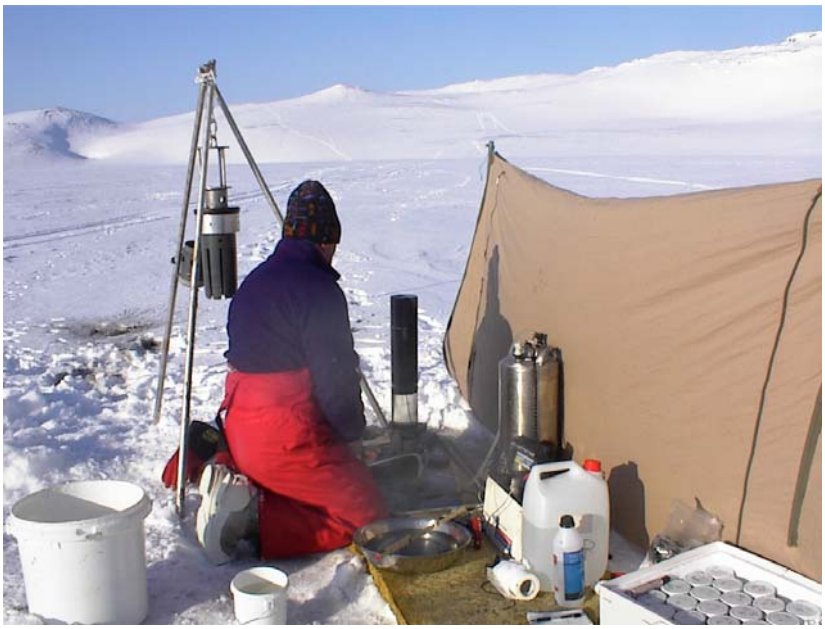
Statlig program for forurensningsovervåking
Miljøgifter i innsjøsedimenter

SPFO-rapport: 904/04
TA-2041/2004
ISBN 82-7655-491-1

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)
Utførende institusjon: Akvaplan-niva

Datering av sediment og historisk utvikling av miljøgifter i Ellasjøen, Bjørnøya

Rapport 904/04



9296 Tromsø, Norway
Tel. +47 77 75 03 00
Faks +47 77 75 03 01

Rapporttittel /Report title

Datering av sediment og historisk utvikling av miljøgifter i Ellasjøen, Bjørnøya

Forfatter(e) / Author(s)
Guttorm N. Christensen, Akvaplan-niva
Anita Evenset, Akvaplan-niva
Agata Zaborska, Institute of Oceanology, Polen
Urs Berger, NILU
JoLynn Carroll, Akvaplan-niva

Akvaplan-niva rapport nr / report no:
APN-514.2934

Dato / Date:
15.10.2004

Antall sider / No. of pages
35

Distribusjon / Distribution
Åpen

Oppdragsgiver / Client
SFT

Oppdragsg. ref. / Client ref.
Linn Bryhn Jacobsen

Sammendrag / Summary

En sedimentkjerne fra Ellasjøen har blitt datert ved hjelp av 210-Pb-metoden, og segmenter av kjernen har blitt analysert for utvalgte organiske miljøgifter og metaller. Resultatene viste at sedimentsjonsraten i Ellasjøen er ca. 0,7 mm/år eller 620 g/m^2/år. Høye konsentrasjoner av PCB og DDT ble målt i sedimentet. Konsentrasjonene av disse miljøgiftene økte frem til ca. 1970-tallet og har deretter avtatt frem til i dag. De bromerte flammehemmerene polyBDE ble funnet i de fire øverste cm av sedimentet. Konsentrasjonene av polyBDE i sedimentet har økt betydelig i de senere år, og har generelt fordoblet seg hvert 15 år. Den bromerte flammehemmeren Heksabromsyklododekan (HBCDD) ble kun detektert i segmentet 1-2 cm, og da i lave konsentrasjoner. For enkelte metaller økte konsentrasjonene jevnt fra preindustriell tid og frem til 1970-tallet. Deretter har konsentrasjonene igjen avtatt noe (As, Cd, Co, Ni, Zn og Cr). Pb og V viste ingen klar utvikling over tid. Konsentrasjonen av Hg viste derimot en jevn økning fra preindustriell tid og frem til 2000-tallet.

Emneord:	Key words:
Bjørnøya	Bear Island
Ellasjøen	Lake Ellasjøen
Datering av sedimentkjerne	Sediment dating
Organiske miljøgifter	Organic contaminants
Metaller	Metals

Prosjektleder / Project manager

Guttorm N. Christensen

Kvalitetskontroll / Quality control

Roger Velvin

ISBN 82-7655-491-1

Forord

Studier av miljøgifter i arktiske områder er et omfattende og kostnadskrevende arbeid. Som en følge av dette finnes det få dataserier som spenner over lengre tidsintervaller, og som kan gi informasjon om utvikling over tid. Det er viktig å gjennomføre studier for å følge utviklingen i miljøgiftskonsentrasjoner over tid, spesielt for forvaltningen, som bl.a. skal vurdere om innføring av internasjonale forbud mot bruk av enkelte stoffer har effekt. Videre vil dette arbeidet være viktig når det skal vurderes om nye stoffer bør fases ut. Arktis vurderes som et spesielt interessant område, ettersom størsteparten av de arktiske områder er upåvirket av lokale kilder til miljøgifter. Miljøgifter som gjenfinnes der er således transportert over lange avstander.

En måte å undersøke tidstrender uten gjentatte prøvetakingsekspedisjoner til Arktis er å datere sedimentkjerner og analysere de tidsfestede segmentene for utvalgte miljøgifter. Slik vil man få en god indikasjon på om konsentrasjonene øker eller avtar over tid. Nøyaktigheten/oppløsningen vil være avhengig av sedimentasjonsraten i det studerte området. Jo høyere sedimentasjonsrate jo mer detaljert informasjon vil man kunne få. I arktiske innsjøer er sedimentasjonsraten generelt lav fordi slike innsjøer vanligvis er næringsfattige (lav produksjon), og det vil derfor ofte være vanskelig å spore tidstrender. Ellasjøen på Bjørnøya er imidlertid en arktisk innsjø med relativ høy produksjon, noe som skyldes en betydelig næringstilførsel fra guano. Denne innsjøen ble derfor ansett som velegnet til studier av tidstrender for persistente organiske miljøgifter og metaller. Målsettingen med denne studien var å studere den historiske utviklingen av utvalgte miljøgifter i en kjerneprøve fra Ellasjøen på Bjørnøya.

Prøvetaking ble gjennomført i april 2001 av Guttorm N. Christensen og Dennis Gregor som en del av pågående prosjekter på Bjørnøya. Det forelå på det tidspunktet ikke midler til analyser, men midlene ble i 2003 bevilget av Statens Forurensningstilsyn (SFT). Prosjektet har vært gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Akvaplan-niva, Norsk institutt for Luftforskning (NILU) og Institute of Oceanology i Polen.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag 3
Summary 5
1 Innledning 6
2 Materiale og metoder 8
2.1 Innsamling av sedimentkjerner 8
2.2 Analyser 9
2.2.1 Pb-210 datering og radioisotopanalyser 9
2.2.2 Totalt organisk innhold (TOC) 10
2.2.3 Persistente organiske miljøgifter 11
2.2.4 Metaller 12
3 Resultater og diskusjon 13
3.1 Datering 13
3.2 Totalt organisk karbon 14
3.3 PCB 15
3.4 DDT 17
3.5 Polybromerte difenyletere (polyBDE) 18
3.6 Heksabromsyklododekan (HBCDD) 20
3.7 Metaller 20
4 Konklusjoner 23
5 Litteratur 24
6 Vedlegg 1 – Analyseresultater 26
7 Vedlegg 2. Informasjon om analyseusikkerhet for metaller 29

Sammendrag

En sedimentkjerne fra Ellasjøen har blitt datert ved hjelp av Pb-210 metoden, og segmenter av kjernen har blitt analysert for utvalgte persistente organiske miljøgifter og metaller. Dateringen viste at sedimentasjonsraten i Ellasjøen er relativt høy, sammenlignet med andre arktiske innsjøer. Sedimentasjonsraten ble bestemt til 0,7 mm/år, eller 620 g/m^2/år. Sedimentet fra Ellasjøen hadde også en høy andel organisk karbon (5,96 %). Årsaken til det høye organiske innholdet og den relativt høye sedimentasjonsraten er sannsynligvis en høy pelagisk produksjon i innsjøen, som følge av næringstilførsel fra guano.

Høye konsentrasjoner av PCB og DDT ble målt i sedimentet. Konsentrasjonene av disse miljøgiftene økte frem til ca. 1970-tallet (maks sum PCB 93,7 ng/g tørrvekt, maks sum DDT 4,0 ng/g tørrvekt) og avtok deretter frem til 2001 (sum PCB i overflatesediment 62 ng/g tørrvekt, sum DDT 1,6 ng/g tørrvekt).

Også polybromerte difenyletere (polyBDE) ble funnet i sedimentet (sumBDE i overflatesediment var 0,73 ng/g tørrvekt). Konsentrasjonene av polyBDE i sedimentet har økt betydelig i de senere år. Konsentrasjonene har generelt fordoblet seg hvert 15 år.

Heksabromsyklododekan (HBCDD) ble ikke detektert i overflatesediment fra Ellasjøen. Lave konsentrasjoner av α- og γ-HBCDD ble detektert i segmenter fra 1 – 2 cm. β-HBCDD ble ikke detektert i noen av prøvene.

For enkelte metaller økte konsentrasjonene jevnt fra preindustriell tid (referansesedimentet) og frem til ca. 1970-tallet. Deretter har konsentrasjonene igjen avtatt noe (As, Cd, Co, Ni, Zn og Cr). Pb og V viste ingen klar utvikling over tid. Konsentrasjonen av Hg viste derimot en jevn økning fra preindustriell til og frem til 2000-tallet. De høyeste anrikningsfaktorene (konsentrasjon i overflate/konsentrasjon I referanse-sediment) ble funnet for Co og Ni med henholdsvis 3,92 og 2,76.

Summary

A sediment-core from Lake Ellasjøen on Bjørnøya has been dated, using the Pb-210 method. Selected segments have been analysed for persistent organics pollutants (POPs) and metals. The results from the dating showed that the sedimentation rate is relatively high in Lake Ellasjøen, compared to other Arctic lakes. The sedimentation rate was estimated to be 0.7 mm/year, or 620 g/m^2/year. Relatively high organic carbon content was also measured in the sediment (5.96 %). The high sedimentation rate and the high organic carbon content are caused by a high production in the lake, due to input of nutrients from seabird guano.

High concentrations of PCB and DDT were measured in the sediment. The concentrations of these contaminants increased until approximately the 1970ies (max. sum PCB 93.7 ng/g dry weight (dw), max. sum DDT 4.0 ng/g dw). From the 1970ies the concentrations of PCB and DDT have decreased to 62 ng/g dw and 1.6 ng/g dw, respectively, in surface sediment.

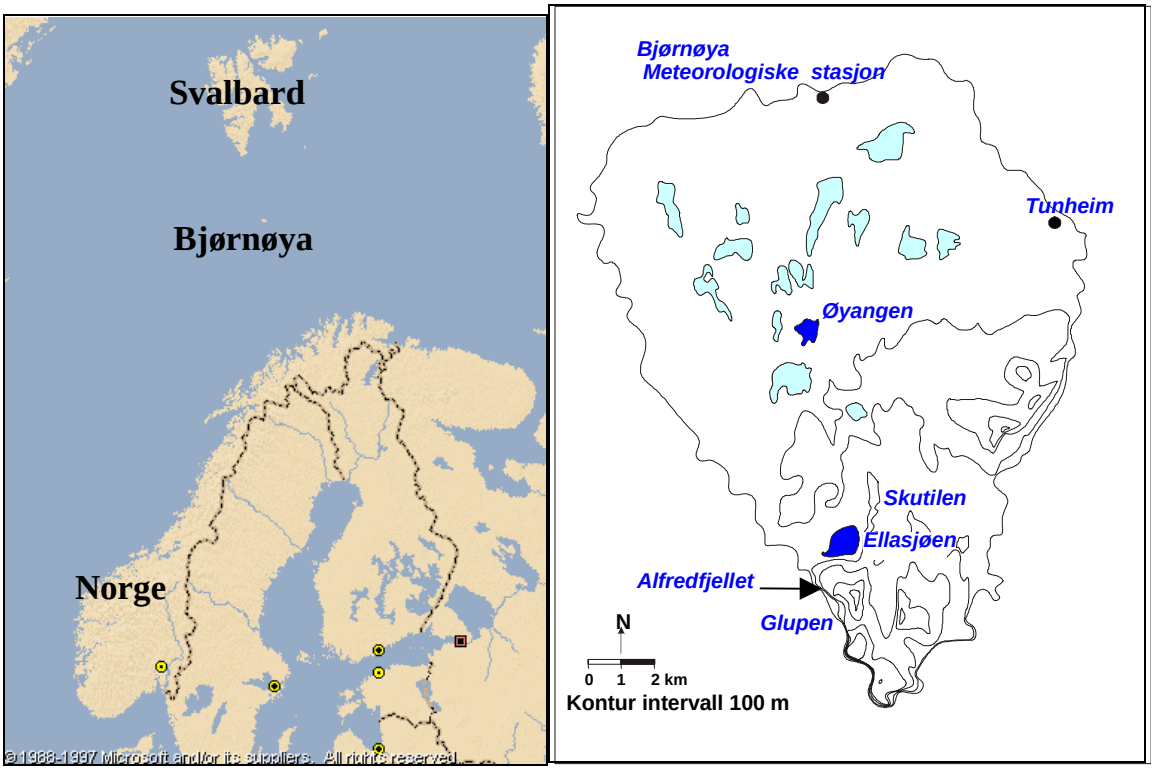
Also polybrominated diphenyl ethers (polyBDEs) were detected in the sediments (sumBDE in surface sediment 0.73 ng/g dw). The concentration of PolyBDEs has increased in recent years. Generally, the concentration in sediment from Lake Ellasjøen has doubled every 15 years since the introduction of these chemicals. Hexabromocyclododekane (HBCDD) was not detected in surface sediment. However, low concentrations of α- and γ-HBCDD were measured in sediment from 1 – 2 cm depth. β-HBCDD was not detected in any of the samples.

For most of the metals the concentrations increased from pre-industrial time (reference sediment) and towards 1970. Thereafter the concentrations have decreased (As, Cd, Co, Ni, Zn and Cr). Pb and V did not show any clear trends over time. The levels of Hg increased gradually from pre-industrial time and towards the 21st century. The highest enrichment factors (concentration in surface sediment/concentration in reference sediment) were recorded for Co and Ni with respectively 3.92 and 2.76.

1 Innledning

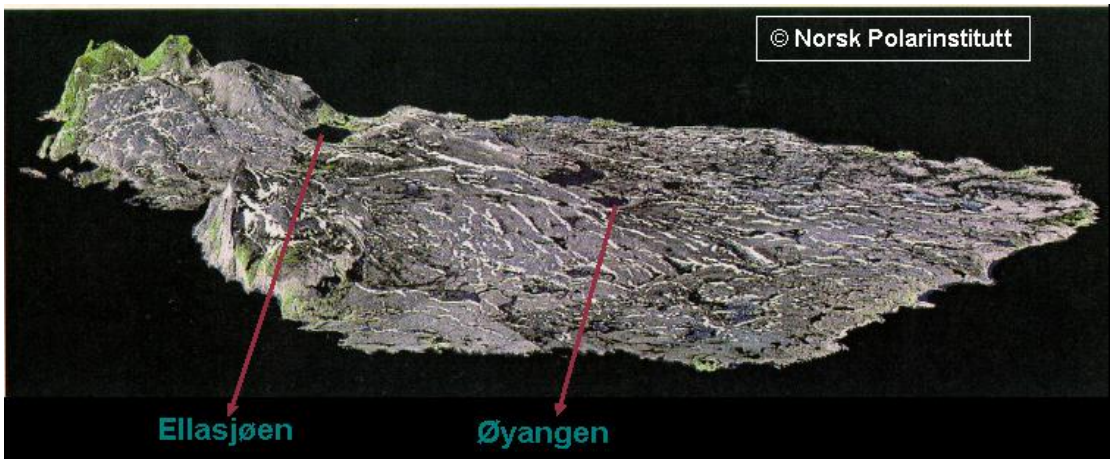
Studier gjennomført i Ellasjøen på Bjørnøya fra 1994 og frem til i dag har avdekket noen av de høyeste konsentrasjonene av persistente organiske miljøgifter (særlig PCB og DDE) som er påvist i sediment og organismer i Arktis. Relativt høye konsentrasjoner av "nyere miljøgifter", som f.eks. bromerte flammehemmere og polyklorerte naftalener, er også påvist i organismer. I Øyangen, en innsjø som ligger ca. 5 km nord for Ellasjøen, er konsentrasjonene av miljøgifter betydelig lavere og på nivå med det som er funnet i innsjøer i Nord-Norge og arktisk Canada. I 1999 ble det satt i gang to prosjekter som hadde som målsetning å avdekke årsakene til oppkonsentreringen av miljøgifter i Ellasjøen. Resultatene fra prosjektene tyder på at forskjeller i nedbørmengde ved de to innsjøene er en vesentlig årsak til forskjellene i deposisjon av miljøgifter. I tillegg er guano fra sjøfugl som bruker Ellasjøen som hvile- eller hekkeområde en viktig kilde til miljøgifter.

Ellasjøen ligger i den sørlige fjellendte delen av Bjørnøya, mens Øyangen ligger på slettelandskapet lengre nord (Figur 1, Figur 2). Fjellene i sør fungerer som en nedbørsbarriere, noe som fører til mer nedbør og dermed en høyere deposisjon av luftbårne miljøgifter ved Ellasjøen enn ved Øyangen. Forskjellene i nedbørsmengde har blitt bekreftet gjennom våre målinger, som har vist at nedbørsmengden er 3 – 5 ganger høyere rundt Ellasjøen enn nord på Bjørnøya. I tillegg er den sørlige delen av øya oftere innhyllet i tåke enn den nordlige delen. Analyser av nedbør (snø, regn) og tåke viser betydelige konsentrasjoner av organiske miljøgifter (særlig i tåke), men nivåene er ikke vesentlig høyere enn det som er funnet i andre arktiske områder. Det er heller ikke funnet konsentrasjonsforskjeller mellom nedbørsprøver samlet inn sør og nord på øya. Årsaken til økt deposisjon av miljøgifter ved Ellasjøen ligger således ikke i høye konsentrasjoner, men i store mengder nedbør.



Figur 1. Bjørnøya med Ellasjøen og Øyangen.

En annen forskjell mellom de to innsjøene er forekomst av sjøfugl. Som eneste øy i et stort produktivt havområde virker Bjørnøya som en magnet på sjøfugl i hekketiden, og over 1 million sjøfugl har tilknytning til øya om sommeren. Det meste av sjøfuglaktiviteten er konsentrert rundt den sørlige klippekysten. Øyangen, som ligger på den sentrale delen av øya, benyttes i liten grad av sjøfugl, mens Ellasjøen i sommersesongen benyttes som hvileområde for flere tusen sjøfugl (i hovedsak krykkje og polarmåke). I tillegg hekker en stor koloni av alkekonge ved den sørlige bredden av innsjøen. Fuglene tilfører innsjøen betydelige mengder guano. I tillegg finnes mye fjær og rester av død sjøfugl i området rundt Ellasjøen. Den andre forklaringen på de høye miljøgiftskonsentrasjonene i Ellasjøen er at sjøfugl transporterer miljøgifter fra marint til limnisk miljø ved å deponere guano og annet organisk materiale (rester av død fugl, fjær) i innsjøen. Analyser av tarminnholdet fra de tre ovennevnte artene av sjøfugl viser betydelig innhold av organiske miljøgifter, spesielt i tarminnhold (guano) fra polarmåke.



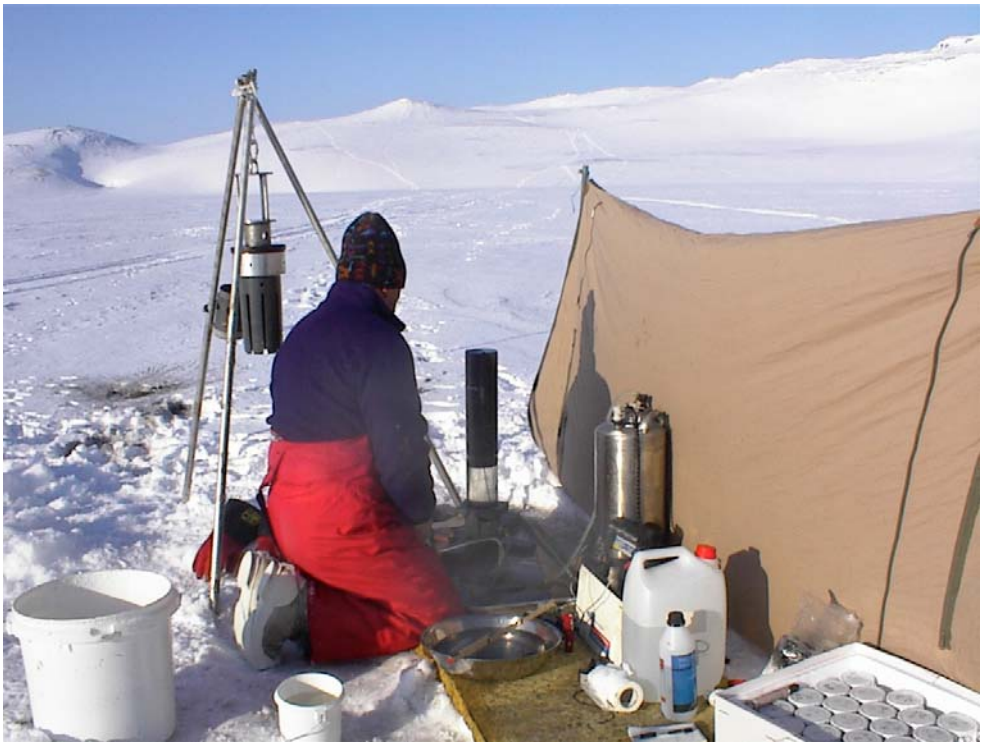
Figur 2. Topografisk kart over Bjørnøya. Kilde: Norsk Polarinstitutt.

Målsetningen med prosjektet som er presentert her var å vurdere hvordan miljøgiftssituasjonen i Ellasjøen har endret seg over tid. Tidligere har det vært tatt prøver av overflatesediment fra Ellasjøen og Øyangen, og disse har blitt analysert for organiske miljøgifter (Skotvold *m.fl.* 1999; Evenset *m.fl.* 2004). Før undersøkelsen som er presentert i foreliggende rapport fantes det imidlertid ingen informasjon om hvordan miljøgiftssituasjonen i Ellasjøen har endret seg over tid. Det finnes i dag i det hele tatt svært lite informasjon om den historiske utviklingen av miljøgifter i arktiske områder. En metode som ofte brukes for å studere historisk utvikling av mengden miljøgifter i et område er analyser av segmenter av sedimentkjerner. En god kjerneprøve vil representere sediment fra nåtid (overflate) og tilbake til preindustriell tid (referanseprøve dypt nede i kjernen). Ved å analysere de ulike segmenter av sedimentet for radionuklidene Pb-210 kan man aldersbestemme sedimentsegmentene. Dette gir en unik mulighet til å studere den historiske utviklingen av miljøgiftene i sedimentet. Nøyaktigheten / oppløsningen vil være avhengig av sedimentasjonsraten i det studerte området. Jo høyere sedimentasjonsrate jo mer detaljert informasjon vil man kunne få. I arktiske innsjøer er sedimentasjonsraten generelt svært lav fordi slike innsjøer vanligvis er svært næringsfattige (lav produksjon). Ellasjøen er imidlertid produktiv sammenlignet med andre arktiske innsjøer, noe som skyldes en betydelig næringstilførsel fra guano, og det var derfor forventet at Ellasjøen skulle ha en relativt høy sedimentasjonsrate sammenlignet med andre Arktiske innsjøer. Sediment fra Ellasjøen ble derfor betraktet som velegnet for å studere den historiske utviklingen av organiske miljøgifter i arktiske områder.

2 Materiale og metoder

2.1 Innsamling av sedimentkjerner

I april 2001 ble det samlet inn sedimentkjerner fra det dypeste punktet (74° 23,05'N, 19° 01,30'Ø) i Ellasjøen (34 meter). En gravitasjons kjerneprøvetaker med en diameter på 10 cm ble benyttet til innsamlingen (Figur 3). Prøvene ble samlet inn mens innsjøen var islagt. Det ble totalt samlet inn 4 kjerner med en lengde fra 24,5 til 33,0 cm (Tabell 1). Hver kjerne ble delt i 1 cm store underprøver fra de øverste 20 cm, samt en 2 cm referanseprøve fra den nedre delen av hver kjerne. Sedimentkjernen for datering ble delt i 1 cm underprøver for hele kjernens lengde som var 30,4 cm. Prøvene ble overført til brente glass og oppbevart nedfrosset frem til analysering.



Figur 3. Innsamling av sedimentkjerner fra Ellasjøen, april 2001.

Tabell 1. Oversikt over sedimentkjernene som ble samlet inn fra Ellasjøen, april 2001. Kjernene ble samlet inn fra 34 meters dyp (74° 23,05'N, 19° 01,30'Ø).

Nummer	Lengde (cm)	Antall underprøver	Referanse prøve (cm fra toppen)
1	33.0	20	30 – 32
2	28.7	20	26 – 28
3	24.5	20	22 - 24
4	30.5	29	

2.2 Analyser

De øverste 10 cm, samt utvalgte segmenter nedover i kjernen, ble analysert for Pb-210 (totalt 17 segmenter). I tillegg ble 10 segmenter analysert for Cs-137. Videre ble et utvalg av sedimentprøvene analysert for PCB (PCB 18, 26, 28, 31, 33, 44, 47/49, 52, 70, 74/76, 95, 99, 101, 105, 110, 114, 118, 126, 128, 138, 141, 146, 149, 153, 156, 157, 167, 169, 170, 174, 180, 183, 187 og 194), DDT (o,p'-DDD, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDT og p,p'-DDT), polyBDEs (BDE 28, 47, 71, 77, 99, 100, 138, 153, 154 og 183), HBCDD (α-, β-, og γ-isomerene) og metaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V og Zn) (Tabell 2).

Sedimentdateringen ble gjennomført av Institute of Oceanology, Polen. Norsk Institutt for Luftforskning analyserte prøvene for organiske miljøgifter, mens Analytica gjennomførte metallanalysene. Totalt organisk karbon ble bestemt av Geogruppen.

Tabell 2. Oversikt over analyser som ble gjennomført på kjerneprøver fra Ellasjøen.

Parameter	Dyp (cm)	Referanse prøve (cm fra toppen)	Antall prøver analysert
Datering	0 – 26*	-	17
TOC	0 – 10	22 – 24	11
PCB	0 – 10	30 – 32	11
DDT	0 – 7	6 – 7	7
HBCDD	0 – 5	4 - 5	6
polyBDE	0 – 5	4 – 5	5
Metaller	0 – 10	26 - 28	11

* 0 – 10 cm + utvalgte segmenter lengre ned

2.2.1 Pb-210 datering og radioisotopanalyser

Til datering av sedimenter er det vanlig å bruke nuklidene Pb-210 og Po-210. Disse er datternuklider av Rn-222 som produseres av Ra-226. Radon unnslipper fra jordens overflate i form av gass. I atmosfæren gjennomgår Rn-222 en radioaktiv nedbrytning og omdannes til datterproduktet Pb-210 gjennom få kortvarige mellomprodukter. Pb-210 er det datterproduktet som har lengst halveringstid - 22 år. Pb-210 blir vasket ut fra atmosfæren ved nedbør og tørravsetning. I akvatiske systemer adsorberes Pb-210 til partikler i vannfasen, og sedimenteres sammen med disse. Partiklene med Pb-210 begraves deretter i sedimentet ved at nytt materiale sedimenterer. Mengden overskytende sedimentært Pb-210 (utover isotopen (Ra-226), som er opphavet til Pb-210) er bestemt av sedimentasjonshastighet, grad av miksing og radioaktiv nedbrytning.

Sedimentasjonshastigheten (r) bestemmes ut fra dybdefordelingen til overskytende Pb-210. Som vist i den følgende ligningen, varierer overskytende Pb-210 eksponentielt med forholdstallet mellom den kumulative tørrvekten til sedimentet (m) og sedimentasjonshastigheten (r), som angis i g tørrvekt cm^{-2} $år^{-1}$.

$C = C_0 e^{-\lambda m/r}$,

der C= aktiviteten til Pb-210 (Bq/kg), C_0= aktiviteten til Pb-210 (Bq/kg) ved sedimentoverflaten (dvs. dyp = 0 cm).

Variasjoner i sedimentets vanninnhold med sedimentdypet indikerer i hvilken grad sedimentet ble sammentrykt under prøvetaking. Ved minimale effekter av sammentrykking kan sedimentasjonsraten bestemmes ut fra en eksponentiell kurve for overskytende Pb-210 plottet

mot dyp, og deretter angis i mm $år^{-1}$. For sedimenter som er påvirket av biologiske eller fysiske miksings prosesser, kan nøyaktig datering kun oppnås når det er et begrenset dyp som er påvirket av vertikal miksing og de grunnleggende forutsetningene for transporten av Pb-210 fremdeles er gyldige.

Modellene forutsetter enten konstant tilførsel av Pb-210 (Robbins 1978) eller at konsentrasjonen av Pb-210 i de sedimenterende partiklene er direkte proporsjonal med massefluksen (Appleby & Oldfield 1978). I andre tilfeller benyttes mer kompliserte matematiske metoder for å tolke profilene av overskytende Pb-210 (Carroll *m fl.* 1999a,b, 1995; Waugh *m.fl.* 1998; Liu *m.fl.* 1991). Sedimentasjonsraten i Ellasjøen ble estimert ved å bruke en konstant sedimentasjons rate modell (Robbins 1978).

For å verifisere resultatene fra Pb-210 målingene ble også ble cesium 137 (Cs-137) analysert. Dette er en kunstig isotop som har blitt sluppet ut i miljøet gjennom atmosfæriske fusjonsbombe testinger (1954, 1961-1962), samt ulykker ved kjernefysiske reaktorer (i hovedsak Chernobyl 1986). Ettersom man kjenner til når disse utslippene har funnet sted, blir Cs-137-resultatene brukt til å kalibrere (bekrefte) resultatene fra Pb-210 dateringen.

Visse egenskaper til dataprofilen kan brukes til å anslå i hvilken grad aldersbestemmelsen var vellykket og nøyaktig. Disse egenskapene blir nå beskrevet kortfattet.

Grad av lineær profil: Dersom kurven for den naturlige logaritmen til overskytende Pb-210 plottet mot sedimentdyp viser et øvre lag med en jevn aktivitet av overskytende Pb-210 og et nedre lag med en lineær reduksjon i Pb-210, er det lite sannsynlig at kjernen har blitt forstyrret av naturlige eller menneskeskapte prosesser, eller under innsamling.

Overensstemmelse mellom Pb-210 og Cs-137: Cs-137 gir mulighet for å kontrollere Pb-210 resultatene. Dersom Pb-210 dateringen for ulike intervaller av kjernen i stor grad samsvarer med dateringen fra Cs-137, kan man anta at resultatene er pålitelige.

Konstant rate: Dersom den overskytende Pb-210 profilen er lineær og dateringen er i overensstemmelse med Cs-137, kan man anta at akkumuleringsraten av sediment er konstant på en bestemt lokalitet. Dersom dette ikke er tilfelle, kan man bruke andre modeller for å forsøke å tolke dataene.

Prøvene fra Ellasjøen ble analysert for innhold av Pb-210 ved å måle innholdet av datter produktet Po-210 (halveringstid 138,4 dager). Vi antar at Pb-210 er til stede i lik konsentrasjon som datterisotopen. Denne metoden bruker kjemisk separasjon av isotopen før detektering. Tørket sediment ble veid og en kjent mengde Po-209 ble tilsatt som sporstoff til hver prøve. Saltsyre og flussyre ble tilsatt prøven for å løse opp organisk materiale og partikler. Prøven ble så tørket i 16 timer. Prøvene ble oppbevart i beholdere med en sølvplate i bunnen, og Po- isotopene ble umiddelbart avsatt på sølvplaten. Platen ble tørket og tilrettelagt for alfa spektroskopi. Aktiviteten av Po-210 (5,3 MeV) og Po-209 (5,1 MeV) ble målt med en CANABERA alfa detektor gjennom en periode på 80000 sekunder.

Cs-137 (661,7 KeV) ble målt med direkte telling over 1 – 2 dager ved hjelp av en HPGe detektor.

2.2.2 Totalt organisk innhold (TOC)

Prøvene ble tørket ved 70 °C. Omlag 0,22 g sediment ble veid opp i porøse digler. Deretter ble prøvene behandlet med 10 % HCl, og skylt min 3 ganger for å fjerne kalsium karbonat. For å fjerne alle rester av HCl ble prøvene skylt med destillert vann minst 6 ganger. Prøvene ble deretter tørket ved 100 °C over natten (eller minst 6 timer). TOC-analysene ble utført på en Leco IR 212 karbon analyserer. Instrumentet beregner karboninnholdet ved å måle CO_2 i

gassen som dannes ved en forbrenningsprosess. Prøvene ble analysert ved oppvarming til 480 °C.

2.2.3 Persistente organiske miljøgifter

Forbehandling: Sedimentprøvene ble frysetørret i 24 timer. Ca. 10 g tørt sediment ble tilsatt 20 µl av internstandard løsningen isooktan. Denne løsningen inneholdt 77 pg/µl $^{13}C_{12}$-DDE, 78 pg/µl $^{13}C_{12}$-DDT, 500 pg/µl av hver av de $^{13}C_{12}$-merkede PCB'ene #28, #52, #101, #118, #153 and #180, 250 pg/µl av hver av de $^{13}C_{12}$-merkede BDE'ene #28, #47, #99, #153 og #183, samt 1,3 ng/µl D_{18}-merked HBCDD.

Ekstraksjon: En sokslet ekstraksjon med 150 mL toluen ble utført ved 111 °C (refluks) i 8 timer. Toluen ekstraktet ble konsentrert til 0,5 ml i en Turbovap evaporator (Zymark, Hopkinton, MA, USA), og løsemiddelet ble endret til diklormetan.

Opprensing: Svovel ble fjernet ved gel permeasjons kromatografi, ved å bruke et dual Envirogel system (materiale: Bio-Beads S-X3 resins, 37-75 µm partikler; kolonne 1: 150 mm lengde, 19 mm i.d.; kolonne 2: 300 mm lengde, 19 mm i.d.; Waters, Milford, MA, USA). Sokslet ekstraktet (0,5 ml) ble injisert og svovel ble fjernet ved en diklormetan-strøm på 0,5 ml/min. Fraksjonen mellom 75 og 106 ml, som inneholdt alle komponentene som skulle kvantifiseres, ble oppkonsentrert til 0,5 ml (Turbovap), mens løsningsmiddelet ble endret til sykloheksan. Ekstraktet ble ytterligere renset ved å bruke en manuelt pakket florisil kolonne med 1,5 g forbehandlet (12 t ved 450 °C) og deaktivert (0,5 % (w/w) vann) florisil (partikkel størrelse: 0,15 – 0,25 mm) og 2 g av granulert natrium sulfat på toppen. Kolonnen var vasket med 10 mL *n*-heksan/diklorometan (3:1; v/v), før prøven oppløst i 0,5 ml sykloheksan ble tilsatt. Ekstraktet ble konsentrert til ca. 0,1 ml (Turbovap og nitrogen strøm) mens løsemiddelet ble endret til iso-oktan. Gjenvinningsstandarden oktakloronaftalen ble tilsatt før kvantifisering (20 µl av en 0,6 ng/µl løsning i iso-oktan).

Analyse og kvantifisering: Alle analyttene, med unntak av HBCDD, ble separert og kvantifisert ved hjelp av gasskromatografi koblet til massespektometri (GC/MS). Prøvene ble analysert ved hjelp av en Mega II 8065 gasskromatograf (Fisons, Milan, Italy) koblet til et MD800 lav-oppløselig kvadrupol massespektrometer (Finnigan MAT, San Jose, CA, USA). Et prøvevolum på 2 µL ble injisert på kolonnene med et AS800 auto-injiseringssystem (Fisons) på en DB5MS kapillær kolonne (fenyl arylen polymer, 30 m lengde, 0,25 mm i.d., 0,25 µm film tykkelse, J & W Scientific, Folsom, CA, USA). Separasjon ble utført ved å bruke helium som bæregass ved konstant kolonne trykk på 80 kPa ved følgende temperatur program: 70 °C (2 min), deretter 15 °C/min til 180 °C (0 min) og 5 °C/min til slutt temperatur 280 °C (15 min). GC/MS mellomfase temperatur ble holdt på 250 °C og ionekilde temperaturen på 220 °C. Massespektrometret ble operert i single-ion-monitoring mode (SIM). Komponentene ble kvantifisert etter internstandard metoden.

*HBCDD***:** HBCDD ble kvantifisert ved hjelp av LC/MS. 10 µL ekstrakt ble injisert til separasjonssystemet ved hjelp av en auto-injektor og en lavtrykks kvarternær pumpe med en vakuum avgasser (1100 Series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA). En HPLC-separasjon ble utført på en C_{18} reversert fase kolonne (X-Terra MS C18: 3,5 µm partikler, 150 mm lengde, 2,1 mm i.d., Waters, Milford, MA, USA) ved å bruke en strøm på 250 ml/min av metanol (A), acetonitril (B) og vann (C). Følgende gradienter ble brukt: 0 min, 10 % A/2,5 % B/87.5 % C; 0-12 min, lineær endring til 88 % A/12 % B; fulgt av 12 min isocratic elusjon med 88 % A/12 % B. Et time-of-flight (TOF) masse spektrometer (LCT, Micromass, Manchester, England) ble brukt til kvantifisering.

2.2.4 Metaller

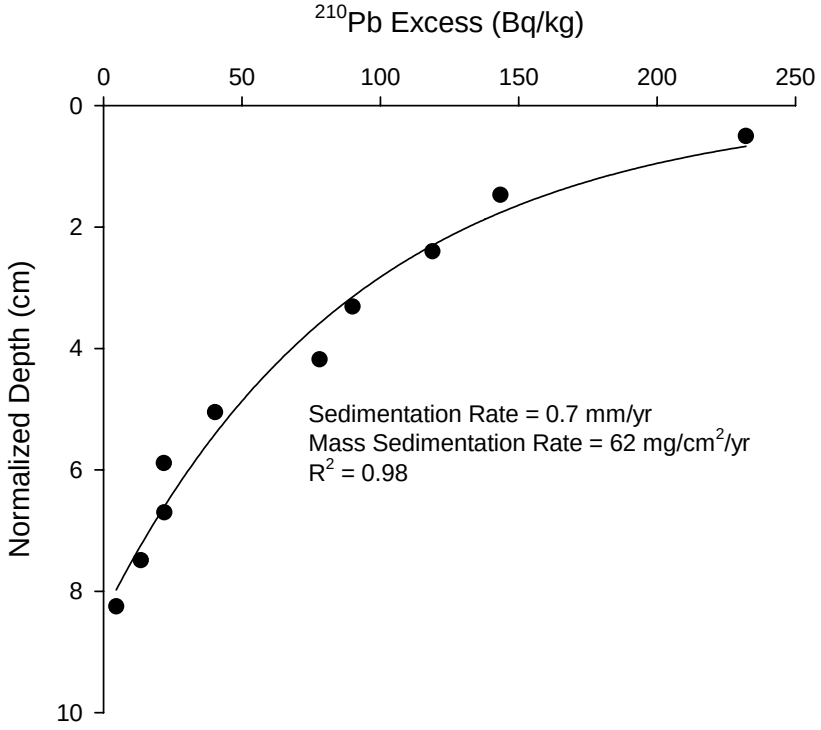
Hele sedimentprøven ble tørket i ovn ved 50 °C i 48 t. En delprøve ble tatt ut for tørrstoffbestemmelse ved 105°C. Prøvende ble deretter innveid med 7 M HNO_3 i en lukket teflonbeholder og oppsluttet mikrobølgeovn i 10min ved 375W og 55 min ved 275 W. Teflonbombene ble avkjølt til romtemperatur og løsningen ble overført til et 10 ml prøverør og fortynnet til 10 ml. Løsningen ble fortynnet videre før analyse (5 X for ICP-AES og 10X for ICP-QMS). Plasma-emissjonsspektrometri (ICP-AES) og plasma-massespektrometri (Quadrupol) (ICP-QMS) ble benyttet til deteksjon og kvantifisering.

Måleusikkerheten beregnes individuelt for hver prøve og er direkte koblet til hver måling. Måleusikkerheten er avhengig av nivået i prøven. For mer informasjon om måleusikkerheten for de ulike prøvene henvises til vedlegg 2.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Datering

Til dateringen ble det både benyttet Pb-210 og Cs-137 som beskrevet i metodekapittelet. Sedimentasjonsraten ble estimert ved å bruke en konstant sedimentasjons rate modell (Robbins, 1978). Modellen antar at overskuddet av Pb-210 (i forhold til den opprinnelige isotopen Ra-226), varierer eksponentielt med sediment dyp normalisert for sedimentets porositet. En gjennomsnittlig sedimentasjonsrate for hele kjernen bestemmes ut fra stigningstallet (bestemt ved minste kvadraters metode) til et eksponentielt plott av overskuddet av Pb-210 mot sediment dyp. Resultatene viste en sedimentasjonsrate på om lag 0,7 mm per år i Ellasjøen. Det betyr at hvert 1 cm segment representerer omlag 14 år. En sedimentasjonsrate på 0,7 mm/år tilsvarer 620 g/m^2/år. Det var en god overensstemmelse mellom de to ulike analysemetodene (Pb-210 og Cs-137), og den naturlige logaritmen til overskytende Pb-210 plottet mot sedimentdyp viste et øvre lag med en jevn aktivitet av overskytende Pb-210 og et nedre lag med en lineær reduksjon i Pb-210 (Figur 4). Resultatene viste tydelige forhøyede verdier av Cs-137 i overflatelaget, som representerer tidsrommet fra 1987 – 2001, og i segmentet som representerer tidsrommet fra 1960 – 1973 (Tabell 3). Dette kan relateres til henholdsvis ulykken i Chernobyl i 1986 og utprøving av kjernefysiske våpen på 1960-tallet (skravert område i tabell). Samsvaret mellom ^{137}Cs og Pb-210 resultatene indikerer at sedimentasjonsraten og/eller tilførselen av Pb-210 til sedimentet har variert lite over tid (Carroll & Lerche 2002). Resultatene fra sedimentdateringen kan derfor benyttes til å undersøke den historiske utviklingen av miljøgifter i Ellasjøen.



Figur 4. Overskudd av Pb-210 plottet mot sedimentdyp normalisert for porositetsendringer.

Tabell 3. Gjennomsnittlig alder for midtpunktet til hvert dybdeintervall. Resultatene fra dateringen stemmer godt overens med resultatene fra analysene av Cs-137. Den høyeste Cs-konsentrasjonen er forårsaket av utslipp fra ulykken i Chernobyl i 1986, mens den nest høyeste konsentrasjonen er forårsaket av utprøving av kjernefysiske våpen (skravert) på 1960-tallet.

Dybde intervall (cm)	Konstant rate	^{137}Cs innhold (Bq/kg)
Overflate	2001	
0,5	1994	137±7
1,5	1980	8,8±3,2
2,5	1966	23,9±4,5
3,5	1953	7,2±3,5
4,5	1940	4,1±1,6
5,5	1928	l.d.
6,5	1915	l.d.
7,5	1903	l.d.
8,5	1892	l.d.
9,5	1881	l.d.

l.d. = på eller under deteksjonsgrensen (2 Bq/kg)

En sedimentasjonsrate på 0,7 mm/år eller 620 g/m^2/år er relativt høy for en arktisk innsjø. Muir *m.fl.* (1995) fant sedimentasjonsrater på ca. 120 – 370 g/m^2/år i innsjøer fra Canadisk Arktis. Appleby (2004) rapporterte om sedimentasjonsrater på 20 – 500 g/m^2/år fra innsjøer på Svalbard. Årsaken til den relativt høye sedimentasjonsraten i Ellasjøen er en høy produksjon forårsaket av næringstilførsel fra sjøfugl.

3.2 Totalt organisk karbon

Organiske miljøgifter og enkelte metaller vil i stor grad finnes bundet til organisk materiale i sediment. Det er derfor viktig å bestemme andelen organisk karbon når konsentrasjonene av miljøgifter skal måles. Dette er spesielt viktig når resultater fra ulike områder sammenlignes.

Sedimentet fra Ellasjøen hadde en relativt høy andel organisk karbon (5,96 % i overflatesedimentet) (Tabell 4) sammenlignet med andre arktiske innsjøer. Arktiske innsjøer har ofte et lavt innhold av organisk karbon i sedimentet på grunn av en lav produksjon og lav tilførsel fra det terrestriske miljø. Lite vegetasjon i nedslagsfeltet til innsjøene begrenser tilførselen av organisk materiale. Muir *m.fl.* (1995) rapporterte om TOC-verdier på 1,2 – 3 % i sediment fra innsjøer i Canadisk Arktis. Skotvold *m.fl.* (1997) rapporterte om TOC-verdier fra innsjøsedimenter på Svalbard fra 1 – 6 % med et snitt på noe under 3 %. Den relativt høye andelen TOC i sedimentet fra Ellasjøen indikerer at innsjøen er produktiv (i arktisk målestokk), noe som skyldes gjødsling fra sjøfugl.

TOC-konsentrasjonen avtar noe nedover i sedimentet på grunn av naturlige nedbrytningsprosesser. Nedgangen i TOC-konsentrasjonen kan bidra til at sedimentene lengre ned i kjernen har en noe lavere evne til å binde organiske miljøgifter, men endringene er likevel ikke så store at de kan forklare variasjonene i miljøgiftsinnhold.

Tabell 4. Konsentrasjon av totalt organisk karbon (TOC) i sediment fra Ellasjøen, april 2001.

Segment (cm)	TOC (%)
0-1	5,96
1-2	5,87
2-3	5,05
3-4	4,38
4-5	3,84
5-6	3,48
6-7	3,51
7-8	3,26
8-9	3,31
9-10	3,26
22-24	3,09

3.3 PCB

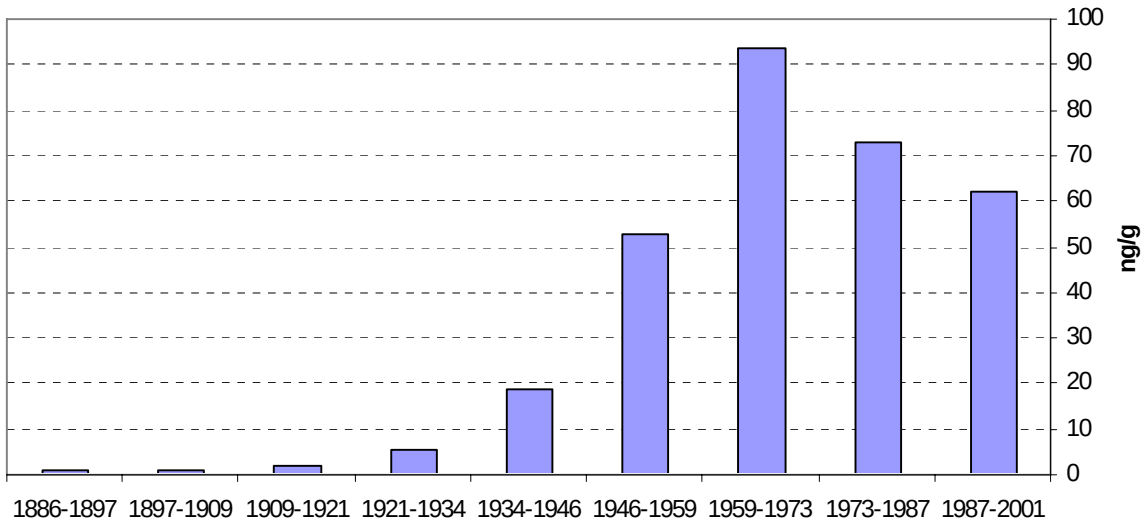
Det ble målt høye konsentrasjoner av PCB (sum av 36 kongenere) i sedimentet fra Ellasjøen (Figur 5). Nivåene av PCB i sedimentet er betydelig høyere enn det som er funnet i andre arktiske innsjøer (Muir *m.fl.* 1996; de March *m.fl.* 1998). Analysene viste at det skjedde en betydelig økning i PCB-konsentrasjonen fra ca. 30-tallet og frem til ca. 1970. Nivåene i de to øverste centimeterne av sedimentet (overflate: 62 ng/g tørrvekt, 1 - 2 cm: 72 ng/g tørrvekt) er lavere enn det som ble registrert dypere (2 -3 cm: 93,7 ng/g tørrvekt). Rundt 1970 ble det lagt sterke restriksjoner på ny bruk av PCB i en rekke land. Effekten av disse restriksjonene er tydelig i sediment fra Ellasjøen. Figur 5 viser at konsentrasjonen avtar betydelig etter ca. 1970 og frem til 2001.

PCB ble registrert helt ned til 8 - 9 cm ned i sedimentet (Figur 5, vedlegg 1), men da i svært lave konsentrasjoner. I følge dateringen stammer dette segmentet fra tidsperioden 1886 – 1897). PCB ble kommersielt tilgjengelig først omkring 1930. De målte konsentrasjonene i sedimentsegmentene fra 6 – 9 cm skyldes derfor mest sannsynlig at sedimentet fra disse lagene har blitt kontaminert med sediment fra høyere lag når sedimentet har blitt ført opp langs kjernen eller ved at materiale fra overflaten har lekket nedover i kjernen. Sedimentet fra Ellasjøen var relativt løst, og det var derfor vanskelig å forhindre at små mengder trengte ned fra overflaten mot dypere lag. Normalt vil dyr som beveger seg vertikalt i sedimentet også kunne forårsake bioturbasjon, men det finnes få arter bunndyr i Ellasjøen og livet begrenser seg i hovedsak til overflatesedimentet (ca. 0 – 2 cm). Det er derfor lite sannsynlig at bioturbasjon er årsaken til PCB-konsentrasjonen som ble målt et stykke ned i kjernen. Bioturbasjon kan likevel forårsake blanding av overflatelaget.

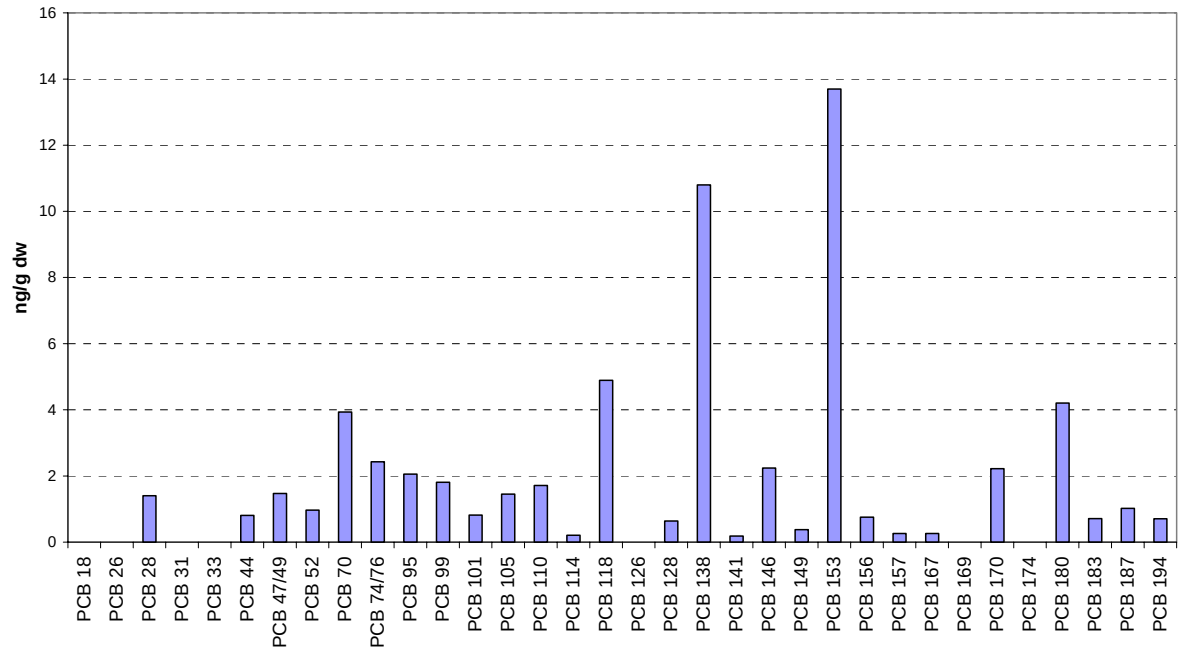
Evenset *m.fl.* (2002) analyserte fire segmenter (0 – 1 cm, 1 – 2 cm, 2 – 3 cm og 13 – 15 cm) av udaterte kjerner fra Ellasjøen og Øyangen for PCB (sum av 7 kongenere) og utvalgte pestisider. Disse kjernene ble tatt i 1996. PCB_7-konsentrasjonen i overflatesedimentet fra Ellasjøen var 60 ng/g tørrvekt, i 1 – 2 cm dyp 41 ng/g tørrvekt, i 2 - 3 cm dyp 37 ng/g tørrvekt og i 13 – 15 cm dyp 0,5 ng/g tørrvekt. I kjernen som ble tatt i 1996 viste altså analysene en økende trend helt fram til 1996. Dette er ikke i tråd med tidstrender som er fremkommet gjennom andre undersøkelser i arktiske områder. En svakhet med undersøkelsen som ble gjennomført i 1996 var at kjernene ikke ble datert. Det er derfor vanskelig å vite om kjernene var gode og om sediment fra ulike dyp kan ha blitt noe blandet under prøvetaking eller at kjernene har blitt tatt i et område som har vært utsatt for sedimentforstyrrelser (ras,

omveltninger). I undersøkelsen som rapporteres i foreliggende rapport viser resultatene fra dateringen at sedimentet er uforstyrret, og at de ulike segmentene kan relateres til de ulike tidsepokene. Det er derfor god grunn til å stole på at tidstrendene som er fremkommet her er riktige. Som tidligere vist avtar konsentrasjonen av organisk karbon noe nedover i kjernen, men nedgangen er for liten til å forklare endringer i PCB-konsentrasjoner i dypere lag. De høyeste nivåene av PCB ble videre målt i segmentet fra 2 – 3 cm, hvor karbonkonsentrasjonen var lavere enn i overflatesedimentet. Endringer i organisk karbon kan således ikke forklare endringene i PCB-konsentrasjoner.

Kongener-sammensetningen (Figur 6) viser en dominans av PCB 153 (heksa-klorert) fulgt av PCB 138 (heksa-klorert), PCB 118 (penta-klorert) og PCB 180 (hepta-klorert) (Figur 6, Vedlegg 1). Dette mønsteret avviker betydelig fra det som tidligere har blitt funnet i sediment fra arktiske innsjøer (Muir *m.fl*. 1996). Muir *m.fl.* (1996) fant ut at di-, tri- (PCB 8, 18, 28), og tetra-klorerte (PCB 52, 70/76, 66) PCB-kongenere dominerte i sediment fra innsjøer i Canadisk arktis, mens det var lave konsentrasjoner av heksa-, hepta- og okta-klorerte PCB. I henhold til den såkalte globale fraksjonerings teorien (kaldkondensasjons hypotesen) (Wania & Mackay 1993) skal de mest flyktige klororganiske forbindelsene (som for eksempel lavklorerte PCBer) dominere i polare områder, ettersom de i størst grad vil langtransporteres. Kilden til de høyere klorerte PCB som finnes i høye konsentrasjoner i sedimentet fra Ellasjøen er således sannsynligvis ikke atmosfærisk deposisjon, men guano fra sjøfugl. Mønsteret i sedimentprøvene stemmer godt overens med det som har blitt funnet i guanoprøver (Evenset *m.fl.* in prep.).



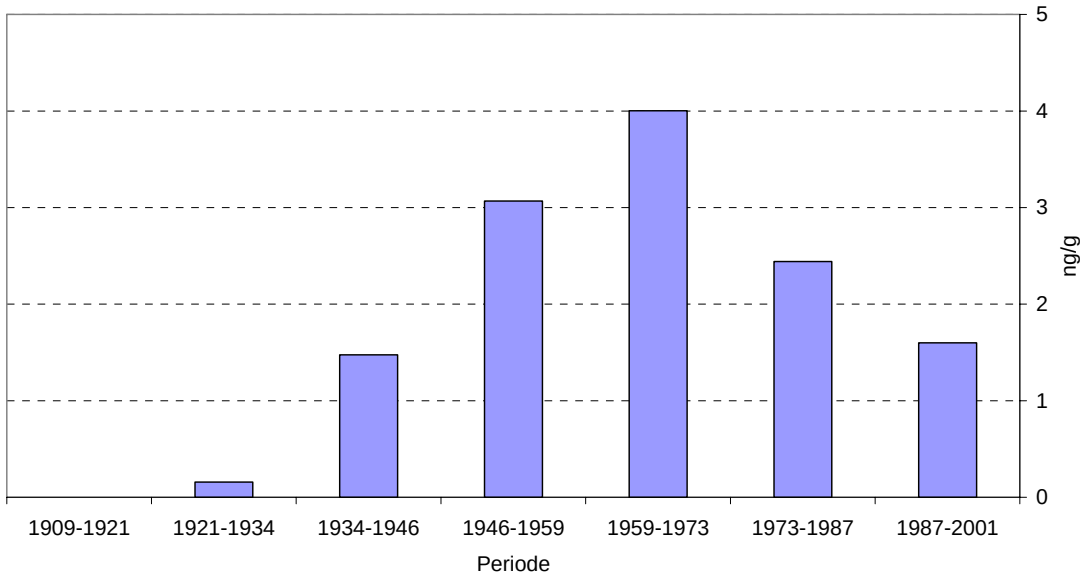
Figur 5. Historisk utvikling av PCB (sum av 36 kongenere, ng/g tørrvekt) i sediment fra Ellasjøen, Bjørnøya, april 2001.



Figur 6. PCB-kongenere (ng/g tørrvekt) i overflatesediment fra Ellasjøen, Bjørnøya, april 2001. Kongener sammensetningen endret seg lite nedover i kjernen.

3.4 DDT

DDT ble påvist i de øverste 6 cm av sedimentet, tilsvarende tidsperioden fra 1921 til 2001. DDT-konsentrasjonene økte fra 1920 - 30-tallet frem til ca. 1960-1970 (4 ng/g tørrvekt) (Figur 7). Etter ca. 1970 har DDT-konsentrasjonen i sedimentet avtatt betraktelig. Nivået i overflatesediment (1,6 ng/g tørrvekt) er likevel relativt høyt sammenlignet med sedimenter fra andre innsjøer i arktiske områder (Muir *m.fl.* 1995; de March *m.fl.* 1997). Kommersiell fremstilling av DDT startet i 1940-årene, og i Europa kulminerte bruken av det i 1960-årene. I andre områder har imidlertid DDT vært brukt lengre. De registrert DDT-konsentrasjonene i segmentet fra 5 – 6 cm skyldes trolig kontaminering fra øvre sedimentlag (se forklaring for PCB). De stabile nedbrytningsproduktene o,p'-DDE og p,p'-DDE utgjorde omlag 90% av sum DDT i alle prøvene (se Vedlegg 1). Dette indikerer nedbrutt DDT, og at det ikke har vært noen tilførsel av DDT i de senere år.



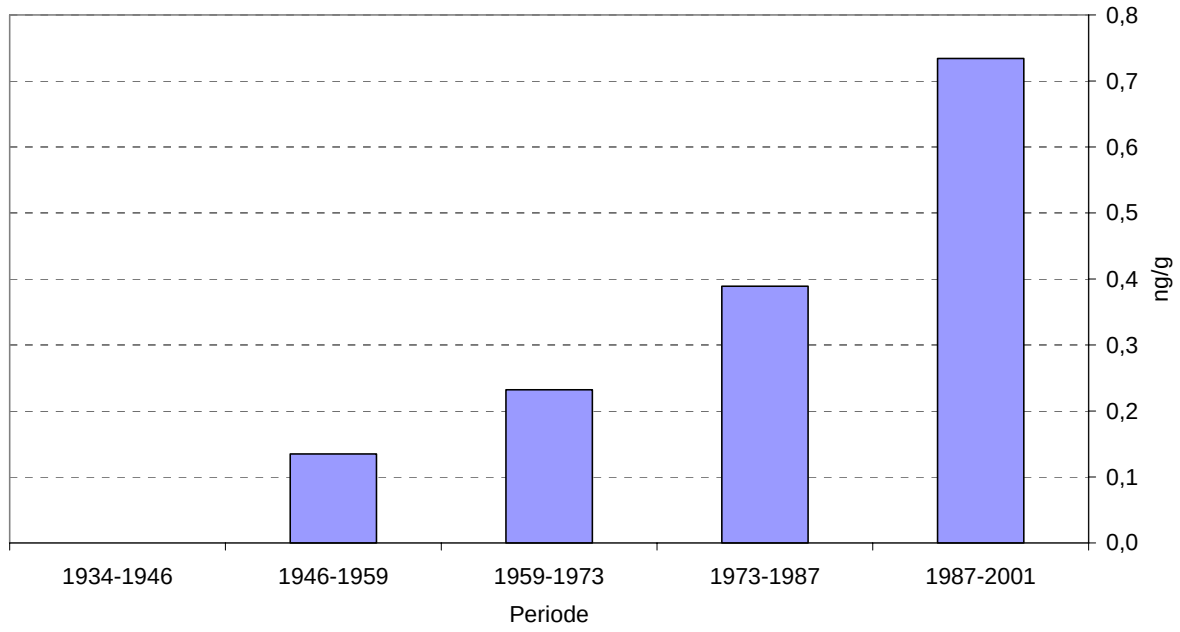
Figur 7. Historisk utvikling av SumDDT (ng/g tørrvekt) i sediment fra Ellasjøen, Bjørnøya.

3.5 Polybromerte difenyletere (polyBDE)

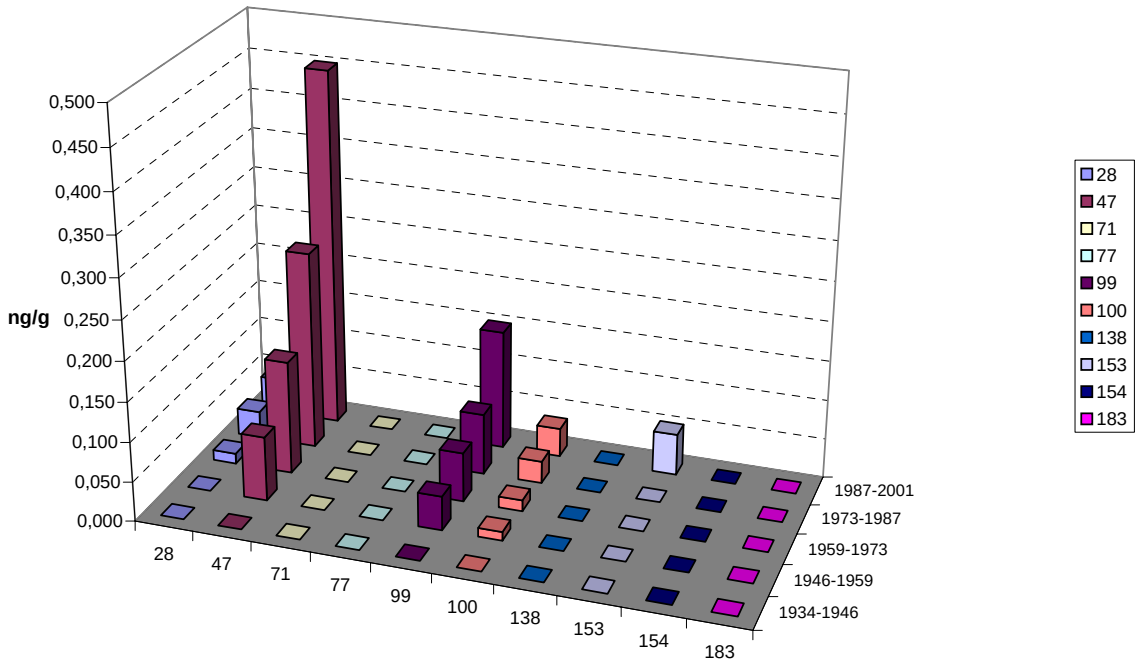
Polybromerte difenyletere tilhører gruppen av additive bromerte flammehemmere (kun mekanisk blandet med resten av materialet, dvs. ingen kjemisk binding), som bl.a. brukes i elektronisk utstyr, isolasjonsmaterialer og møbelstoff. Det produseres fremdeles store mengder bromerte flammehemmere, selv om enkelte komponenter i dag er faset ut eller underlagt restriksjoner i en rekke land (for eksempel penta- og okta-BDE).

Det ble påvist polyBDE i de øverste 4 cm av sediment fra Ellasjøen. Konsentrasjonen i overflatesedimentet (sum polyBDE) var 0,73 ng/g tørrvekt (Figur 8), dvs. mer enn 80 ganger lavere enn konsentrasjonen av PCB. PolyBDE-konsentrasjonen er imidlertid i samme størrelsesorden som det som er rapportert fra enkelte Canadiske innsjøer. Song *m.fl.* (2004) rapporterte for eksempel om polyBDE-konsentrasjoner (sum av 9 kongenere) på 0,49 – 3,1 ng/g tørrvekt i overflatesediment fra Lake Superior, en innsjø som ligger i nærheten av tett befolkede områder. I motsetning til nivåene av PCB og DDT som nå viser en nedadgående trend, så har konsentrasjonen av polyBDE i sediment fra Ellasjøen økt dramatisk i de senere år (Figur 8). Konsentrasjonene har generelt fordoblet seg hvert 15 år.

Prøvene ble analysert for 10 kongenere (BDE 28, 47, 71, 77, 99, 100, 138, 153, 154 og 183). Kun BDE 28, 47, 99, 100 og 153 ble detektert i sedimentet. BDE 47 var den dominerende kongeneren, fulgt av BDE 99, 28 og 100 (Figur 9). Konsentrasjoner av enkeltkongenere i samtlige av de analyserte sedimentsegmentene er gitt i vedlegg 1.



Figur 8. Historisk utvikling av Sum polyBDE (ng/g tørrvekt) i sediment fra Ellasjøen, Bjørnøya.



Figur 9. Sammensetning av BDE-kongenere (ng/g tørrvekt) i sedimentprøvene fra Ellasjøen, Bjørnøya, april 2001.

3.6 Heksabromsyklododekan (HBCDD)

Heksabromsyklododekan (HBCDD) er en reaktiv flammehemmer, dvs. at den er en kjemisk reagert bestanddel av produktet, som bl.a. brukes i isolasjonsmaterialer og i tekstilproduksjon. Reaktive flammehemmere lekker sannsynligvis ut i mindre grad enn de additive flammehemmerene. Det er imidlertid vist at HBCDD bioakkumulerer i organismer og at den brytes langsomt ned i naturen.

HBCDD ble ikke detektert i overflatesediment fra Ellasjøen (Tabell 5). Lave konsentrasjoner av α- og γ-HBCDD ble detektert i segmenter fra 1 – 2 cm. β-HBCDD ble ikke detektert i noen av prøvene.

Tabell 5. HBCDD (ng/g tørrvekt) i de øvre segmenter fra en sedimentkjerne fra Ellasjøen, Bjørnøya, april 2001.

Segment	0 - 1 cm	1 - 2 cm	2 - 3 cm	3 - 4 cm	4 - 5 cm
Periode	1987 - 2001	1973 - 1987	1959 - 1973	1946 - 1959	1934 - 1946
α-HBCDD	<0,14	0,43	<0,08	<0,09	<0,06
β-HBCDD	<0,06	<0,06	<0,04	<0,05	<0,03
γ-HBCDD	<0,11	3,88	<0,07	<0,08	<0,05

3.7 Metaller

Nivåene av de fleste metaller i overflatesedimentet fra Ellasjøen var sammenlignbare med de nivåene som ble funnet i denne innsjøen i 1992 (Skotvold *m.fl.* 1997). Nivåene av nikkel og kadmium i overflatesediment, samt i de øvre lagene var imidlertid noe høyere enn nivåene som ble målt i overflatesediment fra 1992. Forskjellene i de målte verdiene ligger likevel innenfor måleusikkerheten for analysene. Nivåene av Pb, Cd, Ni og Zn i sedimentet fra Ellasjøen er høye sammenlignet med nivåer funnet i overflatesediment fra ulike innsjøer i Nord-Norge (Skotvold *m.fl.* 1997). De relativt høye nivåene av Pb, Cd og Zn i sedimentet fra Ellasjøen er trolig delvis forårsaket av menneskelig aktivitet, men en del kan også tilskrives naturlige høye nivå i berggrunnen på øya. I perioden 1925 – 1930 foregikk det prøvedrift på blyglans flere steder på øya.

Resultatene fra metallanalysene viste at nivåene i de øverste 10 cm av sedimentet fra Ellasjøen var høyere enn det som ble registrert som bakgrunnsnivåer (referansematerialet, 26 – 28 cm). Ut fra dateringen vil sedimentsjiktet 26 - 28 cm være fra preindustriell tid. For enkelte metaller økte konsentrasjonene fra preindustriell tid og frem til ca. 1970-tallet (2 – 3 cm). Deretter har konsentrasjonene igjen avtatt noe. Dette gjelder As, Cd, Co, Ni, Zn og Cr. Når det gjelder Pb og V så var det ingen klar utvikling over tid. Det er noe overraskende at konsentrasjonen av bly ikke endrer seg over tid, ettersom andre undersøkelser i Arktis har vist en økning fra innføring av blyholdig bensin og fram til reduksjonen i bruk av blyholdig bensin på den nordlige halvkule. Norsk institutt for luftforskning (NILU) har gjennom lengre tid målt konsentrasjonen av enkelte langtransporterte miljøgifter i luft på Zeppelinfjellet ved Ny-Ålesund. Sammenlignet med begynnelsen av 1980-årene viser konsentrasjonen av bly en klar nedgang. Det er imidlertid mye bly i berggrunnen på Bjørnøya, og de høye bakgrunnskonsentrasjonene kamuflerer trolig eventuelle trender i sedimentet.

Konsentrasjonen av Hg viser derimot en jevn økning fra preindustriell til og frem til 2000-tallet (Tabell 6).

Tabell 6. Metallkonsentrasjoner (mg/kg tørrstoff) i ulike sedimentsegmenter fra en kjerneprøve fra Ellasjøen, Bjørnøya, april 2001.

Segment	0-1 cm	1-2 cm	2-3 cm	3-4 cm	4-5 cm	5-6 cm	6-7 cm	7-8 cm	8-9 cm	9-10 cm	26-28cm
Periode	1987 - 2001	1973 - 1987	1959 - 1973	1946 - 1959	1934 - 1946	1921 - 1934	1909 - 1921	1897 - 1909	1886 - 1909	1875 - 1886	Pre-industriell
As	6,98	7,78	8,64	8,40	7,28	6,61	5,58	5,58	5,79	5,71	5,29
Cd	2,20	2,35	2,57	2,50	2,12	1,46	1,32	1,21	1,24	1,26	1,31
Co	42,3	46,9	52,4	52,1	32,8	20,1	12,5	10,7	10,4	9,95	10,8
Cr	14,4	16,3	17,0	14,9	15,1	17,9	14,2	16,9	15,5	12,3	12,6
Cu	34,4	35,1	36,3	36,8	37,6	30,1	30,1	28,1	27,7	26,9	26,6
Hg	0,155	0,134	0,124	0,117	0,107	0,102	0,090	0,124	0,104	0,097	0,083
Ni	52,5	57,9	62,0	59,7	47,1	30,4	22,3	21,1	20,7	19,2	19,0
Pb	86,6	90,7	89,2	87,2	86,0	81,4	82,7	83,5	89,6	95,1	77,8
V	18,1	20,3	20,8	18,5	18,2	21,2	17,3	19,9	18,7	15,8	15,9
Zn	373	391	434	411	314	236	201	193	205	213	196

SFT har utarbeidet en veileder for å vurdere forurensningsgrad av metaller i ferskvannssedimenter (Andersen *m.fl.* 1997). Denne omfatter metallene Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, As og Hg. I henhold til grenseverdiene gitt i denne veilederen kan overflatesediment fra Bjørnøya karakteriseres som moderat forurenset av alle disse metallene. Det er imidlertid viktig å være klar over at bakgrunnskonsentrasjoner av metaller vil variere mellom ulike områder på grunn av ulike geologiske forhold. SFTs veileder kan derfor ikke benyttes ukritisk for alle områder.

For å vurdere om et område har blitt utsatt for forurensning av metaller vurderer man derfor ofte konsentrasjonene i sedimenter avsatt i nyere tid mot konsentrasjoner i sediment avsatt i preindustriell tid. Ved å beregne forholdet mellom disse konsentrasjonene (anrikningsfaktor eller kontamineringsfaktor) kan man vurdere i hvor stor grad sedimentet har blitt forurenset. I Tabell 7 er anrikningsfaktorer (AF) for sediment fra Ellasjøen beregnet for overflatesediment/referansesediment og 2 – 3 cm/referansesediment.. Årsaken til at to anrikningsfaktorer er beregnet er at de høyeste nivåene for de fleste metallene ble målt i segmentet fra 2 – 3 cm. De høyeste anrikningsfaktorene ble funnet for Co og Ni med henholdsvis 3,92 og 2,76 til overflatesediment og 4,85 og 3,26 til 2 – 3 cm.

Det foregikk gruvedrift (kullutvinning) på Bjørnøya (hovedsakelig på Tunheim) i perioden 1916 – 1925. I tillegg foregikk det prøvedrift på blyglans flere steder på øya i perioden 1925 – 1930. Gruveaktiviteten kan ha ført til metallforurensning i omkringliggende områder. Denne perioden vil ha sitt uttrykk i sedimentet fra 6 cm og oppover. Det er imidlertid ikke noen vesentlige endringer i metallkonsentrasjoner som tyder på at den lokale gruvedriften har vært en betydelig kilde. Langtransport fra industrialiserte områder er nok mer sannsynlig årsaken til økningen i metallkonsentrasjoner over tid.

Nivåene av Ni og Co får en kraftig økning fra perioden 1921 – 1934 (5 – 6 cm). Årsaken til de forhøyde verdiene er ikke kjent, men økningen faller sammen med oppstarten til produksjonen ved kobber- og nikkelsmeltverkene i Nikel og Zapolyarny på Kolahalvøya i Russland. I Øst-Finnmark er det påvist høye nivåer av Co og Ni knyttet til høye utslipp fra denne industrien på Kolahalvøya. Tidligere undersøkelser har imidlertid konkludert med at Co og Ni normalt kun fører til lokal luftforurensning (Rognerud *m.fl.* 1999).

Tabell 7. Anrikningsfaktorer (konsentrasjon i overflatesediment/konsentrasjon i referansesediment) av metaller i sediment fra Ellasjøen, Bjørnøya, april 2001. Overflatesedimentet representerer tidsperioden 1987 – 2001, segmentet fra 2 – 3 cm perioden 1959 – 1973 og referansesegmentet preindustriell tid.

Metall	**Anrikningsfaktor: overflate/ref.**	**Anrikningsfaktor: 2 – 3 cm/ref.**
As	1,32	1,63
Cd	1,67	1,96
Co	3,92	4,85
Cr	1,14	1,35
Cu	1,29	1,36
Hg	1,87	1,49
Ni	2,76	3,26
Pb	1,11	1,15
V	1,14	1,31
Zn	1,90	2,21

.

4 Konklusjoner

Dateringen av en sedimentkjerne fra Ellasjøen på Bjørnøya viste at sedimentasjonsraten er relativt høy i denne innsjøen, sammenlignet med andre arktiske innsjøer. Sedimentasjonsraten ble bestemt til 0,7 mm/år, eller 620 g/m^2/år.

Det ble målt høye konsentrasjoner av PCB og DDT i sedimentet. Konsentrasjonene av disse miljøgiftene økte frem til ca. 1970-tallet og avtok deretter frem til 2001.

De bromerte flammehemmerene polybromerte difenyletere (polyBDE) ble funnet i sedimentet. Konsentrasjonene av polyBDE i sedimentet har økt betydelig i de senere år og har fordoblet seg hvert 15 år etter at disse stoffene ble tatt i bruk.

Heksabromsyklododekan (HBCDD) ble ikke detektert i overflatesediment fra Ellasjøen. Lave konsentrasjoner av α- og γ-HBCDD ble detektert i segmenter fra 1 – 2 cm. β-HBCDD ble ikke detektert i noen av prøvene.

For de fleste metallene økte konsentrasjonene jevnt fra preindustriell tid (referansesedimentet) og frem til ca. 1970-tallet. Deretter har konsentrasjonene igjen avtatt noe (As, Cd, Co, Ni, Zn og Cr). Pb og V viste ingen klar utvikling over tid. Konsentrasjonen av Hg viste derimot en jevn økning fra preindustriell til og frem til 2000-tallet. De høyeste anrikningsfaktorene ble funnet for Co og Ni. Nivåene av disse metallene har økt kraftig etter 1920-tallet.

Sedimenter fra Ellasjøen på Bjørnøya har altså et betydelig innhold av tradisjonelle miljøgifter som PCB og DDT. Videre inneholder sedimentet også nyere miljøgifter som bromerte flammehemmere. Sedimentasjonsraten i Ellasjøen er høy sammenlignet med andre arktiske innsjøer. På grunn av den høye sedimentasjonsraten egner Ellasjøen seg godt til studier av endringer i miljøgiftssituasjonen over tid. Innsjøen er også godt egnet til tradisjonell overvåking, hvor det tas nye prøver med jevne mellomrom. Årsaken til dette er at tilførselen av miljøgifter til innsjøen er så pass stor at eventuelle endringer vil være relativt enkle å påvise (utover analysestøy).

5 Litteratur

Andersen, J.R., J.L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krogh, V. Lund, D. Rosland, B.O. Rosseland & K.J. Aanes 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT veiledning 97:04. TA 1468/1997.

Appleby, P. G. & F. Oldfield 1978. The calculation of Lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported ^{210}Pb to the sediment. *Catena* 5: 1-8.

Appleby, P.G. 2004. Environmental change and atmospheric contamination on Svalbard: sediment chronology. *J. Paleolim.* 31: 433-443.

Carroll, J. & I. Lerche 2002. Sedimentary Processes: Quantification using Radionuclides. Elsevier. 272 p.

Carroll, J., J.A. Abraham, D.J. Cisar & I. Lerche 1995. Model-determined sediment ages from ^{210}Pb profiles in un-mixed sediments. *Nuc. Geophys.* 9: 553-565.

Carroll, J., J.A. Abraham, D.J. Cisar & I. Lerche 1999a. Sediment ages and flux variations from depth profiles of 210Pb: lake and marine examples. *Appl. Rad. Isotopes.* 50: 793-804.

Carroll, J., M. Williamson, I. Lerche., E. Karabanov & D.F. Williams 1999b. Geochronology of Lake Baikal from ^{210}Pb and ^{137}Cs radioisotopes. *Appl. Rad. Isotopes.* 50: 793-804.

de March, B.G.E., de Wit, C., D.C.G. Muir, B.B. Braune, D.J. Gregor, R.J. Norstrom, M. Olsson, J.U. Skaare & K. Stange 1998. Persistent Organic Pollutants. Chapter 6, pp. 183-372 in: AMAP assessment report: Arctic pollution issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norge. xii + 859 s.

Evenset, A., G. Christensen, R. Kallenborn & T. Skotvold 2002. The ”Bjørnøya case”. Akvaplan-niva intern rapport.

Evenset, A., G.N. Christensen, T. Skotvold, E. Fjeld, M.Schlabach, E.Wartena & D.Gregor 2004. A comparison of organic contaminants in two high Arctic lake ecosystems, Bjørnøya (Bear Island), Norway. *Sci. Tot. Environ*. 318, 125-141.

Liu, J., J.L. Carroll & I. Lerche 1991. A technique for disentangling temporal and sediment variations from radioactive isotope measurements with depth. *Nuc. Geophys.* 5(1/2): 31-45.

Muir, D.C.G., A. Omelchenko, N.P. Grift, D.A. Savoie, W. Lyle Lockhart, P.W. Wilkinson & G.J. Brunskill 1996. Spatial trends and historical deposition of polychlorinated biphenyls in Canadian midlatitude and Arctic lake sediment. *Enviro. Sci. Technol.* 30: 3609-3617.

Muir, D.C.G., N.P. Grift, W. Lyle Lockhart, P. Wilkinson, B.N. Billeck & G.J. Brunskill 1995. Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. *Sci. Tot. Environ.* 160/161: 447-457.

Robbins, J.A., 1978. Geochemical and geophysical applications of radioactive lead isotopes. In: Biogeochemistry of Lead (ed. J. P. Nriago) p. 285-393. Elsevier, North Holland.

Rognerud, S., E. Fjeld & J. E. Løvik 1999. Landsomfattende undersøkelse av metaller i innsjøsedimenter. Statlig program for forurensningsovervåkning. SFT-rapport 759/99, TA 1631/1999. 71 s. + vedlegg.

Skotvold, T., E. Wartena, & S. Rognerud 1997. Heavy metals and persistent organic pollutants in sediments and fish from lakes in Northern and Arctic regions of Norway. Statlig program for forurensningsovervåkning. SFT rapport 688/97. TA 11427/1997. Akvaplan-niva rapport 514.660.1. 97 s.

Skotvold, T., E. Wartena, G. Christensen, E. Fjeld & M. Schlabach 1999. Organochlorine contaminants in biota and sediment from lakes on Bear Island. Statlig program for forurensningsovervåkning. SFT rapport 764/99. TA 1642/1999. Akvaplan-niva rapport 510.1443.1. 47 s + vedlegg.

Song, W., J.C. Ford, A. Li, W.J. Mills, D.R. Buckley & K.J. Rockne 2004. Polybrominated diphenyl ethers in the sediments of Lake Superiour. Proceedings from the Third International Workshop on Brominated Flame Retardants. Toronto, Ontario, Canada, June 6-9, 2004.

Wania, F. & D. Mackay 1993. Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions. *Ambio* 22: 10-18.

Waugh, W.J., J. Carroll, J.D. Abraham, M.E. Thiede & D.S. Landeen 1998. Use of dendrochronology and sediment geochronology to establish reference episodes for evaluations of environmental radioactivity. *J. Env. Radioact.* 41:269-286.

6 Vedlegg 1 – Analyseresultater

TOC

Rapportnr. **20.260**
Kunde: **Akvaplan-niva as**
Ref: **G. Christensen**
Prøvemateriale **Sedimenter**
Prøver ankom **24.05.04**

Prøvenr.	TOC (%)
0-1	5,96
1-2	5,87
2-3	5,05
3-4	4,38
4-5	3,84
5-6	3,48
6-7	3,51
7-8	3,26
8-9	3,31
9-10	3,26
22-24	3,09

PCB

IUPAC-nr.	1987-2001 0-1 cm	1973-1987 1-2 cm	1959-1973 2-3 cm	1946-1959 3-4 cm	1934-1946 4-5 cm	1921-1934 5-6 cm	1909-1921 6-7 cm	1897-1909 7-8 cm	1886-1897 8-9 cm	1875-1886 9-10 cm	før 1650 30-32 cm
18	<0,020	<0,020	0,35	0,45	<0,008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	<0,005	<0,005	<0,002	<0,002	<0,002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	1,40	2,04	2,33	1,26	0,44	< 0.300	< 0.300	< 0.300	< 0.300	< 0.300	< 0.300
31	<0,006	<0,006	<0,003	<0,003	<0,003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
33	<0,011	<0,011	<0,005	<0,005	<0,005	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum-TriCB	***1,40***	***2,04***	***2,68***	***1,71***	***0,44***	***0,00***	***0,00***	***0,00***	***0,00***	***0,00***	***0,00***
44	0,81	0,64	0,70	0,30	0,26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
47/49	1,47	1,49	2,78	2,08	1,62	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
52	0,96	1,21	1,39	0,69	0,39	0,19	0,15	0,20	0,12	< 0.100	< 0.100
70	3,93	5,24	6,31	3,32	0,86	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
74/76	2,43	3,33	4,10	2,18	0,66	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum-TetCB	***9,60***	***11,91***	***15,27***	***8,56***	***3,78***	***0,19***	***0,15***	***0,20***	***0,12***	***0,00***	***0,00***
95	2,06	1,55	1,47	0,57	0,51	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
99	1,81	3,28	6,12	3,72	1,29	0,24	0,13	0,06	0,05	< 0.040	< 0.040
101	0,82	0,88	1,32	0,69	0,31	0,12	0,10	0,06	< 0.050	< 0.050	< 0.050
105	1,45	1,30	2,10	1,15	0,34	0,07	0,05	0,05	< 0.030	< 0.030	< 0.030
110	1,71	1,37	1,28	0,63	0,53	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
114	0,21	0,23	0,21	0,11	0,13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
118	4,89	6,93	9,71	5,40	1,70	0,35	0,19	0,12	0,08	< 0.050	< 0.050
126	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090	< 0.090
Sum-PenCB	***12,94***	***15,54***	***22,21***	***12,27***	***4,81***	***0,78***	***0,47***	***0,28***	***0,13***	***0,00***	***0,00***
128	0,64	0,71	0,83	0,49	0,16	0,04	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025
138	10,80	11,70	14,40	8,12	2,62	0,85	0,26	0,16	0,10	< 0.050	< 0.050
141	0,18	0,17	0,17	0,10	<0,002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
146	2,24	3,37	3,42	2,04	0,77	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
149	0,38	0,34	0,47	0,26	0,16	0,08	0,06	0,04	0,03	< 0.025	< 0.025
153	13,70	15,20	19,50	11,30	3,57	1,11	0,31	0,16	0,13	< 0.060	< 0.060
156	0,75	0,81	0,94	0,51	0,17	0,06	0,02	0,02	< 0.020	< 0.020	< 0.020
157	0,26	0,33	0,30	0,16	0,05	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
167	0,26	0,34	0,41	0,23	0,06	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sum-HexCB	***29,21***	***32,96***	***40,43***	***23,21***	***7,57***	***2,14***	***0,65***	***0,38***	***0,27***	***0,00***	***0,00***
169	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070	< 0.070
170	2,22	2,72	3,30	1,59	0,51	0,17	0,09	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030
174	<0,021	0,30	0,37	0,37	0,07	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
180	4,20	4,71	6,03	3,02	1,00	0,35	0,16	0,06	0,03	< 0.025	< 0.025
183	0,71	0,88	1,15	0,58	0,20	0,07	0,02	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
187	1,02	1,08	1,36	0,74	0,34	0,14	0,03	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
Sum-HepCB	***8,15***	***9,68***	***12,21***	***6,30***	***2,12***	***0,73***	***0,30***	***0,06***	***0,03***	***0,00***	***0,00***
194	0,70	0,85	0,89	0,44	0,17	0,07	0,04	0,02	< 0.020	< 0.020	< 0.020
Sum-OctCB	***0,70***	***0,85***	***0,89***	***0,44***	***0,17***	***0,07***	***0,04***	***0,02***			
Sum PCB	**62,00**	**72,99**	**93,68**	**52,48**	**18,89**	**3,90**	**1,61**	**0,94**	**0,56**	**0,00**	**0,00**

DDT

	1987-2001 0-1 cm	1973-1987 1-2 cm	1959-1973 2-3 cm	1946-1959 3-4 cm	1934-1946 4-5 cm	1921-1934 5-6 cm	1909-1921 6-7 cm
o,p'-DDD	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030	< 0.030
o,p'-DDE	0,216	0,359	0,239	0,118	0,051	< 0.040	< 0.040
p,p'-DDE	1,21	1,88	3,50	2,69	1,22	0,106	< 0.060
o,p'-DDT	0,062	0,053	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050
p,p'-DDT	0,110	0,148	0,263	0,260	0,205	0,053	< 0.040
SUM DDT	1,598	2,440	4,002	3,068	1,476	0,159	0,000

PBDE

IUPAC-nr.	1987-2001 0-1 cm	1973-1987 1-2 cm	1959-1973 2-3 cm	1946-1959 3-4 cm	1934-1946 4-5 cm
28	0,044	0,034	0,013	<0,01	<0,01
Sum-TriBDE	0,044	0,034	0,013		
47	0,451	0,250	0,143	0,081	<0,08
71	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
77	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Sum-TetBDE	0,451	0,250	0,143	0,081	
99	0,151	0,077	0,062	0,043	<0,04
100	0,036	0,028	0,014	0,011	<0,01
Sum-PenBDE	0,187	0,105	0,076	0,054	
138	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
153	0,052	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
154	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Sum-HexBDE	0,052				
183	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sum-HepBDE					
Sum PBDE	**0,734**	**0,389**	**0,232**	**0,135**	

7 Vedlegg 2. Informasjon om analyseusikkerhet for metaller

RAPPORT N0400679

Side 1 (2)

Registrert: 2004-03-25
Analysert : 2004-04-13
Utført : 2004-09-24

M2-SED.R1

Prosjeknr :
Prosjektnavn : Ellasjøen

Akvaplan-niva
Guttorm N. Christensen

Polarmiljøsenteret
N-9296 Tromsø

Faks :77 75 03 01

ANALYSE AV TUNGMETALLER I SEDIMENT.

Metode:	*EPA metoder 200.7 og 200.8 (modifisert)*
Forbehandling:	*Ved spesiell matriks kontaktes kunden.*
Oppslutning:	*HNO3/vann (1:1) i mikrobølgeovn.*
Deteksjon og kvantifisering:	*Plasma-emissjonsspektrometri ICP-AES* *Plasma-massespektrometri (Quadrupol) ICP-QMS*
Laboratorium:	*Analytica Luleå*
Akkrediteringsstatus:	*Analysen er akkreditert av Swedac (reg. nr 1087).*
Noter:	*I rapporten anvendes følgende forkortelser:* *E (A*) før analyseverdien betyr at sluttbestemmelsen er utført med ICP-AES.* *M (Q*) før analyseverdien betyr at sluttbestemmelsen er utført med ICP-QMS.* *V før analyseverdien betyr vekt.* *± foran en verdi angir måleusikkerheten. Dette er en utvidet usikkerhet (definert i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneve, Switzerland 1993) beregnet med dekningsfaktor lik 2, som gir et konfidensintervall på omlag 95%.* *For Hg representerer verdien den instrumentelle spredningen uttrykt som standard avvik ved repeterte målinger (n=3).* *TS betyr tørrstoffinnhold.* ** ikke akkreditert analyse* *Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag se prislisten eller vår webside www.analytica-norge.no.*

rev040813TGM

Hoffsveien 1
0275 Oslo

Hoffsv. 1 Lab. bygn.
Skøyen, Oslo
E-Mail oslo@analytica.se

22 13 18 00

22 52 51 77

Torgeir Rødsand
Kjemiker

RAPPORT N0400679

Analytica		0007755		0007756		0007757		0007758	
Prvnavn1		0- 1cm		1-2cm		2-3cm		3-4cm	
Prvnavn2		23/04.2001		23/04.2001		23/04.2001		23/04.2001	
TS	%	V 27.0		V 22.0		V 26.8		V 27.8	
As	mg/kg TS	M 6.98	± 2.37	M 7.78	± 2.65	M 8.64	± 2.95	M 8.40	± 2.87
Cd	mg/kg TS	M 2.20	± 0.48	M 2.35	± 0.52	M 2.57	± 0.56	M 2.50	± 0.55
Co	mg/kg TS	E 42.3	± 7.1	E 46.9	± 7.8	E 52.4	± 8.7	E 52.1	± 8.7
Cr	mg/kg TS	M 14.4	± 3.1	M 16.3	± 3.4	M 17.0	± 3.6	M 14.9	± 3.1
Cu	mg/kg TS	M 34.4	± 7.6	M 35.1	± 7.8	M 36.3	± 8.0	M 36.8	± 8.1
Hg	mg/kg TS	M 0.155	± 0.062	M 0.134	± 0.056	M 0.124	± 0.054	M 0.117	± 0.051
Ni	mg/kg TS	E 52.5	± 9.6	E 57.9	± 10.5	E 62.0	± 11.3	E 59.7	± 10.9
Pb	mg/kg TS	E 86.6	± 14.2	E 90.7	± 14.9	E 89.2	± 14.6	E 87.2	± 14.3
V	mg/kg TS	E 18.1	± 3.4	E 20.3	± 3.8	E 20.8	± 3.9	E 18.5	± 3.4
Zn	mg/kg TS	E 373	± 68	E 391	± 71	E 434	± 79	E 411	± 75

Analytica		0007759		0007760		0007761		0007762	
Prvnavn1		4-5cm		5-6cm		6-7cm		7-8cm	
Prvnavn2		23/04.2001		23/04.2001		23/04.2001		23/04.2001	
TS	%	V 28.0		V 29.4		V 35.0		V 34.4	
As	mg/kg TS	M 7.28	± 2.47	M 6.61	± 2.24	M 5.58	± 1.91	M 5.58	± 1.90
Cd	mg/kg TS	M 2.12	± 0.47	M 1.46	± 0.32	M 1.32	± 0.29	M 1.21	± 0.27
Co	mg/kg TS	M 32.8	± 5.7	M 20.1	± 3.4	M 12.5	± 2.1	M 10.7	± 1.8
Cr	mg/kg TS	M 15.1	± 3.3	M 17.9	± 3.8	M 14.2	± 3.0	M 16.9	± 3.6
Cu	mg/kg TS	M 37.6	± 8.4	M 30.1	± 6.6	M 30.1	± 6.7	M 28.1	± 6.3
Hg	mg/kg TS	M 0.107	± 0.048	M 0.102	± 0.047	M 0.0903	± 0.0442	M 0.124	± 0.053
Ni	mg/kg TS	E 47.1	± 8.6	M 30.4	± 6.1	M 22.3	± 4.4	M 21.1	± 4.2
Pb	mg/kg TS	E 86.0	± 14.1	E 81.4	± 13.3	E 82.7	± 13.5	E 83.5	± 13.7
V	mg/kg TS	E 18.2	± 3.4	E 21.2	± 3.9	E 17.3	± 3.2	E 19.9	± 3.7
Zn	mg/kg TS	E 314	± 57	E 236	± 43	E 201	± 37	E 193	± 35

Analytica		0007763		0007764		0007765	
Prvnavn1		8-9cm		9-10cm		26-28cm ref.	
Prvnavn2		23/04.2001		23/04.2001		23/04.2001	
TS	%	V 32.0		V 39.2		V 32.6	
As	mg/kg TS	M 5.79	± 2.00	M 5.71	± 1.94	M 5.29	± 1.80
Cd	mg/kg TS	M 1.24	± 0.27	M 1.26	± 0.29	M 1.31	± 0.29
Co	mg/kg TS	M 10.4	± 1.8	M 9.95	± 1.71	M 10.8	± 1.8
Cr	mg/kg TS	M 15.5	± 3.3	M 12.3	± 2.6	M 12.6	± 2.7
Cu	mg/kg TS	M 27.7	± 6.1	M 26.9	± 6.0	M 26.6	± 5.9
Hg	mg/kg TS	M 0.104	± 0.048	M 0.0970	± 0.0458	M 0.0830	± 0.0426
Ni	mg/kg TS	M 20.7	± 4.1	M 19.2	± 3.9	M 19.0	± 3.7
Pb	mg/kg TS	E 89.6	± 14.7	E 95.1	± 15.6	E 77.8	± 12.8
V	mg/kg TS	E 18.7	± 3.5	E 15.8	± 2.9	E 15.9	± 2.9
Zn	mg/kg TS	E 205	± 37	E 213	± 39	E 196	± 36

Hoffsveien 1
0275 Oslo

Hoffsv. 1 Lab. bygn.
Skøyen, Oslo
E-Mail oslo@analytica.se

22 13 18 00
22 52 51 77

Torgeir Rødsand
Kjemiker

Statlig program for forurensningsovervåking
Navn på program Miljøgifter i innsjøsedimenter

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96
Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no - Internett: www.sft.no

Utførende institusjon	ISBN-nummer
Akvaplan-niva	82-7655-491-1

Oppdragstakers prosjektansvarlig	Kontaktperson SFT	TA-nummer
	Linn Bryhn Jacobsen	2041/2004

	År	Sidetall	SFTs kontraktnummer
	2004	35	904/04

Utgiver	Prosjektet er finansiert av
SFT	SFT

Forfatter(e)
Guttorm N. Christensen, Akvaplan-niva
Anita Evenset, Akvaplan-niva
Agata Zaborska, Institute of Oceanology, Polen
Urs Berger, NILU
JoLynn Carroll, Akvaplan-niva

Tittel - norsk og engelsk
Datering av sediment og historisk utvikling av miljøgifter i Ellasjøen, Bjørnøya
Sediment dating and historical development of contaminants in Lake Ellasjøen, Bear Island

Sammendrag / Summary

En sedimentkjerne fra Ellasjøen har blitt datert ved hjelp av 210-Pb-metoden, og segmenter av kjernen har blitt analysert for utvalgte organiske miljøgifter og metaller. Resultatene viste at sedimentsjonsraten i Ellasjøen er ca. 0,7 mm/år eller 620 g/m^2/år. Høye konsentrasjoner av PCB og DDT ble målt i sedimentet. Konsentrasjonene av disse miljøgiftene økte frem til ca. 1970-tallet og har deretter avtatt frem til i dag. De bromerte flammehemmerene polyBDE ble funnet i de fire øverste cm av sedimentet. Konsentrasjonene av polyBDE i sedimentet har økt betydelig i de senere år, og har generelt fordoblet seg hvert 15 år. Den bromerte flammehemmeren Heksabromsyklododekan (HBCDD) ble kun detektert i segmentet 1-2 cm, og da i lave konsentrasjoner. For enkelte metaller økte konsentrasjonene jevnt fra preindustriell tid og frem til 1970-tallet. Deretter har konsentrasjonene igjen avtatt noe (As, Cd, Co, Ni, Zn og Cr). Pb og V viste ingen klar utvikling over tid. Konsentrasjonen av Hg viste derimot en jevn økning fra preindustriell tid og frem til 2000-tallet.

4 emneord	4 subject words
Bjørnøya	Bear Island
Ellasjøen	Lake Ellasjøen
Datering av sedimentkjerner	Sediment dating
Organiske Miljøgifter	Organic contaminants