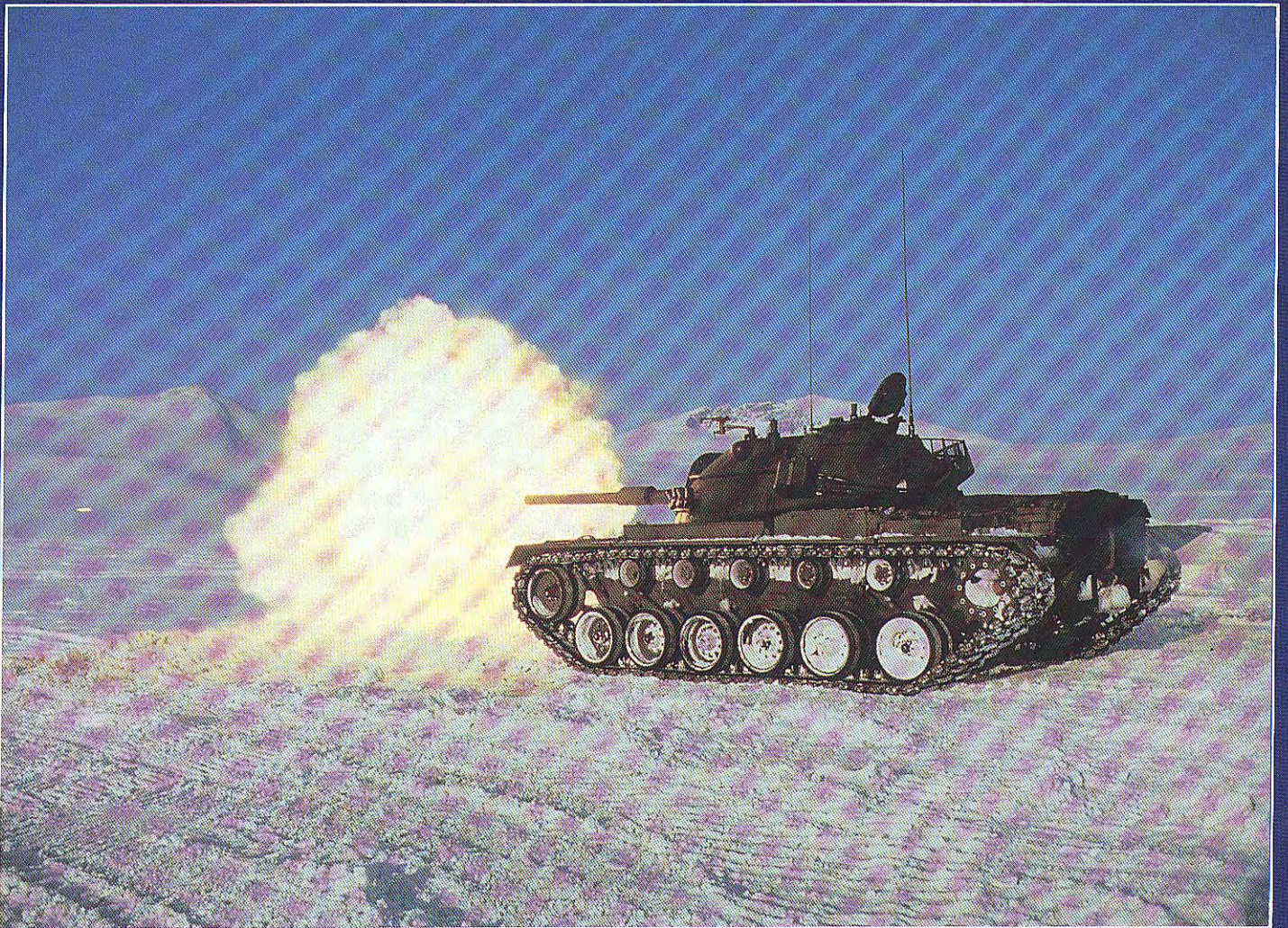


Vannforurensning fra skytefelt

Delprosjekt 3

Forurensningsgrad av
aktuelle tungmetaller fra
10 av Forsvarets skytefelt



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
91076	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2699	åpen

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Flute 866	Breiviken 5	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Vannforurensning fra skytefelt. Del 3. Forurensning av aktuelle tungmetaller fra 10 av Forsvarets skytefelter.	febr. 1992	NIVA 1992
	Faggruppe:	
	ferskvann	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Sigurd Rognerud (NIVA) Bjørn Boye (tidl.DKØ)	hele landet	
	Antall sider:	Opplag:
	41	200

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
Forsvarets Bygningstjeneste, avd. Hamar	

Ekstrakt: Rapporten omhandler forurensningen av løste bly-, kobber-, kadmium- og sinkforbindelser i vann fra deponerte prosjektiler i feltskytebaner og kulefangervoller. I tillegg ble anrikningen av disse elementene i vegetasjon på feltskytebaner studert. Anrikningsgraden av kobber var beskjedent i vegetasjonen og forurensningen av bekker og innsjøer nedstrøms feltene var også ubetydelig. Ingen sink- og kadmiumforurensning ble registrert. Bly hadde en større anrikningsgrad både i vegetasjon, bekker og innsjøer enn kobber. Med få unntak var imidlertid ikke totalverdiene større enn de en ofte finner i deler av landet som mottar mye atmosfæriske metallforurensninger eller har høye geokjemiske bakgrunnsverdier. Unntakene gjelder de tilfeller der prosjektilene er deponert i vannkanten. Forurensningen fra feltskytebaner og kulefangervoller var derfor oftest beskjedent og i verste fall knyttet til de nærmeste 100 meterne fra banene. Dette skyldes den sterke bindingen av bly og kobber til jord og humus samt den seint korrosjonshastigheten av prosjektilene. Mengden deponerte prosjektiler øker derfor med tiden så lenge feltet er i bruk. De første sigene ble fortynnet av tilkommende bekker slik at forurensningsgraden foreløpig er liten for områdene utenfor skytefeltene. En overvåkningsundersøkelse skal avdekke de årlige variasjoner og den fremtidige utvikling i metallavrenningen.

4 emneord, norske

1. Tungmetaller i skytefelt
2. Vannforurensning
3. Bly, kobber, sink og kadmium
4. Bevegelighet/biotilgjengelighet

4 emneord, engelske

1. Heavy metals in shooting fields
2. Water pollution
3. Lead, copper, zinc and cadmium
4. Mobility/bioavailability

Prosjektleder

For administrasjonen

ISBN 82-577-2051-8

0-91076

Vannforurensning fra skytefelt

Delprosjekt 3

Forurensning av aktuelle tungmetaller
fra 10 av Forsvarets skytefelt.

Ottestad februar 1992

Saksbehandler: Sigurd Rognerud

Medarbeidere: Bjørn Boye

Gøsta Kjellberg

FORORD

Denne rapporten er del 3 i prosjektet "Vannforurensing fra skytefelt" som NIVA utfører for Forsvaret. Den er en popularisert rapport om status pr. 1991 med hensyn til forurensning av aktuelle tungmetaller fra 10 av Hærens viktigste skytefelt. Delprosjekt 1 er en videnskape-
lig utredning om ulike sider av metallers bevegelighet og giftighet i aqvatiske økosystemer. Delprosjekt 2 er en omfattende undersøkelse i 1990-91 om metallavrenning fra Terningmoen skytefelt. Alle delrapportene bør sees i sammenheng.

Delprosjekt 3 ble kontraktfestet 11. juni 1991, og Forsvarets bygningstjeneste (FBT) avd. Hamar har stått som oppdragsgiver. O. ing. Bjørn Brønstad har vært kontaktperson i FBT, og DK-veterinær major Ola Petter Borg (DKØ) har vært Forsvarets fagansvarlig. Pensjonert oberstløytnant Bjørn Boye, som tidligere var seksjonssjef ved DKØ, har deltatt i feltarbeidet i alle feltene og major O. P. Borg (DKØ) i feltene i Nord-Norge. Feltarbeidet ble gjennomført sommeren og høsten 1991 og begge har vært til god hjelp ved sin detaljkunnskap om feltene. B. Boye har også skrevet underkapitlene i rapporten som omhandler områdebeskrivelsene. Tilslutt en takk til skytefeltsadministrasjonene ved de ulike avdelinger for god orientering om aktiviteten i feltene og for å ha stilt nødvendige transportmidler til disposisjon. Analysene av tungmetallene ble utført ved Institutt for Energiteknikk (IFE) og forsidebilde er skaffet til veie av Forsvarets Rekruttering og Mediesenter/fotoseksjonen (FRM).

Rapporten er utarbeidet ved NIVA's Østlandsavdeling.

Ottestad februar 1992.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1. Innledning	3
2. Måleprogram og resultater fra feltundersøkelsene.....	5
2.1 Evjemoen.....	5
2.2 Heistadmoen og Hengsvatn skytefelt.....	9
2.3 Steinsjøfeltet	13
2.4 Hjerkinnskytefelt.....	16
2.5 Giskåsskytefelt.....	18
2.6 Sætermoen/Karlstadskogen/Mauken skytefelt.....	21
2.7 Porsangermoen	25
2.8 Høybuktmoen.....	29
3. Sammenfattende diskusjon.....	33
3.1 Er det mulig å fremskaffe realistiske mål på mengden deponerte prosjektiler i skytefeltene?.....	33
3.2 Hvorfor bruker vi vannmoser til å måle bly og kobberforurensning i bekker fra skytefelt, og hva viser resultatene av undersøkelsen?.....	33
3.3 Hvorfor bruker vi sedimenter til å måle forurensningsgraden av tungmetaller i innsjøer ,og hva viser disse analysene for undersøkelsen i skytefeltene?	34
3.4 Biotilgjengeligheten av bly og kobber på skytebanen måler vi bl.a. ved opptak i vegetasjon.	39
3.5 Sammenfatning av resultatene fra de ulike undersøkelsene	40
4. Litteraturliste	41

Sammendrag

Målsetningen med undersøkelsen har vært å vurdere om deponerte tungmetaller etter militær øvning i skytefelt har skapt et miljøproblem. Dermed å vurdere omfanget av eventuelle forurensninger og konsekvenser for berørte områder utenfor skytefeltene. Betydningen av eventuelle påslag i forurensningen av bly og kobber som følge av korrosjon av prosjektiler er vurdert opp mot bidraget fra naturlige kilder og forurensninger fra atmosfæren. Vi har også vurdert betydningen av kulefangervoller som miljøproblem for vann og vassdrag. Vi har studert metallavrenning fra 10 av Forsvarets viktigste skytefelt fordelt over hele landet. Følgende felter er undersøkt: Evjemoen, Heistadmoen, Hengsvatn, Steinsjøfeltet, Hjerkin, Giskås, Sætermoen, Mauken, Porsangermoen og Høybuktkmoen. Det ble målt konsentrasjoner og vurdert forurensningsgraden i terrestrisk vegetasjon på feltskytebanene, i sigevann fra feltskytebaner, i vannmoser og i innsjøsedimenter.

Anrikningsgraden av kobber var beskjeden i terrestrisk vegetasjon på kulefangervollene og feltskytebanene, og variasjonen mellom de ulike vegetasjonstypene var relativt små. Når det gjelder bly var anrikningsgraden betydelig høyere (100-300x). På grunn av lave referanseverdier blir imidlertid ikke totalverdiene ekstremt høye, og de var i gjennomsnitt ikke vesentlig høyere enn konsentrasjonene i humussjiktet i de deler av landet som mottar mest blyforurenset nedbør. Vegetasjonen på feltskytebaner og kulefangervoller er også relativt sparsomt utviklet og utgjør begrensede arealer. Ut fra en total vurdering er det derfor neppe store betenkeligheter knyttet til dyr som beiter på skytebaner. Den største risikoen er sannsynligvis at de kan få i seg metallfragmenter fra prosjektiler. Kulefangervoller kan imidlertid gjerdas inn slik at denne risikoen reduseres.

Vannanalysene fra sig som avvanner feltskytebaner varierte en del, og viste enkelte ganger svært høye konsentrasjoner av tungmetaller (over 100 µg/l). Vannet i disse sigene fortynnes imidlertid raskt av tilkommende bekker. Analysene av vannmoser viste at anrikningsgraden av kobber i bekkene var beskjeden bortsett fra i bekkene fra feltskytebanene i Steinsjøfeltet og Evjemoen der en klar anrikning ble registrert. For bly var forurensningen mer markert med klare utslag for de fleste feltene bortsett fra i Sæterelva (Sætermoen) og Svåni/Grisungbekken på Hjerkin. Selv om forurensningsutslagene var klare, så var ikke konsentrasjonene særlig høyere enn de en kan observere i elver og bekker som avvanner felter med høye naturlige blyverdier, eller områder som mottar mye atmosfæriske blyforurensninger. Moseanalysen viser at det ikke er særlig sannsynlig at metallavrenning fra skytefelt vil gi forgiftninger av økosystemer utenfor skytefeltene. Effektene er i hovedsak knyttet til de første hundre metre nedstrøms skytebanene.

Sedimentanalysene viser at hvis nedslagsfeltet til prosjektilene ligger nær vannkanten, registreres klare blyforurensninger i sedimentene. Dette var i første rekke tilfelle for Røyevatn i Porsanger, Lortjern på Sætermoen og i beskjedent omfang også for nedre Sætervatn (Sætermoen). Med unntak av Røyevatn var imidlertid ikke totalkonsentrasjonene i overflatesedimentene i noen av innsjøene høgere enn de en finner i områder med høg belastning av atmosfæriske blyforurensninger. Forurensningsgraden av kobber var ubetydelig for innsjøer knyttet til skytefeltene.

Kobber og bly er elementer som lett binder seg til humus og finfordelte uorganiske partikler i jorda. Selv en forsurend endrer lite på dette bildet. Den generelt lave forurensningsgraden av kobber og bly i de akvatiske økosystemene i skytefeltene må tyde på at korrosjonen av prosjektilene går meget seint, og at de frigjorte metallene bindes raskt til jordsmonnet og føres i liten grad ut i bekker og elver. Vannsystemene utenfor skytefeltenes grenser (nedstrøms) påvirkes praktisk talt ikke av forurensninger av kobber og bly fra feltene. Når det gjelder sink og kadmium er det ikke målt forurensninger av betydning på noe økosystemnivå. Vi kan derfor konkludere med at kobber, bly, sink og kadmiumforurensninger fra skytefelt i hovedsak er begrenset til plassen der de deponeres på skytebanen og i kulefangervollene. Korrosjonen av prosjektiler er svært sein og mye seinere enn de årlige deponeringer. Mengdene av metaller i feltene vil derfor fortsette å øke med årene så lenge feltene er i bruk. En overvåkningsundersøkelse på noen utvalgte felter vil avdekke eventuelle årlige variasjoner i metallavrenning og dessuten vise utviklingen over tid i metallavrenningen.

Mange av skytebanene ble av praktiske årsaker anlagt på "moer" med store løsavsetninger. Det man ikke viste da, var at de også ble gunstig plassert med hensyn til metallforurensning av vann som følge av deponerte prosjektiler. Det er en forutsetning at massene fra kulefangervollene ikke flyttes evt. dumpes i vassdrag og at områdene fra nedslagsområdene på feltskytebanene ikke utsettes for unødig erosjon.

Konklusjonen om at det er knyttet små problemer til metallavrenning fra skytefelt, såfremt deponeringen av prosjektiler ikke skjer i eller i nær tilknytning til vann, er også i god overenstemmelse med resultatene fra Terningmoen (delprosjekt 2), samt andre publiserte undersøkelser om emnet (se Rognerud et. al 1991). Skytefeltene i vår undersøkelse hadde stor variasjon i løsavsetningenes karakter, humusjiktets mektighet, atmosfærisk belastning av syrer og metaller, vegetasjon og generell vannkvalitet. Det er derfor rimelig å tro at denne konklusjonen kan gjelde for de aller fleste skytebaner i landet (unntak lerduebaner).

1. Innledning

Statens Forurensningstilsyn (SFT) har definert kulefangervoller ved Forsvarets skytebaner som spesialdeponier for tungmetaller. Dette innebærer at Forsvaret har et spesielt ansvar for forvaltningen av disse deponiene. Forsvarsmyndighetene skal ifølge Stortingsmelding nr.46 (1988-89) som hovedregel stå for gjennomføringen av egne miljøtiltak og sørge for å være forberedt til dette arbeidet. "Føre-var" prinsippet skal gjøre miljøvernarbeidet forebyggende og sørge for en bærekraftig utvikling samt at naturens tålegrenser ikke overskrides. For at Forsvaret skal fylle sin militære målsetning må det drives øvelser, og deponeringer av bly og kobberholdige prosjektiler er et nødvendig resultat av denne virksomheten. Hovedproblemet med slike tungmetaller er at de ikke brytes ned i naturen, og at de er giftige i lave konsentrasjoner. Forsvaret disponerer 1,1 mill. dekar til skyte- og øvningsområder, en vesentlig del av dette er imidlertid vanlig øvingsfelt og sikkerhetssoner uten synlige inngrep. Det er definert 94 felt der det er stor aktivitet i 22, middels i 5 og relativt liten i 67.

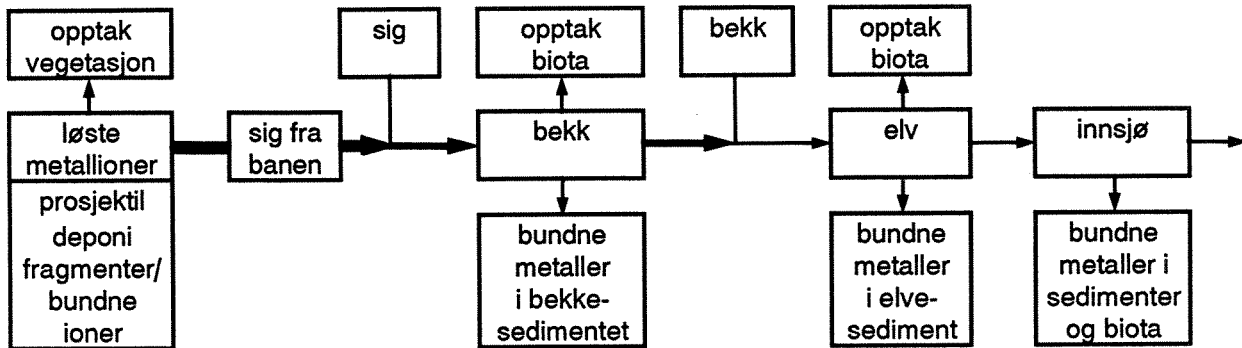
I undersøkelsen som presenteres her har vi studert dagens tilstand med hensyn vannforurensninger av bly og kobber fra følgende av Forsvarets 10 viktigste skytefelt:

Evjemoen (Aust-Agder)	Giskås	(Nord-Trøndelag)
Heistadmoen (Buskerud)	Sætermoen	(Troms)
Hengsvatn (Buskerud)	Mauken	(Troms)
Steinsjøfeltet (Oppland)	Porsangermoen	(Finnmark)
Hjerkinn (Oppland)	Høybuktmoen	(Finnmark)

Målsetningen med undersøkelsen har vært å vurdere om deponerte tungmetaller etter militær øving i disse feltene har skapt et miljøproblem. Dernest å vurdere omfanget av eventuelle forurensninger og konsekvenser for berørte områder utenfor skytefeltene.

Betydningen av eventuelle påslag i forurensningene fra korrosjon av prosjektilene skal vurderes opp mot størrelsen av bidraget fra naturlige geokjemiske kilder og forurensninger fra atmosfæren. Vi vil også vurdere betydningen av kulefangervoller som miljøproblem for vann og vassdrag.

Nedenfor har vi vist skjematisk hva som kan skje med metallene fra de løses ut fra prosjektilene til de kommer ut i vassdragene.



På bakgrunn av en detaljert gjennomgang i delrapport nr.1 (Rognerud et. al 1991) har vi valgt følgende fremgangsmåte for å løse målsetningen med undersøkelsen. De høyeste konsentrasjonene av utløste metaller må vi forvente å finne i sig fra skytebanen og i vegetasjon som vokser på eller i umiddelbar nærhet av deponiene. Begge disse sider er belyst i undersøkelsen med vannprøver i sig og vegetasjonsprøver på kulefangervoller og feltskyttebaner. Likevel er disse effektene svært lokale og metallkonsentrasjonene fortynnes videre i tilkomne bekker og elver før de havner i innsjøer. Unntaksvis ligger kulefangermassen i strandkanten på innsjøen. Fortynningseffektene og bindinger i jord og bekkersedimenter gjør at metallkonsentrasjonene i bekkene kan bli så lave at vannanalysene blir usikre og krever et omfattende prøvetakningsopplegg for at representative middelveier kan beregnes. I stedet bruker vi vannmoser som er gode bioindikatorer. Disse plantene oppkonsentrerer metallene (opptil 1000 ganger) i forhold til vannet og gir langt sikrere og mer representative prøver. Verdiene i vannmosene kan tilbakeregnes til hva den gjennomsnittlige metallkonsentrasjonen har vært i eksponeringsperioden.

Til slutt havner en del av de frigjorte metaller i innsjøen hvor hoveddelen bindes til partikler og synker til bunns. Sedimentene avsettes kronologisk og de vil derfor gi et historisk speilbilde av metallkonsentrasjonene i innsjøen. Vi har derfor valgt å studere forurensningsgraden i sedimentene av innsjøer som har skytebaner i nedbørfeltet. Med en variert prøvetakning av vegetasjon på skytebanen, sig fra skytebanen, vannmoser og sedimenter vil en kunne fastslå dagens forurensningssituasjon og i enkelte tilfeller også den historiske utvikling. Vi vil imidlertid presisere at variasjoner i nedbørforhold og temperatur kan ha stor betydning for metallavrenningen fra terrestriske systemer slik som en skytebane. Dette bør derfor undersøkes via en årlig overvåkningsundersøkelse for utvalgte felter. Derved kan naturlige variasjoner i metalltransporten skilles fra effekter av forurensninger og følgelig gi reelle tidstrender i forurensningsgraden fra skytefelt.

2. Måleprogram og resultater fra feltundersøkelsene.

I dette hovedkapitlet presenteres informasjon om feltene, måleprogrammet og resultater av analysene. En samlet diskusjon om metodikk og vurderingsgrunnlag og økologiske konsekvenser er gjort i kap.3.

2.1 Evjemoen

Områdebeskrivelse

En oversikt over skytefeltet og de viktigste banene er gitt i Fig.1.

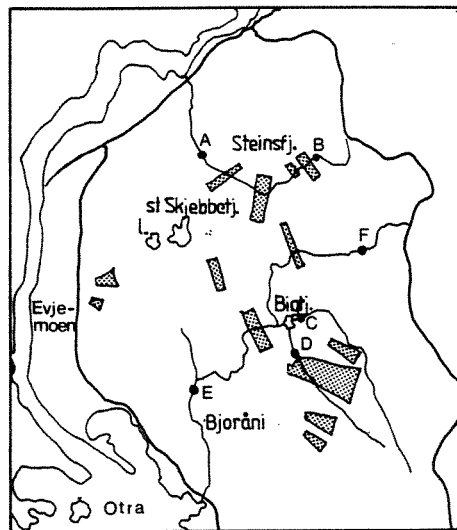


Fig.1 Oversikt over Evjemoen skytefelt . Skytebanene er rasterlagt.

Evjemoen er en ekserserplass som ble anskaffet i 1912 som øvingsplass for Vesterlen infanteriregiment senere Agdesidens infanteriregiment og delvis Rogaland infanteriregiment nr.8. Plassen ble også nyttet av 1. Bergartilleribataljon. Sin nåværende utforming fikk plassen av den tyske okkupasjonsmakten. Etter krigen er feltet nyttet blandt annet av artilleriavdelinger, først og fremst luftvern- og panservernartilleri. I dag er Evjemoen standkvarter for Infanteriets øvingsavdeling nr.2 (IØ2). Dette er en av Hærens tre infanteri-/øvingsavdelinger. Avdelingen har som hovedoppdrag å gjennomføre rekruttskole utdanning for de stående avdelinger samt drive befalsutdanning (utskrevne sersjantkurs (USK)). Leiren med skyte- og øvingsfelt omfatter ca. 9000 mål og er Forsvarets eie. Forsvaret har signalisert behov for skytefelt til tyngre våpen først og fremst bombekastere og tyngre panservernvåpen. Avdelingen har i tillegg til feltet sikret seg øvningsområder gjennom avtaler om bruk av private eiendommer. I tillegg til Infanteriets øvingsavdeling nr.2 (IØ2)

er også Evje Tekniske verksted stasjonert i området. IØ2 er organisert med ledelse og administrasjon, et skolekompani og tre utdanningskompanier. I alt representerer forsvaret noe over 200 arbeidsplasser i området.

Måleprogram

- a) Elvemoser ble eksponert i perioden 4/7-4/8 1991 ved 6 ulike stasjoner (fig.1). Stasjonene B og F var referanser på avrenningen fra skyteaktiviteten i henholdsvis banene rundt Steinsfjellet og banene i Bjoråa's nedbørfelt. St.A vil være påvirket av avrenningen fra banene rundt Steinsfjellet og St. C ,D og E av banene i Bjoråa's nedbørfelt.
- b) Sedimentprøver fra Bigtjern (avrenning fra feltskytebane), lille Skjebbetjern (avrenning fra gammel søppelplass) og store Skjebbetjern (referanse).
- c) Prøver av vegetasjon fra banevullen ved 200m banen (Steinsfjellet) og fra feltskytebanen samt referanser fra området ved Skjebbetjern.
- d) Prøver fra selve kulefangervullen på 200m banen og referansemasser.

Resultater (Tab.1)

- a) Mosene nedstrøms skytebanene (St.A, C og D) hadde noe høyere konsentrasjoner av kobber og bly enn referanseprøven, men totalt sett var det likevel relativt lave verdier. Påvirkningen av sink fra skytefeltene var ubetydelig. Konsentrasjonene i Bjoråa nedstrøms hele feltet (st.E) var nær naturlige bakgrunnsverdier.

På bakgrunn av moseanalysene er det rimelig å anta at avrenningen av metaller fra skytebanene på Evjemoen er relativt liten og i allefall begrenset til et lite område nedstrøms banen. Perioden mosene sto ute var svært tørr med liten vannføring i bekkene. En kan forvente at mer normale avrenningsforhold vil gi større transport av metaller og følgelig høyere konsentrasjon i vannmosen.

- b) Konsentrasjonsmålingene i sedimentene (Tab.1) viser at den atmosfæriske belastningene av bly og kobber antagelig er hovedårsaken til konsentrasjonsøkningene mot toppen av sedimentkjernene. Målingene i sediment fra Bigtjern tyder ikke på at eventuelle forhøyde bly og kobber verdier som følge av avrenning fra feltskytebanen har hatt noen avgjørende betydning for vannkvaliteten i noen tidsperioder fra banen ble tatt i bruk.

Lille Skjebbetjern er noe forurensnet av kadmium og sink fra avfallsplassen, men verdiene er ikke så høge at dette er noe alvorlig problem.

- c) Analysene av vegetasjon på feltskytebanen (Tab.1) viser at konsentrasjonene var ubetydelig høgere enn referansene for kobber, men betydelig høgere enn referansene for bly. Størst konsentrasjonsøkning var det for bly i blåbær og tyttebærblad (ca.100x), men økningen i gras og bjørkeblad var mer beskjeden. Resultatene viser at vegetasjonen på feltskytebanen var forurensnet av bly, men ubetydelig av kobber.
- d) Det er samlet prøver av samme type masse som kulefangervollen på 200m er bygd opp av (blindprøve), og det er tatt prøver av banevollens masser (uten synelige prosjektilfragmenter).

Blindprøvens konsentrasjon var: Cu: 1878 ppm, Pb: 3ppm.

Banevollens konsentrasjoner var: Cu: 3280 ppm, Pb: 25000 ppm.

Dette viser at det særlig er bly som skaper den største anrikningen i banevollen.

Konklusjon.

Skytefeltet på Evjemoen er slik anlagt at forurensningen av tungmetaller i bekker og elver fra skytebanene får liten betydning. I kulefangervoller og på feltskytebanen var konsentrasjonene i jordsmonnet høge spesielt for bly. Dessuten var vegetasjonen også anrikt på bly (ca. 100x). Vegetasjonsprøvene ble tatt på de lokaliteter (måleområder) hvor vi antok at belastningen var størst (eks. på "stormmål" i feltskytebanene). Resultatene viser at de store deponeringene av prosjektiler i skytefeltet kun gir svært lokal forurensning, mens vannsystemene noen hundre meter nedstrøms skytebanene var nesten upåvirket. Dette skyldes fortynning av tilkommede bekker og binding av metaller i nedbørfeltet. Kvantitativt må utsiget ha liten betydning og spesielt i forhold til de prosjektilmengder som årlig deponeres.

Tab.1 Kjemiske og biologiske målinger i Evjemoen skytefelt. Undersøkelsene er gjort i juli 1991. GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC
	cm	%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%
store Skjebbetj. (6m)	0-1	38	105	10,5	104	26	96	3,3	0,85	2,1	1,0	20
	1-2	37	199	19,9	119	30	189	6,5	1,44	3,6	0,8	19
	2-3	36	222	22,2	152	38	238	8,2	2,04	5,1	0,7	19
	ref.	16	10	-	4	-	29	-	<0,5	-	1,2	8
lille Skjebbetj. (3m)	0-1	69	59	1,4	53	2,0	750	3,6	2,6	3,2	7,6	34
	1-2	62	70	1,7	78	3,0	964	4,6	3,4	4,2	6,0	31
	2-3	64	55	1,3	61	2,3	922	4,4	3,6	4,5	5,8	32
	ref.	81	41	-	26	-	208	-	0,8	-	5,0	41
Bigtjern (6m)	0-1	58	42	3,2	69	1,5	64	2,5	<0,5	1,0	3,7	30
	1-2	59	39	3,0	64	1,4	52	2,0	<0,5	1,0	3,2	30
	2-3	60	38	3,0	74	1,6	61	2,3	<0,5	1,0	3,3	31
	ref.	43	13	-	46	-	26	-	<0,5	-	2,6	22
Vannmose												
	st.A		22	2,7	9,9	1,3	60	<1			2,2	
	st.B		34	4,2	13,0	1,7	53	<1			1,5	
	st.C		30	3,7	9,0	1,2	95	1,5			3,0	
	st.D		55	6,9	32,8	4,3	87	1,4			3,3	
	Bjoråni (E)		8	-	7,5	-	64	-			0,5	
	Rosseland (ref.) F		8		8		79				1,4	
Vegetasjon												
	Gras feltskyteb.		7	2,3	40	20						
	ref.		3		2							
	Blåbærris feltskyteb.		45	3,7	416	83						
	ref.		12		5							
	Bjørkeblad feltskyteb.		18	1,2	116	5,8						
	ref.		15		20							
	Tyttebærris feltskyteb.		23	3,2	295	147						
	ref.		7		2							
	Sediment dam	7,4	398		50		133		<0,5			
	Blindpr. sand		1878		3		-		-			
	Skytevoll		3280		25000		-		-			
Vannprøver												
	Bigtj.		pH		farge							
	Bjoråa		5,7		50							
	lille Skjebbetj		6,2		32							
	store Skjebbetj.		6,5		77							
			4,6		19							

2.2 Heistadmoen og Hengsvatn skytefelt.

Områdebeskrivelse

En oversikt over skytefeltene og de viktigste banene er gitt i Fig.2.

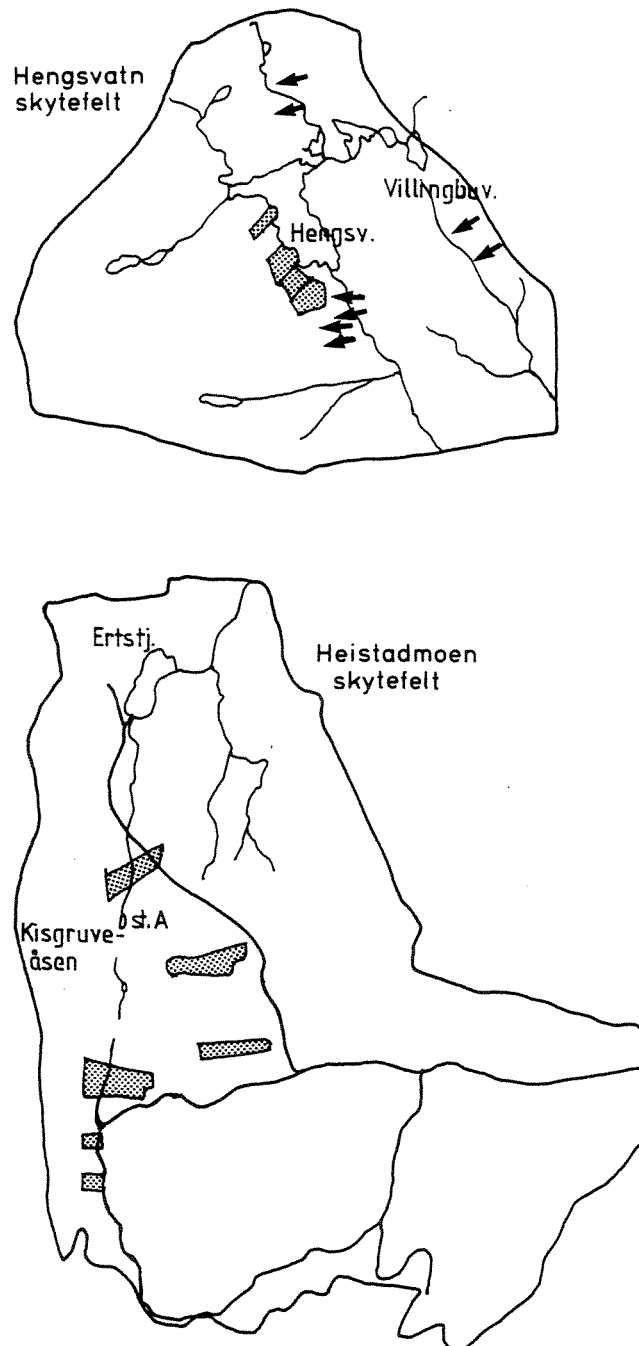


Fig.2 Oversikt over Hengsvatn og Heistadmoen skytefelt. Skytebaner er rasterlagt eller angitt med pil.

Heistadmoen ble vedtatt innkjøpt av Stortinget i 1906/07, som ekserserplass for Telemark infanteriregiment. Den ble etablert og tatt i bruk 1909. I perioden før siste krig ble plassen stort sett nyttet til sommerøvelser av vekslende lengde. Under siste krig ble plassen bygget ut til sin nåværende form. De tyske okkupasjonsmakter hadde forlagt omkring 12-15000 mann i området. I hovedsak var leiren rekreasjonssted for Østfrontsoldater.

Etter krigen ble plassen først nyttet til rekruttutdanning for Tysklandsbrigadene (1947-53). Etter denne perioden ble Infanteriets øvingsavdeling nr.1 (IØ1) etablert bl.a. for rekruttutdanning til Nord-Norge avd.

I 1963 flyttet IØ1 til Sessvoldmoen og infanteriets skole- og øvingsavd. ble etablert. Befalsskolen for Infanteriet i Syd-Norge (BSIS) og Befalsskolens Øverste Avdeling (BSØA) ble nå etablert på plassen. 1.nov. 1982 ble Telemark infanteriregiment nr.3 (FDI3) slått sammen med Infanteriets skole- og øvingsavdeling (ISØ). I dag er leiren garnisonsted for FDI3 med BSIS, Infanteriets kursavdeling (IKA) og en mindre rekruttavd., bombekaster (BK) utdanning, gruppert på plassen. Heistadmoen skyte- og øvningsfelt ble anskaffet av Forsvaret da leiren ble etablert i 1909. Feltet er på ca. 7000 mål. For å øve med tyngre våpen, bombekastere og langtrekkende panservernvåpen, ble skytefeltet på Hengsvann leiet av Sølvverkets skoger. I 1985 ble dette feltet utvidet til sin nåværende størrelse 34000 mål.

Heistadmoenfeltet dekker idag behov for grunnleggende geværskyting og de innledende feltmessige øvinger. Hengsvannfeltene dekker behov for videregående utdanning først og fremst for tyngre våpen. I tillegg nyttes feltet under repetisjonsøvelser som et suppleringsfelt også for den mere grunnleggende utdannelsen. Også HV er storbruker av skytefeltene i området. I alt representerer avd. forlagt på Heistadmoen ca. 205 arbeidsplasser.

Måleprogram

a) Eventuell forurensning av tungmetaller fra skyteaktiviteten ble studert ved 2 sedimentprøver i Hengsvatn, en fra et basseng nær nedslagsfeltet for granater, og en fra innsjøens dypeste område. Villingbutjern ble brukt som referanse på en innsjø som bare mottar atmosfærisk belastning (Fig.2).

Effekter av skyteaktivitet i deler av Heistadmoen skytefelt antas å bli samlet opp i Ertstjern. Det ble derfor tatt sedimentprøver også fra dette tjernet (se Fig.2).

b) Vegetasjonsprøver ble tatt fra feltskytebanene og referanseprøver fra feltet utenfor.

c) Det ble også samlet sedimenter fra en liten dam (st.A, Fig.2) i en bekk som drenerer ned i Ertstjern.

Resultater (Tab.2).

a) Villingbutjernet er kun utsatt for atmosfæriske forurensninger. Vi ser at konsentrasjonene i sedimentet i denne innsjøen er noe høyere enn i Hengsvatn. Dette skyldes i hovedsak et noe høyere innhold av organisk materiale i sedimentene i Villingbutjern. Forøvrig er referanseverdier, prøvetakingsdyp og vannkjemi svært lik for begge innsjøene. Alle disse forhold tatt i betraktning viser at skyteaktiviteten rundt Hengsvatn ikke har gitt utslag i forhøyde tungmetallverdier i sedimentet. Vi kan med andre ord fastslå at økningen i metallkonsentrasjoner i de øvre sedimentlag i Hengsvatn i tidsperioden etter 1940 skyldes økte atmosfæriske deponeringer og ikke avrenning fra skyteaktiviteten. Dette resultatet var forøvrig som ventet, da feltet omkring Hengsvann bare i meget begrenset grad nyttes for våpen med bly/kobber-prosjektiler.

Nedbørfeltet til Ertstjernet kommer bl.a. fra Kisgruveåsen i tillegg til at det avvanner flere av skytebanene. Vi ser at konsentrasjonen av kobber, sink og kadmium var betydelig høyere i dette tjernet enn i de to overnevnte. Dette gjelder også referanseverdiene, slik at de naturlig forhøyede bakgrunnsverdier er geologisk betinget, og at noe påslag av forurensninger fra skyteaktivitet ikke ble registrert.

b) Analysene av vegetasjon fra feltskytebanen (Tab.2) viser at den var 3-9 ganger anriket på kobber og 38-153 ganger anriket på bly i forhold til referanseverdiene utenfor feltet. Dette viser at forurensningen i skytefeltet på Heistadmoen i hovedsak er begrenset til selve skytebanene.

c) Sedimentene i en dam (st.A) som ligger et stykke opp i nedbørfeltet til Ertstjern viser også lave verdier for tungmetaller (Tab.2). Påslaget i det øverste sedimentlaget i forhold til referansen var ikke høyere enn det en kan forvente ut fra atmosfæriske deponeringer.

Konklusjon

Skytefeltet på Heistadmoen er slik anlagt at det i utgangspunktet ikke vil være knyttet store betenkeligheter til vannforurensning av tungmetaller fra skyteaktiviteten. Resultatene viser at forurensninger av kobber og bly er knyttet til skytebane-området, mens påvirkningen utenfor disse var ubetydelige.

Tab.2 Kjemiske og biologiske målinger i Heistadmoen og Hegnsvatn skytefelt. Undersøkelsene er gjort i juli 1991. GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC
	cm	%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%
Hengsv. (16 m)	0-1	41	53	2,0	106	6,2	175	<1	0,7	1	25,1	15
	1-2	42	104	3,8	128	7,5	244	<1	1,7	2,1	20,2	17
	2-3	42	42	1,6	103	6,1	217	<1	1,0	1,2	8,8	20
	ref.	48	27	-	17	-	256	-	0,8	-	7,8	23
Hengsv. (19m)	0-1	48	36	1,8	123	5,8	219	1,9	1,1	2	6,7	23
	1-2	48	35	1,8	148	7,0	215	1,8	1,1	2	7,5	23
	2-3	48	68	3,4	157	7,5	254	2,2	1,4	2,8	9,3	23
	ref.	50	20	-	21	-	116	-	<0,5	-	5,6	25
Villingbutj.	0-1	53	32	1,2	232	4,1	290	3,5	2,1	3,5	3,0	27
	1-2	63	33	1,2	286	5,1	327	4,0	2,4	4,0	2,5	32
	2-3	63	24	1,0	199	3,6	186	2,3	1,4	2,3	2,4	32
	ref.	65	27	-	56	-	82	-	0,6	-	2,4	33
Ertstj.	0-1	54	156	<1	153	<1	805	<1	3,0	<1	10,7	26
	1-2	53	154	<1	161	<1	734	<1	3,3	<1	8,1	26
	2-3	53	145	<1	163	<1	748	<1	3,4	1	7,3	26
	ref.	54	334	-	190	-	996	-	3,4	-	7,1	26
Dam Heistadmoen	0-1	61	116	1,3	225	1,7	682	2,9	2,6	<1	4,2	30
	ref.	46	86	-	131	-	230	-	6,4	-	2,7	23
Vannmose												
Vegetasjon												
Gras												
bane			36	9	612	103						
ref.			4		6							
Blåbærris												
bane			36	4	612	153						
ref			8		4							
Bjork												
bane			18	3	154	38						
ref.			6		4							
Vannprøver		pH			Ca		Farge					
Hengsvatn		5,88					22					
Villingbutj.												
Ertstj.		7,08					18					

2.3 Steinsjøfeltet

Områdebeskrivelse

En oversikt over skytefeltet er gitt i Fig.3.

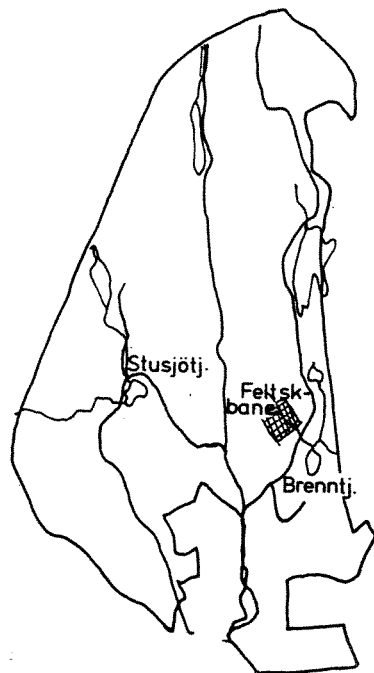


Fig.3 Oversikt over Steinsjøen skytefelt.

Steinsjøfeltet er et fjernøvningsfelt for avdelinger i det sentrale Østlandsområdet. Feltet er leiet privat område og er ialt på 11300 da. Steinsjøeiendommen var opprinnelig en del av et allmenningsområde som ved kongesjøte i 1805 ble overført almuen "Toten Vestre" og "Toten Søndre" almenninger. Ved overføringen var det da en forutsetning at allmenningsområdet skulle loddeles (6 lodder). I årene omkring 1810 kjøpte Carsten Anker 14 allmenningsdeler i lodd nr.5 og disse er senere blitt den såkalte Ankerdelen som nå utgjør det vesentlige av Steinsjøfeltet. Bøndene i Feiring har hevdet at de har (beite-) rett til området. I endelig dom i Høyesterett den 16.nov. 1990 ble grunneierene (fam. Mathiesen) - frikjent å har vunnet saken fullstendig. Forsvaret er nå inne i sin andre 10-årige kontraktsperiode. Grunneieren har signalisert ønske/krav om at forsvaret erverver områder etter utløpet av nåværende leieperiode. Feltet forvaltes av FDI4 og brukes av avd. gruppert i Østlandsområdet og som ikke selv disponerer eget felt (bl.a. Hans Majestet Kongens Garde (HMKG)) og Heimevernet (HV).

Måleprogram

a) Elvemoser ble eksponert i perioden ved 3 forskjellige stasjoner (Fig.3).

Avvanningen fra feltskytebanen skjer via en bekk som ender i Brenntjern. St.1 var plassert i denne bekken like før den rant ut i tjernet. St.2. var plassert i utløpet av Stusjø-tjern og denne bekken omfattet bl.a. avvanningen av M72 panservernrakettbanen. St.3 var plassert i Steinsjøelva og representerer således avvanningen av hele feltet.

b) Sedimentprøver ble samlet fra Brenntjern, som mottar forurensninger fra flere skytebaner, og fra Stusjøtjern som avvanner bombekasterbanen. Vi har ikke sikre tall, men det er grunn til å anta at dette er en av Forsvarets mest benyttede feltskytebaner.

c) Vegetasjonsprøver fra feltskytebanen ved Brenntjern. Referanseprøvene ble tatt bak standplass.

Resultater (Tab.3)

a) Moseanalysene viste at bekken fra feltskytebanen (st.1) var klart forurensnet av kobber og bly. Analysene indikerer at konsentrasjonene i vannet i snitt over disse ukene kan ha vært så høgt som ca 10 µg/l. St.2 og 3 var også svakt påvirket, men disse verdiene var innenfor den variasjonen en har registrert som referanseverdier i Østlandsområdet.

b) Sedimentresultatene fra Brenntjern og Stusjøtjern sammen med to referansesjøer, Langen og Bergsjøen, er gitt i Tab.3. Resultatene viser at Stusjøtjern er forurensnet bare av atmosfæriske avsetninger, mens Brenntjern antagelig har et lite påslag på kobber og bly fra feltskytebanen. Verdiene var likevel ikke høge, og de er innenfor den variasjonen en finner i innsjøer som bare mottar atmosfæriske belastninger i Sør-Norge.

c) Analysene av vegetasjon på feltskytebanen viser en betydelig anrikning av bly (25-68 ganger), men en beskjeden anrikning av kobber (1,5-3,4 ganger).

Konklusjon

Skytebanene som ligger i nedbørfeltet til Brenntjern forurensner bekken ned til tjernet, men utover dette ble det ikke registrert forurensninger av betydning. Stusjøtjern var ubetydelig påvirket av forurensninger fra bombekasterbanen. Metallforurensningen synes i hovedsak å være knyttet til skytebaneområdet ved Brenntjern.

Tab.3 Kjemiske og biologiske målinger i Steinsjøen skytefelt. Undersøkelsene er gjort i juli 1991.
 GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.
 Resultatene fra Langen og Bergsjøen er hentet fra Rognerud & Fjeld 1990.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC
	cm	%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%
Brenntj. (6m)	0-1	42	71	7,1	198	12,3	321	4,0	1,3	3,2	12,7	
	1-2	66	39	3,9	131	8,1	252	3,1	1,0	2,5	14,0	
	2-3	46	42	4,2	138	8,6	253	3,1	0,9	2,0	14,7	
	ref.	46	10	-	16	-	81	-	<0,5	-	30,6	
Stusjøtj. (4 m)	0-1	49	16	1	90	2,0	235	1,2	1,9	3,8	5,6	
	1-2	48	17	1	102	2,3	264	1,4	2,3	4,6	6,1	
	2-3	48	17	1	122	2,7	300	1,6	2,9	5,8	5,5	
	ref.	54	15	-	45	-	190	-	0,5	-	8,3	
Langen Hadeland (18m)	0-1	45			179	6,8			2,3	4,6		
	1-2	45			166	6,4			2,5	5,0		
	2-3	46			131	5,0			2,2	4,4		
	ref.	45			26	-			0,5	-		
Bergsjøen Toten (30 m)	0-1	39			248	13,7			0,5	1		
	1-2	40			230	12,7			2,6	5,2		
	2-3	42			250	13,8			1,6	3,2		
	ref.	42			18	-			0,5	-		
Vannmose												
Feltskyteb.(st.1)			75	7,5	78	78	222	1,7	-	-	0,92	
BK-bane (st.2)			36	3,6	9	9	154	1,2	-	-	0,33	
Hele feltet (st.3)			41	4,1	8	8	127	-	-	-	0,23	
Referanse			10	-	1	-	120					
Vegetasjon												
Gras												
bane			9	1,5	25	25						
ref.			6		1							
Blåbærris												
bane			21	2,3	213	71						
ref.			9		3							
Bjørk												
bane			24	3,4	136	68						
ref.			7		2							
Vannanalyser												
				pH		Farge						
Brenntj				6,68		46						
Stusjøtj.				6,15		49						

2.4 Hjerkinn

En oversikt over stasjonsplasseringene i Hjerkinn skytefelt er vist i Fig.4. Detaljerte opplysninger er gitt i Kjellberg (1988).

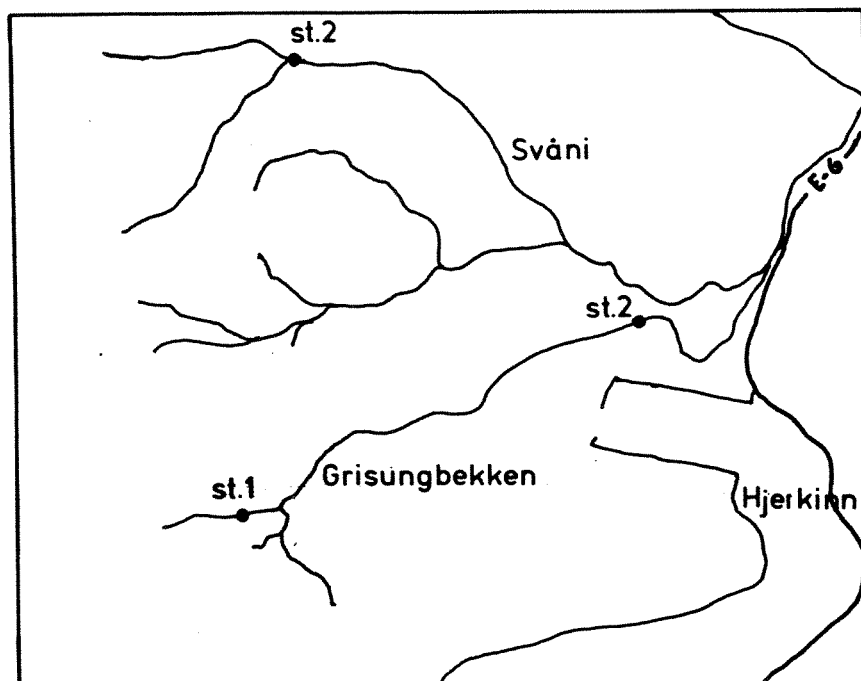


Fig.4 Oversikt over stasjonene i Hjerkinn skytefelt.

Hjerkinn skytefelt har utviklet seg til å bli et hovedskytefelt for Hæren. I første rekke nyttes feltet til både grunnleggende og videregående opplæring av artilleri og kavaleri. Luftforsvaret benytter feltet spesielt til mere krevende skyteøvelser med flyleverte bomber og raketter. Feltet har også en fast plass i utviklingen av ny militærteknologi. Feltet synes å ha en vesentlig betydning for virksomheten ved RAUFOSS A/S og NORSK FORSVARSTEKNOLOGI. Hjerkinn skytefelt har nå en utbygging som dekker de mest aktuelle behov på utdanningssiden. For den grunnleggende utdanning av stridsvogsmannskap finnes det idag ikke noe alternativ til Hjerkinn. Registrerte utbyggingsbehov i feltet er noen mindre veiprosjekter og en utbedring av anlegg for utvikling, prøver og forsøk av skyts og ammunisjon. Feltet nyttes også for tilintetgjøring (demolering/demilitærisering) av gammel ammunisjon.

Hjerkinn skytefelt ble tatt i bruk i slutten av 20-årene for utvikling av artilleriskyts- og ammunisjon. Feltets nåværende utstrekning ble etablert av okkupasjonsmakten under siste krig. I årene like etter krigen fortsatte de norske styrker å nytte feltet uten at noen faste bruksavtaler ble inngått. I slutten av 50-årene ble det imidlertid opprettet bruksrett og avsavnsavtaler (erstatning for tapte bruksrettigheter) med Dovre- og Lesja fjellstyrer, samt bruksrettavtale med Statens skoger. Videre ble en hel rekke private retter innløst, herunder de to Rollstadsetrene. I dag dekkes feltets bruk i hovedsak av avtalene med Dovre- og Lesja fjellstyrer, samt Statens skoger. I tillegg ligger deler av det tidligere Hjerkinnutsmål innenfor skytefeltet. Dette er bruksmessig å betrakte som statens "private" høyfjell og bruken her er regulert ved en egen avtale direkte med Statens skoger.

I den senere tid har en søkt å regulere bruken av feltet slik at nedslagsområdene blir liggende i feltets sentrale deler mellom Grisungdalen og Svåni. Storranden og hovedveien opp til Snøheim søker en å holde åpen for vanlig ferdsel. Under ekstremt høy øvingsaktivitet og når en nytter radarstyrte brannrør på granater ved overskyting, må ferdselen i feltet stenges. Utenom disse tidspunkter tillater en turister og andre å nytte veien fram til Snøheim.

Resultatene for analysene av utsatt og stedegen (Svåni) elvemose er gitt i Tab.4. På bakgrunn av analysene er det ikke mulig å registrere kobber- eller blyforurensninger fra skyteaktiviteten og demoleringsaktiviteten i Grisungdalen. Det er heller ikke mulig å spore noen effekter av skyteaktivitet og demolering av ammunisjon for bly og kobber i Svåni (st.2). Dette er i overenstemmelse med tidligere undersøkelser i dette feltet (Kjellberg 1988). Hjerkinn skytefelt brukes bare i begrenset utstrekning til skyting med mitraljøse/handvåpen. Måleresultatene var derfor som ventet.

Tab.4 Analyser (ppm) av elvemose eksponert i 4 uker sommeren 1991.

		Cu	Pb	Zn	Fe
Svåni	st.2	13	13	47	900
	ref.	20-30	5		
Grisungbekken	st.1	36	6	69	1500
	st.2	31	7	54	600
	ref.	31	4	50	400

2.5 Giskås

Områdebeskrivelse

Skytefeltet og de viktigste banene er vist i Fig.5.

Steinkjersannan ble tatt i bruk som ekserserplass for infanteriet i 1868 og har senere fram til idag vært den mest markerte militære øvingsplass i Trøndelag. Etablissementet ble i hovedsak bygget ut i perioden 1957-68. Etter denne perioden er det ytterlig bygget ut med bl.a. mannskapsforlegning, befalsforlegning, messebygning og forvaltningsbygg. Den er idag standkvarter for Nord Trøndelag forsvarsdistrikt nr.13 (FDI 13). Dette er nå en kombinert oppsettende avdeling, forsvarskommando og utdanningsavdeling. I tillegg til stabs, forvaltning- og verksteddrift er Infanteriets øvningsavdeling nr.3 (IØ3) forlagt hit.

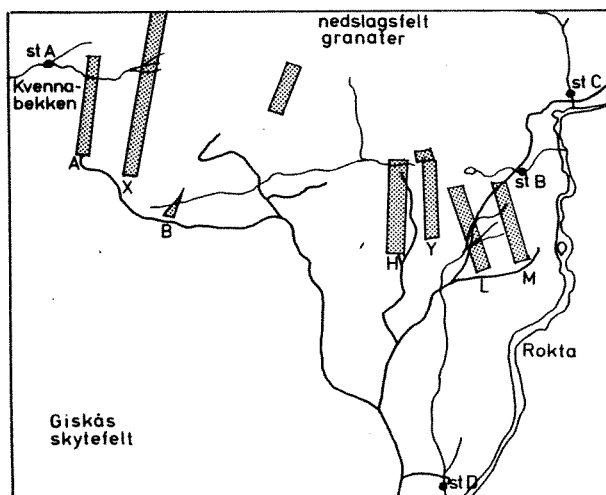


Fig.5 Oversikt over Giskås skytefelt.
Skytebanene er rasterlagt.

Avdelingen ble opprettet som selvstendig avdeling i 1954, men inngår nå som en del av FDI 13. Steinkjer tekniske verksted er også etablert i området. Totalt representerer FDI 13 med IØ3 ca 165 faste arbeidsplasser. Forsvarets tradisjonelle områder er etterhvert blitt innebygget av sivil bebyggelse. Det er imidlertid fortsatt forholdsvis god kapasitet for grunnleggende skyteutdanning med handvåpen i leirens nærområde. For repetisjonsavdelinger og skolekompaniets behov for tyngre våpen og videregående skyteopplæring er ikke behovet tilfredsstillende. For å dekke dette behovet er det etablert et eget felt - Giskåsfeltet ca. 2 mil øst for Steinkjer. Området eies av Statens skoger og kommunen. Gjennom makeskifteavtaler er Forsvaret sikret bruksrett til feltet som er på ca 16500 da. Feltet administreres av en egen målkommando i området. I denne sammenheng ble undersøkelsen konsentrert om Giskås feltet.

Måleprogram

a) Det ble satt ut moser på følgende 4 stasjoner (Fig.5).

1. Kvennabekken (st.A). Denne stasjonen vil fange opp eventuelle forurensninger fra 2 geværskytebaner (A og X).

2. Tjernbekken (st.B). Delvis påvirket av noen av feltskytebanene, men totalt sett lite påvirket.
3. Heidalsbekken (st.C). Denne stasjonen avvanner nedslagsfeltet for bombekastergranater.
4. Furdalsbekken (st.D). Denne avvanner delvis feltskytebanene L, M og handgranatbanen.

I tillegg ble det målt metallkonsentrasjoner i vannsig fra feltskytebanen og fra kortholdsbanen (ikke inntegnet i fig.) samt fra sigevann fra geværskytebanene i Steinkjer..

b) Vegetasjonsprøver ble samlet inn fra feltskytebanen.

Resultater (Tab.5)

Konsentrasjonene av sink og kobber i vannmosen var tilnærmet lik bakgrunnskonsentrasjonen på alle fire stasjonene (Tab.5). Dette var også tilfelle for bly på stasjon C og D, mens stasjon A og B var klart forurenset av bly. På disse sistnevnte stasjonene vil konsentrasjonene av bly i mosene tilsvare ca. 8-10 $\mu\text{g/l}$ i vannfasen. Når vi i tillegg vet at begge disse bekkene var relativt sure og humusrike, er det mulig at mengden i mosene skulle tilsi enda høyere verdier i vannfasen. Vannprøver tatt i vannsig fra feltskytebanen og på kortholdsbanen viste konsentrasjoner i området 15-20 $\mu\text{g/l}$ (Tab.5). Det er med andre ord en god overenstemmelse mellom disse observasjonene og mosemålingene.

Påvirkning kan registreres umiddelbart nedstrøms skytebanen, mens lenger nedstrøms slik som st.C fra granat nedslagsfeltet og st.D er det ikke mulig å påvise noen forurensningseffekt. Fra geværskytebanene i Steinkjer siger det ut kobber og noe bly. Mengdene er likevel små.

Vegetasjonen på feltskytebanen var anriket på bly, men ubetydelig av kobber. For bly var verdiene 9-64 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene, og dette viser en klar lokal forurensningseffekt.

Konklusjon

Det er vesentlig bly og kobber som transporteres fra skytefeltene. Forurensningen har lokal karakter og det er de nærmeste 100 metrene fra skytebanene som gir klare utslag. Forøvrig var forurensningsgraden liten.

Tab.5 Kjemiske og biologiske målinger i Giskås skytefelt. Undersøkelsene er gjort i juli 1991.

GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC
		%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%
Vannmose												
	st.A		15	1,5	73	14	28	<1			0,2	
	st.B		14	1,4	80	11	39	<1			3,3	
	st.C		15	1,5	12	2,4	38	<1			0,8	
	st.D		16	1,6	9	2	43	<1			0,4	
	ref.		10	-	5	-	47	-			0,9	
Vegetasjon												
Gras												
	bane		4	1,3	16	16						
	ref.		3		1							
Blåbærris												
	bane		13	1,4	64	64						
	ref.		8		<1							
Bjørk												
	bane		7	1,4	9	9						
	ref		5		1							
Geiterams												
	bane		11		31							
	ref		9		<1							
			µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l	
Vannprøve												
	Vannsig kortbane		16,5		15,6		0,02		9,27			
	Bekkesig Feltsk.b.		5,7		17,1		<0,01		1,85			
Vannsig fra												
geværbaner i												
Steinkjer												
	st.1		16,5		2,4		10				3420	
	st.2		5,9		4,9		<10				520	
			pH		ledn.evne		farge					
	Furdalen st.D		6,2		2,9		113					
	Heidalsbekken st.C		6,7		2,2		51					
	Kvonnabekken st.A		4,9		2,5		217					
	Tjernbekken st.B		5,4		2,2		175					
	Reipbekken		5,5		2,2		43					

2.6 Sætermoen/Karlstadskogen/Mauken skytefelt.

Områdebeskrivelse

En oversikt over skytefeltene og de viktigste banene er gitt i Fig.6.

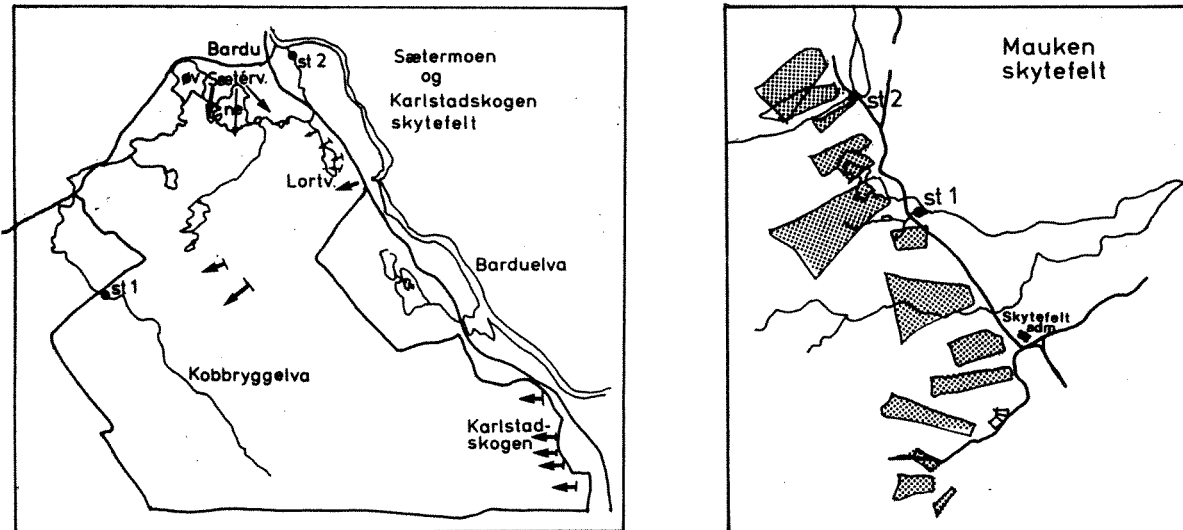


Fig.6 Oversikt over Mauken/Sætermoen og Karlstadskogen skytefelt. Skytebaner er rasterlagt eller markert med pil.

I forbindelse med innføring av alminnelig verneplikt i Nord-Norge (Tromsø stift) i 1897 ble Sætermoen ekserserplass opprettet. Den ble tatt i bruk til rekruttskole 1898 for Bardu Krets-kompani. Den ble nyttet spesielt sommerstid som fast øvingssted av flere avdelinger. Sin nåværende utforming fikk garnisonen av tyske okkupasjonsstyrker. Tildels meget store tyske styrker var forlagt i området. I tiden etter siste krig var etablissementene bl.a. nyttet til rekruttutdanning for Tysklandsbrigaden. I forbindelse med nedlegging av Tysklandsbrigaden ble Sætermoen et av Brig.N's tyngdepunkter. Forløperen til Brigaden i Nord-Norge ble først etablert som en fast garnison på Sætermoen. I første omgang ble garnisonen etablert med en infanteribataljon, en artilleribataljon og sanitetskompaniet. I tillegg har området hele tiden vært et senter for oppsettende avdelinger for infanteri (IR 16), artilleri og forsyningsavdelinger. Skytefeltet på Sætermoen er utvidet en rekke ganger, senest med Karlstadskogen og Sørskogen. Feltet er idag på ialt 145000 da og består av statseid og privat område. Rettighetene er sikret ved en Kgl. res av 11.mai 1979. Feltet administreres idag av Sætermoen Plasskommandantskap. Sætermoen er nå garnisonsted for Panserbataljonen Brig N, Middelstung feltartilleribataljon Brig N, Sanitetskompani Brig N med Troms militære sykehus samt Elektronisk Kompani Div 6. I alt representerer disse avdelingene ca 350 faste arbeidsplasser. I tillegg kommer verksteder og oppsettende avdelinger.

Sætermoen nyttes også til øvningssted for andre avdelinger i Nord-Norge og til repetisjonsøvelser.

Skjold området ble i likhet med de fleste tettsteder i Troms nyttet 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 er idag på ca 52000 da. Det har vært arbeidet med spørsmål om å binde Mauken skyte/øvingsfelt sammen med Blåtindfeltet. Feltet administreres idag av Skjold Plasskommandant skap. Ialt representerer de faste avd. i området ca. 250 faste stillinger. Området nyttes også av repetisjonsavdelinger.

Måleprogram

- a) Elvemoser ble eksponert ca. 8 uker ved 2 stasjoner i Sætermoen skytefelt (Kobbryggelva og Sæterelva) og 2 bekker på Mauken skytefelt (st.1 og 2).
- b) Sedimenter i innsjøene Øvre Sætervann, nedre Sætervann og Lortjern ble analysert. Nedre Sætervann har kuledeposeringen i vannkanten, mens Lortjern sannsynligvis inneholder deponert ammunisjon og er muligens brukt som avfallsplass tidligere under krigen.
- c) Vegetasjonsprøver er samlet inn ved den mest brukte feltskytebanen (lag i forsvar) ved Kalstadskogen.

Resultater

- a) Moseanalysene viser at Kobbryggelva og Sæterelva var lite forurenset av kobber og bly. Verdiene var nær de som ble registrert i Barduelva. Området har likevel innhold av kobber. Basisk vann med lavt humusinnhold er en viktig årsak til at ikke kobber og bly løses ut i nedre Sætervann i større utstrekning. Begge bekkene på Mauken skytefelt var noe påvirket av bly og kobberforurensninger. Konsentrasjoner i Størrelsen 5 µg/l i vannfasen kan anslås ut fra moseprøvene.
- b) Sedimentene i øvre Sætervann var ikke forurenset av kobber, bly, kadmium eller sink. Økningen av sinkkonsentrasjon i de ferskeste (øverste) sedimentene skyldtes økning i organisk materiale. Nedre Sætervann var ikke forurenset av kadmium og sink, men svakt forurenset av kobber og bly. Verdiene var imidlertid svært lave, noe som også henger sammen med

det lave innholdet av organisk materiale i sedimentet. Dersom en tar i betrakning de prosjektilmengdene som er deponert i strandkanten (og som også kan observeres visuelt), så må korrosjonshastigheten og utløsningen av metaller fra disse være svært sein. Hovedårsaken til dette er gode oksygenforhold i vannet som i tillegg er basisk og har lavt innhold av humus og relativt høgt kalkinnhold.

Sedimentene i Lortjern hadde et høgere innhold av organisk materiale enn de to ovennevnte. Dette er en av årsakene til at verdiene for alle elementene var noe høgere i dette tjernet. Det forklarer imidlertid ikke hele økningen og tjernet må anses som å være betydelig forurensset av bly og kadmium, lite av sink og ubetydelig av kobber. Årsaken til dette antas å være at dette tjernet har en høgere humusbelastning og lavere oksygenverdier nær sedimentene enn f.eks. i Sætervannene. De kjemiske forholdene i vannet betinger derfor en høgere korrosjonshastighet av prosjektiler i Lortjerns bunnområder enn i Sætervannene. Vi vil likevel presisere at totalverdiene av de undersøkte elementene ikke er høgere enn de en kan finne i innsjøsedimenter i Sør-Norge som kun mottar atmosfæriske deposisjoner.

- c) Vannanalyser fra et sig fra feltskytebanen i Karlstadskogen viste høge verdier for spesielt bly (144 $\mu\text{g/l}$), men også kobber (60 $\mu\text{g/l}$). Skytingen foregikk utover ei vannrik myr. Sur myrjord med lavt oksygeninnhold øker korrosjonshastigheten av prosjektiler samtidig med at løste humussyrer virker som metalltransportører. Dette er de viktigste årsakene til de høge verdiene. Vegetasjonen på feltskytebanen viste liten anrikning av kobber i forhold til referansene like utenfor, mens konsentrasjonen av bly var betydelig høgere enn referansene spesielt for gras, krekling og molter.

Konklusjon

Forurensningen av bly og kobber i skytefeltene på Mauken og Karlstadskogen er i hovedsak begrenset til det lokale feltet. Forurensninger i vannet som drenerer feltene viser forhøyde verdier, men de fortynnes raskt. Vannsystemet Kobbryggelva - Sætervannene - Sæterelva viste ubetydelig forurensninger av bly, kobber, sink og kadmium hovedsakelig på grunn av en god vannføring og gunstig vannkvalitet med hensyn på korrosjon av prosjektiler. Det må i denne sammenheng også nevnes at dette vannsystemet også inkluderer direkte avrenning fra den kommunale avfallsplassen i Bardu. Lortjern var forurensset av bly og kadmium. Vannkvalitet og sedimentenes karakter tilsier en høgere korrosjonshastighet i dette tjernet enn f.eks. i Sætervannene.

Tab.6 Kjemiske og biologiske målinger i Sætermoen / Karlstadskogen/Mauken skytefelt.
Undersøkelsene er gjort i juli 1991.
GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC												
		%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%												
INNSJØER	cm																							
	Øv.Sætervann (13 m)	0-1	11	57	1,0	16	1	143	1,2	<0,5		6,4	4											
		1-2	7	50	<1	16	1	126	1,1	<0,5		5,0	2											
		2-3	8	56	1,0	18	1	131	1,2	<0,5		5,2	3											
	ref.	5	54	-	15	-	113	-	<0,5		4,8	1												
Ne.Sætervann (19 m)	0-1	13	80	1,2	33	2,2	213	1,3	<0,5		7,8	5												
	1-2	12	79	1,2	30	2,0	196	1,2	<0,5		7,6	4												
	2-3	7	74	1,1	20	1,3	142	<1	<0,5		6,9	2												
	ref.	10	65	-	15	-	165	-	<0,5		5,9	4												
Lortjern (13 m)	0-1	42	94	1	253	15,8	450	1,8	2,6	4,3	5,0	20												
	1-2	39	120	1,2	145	9,1	554	2,2	4,6	7,6	5,7	19												
	2-3	42	75	<1	91	5,7	477	1,9	2,5	4,2	4,8	21												
	ref.	50	102	-	16	-	246	-	0,6	-	7,2	25												
Vannmose Sætermoen																								
													Kobbryggelva	B1	47	1,3	8	1	86	1,4			1,15	
													Sæterelva	st.2	64	1,8	11	1,4	141	2,4			1,25	
													Barduelva	ref.	35	-	8		59	-			1,6	
Mauken																								
													st.1	94	2,6	53	6,6	267	4,5			1,0		
													st.2	60	1,7	35	4,3	130	2,2			1,0		
	ref.	35		8		59	-																	
Terrestrisk Karlstadskogen Nærstridsløype (humus) Gras bane ref. Blåbærris bane ref. Bjørk bane ref. Kreklingblad bane ref. Molteblad bane ref.			1205		10241			230		<0,5		0,35												
															14	4,6	80	80						
															3		1							
															9	1,3	37	12						
															7		3							
															7	1	14	2						
															7		6							
															18	2,5	83	83						
															7		<1							
															11	1,2	57	28						
															9		2							
													Vannprøver sig feltsk.bane			60 µg/l		144 µg/l		40 µg/l				0,6%
16/7			Ca (mg/l)		pH		led.ev(mS/m)		Farge(mgPt/l)															
Øv.Sætervann			9,9		7,8		7,6		5															
Ne.Sætervann					7,8		6,8		3															
Lortj.			9,1		7,8		10,1		28															

2.7 Porsangermoen

Områdebeskrivelse

En oversikt over skytefeltene nærmest Porsangermoen er gitt i Fig.7. "Gagga-feltet" NØ for Porsangermoen er ikke vist.

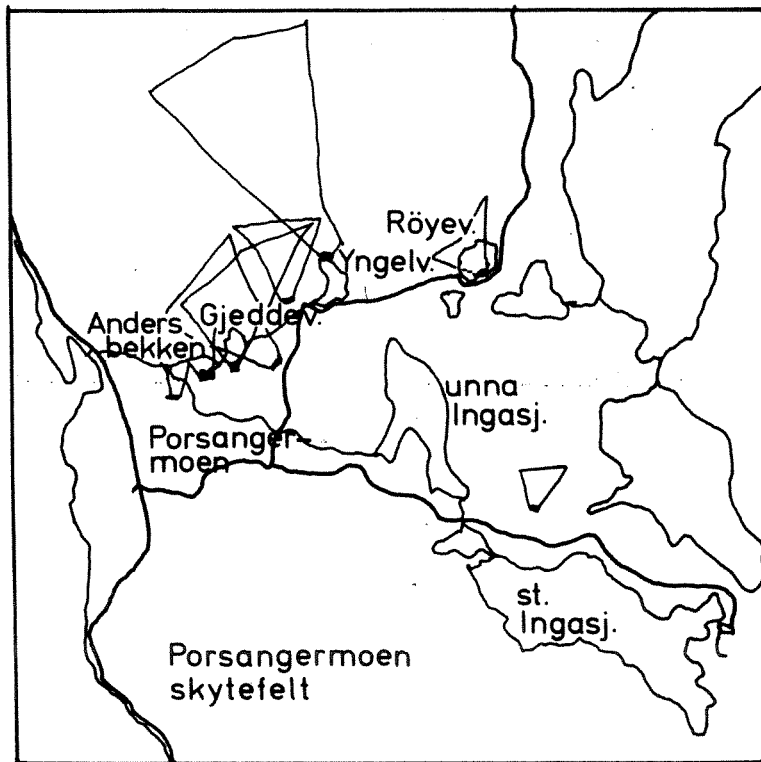


Fig.7 Oversikt over Porsangermoen skytefelt.

Området Lakselv - Banak - Skoganvarra var, før den tyske tilbaketrekning fra Finnmark i 1944, forleggingsområde 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 og til de siste utbyggingsplaner ble stoppet i forbindelse med omstrukturering av Forsvaret i disse dager. I hovedsak skjedde de store utbyggingene i perioden 1969-78. I tillegg er tildels store utbygginger gjennomført i de siste år. På det meste er en bataljonsgruppe med infanteribataljon, ett middelstungfelt-artilleribatteri, stridsvogntropp og luftvern batteri vært forlagt i området. En viss nedbygging foregår i disse dager. Området er mye benyttet som repetisjons senter. Totalt representerer garnisonen ca 230 arbeidsplasser. Porsangermoen og Halkvarre

skyte- og øvningsfelt er et av Forsvarets største felter på ialt 318000 da. Området er i sin helhet statens grunn.

Måleprogram

- a) Det ble analysert prøver av vannmoser fra Gaggajokka nedstrøms skytefeltet og fra Andersbekken ved utløpet i Nedrevatn. Andersbekken avvanner skytefelter nærmest Porsangermoen.
- b) Det ble analysert sedimentprøver fra 5 innsjøer som er påvirket av skyteaktivitet i ulik grad. Røyevatn, Yngelvatn og Gjeddevatn må antas å motta de største forurensningene, mens store og unna Ingasjavri er mindre berørt.
- c) Det ble samlet vegetasjonsprøver fra den mest benyttede feltskytebanen (lag i forsvar).

Resultater (Tab.7)

- a) Moseanalysene fra Gaggajokka viste verdier nær bakgrunnsverdiene for bly, kobber og sink. Lite humus i nedbørfeltet kombinert med relativt kalkrikt jordsmonn og betydelige løsavsetninger er forhold som bidrar til å redusere korrosjonen av prosjektiler og reduserer mobiliteten av tungmetaller. I tillegg er vannføringen i Gaggajokka ganske stor slik at fortykningseffekten er betydelig. Totalt sett blir derfor metallforurensningen fra dette feltet uten økologisk betydning.

Moseanalysene fra Andersbekken viste noe høyere verdier for kobber og bly enn referansene, men totalverdiene var likevel beskjedne. Dette indikerer at middelkonsentrasjonen av kobber og bly i sommerperioden neppe har vært over 3 µg/l i vannfasen. De økologiske effektene på dette avsnittet må derfor anses som beskjedne.

- b) Analysene av referansesedimentene viste at geokjemien i skytefeltet er relativt rik på kobber. Geokjemien og sedimentets innhold av organisk materiale er de faktorene som styrer sedimentkonsentrasjonen også i de ferskest avsatte sedimentene (øvre 3 cm). I denne sammenhengen viser det seg altså at bidrag fra kobberforurensning fra skytefeltet er uten betydning.

Blyanalysene viser at bakgrunnsverdiene var lave slik de er i store deler av Nord-Norge. Det var en økning i konsentrasjonen i de yngste sedimentene (0-3cm) for alle innsjøene. For Yngelvatn, store og unna Ingasjavri skyldes denne økningen i alt vesentlig atmos-

færisk deponisjon. Gjeddevatn viser et klart påslag fra skyteaktivitet, mens Røyevatn har meget høge blyverdier i sedimentet og var sterkt blyforurenset.

Ingen av innsjøene var forurenset av sink og kadmium.

- c) Vegetasjonsanalyser fra de bakre måleområdene på feltskytebanen viste liten akkumuleringsgrad for både bly og kobber.

Konklusjon

Røyevatnet var sterkt forurenset av bly fra deponerte prosjektiler. Sedimentene i Gjeddevatn var også noe forurenset av bly fra skyteaktivitet. Forøvrig skyldes forurensningen av bly i de andre innsjøene hovedsakelig atmosfæriske avsetninger. Høge naturlige kobberkonsentrasjoner gjør at bidraget fra kobberforurensning fra skytefeltene blir nærmest uten betydning.

Det generelle inntrykket fra skytefeltene langs Andersbekken er at en ville ha forventet at forurensningen av metaller hadde vært større enn det som observeres. Årsaken til at forurensningene var små er sannsynligvis betydelige løsavsetninger med kalkinnslag som gir en basisk reaksjon i vannet og et relativt høgt kalkinnhold. I tillegg til dette er humuspåvirkningen liten. Alle disse forholdene er med på å redusere korrosjonshastigheten av prosjektiler og mobiliteten av metaller i feltet. Det samme resonnementet gjelder for Gaggafeltet der Gaggajokkas metallkonsentrasjoner er lik de naturgitte.

Totalt sett er det derfor bare enkelte lokale deler av skytefeltet som har betydelige metallforurensninger, men de forblir der eller i umiddelbar nærhet og forurenser ikke vannsystemene utenfor skytefeltet. De naturgitte forhold kan sies å være gunstige med hensyn til anlegging av et skytefelt.

Tab.7 Kjemiske og biologiske målinger i Porsangermoen skytefelt. Undersøkelsene er gjort i juli 1991.

GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC
INNSJØER	cm	%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%
Gjeddetj.	0-1	37	197	<1	85	21	99	1,2	<0,5		4,4	18
	1-2	36	200	<1	80	20	101	1,2	<0,5		4,3	19
	2-3	33	188	<1	132	33	98	1,2	<0,5		3,9	16
	ref.	34	214	-	4	-	81	-	<0,5		4,2	17
Yngelvatnet 96 m.o.h.	0-1	21	284	<1	17	8,5	70	<1	<0,5		3,2	10
	1-2	33	528	<1	7	3,5	79	<1	<0,5		4,4	16
	2-3	33	520	<1	9	4,5	71	<1	<0,5		3,8	16
	ref.	36	828	-	2	-	112	-	<0,5		6,7	17
Røyevatnet 149 m.o.h.	0-1	36	438	<1	10975	1219	96	1,1	0,53		2,5	18
	1-2	36	533	<1	361	40	95	1,1	0,51		2,8	18
	2-3	37	474	<1	139	15	79	<1	<0,5		2,4	18
	ref.	43	779	-	9	-	89	-	<0,5		2,2	22
Store Ingasjavri (31 m)	0-1	20	102	<1	22	5,5	71	1,0	<0,5		2,3	10
	1-2	17	111	<1	15	3,8	76	1,0	<0,5		3,0	8
	2-3	17	100	<1	8	2	76	1,1	<0,5		3,0	8
	ref.	23	214	-	4	-	69	-	<0,5		2,7	11
Unna Ingasjavri (17 m)	0-1	32	100	<1	39	13	208	2,9	<0,5		2,7	16
	1-2	30	94	<1	32	11	76	1,0	<0,5		2,6	15
	2-3	27	94	<1	20	7	75	1,0	<0,5		2,4	14
	ref.	26	120	-	3	-	71	-	<0,5		1,8	13
Vannmose												
Gaggajokka			18		3	1	36		-		2,1	
Andersbekken			26		16	5,3	45		-		0,8	
Referanse			13		3		32				0,7	
Vegetasjon												
Gras												
bane			15	3,8	8	4						
ref.			4		2							
Blåbærris												
bane			9	1,1	11	2,5						
ref.			8		4							
Bjørk												
bane			22	3	48	3,3						
ref.			7		12							
Geitrams												
bane												
ref.			10		3	-						
Vannanalyser												
Utsig fra sprengnings-felt (st.x) ved S.Ingasjavri			Cu (µg/l)		Pb(µg/l)		Zn(µg/l)					
			5,7		<0,5		40					
Vannanalyse												
			pH		led.evn(mS/m)		Ca (mg/l)		Farge(mgPt/l)			
Gjeddetj. 17/7			7,81		13,0		17,2		13			

2.8 Høybuktknoen

Områdebeskrivelse

En oversikt over området er gitt i Fig.8. Dette er delt mellom et østre og et vestre felt.

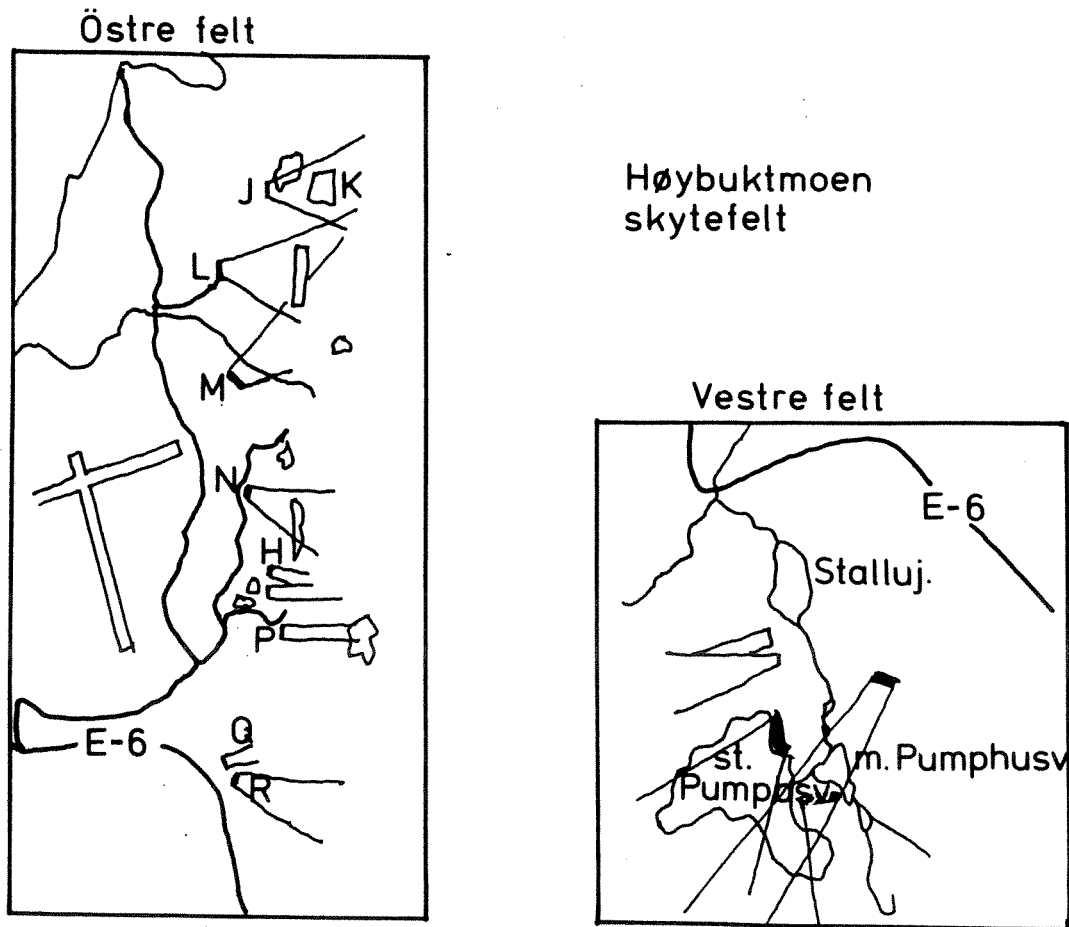


Fig.8 Oversikt over Høybuktknoen skytefelt.

Tradisjonelt har Forsvaret i Øst Finnmark vært knyttet til etablering av Vardøhus festning i begynnelsen av 1300. Første militære avdeling i Varanger området ble organisert og lagt til Kirkenes i 1930, fra 1932 Varangerbataljon. Denne bataljon hadde imidlertid sin ekserserplass på Nyborgmoen. Garnisonskompaniet i Kirkenær ble opprettet i 1921. Hensikten var i første rekke å markere myndighetsutøvelse mot Øst. Standkvarter Kirkenes og Pasvik (Svanvik). Etter krigen ble kompaniet gjenopprettet med forskjellige forlegninger i Kirkenes/, Bjørnevatn/ og Pasvik-området. Standkvarter for Garnisonen i Sør-Varanger (GSV) var fram til 1951 i Kirkenes, da det ble flyttet til Høybuktknoen. Høybuktknoen var bygget opp

av tyske okkupasjonsstyrker som et tungt baseområde for deres angrep mot Murmansk. Området ble fullstendig ødelagt ved tilbaketrekningen i 1944. Etablissementet for GSV ble etablert i første bygge fase 1950-56, men er senere bygget ut i etapper fram til nåværende status. I dag omfatter skytefeltene (to hovedfelter) ialt 12500 da. GSV utgjør i dag en redusert infanteribataljon med et grensekompani forlagt langs den felles Norsk-Russiske grense. Totalt representerer GSV ca 130 arbeidsplasser.

Måleprogram

- a) Konsentrasjonen i en naturlig bestand av vannmoser i utløpsbekken fra lille Pumpehusvatn ble analysert med hensyn på kobber, bly og sink. Denne bekken avvanner det meste av vestre skytefelt.
- b) I vestre felt ble det analysert sedimentkjerner fra store og midtre Pumpehusvatn. I det østre feltet ble det analysert sedimenter fra noen små grunne tjern eller vannansamlinger nær banene K, N og O (Fig.8).
- c) Det ble samlet inn vegetasjonsprøver fra feltskytebanen (lag i forsvar) i østre felt. Det ble også analysert på metallkonsentrasjoner i bekken fra bane M og L.

Resultater

Alle analyseresultatene er gitt i Tab.8.

- a) Moseanalysene fra utløpsbekken fra vestre felt viser noe høyere verdier for kobber og bly enn referanseverdien. Verdiene var imidlertid ikke spesielt høye.
- b) Metallkonsentrasjonene i sedimentet i innsjøene i vestre felt var lave. For de ferskeste sedimentene (0-3cm) var kobber og sinkinnholdet til og med lavere enn i referanse-sedimentet. Kadmium verdiene var alle lave. Bly viser et lite påslag som nok i hovedsak skyldes atmosfæriske deponeringer. Totalt sett var det derfor ikke store problemer knyttet til forurensning av bly og kobber fra skyteaktivitet til vassdraget fra vestre skytefelt.

Det samme var også tilfelle for dammene i østre skytefelt med unntak av dammen ved bane N som var klart forurensnet av bly.

- c) Analysene av vegetasjon fra feltskytebanen viste små anrikninger av kobber, men betydelige for bly. Spesielt blåbærris og kreklig hadde høge verdier 200-500 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene. Avrenningsvannet fra feltet viste også konsentrasjoner av bly og kobber i området 2-5 µg/l som er høyere enn de naturgitte verdier. Molter, gras og bjørk hadde en lavere biokonsentrering av spesielt bly selv om økningen var betydelig også for disse.

Konklusjon

Skytebanene i østre felt er anlagt på en stor løsavsetning. En svakt sur reaksjon (pH verdi) og lite humus i vannet samt at feltet ligger øverst i et nedbørfelt gjør at det er ubetydelige vannforurensningsproblemer knyttet til tungmetaller fra dette feltet.

Det vestre skytefeltet hadde større gjennomstrømning av vann som var relativt lite humuspåvirket og har en svakt sur pH-verdi. En god vanngjennomstrømning kombinert med lav korrosjonshastighet på prosjektilene er nok hovedårsaken til at forurensningsfaren fra dette feltet er liten. Kombinasjonen drikkevannskilde - skytebane bør kreve stor aktsomhet i forvaltningen av området rundt Store Pumphusvann.

Tab.8 Kjemiske og biologiske målinger i Høybuktmoen skytefelt. Undersøkelsene er gjort i juli 1991.
GT=glødetap, OC=organisk materiale, Kf=konc./ref.

Sedimenter		GT	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe	OC	
	cm	%	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	ppm	Kf	%	%	
store Pumfhusv. (6m)	0-1	42	79	<1	30	30	36	<1	<0,5		3	21	
	1-2	39	189	<1	20	20	70	<1	<0,5		5	19	
	2-3	37	192	<1	14	14	72	<1	<0,5		7	18	
	ref.	46	241	-	1	-	174	-	<0,5		14	21	
Midtre Pumpehusv. (14m)	0-1	19	87	<1	28	28	69		<0,5		4,7	9	
	1-2	39	103	<1	25	25	89		<0,5		6,3	19	
	2-3	47	129	1	16	16	64		<0,5		5,6	23	
	ref.	44	126	-	1	-	97		<0,5		9,0	21	
Bane O (0,7m)	0-1	88	36		24	8	229		0,76		1,8	18	
	1-2	91	25		22	7	272		0,60		1,3	13	
	ref.	97	7		3	-	27		<0,5		0,3	4	
Bane K	0-1	78	56		12	1,3	87		<0,5		1,8	28	
	1-2	80	50		10	1,1	128		0,68		1,2	25	
	ref.	82	40		9	-	65		0,54		0,7	20	
Bane N (0,5m)	0-1	51	85		223	15	98		0,65		1,3	44	
	1-2	50	91		158	10	243		1,42		0,5	45	
	ref.	70	79		15	-	232		1,30		0,3	40	
Vannmose Pumpehusv. Utløpsbekka ref.			51		41		182				5,36		
			28		10		76				0,7		
Høybuktmoen Bekk fra M og L			µg/l		µg/l		µg/l				µg/l		
			5,2		2,7		10				1700		
Vegetasjon Gras	bane		14	1,3	140	47							
	ref		11		3								
	Blåbærris	bane		34	3,4	581	581						
		ref		10		1							
	Bjørk	bane		21	2,3	169	56						
		ref		9		3							
	Krekling	bane		48	6	667	222						
		ref		8		3							
	Molte	bane		28	4,6	68	34						
		ref		6		2							
	Vannprøver St.Pumpehusv. Tjern O			pH		led.evn(mS/m)		Ca(mg/l)		farge(mgPt/l)			
				6,16		2,83		1,3		7			
			5,85		4,12		0,5		65				

3. Sammenfattende diskusjon

3.1 Er det mulig å fremskaffe realistiske mål på mengden deponerte prosjektiler i skytefeltene?

NIVA har undersøkt muligheten for å få en oversikt over årlige skytevolum i de enkelte felter. Forsvarets ammunisjonsregnskap bygger på regnskapsførsel og registrering av ammunisjon som leveres fra arsenal til den enkelte avdeling. Det sier ikke noe om hvor denne ammunisjon er forbrukt. Enkelte avdelinger kan forbruke det meste av ammunisjonen i egne felt, andre har ikke egne baner og gjennomfører all sin skyting på andre avdelingers felter. Steinsjøfeltet er et felt som i sin helhet kun nyttes av andre avdelinger. For å finne ut hvor repetisjonsavdelinger gjennomfører sin trening måtte en kryssjekke med bl.a. øvingsplanene. I de enkelte felt er det opplysninger om deponerte mengder på hver enkelt bane som er interessant. Her måtte en i såfall gå inn i de daglige skyteprogram noe som vil medføre et enormt papirarbeid. Uansett vil opptil 100 års tidligere forbruk ikke kunne rekonstrueres. Sett på denne bakgrunn har en foreløpig ikke gått videre med kartlegging av deponert mengde på de enkelte baner.

3.2 Hvorfor bruker vi vannmoser til å måle bly og kobberforurensning i bekker fra skytefelt, og hva viser resultatene av undersøkelsen?

I lite eller moderat forurensede elver og bekker forekommer tungmetallene oftest i meget lave konsentrasjoner, og det kreves et stort antall prøver for å oppnå representative middelverdier over en lengre tidsperiode. Konsentrasjonene er ofte nær grensen for det som kan måles, og risikoen for å forurense prøvene ved prøvetakningen og seinere ved analysene er stor. I slike tilfeller er vannanalyser usikre og ofte lite egnet til å beskrive vannforurensninger av metaller. I rennende vann bruker vi i stedet bioindikatorer. Dette er organismer som oppkonsentrerer (biokonsentrere og bioakkumulere) metallene i et bestemt forhold til mengden i vannet. Konsentrasjonene kan bli 1000-10000 ganger høyere enn i vannet. De høyere konsentrasjonene i organismene sikrer dermed en vesentlig større følsomhet i analyse-resultatene sammenlignet med vannprøver, og forurensningsfaren knyttet til prøvebehandlingen er liten. En annen fordel med å bruke bioindikatorer er at en vannprøve representerer et øyeblikksbilde, mens konsentrasjonen i en bioindikator er relatert til en middelkonsentrasjon av metallene i vannet gjennom en lengre periode. Videre gir en bioindikator informasjon om den biotilgjengelige fraksjon av metallet som er viktig for vurderingen av de økologiske effektene. Vannmoser og da særlig storvokste arter som **vanlig elvemose** og **slank elvemose** tilfredsstiller mange av kravene til å være en god bioindikator (Fig.9).

For at mosene skal fungere som gode bioindikatorer er det imidlertid viktig at den generelle vannkvaliteten holder seg innenfor visse grenser. Vi vet at i surt vann tar de opp en mindre andel av den biotilgjengelige fraksjonen av metallene enn ved mer nøytral pH. Mosene kan derfor ikke brukes ukritisk ved pH verdier mindre enn 6,0. Ved høgt humusinnhold (brunt vann) med en vannfarge overstigende 200 mg Pt/l er også opptaket lite, men dette gjenspeiler antagelig at den biotilgjengelige andelen av totalkonsentrasjon er liten ved slike tilfelle. Redusert opptak er også registrert i kalkrikt vann når kalsiumkonsentrasjonen overstiger 40 mg/l. Dette er imidlertid en uaktuell vannkvalitet for de undersøkte skytefeltene. Surhetsgrad og humuspåvirkningen i bekker og vann i skytefeltene sommeren 1991 er vist i Fig.10.

Med unntak av sure vassdrag så er elvemose vanlig forekommende i hele Norge. Det foreligger en hel del referansedata s.k. "bakgrunnsnivåer" eller referanseverdier fra både Norge (Lingsten 1985, Lingsten munt.medd.) og Sverige (Lithner 1988). Anvendeligheten og begrensningen er derfor relativt godt dokumentert, særlig når det gjelder kobber, sink, bly og kadmium. Mosen blir utplassert 3-4 uker i sommerhalvåret i feltene og innholdet av aktuelle tungmetaller blir analysert i toppskuddet.

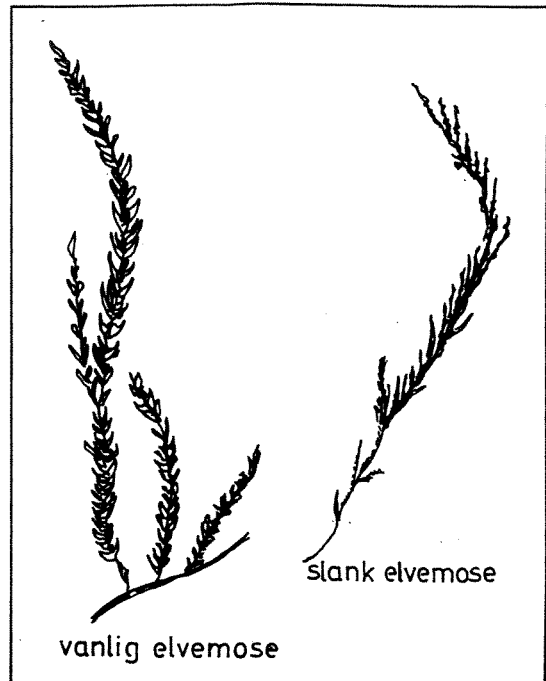


Fig.9 Vannmosene **vanlig elvemose** (*Fontinalis antipyretica*) og **slank elvemose** (*Fontinalis dalecarlica*) som brukes som bioindikator for tungmetallkonsentrasjoner i vann.

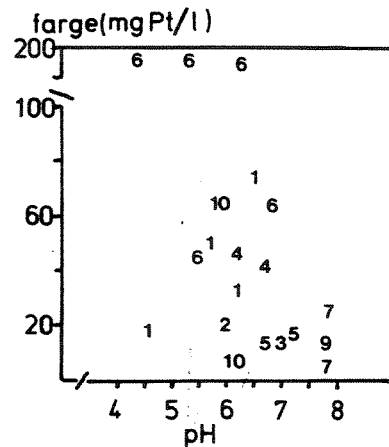


Fig.10 Sammenhengen mellom surhetsgrad og humuspåvirkning i vann som avvanner skytefelt.

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. Evjemoen | 6. Giskås |
| 2. Hengsvatn | 7. Sætermoen |
| 3. Heistadmoen | 8. Mauken |
| 4. Steinsjøfeltet | 9. Porsanger |
| 5. Hjerkin | 10. Høybuktmoen |

Enkelte bekker på Giskås hadde imidlertid et høgt humusinnhold og to av de var også relativt sure slik som også var tilfelle for Bjoråa ved Evjemoen. I disse tilfellene kan metallverdiene være noe lavere enn de skulle ha vært sammenliknet med de andre målingene.

En viktig side i vurderingen av forurensningen av metaller fra skytefelt er variasjonen og størrelsen i de naturlige bakgrunnskonsentrasjonene. Med dette begrepet menes egentlig de konsentrasjoner som måles i moser fra områder der geokjemien er den eneste kilden. Slike områder er imidlertid umulig å finne. Menneskelig aktivitet har også forurenset atmosfæren og avsetningen av mange metaller er betydelig slik som f.eks. for bly. Denne atmosfæriske kilden er ofte umulig å skille fra geokjemiske kilder når det gjelder å forklare metallkonsentrasjoner i vann. Vi pleier derfor ofte å inkludere denne kilden og kaller konsentrasjoner fra områder som bare har geokjemiske + atmosfæriske kilder som **referanseverdier**. Gode referanseverdier for hvert felt er viktig å ha når en annen forurensning slik som fra skytefelt skal klarlegges. NIVA har brukt egne forskningsmidler til å undersøke variasjonen i referanseverdier for vannmoser i ulike deler av landet. Resultatene er vist i Fig.11. Vi ser at det er en stor forskjell på konsentrasjonene av de ulike metallene, men også variasjonen innen hvert metall kan være betydelig. Dette viser at det er nødvendig å innhente referanseverdier for hvert område som undersøkes og at et såkalt landsgjennomsnitt for referanseverdier ikke kan brukes som grunnlag i vurderingen av forurensninger fra skytefelt. Forholdet mellom målte konsentrasjoner og referanseverdiene kalles **kontamineringsfaktor** og denne er i de fleste tilfeller et godt relativt mål på forurensningsgraden av

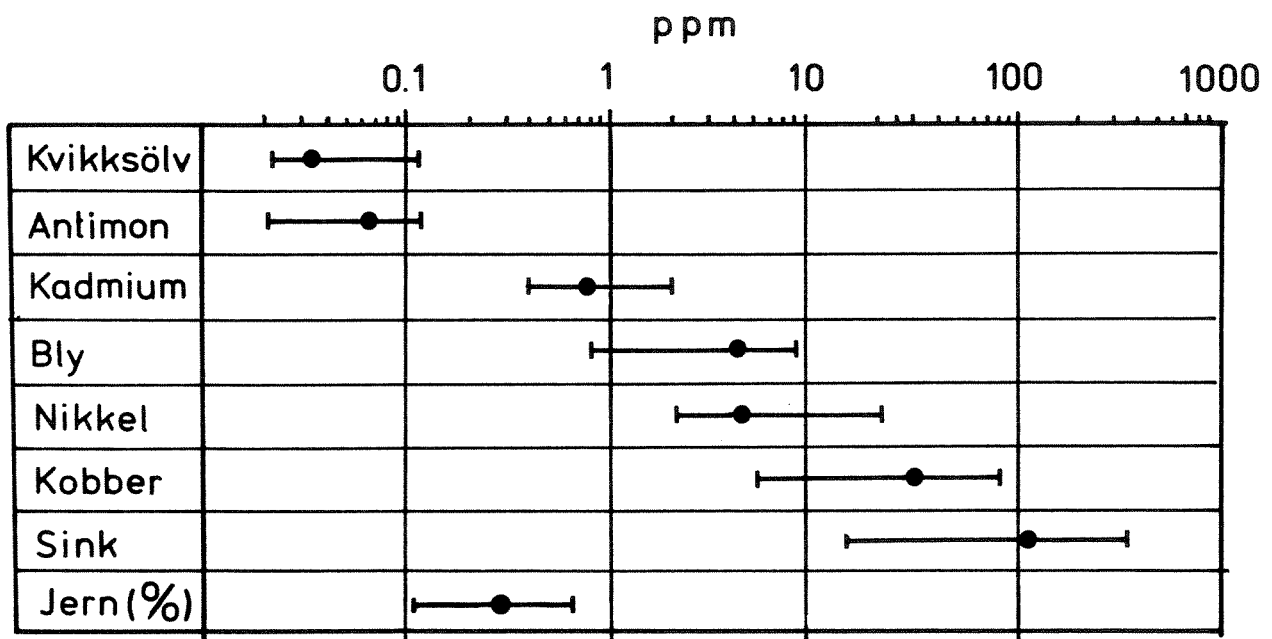


Fig.11 Middelerverdier og variasjonsbredder for konsentrasjoner av elementer i elvemose fra hele Skandinavia er gitt. Verdiene representerer **referanseverdier** da mosene kun var utsatt for naturlige geokjemiske kilder i tillegg til atmosfæriske forurensninger.

Kontamineringsfaktoren (K_f) er også antakelig et av de bedre målene vi har på å vurdere sjansen for at metallkonsentrasjon skal virke giftig på organismer i økosystemet. Variasjonen i K_f -verdier for kobber og bly i vannmoser i de ulike skytefeltene er vist i Fig.12. Vi ser at anrikningsgraden for kobber var relativt beskjedent for de fleste feltene bortsett fra Steinsjøfeltet og Evjemoen der en tydelig anrikning ble registrert. For bly var forurensningen mer markert med klare utslag for de fleste felter unntatt for Sætermoen og Svåni/Grisungbekken (Hjerkinn).

	Kobber (K_f)					Bly (K_f)							
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	10	20	30
Evjemoen		-----				-----							
Steinsjøfeltet		-----											78 →
Hjerkinn	-----					-----							
Giskås	-----					-----					-----		
Porsanger	-----					-----							
Sætermoen	-----					-----							
Mauken	-----						-----						

Fig.12 Variasjon i anrikningsgrad (K_f) for vannmose. K_f er målt konsentrasjon delt på referanseverdier fra den aktuelle geografiske regionen. Prøvene er eksponert i 4 uker på ettersommeren 1991.

Selv om det var klare forurensningsutslag for bly så var ikke konsentrasjonene særlig høge. Totalt sett var de ikke særlig høgere enn de en kan observere i elver/bekker i de deler av landet som har de høgste konsentrasjoner av bly og kobber i geokjemien og eventuelt samtidig har høge atmosfæriske deposisjoner (unntak: en bekk på Steinsjøfeltet og en i Giskås).

Som en oppsummering kan vi derfor si at vannmosene indikerer forhøyde verdier av særlig bly, men av og til også kobber i vann fra skytefelt. Verdiene er imidlertid ikke spesielt høge og de vil i de aller fleste tilfeller ikke gi omfattende forgiftninger i økosystemet.

3.3 Hvorfor bruker vi sedimenter til å måle forurensningsgraden av tungmetaller i innsjøer ,og hva viser disse analysene for undersøkelsen i skytefeltene?

Metaller forblir i liten grad som løste ioner i vannet, men bindes til partikler som synker til bunns og danner sedimenter. Dette gjør at metallkonsentrasjonene i innsjøen oftest er svært lave og varierer mye over kort tid. Det kreves derfor et stort prøvetakingsopplegg for å oppnå representative prøver. Derimot er konsentrasjonene i sedimentene mye høyere og varierer lite over året. Derfor gir få prøver stor representativitet. De kan dessuten samles inn uavhengig av tidspunkt på året.

I innsjøer som er dype nok vil kvaliteten og konsentrasjonene av metaller i sedimentet gjenspeile vannkvaliteten i innsjøen. Hvert år avsettes et ca 1mm tykt sjikt på innsjøbunnen. Analyser i ulike sjikt nedover i sedimentet vil gi oss svar på tidsutviklingen i eventuelle forurensninger fordi sedimentene avsettes kronologisk. Den dypeste prøven i sedimentet (ca. 20cm) er så gammel (ca. 200år) at den representerer tidsperioden før atmosfæren var nevneverdig forurenset av metaller (Fig.13). Konsentrasjonene i dette sjiktet kan derfor kalles **naturlige bakgrunnsverdier**. Ved å sammenlikne konsentrasjoner i sedimentet for innsjøer fra skytefeltene og for innsjøer like utenfor kan vi også beregne utviklingen i de atmosfæriske deponeringer for de respektive områdene. Påslag av forurensninger utover dette kan vi så tilskrive skyteaktivitetene.

I Fig.14 har vi framstilt variasjonen i konsentrasjonen i overflatesedimentene og referansesedimentene for kobber og bly i de ulike feltene. Vi ser at for kobber er forskjellene svært små mellom disse to sedimentsjiktene og at et lite påslag i 0-1cm sjiktet i feltene på Evjemoen og Steinsjøen kan skyldes atmosfæriske avsetninger. Bakgrunnsverdiene er imidlertid mye høyere i feltene i Nord-Norge enn i Sør-Norge.

Totalt sett viser dette at forurensningen av kobber fra skytefelt til vannfasen må ha vært ubetydelig helt fra feltene ble etablert og fram til i dag (se også Tab.1-8).

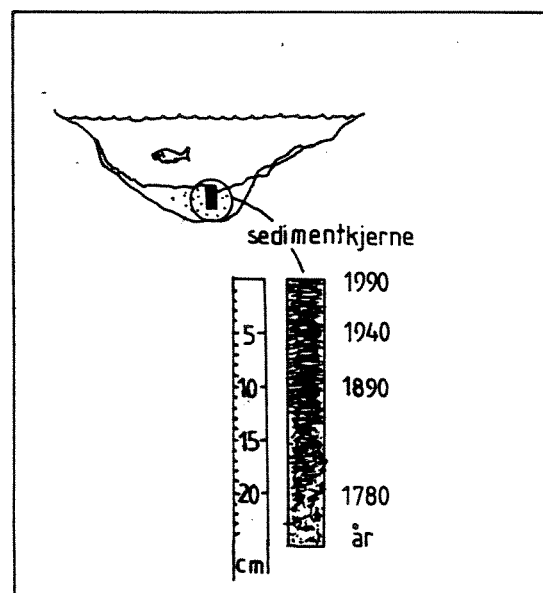


Fig.13 Sedimentets alder i ulike sedimentdyb.

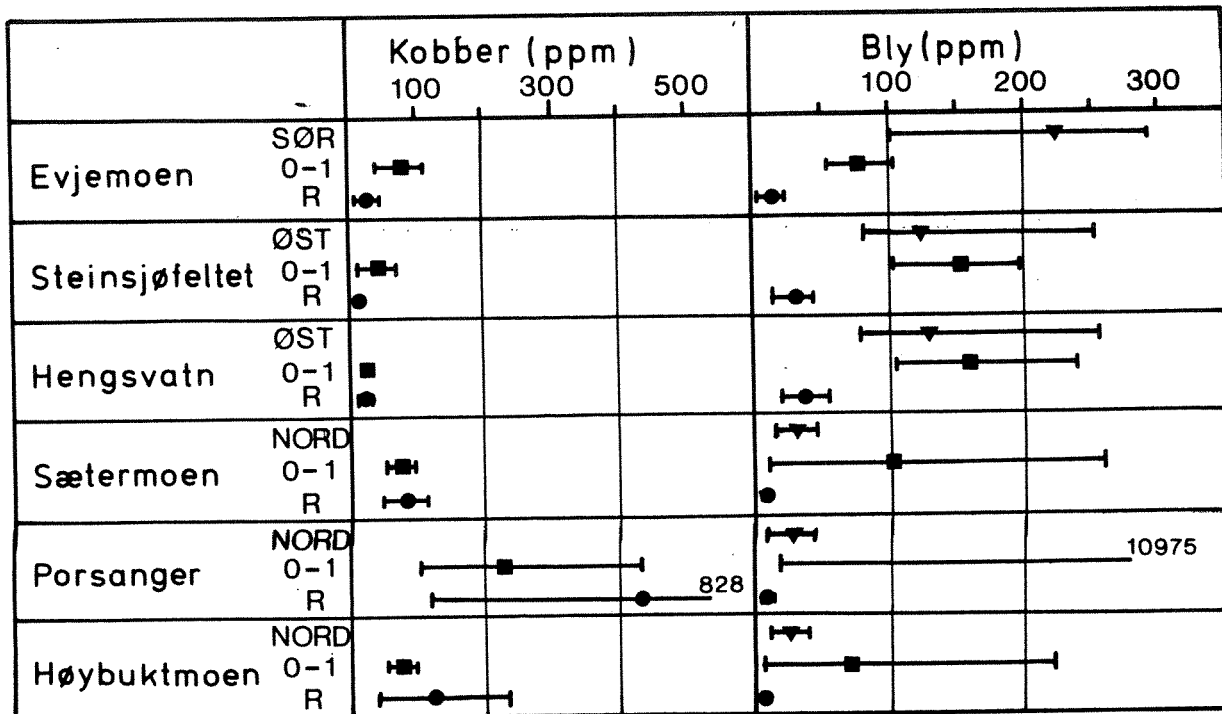


Fig.14 Konsentrasjoner av bly og kobber i innsjøsedimenter fra skytefeltene. Middelerverdier og variasjonsbredder er gitt for overflatesedimentet (0-1) og referansesedimentet (R) som er hentet fra ca. 20 cm sedimentdyp. I tillegg er også resultatene vist for overflatesedimenter fra ulike regioner basert på data fra en landsomfattende undersøkelse av innsjøer som bare mottar atmosfæriske forurensninger. (Rognerud & Fjeld 1990).
SØR=Sørlandet ØST=Østlandet NORD=Nord-Norge

Blykonsentrasjonene i overflatesedimentene var høyere enn bakgrunnsverdiene i alle feltene (Fig.14). I den samme figuren har vi imidlertid lagt inn de verdiene vi oftest finner i innsjøer som bare er forurenset av atmosfæren i de respektive regioner. Vi ser at økningen i overflatesedimentene i alle feltene i Sør-Norge kan forklares ut fra atmosfæriske avsetninger. Det er kun enkelte av innsjøene i de Nord-Norske feltene som kan sies å være forurenset av bly fra skyteaktivitet. Med et unntak (Røyvatn i Porsanger) var imidlertid ikke totalverdiene i overflatesjiktet høyere enn i sedimentene fra innsjøer i Sør-Norge.

Metallnivået i sedimentet er ikke direkte sammenlignbart med belastningen av metaller da det modifiseres noe av sedimentets innhold av organisk materiale og jern samt surhetsgraden og oksygenforholdet i innsjøen. Dersom vi tar alle disse forhold i betraktning er det med unntak av Røyvatn i Porsanger ikke registrert alvorlige blyforurensninger av innsjøsedimenter som følge av skyteaktivitet i feltene fram til i dag. Konsentrasjonene er innenfor de grenser en finner i "naturlige referansesedimenter" dvs. sedimentene som mottar atmosfæriske metallavsetninger i tillegg til de geokjemiske.

3.4 Biotilgjengeligheten av bly og kobber på skytebanen måler vi bl.a. ved opptak i vegetasjon.

Det ble også samla inn og analysert vegetasjonsprøver fra feltskytebanene og kulefangervollene. I feltskytebanene ble det samlet vegetasjon fra områdene hvor hoveddelen av prosjektilene ble deponert. Det ble analysert prøver av gras (engkvein, rødsvingel, finnskjegg), blåbærris, bjørk (nye skudd), geitrams og enkelte prøver av moltebær, blokkebær og tyttebær. Et framtidig overvåkningsprogram bør også belyse variasjoner i metallinnholdet i vegetasjonen fra flere deler av skytebanen. Feltskytingen forgår ofte etter standardiserte skyterekker og en vil ha muligheter til også å sammenligne resultater fra flere felter.

Det var en del variasjon i konsentrasjonene for de enkelte vegetasjonstypene mellom feltene sannsynligvis avhengig av hvor lenge feltene har vært i bruk, lokal geologi og variasjoner i graden av korrosjon fra prosjektilene. Likevel var hovedtrekkene de samme for feltene, og en middelvei beregnet for de ulike vegetasjonstypene for alle feltene kan være et utgangspunkt for en diskusjon (Tab.9). Anrikningsgraden av kobber var beskjeden i vegetasjon og variasjonene mellom artene var relativt små. Vi kan derfor si at det ikke er betenkeligheter knyttet til beiting av vegetasjon på skytefelt når det gjelder kobber.

Tab.9 Middelskonsentrasjon (ppm) i vegetasjon fra 13 feltskytebaner og 5 kulefangervoller fra hele landet og tilhørende referanseverdier i vegetasjon like utenfor banene. Kf-verdier er også beregnet.

	Cu	Cu _{ref.}	Kf	Pb	Pb _{ref.}	Kf
Gras	27	5	5,4	200	2	100
Blåbærris	26	9	2,8	318	4	91
Bjørk	19	8	2,3	132	6	21
Geitrams	19	8	2,3	109	1	109
Andre	23	7	3,2	201	2	100
X (middel)	23	8	2,9	192	3	64

Når det gjelder bly var anrikningsgraden betydelig høgere (100-300). På grunn av meget lave referanseverdier blir likevel ikke totalkonsentrasjonene ekstremt høge. Dersom en tar i betraktning de mengder av prosjektiler (tonnevis) som ligger i nær tilknytning til denne vegetasjonen, så er det bemerkelsesverdig at konsentrasjonene ikke er høgere. Disse resultatene er imidlertid i meget god overensstemmelse med tidligere resultater fra sivile og militære skytebaner slik som diskutert i delrapport 1. Videre så er også den totale mengden av vegetasjon liten både på feltskytebanen og ved kulefangervollene.

Konsentrasjonene i plantene var heller ikke vesentlig høgere enn i humusjiktet fra de deler av landet som mottar mest atmosfæriske avsetninger. Vi kan derfor konkludere med at det

ikke er knyttet store betenkeligheter til beiting av vegetasjon på Forsvarets skytefelt. Det er nok risikoen for at dyr får i seg fragmenter av blyprosjektiler som er den største forurensningsfaren.

3.5 Sammenfatning av resultatene fra de ulike undersøkelsene.

Kobber og bly er elementer som lett binder seg til humus og finfordelte uorganiske partikler i jorda. Selv en forsurending endrer lite på dette bildet. Den generelt lave forurensningsgraden av kobber og bly i de akvatiske økosystemene i skytefeltene må tyde på at korrosjonen av prosjektilene går meget seint, og at de frigjorte metallene bindes raskt til jordsmonnet og i liten grad føres ut i bekker og elver. Vannsystemene utenfor skytefeltenes grenser (nedstrøms) påvirkes praktisk talt ikke av forurensninger av kobber og bly fra feltene. Når det gjelder sink og kadmium er det ikke målt forurensninger av betydning på noe økosystemnivå. Vi kan derfor konkludere med at kobber, bly, sink og kadmiumforurensninger fra skytefelt i hovedsak er begrenset til plassen der de deponeres på skytebanen og i kulefangervollene. Korrosjonen av prosjektiler er svært seint og mye seinere enn de årlig deponeringer. Mengdene av metaller i feltene vil derfor fortsette å øke med årene så lenge feltene er i bruk. En overvåkningsundersøkelse på noen utvalgte felt vil avdekke eventuelle årlige variasjoner i metallavrenning og dessuten vise tidsutviklingen.

Mange av skytebanene ligger også på "moer" med store løsavsetninger og ble således utilsiktet gunstig plassert med hensyn til metalltransport til vann. Det er en forutsetning at massene fra kulefangervollene ikke flyttes evt. dumpes i vassdrag og at områdene fra nedslagsområdene på feltskytebanene ikke utsettes for unødig erosjon. Konklusjonene om at forurensningene av bly, kobber, sink og kadmium fra skytefelt i hovedsak er knyttet til skytebanen, mens områdene utenfor skytefeltet er lite berørt, er i god overenstemmelse med andre publiserte undersøkelser om dette emnet (se Rognerud et. al 1991). Det synes derfor som om disse konklusjonene kan ha en almengyldig karakter da spekteret i typen av skytebaner (unntak lerduebaner) og naturgitte betingelser var svært stort i undersøkelsen.

For å få et best mulig grunnlag for konklusjoner om nødvendigheten av tiltak skal en overvåkningsundersøkelse gjennomføres for et representativt antall felt. Med bakgrunn i de utførte undersøkelser vil det også bli lettere å vurdere effekten av eventuelle framtidige tiltak (som eks. kalking av de mest belastede områder). Ved anlegg av nye geværbaner bør en som et forsøk legge en tetting under kulefangervollen og lage en kontrollert drenering. En vil da kunne overvåke metalltransporten på en oversiktlig måte. Vi viser forøvrig til programmet for overvåkingen i 1992 hvor vi også har antydnet muligheten for at de enkelte miljøvernoffiserer kan delta i feltarbeidene.

4. Litteraturliste

Kjellberg,G. 1988. Vannforurensning fra skytefelt. Delprosjekt 1. Forprosjekt vedrørende eventuell vannforurensning fra demolering av ammunisjon ved Hjerkinnskytefelt 1986-87. NIVA-rapport L.nr. 2183. 36s.

Kjellberg,G. & Boye,B. 1992. Vannforurensning fra skytefelt. Delprosjekt 2. Forurensningsgrad av tungmetaller fra Terningmoen skytefelt vurdert ut fra ulike målemetoder. NIVA-rapport. L.nr.

Lingsten,L. 1985. "Bakgrunnsnivåer" av utvalgte metaller i ferskvannsmoser og mulighet for bruk av moser som indikator på organiske miljøgifter. NIVA-rapport L.nr. 1839. 15s.

Lithner,G. 1988. Bedømningsgrunder for sjøar och vattendrag. Bakgrunnsdokument 2. Metaller. Naturvårdsverket. Rapport nr. 3628. 80s.

Rognerud,S., Kjellberg,G. & Boye,B. 1991. Vannforurensning fra skytefelt. Delrapport 1. Generell vurdering av bevegelighet og giftighet av tungmetaller som deponeres i militære skytefelt. NIVA-rapport. L.nr. 2668. 65s.

Rognerud,S. & Fjeld,E. 1990. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjø-sedimenter og kvikksølv i fisk. SFT-rapport 426/90, 79s.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2051-8