. Overvåkning av kobber og bly i 1992. NIVA-rapport L.nr. 2884.
- Rognerud, S. 1994. Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. resultater fra 3-års overvåkning. NIVA-rapport L.nr. 3076.
- Rognerud, S. 1994. Basisundersøkelse av vannkvaliteten på Rodsmoen i 1993. NIVA rapport. L.nr. 3021.21s.
- Rognerud, S. Kjellberg, G. & Ingebrigtsen, K. 1993. Overvåkning av tungmetaller og klorerte

hydrokarboner fra Terningmoen skytefelt i 1992, inklusive to eldre søppelplasser. NIVA-rapport L.nr. 2882.

Rognerud, S., Kjellberg, G. & Boye, B. 1991. Vannforurensing fra skytefelt. Delprosjekt 1. Generell vurdering av bevegelighet og giftighet av tungmetaller som deponeres i militære skytefelt. NIVA-rapport. L.nr.2668.

Rognerud, S., Kjellberg, G. & Boye, B. 1992. Water pollution of heavy metals from military firing ranges in Norway. Manuscript prepared to the Conference on Environmentally Sound Life Cycle Planning of Military Facilities and Training Areas. Dombås 23-25 september 1992.

Selinus, O. 1988. Geochemistry and health, Ian Thornton (ed.) Science Reviews Limited, Northwood, U.K. pp 13-19.

Smith, S.C. 1986. Base metals and mercury in bryophytes and stream sediments from a geological reconnaissance survey of Chandalar Quadrangle, Alaska. Journal of Geochemical Exploration 25. 345-365.

Vedlegg

Tabell I. Primærdata over konsentrasjoner ($\mu\text{g/g TV}$) i mose for de ulike eksponeringsperioder i 1994.

	1994	1994	1994	1994	Midd.	1994	1994	1994	1994	Midd.
Lok.	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Cu	Cu	Cu	Cu	X
Evje	18/7	1/9	9/11	29/11	X	18/7	1/9	9/11	29/11	
Felts		196	308	173	255		60	79	56	65
Kule	47	81	114	149	98	20	24	27	33	26
Bjor	22	26	29	30	27	14	17	15	16	16
Stein	17/7	14/8	19/9		X	17/7	14/8	19/9		X
St.1		843	840		842	69	190	273		177
1a		48	128		88	59	102	178		113
Ref.		20	16		18		8	6		7
Brad	16/7	12/8	19/9		X	16/7	12/8	19/9		X
St.1	3	2	11		5	11	15	45		23
4	2	2	16		6	19	18	31		23
7	17	44	44		35	29	32	47		36
8	2	3	24		10	18	15	30		21
Tern	16/7	12/8	30/9		X	16/7	12/8	30/9		X
GRef	3	4	3		3	22	18	17		19
T1	5	5,3	14,8		8,3	16,8	19,1	13,9		16,6
T2	7,5	11,6	22,3		13,8	20,8	28,9	23,2		24,3
T2a										
B1	4,5	5,5	9,3		6,4	28,4	48,2	34,6		37,0
B2	3,0	8,8	9,9		7,2	23,6	26,0	27,7		25,7
B3	5,9	10,9	23,1		13,3	35,8	39,7	57,4		44,3
Mau		29/7	21/10	20/11	X	29/7	21/10	20/11		X
Ref		2,3	5,5	6,1	4,6	25,1	24,1	30,3		26,5
1		5,9	7,2	7,0	6,7	67,7	84,7	94,8		82,4
2		33,5	62,5		48,0	73,3	62,0			67,7
3		67,1	323,1		195,1	44,6	59,3			52,0
4		7,8	31,6		19,7	20,3	25,0			22,7
5		5,5	14,9		10,2	19,8	25,0			22,4
6		27,0	28,2		27,6	35,9	18,3			27,1
7		19,3	31,1		25,2	57,8	53,3			55,6
Pors		2/9	24/9	2/11	X	2/9	24/9	2/11	X	
land		4,8	2,4	4,5	3,9	22,7	19,5	24,2	22,1	
2		2,4	2,7	7,4	4,2	19,8	17,7	27,5	21,7	
4		3,5	4,3	2,4	3,4	34,7	42,3	36,0	37,7	
5		2,7	2,0	5,7	3,5	48,1	34,1	56,0	46,0	
6		2,9	151,9	189,3	114,7	67,8	97,0	133,5	99,4	
8		7,9	12,0	15,7	11,9	70,6	71,4	72,6	71,5	
3		10,0	17,6		13,8	12,8	10,9		11,9	
7		113,3	3,6	3,4	40,1	102	74,3	78,2	84,8	
Harr		5,1	22,7	45,8	24,5	22,0	20,7	29,6	24,1	
Lær		18/7	12/8	1/9	X	18/7	12/8	1/9	X	
1		20,1	27,5	21,9	23,1	70,5	115,4	105,6	97,1	
2		34,0	92,7	63,8	63,5	93,2	277,8	207,9	193,0	
3		28,6	35,4	27,0	30,3	80,2	118,4	84,8	94,5	
Leks		5/7	12/8	7/9	X	5/7	12/8	7/9	X	
1		5,3	6,0	2,9	4,6	15,7	11,0	6,8	11,1	
2		7,4	9,7	4,8	7,3	19,0	14,8	12,1	15,3	
3		9,1	9,9	12,35	10,5	52,1	19,6	14,7	28,8	
4		9,2	12,9	12,0	11,4	36,6	28,1	25,6	30,1	
5		21,1	8,9	46,4	25,5	40,1	16,0	10,9	22,3	

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2668-0