

Miljøovervåking i nordområdene

- noen eksempler

Av Salve Dahle, Jolynn Carroll
og Anita Evensen

Forfatterene er alle ansatt ved Akvaplan-niva, og de er utdannet som henholdsvis marinbiolog, marin radiokjemiker og økotoksikolog.

Summary

Akvaplan-niva with 35 researchers is connected to NIVA through a joint ownership agreement. The majority of company shares in Akvaplan-niva have been owned by NIVA since 1991. Akvaplan-niva operates in close cooperation with NIVA and focuses on N.N. and other northern regions. The institute together with other environmental institutions is located in the Polar Environmental Centre in Tromsø. The Polar Environmental Centre is a research centre dedicated to achieving good environmental management of the northern areas.

For the past 10 years, Akvaplan-niva has conducted a variety of investigations in northern areas. Through cooperation with Russian partners, Akvaplan-niva has mapped the environmental situation in many areas of Northwest Russia. Akvaplan-niva's investigations have contributed to the understanding that the environment of the sparsely populated northern territories of our neighbouring country is generally not

highly polluted. The levels are low for most environmental contaminants considered in the Arctic Monitoring and Assessment Program. At the same time, there are many areas with high concentrations, both in fresh- and sea-water environments. Of great concern is the situation in the border areas of the Kola coastline both with respect to radioactive and other environmental contaminants and the potential for transport of the different contaminants by major rivers entering the Barents and other Polar Seas.

After many years of co-operation, Akvaplan-niva has obtained an understanding of the key elements necessary to conduct successful co-operations with Russian partner institutes. They are: equal partnership, co-operation with the local environmental authorities during programme development, and publication first in Russia of data from sensitive areas.

Investigation of Bear Island and in the Barents Sea have shown that long range transport of contaminants results

in very high levels of chlororganic contaminants both in sediments and in fish living in isolated lakes. The results of these investigations underline also the need for better understanding of the relationships between arctic marine and terrestrial food webs and biomagnification of environmental contaminants to the highest levels of the food web.

Sammendrag

Akvaplan-niva med sine 35 ansatte forskere er knyttet til NIVA gjennom et eierfellesskap der NIVA siden 1991 har hatt en majoritet av aksjene i Akvaplan-niva. Akvaplan-niva har et nært samarbeid med NIVA og ivaretar NIVA sine interesser i Nord-Norge og i nordområdene. Instituttet er samlokalisert med en rekke andre miljøinstitutter i Polarmiljøsentret i Tromsø. Polarmiljøsentret har som sin fremste oppgave å gjennomføre forskning og frambringning dokumentasjon som er nødvendig for å etablere en god miljøforvaltning i nordområdene.

Akvaplan-niva har gjennom de siste 10 årene gjennomført en rekke undersøkelser i nordområdene. Gjennom samarbeid med våre russiske partnere har instituttet kartlagt miljøsituasjon i Nordvest-Russland. Våre undersøkelser har bidratt til en forståelse av at naturen i de nordlige tynt befolka delene av vårt naboland generelt er lite forurenset. Nivåene av de fleste miljøgiftene som registreres gjennom det arktiske miljøovervåkningsprogrammet, AMAP er lave. Det er imidlertid avdekket flere områder med meget høye verdier, både i ferskvann og i havområdene i nord.

Mest bekymringsfull er situasjonen i grenseområdene på Kolakysten både med hensyn til radioaktivitet og andre miljøgifter, og potensialet for transport av ulike forurensningselementer med de store elvene ut i Barentshavet og Polhavet.

Etter mange års samarbeid med russiske institusjoner har Akvaplan-niva kommet fram til noen nøkkelelementer for å kunne få samarbeidet til å gå greit. Dette er: likeverdig partnerskap, samarbeid med de lokale miljømyndighetene med utvikling av programmet og at data fra ømfintlige områder publiseres først i Russland

Undersøkelser på Bjørnøya og i Barentshavet har dokumentert at langtransportert forurensning kan gi meget høye verdier av klororganiske miljøgifter både i sedimenter og fisk i isolerte innsjøer. Resultatene av disse undersøkelsene understreker også behovet for at man får en bedre forståelse av samspillet mellom de arktiske marine og terrestriske næringskjeder, og av biomagnifisering av miljøgifter til høyere nivåer i næringskjeden.

Akvaplan-niva og Polarmiljøsentret

Akvaplan-niva, med sine 35 ansatte forskere er knyttet til NIVA gjennom et eierfellesskap der NIVA siden 1991 har hatt en majoritet av aksjene i Akvaplan-niva. Samarbeidet mellom de to institusjonene bygger også på en strategisk avtale der Akvaplan-niva skal gjennomføre NIVA sine oppgaver i Nord-Norge og Arktis inkludert Nordvest-Russland,

og ivareta NIVA sine interesser i disse områdene. Dette betyr også at Akvaplan-niva representerer NIVA i *Polar-miljøsenderet*, Senter for miljø og samarbeid i polarområdene og Barentsregionen.

Polarmiljøsentret er Norges nye samlingspunkt for forskning, miljøovervåking og rådgivning i de nordlige områder og Arktis/Antarktis. Polarmiljøsenderets styrke ligger i den flerfaglighet som aktørene representerer. Arbeidsområdene strekker seg fra forsknings- og utviklingsprosjekter til forvaltningsrettede oppgaver. Kombinasjonen av institusjoner med hovedkvarter i Tromsø (Norsk Polarinstitutt og Akvaplan-niva) og avdelingskontorer for andre tunge nasjonale institusjoner som NILU, NINA-NIKU, Statens Kartverk, NGU, SFT og SSV (fra 1999) gir senteret en unik kontakt til mer enn 1000 ansatte på landsbasis. Polarmiljøsenderet har over 200 medarbeidere. Disse kommer fra 15 ulike nasjoner, og har et omfattende kontaktnett og utstrakt samarbeid med institusjoner i inn- og utland. Det å fysisk samle så mange selvstendige institusjoner innen nærliggende fagområder representerer en stor nasjonal satsing på et samarbeid som forventes å gi en betydelig synergieffekt.

Miljøovervåking i nordområdene.

Gjennom det arktiske miljøovervåking-sprogrammet, AMAP er det gjennomført en kartlegging av miljøgifter og deres effekter på mennesker, dyr og planter i nordområdene. Sentrale opp-

gaver ved Polarmiljøsentret og Akvaplan-niva er å bidra til videreføringen av dette arbeidet.

Dette seminaret har til hensikt å bringe fram konkrete eksempler på den nytteverdi miljøstudier og overvåking av miljøgifter har for miljøforvaltningen. Vi vil med dette formålet presentere 4 miljøstudier fra arbeidet ved Akvaplan-niva.

- 1) Våre undersøkelser av klororganiske miljøgifter i innsjøer på Bjørnøya
- 2) Kartlegging av hvorvidt Komi-oljesølet i 1994 forurenset nedre deler av Pechora elva og havområdene i det østlige Barentshavet.
- 3) Kartlegging av miljøgifter, inkludert radioaktiv forurensning på Kolakysten
- 4) Bruk av radioaktive isotoper til å forbedre forståelsen av miljøgifters skjebne i sedimentet for derigjennom å forbedre metodene for miljøovervåking.

1) Klororganiske miljøgifter i innsjøer på Bjørnøya

I 1994 tok Akvaplan-niva prøver av sediment og fisk (røye, *Salvelinus alpinus*) fra Ellasjøen på Bjørnøya. Prøvene ble analysert for organiske miljøgifter, og resultatene viste overraskende høye nivåer av de klororganiske miljøgiftene PCB og DDT både i sediment og fisk. Verdiene var noen av de høyeste som har vært målt i arktiske innsjøer (Skotvold et al. 1999).

På bakgrunn av resultatene fra undersøkelsen i 1994 ble det i 1996 gjennomført en oppfølgende undersøkelse av

to innsjøer på Bjørnøya; Ellasjøen og Øyangen. Ellasjøen ligger på den sørlige delen av Bjørnøya, i et område hvor landskapet er dominert av klipper og fjell, mens Øyangen ligger i et flattere landskap omtrent midt på Bjørnøya. Like ved Ellasjøen er et stort fuglefjell, hvor i hovedsak en stor koloni av alkekonge (*Alle alle*) hekker, men det er også kjent at store flokker av krykkje (*Rissa tridactyla*) og mindre flokker av polarmåke (*Larus hyperboreus*) benytter Ellasjøen til bading og fjærstell. Sjøfuglene tilfører mye guano til Ellasjøen, noe som tydeliggjøres gjennom en sterk vekst av grønnalger under fuglefjellet. Øyangen er derimot bare i liten grad besøkt av sjøfugl, noe som reflekteres av en lavere produksjon rundt og i denne innsjøen.

Etttersom Bjørnøya ligger langt fra alle kjente kilder for klororganiske miljøgifter så er det mest sannsynlig at tilførselen skjer via atmosfærisk langtransport. Ellasjøen ligger i et område som på grunn av fjellformasjoner med høy sannsynlighet er et deponeringsområde for nedbør, som igjen kan bringe med seg miljøgifter, mens Øyangen sannsynligvis ligger utenfor deponeringsområdet. Dumping av avfall i tidligere tider kan heller ikke utelukkes, men er lite sannsynlig. En annen mulighet er at miljøgiftene tilføres via guano fra sjøfugl. Sjøfugl henter i hovedsak sin næring fra det marine miljø, og de kan oppkonsentrere miljøgifter fra sine byttedyr. Guano kan dermed inneholde miljøgifter som er biomagnifisert gjennom de marine næringskjedene. For å teste disse teoriene ble to innsjøer som

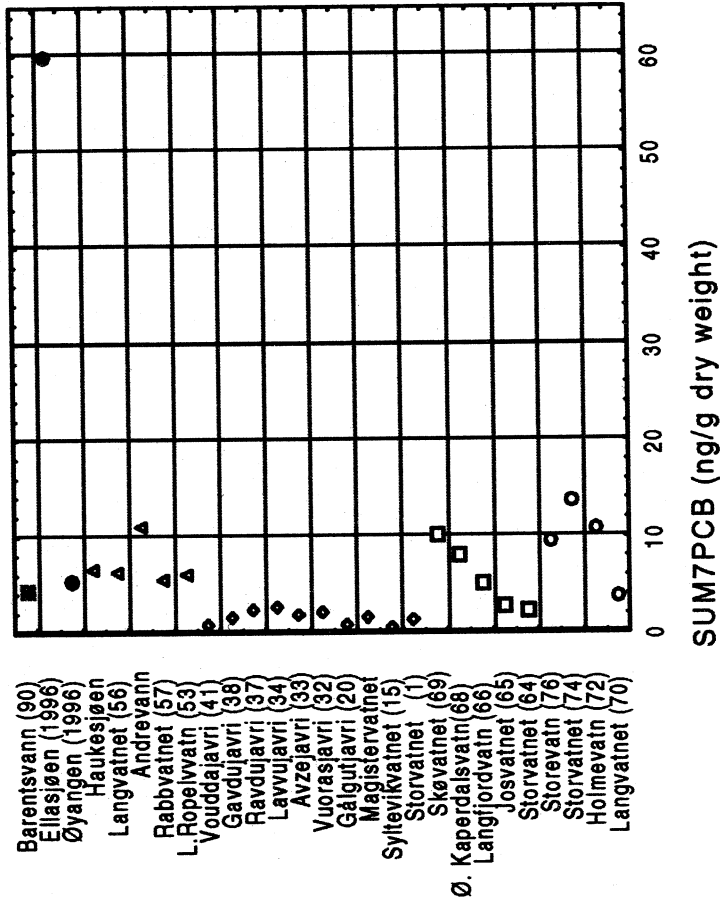
sannsynligvis mottar ulike mengder nedbør, og som i ulik grad er påvirket av guano undersøkt i den oppfølgende undersøkelsen i 1996.

Målsetningene med den oppfølgende undersøkelsen var:

- å identifisere og kvantifisere transporten av klororganiske miljøgifter i en arktisk ferskvannsnæringskjede.
- å undersøke trofisk nivå (via analyser av stabile isotoper ($\delta^{15}\text{N}$)) for biota i næringskjeden og korrelere det med konsentrasjonen av miljøgifter.
- å sammenligne konsentrasjoner av klororganiske miljøgifter i en innsjø som er sterkt påvirket av guano (Ellasjøen) med konsentrasjoner i en innsjø som ikke er påvirket av guano.
- å sammenligne nivået av miljøgifter mellom to innsjøer som sannsynligvis mottar ulike mengder nedbør.

Det ble tatt prøver av sediment, planteplankton, dyreplankton, chironomide-larver og fisk fra både Ellasjøen og Øyangen for analyser av klororganiske miljøgifter og stabile isotoper. Resultatene viste at det var høye konsentrasjoner av klororganiske miljøgifter i sediment fra Ellasjøen, mens tilsvarende prøver fra Øyangen inneholdt mye lavere miljøgift-konsentrasjoner. Konsentrasjoner av PCB og p,p'-DDE i sediment fra Ellasjøen og Øyangen er sammenlignet med nivåer i innsjøer fra Nord-Norge og Spitsbergen i Figur 1 og 2. Som figuren viser er konsentrasjonen av disse miljøgiftene

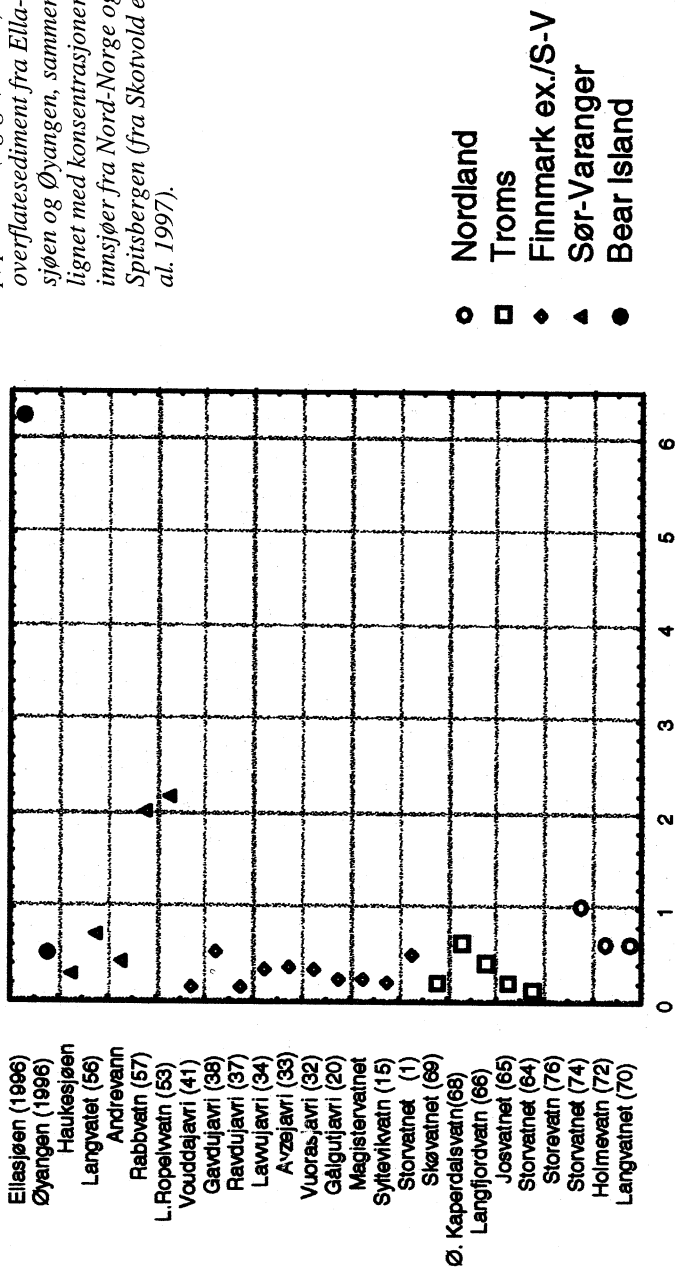
PCB content in lake sediments (top layer) in North Norway



Figur 1. Konsentrasjoner av $\Sigma 7\text{PCB}$ (ng/g tørrvekt) i overflatesediment fra Ellasjøen og Øyangen sammenlignet med konsentrasjoner i innsjøer fra nord-Norge og på Spitsbergen (fra Skorvold et al. 1997).

Figur 2. Konsentrasjoner av p, p'-DDE (ng/g tørrvekt) i overflatesediment fra Ellasjøen og Øyangen, sammenlignet med konsentrasjoner i innsjøer fra Nord-Norge og Spitsbergen (fra Skotvold et al. 1997).

p,p DDE content in lake sediments (top layer) in North Norway



- Nordland
- Troms
- ◆ Finnmark ex./S-V
- ▲ Sør-Varanger
- Bear Island

p,p-DDE (ng/g dry matter)

i sediment fra Ellasjøen signifikant høyere enn i samtlige av de andre undersøkte innsjøene, inkludert Øyangen. Det var relativt lave konsentrasjoner av de andre analyserte organiske miljøgiftene (toksafen, klordaner, HCH og HCB) i sediment fra Ellasjøen og Øyangen (samme nivå eller lavere enn i nord-norske innsjøer) (Skotvold et al. 1999).

Analysen av biologisk materiale viste at det var høye konsentrasjoner av PCB og p,p'-DDE også i dyreplankton, chironomide-larver og fisk fra Ellasjøen. Også i det biologiske materialet var det forskjeller mellom Ellasjøen og Øyangen, ettersom materialet fra Øyangen inneholdt lavere konsentrasjoner av samtlige analyserte komponenter.

Analysen av stabile isotoper ($\delta^{15}\text{N} = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$) ble gjennomført for å bestemme organismenes relative trofiske nivå i næringskjedene i Ellasjøen og Øyangen. Nivået av $\delta^{15}\text{N}$ var høyere i både dyreplankton, chironomide-larver og fisk fra Ellasjøen enn i tilsvarende organismer fra Øyangen. Ellasjøen gjødsles av guano og mottar derfor materiale med en $\delta^{15}\text{N}$ som reflekterer det trofiske nivået til sjøfuglenes byttedyr og hvor miljøgifter allerede kan være oppkonsentrert/biomagnifisert. Tilførsel av guano kan således være en forklaring på de høye $\delta^{15}\text{N}$ -verdiene i Ellasjøen og de høye nivåene av PCB og DDT. Relasjoner mellom trofisk nivå og konsentrasjoner av miljøgifter i biota blir presentert av Fjeld *et al.* Disse studiene illustrerer viktigheten av å koble nivåstudier med studier av

trofistatus i undersøkelser av konsentrasjoner av miljøgifter i næringskjeder. Studiene viser videre at det er viktig å se på koblingen mellom det marine og det terrestriske/limnisk miljø (via sjøfugl) i utformingen av overvåkingsprogrammer for Arktiske områder.

Undersøkelsene på Bjørnøya kan benyttes som en "case-studie", og viktige elementer som blir undersøkt videre i de nærmeste årene er bl.a.:

- koplingen mellom marine og terrestriske næringskjeder ved overføring og biomagnifisering av miljøgifter i næringskjeden
- langtransportert atmosfærisk transport av forurensning, hvordan avhenger dette av nedbør og tåke?

2. Kartlegging av hvorvidt Komi-oljesølet i 1994 forurenset nedre deler av Pechora elva og havområdene i det østlige Barentshavet

Pechora elva er den største elv som renner ut i Barentshavsbassenget. Elva starter i Uralfjellene, passerer gjennom Komi og Nenets, før den renner ut i Pechorabukta. Lokalbefolkningen langs elva er avhengig av dens fiskeresurser og benytter den som drikkevann. Elva er også en viktig transportåre, og elvebankene er viktige beiteområder for tamrein.

Høsten 1994 lekket ca. 100.000 m³ olje ut fra gamle, korroderte rørledninger i Komi-republikken, og store mengder olje ble spredt ut over omkringliggende land- og myrområder, samt i elver. En del av oljen rant ut i elevene

Kolva og Usa, som renner ut i Pechora-elva, omlag 750 km over dens utløp i Pechorabukta.

Akvaplan-niva tok i samarbeid med miljømyndighetene i Nenets og Nordeco Inc., prøver av sediment og fisk i de nedre deler av Pechora-elva (Nenets) og tilgrensende våtområder. Prøvene ble tatt høsten 1994 før olje fra Komi hadde nådd disse områdene og i 1995 etter at olje hadde blitt ført nedover elva med vårflommen. Noen av prøvetakingsstasjonene ble lagt til innsjøer som kun mottar vann fra Pechoraelva i forbindelse med vårflommen. I slike områder er det forventet at eventuelle forurensningskomponenter som føres med partikler i vannet vil sedimentere i større grad enn i selve elven, hvor stri strøm forhindrer sedimentering av finkornet materiale. I tillegg ble det i 1995 tatt prøver av marine sedimenter i Pechorabukta utenfor utløpet til Pechoraelva. Hovedmålet med undersøkelsene var:

- å undersøke om oljeutslippet i Komi i 1994 førte til målbar forurensning av Pechora-vassdraget i Nenets Autonome Område eller av det marine miljø i Pechorabukta.
- å kartlegge det generelle nivå av utvalgte miljøgifter i elven og tilgrensende våtområder, samt i det marine miljø.

Prøvene ble analysert for totalt hydrokarbon innhold (THC) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) for å undersøke eventuelle endringer som en følge av oljeutslippet i Usinsk. Resultatene viste at det generelt var relativt lave nivåer av THC og PAH i sediment

fra alle stasjonene som ble prøvetatt i Pechoravassdraget (inkludert innsjøer som mottar vann fra elvesystemet kun i forbindelse med vårflommen) både i 1994 (282 - 1246 µg PAH/kg tørrvekt) og i 1995 (2,1 - 75,7 mg THC/kg tørrvekt og 138 - 962 µg PAH/kg tørrvekt) (Wartena & Evenset 1997).

Også i sediment fra Pechorabukta (3 stasjoner) ble det målt lave konsentrasjoner av THC (6,1 - 8,2 mg/kg tørrvekt) og PAH (107 - 280 mg PAH/kg tørrvekt) (Evenset & Killie 1997). Dette tyder på at selv om olje ble ført nedover Pechoraelva så førte den ikke til signifikant forurensning av sedimentene i vassdraget eller i det marine miljø utenfor elvas utløp.

Det innsamlede materiale fra vassdraget ble i tillegg til oljekomponenter analysert for utvalgte klororganiske miljøgifter og metaller. Nivået av både klororganiske miljøgifter og metaller var lavt i samtlige prøver; omtrent på samme nivå som i nord-norske innsjøer (Wartena & Evenset 1997).

3. Kartlegging av miljøgifter, inkludert radioaktiv forurensning på Kola-kysten

Radionuklider er ei viktig gruppe av miljøgifter i Arktis, og i særdeleshet i Barentsregionen, fordi mange menneskeskapte kilder, både potensielle og dokumenterte, finnes her (AMAP, 1998). Kola halvøya har den høyeste tettheten av radioaktivt materiale på jorda. I enkelte landområder på Kola er det dokumentert store forurensninger i forbindelse med smelteverksindustrien, og i Kolafjorden finnes en av

de mest trafikkerte havnene i Russland, samtidig som den er havn for den atomdrevne isbryterflåten og den mektige russiske Nordflåten.

Det er det store utfordringer forbundet med å drive miljøovervåking i dette området som er så følsomt både politisk og militært. Etter mange års samarbeid med russiske institusjoner har vi kommet fram til noen nøkkelelementer for å kunne få samarbeidet til å gå greit. Dette er: likeverdig partnerskap, samarbeid med de lokale miljømyndighetene i utvikling av programmet og publisering av data fra ømfintlige områder må skje først i Russland.

De siste årene har vi i samarbeid med våre russiske partnere gjennomført basisundersøkelser av miljøgifter inkludert radioaktiv forurensning, på Kola-kysten fra Murmansk til grensa med Norge. Dette inkluderer områder nær militære installasjoner (Figur 3), og er de første undersøkelsen i sitt slag som er offentliggjort internasjonalt. Gjennom de siste 50 årene har operasjoner og vedlikehold av militære og sivile kjernekraftdrevne fartøyer ført til lekkasjer av radioaktivt kobolt (^{60}Co) (Figur 3) og sannsynligvis også cesium (^{137}Cs), til det marine miljøet i Kola og Motovsky fjordene (Matishov et al.

Tabell 1. Konsentrasjoner av utvalgte radioaktive miljøgifter i marine sedimenter fra Kolakysten. Aktiviteten er gitt i Bq/kg tørr vekt.

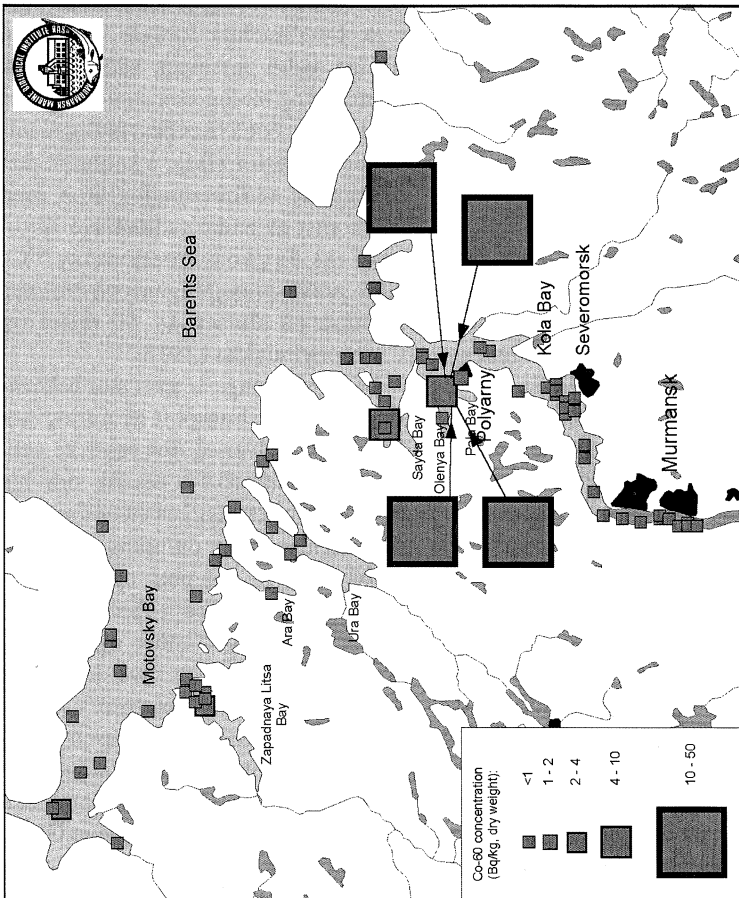
| Område | ^{137}Cs | | ^{60}Co | | $^{239,240}\text{Pu}$ | |
|---|-------------------|------|------------------|------|-----------------------|-----|
| | Snitt | Max | Snitt | Max | Snitt | Max |
| Barentshavet | 6,2 | 7,2 | <1,0 | | i.m. | |
| Kolafjorden - åpent hav | 12,6 | 24,5 | <1,0 | | 1,5 | 1,6 |
| Kolafjorden nær nukleær installasjon | 9,8 | 43,0 | 5,3 | 27,0 | 1,5 | 2,2 |
| Motovskyyfjorden - åpent hav | 3,8 | 10,1 | <1,0 | | i.m. | |
| Motovskyyfjorden nær nukleær installasjon | 8,4 | 48,4 | 0,6 | 4,0 | 1,6 | 2,1 |

i.m. = ikke målt

1999; Matishov et al. i trykk). Imidlertid er radioaktivt forurenset sedimenter kun funnet nær kjernekraft installasjonene og ikke utenfor kysten (Tabell 1). Følgelig er det ikke sannsynlig å finne særlige effekter fra disse lekkasjene på miljøet i selve Barentshavet. Disse undersøkelsene inneholder imidlertid, foreløpig ikke tilstrekkelig med prøve-

punkter for å trekke entydige konklusjoner, og siden potensialet for radioaktive lekkasjer er så stort, bør man snarest få til et godt samarbeid med russerne om et rutinemessig overvåking-program.

Undersøkelsene av radioaktivitet får imidlertid større verdi når de sammenholdes med undersøkelser av andre



Figur 3. Konsentrasjoner av ^{60}Co (Bq/kg tørr vekt) i overflatesediment fra Kola- og Motovskiy-fjordene.

miljøgifter, dette gjelder spesielt for tolkning og vurderinger av transport fra land til vann og spredning videre ut i vannmassene til åpent hav. Våre undersøkelser i Kolafjorden og Pechengafjorden viste til dels meget høye verdier av oljehydrokarboner, enkelte PCB komponenter, TBT og pesticider (Kil-lie et al. 1997). Det finnes i dag ikke gode nok prøver for å vurdere spredning ut i havet fra disse områdene.

4. Bruk av radioaktive isotoper til å forbedre forståelsen av miljøgifters skjebne i sedimentet for derigjennom å forbedre metodene for miljøovervåkning.

Sediment Geokronologi

Datering av sedimenter, eller geokronologi, har vært mye benyttet innen havforskning og studier av sedimenteringsprosesser i kystsona. Sedimentdatering gir informasjon om hvor fort akkumulering skjer i sedimenteringsområder. Teknikken innebærer at man overfører sedimentdyp til en tidsskala. De fleste overvåkingsprogram inneholder kun måling av overflatesediment, f.eks øverste 1 eller 2 cm. Dersom man ikke kjenner sedimenteringshastigheten, vet man ikke om dette overflatelaget representerer de siste 10, 50 eller 1000 årene, og følgelig vet man heller ikke ut fra de målte konsentrasjonene av miljøgifter noe om den årlige tilførsler. Dersom man derimot kjenner hvilken tidsperiode et sedimentlag representerer og dette lagets konsentrasjon av miljøgifter, så er det mulig å beregne

om fluksen av forurensningskomponenter øker eller minker over tid. Slik kunnskap er nødvendig for å kunne avgjøre om tiltak for å redusere forurensningen faktisk virker.

Sediment datering i kystområder er basert på en metode som kalles ^{210}Pb geokronologi ("blydatering"). Denne metoden benytter den naturlige forekommende radioaktive blyisotopen ^{210}Pb som har en halveringstid på 22,3 år. Dybde profiler av denne blyisotopen brukes så til å beregne sedimentasjonsrate. I sedimentet foregår imidlertid mange andre prosesser, både fysiske, kjemiske og biologiske, som forstyrrer lagdelinga. For å få et best mulig resultat, er det derfor viktig å kalibrere den beregnede sedimentasjonsraten med forekomst av andre radioaktive isotoper, f.eks. toppkonsentrasjoner av ^{137}Cs etter prøvesprengningene på Novaya Zemlya på slutten av 50 tallet og Chernobyl ulykka i 1988.

Det har i mange år vært stor bekymring for mulig transport av miljøgifter fra russiske elver og den russiske sokkel ut i Polhavet. Fra russisk side ble det i 1993 offentliggjort en omfattende dokumentasjon av dumping av radioaktivt materiale i Barents- og Karahavet ("Yablokovrapporten"; Yablokov et al. 1993). Dette signaliserte også en ny åpenhet, og Akvaplan-niva dro derfor sammen med russiske partnere til Karahavet i 1993. Formålet var baseline studier av konsentrasjoner av miljøgifter, og beregning av sedimentasjonsrater i utløpene av de russiske flodene Ob og Jenisei. Disse to elvene drenerer arealer på størrelse med Vest-Europa og står

for nærmere 40 % av alt ferskvann som tilføres Polhavet. Området som dreneres av elvene inneholder store deler av russisk tungindustri, nukleære utviklings- og gjenvinningsanlegg, olje- og gassindustri.

For å beregne tilførsler av miljøgifter til Karahavet ble sedimentfluksen bestemt (Tabell 2). Generelt synes akkumulasjonsratene i Karahavet å være lave $\ll 1$ cm/år, og de avtar fra innerst i elve munningene og utover i havet. Akkumulasjonsratene er i overensstemmelse med de nivå som er beregnet fra Pechorahavet og nær Novaya Zemlya. (Smith et al. 1995; Hamilton et al. 1994).

Tabell 2:
Sediment akkumulerings-
rater i ulike deler av
Karahavet (mm/år)

| Område | Akkumulasjonsrate |
|----------------------------|-------------------|
| Nordøst i Karahavet (n= 3) | 0,05 - 1,1 |
| Yenisey estuariet (n=3) | 0,6 - 6,2 |
| Ob estuariet (n=3) | < 0,7 |
| Vestlige Karahavet (n=1) | 1,7 |

n= antall stasjoner

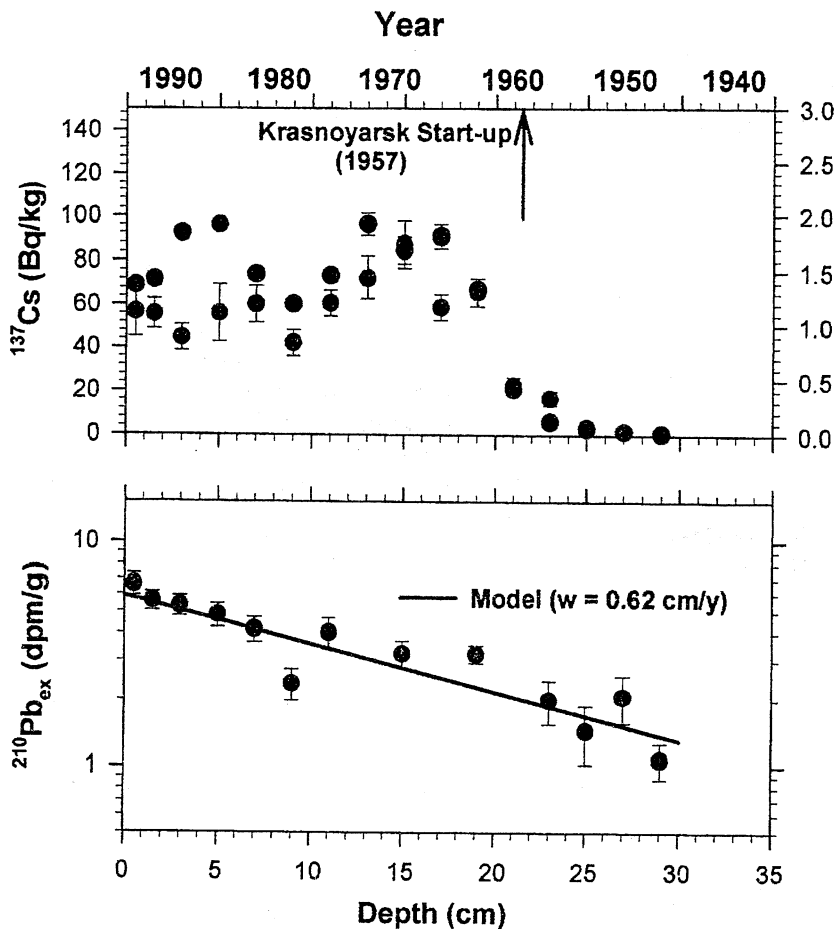
Disse verdiene av sedimentfluks tyder på at det skjer en sedimentering i utløpet av Jenisei, mens partikulært materiale som følger vannmassene i Ob i mye større grad transporteres ut i Karahavet. Dette er også i overensstemmelse med resultatene fra KAREX-94, en norsk-russisk kombinert studie av oseanografi og miljøgifter i Karahavet (Evenset et al. 1999).

Våre data om sedimentering i Jenisei kan også benyttes til å rekonstruere historiske forurensninger i Jenisei og i Karahavet. Blydatering viste at sedimenteringsraten var opp til 0,62 cm/år i Jenisei estuariet (Tabell 2, Figur 4 nederst). Nøyere studier av cesium (^{137}Cs) konsentrasjoner i sedimentkjernen med høyest sedimentering i Jenisei estuariet viser to toppe, en rundt 1964 og en rundt 1984 (Figur 4, øverst). Toppen rundt 1964 samsvarer med toppene fra atmosfærisk nedfall som følger av de kjernefysiske prøvesprengninger, mens toppen rundt 1984 må ha en annen årsak. Dersom denne informasjonen koples mot det uvanlige og høye nivået av radioaktivt kobolt (^{60}Co) i de øverste 14 cm av sedimentlaget, så er det sannsynlig å anta at det dreier seg om et tidligere ukjent utslipp fra et gjenvinningsverk for radioaktivt materiale i Krasnoyarsk, 2100 km lengre oppe i Jenisei elva. Verket ble stengt i 1995. Dette eksemplet viser at transport av forurensa sedimentpartikler fra gjenvinningsverket har nådd estuariet og Karahavet.

Konklusjon

Våre undersøkelser i Nordvest Russland siden 1990 har bidratt til en forståelse av at naturen i de nordlige tynt befolka delene av vårt naboland generelt er lite forurensa. Nivåene av de fleste miljøgiftene som registreres gjennom AMAP er lave. Det er imidlertid avdekket flere områder med meget høye verdier, både i ferskvann og i havområdene i nord. Mest bekymringsfull

Kara Sea Station 13



Figur 4. (Øverst) Endringer i ^{137}Cs aktivitet (Bq/kg tørrvekt) over tid i en kjerneprøve fra Jenisei estuariet. (Nederst) Sediment profil av ^{210}Pb (dpm/g tørrvekt) i en kjerneprøve fra Jenisei estuariet. Disse data benyttes til å bestemme gjennomsnittlig sedimenteringsrate og til å fastsette sedimentenes alder ved gitte dyp.

er situasjonen i grenseområdene på Kolakysten både med hensyn til radioaktivitet og andre miljøgifter, potensialet for transport av ulike forurensnings-elementer med de store elvene ut i Barentshavet og Polhavet, samt lekkasje fra sterkt forurensede områder ved Novaya Zemlya og militære og sivile havneområder.

De 4 eksemplene som alle i utgangspunktet var rutinemessige basis undersøkelser, illustrerer også hvordan slike undersøkelser har stor verdi ved utforming av fremtidige miljøovervåking-sprogram, hva som man bør fokusere på og hvilke variable som bør inngå. Ved alle de 4 nevnte undersøkelsen, ble det benyttet standardiserte metoder anbefalt i retningslinjer fra SFT, ICES og JAMP slik at sammenlikning med resultater fra norske havområder er mulig.

Referanser

AMAP 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii+859pp.

Evenset, A., Dahle, S., Loring, D., Skei, J., Sørensen, K., Cochrane, S., Carroll, J. & Forsberg, C.F. 1999. KAREX 94: An environmental survey of the Kara Sea and the estuaries of Ob and Yenisey. Akvaplan-niva rapport 414.96.1006. 99 s + vedlegg.

Evenset, A. & Killie, B. 1997. Dioksiner, PAH, PCB og metaller i se-

diment og biota fra Pechorahavet og Kvitsjøen. Akvaplan-niva rapport 414.95.992. 26 s. Oppdragsgiver: Statens Forurensningstilsyn.

Hamilton, T., S. Ballestra, M.S. Baxter, J. Gastaud, I. Osvath, P. Parsi, P. Povinec & S. Fowler 1994. Radiometric investigations of Kara Sea sediments and preliminary radiological assessment related to dumping of radioactive wastes in the Arctic Seas. *J. Environ. Radioactivity* 25: 113-134.

Killie, B., D. Matishov, S. Dahle & J. dos Santos 1997. The contaminant state of sediments in the Kola Fjord, Russia. Akvaplan-niva rapport nr. 414.96.894.

Matishov, G.G., D.G. Matishov, A.A. Namjatov, J. Carroll & S. Dahle 1999. Anthropogenic radionuclides in the Kola and Motovsky Bays of the Barents Sea. *Journal of Environmental Radioactivity* 43:77-88.

Matishov, G.G., D.G. Matishov, A.A. Namjatov, J. Carroll & S. Dahle i trykk. Discharges of nuclear waste into the Kola Bay and its impact on human radiological doses. *Journal of Environmental Radioactivity*, in press.

Skotvold, T., E.M.M. Wartena & S. Rognerud 1997. Heavy metals and persistent organic pollutants in sediments and fish from lakes in Northern and Arctic regions of Norway. Stalig program for forurensningsovervåking, SFT rapport 688/97. 98 s.

- Skotvold, T., E.M.M. Wartena, G.C. Christensen, E. Fjeld & M. Schlabach 1999. Organochlorines in biota and sediment from lakes on Bear Island. Akvaplan-niva rapport 510.1443.1.
- Smith, J.N., K.M. Ellis, K. Næs, S. Dahle & D. Matishov 1995. Sedimentation and mixing rates of radioactive contaminants in Pechora Sea sediments off Novaya Zemlya. *Journal of Deep Sea Research* 42:1471-1493.
- Wartena, E. & Evenset, A. 1997. Effects of the Komi Oil Spill 1994 in the Nenets Okrug, North west Russia. Oil components and other contaminants in sediments and fish from the Pechora River, 1995. Akvaplan-niva rapport 514.97.789. 48 s + vedlegg.
- Yablokov, A.V., V.K. Karasev, V. M. Rumyantsev, M.E. Kokeev, O.J. Petrov, V.N. Lystov, A.F. Emel'yanenkov & P.M. Rubtsov 1993. Facts and Problems Related to Radioactive Waste Disposal in Seas Adjacent to the Territory of the Russian Federation. Office of the President of the Russian Federation, Moscow, Russia.