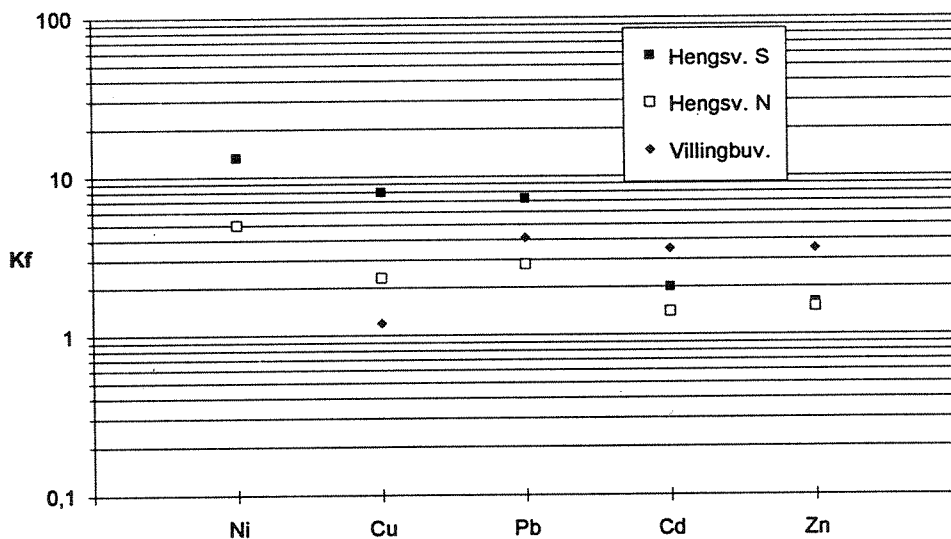




0-93272

# Hengsvatn skytte- og øvingsfelt

Bakgrunnsmateriale for vurdering av eventuelle framtidige endringer av forurensningsbelastningen



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-93272	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3047	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
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:  Hengsvatn skyte- og øvingsfelt. Bakgrunnsmateriale for vurdering av eventuelle framtidige endringer av forurensningsbelastningen.	Dato:	Trykket:
	april -94	NIVA 1994
Forfatter(e):  Jarl Eivind Løvik	Faggruppe:	
	Vassdrag	
	Geografisk område:	
	Buskerud	
	Antall sider:	Opplag:
	12	

Oppdragsgiver:  Forsvarets Bygningstjeneste/Sentralledelsen	Oppdragsg. ref.:  B. Bergesen
---	-------------------------------------

**Ekstrakt:** Undersøkelsen omfatter målinger av sedimentenes konsentrasjoner av tungmetaller i Hengsvatnet i Kongsberg kommune. Konsentrasjoner av bly og kobber ble dessuten målt i vannprøver fra innsjøen. Videre er det arkivert 3 sedimentkjerner for eventuelle senere analyser av metaller eller organiske mikroforurensninger dersom det skulle være behov for det. Beregningene av kontamineringsfaktoren for sedimenter (forholdet mellom konsentrasjonene i overflatesjiktet og i referansesjiktet) viste at det var et påslag av forurensninger særlig for nikkel, kobber og bly, men også for kadmium og sink. Forurensningen antas først og fremst å skyldes atmosfærisk nedfall. Det ble registrert høyere konsentrasjoner av metaller i referansesjiktet i søndre enn i nordre basseng, kontamineringsfaktoren var høyere, og konsentrasjonene i overflatesjiktet var høyere i 1993 enn ved målinger i -91 i dette bassenget. Disse forskjellene kan skyldes flere forhold: Den naturlige tilførselen av metaller til sedimentet i dette bassenget er antagelig høyere p.g.a. geologiske forhold. Skyteaktiviteten kan ha medført noe ekstrabelastning særlig av kobber og bly, og avskogingen i nedbørfeltet kan ha ført til større utvasking, transport og sedimentasjon av naturlige forekommende metaller særlig i det søndre bassenget. Det ble ikke registrert noen anrikning av aluminium i overflatesedimentet sammenliknet med referansesedimentet i noen av bassengene.

4 emneord, norske

1. Tungmetaller
2. Hengsvatnet
3. Skytefelt
4. Sedimenter

4 emneord, engelske

1. Heavy metals
2. Hengsvatnet
3. Firing range
4. Sediments

Prosjektleder

*Jarl Eivind Løvik*

For administrasjonen

*Day Berge*

ISBN 82-577-2501-3

Norsk institutt for vannforskning  
Østlandsavdelingen

**O-93272**

**Hengsvatn skyte- og øvingsfelt.  
Bakgrunnsmateriale for vurdering av eventuelle  
framtidige endringer av  
forurensningsbelastningen.**

Ottestad, april 1994  
Saksbehandler:  
Medarbeidere:

Jarl Eivind Løvik  
Sigurd Rognerud  
*Jan Solhaug (Forsvaret)*

# Innhold

Forord .....	3
1. Sammendrag og konklusjon.....	4
2. Innledning.....	6
3. Resultater og diskusjon .....	8
4. Litteratur .....	12

## Forord

*Denne rapporten omhandler målinger av sedimentenes konsentrasjoner av tungmetaller i Hengsvatnet i Kongsberg kommune. I tillegg ble konsentrasjonene av kobber og bly målt i vatn fra innsjøen. Hengsvatnet ligger innenfor ett av Forsvarets skyte- og øvingsfelter, og bakgrunnen for undersøkelsen var et behov for å kunne vurdere eventuelle forurensningseffekter av ny tiltenkt virksomhet i dette skyte- og øvingsfeltet.*

*Oppdragsgiver er Forsvarets Bygningstjeneste/Sentralledelsen (FBT/S), og prosjektet ble kontraktfestet 4.11.93. Kontaktperson i FBT/S har vært Bjørn Bergesen.*

*Sediment- og vannprøver ble innsamlet 16.9.93 av Jarl Eivind Løvik ved NIVAs Østlandsavdeling med bistand fra grenader Jan Solhaug. Vannanalysene er utført av Vannlaboratoriet for Hemmark (generell vannkjemi) og NIVAs laboratorium i Oslo (tungmetaller). Glødetapsbestemmelsene er gjort ved NIVAs Østlandsavdeling. Analysene av tungmetaller i sediment er utført ved Institutt for Energiteknikk (IFE). Rapporten er utarbeidet ved NIVAs Østlandsavdeling.*

# 1. Sammendrag og konklusjon

Undersøkelsen omfatter målinger av sedimentenes konsentrasjoner av tungmetaller i Hengsvatnet i Kongsberg kommune. Konsentrasjoner av bly og kobber ble dessuten målt i vannprøver fra innsjøen. Videre er det arkivert 3 sedimentkjerner for eventuelle senere analyser av metaller eller organiske mikroforurensninger dersom det skulle være behov for det.

Hengsvatnet ligger innenfor ett av Forsvarets skyte- og øvingsfelter som i lengre tid har vært brukt særlig for skyting med tyngre våpen som bombekastere og panservernvåpen. Bakgrunnen for undersøkelsen var Norsk Forsvarsteknologi a/s sine planer om ny virksomhet i området hvor man ønsket å skyte med sprengning/nedslag over vatn. Det var derfor et behov for å samle inn materiale som skulle danne et grunnlag for å kunne vurdere eventuelle forurensningseffekter av den nye tiltenkte virksomheten i skytefeltet.

Det ble registrert høyere konsentrasjoner av metaller i sedimentet i det søndre bassenget enn i det nordre. Dette gjalt både for referansesjiktet, som er mer enn 200 år gammelt, og for de øverste sjiktene, som er avsatt i de siste 10-årene. Det var også en tendens til høyere konsentrasjoner av kobber i vannfasen i søndre basseng. Disse forskjellene skyldes sannsynligvis først og fremst ulike geologiske forhold i de delene av nedbørfeltet som drenerer til de respektive bassengene.

Forholdet mellom konsentrasjonene i overflatesedimentet og i referansesedimentet kalles kontamineringsfaktoren. Denne gir et uttrykk for den relative økningen i konsentrasjoner som har skjedd på grunn av forurensninger. Beregningene viste at det var et påslag av forurensninger for de fleste metallene. Økningen var mest markert for nikkell, kobber og bly og mindre for kadmium og sink. Konsentrasjonene av sink, bly og kadmium var lavere enn i en nærliggende innsjø i samme nedbørfelt, Villingbuvatnet (målt i 1991), som ikke har noen skyteaktivitet i nedbørfeltet. Forurensningen antas derfor hovedsakelig å skyldes atmosfærisk nedfall.

Forurensningen av nikkell i Hengsvatnet skyldes muligens avsetninger av langtransporterte luftforurensninger. Det ble ikke registrert noen anrikning av aluminium i overflatesedimentet sammenliknet med referansesedimentet.

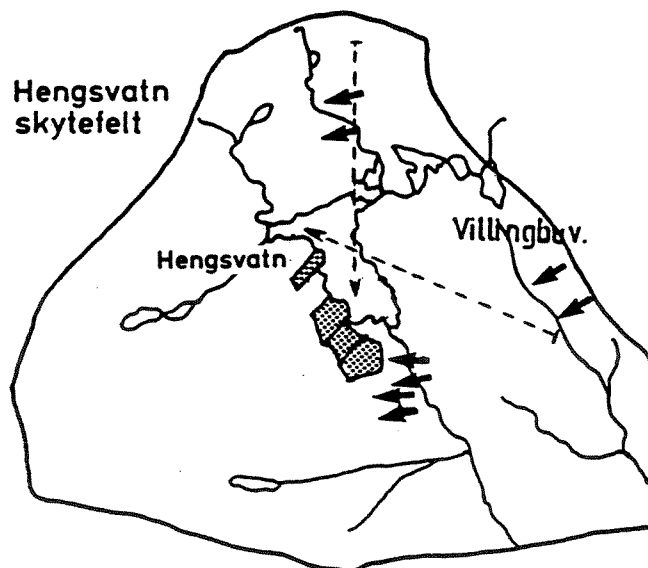
Kontamineringsfaktoren var høyere i søndre enn i nordre basseng, og det ble registrert høyere konsentrasjoner i overflatesedimentet i dette bassenget i forhold til målinger utført i 1991. Dette gjalt særlig for kobber, men i mindre grad også for bly og kadmium. Dette kan skyldes flere forhold: For det første er antagelig den naturlige tilførselen av metaller til sedimentene i dette bassenget større på grunn av geologiske forhold. Skyteaktiviteten kan dessuten ha medført noe ekstrabelastning

spesielt av kobber og bly. Det er videre rimelig å anta at avskogingen i nedbørfeltet kan ha ført til større utvasking, transport og sedimentasjon av naturlig forekommende metaller særlig i det søndre bassenget.

## 2. Innledning

### Bakgrunn

Målsetningen med undersøkelsen i Hengsvatnet var å samle inn bakgrunnsmateriale for å kunne vurdere eventuelle endringer i forurensningsbelastningen ved Hengsvatn skyte- og øvingsfelt som følge av ny tiltenkt virksomhet ved skyte- og øvingsfeltet. Norsk forsvarsteknologi ønsket å kunne nytte feltet for sin forsøksvirksomhet, og hadde i den sammenheng behov for å kunne skyte med sprengning/nedslag over vatn. Man ønsket å skyte maksimum 10 ganger pr. år primært i sommerhalvåret (over åpent vatn) med inntil 20 granater pr. skyting. Våpentypen er 81 og 120 mm bombekaster og eventuelt 105 mm artilleri. Granattypen er høyeksplosiv med nærhetsbrannrør og sprenghøyde 5-20 m over vannflata.



**Figur 1.** Oversikt over Hengsvatn skyte- og øvingsfelt. Eksisterende skytebaner er rasterlagt eller angitt med pil. Skytebaner for tiltenkt ny virksomhet er markert med stiplede piler.

Hengsvatn skyte- og øvingsfelt ble opprinnelig leid av Sølvverkets skoger for å kunne øve med tyngre våpen som bombekastere og langtrekkende panservernvåpen (Rognerud & Boye 1992). Feltet ble utvidet til sin nåværende størrelse på 34 000 mål i 1985. Så og si hele nedbørfeltet til Hengsvatnet ligger i dag innenfor Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Feltet dekker i dag behov for videregående utdanning først og fremst for tyngre våpen. I tillegg nyttes feltet under repetisjonsøvelser som et supplement også for den mer grunnleggende utdannelsen. HV bruker også feltet i stor utstrekning.



Geologisk sett ligger Hengsvatnet innenfor det såkalte Kongsberg-Bamle-komplekset som utgjør den østre randen av det sørnorske grunnfjellsområdet og som grenser opp mot Oslofeltet. En forkastningslinje går like inntil innsjøens østside. I vest og nord er nedbørfeltet dominert av gneis/granitt. Sørøstre delen av feltet består delvis av kvartsfeltspatiske gneisser, amfibolitt og diorittisk gneis (Oftedahl 1980). Fra gammelt av har berggrunnsgeologien i denne regionen gitt opphav til gruvedrift og utstrakt leting etter metaller. Innenfor skytefeltet er en stor del av skogen hogd ned eller brent. Virksomheten til sølvverket på Kongsberg førte også til avskoging av betydelige arealer i dette området.

### **Tidligere undersøkelser**

Hengsvatnet er tidligere undersøkt i 1991 i forbindelse med en landsomfattende undersøkelse av forurensningsgraden av aktuelle tungmetaller fra 10 av Forsvarets skytefelt (Rognerud & Boye 1992). Det ble da utført målinger av sedimentenes konsentrasjoner av tungmetaller i Hengsvatnet (søndre basseng) og i Villingbuvatnet som ligger ca. 1.5 km unna i samme nedbørfelt. Fra denne undersøkelsen konkluderte man med følgende:

Villingbutjernet er kun utsatt for atmosfæriske forurensninger. Vi ser at konsentrasjonene i sedimentet i denne innsjøen er noe høyere enn i Hengsvatnet. Dette skyldes i hovedsak et noe høyere innhold av organisk materiale i sedimentene i Villingbutjernet. Forøvrig er referanseverdier, prøvetakingsdyp og vannkjemi svært lik i 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 Hengsvatn bare i meget begrenset grad nyttes for våpen med bly/kobberholdige prosjektiler.

### **Måleprogram**

Eventuelle forurensninger av tungmetaller ble undersøkt ved hjelp av sedimentkjerner fra de dypeste områdene av innsjøen. Hengsvatnet består av minst 2 definerte bassenger, ett søndre og ett nordre, som passer bra med nedslagsområdet for den nye skyteaktiviteten (se Fig. 1). Bassengene er 18-20 m dype og inneholder akkumulasjonssedimenter som er godt egnet til å måle eventuelle fremtidige endringer i forurensningsbelastningen av f.eks. tungmetaller. Det ble samlet inn 2 sedimentkjerner fra det nordre bassenget og 3 fra det søndre. En kerne fra hvert av bassengene er analysert. For disse er de tre øverste cm-sjiktene analysert samt ett referansesjikt (20-27 cm) som er mer enn 200 år gammelt. Følgende parametre ble analysert: Organisk materiale (glødetap), aluminium (Al),

kadmium (Cd), kobber (Cu), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn). En kjerne fra det nordre bassenget og 2 kjerner fra det søndre er arkivert hos oss for eventuelle senere analyser av metaller eller organiske mikroforurensninger dersom det skulle være behov for det.

I tillegg til sedimentanalysene ble det samlet inn 2 vannprøver fra hvert av bassengene, en fra overflatelaget (epilimnion) og en fra dyplaget (hypolimnion), for analyser av bly og kobber. Det ble også samlet inn en vannprøve for analyser av generell vannkjemi (pH, alkalitet og farge) fra det nordre bassenget.

### 3. Resultater og diskusjon

Resultatene av vannanalysene er gitt i Tab. 1 og av sedimentanalysene i Tab. 2. Metallinnholdet i referansesedimentet fra nordre og søndre basseng samt fra Villingbutjern i 1991 er vist i Fig. 2.

#### Vannanalyser

Hengsvatnet har relativt surt vatn (pH<6), vatnet har liten evne til å motstå pH-endringer ved tilførsel av f.eks. surt vatn (alkalitet<0,02 mmol/l), og det er relativt lite humuspåvirket (farge<20 mgPt/l). Konsentrasjoner av metaller i vatn er oftest lave og ligger nær deteksjongrensen for analysen. I Hengsvatnet lå konsentrasjonene av bly og kobber innenfor det som er vanlig variasjonsområde for overflatevatn i Skandinavia uten lokale forurensningskilder (se f.eks. Rognerud et al. 1991). Litt høyere konsentrasjoner av kobber i søndre basseng enn i nordre kan ha sammenheng med forskjeller i berggrunnsgeologien i de delene av nedbørfeltet som drenerer til de respektive bassengene (se ovenfor).

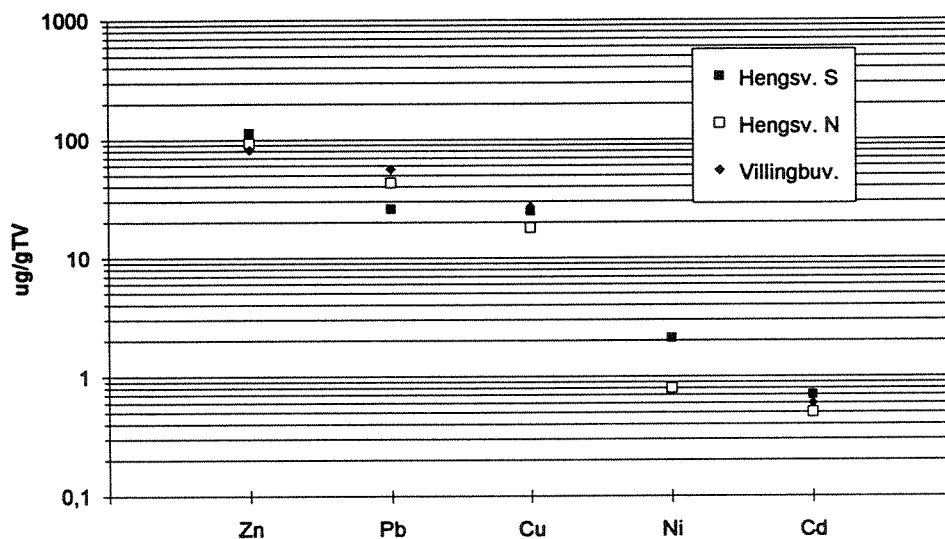
Tabell 1. Vannanalyser fra Hengsvatn, nordre og søndre basseng, 16.09.93.

Lokalitet		pH	Alkalitet, NS mmol/l	Farge mgPt/l	Bly (Pb) µg/l	Kobber (Cu) µg/l
Hengsvatn N	epilimnion	5,92	0,017	18	<0,5	0,5
Hengsvatn N	hypolimnion	-	-	-	<0,5	0,5
Hengsvatn S	epilimnion	-	-	-	<0,5	0,7
Hengsvatn S	hypolimnion	-	-	-	<0,5	0,7

## Sedimentanalyser

Konsentrasjonene i referansedimentet varierte relativt lite mellom lokalitetene, men var litt høyere i søndre enn i nordre basseng for alle metallene unntatt bly der forholdet var omvendt. Konsentrasjonene i søndre basseng var ikke vesentlig forskjellig fra de som ble målt på prøver innsamlet i 1991 (Rognerud & Boye 1992). Sedimentene på ca. 25 cm dyp er mer enn 200 år gamle og representerer en tidsperiode da atmosfæren ikke var nevneverdig forurenset av metaller. Vi kan derfor anta at sedimentene fra dette sjiktet er et produkt av de naturgitte forhold slik som nedbørfeltets geokjemi, hydrologi og humuspåvirkningen i avrenningen.

Det er sannsynlig at geologien i den sørøstre delen av nedbørfeltet fører til at avrenningen fra dette området er mer konsentrert m.h.t. metaller enn avrenningen fra gneis/granittområdet i vest og nord. Dette er trolig den viktigste årsaken til høyere konsentrasjoner av metaller i søndre enn i nordre basseng. Et noe høyere innhold av organisk materiale i referansesedimentet i søndre basseng enn i nordre bidrar også til høyere metallkonsentrasjoner.



**Figur 2.** Konsentrasjoner av metaller i referansesedimentet i Hengsvatnet og Villingbutjernet. Data fra Villingbuvatnet er hentet fra Rognerud & Boye (1992).

Konsentrasjonene i referanseskiktet var klart størst for sink, noe lavere for bly og kobber og klart minst for nikkell og kadmium. Referanseverdiene lå innenfor det naturlige variasjonsområdet for bakgrunnskonsentrasjoner i Skandinaviske innsjøer (se f.eks. Rognerud et al. 1991). Dette gjalt for alle metallene med unntak av nikkell som hadde lavere konsentrasjoner i referanseskiktet enn det som

er vanlig i sør- og østnorske innsjøer.

**Tabell 2.** Sedimentanalyser fra Hengsvatn, nordre og søndre basseng, 1993. Alle resultater er gitt pr. tørrvekt sediment (TV). ppm= $\mu\text{g/gTV}$ . GT= glødetap, som er et uttrykk for andelen organisk materiale.

Lokalitet	Sediment- dyp, cm	Al %	Cd ppm	Cu ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm	GT %
Hengsvatn N	0-1	2,7	0,7	41	4,0	121	135	40,5
	1-2	2,6	1,3	32	4,2	180	199	47,8
	2-3	2,6	1,0	30	2,8	164	157	48,8
	25-27	2,5	<0,5	18	0,8	43	93	43,3
Hengsvatn S	0-1	2,4	1,4	200	28	189	180	49,2
	1-2	2,8	1,0	98	1,7	163	205	47,2
	2-3	2,7	<0,5	58	2,8	134	184	47,4
	20-23	2,8	0,7	25	2,1	26	113	52,8

Forholdet mellom konsentrasjonene i overflatesjiktet (sedimenter avsatt i nyere tid) og referansesedimentet kalles kontamineringsfaktoren (Kf). Denne gir et uttrykk for den relative økningen i konsentrasjoner som har funnet sted av de respektive elementene. Resultatene av disse beregningene er gitt i Tab. 3 og er vist i Fig. 3.

**Tabell 3.** Kontamineringsfaktor for tungmetaller i sediment, Hengsvatnet 1993. Kf=kons. i gitt sedimentdyp dividert med kons. i referansesediment.

Lokalitet	Sediment- dyp, cm	Cd Kf	Cu Kf	Ni Kf	Pb Kf	Zn Kf
Hengsvatn N	0-1	1,4	2,3	5,0	2,8	1,5
	1-2	2,6	1,8	5,3	4,2	2,1
	2-3	2,0	1,7	3,5	3,8	1,7
Hengsvatn S	0-1	2,0	8,0	13,3	7,3	1,6
	1-2	1,4	3,9	0,8	6,3	1,8
	2-3	<1,0	2,3	1,3	5,1	1,6

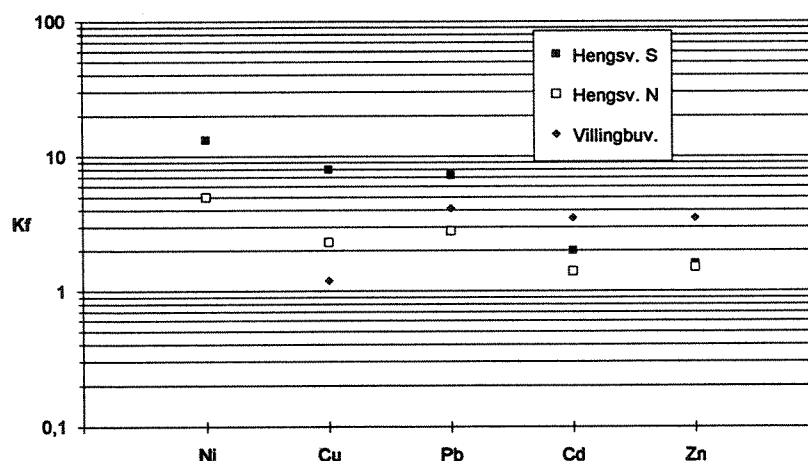
Det var et markert til stort påslag av forurensninger for elementene nikkell, kobber og bly i søndre basseng, mens påslaget for sink og kadmium var moderat. Også i nordre basseng var påslaget markert for nikkell, men mindre for de andre elementene. Konsentrasjonene av sink, bly og kadmium var lavere enn konsentrasjonene i Villingbuvatnet. Denne innsjøen har ingen skyteaktivitet i nedbørfeltet og er derfor kun utsatt for atmosfæriske forurensninger (Rognerud & Boye 1992). Vi

kan således anta at påslagene for disse tre elementene i Hengsvatnet i hovedsak skyldes atmosfæriske forurensninger.

Det var høyere konsentrasjoner av metaller i de fleste sjikt i søndre basseng enn i nordre. Kontamineringsfaktoren var imidlertid også høyere, og det ble registrert høyere konsentrasjoner i overflatesedimentet i forhold til målingene i 1991. Dette gjalt særlig for kobber, men i mindre grad også for bly og kadmium. Dette kan skyldes flere forhold: For det første er den naturlige tilførselen av metaller til sedimentene i dette bassenget større på grunn av forskjellig geologi. Skyteaktiviteten kan dessuten ha medført noe ekstrabelastning spesielt av kobber og bly. Det er videre rimelig å anta at avskogingen i skytefeltet kan ha ført til større transport av naturlig forekommende metaller, og dermed en større sedimentasjon av metaller særlig i det søndre bassenget.

Konsentrasjonen av nikkel i overflatesedimentet i søndre basseng var i overkant av det som er vanlig å finne i innsjøer i Sør- og Øst-Norge (Rognerud & Fjeld 1990). Den var likevel ikke høyere enn det som er vanlig i innsjøer nord for Dovre. Det er usikkert hva som er hovedårsaken til det betydelige påslaget av nikkel. Det atmosfæriske nedfallet av nikkel i Norge er dominert av punktkilder innenfor og i nærheten av landets grenser (Steinnes et al. 1988, Rognerud & Fjeld 1990). Ved en landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter registrerte Rognerud & Fjeld (1990) moderat til sterk forurensningsgrad i enkelte innsjøer i de kystnære strøkene på Vestlandet, Sørlandet og Østlandet. Forurensningen av nikkel i Hengsvatnet skyldes muligens avsetninger av langtransporterte luftforurensninger evt. avsetninger fra Sølvverkets virksomhet.

Det ble ikke registrert noen anrikning av aluminium i overflatesedimentet i Hengsvatnet sammenliknet med referansesedimentet.



**Figur 3.** Kontamineringsfaktor for metaller i sedimentet i Hengsvatnet 1993 og Villingbuvatnet 1991. Data fra Villingbuvatnet er hentet fra Rognerud & Boye (1992). Faktoren er beregnet som forholdet mellom konsentrasjonen i overflatesjiktet og referansesjiktet.

## 4. Litteratur

Oftedal, C. 1980. Geology of Norway. Norges geologiske undersøkelser/Universitetsforlaget. NGU Nr. 356, Bulletin 54. s. 4-114.

Rognerud, S. & E. Fjeld 1990. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 426/90. 79 s.

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

Rognerud, S. & B. Boye 1992. Vannforurensning fra skytefelt. Del 3. Forurensning av aktuelle tungmetaller fra 10 av Forsvarets skytefelt. NIVA-rapport. Løpenr. 2699. 41 s.

Steinnes, E., F. Frantzen, O. Johansen, J.P. Rambak & J.E. Hanssen. 1988. Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 334/88. 33 s.



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2501-3