



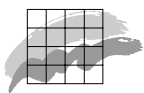
Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Tidsmæssig udvikling af kontaminanter i grønlandske dyr - en statusrapport

Arbejdsrapport fra DMU, nr. 228



[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Tidsmæssig udvikling af kontaminanter i grønlandske dyr - en statusrapport

Arbejdsrapport fra DMU, nr. 228

2006

Frank Rigèt

Datablad

Titel:	Tidsmæssig udvikling af kontaminanter i grønlandske dyr - en statusrapport
Forfatter: Afdeling:	Frank Rigèt Afdeling for Arktisk Miljø
Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 228
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt: Redaktionen afsluttet:	Januar 2006 December 2005
Faglig kommentering:	Katrin Vorkamp, Rossana Bossi, Jesper Madsen
Finansiel støtte:	Miljøstøtte til Arktis-midlerne fra Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Rigèt, F. 2006: Tidsmæssig udvikling af kontaminanter i grønlandske dyr - en statusrapport. Danmarks Miljøundersøgelser. s. 30 - Arbejdsrapport fra DMU nr. 228. http://arbejdsrapporter.dmu.dk Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Nærværende rapport giver en status af den tidsmæssige udvikling af kontaminant koncentrationerne i grønlandske dyr. Rapporten sammenfatter således resultaterne opnået gennem AMAP Core projektet. Tidstrenden er analyseret for tungmetallerne kviksølv, cadmium og selen og for platinmetallerne palladium og platin. Ligeledes er tidstrenden undersøgt for svært nedbrydelige organiske forbindelser som PCB, DDT, HCH, HCB, chlordaner, toxaphener, PFOS og dioxiner. Rapporten indeholder desuden en analyse af kontaminant tidsseriernes statistiske styrke til at påvise ændringer. Til sidst i rapporten gives en række detaljerede anbefalinger til en revidering og fortsættelse af overvågningsprogrammet.
Emneord:	Overvågning, tidsudvikling, tungmetaller, svært nedbrydelige organiske forbindelser, platinmetaller, dioxiner, perflourerede alkylerede forbindelser, statistisk power.
Layout: Forsidefoto: Grønlandsk resumé: Korrektur:	Grafisk Værksted, Silkeborg Rune Dietz Bjørn Rosing Kirsten Rydahl
ISSN (elektronisk):	1399-9346
Sideantal:	30
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/rapporter/ar228.pdf
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tel. 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

1	Forord	5
2	Sammenfatninger	5
	2.1	Sammenfatning 5
	2.2	Summary 6
	2.3	Eqikkaaneq 6
3	Tungmetaller (Hg, Cd og Se)	6
	3.1	Kviksølv 7
	3.2	Cadmium 8
	3.3	Selen 9
4	Platinmetaller	10
5	Svært nedbrydelige organiske stoffer (POPs)	11
	5.1	PCB-10 11
	5.2	DDT 12
	5.3	HCH 13
	5.4	HCB 14
	5.5	Chlordaner 14
	5.6	Trans-nonachlor 15
	5.7	Toxaphen 15
6	Perfluorerede alkylerede forbindelser (PFAS) og dioxiner	16
7	Tidsseriernes statistiske styrke	17
8	Prøvebank	19
9	Anbefalinger	19
10	Referencer	23
	10.1	Publikationer 24
	Appendiks 1. Statistiske metoder	26
	Appendiks 2. Udvalgte figurer over tidsudviklingen	28
	Danmarks Miljøundersøgelser	

[Tom side]

1 Forord

I 2004 og 2005 er projektet AMAP Core program blevet udført. Core er et overvågningsprogram, hvis formål er at følge den tidsmæssige udvikling i koncentrationen af kontaminanter i grønlandske dyr. Overvågningsprogrammet blev første gang gennemført i 1994 og siden gentaget i 1999 og 2004. Sammen med overvågningsprogrammet Time Trend har Core indgået i det internationale AMAP assessment arbejde (AMAP 1998, 2002). De udvalgte kontaminanter og medier i tidsserierne har i høj grad fulgt AMAP's anbefalinger (se The AMAP Trends and Effects Programme: 1998-2003, AMAP Report 99:7). Overvågningsprogrammet er tidligere blevet gennemført med en femårig frekvens (1994, 1999), som var AMAP's udgangspunkt i 1994, mens der i de nuværende anbefalinger tales om årlige indsamlinger, uden at dette dog specifikt er anbefalet.

Nedenstående er en kortfattet beskrivelse af AMAP Core programets (2004-05) aktiviteter og resultater inklusiv en opdatering af tidsserierne for de undersøgte kontaminanter. Rapporten fokuserer på den tidsmæssige udvikling og diskuterer ikke kontaminantniveauerne absolutte størrelse eller eventuelle effekter. De anvendte statistiske analyser er detaljeret beskrevet i Appendiks 1, og med hensyn til de kemiske analyser henvises til Asmund et al. (2004). Til sidst i rapporten gives en række anbefalinger til et fremtidigt overvågningsprogram.

AMAP Core programmet er finansieret af Miljøstyrelsen via programmet for Miljøstøtte til Arktis. Rapportens resultater og konklusioner er forfatterens egne og afspejler ikke nødvendigvis Miljøstyrelsens holdninger.

2 Sammenfatninger

2.1 Sammenfatning

Nærværende rapport giver en status over den tidsmæssige udvikling for koncentrationerne af kontaminanter i grønlandske dyr. Rapporten sammenfatter således resultaterne opnået gennem AMAP Core programmet. Tidstrenden er analyseret for tungmetallerne kviksølv, cadmium og selen og for platinmetallerne palladium og platin. Ligeledes er tidstrenden undersøgt for svært nedbrydelige organiske forbindelser som PCB, DDT, HCH, HCB, chlordaner, toxaphener, PFOS og dioxiner. Rapporten indeholder desuden en analyse af tidsserierne statistiske styrke til at påvise ændringer. Sidst i rapporten er opstillet en række detaljerede anbefalinger til en revidering og fortsættelse af overvågningsprogrammet.

2.2 Summary

The report gives a status of the time trend of contaminant concentrations in Greenlandic animals. The reported results are derived from the AMAP Core project. The time trend is analysed for the heavy metals mercury, cadmium and selenium and the platinum group metals palladium and platinum. The time trend is also investigated for the persistent organic pollutants as PCB, DDT, HCH, HCB, chlordanes, toxaphenes, PFOS and dioxins. The report includes analyses of the time series statistical power to detect changes. Finally, the report gives detailed recommendations for a revision and continuation of the monitoring programme.

2.3 Eqikkaaneq

Nalunaarusiami uani piffissap ingerlanerani mingutitsissutit kalaallit uumasuini unerartut annertusiartornerat takussutissioneqarpoq. Taamaalilluni AMAP Core projekt aqutigalugu angusat nalunaarutigineqarput. Saffiugassat oqimaatsut kviksølv-ip, cadmium-ip selenillu aammalu saffiugassat platiniusut palladium-ip platin-illu piffissap ingerlanerani allanngoriartornerat misissoqqissaarneqarpoq. Taamatuttaaq organiskiusut arrortikkuminaatsut, soorlu PCB, DDT, HCH, HCB, chlordaner, toxaphener, PFOS aammalu dioxin-nit piffissap ingerlanerani allanngoriartornerat misissorneqarpoq. Tamatuma saniatigut nalunaarutip imaraa piffissap ingerlanerani mingutitsissutit allanngortarnerata takutinnissaannut mingutitsissutinik misissuinerup qanoq sakkussaqqitsiginerata misissoqqissaarneqarnera. Nalunaarusiap naggataatigut alaatsinaannerup nutarternissaanut ingerlatiinnarneqarnissaanullu inassuteqaatit arlallit saqqummiunneqarput.

3 Tungmetaller (Hg, Cd og Se)

Alle koncentrationer er på vådvægtbasis på nær blåmusling, som er på tørvægtbasis. Udelukket fra nedenstående tabeller er ringsælnyre fra Qeqertarsuaq, rypelever og -nyre fra Qeqertarsuaq og Nuuk samt tejtæg fra Ittoqqortoormiit, idet disse kun omfatter to år med data.

Tidsserien af kontaminanter i tejtlever er delt op i to perioder, 1999-2001 og 2002-2004. Dette skyldes at indsamlingen af tejster skiftede fra om foråret, hvor stort set alle individer var voksne fugle, til om efteråret, hvor alle individer var ungfugle. Tidspunktet for indsamlingen blev ændret, fordi man ønskede at indsamle fuglene udenfor fredningsperioden.

Tidstrendstudierne af tungmetaller i hvalrosser fra Avanersuaq er gennemført som retrospektive studier på tidligere indsamlede prøver. Ca. 10 leverprøver fra hvert af årene 1977, 1978, 1987, 1988, 1989, 1990 og 2003 indgår i tidstrendstudiet. Kun voksne hvalrosser i aldersgruppen 9-16 år indgår, og alle prøver er indsamlet fra fangsten i

foråret. Baggrunden for dette tidstrendstudie var ønsket om at styrke grundlaget for bestemmelsen af tidsudviklingen af Hg i den nordvestlige del af Grønland, idet tidligere studier både i Nordvestgrønland og den østlige del af Canada havde vist stigende trend af Hg.

3.1 Kviksølv

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Blåmusling, 4-5 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-5,9	0,12	0,14	10
Blåmusling, 5-6 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-5,9	0,22	0,11	14
Blåmusling, 6-7 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-6,5	0,14	0,12	10
Blåmusling, 7-8 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-5,3	0,11	0,16	10
Alm. ulk, lever, små	Qeqertarsuaq	1994-2003	6	+4,8	0,69	0,11	>20
Alm. ulk, lever, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	7	-0,6	0,94	0,10	>20
Tejst, voksne, lever	Qeqertarsuaq	1999-2001	3	+2,3	0,04**	-	6
Tejst, ungfugle, lever	Qeqertarsuaq	2002-2004	3	+9,7	0,32	0,14	10
Ringsæl, lever, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	7	-1,1	0,79	0,20	20
Alm. ulk, lever	Ittoqqortoormiit	1985-2002	5	+4,6	0,07*	-	18
Ringsæl, lever, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	+5,3	0,17	0,13	>20
Ringsæl, lever, gamle	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	+2,7	0,36	0,15	>20
Ringsæl, nyre, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	3	+0,5	0,90	0,10	>20
Ringsæl, nyre, gamle	Ittoqqortoormiit	1986-2004	3	+0,4	0,87	0,10	16
Alm. ulk, små, lever	Avanersuaq	1987-2004	3	+7,1	0,11	0,11	14
Alm. ulk, store, lever	Avanersuaq	1987-2004	4	+0,6	0,87	0,10	>20
Ringsæl, lever, unge	Avanersuaq	1984-2004	4	+6,3	0,34	0,10	>20
Ringsæl, lever, gamle	Avanersuaq	1984-2004	4	+5,7	0,23	0,10	>20
Ringsæl, nyre, unge	Avanersuaq	1984-2004	4	+3,7	0,43	0,10	>20
Ringsæl, nyre, gamle	Avanersuaq	1984-2004	3	+7,1	0,22	0,10	>20
Hvalros, lever	Avanersuaq	1977-2003	7	-0,3	0,89	0,15	>20
Lav	Isortoq	1994-2004	3	+1,0	0,68	0,12	12
Rensdyr, lever	Itinnera	1995-1999	4	-26,4	0,18	0,11	>20
Fjeldørred, muskel	Isortoq	1994-2004	4	-0,3	0,91	0,14	14

I Qeqertarsuaq er der ingen systematisk trend. Hg i blåmuslinger og ringsæler har en faldende tendens, mens i små ulke og tejster er tendensen stigende. Kun for voksne tejster i den treårige periode 1999-2001 er stigningen signifikant. Vurderingen af trenden i ringsæler er imidlertid vanskelig. Data eksisterer for 1994 og for perioden 1999-2004. Hvis man kun betragter perioden 1999-2004 er der en signifikant stigning på 12,7% årligt (se Appendiks 2, figur 1).

I Ittoqqortoormiit udviser alle tidsserierne en stigende trend, men den er kun signifikant på 10% niveau i tilfældet af ulke.

I Avanersuaq viser tidsserierne for ulk og ringsæl en stigende tendens, mens tidsserien for hvalros, som går tilbage til 1977, viser et ubetydeligt fald (se Appendiks 2, figur 2). Ingen af disse tendenser er

statistisk signifikante. I ferskvand (fjeldørred) og det terrestriske miljø er der ingen tydelige trends i tilfældet af lav og et fald i tilfældet rensdyr.

Tidsserierne for lever fra ringsæl er blandt de længste og viser alle stigende tendens; Qeqertarsuaq (i perioden 1999-2004), Avanersuaq og Ittoqqortoormiit. I disse sæler er der tillige målt de stabile C og N isotoper, hvor forholdet mellem ^{15}N og ^{14}N er et generelt accepteret mål for dyres trofiske placering. Tidstrenden af forholdet mellem ^{15}N og ^{14}N udviser i alle tre tidsserier for ringsæl en stigende tendens, og stigningen er signifikant for Qeqertarsuaq. Dette betyder, at de observerede stigende trends i ringsæler helt eller delvis kan skyldes, at ringsælen gradvist er begyndt at æde føde fra et højere trofisk niveau (f.eks. relativt flere fisk og færre krebsdyr).

Konklusionen er, at der ikke med statistisk sikkerhed er påvist systematiske ændringer i Hg-niveauerne med tiden. De stigninger, der forekommer i ringsæler, kan skyldes eller delvis skyldes ændrede fødevaner.

3.2 Cadmium

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Blåmusling, 4-5 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-4,4	0,06*	-	8
Blåmusling, 5-6 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-4,3	0,35	0,11	12
Blåmusling, 6-7 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-6,8	0,28	0,10	16
Blåmusling, 7-8 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-4,1	0,28	0,11	12
Alm. ulk, lever	Qeqertarsuaq	1994-2004	7	-4,1	0,49	0,15	>20
Tejst, voksne, lever	Qeqertarsuaq	1999-2001	3	-0,2	0,99	0,10	>20
Tejst, ungfugle, lever	Qeqertarsuaq	2002-2004	3	+9,3	0,21	0,20	8
Ringsæl, lever, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	7	-6,6	0,06*	-	16
Alm. ulk, lever	Ittoqqortoormiit	1985-2002	5	+0,2	0,82	0,23	12
Ringsæl, lever, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	0,0	0,98	0,15	>20
Ringsæl, lever, gamle	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	-0,1	0,95	0,25	16
Ringsæl, nyre, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	3	-0,7	0,92	0,10	>20
Ringsæl, nyre, gamle	Ittoqqortoormiit	1986-2004	3	+0,3	0,95	0,10	>20
Alm. ulk, lever	Avanersuaq	1987-2004	4	-2,1	0,24	0,14	14
Ringsæl, lever, unge	Avanersuaq	1984-2004	4	-7,7	0,40	0,19	12
Ringsæl, lever, gamle	Avanersuaq	1984-2004	4	-5,9	0,01**	-	10
Ringsæl, nyre, unge	Avanersuaq	1984-2004	4	-5,5	0,48	0,10	>20
Ringsæl, nyre, gamle	Avanersuaq	1984-2004	3	-2,8	0,15	0,21	10
Hvalros, lever	Avanersuaq	1977-2003	7	-0,5	0,64	0,30	16
Lav	Isortoq	1994-2004	3	+6,4	0,60	0,10	>20
Rensdyr, lever	Itinnera	1995-1999	4	-0,5	0,95	0,12	16

I Qeqertarsuaq viser alle tidsserierne en faldende trend med undtagelse af unge tejster i perioden 2002-2004. Kun i tilfældet af blåmusling 4-5 cm og unge ringsæler er denne tendens signifikant på 10% niveau. I Ittoqqortoormiit er de beregnede årlige ændringer meget små og som oftest negativ. I Avanersuaq viser alle tidsserierne en faldende trend, men kun i tilfældet af gamle ringsæler er tendensen signifikant på 5% niveau.

Den modsatte trend af Cd og Hg i tidsserierne for ringsæl kan tyde på ændringer i fødevalget. Ringsælens føde består for en stor del af krebsdyr og fisk. I krebsdyr er koncentrationen af Cd relativ høj og koncentrationen af Hg relativ lav, mens det omvendte er tilfældet i fisk. Et skift mellem krebsdyr og fisk som dominerende fødeemne kan derfor tænkes at frembringe modsatte trend for koncentrationen af Cd og Hg i ringsæler (Riget & Dietz, 2000). Denne teori understøttes af den stigende trend i forholdet mellem ^{15}N og ^{14}N , som omtalt under Hg.

Konklusionen er, at de fleste tidsserier for Cd viser en faldende tendens, men kun få er statistisk signifikante. I tilfældet med ringsæler kan den faldende tendens skyldes ændret fødevalg.

3.3 Selen

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Blåmusling, 4-5 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-3,9	0,56	0,10	18
Blåmusling, 5-6 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-1,8	0,78	0,10	18
Blåmusling, 6-7 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-1,6	0,81	0,10	>20
Blåmusling, 7-8 cm	Qeqertarsuaq	1994-2004	3	-1,4	0,79	0,10	18
Alm. ulk, lever, små	Qeqertarsuaq	1994-2003	6	+1,1	0,47	0,55	12
Alm. ulk, lever, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	7	-3,1	0,10	0,58	12
Tejst, voksne, lever	Qeqertarsuaq	1999-2001	3	+8,9	0,39	0,13	10
Tejst, ungfugle, lever	Qeqertarsuaq	2002-2004	3	+13,1	0,15	0,20	8
Ringsæl, lever	Qeqertarsuaq	1994-2004	7	-0,8	0,50	0,81	10
Alm. ulk, lever	Ittoqqortoormiit	1985-2000	4	-2,1	0,21	0,16	12
Ringsæl, lever, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	+3,6	0,30	0,12	>20
Ringsæl, lever, gamle	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	+4,6	0,13	0,16	12
Ringsæl, nyre, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	3	+0,4	0,89	0,10	20
Alm. ulk, små, lever	Avanersuaq	1987-2004	3	+1,8	0,45	0,11	16
Alm. ulk, store, lever	Avanersuaq	1987-2004	4	+0,5	0,87	0,10	18
Ringsæl, lever, unge	Avanersuaq	1984-2004	4	+4,0	0,18	0,11	20
Ringsæl, lever, gamle	Avanersuaq	1984-2004	4	+4,9	0,16	0,11	>20
Ringsæl, nyre, unge	Avanersuaq	1984-2004	4	+0,4	0,85	0,10	20
Ringsæl, nyre, gamle	Avanersuaq	1984-2004	3	+0,3	0,88	0,10	18
Hvalros, lever	Avanersuaq	1977-2003	7	+0,3	0,84	0,21	18
Lav	Isortoq	1994-2004	3	-3,5	0,25	0,12	10
Rensdyr, lever	Itinnera	1995-1999	4	-1,3	0,31	0,73	8

Generelt udviser Se den samme faldende eller stigende tidstrend som Hg. F.eks. stigende tendens i ringsæler fra Ittoqqortoormiit og Avanersuaq og faldende tendens i blåmuslinger fra Qeqertarsuaq. Det er velkendt, at koncentrationerne af Se og Hg i lever og nyre ofte er stærkt korrelerede, og at Se formentlig spiller en vigtig rolle ved at danne komplekser med Hg og derved modvirke Hg's skadelige virkninger (Dietz & Riget, 2000). I ingen af tidsserierne er den beregnede årlige ændring signifikant.

Konklusionen er, at Se i lighed med Hg viser stigende tendens i ringsæler fra Avanersuaq og Ittoqqortoormiit, men at disse ikke er statistisk signifikante.

4 Platinmetaller

Forbindelse	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Palladium	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	+1,1	0,28	0,21	12
Platin	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	+1,2	0,70	0,11	>20
Palladium	Qeqertarsuaq	1982-2003	4	-4,7	0,13	0,11	18
Platin	Qeqertarsuaq	1982-2003	4	-3,8	0,13	0,12	16

Platinmetallerne palladium, platin og rhodium er blevet analyseret i lever fra ringsæl indsamlet i Ittoqqortoormiit i årene 1986, 1994, 1999 og 2003 og i Qeqertarsuaq i årene 1982, 1994, 1999 og 2003. Baggrunden for disse retrospektive tidstrendanalyser var, at der i den grønlandske indlandsis er påvist en stigende trend siden 1970'erne (Barbante et al., 2001). Da produktionen og forbruget af disse grundstoffer tillige har været stigende i den vestlige verden, anbefalede AMAP 2004 at undersøge disse grundstoffers forekomst i arktiske dyr.

Den kemiske analyse af disse grundstoffer har været en udfordring, dels på grund af de lave koncentrationsniveauer og dels på grund af vanskeligheder med at verificere de opnåede resultater. Dette udviklingsarbejde vil fortsætte i den nærmeste fremtid, og de viste resultater må betragtes som foreløbige. Det har på nuværende tidspunkt ikke været muligt at analysere for rhodium.

Både palladium og platin viser en svag stigende tendens i Ittoqqortoormiit i perioden 1986-2003, mens begge grundstoffer viser en faldende tendens på omkring 4% årligt i Qeqertarsuaq (se Appendiks 2, figur 3). Ingen af disse tendenser er signifikante, men dette kan næppe forventes med kun 4 år med data. Det sammenfaldende mønster af palladium og platin og de tydelige geografiske forskelle er imidlertid interessante. Fortolkningen af disse tidstrend er endnu uklar og afventer verificeringen af de kemiske analyser og litteraturundersøgelser.

5 Svært nedbrydelige organiske stoffer (POPs)

Koncentrationerne i ulkelever, spæk fra ringsæl og tejsæg er udtrykt på fedtvægtbasis for at tage højde for forskelle i fedtindholdet. Koncentrationerne i gråmåge- og fjeldørredmuskel er udtrykt på vådvægtbasis. Dette er gjort, fordi fedtindholdet i disse prøver er relativt lavt. Usikkerheden ved fedtbestemmelsen får derfor stor indflydelse, og der er risiko for at indføre "unødigt" variabilitet i data, hvilket statistiske analyser tydede på var tilfældet.

Lever af tejsæg fra Qeqertarsuaq har været analyseret i årene 1999, 2000 og 2004, men på grund af den tidligere omtalte ændring fra indsamlinger om foråret til om efteråret og medfølgende ændring i alderssammensætningen er det ikke muligt at analysere for tidstrenden.

Hovedparten af de kemiske analyser er foretaget af Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi, DMU, men prøver fra 1998 (ringsæl), 1999 (ulk, ringsæl og fjeldørred) og fra 2000 (ulk) er analyseret af et canadisk laboratorium. Forskelle og ligheder i analysemetoder mellem de to laboratorier fremgår af Asmund et al. (2004). Anvendelsen af flere analyselaboratorier må generelt forventes at tilføre tidsserierne en forøget usikkerhed. I dette tilfælde er resultaterne fra det canadiske laboratorium "lukket inde" mellem resultaterne for DMU's laboratorium. Brugen af to forskellige laboratorier forventes derfor ikke at trække tidsserierne i nogen bestemt retning (bias).

Foruden nærværende program er tidstrenden af POP'er undersøgt i æg fra vandrefalke indsamlet i Sydvestgrønland i perioden 1986-2003 (Sørensen et al., 2004) og i isbjørne fra Ittoqqortoormiit fra 1990 og 1999/2000 (Dietz et al., 2004). Konklusionerne fra disse to undersøgelser er medtaget i de følgende vurderinger. Det bør dog bemærkes, at når man skal vurdere tidstrenden i det grønlandske miljø, har de to nævnte studier "svagheder". Vandrefalken opholder sig i vintermånederne i Central- og Sydamerika, hvorfor belastningen med kontaminanter i vandrefalke ikke udelukkende afspejler kontamineringen i det grønlandske miljø. Isbjørnestudiet bygger på kun to års data med en tiårig mellemliggende periode. De er derfor behæftet med stor usikkerhed.

5.1 PCB-10

PCB-10 er summen af kongenerne 28, 31, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 og 180. Disse er udvalgt, fordi de er analyseret gennem den længste periode.

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	5	-0,2	0,98	0,12	>20
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	6	-8,2	0,04**	-	>20
Ringsæl, unge	Avanersuaq	1994-2004	3	-8,2	0,45	0,10	>20
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1995-2004	7	+1,0	0,83	0,17	>20
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	-3,5	0,52	0,18	14
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	8	-4,4	0,01**	-	14
Gråmåge, adult, ♂	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-3,0	-	-	-
Gråmåge, adult, ♀	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-7,6	-	-	-
Fjeldørred	Isortoq	1994-2004	3	-11,6	0,01**	-	6

Alle tidsserier viser en faldende tendens på nær ulke fra Ittoqqortoormiit. I tilfældene unge ringsæler fra Qeqertarsuaq og Ittoqqortoormiit (se Appendiks 2, figur 4) samt fjeldørred fra Isortoq er denne trend signifikant på 5% niveau. Den årlige ændring er beregnet til mellem -4,4% til -11,6% for de signifikante tidsserier.

I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viser PCB en faldende men ikke signifikant trend siden 1986 (Sørensen et al., 2004). Koncentrationen af PCB i isbjørne fra Ittoqqortoormiit fra 1999/2000 var 22% af koncentrationen i 1990 (Dietz et al., 2004).

Konklusionen er, at PCB udviser en faldende trend i alle de undersøgte områder.

5.2 DDT

DDT er summen af p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT. Disse er udvalgt, fordi de er analyseret gennem den længste periode.

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	5	-1,7	0,66	0,14	18
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	6	-10,1	0,03**	-	>20
Ringsæl, unge	Avanersuaq	1994-2004	3	-6,5	0,51	0,10	>20
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1995-2004	7	-1,4	0,47	0,55	12
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	-2,4	0,56	0,27	12
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	8	-5,4	<0,01***	-	16
Gråmåge, adult, ♂	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-3,3	-	-	-
Gråmåge, adult, ♀	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-8,5	-	-	-
Fjeldørred	Isortoq	1994-2004	3	-12,5	0,17	0,10	16

Alle tidsserier viser en faldende tendens, og i tilfældene unge ringsæler fra Qeqertarsuaq og Ittoqqortoormiit er faldet signifikant på henholdsvis 5% og 1% niveau. Den årlige ændring er beregnet til mellem -5,4% til -10,1% for de signifikante tidsserier.

I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viser DDT et uændret eller svagt faldende men ikke signifikant trend siden 1986 (Sørensen et al., 2004). Koncentrationen af DDT i isbjørne fra Ittoqqortoormiit fra 1999/2000 var 66% af koncentrationen i 1990 (Dietz et al., 2004).

Konklusionen er, at DDT udviser en faldende trend i alle de undersøgte områder.

5.3 HCH

HCH er summen af α -HCH, β -HCH, γ -HCH. Der har været problemer med analyserne af β -HCH i prøverne fra 2002, idet koncentrationerne syntes for lave. Mediankoncentrationerne af sum HCH i 2002, som indgår i de statistiske analyser, er imidlertid ikke afvigende fra den estimerede tidstrend. Data for 2002 er derfor medtaget i trendanalyserne, idet disse har mindre betydning for estimeringen af den årlige ændring, hvorved tidsseriernes statistiske styrke bevares.

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	5	-10,3	0,01**	-	12
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	6	-8,3	0,01**	-	14
Ringsæl, unge	Avanersuaq	1994-2004	3	-14,5	<0,01***	-	6
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1995-2004	7	-10,8	<0,01***	-	10
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	-7,7	0,55	0,11	>20
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	8	-8,0	<0,01***	-	12
Gråmåge, adult, ♂	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-7,1	-	-	-
Gråmåge, adult, ♀	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-15,5	-	-	-
Fjeldørred	Isortoq	1994-2004	3	-10,6	0,08*	-	10

Alle tidsserier viser en faldende tendens, og for de fleste tidsserier er faldet signifikant. Den årlige ændring er beregnet til mellem -8% til -14,5% for de signifikante tidsserier.

I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viser DDT en faldende men ikke signifikant trend siden 1986 (Sørensen et al., 2004). Koncentrationen af HCH (hovedparten af sum DDT i isbjørne) i isbjørne fra Ittoqqortoormiit fra 1999/2000 var 39% af koncentrationen i 1990 (Dietz et al., 2004).

Konklusionen er, at HCH udviser en statistisk signifikant faldende trend i alle de undersøgte områder.

5.4 HCB

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	5	-4,7	0,05**	-	12
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	6	-4,0	0,07*	-	12
Ringsæl, unge	Avanersuaq	1994-2004	3	+1,0	0,25	0,28	8
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1995-2004	7	+1,3	0,62	0,34	16
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	+0,4	0,90	0,30	12
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	8	-3,9	<0,01***	-	10
Gråmåge, adult, ♂	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-9,1	-	-	-
Gråmåge, adult, ♀	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-11,4	-	-	-
Fjeldørred	Isortoq	1994-2004	3	-2,0	0,65	0,10	16

I Qeqertarsuaq viser koncentrationen af HCB en signifikant faldende tendens siden 1994 i både ulke og ringsæler. I Avanersuaq er der en svag stigende tendens i ringsæler. I Ittoqqortoormiit er der en svagt stigende tendens i ulke og tejstæg, mens i ringsæler er der en signifikant faldende tendens på 1% niveau. Også i gråmåger er der et markant fald i koncentrationen af HCB fra 1994 til 2004.

I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viser HCB en svagt faldende men ikke signifikant trend siden 1986.

Konklusionen er, at HCB udviser en faldende tendens i de fleste tids-serier, men ikke så konsistent og markant som for PCB, DDT og HCH.

5.5 Chlordaner

Chlordaner er summen af oxychlordan, *trans*-chlordan, *cis*-chlordan, *trans*-nonachlor, *cis*-nonachlor. Tidsserierne af chlordaner går generelt ikke så langt tilbage som de tidligere behandlede POP'er, da kun *trans*-nonachlor indgik i analyserne i 1994.

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1999-2004	4	+7,0	0,51	0,11	>20
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	1999-2004	5	-3,6	0,54	0,17	16
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	+7,1	0,11	0,32	14
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	-1,6	0,76	0,18	14
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	-5,0	0,01**	-	16

De fire tidsserier dækkende perioden 1999-2004 viser ikke nogen konsistent trend. Derimod er trenden signifikant på 5% niveau i ringsæler fra Ittoqqortoormiit, som går tilbage til 1986.

I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viser alle chlordaner en faldende men ikke signifikant trend siden 1986.

Det er ikke muligt at konkludere på dette data materiale, idet de fleste kun dækker en tidsperiode på 5 år. Den eneste længerevarende tidsserie tyder på et fald i ringsæler fra Ittoqqortoormiit i perioden fra 1986 til 2004.

5.6 Trans-nonachlor

Tidsserien af trans-nonachlor, som indgår i chlordaner, er her analyseret alene, fordi denne tidsserie går tilbage til 1994.

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1994-2004	5	-3,4	0,50	0,12	20
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	1994-2004	6	-6,8	0,21	0,14	20
Ringsæl, unge	Avanersuaq	1994-2004	3	-9,6	0,48	0,10	>20
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1995-2004	7	+0,6	0,66	0,78	10
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	+1,9	0,21	0,80	8
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	8	-6,7	<0,01***	-	14
Gråmåge, adult, ♂	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-9,5	-	-	-
Gråmåge, adult, ♀	Ittoqqortoormiit	1994-2004	2	-12,5	-	-	-
Fjeldørred	Isortoq	1994-2004	3	-8,4	0,30	0,10	20

I Qeqertarsuaq og Avanersuaq viser trans-nonachlor en faldende men ikke signifikant trend i perioden fra 1994 til 2004. I Ittoqqortoormiit viser ulke og tejstæg en svagt stigende tendens, mens trans-nonachlor i ringsæler viser et 6,7% signifikant årligt fald siden 1986. Også gråmåge viser et markant fald fra 1994 til 2004.

Konklusionen er, at trans-nonachlor viser en faldende tendens i ringsæler (og gråmåger), men denne tendens er ikke så markant eller manglende i ulke og tejstæg.

5.7 Toxaphen

Toxaphen er summen af congenerne 26, 40, 41, 44, 50 og 62 på nær i ringsæl fra Qeqertarsuaq og Ittoqqortoormiit, hvor congenen 44 ikke indgår i summen. Toxaphen indgik først i de kemiske analyser i 1999, hvorfor tidsserierne er relativt kortvarige.

Art	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
Alm. ulk, store	Qeqertarsuaq	1999-2004	3	+1,3	0,93		
Ringsæl, unge	Qeqertarsuaq	2000-2004	4	+1,0	0,84		
Alm. ulk	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	-6,3	0,23	0,21	14
Tejst, æg	Ittoqqortoormiit	1999-2004	5	-4,8	0,41	0,18	14
Ringsæl, unge	Ittoqqortoormiit	1986-2004	7	-8,1	0,02**	-	>20

Den længste tidsserie af toxaphen, ringsæler fra Ittoqqortoormiit, viser et signifikant årligt fald på 8,1%. De kort varige tidsserier fra Ittoqqortoormiit viser faldende tendens og fra Qeqertarsuaq svagt stigende tendens.

I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viser toxaphen et uændret eller svagt faldende men ikke signifikant trend siden 1986 (Sørensen et al., 2004).

Den eneste længerevarende tidsserie viser et signifikant fald, men tidsserien er ikke tilstrækkelig til en sikker konklusion.

6 Perfluorerede alkylerede forbindelser (PFAS) og dioxiner

Tidstrendanalyserne af perfluorerede alkylerede forbindelser og dioxiner er foretaget som retrospektive studier, hvor prøver indsamlet tidligere og opbevaret i frossen tilstand gennem en længere årrække er blevet analyseret. 10 lever- og spækprøver fra 4 forskellige år i perioden fra starten af 1980'erne til 2003 er blevet udvalgt til kemisk analyse. Dioxin/furan og co-planare PCB'er i ringsæler fra Ittoqqortoormiit og perfluorerede forbindelser (PFAS'er) i ringsæler fra Qeqertarsuaq og Ittoqqortoormiit indgår i tidstrendstudierne.

Forbindelse	Område	Periode	År med data	Årlig ændring, %	Signifikans	Styrke til at påvise 5% årlig ændring	Antal år for at påvise 5% årlig ændring
PCDD (dioxiner)	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	-6,7	0,25	0,10	>20
PCDF (furaner)	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	-2,1	0,25	0,14	14
c-PCB (co-planar)	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	-4,5	0,01**	-	10
PFOS	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	+8,2	0,17	0,10	>20
PFDA	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	+3,3	0,57	0,10	>20
PFUnA	Ittoqqortoormiit	1986-2003	4	+7,9	0,12	0,11	20
PFOS	Qeqertarsuaq	1982-2003	4	+4,7	0,05**	-	14
PFDA	Qeqertarsuaq	1982-2003	4	+1,7	0,16	0,10	12
PFUnA	Qeqertarsuaq	1982-2003	4	+5,9	0,03**	-	14

Disse tidstrendstudier viser meget konsistente resultater, og konklusionerne fra disse studier synes klare (Bossi et al., 2005; Riget et al., 2005), selvom den statistiske analyse ikke gav signifikante resultater i alle tilfælde. En lineær regressionsanalyse med kun 4 punkter har en begrænset statistisk styrke. Dioxiner/furaner og coplanare PCB'er har en faldende tendens i Ittoqqortoormiit i perioden 1986-2003 med en årlig ændring fra 2,1% til 6,7% (se Appendiks 2, figur 5). De perfluorerede forbindelser viser i samme periode en tydelig stigende tendens både i Vestgrønland (Qeqertarsuaq) og Østgrønland (Ittoqqortoormiit) (se Appendiks 2, figur 6). Desuden er den beregnede årlige stigning og niveauerne højere i Østgrønland end i Vestgrønland.

7 Tidsseriernes statistiske styrke

I de foregående tabeller er angivet tidsseriernes statistiske styrke (power) til at påvise en 5% årlig ændring med signifikansniveauet 10%. Appendiks 1 giver en detaljeret beskrivelse af beregningen af den statistiske power. For langt de fleste tidsseriers vedkommende er poweren relativ lille (10-30%). Det betyder, at man i de pågældende tidsperioder kun ville have haft en lille sandsynlighed for at have kunnet påvise en 5% årlig ændring, såfremt en sådan var forekommet.

Dette er ikke et så overraskende resultat, når man tager de relativt få år med data i tidsperioderne i betragtning. Allerede efter de første års grønlandske AMAP-indsamlinger vurderede Riget et al. (2000), at det var nødvendigt med mindst 10 år med indsamlinger hvert år for at opnå en tilstrækkelig statistisk styrke i tidsserierne. Andre monitoringsprogrammer i andre områder er kommet til lignende resultater, f.eks. tidsserierne i Østersøen (Bignert et al., 1997) og ICES's (International Council for the Exploration of the Sea) Contaminant Monitoring Programme (CMP) tidsserier (Fryer & Nicholson, 1993).

Den statistiske styrke afhænger som tidligere nævnt af 1) størrelsen af den årlige ændring, 2) størrelsen af afvigelserne fra regressionslinien, 3) signifikansniveauet (og ensidig eller tosidig test) hvormed man ønsker at teste, 4) antallet af år der indgår i regressionsanalysen og 5) antallet af indsamlinger per år. Ønsker man at øge et overvågningsprogramms evne til at påvise ændringer, er det især de to sidste punkter, man skal fokusere på. Antallet af indsamlinger per år bestemmer indenfor-års variationen. Indenfor-års variationen formindskes med antallet af indsamlinger. Indenfor-års variationen kan også ofte formindskes ved at tage højde for influerende faktorer som størrelse og alder af dyrene og fedtindhold. I ICES CMP for kontaminanter i fisk anbefales 25 individer spredt i et givet længdeinterval indsamlet i et givet område på samme tid hvert år. I det grønlandske AMAP-program er det ofte praktisk vanskeligt at standardisere prøveindsamlingen i den ønskede grad. Indsamlingerne er ofte fangerbaseret og ikke kontrolleret som under et videnskabeligt indsamlingstogt. Konsekvensen er, at antallet af individer, der indgår i de enkelte tids-

serier, ofte er under de ønskede 20 individer. Det er tilstræbt f.eks. kun at indsamle unge sæler, store hunner af ulke og unge tejster.

Antallet af år med indsamlinger (indsamlingsfrekvensen) er en vigtig parameter for den statistiske styrke. Det internationale AMAP-program's oprindelige intentioner var en indsamlingsfrekvens på 5 år. Det blev imidlertid klart, at med en 5-årig indsamlingsfrekvens ville overvågningsprogrammet ikke kunne opfylde sit formål, som et internationalt redskab i udledningsregulering og overvågning af kontaminanter. I det seneste grønlandske AMAP-program (fra 2004) er der lagt op til en 2-årig indsamlingsfrekvens. I den sidste søjle i de foregående tabeller er angivet antallet af år, der er nødvendigt for at pågældende tidsserie vil opnå en sandsynlighed på 80% for at påvise en 5% årlig ændring med et signifikansniveau på 10%. Inputtet fra tidsserierne til denne poweranalyse er alene afvigelsen fra regressionslinien. Som det fremgår, vil det for de fleste tidsseriers vedkommende være mere end 16 år før en sådan statistisk styrke opnås. Hvorvidt dette er tilfredsstillende er i høj grad et spørgsmål til brugerne af tidsserierne. En 1-årig indsamlingsfrekvens ville nedsætte det nødvendige antal år, men også forøge de økonomiske omkostninger. Det er sådan, at hvis et program er i stand til at påvise en 10% årlig ændring efter en 10 års periode med indsamlinger hvert år, vil programmet være i stand til at påvise en 5% årlig ændring efter en 20 års periode med indsamlinger hvert andet år (samme økonomiske omkostninger). Man kan sige at miljøet bærer de øgede omkostninger ved en 2-årig indsamlingsfrekvens, idet der går længere tid inden eventuelle reguleringer bliver "erkendt" nødvendige.

Et andet ofte diskuteret emne i overvågningsprogrammer er antallet af prøver per år kontra indsamlingsfrekvensen. Dette kan også formuleres som betydningen af indenfor-års variationen og mellem-års variationen for den samlede variation. Det er rimeligt at forestille sig, at der i kontaminanttidsserier forekommer en tilfældig år til år variation, som kan stamme fra forskelle i klimatiske forskelle mellem årene, forskelle i dyrenes fødevaner mellem årene med videre. Opstiller man den totale variation i tidsserien som en sum af indenfor-års variationen og den tilfældige mellem-års variation fås følgende udtryk (fra Fryer & Nicholson, 1993): $\psi^2 = \tau^2 + \sigma^2/R$, hvor τ^2 er den tilfældige mellem-års variation, σ^2 er indenfor-års variationen og R antallet af prøver pr. år. Heraf fremgår det, at R kun påvirker størrelsen af indenfor-års variationen. Det er således den relative størrelse mellem indenfor-års variationen og den tilfældige mellem-års variation, der bestemmer påvirkningen af at øge antallet af indsamlinger pr. år på størrelsen af den totale variation. Det er vanskeligt, at adskille og beregne disse to variationskomponenter fra hinanden. Fryer & Nicholson (1993) anvender en "smoother" til at bestemme den tilfældige mellem-års variation, og finder i ICES CMP dataserier at den tilfældige mellem-års variation har en betydelig størrelse. Det vil ikke være tilstrækkeligt at øge antallet af indsamlinger pr. år for at forøge tidsseriernes statistiske styrke væsentligt. I nærværende analyser af de grønlandske tidsserier er der ikke gjort noget forsøg på at estimere den tilfældige mellem-års variation, idet antallet af år i de fleste tilfælde er for lille til en sådan bestemmelse.

De foreliggende statistiske styrkeanalyser og betragtninger giver et indtryk af tidsseriernes evne og forventelige fremtidige evne til at påvise ændringer i kontaminantniveauerne. Såfremt den forventelige statistiske evne ikke er tilfredsstillende, synes en øgning af indsamlingsfrekvensen at være den bedste løsning, måske til indsamling hvert år. Det bør selvfølgelig tilstræbes at standardisere indsamlinger så meget som muligt for at øge sammenligneligheden fra år til år. Det skal nævnes, at de ovennævnte analyser betragter den enkelte tidsserie isoleret, men er situationen at flere tidsserier peges i samme retning, styrker dette indtrykket af en reel trend, selvom de enkelte tidsserier ikke skulle være statistisk signifikante.

8 Prøvebank

I slutningen af 2005 blev der etableret en prøvebank omfattende biologiske prøver indsamlet siden 1994 i AMAP Core og AMAP Time Trend programmerne. Prøvebanken er tilgængelig på DMU's hjemmeside (<http://www.dmu.dk/International/Arctic/Pollutants/Databank/>). Det er endnu for tidligt at vurdere, hvorvidt dette initiativ vil føre til øget samarbejde mellem forskere involveret i AMAP samarbejdet. Retrospektive studier af den tidsmæssige udvikling af dioxiner, PFOS, POP'er og metaller har allerede vist værdien af at langtidsopbevare indsamlede prøver fra Grønland. I øjeblikket foregår et retrospektivt studie af den tidsmæssige udvikling af bromerede flammehæmmere i østgrønlandske ringsæler.

9 anbefalinger

Overordnet kan det konkluderes, at det foreliggende grønlandske program og tidsserier for kontaminanter er blandt de bedste i arktisk sammenhæng. Tidsserierne kan indenfor en nær fremtid forventes at give mulighed for på et statistisk grundlag at vurdere udviklingen i udvalgte kontaminanter, hvilket vil være et vægtigt bidrag i det internationale AMAP-arbejde. Ligesom prøvebankmaterialet giver muligheder for retrospektive studier af nye kontaminanter. Det anbefales derfor generelt at fortsætte indsamlingen og overvågningen af kontaminanter i grønlandske dyr.

Det anbefales at overvågningen bør ske med mindst en 2-årig frekvens. Ligeledes anbefales det generelt at bygge på de igangværende tidsserier og især på længerevarende tidsserier indeholdende flere års data.

Det foreslås at indføre det princip, at indsamle prøver til prøvebanken, som så ved senere lejligheder kan analyseres og indgå i retrospektive studier af både nye kontaminanter og de traditionelt analyserede kontaminanter, såfremt dette måtte ønskes. De indsamlede prøver til prøvebanken omfatter de nøglearter, som tidligere er blevet indsamlet gennem Core programmet. Omkostningerne ved sådanne

indsamlinger er beskedne, da indsamlingerne dels foregår via grønlandske kontakter eller i forbindelse med andre prøveindsamlinger. Da der er mulighed for, at nogle kontaminanter nedbrydes under længerevarende opbevaring selv ved -20°C, foreslås det at overveje et kontrolanalyseprogram, som undersøger stabiliteten af kontaminanterne i de frosne prøver i prøvebanken.

Isbjørnen er foreslået medtaget som ny art i overvågningsprogrammet. Isbjørnen er placeret øverst i fødekæden og er det dyr, hvor koncentrationsniveauerne generelt kan forventes at være højest. Dette er også en af de væsentligste begrundelser for, at der i de senere og kommende år foregår løbende indsamlinger af isbjørneprøver med det formål at belyse eventuelle effekter af kontaminanter på isbjørnens helbred. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at koordinere disse effektundersøgelser med overvågningen af kontaminanter i miljøet. Desuden findes der prøver i Afdelingen for Arktisk miljø's prøvebank, der vil kunne belyse den tidsmæssige udvikling af kontaminanter i isbjørne, såfremt de analyseres.

Tungmetaltidsserierne

Hg har højeste prioritet blandt tungmetallerne. Hg har generelt høj bevågenhed både nationalt og internationalt og er et stof, som flere lande ønsker internationale reguleringsregler for. De estimerede årlige ændringer er generelt mindre end f.eks. mange af POP'erne, hvorved der derfor kun er få tidsserier, der viser statistisk signifikante ændringer. Yderligere er der tvivl om disse ændringer har en "naturlig" forklaring, så som ændrede fødevalg. Det anbefales at prioritere de længerevarende tidsserier og stoppe analyserne (men ikke indsamlingerne) af de korterevarende tidsserier, hvor der først om en række år kan forventes mere statistisk sikre resultater.

Følgende tidsserier anbefales:

Med kemiske analyser:

Alm. ulk, store	lever	Qeqertarsuaq
Ringsæl, unge	lever	Qeqertarsuaq
Alm. ulk, store	lever	Ittoqqortoormiit
Ringsæl, unge	lever	Ittoqqortoormiit
Ringsæl, gamle	lever	Ittoqqortoormiit
Isbjørn	lever	Ittoqqortoormiit
Alm. ulk, store	lever	Avanersuaq
Ringsæl, unge	lever	Avanersuaq
Fjeldørred	muskel	Isortoq.

Derudover anbefales det at øge antallet af kemiske analyser fra 20 til 30 for ringsæler fra Ittoqqortoormiit, idet disse opdeles i unge og gamle ringsæler.

Platinmetaller

Vurderingen af de opnåede resultater af de retrospektive studier af platinmetallerne er endnu ikke færdiggjort. De foreløbige resultater tyder imidlertid ikke på, at platinmetallerne bør indgå i et rutinemæssigt overvågningsprogram.

Tidsserierne for POP'er

De traditionelle POP'er har generelt en faldende tendens i de grønlandske marine dyr. Alligevel anbefaler AMAP at forsætte overvågningen af nøgleorganismer, så effekten af LRTAP (Long-Range Transboundary Air Pollution) protokollen og Stockholm-konventionen kan vurderes. For det grønlandske AMAP anbefales det at fortsætte overvågningen gennem følgende nøgletidsserier:

Med kemiske analyser:

Ringsæl, unge	spæk	Qeqertarsuaq
Ringsæl, unge	spæk	Ittoqqortoormiit
Tejst, æg	indhold	Ittoqqortoormiit
Isbjørn	fedtvæv	Ittoqqortoormiit
Fjeldørred	muskel	Isortoq.

Isbjørnen er foreslået medtaget som ny art i overvågningsprogrammet. Foruden betragtningerne beskrevet under tungmetaller kan det tilføjes, at der findes POP-analyser af isbjørne fra 1990 og 1999/2000, som vil kunne indgå i tidsserien.

Dioxin/furan og co-planar PCB

De observerede faldende tendenser af koncentrationen af dioxin/furan og co-planar PCB i ringsæler fra Ittoqqortoormiit siden 1986 (Riget et al., 2005) giver ikke anledning til at indføre disse stoffer i et rutinemæssigt overvågningsprogram. Prøverne, som er indsamlet og opbevaret i prøvebanken, vil kunne analyseres for disse stoffer på et senere tidspunkt, såfremt det måtte ønskes.

Perfluorerede forbindelser (PFAS) og bromerede flammehæmmere (PBDE)

Koncentrationen af PFOS i ringsæler fra både Vest- og Østgrønland viser en stigende tendens siden midten af 1980'erne (Bossi et al., 2005). Desuden er koncentrationsniveauet af PFOS i isbjørne på samme niveau som højeste niveauer af POP'er som PCB og chlor-daner. Det anbefales derfor at indføre PFOS i overvågningsprogrammet samt at foretage et retrospektivt studie af den tidsmæssige udvikling af PFOS i isbjørne.

Overvågningsprogram

Ringsæl, unge	lever	Qeqertarsuaq
(bygger videre på den eksisterende tidsserie)		
Ringsæl, unge	lever	Ittoqqortoormiit
(bygger videre på den eksisterende tidsserie)		
Isbjørn	lever	Ittoqqortoormiit.

Retrospektivt studie

Isbjørn	lever	Ittoqqortoormiit
100 prøver fra perioden 1984-2004.		

Canadiske undersøgelser har vist stigende koncentrationer af PBDE i canadiske ringsæler. I vandrefalkeæg fra Sydvestgrønland viste koncentrationen af PBDE en 7,1% årlig stigning i perioden 1986 til 2003

(Vorkamp et al., 2005). Tidsudviklingen i PBDE i østgrønlandske ringsæler undersøges i øjeblikket.

En undersøgelse af den tidsmæssige udvikling i ringsæler fra Vestgrønland vil udfylde en vigtig brik i viden om PBDE. Forbrugsmønstret af PBDE i hhv. Nordamerika og Europa har været forskelligt, og man kan derfor forvente et mere komplekst billede af den geografiske udbredelse af PBDE i Grønland.

Det anbefales derfor, at afvente resultaterne af tidstrendstudiet af PBDE i østgrønlandske ringsæler, og såfremt en bekymrende årlig stigning bliver fundet, da at overveje dels at indføre PBDE i overvågningsprogrammet og dels at gennemføre et retrospektivt studie af den tidsmæssige udvikling i ringsæler fra Qeqertarsuaq (Vestgrønland).

Forslag ved en beslutning om indførelse af PBDE i overvågningsprogrammet:

Overvågningsprogram

Ringsæl, unge	spæk	Qeqertarsuaq
Ringsæl, unge	spæk	Ittoqqortoormiit

(bygger videre på den eksisterende tidsserie)

Isbjørn	fedtvæv	Ittoqqortoormiit.
---------	---------	-------------------

Forslag ved en beslutning om et retrospektivt studie af PBDE i Vestgrønland:

Retrospektivt studie

Ringsæl, unge	spæk	Qeqertarsuaq
---------------	------	--------------

82 prøver fra perioden 1982-2004.

Såfremt dette retrospektive studie bliver gennemført, vil det være hensigtsmæssigt at inkludere toxaphen. Totalkoncentrationen af toxaphen er på niveau med eller højere end niveauet af PCB og DDT i de grønlandske dyr. Desuden overskrideres TDI (total daily intake) værdien for humant indtag i Grønland i højere grad end det er tilfældet for PCB. Der er derfor god grund til at belyse den tidsmæssige trend af toxaphen i Vestgrønland, idet de eksisterende tidsserier kun går tilbage til 1999.

Aldre og stabile isotoper

Det anbefales at fortsætte med aldersbestemmelsen af ringsæler og isbjørne samt at analysere stabile isotoper i ringsæler. Alderen og stabile isotoper er vigtige elementer i vurderingen af den tidsmæssige udvikling af kontaminanter.

Prøvebank

Det anbefales at fortsætte arbejdet med prøvebanken samt indsamle prøver med det formål at opbevare dem til brug for senere analyser. Arbejdet med prøvebanken omfatter opdatering af nyindsamlede prøver, forbedringer af hjemmesiden og den bagved liggende database som følge af opnåede erfaringer, samt inkludere prøver indsamlet under andre relevante projekter i prøvebanken.

Følgende prøver anbefales indsamlet til opbevaring i prøvebanken. Listen bygger på de tidsserier, som allerede eksisterer men ikke indgår i det foreslåede løbende kemiske analyseprogram. Arterne er tillige inkluderet i AMAP's prioritetsliste (The AMAP Trends and Effects Programme: 1998-2003, AMAP Report 99:7) over overvågningsarter.

Alm. ulk, store	hele fisk	Qeqertarsuaq
Tejst, unge	hele fugle	Qeqertarsuaq
Rype	lever og nyre	Qeqertarsuaq
Ringsæl	fuldt prøvesæt	Qeqertarsuaq
Alm. ulk	hele fisk	Ittoqqortoormiit
Ringsæl	fuldt prøvesæt	Ittoqqortoormiit
Gråmåge	hele fugle	Ittoqqortoormiit
Alm. ulk	hele fisk	Avanersuaq
Ringsæl	fuldt prøvesæt	Avanersuaq
Lav	hele	Isortoq
Fjeldørred	hele fisk	Isortoq
Rensdyr	lever og nyre	Isortoq.

10 Referencer

- AMAP, 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, xii+859 pp.
- AMAP, 2002. Arctic Pollution 2002: Persistent Organic Pollutants, Heavy Metals, Radioactivity, Human Health, Changing Pathways. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2002,xii+112 pp.
- Asmund, G., Vorkamp, K., Bacckus, S. & Comba, M., 2004. An update of analytical methods, quality assurance and quality control used in the Greenland AMAP programme 1999-2002. *Sci. Tot. Environ.* 331/1-3, 233-245.
- Barbante, C., Veysseyre, A., Ferrari, C., van de Velde, K., Morel, C., Capodaglio, G., Cescon, P., Scarponi, G. & Boutron, C., 2001. Greenland Snow Evidens of Large Scale Atmospheric Contamination for Platinum, Palladium and Rhodium. *Environ. Sci. Technol.* 35: 835-839.
- Bossi, R., Riget, F.F. & Dietz, R., 2005. Temporal and Spatial Trends of Perfluorinated Compounds in Ringed Seal (*Phoca hispida*) from Greenland. *Environ. Sci. Technol.* 39, 7416-7422.
- Dietz, R., Riget, F. & Born, E.W., 2000. An assessment of selenium to mercury in Greenland marine mammals. *Sci. Total Environ.*, 245, 15-24
- Dietz, R., Riget, F., Sonne, C., Letcher, R., Born, E.W. & Muir, D.C.G., 2004. Seasonal and temporal trends in polychlorinated biphenyls

- and organochlorine pesticides in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*), 1990-2001. *Sci. Total Environ.* 331, 107-124.
- Nicholson, M.D., Fryer, R.J. & Larsen, J.R., 1998. Temporal trend monitoring: Robust method for analysing contaminant trend monitoring data. *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*, No. 20.
- Fryer R.J. & Nicholson, M.D., 1993. The power of a contaminant monitoring programme to detect linear trends and incidents. *ICES J. amr. Sci.* 50: 161-168.
- Fryer R.J. & Nicholson, M.D., 2002. Assessing covariate-dependent contaminant time-series in the marine environment. *ICES J. amr. Sci.* 59: 1-14.
- Riget, F. & Dietz, R., 2000. Temporal trends of cadmium and mercury in Greenland marine biota. *Sci. Total Environ.* 245, 49-60
- Riget, F., Dietz, R. & Cleemann, M., 2000. Evaluation of the Greenland AMAP programme 1994-95, by use of power analysis. (Illustrated by selected heavy metals and POPs). *Sci. Total Environ.*, 245, 249-259
- Riget, F., Vikelsøe, J. & Dietz, R., 2005. Levels and temporal trends of PCDD/PCDFs and non-ortho PCBs in ringed seals from East Greenland. *Mar. Pollut. Bull.*50, 1523-1529.
- Sørensen, P.B., Vorkamp, K., Thomsen, M., Falk, K. & Møller, S., 2004. Persistent organic Pollutants (POPs) in the Greenland environment – Long-term temporal changes and effects on eggs of a bird of prey. NERI Technical Report No. 509.
- Vorkamp, K., Thomson, M., Falk, K., Leslie, H., Møller, S. & Sørensen, P.B., 2005. Temporal Development of Brominated Flame Retardants in Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) Eggs from South Greenland (1986-2003).

10.1 Publikationer

Nedenstående liste omfatter publikationer, hvori data fra AMAP Core og AMAP Time Trend udgør en væsentlig del.

- Riget, F., Vikelsøe, J. & Dietz, R., 2005. Levels and temporal trends of PCDD/PCDFs and non-ortho PCBs in ringed seals from East Greenland. *Mar. Pollut. Bull.*50, 1523-1529.
- Bossi, R., Riget, F.F. & Dietz, R., 2005. Temporal and Spatial Trends of Perfluorinated Compounds in Ringed Seal (*Phoca hispida*) from Greenland. *Environ. Sci. Technol.*, **39**, 7416-7422.
- Riget, F., Muir, D., Kwan, M., Savinova, T., Nyman, M., Woshner, V. & O'Hara, T., 2005. Circumpolar pattern of mercury and cadmium in ringed seals. *Sci. Total Environ* **351-352**. 312-322.

- Braune, B., Outridge, P., Wilson, S., Bignert, A. & Riget, F., 2004. Chapter 5 Temporal Trends. *In: AMAP 2004. AMAP Assessment 2002. Heavy Metals in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.*
- Ford, J., Borg, H., Dam, M. & Riget, F., 2004. Chapter 4 Spatial Trends. *In: AMAP 2004. AMAP Assessment 2002. Heavy Metals in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.*
- Vorkamp, K., Christensen, J.H., Glasius, M. & Riget, F.F., 2004. Persistent halogenated compounds in black guillemot (*Cepphus grylle*) from Greenland – levels, compound patterns and spatial trends. *Mar. Pollut. Bull.* **48**, 111-121.
- Bignert, A., Riget, F., Braune, B., Outridge, P. & Wilson, S., 2004. Recent temporal trend monitoring of mercury in Arctic biota – how powerful are the existing data sets? *J. Environ. Monit.* **6**, 351-355.
- Riget, F., Law, R.L. & Hansen, J.C., 2004. The state of contaminants in the Greenland environment. *Sci. Total Environ.* **331**, 1-4.
- Riget, F., Dietz, R., Vorkamp, K., Johansen, P. & Muir, D., 2004. Levels and spatial and temporal trends of contaminants in Greenland biota: an updated review. *Sci. Total Environ.* **331**, 29-52.
- Vorkamp, K., Christensen, J.H. & Riget, F., 2004. Polybrominated diphenyl ethers and organochlorine compounds in biota from the marine environment of East Greenland. *Sci. Total Environ.* **331**, 143-155.
- Riget, F., Christensen, J. & Johansen, P. (Eds.), 2003. AMAP Greenland and the Faroe Islands 1997-2001. Vol. 2. The Environment of Greenland. Danish Environmental Protection Agency. The Danish Ministry of the Environment.

Appendiks 1. Statistiske metoder

Lineær regressionsanalyse er anvendt for at analysere, om der er en general trend i tidsperioderne. Regressionsanalysen er foretaget på logaritmetransformerede årsmedianværdier. Derved opnås, at ændringer i koncentrationer kan udtrykkes i procentvise ændringer i stedet for absolutte ændringer, og de bliver derfor uafhængige af de valgte enheder. Medianværdier er anvendt for at undgå indflydelse fra outliers og koncentrationstværdier under detektionsgrænsen. I tabellerne er angivet den årlige ændring samt signifikansen af regressionsanalysen. Denne valgte metode ligger tæt op af den anbefalede metode i ICES Cooperative Monitoring programme (Nicholson et al., 1998).

Det er erfaringen, at koncentrationen af mange kontaminanter afhænger af dyrenes størrelse og alder. Der findes statistiske metoder (f.eks. kovariansanalyse), der forsøger at tage hensyn til sådanne problemer med varierende variable i analyserne. Disse analysemetoder er imidlertid ikke altid simple, idet sådanne afhængighedsrelationer kan ændres over tid, og kontaminanttidsserien vil da afhænge af størrelsen eller alderen, der normaliseres til (se Fryer & Nicholson, 2002 for yderligere diskussion). I nærværende analyser er problemet med størrelse eller aldersafhængighed taget højde for ved at opdele dyrene i unge og gamle eller større og mindre end en given længde. Ulempen er, at antallet af dyr per år mindskes.

For at kunne sammenligne den statistiske styrke (power) af de forskellige tidsserier er der foretaget to poweranalyser. Definitionen af power for en lineær regressionsanalyse er sandsynligheden for at påvise en ændring med et givet signifikansniveau, når denne ændring er reel. Den statistiske power af regressionsanalysen afhænger af 1) størrelsen af den årlige ændring 2) størrelsen af afvigelse fra regressionslinien 3) signifikansniveauet (og ensidig eller tosidig test) hvormed man ønsker at teste 4) antallet af år der indgår i regressionsanalysen 5) antallet af indsamlinger per år. Ved at fastholde en eller flere af disse parametre og variere andre kan man opnå en sammenligning af tidsseriernes statistiske styrke. Antallet af indsamlinger per år er forudsat den samme (selvom dette ikke er korrekt). Dette sikrer en bedre sammenligning mellem de enkelte tidsserier. Selve beregningen af den statistiske styrke følger anvisningerne i Fryer & Nicholson (1993).

Den første powerberegning angiver den pågældende tidsseries (antal indgående år, afvigelse fra regressionslinien) power til at påvise en 5% årlig ændring med signifikansniveauet 10%. Det betyder altså sandsynligheden for at påvise en 5% årlig ændring i koncentrationniveauet med signifikansniveauet 10%, givet antallet af år der indgår i tidsserien og den beregnede afvigelse af regressionslinien. Denne beregning er kun angivet i tilfælde, hvor tidsserien viser ikke signifikante ændringer på 10% niveau. Signifikansniveauet 10% er valgt frem for det traditionelle 5% niveau for at lette på "bevisbyrden" til at påvise ændringer i kontaminantniveauerne, men dermed er der også en øget risiko at påvise 5% årlige ændringer, som ikke er reelle.

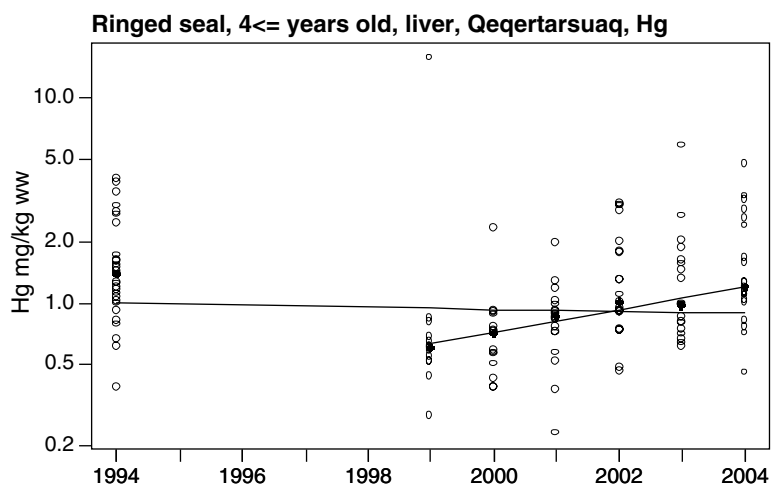
Ved den anden powerberegning er angivet det antal år, der er nødvendigt for at den pågældende tidsserie har en power på 80% for at påvise en 5% årlig ændring med signifikansniveauet 10%. I denne beregning er forudsat en indsamlingsfrekvens på hvert andet år, hvilket er den frekvens et fortsat Core program lægger op til. Et resultat på 16 år betyder altså, at efter 16 år (8 års data) ville denne tidsserie være i stand til at påvise en 5% årlig ændring med signifikansniveauet 10%. Forskellene mellem tidsserierne beror alene på forskellene i de beregnede afvigelser fra regressionslinien.

Man bør være forsigtig ved fortolkningen af disse poweranalyser, især når antallet af indgående år er lavt. Det væsentligste input i analyserne er den beregnede afvigelse fra regressionslinien. Hvis tidsserien kun består af 3 punkter, kan disse punkter ved et tilfælde falde meget tæt på regressionslinien, og tidsserien fremstår da som meget stærk. Men når det 4. punkt (næste års data) bliver realiseret, kan denne situation forandres væsentligt, såfremt dette punkt afviger fra linien.

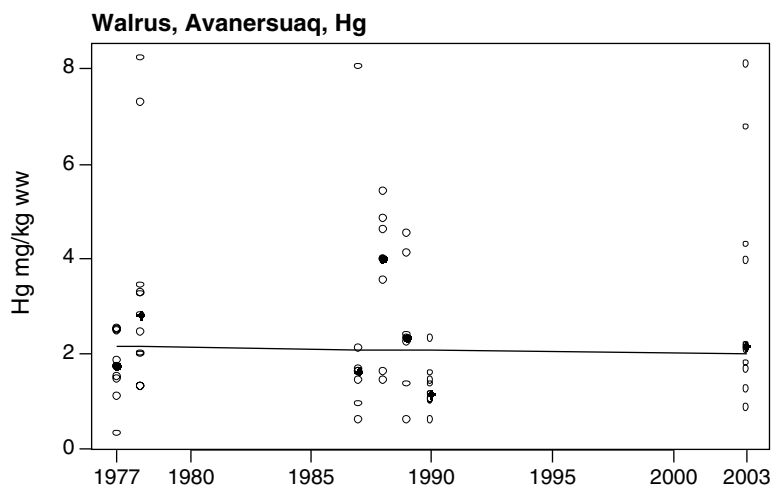
Tidsserier med kun 2 års data er ikke medtaget, undtaget er dog POP'er i gråmåger.

Appendiks 2. Udvalgte figurer over tidsudviklingen

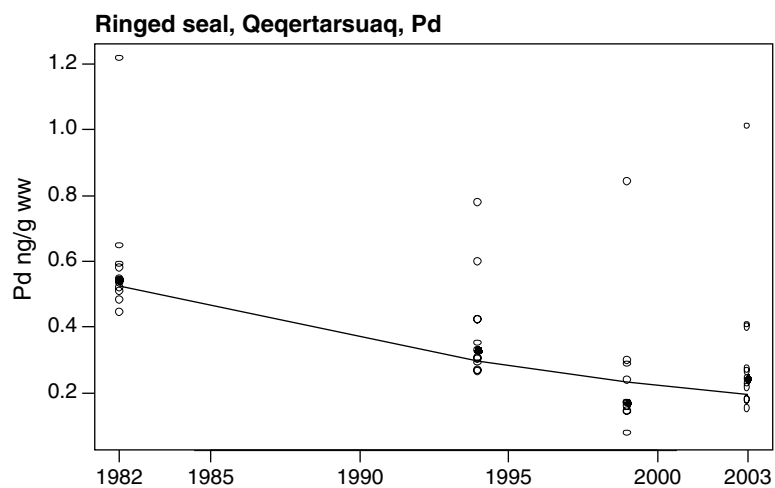
Figureerne viser de individuelle koncentrationer (åben cirkel) og medianværdien (sort cirkel) samt regressionslinien fra en log-lineær regressionsanalyse af medianværdierne.



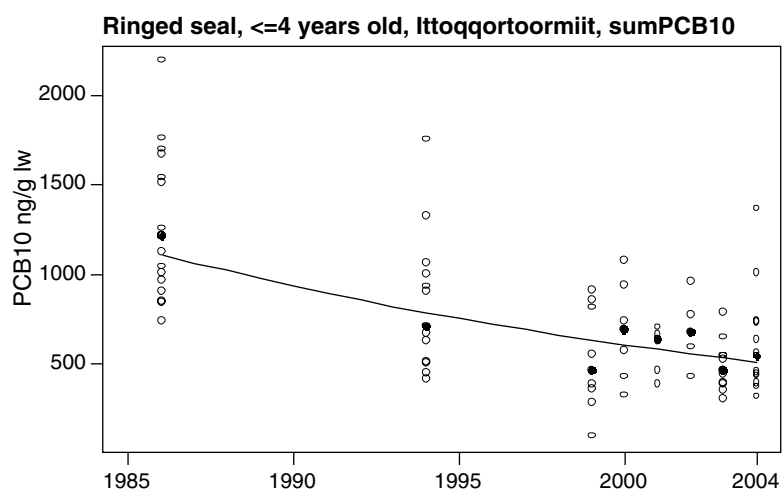
Figur 1. Koncentrationen af Hg i lever fra unge ringsælere fra Qeqertarsuaq (logaritmisk akse).



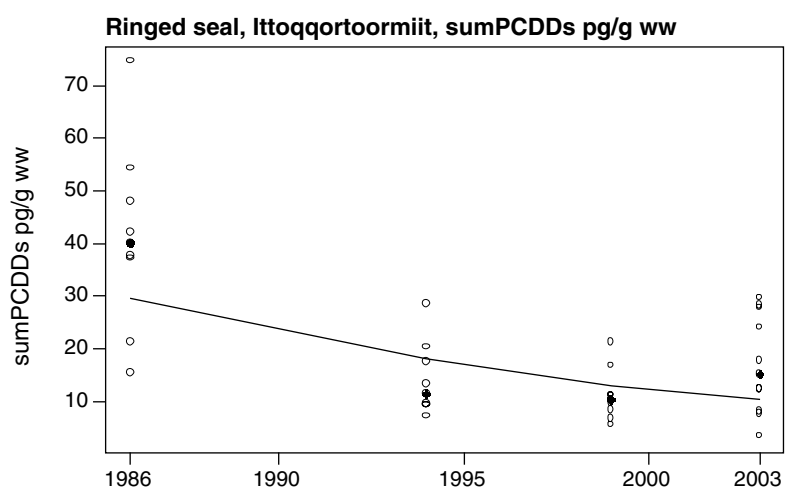
Figur 2. Koncentrationen af Hg i leveren fra hvalros fra Avanersuaq.



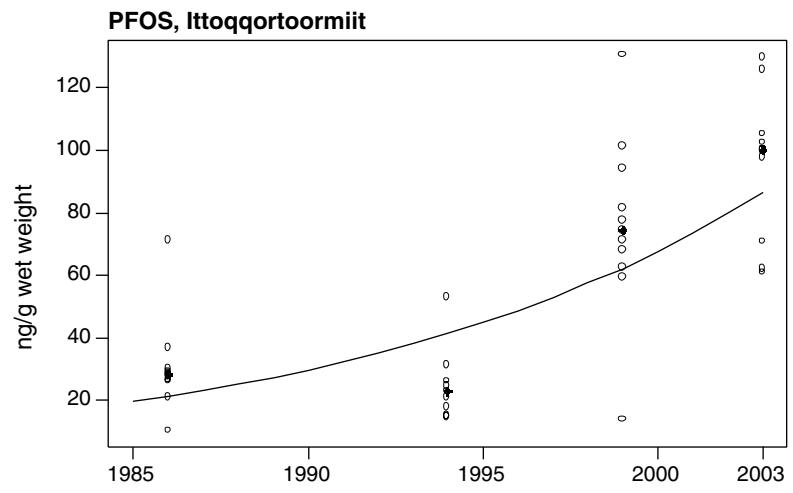
Figur 3. Koncentrationen af palladium i unge ringsæler fra Qeqertarsuaq.



Figur 4. Koncentrationen af PCB (summen af 10 kongener) i spækket fra unge ringsæler fra Ittoqqortoormiit.



Figur 5. Koncentrationen af dioxin i spækket fra unge ringsæler fra Ittoqqortoormiit.



Figur 6. Koncentrationen af PFOS i lever fra unge ringsæler fra Ittoqqortoormiit.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver populærfaglige bøger ("MiljøBiblioteket"), faglige rapporter, tekniske anvisninger samt årsrapporter.
Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.
I årsrapporten findes en oversigt over det pågældende års publikationer.