

Sedimentundersøgelser i Furesø og Bagsværd Sø, november 2000

Kunde

Københavns Amt
Teknisk Forvaltning
Kontaktperson: Eva Nissen
Stationsparken 27
2600 Glostrup
Telefon 43 22 22 22
Telefax 43 22 28 99

Rådgiver

Hedeselskabet
Miljø- og Energi as
Ringstedvej 20
4000 Roskilde
Telefon 46 30 03 10
Telefax 46 30 03 11

Sag nr.	362.00.558
Projektleder	Erik Jørgensen
Kvalitetssikring	Kvalitetssikringsnavn
Revisions nr.	Søren Gabriel
Godkendt af	Preben Boock
Udgivet	02.01.2001

Indholdsfortegnelse

1	Resumé	3
2	Indledning	5
	2.1	Furesø 5
	2.2	Bagsværd Sø 6
3	Resultater.....	7
	3.1	Furesø 7
	3.1.1 Furesøens hovedbassin	8
	3.1.2 Store Kalv	11
	3.2	Bagsværd Sø 11
4	Diskussion.....	14
	4.1	Furesøen 14
	4.2	Bagsværd Sø 15
5	Sammenligning og fremtid udvikling.....	16
	5.1	Furesø – hovedbassinet 16
	5.2	Furesø – Store Kalv 17
	5.3	Bagsværd Sø 19
6	Referencer.....	21
7	Bilag.....	22
	Bilag 1: Kort over Furesø og Bagsværd Sø	
	Bilag 2: Samleskemaer med resultater fra de tre undersøgelser 1990-2000	
	Bilag 3: Furesø – hovedbassin; diagrammer 1990-2000	
	Bilag 4: Furesø – Store Kalv; diagrammer 1990-2000	
	Bilag 5: Bagsværd Sø; diagrammer 1990-2000	

1 Resumé

Sedimentet i Furesø og Bagsværd Sø er blevet undersøgt i henhold til foreskrifterne i Miljøstyrelsens Tekniske Anvisning (1990) samt programbeskrivelsen for NOVA 2003.

Prøvetagningen blev udført medio november 2000. De fraktionerede prøver blev analyseret for følgende parametre: Total-fosfor, total-jern, tørstofindhold samt glødetab.

Der er tidligere foretaget undersøgelser af sedimentet i de to søer i 1990 og 1995, så det har været muligt at vurdere udviklingstendenser i sedimenternes sammensætning over en længere årrække.

Furesø

Undersøgelserne viste, at der var stor forskel på sedimentet i de to delbassiner: Hovedbassinet (den dybe del) og Store Kalv. I hovedbassinet var fosforkoncentrationerne relativt høje (op til 4,2 g/kg TS), og et moderat jernindhold bevirkede, at jern:fosfor-forholdet var lavt (6-16). De lave værdier indikerer, at sedimentets kapacitet til effektivt at binde fosforen ikke er stor. Da bundvandet endvidere er iltfattigt i perioder, er det sandsynligt, at der også fremover vil ske en vis frigivelse af fosfor fra bunden.

En sammenligning med tidligere undersøgelser (1990 og 1995) indikerer, at tørstofindholdet stiger og glødetabet falder i hovedbassinet. Dette tyder på, at omsætningen af organisk materiale i bunden i øjeblikket overstiger tilførslen. På sigt kan det betyde mindre respiration i sedimentet og dermed bedre iltforhold i hypolimnion.

Fosforindholdet i de øvre sedimentlag viser en stigende tendens gennem de seneste 10 år. Dette betyder enten at en større mængde tilføres, eller at bindingsevne i toplaget er blevet bedre som følge af forbedrede iltforhold.

I Store Kalv var fosforindholdet lavt (0,2-1,4 g/kg TS). Glødetabet, der er et mål for tørvægtens andel af organisk stof, var bemærkelsesværdig høj (op til 87%). Sedimentet bestod hovedsageligt af svært nedbrydeligt plantemateriale (tørv), hvilket forklarer det lave indhold af fosfor og jern.

Bagsværd Sø

Sedimentet i Bagsværd Sø var generelt meget vandholdigt. Glødetabet var moderat (ca. 30%), sammenlignet med andre danske søer. Dog var middelværdierne noget større (ca. 40%), hvis én af stationerne, der var meget sandet, blev udeladt af datasættet.

Fosforkoncentrationerne var moderate, og jern:fosfor-forholdet lå mellem 12 og 30. Så længe forholdene i/ved bunden er iltede, forventes frigivelsen af jernbundet fosfor fra sedimentet ikke at blive et stort problem.

En sammenligning med tidligere undersøgelser tilbage til 1990 tyder på, at mængden af organisk stof (glødetabet) er tiltagende. Dette vil med tiden resultere i, at søen

gradvist fyldes op med vandholdigt slam. Endvidere kan frigivelse af fosfor ved mineralisering af organisk stof bidrage væsentligt til den interne belastning.

2 Indledning

NOVA 2003-programmet for søer, der gælder i alt 27 ferskvandssøer og 4 brakvandssøer, foreskriver, at sedimentet undersøges én gang i perioden 1998-2003 i alle de udvalgte søer.

Sedimentets sammensætning undersøges vertikalt, idet uforstyrrede søjler fraktioneres med følgende inddelinger: 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-50 cm og 50-70 cm. Hver af fraktionerne analyseres for indhold af tørstof, glødetab, total-fosfor og total-jern (Miljøstyrelsen 1990).

Undersøgelserprogrammet muliggør også en vurdering af horisontale forskelle, idet prøvetagningen foretages på tre forskellige stationer i hver af NOVA-søerne. I Furesøen er der dog i alt 6 stationer, idet den åbne del (hovedbassinet) og den lavvandede del (Store Kalv) hver har tre stationer.

På hver prøvetagningsstation udtages tre sedimentsøjler med Kajak-rør. De samme fraktioner fra hver af de tre søjler puljes, således at der sammenlagt bliver maksimalt 7 prøver pr. station.

Sedimentets sammensætning er potentielt set af stor betydning for søens tilstand. Mineraliseringsprocesser forbruger ilt og andre reducerbare forbindelser, og en række salte, hvoraf fosfor ofte er det vigtigste, frigives til vandet, hvor det kan optages af fytoplankton. Sedimentets indhold af organisk stof samt jern- og fosforpulje er derfor vigtige parametre, når det skal vurderes, i hvilket omfang forhold som intern belastning spiller nogen rolle for en given søs tilstand (bl.a. Jensen & Andersen 1990).

Ofte er sedimentets indhold af forskellige stoffer, herunder fosfor og organiske forbindelser, i høj grad påvirket af en langvarig ekstern belastning med spildevand fra husholdning og industri.

2.1 Furesø

Furesøen ligger som en del af Mølleå-systemet. Med et areal på over 9 km² er den Danmarks 4. største sø, og en maksimaldybde på ca. 37 m gør den samtidig til den dybeste (Københavns Amt & Frederiksborg Amt 1995).

I løbet af det 20. århundrede er søen blevet belastet med store mængder fosforholdigt spildevand, både direkte via udledninger fra rensningsanlæg og indirekte via tilløb fra andre søer (bl.a. Søllerød Sø og Vejlesø). Denne ydre påvirkning er stort set under kontrol i dag, så den interne belastning fra sedimentet har stor betydning for søens vandkvalitet.

2.2 **Bagsværd Sø**

Bagsværd Sø er ligeledes beliggende i Mølleå-systemet. Søens overfladeareal er 1,21 km², og gennemsnits- og maksimumsdybden er hhv. 1,9 m og 3,2 m (Københavns Amt & Frederiksborg Amt 1995). Opholdstiden er meget lang for en lavvandet sø, ca. 3 år, hvilket bl.a. skyldes vandindvinding i oplandet, som endvidere er meget lille.

Søen har modtaget spildevand gennem det meste af 1900-tallet.

3 Resultater

Resultatafsnittet indeholder data fra sedimentundersøgelserne i 2000 i Københavns Amts to NOVA-søer, Furesø (afsnit 3.1) og Bagsværd Sø (afsnit 3.2).

I Bilag 2 findes samleskemaer, med analyseresultater fra undersøgelserne i 1990, 1995 og 2000.

3.1 Furesø

Resultaterne fra Furesøens i alt seks prøvetagningsstationer (Zoo 1 – Zoo 6) er vist i Tabel 1. Stationerne Zoo1 – Zoo 3 er beliggende i søens åbne del (hovedbassinet), med vanddybder på 23-26 m. Stationerne Zoo 4 – Zoo 6 er beliggende i søens nordøstlige del, kaldet Store Kalv. Vanddybderne på prøvetagningslokaliteterne i Store Kalv var mellem 2 og 3 m. Placeringen af de seks stationer i Furesøen er vist på Kort 1 (Bilag 1).

Tabel 1. Resultater fra sedimentanalyserne af fraktionerede, puljede prøver fra seks forskellige stationer i Furesøen, november 2000. Fe:P angiver jern/fosforforholdet, beregnet ud fra totalpuljer.

		Tørvægt (TS) g/kg	Glødetab g/kg TS	Total-fosfor mg/kg TS	Total-jern g/kg TS	Fe:P
Zoo 1 - hovedbassin	0- 2 cm	72	213	2900	17	6
	2- 5 cm	96	208	1500	15	10
	5-10 cm	120	200	2400	17	7
	10-20 cm	142	198	1300	18	14
	20-30 cm	174	181	1900	18	9
	30-50 cm	212	134	730	19	26
Zoo 2 - hovedbassin	0- 2 cm	79	197	3500	18	5
	2- 5 cm	107	180	2500	17	7
	5-10 cm	128	180	1700	18	11
	10-20 cm	163	170	1900	19	10
	20-30 cm	225	130	2900	18	6
	30-50 cm	243	130	810	24	30
Zoo 3 - hovedbassin	0- 2 cm	194	120	4200	35	8
	2- 5 cm	158	140	3800	33	9
	5-10 cm	231	110	2900	33	11
	10-20 cm	347	87	1200	30	25
	20-30 cm	320	85	1100	22	20
	30-50 cm	362	65	920	14	15
Zoo 4 - Store Kalv	0- 2 cm	171	310	790	4	5
	2- 5 cm	93	790	760	8	10
	5-10 cm	110	740	810	7	8
	10-20 cm	130	870	740	7	10
	20-30 cm	156	850	780	10	12
	30-50 cm	134	730	540	11	20
Zoo 5 - Store Kalv	0- 2 cm	97	540	730	7	10
	2- 5 cm	84	820	470	8	18
	5-10 cm	86	850	450	8	17
	10-20 cm	107	860	350	11	31
	20-30 cm	111	840	550	8	15
Zoo 6 - Store Kalv	0- 2 cm	120	190	1400	9	6
	2- 5 cm	209	100	740	5	7
	5-10 cm	312	75	230	4	15
	10-20 cm	308	74	190	4	18
	20-30 cm	309	92	230	4	17
	30-50 cm	265	150	180	6	31

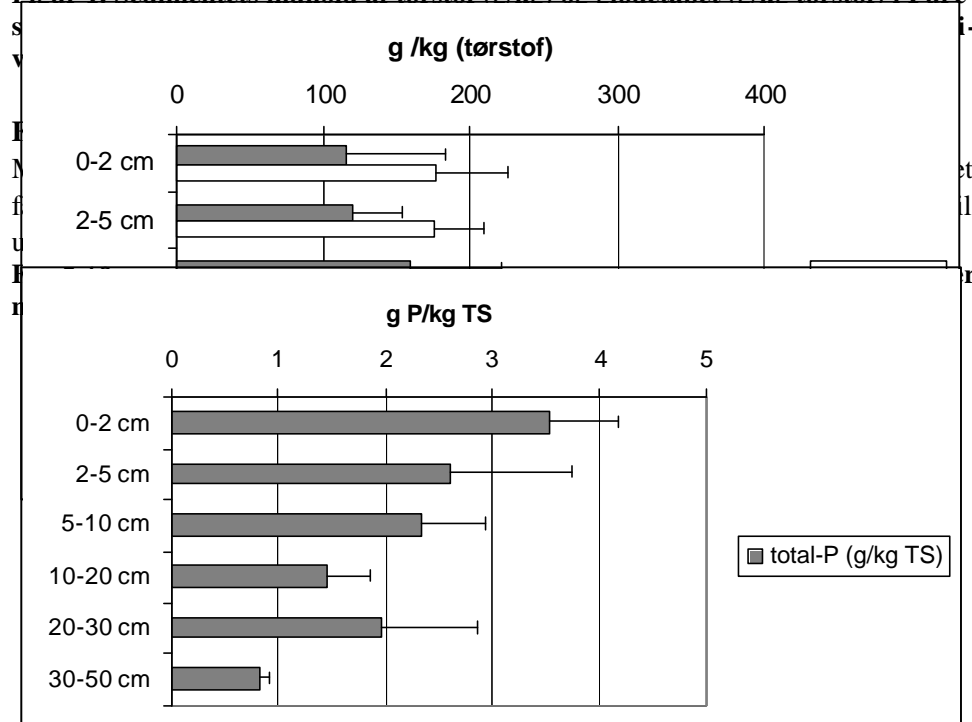
3.1.1 Furesøens hovedbassin

De første tre stationer i Tabel 1 viser resultaterne fra hovedbassinet. Sedimentets tørstofindhold er mellem 72 og 362 g/kg vådvægt, og glødetabet er mellem 7 og 21 % af tørvægten. Fosfor-og jernindholdet varierer mellem hhv. 0,7-4,2 g P/kg TS og 14-35 g Fe/kg TS. Jern:fosfor-forholdet er lavt (<15) i alle prøver i intervallet 0-30 cm.

Tørstof og glødetab

Figur 1 viser middelværdierne for tørvægt og glødetab i de forskellige fraktioner fra stationerne i hovedbassinet. Det ses, at tørvægten stiger med dybden, mens glødetabet, der er et mål for mængden af organisk stof, aftager med stigende sedimentdybde. Standardafvigelserne på resultaterne er relativt store (op til ca. 50% på tørvægten), hvilket indikerer forskelle mellem de forskellige prøvetagningssteder.

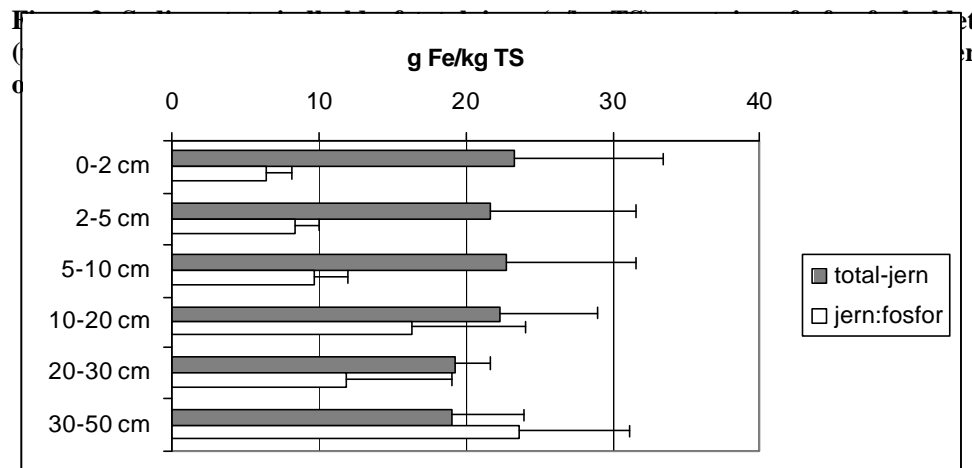
Figur 1. Sedimentets indhold af tørstof (g/kg) og glødetab (g/kg tørstof) i Fure-



Jernindhold og jern:fosfor-forhold

Figur 3 viser indholdet af total-jern (g Fe/kg) samt jern:fosfor-forholdet i hovedbasinets sediment. Indholdet af jern varierer ikke meget med dybden, og middelværdierne ligger alle over 19 g/kg TS. Der er dog en vis variation mellem lokaliteterne.

Jern:fosfor-forholdet er lavest (ca. 6) i dybden 0-2 cm, og stiger gradvist med stigende sedimentdybde. I fraktionen 30-50 cm er tallet således 24. Der er stedvise variationer i forholdstallet, hvilket resulterer i forholdsvis store afvigelser.



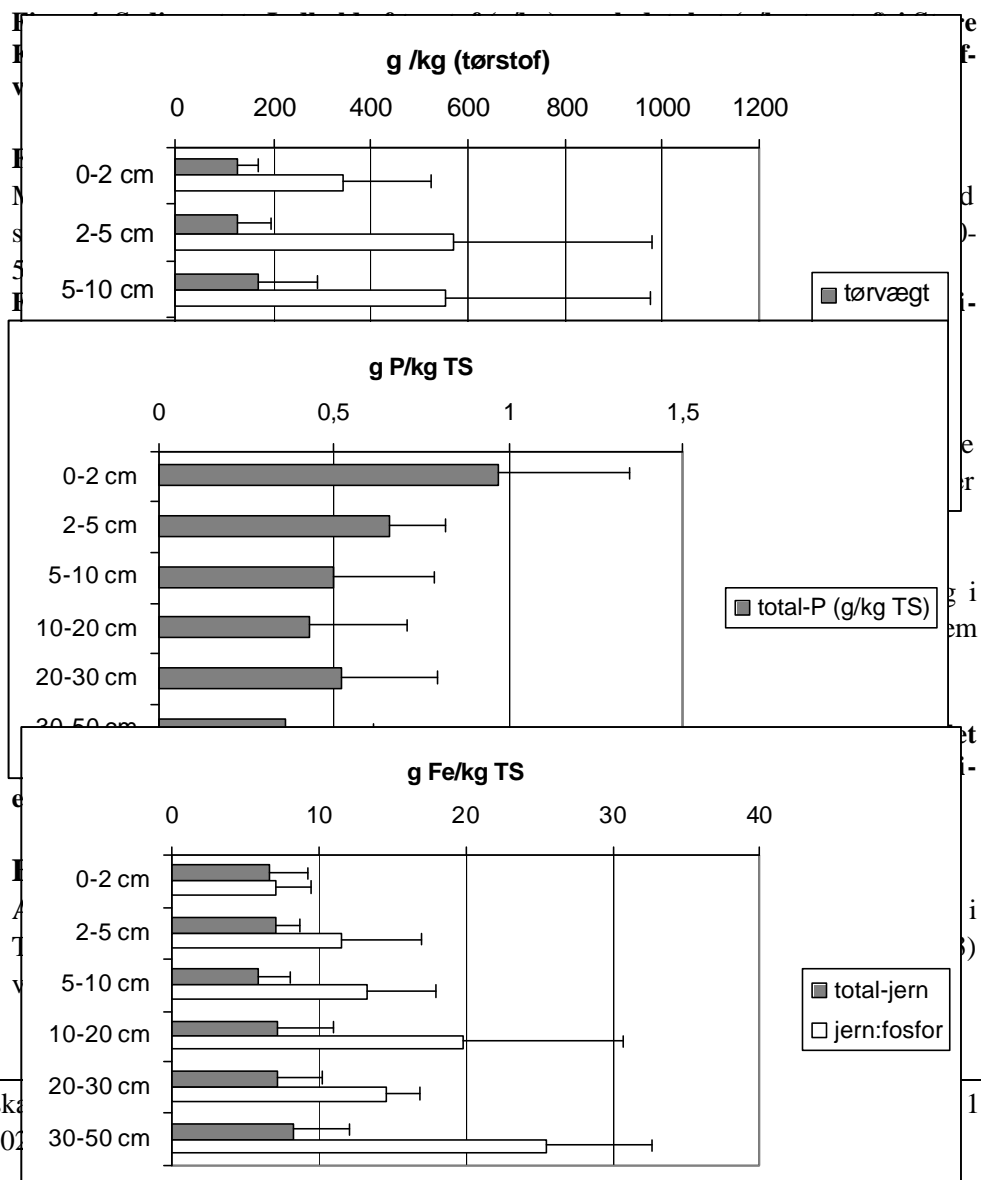
3.1.2 Store Kalv

Sedimentkarakteristika for Store Kalv adskiller sig på flere punkter fra værdierne for hovedbassinet. Tørvægten er mellem 84 og 312 g/kg vådvægt, mens glødetabet varierer fra 7 og helt op til 87% af tørvægten. I modsætning hertil er både fosforindholdet (0,2-1,4 g/kg TS) og jernindholdet (4-11 g/kg TS) relativt lave, sammenlignet med andre eutrofe søer. Jern:fosfor-forholdet er meget varierende (5-31) mellem de enkelte prøver.

Tørstof og glødetab

Figur 4 viser middelværdierne for tørstof (g/kg vådvægt) og glødetab (g/kg tørstof) i de forskellige dybdefraktioner. Tørvægten er svagt stigende med dybden. Især er der en forskel på intervallerne 0-5 cm og 5-50 cm.

Glødetabet er lavest i de øverste 2 cm af sedimentsøjlen (< 400g/kg TS) samt ved dybder over 30 cm. I det mellemliggende interval er der fundet meget høje middelværdier (ca. 600 g/kg TS), svarende til omkring 60% af tørvægten (enkeltmålinger helt op til 87%). For glødetab gælder, at der er store variationer mellem de forskellige stationer, med standardafvigelser på mere end 400 g/kg TS.



3.2

Tabel 2. Resultater fra sedimentanalyserne af fraktionerede, puljede prøver fra tre forskellige stationer i Bagsværd Sø, november 2000. Fe:P angiver jern/fosforforholdet, beregnet ud fra totalpuljer.

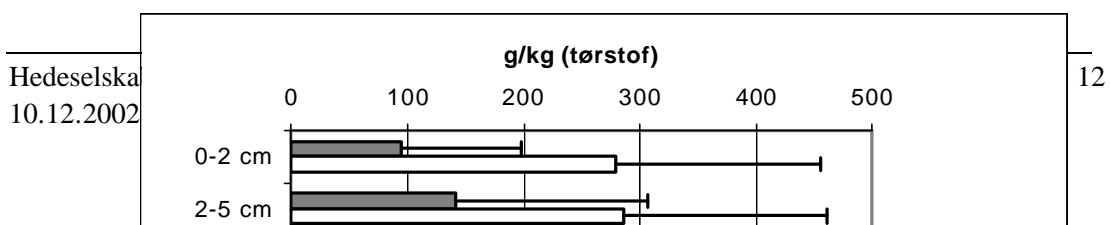
		Tørvægt g/kg	Glødetab g/kg TS	Total-fosfor mg/kg TS	Total-jern g/kg TS	Fe:P
Zoo 1	0- 2 cm	214	80	300	3	11
	2- 5 cm	332	84	260	3	12
	5-10 cm	377	100	210	3	16
	10-20 cm	274	136	280	6	21
	20-30 cm	220	218	220	6	28
	30-50 cm	407	72	120	3	28
Zoo 2	0- 2 cm	28	415	1500	19	13
	2- 5 cm	43	397	1200	18	15
	5-10 cm	52	377	1000	17	17
	10-20 cm	68	391	1400	19	14
	20-30 cm	82	354	1100	19	17
	30-50 cm	84	389	780	21	27
Zoo 3	0- 2 cm	42	344	1600	19	12
	2- 5 cm	50	376	790	18	23
	5-10 cm	59	373	1200	19	16
	10-20 cm	74	357	1100	21	19
	20-30 cm	71	359	1000	21	21
	30-50 cm	83	330	560	20	36

Sedimentets tørstofindhold i samtlige analyserede fraktioner var mellem 28 og 407 g/kg vådvægt, og glødetabet mellem 7 og 42 % af tørvægten. Fosforindholdet varierede mellem 0,12 og 1,6 g TP/kg TS, og jernkoncentrationerne lå i intervallet 3-21 g Fe/kg TS. Jern:fosfor-forholdet varierede fra 11 til 36 i de forskellige fraktioner på de tre undersøgte lokaliteter.

Tørstof og glødetab

Figur 7 viser middelværdierne for tørvægt og glødetab i de forskellige fraktioner. Det ses, at tørvægten er lavest i det øverste sedimentlag (0-2 cm), hvor værdien er 95 g/kg. Efterfølgende fluktuerer tørstofindholdet i de dybereliggende lag, og den dybeste fraktion har den højeste værdi (191 g/kg). Glødetabet følger ikke en entydig udvikling ned gennem sedimentsøjlen, og middelværdierne ligger omkring 30 % af tørvægten. Standardafvigelse er meget store for begge parametre. Zoo 1-stationen adskiller sig markant fra de to andre prøvetagningssteder, hvilket er årsagen til den store usikkerhed på tallene.

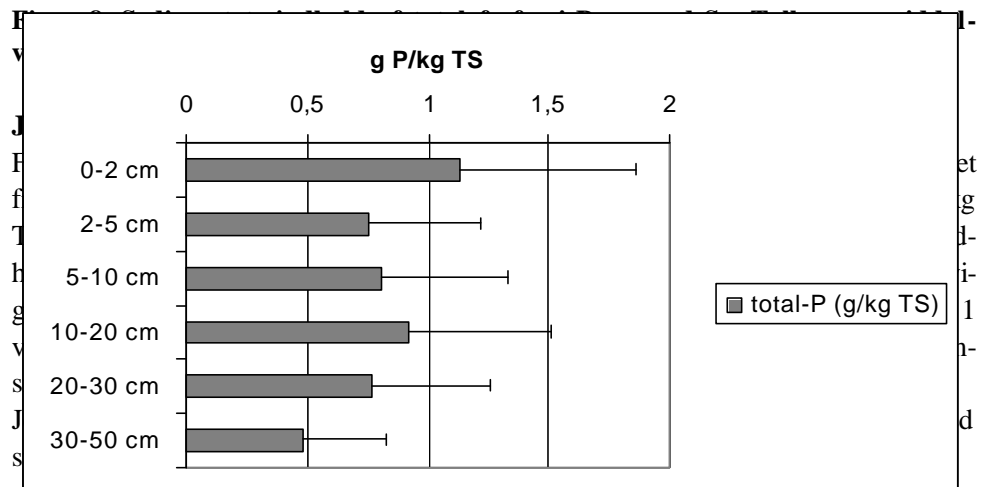
Ser man isoleret på stationerne Zoo 2 og Zoo 3, er udviklingen i tørvægt anderledes. Gennemsnitstallene er meget lavere (35-83 g/kg), og indholdet stiger med dybden. Glødetabet, regnet som fraktion af tørstoffet, er højt (36-39%), og meget ensartet ned gennem sedimentsøjlen.



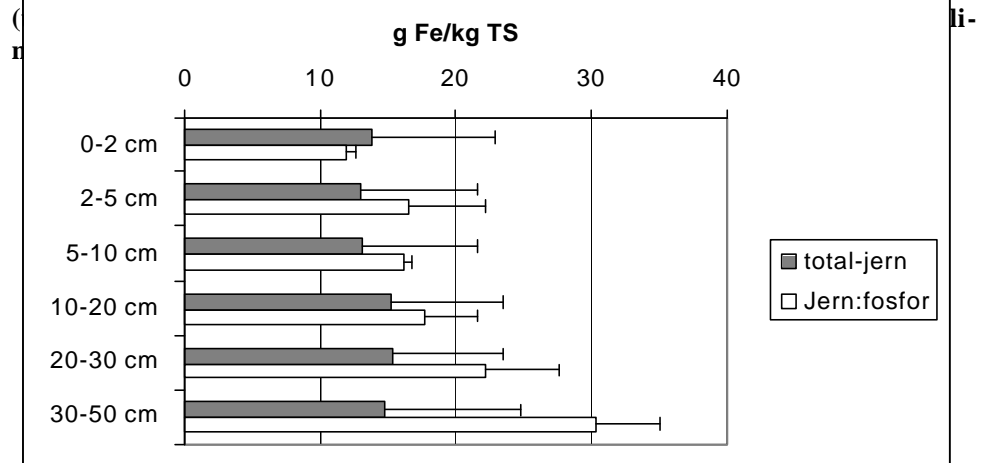
Figur 7. Sedimentets indhold af tørstof (g/kg) og glødetabet (g/kg tørstof) i Bagsværd Sø. Tallene er middelværdier (tre stationer) og fejllinierne angiver standardafvigelse.

Fosforindhold

Middelværdierne for fosforindholdet er vist i Figur 8. Det ses, at fosforindholdet er højest i de øverste cm af sedimentet, og gennemsnitsværdien for den nederste fraktion (30-50 cm) er den laveste (0,5 g/kg TS). Fosforindholdet er lavt til moderat, og der er stor forskel mellem stationerne. Især Zoo 1 afviger fra de to andre, med meget lave værdier (se Tabel 2).



Figur 9. Sedimentets indhold af total-jern (g/kg TS) samt jern-fosfor forholdet (g Fe/g P) i sedimentet i Bagsværd Sø. Tallene er middelværdier (tre stationer) og fejllinierne angiver standardafvigelse.



4 Diskussion

Diskussionsafsnittet er delt op i to kapitler: Kapitel 4 indeholder en generel vurdering af resultaterne fra dette års undersøgelser, og kapitel 5 indbefatter en sammenligning med de tidligere undersøgelser i 1990 og 1995, herunder en vurdering af eventuelle udviklingstendenser.

4.1 Furesøen

Sedimentforholdene i Furesøen er meget diverse. Der er således stor forskel på hovedbassinet, med stejle skrånninger og store dybder, og det lavvandede bassin Store Kalv i det nordøstlige hjørne.

Udviklingen i tørvægt og glødetab følger det klassiske mønster i hovedbassinet: stigende tørstofindhold med sedimentdybden, mens fraktionen af organisk materiale er aftagende. Værdierne for de to parametre er indenfor hvad man normalt finder i danske søer (Kristensen et al. 1990).

I modsætning hertil er der ingen entydig tendens for sedimentet i Store Kalv. Her er glødetabet lavest i de øverste cm, og indholdet af organisk stof er meget højt. I data fra 155 søer var middel- hhv. medianværdien for glødetab 30 og 27 % af tørvægten i de øverste 5 cm (Kristensen 1990), hvor to ud af tre stationer (Zoo 4 og 5) i Store Kalv havde værdier fra 31 til 82% i intervallet 0-5 cm. De forholdsvis ensartede og meget høje glødetab skyldes, at sedimentet hovedsageligt bestod af tørv.

Fosforindholdet faldt ned gennem sedimentet i både hovedbassinet og i Store Kalv. Fosforindholdet i hovedbassinet varierede mellem 1,5 og 4,2 g i sedimentets øverste 10 cm. Værdierne er relativt høje, sammenlignet med en række andre danske søer (Kristensen et al. 1988).

De højeste værdier i de øverste sedimentlag skyldes, at mængden af nysedimenteret – og derfor kun delvist nedbrudt – organisk materiale er højest i denne del af sedimentsøjlen. Desuden er redox-forholdene ofte bedre i de øvre cm af sedimentet, og bindingen mellem jern og fosfor er derfor stærkere.

Fosforniveauet i Store Kalv afviger markant fra hovedbassinet. De fundne koncentrationer (0,5-1,4 g P/kg TS i de øverste 5 cm) placerer – isoleret set – Store Kalv blandt den tredjedel af 166 undersøgte søer, der har de laveste koncentrationer (Kristensen et al. 1990). Det lave fosforindhold, især sammenlignet med hovedbassinet, skyldes, at den store organiske pulje i sedimentet hovedsageligt består af svært nedbrydelige strukturstoffer, der kun indeholder meget ringe mængder af blandt andet fosfor. Desuden er jernindholdet lavt i Store Kalv, og der er vist en klar sammenhæng mellem høje fosforkoncentrationer og et stort jernindhold. Jernrige sedimenter er i stand til at akkumulere større mængder fosfor end jernfattige (Kristensen et al. 1990).

Jern:fosfor-forholdene i Furesøens sediment varierer fra lokalitet til lokalitet, men ratioen er generelt lavest i sedimentets øvre fraktioner, og stiger derefter gradvist med dybden. En del af forklaringen på dette er, at jernindholdet er forholdsvist konstant i hele sedimentsøjlen, mens fosforindholdet er størst i sedimentets yngre (øverste) lag.

Da jern:fosfor-forholdet i hovedbassinet er ret lavt i de øverste 10-30 cm af sedimentet (middelværdier fra 6-12), må det forventes, at der sker – og fremover vil ske – en fosforfrigivelse fra sedimentet, i perioder med lave iltkoncentrationer i sedimentet og hypolimnion. Perioder med lagdeling af vandsøjlen og/eller høje temperaturer resulterer i sådanne forhold, da den organiske stofpulje i sedimentet er relativt stor (se afsnit 3.1) og kan forbruge en stor mængde ilt.

4.2 Bagsværd Sø

Sedimentets sammensætning i Bagsværd Sø varierede meget mellem stationerne. Navnlig Zoo 1 adskilte sig fra de to andre, idet sedimentet her indeholdt en del uorganisk materiale (sand), hvilket influerede på værdierne af de undersøgte parametre.

Tørstofindholdet varierede noget ned gennem sedimentlaget, og det typiske billede med jævnt stigende værdier med stigende dybde blev ikke observeret. Glødetabet udgjorde omkring 30% af tørvægten, hvilket svarer til middelværdien for 155 danske søer (Kristensen et al. 1990).

Ser man derimod udelukkende på glødetabet fra Zoo 2 og Zoo 3, ligger værdierne noget højere (33-42%, Tabel 2), og sedimentet fra disse stationer kan dermed regnes blandt de mest rige på organisk stof (Kristensen et al. 1990). Desuden følger profilet det gængse billede, med gradvist faldende indhold af organisk stof med stigende sedimentdybde.

Fosforindholdet var relativt lavt på alle stationer. Lave værdier er forventelige på Zoo 1-stationen, da sedimentet var sandet og indholdet af organisk stof var lavt. Koncentrationerne er i samme størrelsesorden som i Store Kalv (se afsnit 3.1), men forklaringen var en anden, da Store Kalv-sedimentet havde stort indhold af organisk stof, hovedsageligt bestående af tørv.

Indholdet af total-jern var konstant med dybden, hvilket modsvarer forholdene i både Furesøen (se ovenfor) samt Søllerød og Vejlesø (se særskilt rapport for disse). Værdierne var moderate til lave, hvilket i høj grad skyldes det ekstremt lave jernindhold på Zoo 1-stationen (3-6 g/kg), som hører til blandt de mest jernfattige, sammenlignet med indholdet i et stort antal andre danske søer (Kristensen et al. 1990; Kristensen et al. 1988).

Jern:fosfor-forholdet var, til trods for de forholdsvis beskedne jernforekomster, i størrelsesordenen 12-30 (middelværdier), hvilket var højere end i Furesøen. Analyser har vist, at ved jern:fosfor-forhold over 16 har sedimentet en god fosforbindingsevne, og frigivelsen vil være lavere end fra sedimenter med et tilsvarende fosforindhold men med lavere jern:fosfor-forhold (Kristensen et al. 1988).

5 Sammenligning og fremtid udvikling

I 1990 og 1995 blev der foretaget undersøgelser af sedimentet i Furesø og Bagsværd Sø. Ved disse lejligheder blev der bl.a. udført analyser af de samme parametre, som indgår i programmet for NOVA 2003. Det er derfor muligt at sammenligne dette års resultater med disse tidligere undersøgelser, og derved vurdere, om der er sket ændringer i en eller flere enkeltparametre.

Samtlige resultater fra de tre undersøgelser er samlet i Bilag 2. Dog er kun data for de fire parametre i NOVA-programmet medtaget (tørvægt, glødetab, total-fosfor og total-jern), idet det kun er disse der udgør en tidsserie. Resultaterne fra 1990 og 1995 stammer fra Københavns Amts udgivelser vedrørende overvågning af søer (1991 og 1995).

5.1 Furesø – hovedbassinet

Diagrammer, der viser resultaterne fra de tre sedimentundersøgelser i Furesøens hovedbassin, findes i Bilag 3.

Tørstof og glødetab

Sedimentets tørvægt ændrede sig ikke markant fra 1990 til 1995. Dog faldt tørstofindholdet i perioden i fem ud af syv fraktioner. Fra 1995 til 2000 er der en tendens til et svagt stigende indhold af tørstof i hele sedimentsøjlen, men i de fleste tilfælde er ændringerne kun nogle få procent.

Glødetabet steg i perioden 1990-1995. Efterfølgende er glødetabet faldet, så værdierne i sedimentets øverste 5 cm er lavere end i 1990. I de resterende fraktioner er glødetabet lavere end i 1995, men højere end i 1990.

Fosfor og jern

Fosforindholdet viste ingen entydig udvikling i perioden 1990-1995. I de øverste 10 cm var der dog tendens til faldende værdier i perioden, mens forskellen var mindre på dybder >10 cm.

Fra 1995 til 2000 er fosforindholdet steget i alle sedimentlag, både relativt (pr. kg TS) og som samlet mængde, idet tørvægten er en smule højere i 2000 (se ovenfor). Stigningen er især markant i de øverste 10 cm, hvor fraktionerne indeholder 20-90% mere fosfor i dag end i 1995.

Sedimentets jernindhold steg en smule fra 1990 til 1995. Fra 1995 til 2000 er jernindholdet faldet på sedimentdybder >5 cm. I intervallet 0-5 cm er der sket en beskedne stigning.

I perioden 1990-1995 steg jern:fosfor-forholdet markant i de øveste 20 cm af sedimentsøjlen. Dybere nede i sedimentet var der meget høje forholdstal (>34) både i 1990 og 1995. Jern:fosfor-ratioerne var i 2000 faldet til lavere værdier end både 1995 og 1990. De lave værdier i 2000 (6-16 i 0-30 cm) kan først og fremmest forklares med det stigende fosforindhold.

Tendenser og fremtidige udviklingsperspektiver

Der er en tendens til at omsætningen af organisk stof (glødetabet) i øjeblikket overstiger tilførslen til sedimentet. Dette indikeres både af faldende glødetab og stigende tørstofindhold. Denne udvikling kan forventes at ville fortsætte fremover, såfremt fytoplanktonproduktionen holder sig på det nuværende niveau eller falder. En kritisk faktor for omsætningsprocesserne i sedimentet er de lave iltkoncentrationer, der findes i hypolimnion i sommerperioden.

Den observerede stigning i fosforindholdet i sedimentets øverste lag (0-10 cm) kan resultere i fortsat frigivelse af fosfor til hypolimnion ved lave iltkoncentrationer. Dette perspektiv forstærkes af, at fosforbindingskapaciteten er blevet mindre.

Den observerede stigning i total-fosfor kan imidlertid også delvis skyldes, at mindre fosfor er blevet frigivet fra de øvre sedimentlag de seneste 5 år. Hvis iltforholdene er blevet bedre ved sedimentoverfladen vil fosfor, der frigives til porevandet i det dybereliggende sediment, kunne opfanges i det øvre sediment, såfremt der er virksomme fosforbindere (Ca^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) tilstede i tilstrækkelige mængder.

5.2 Furesø – Store Kalv

Diagrammer, der viser resultaterne fra de tre sedimentundersøgelser Store Kalv, findes i Bilag 4.

Tørstof og glødetab

Sedimentets tørvægt faldt igennem perioden 1990-2000. Således var middelværdierne fra 2000-undersøgelsen i nogle lag faldet til ca. halvdelen af 1990-niveauet.

Udviklingen i glødetabet var den modsatte af tørvægten: fra 1990 til i dag er der sket en meget stor stigning i mængden af organisk stof. Værdierne er således 2-6 gange større i 2000 end 10 år tidligere.

Den store glødetabsfraktion (middelværdi på op til 60% af tørvægten) forklarer det observerede fald i tørvægt, idet vandbindingskapaciteten er langt større i tørv end i f.eks. silt og sand. Forklaringen på, hvorfor glødetabet er steget så markant kan være, at sedimentationen/tilførslen af fint materiale fra opstrøms liggende søer (Søllerød og Vejlesø) er faldet, og aflejret materiale er eksporteret til hovedbassinet. Tørvematerialets volumenmæssige andel i sedimentsøjlen er derved øget, og glødetabet er følgelig blevet større.

Fosforindholdet i Store Kalv er generelt meget lavt. Dette kan umiddelbart synes mærkværdigt, idet bassinet modtager direkte tilløb fra Vejlesø, hvor sedimentet er ekstremt fosforholdigt. Forklaringen skal sandsynligvis findes i Furesøens morfometri, idet Store Kalv, som er lavvandet, skrånede svagt ud mod hovedbassinet, som har meget stejle skråninger. Transporten af bundmateriale mellem Store Kalv og

hovedbassinet vil derfor være ensrettet, og materiale, der tilføres Store Kalv vil ultimativt set aflejres på bunden af hovedbassinet.

Fosfor og jern

Fosforindholdet i Store Kalvs sediment (0-20 cm) er faldet i perioden 1995-2000. Det nuværende niveau er sammenligneligt med målingerne fra 1990.

Jernindholdet er – ligesom det gjaldt for fosfor – faldet i tiden mellem de to sidste undersøgelser. Faldet i jern og fosfor skyldes formodentlig, at indholdet er gjort op på basis af tørstofindholdet. Tørstoffet bestod i høj grad af refraktært organisk materiale, der er fattigt på bl.a. jern og fosfor.

Jern:fosfor-forholdet i de øverste 10 cm af sedimentet steg fra 1990 til 1995. I den efterfølgende 5-årsperiode er ratioen dog faldet igen, til samme niveau som i 1990.

I det dybere sediment (10 cm-) har forholdene været mere konstante gennem de sidste 10 år, bortset fra i fraktionen 30-50 cm, hvor jern:fosfor-forholdet er steget fra 15 i 1990 til 25 i 2000.

Tendenser og fremtidige udviklingsperspektiver

Ændringerne i Store Kalvs tørstofindhold og glødetab må nok tilskrives en kombination af ændrede tilførsels/raførselsforhold af materiale fra eksterne kilder samt eventuelt sedimentomlejring. En anden mulighed kan være spatial heterogenitet i sedimentsammensætningen, kombineret med små forskelle i placeringen af prøvetagningsstationer mellem årene. Der er tegn på, at resultaterne fra 1990 og 2000 er mere sammenlignelige, hvilket kan tyde på, at valg af prøvetagningssted er af væsentlig betydning i Store Kalv.

Det faldende jern:fosfor-forhold kan tyde på, at sedimentets evne til at binde fosfor er aftagende. Det lave fosforindhold i Store Kalvs sediment betyder dog, at den potentielle frigivelse er minimal. Desuden vil der næppe dannes permanent springlag i længere tid i det lavvandede bassin, og den (sandsynligvis) beskedne pulje af k-tomsætteligt organisk stof vil næppe resultere i et stort iltforbrug i sedimentet.

5.3 Bagsværd Sø

Diagrammer, der viser resultaterne fra de tre sedimentundersøgelser i Bagsværd Sø, findes i Bilag 5. Det skal bemærkes, at diagrammerne indeholder to søjler for 2000, benævnt hhv. 2000 og 2000K. Sidstnævnte er beregnet *uden* inddragelse af Zoo 1-stationen, idet denne afveg markant fra tidligere års undersøgelser og de to andre stationer i årets undersøgelse.

Tørstof og glødetab

Tørstofindholdet steg generelt i perioden 1990-1995. I den efterfølgende 5-årsperiode er gennemsnitsværdierne steget betragteligt. Stigningen skyldes, at sedimentet var sandet på én af prøvetagningsstationerne i 2000. Hvis denne station udelades fra datasættet (søjlen 2000K), er der sket et fald i tørvægten fra 1995 til 2000.

Situationen er den omvendte for glødetabet. Her sås et fald fra 1990 til 1995, efterfulgt af en stigning i perioden 1995-2000. Stigningen er særlig stor hvis man udelader den sandede station (op til ca. 50% mere end i 1995). De korrigerede 2000-værdier er sammenlignelige med resultaterne fra 1990.

Fosfor og jern

Fosforindholdet var sammenligneligt i 1990 og 1995. Siden 1995 er der sket ændringer i størrelsen af fosforpuljen i Bagsværd Sø. Medtages resultaterne fra den sandfyldte lokalitet (Zoo 1) faldt fosforindholdet, hvorimod en udeladelse af denne station fra datasættet bevirker, at værdierne er på samme niveau som ved de to foregående undersøgelser. I intervallet 0-30 cm er fosforindholdet dog generelt steget fra 1995 til i dag.

Jernindholdet steg i de øverste 10 cm af sedimentsøjlen fra 1990 til 1995. Efterfølgende er indholdet faldet i samme sedimentlag, hvorimod det dybereliggende sediment indeholder samme mængde eller mere jern i 2000 end i 1995.

I perioden 1990-1995 steg jern:fosfor-forholdet i de øverste 10 cm i perioden, og faldt i de dybereliggende lag. Resultaterne fra 2000 viser, at jern:fosfor-forholdet er lavere i sedimentets øverste 20-30 cm end det var ved de to foregående undersøgelser. I det dybde sediment (30 cm-) er jern:fosfor-forholdet dog ca. dobbelt så stort som i 1995, og også klart større end i 1990.

De generelt lavere jern:fosfor-forhold kan forklares med et fald i jernindholdet i de fleste dybder.

Tendenser og fremtidige udviklingsperspektiver

Den lavere (korrigerede) tørvægt og det større glødetab nu end tidligere tyder på, at sedimentets tilførsel af organisk materiale er større end omsætningen. Denne proces fører til, at søen på sigt fyldes op med vandholdigt slam, med mindre sedimentet fjernes eller omsætnings hastigheden øges, så den bliver større end sedimentationsraten.

Faldet i jern:fosfor-forholdet siden 1995 kan medføre, at fosforfrigivelsen fra sedimentet er tiltagende. Værdierne er nede på det niveau (12-19), hvor jerns evne til effektivt at binde fosfor formodes at være aftagende. Den stigende pulje af organisk stof kan endvidere bevirke, at en større mængde fosfor frigives direkte ved mineralisering, og ikke kun fra den uorganiske fosforpulje, der er bundet til jern.

Et problem ved at analysere tidsserier for sedimentparametre fra lavvandede, eksponerede søer som Bagsværd Sø er, at sedimentet omlægges hyppigt. Derved opstår der let stedvise variationer i sammensætningen, og lagdelingen er ikke nødvendigvis intakt. Den manglende homogenitet gør, at enkelte stationer kan afvige meget fra de gængse forhold, og derved påvirke resultaterne uforholdsmæssigt meget. Dette sås f.eks. på Zoo 1-stationen i 2000.

5.4

6 Referencer

Jensen, H.S. & F.Ø. Andersen 1990: Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. C4. Miljøstyrelsen.

Kristensen, P., Jensen, J.P. & E. Jeppesen 1990: Eutrofieringsmodeller for søer. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. C9. Miljøstyrelsen.

Kristensen, P., Jensen, J.P. & E. Jeppesen 1988: Fosforindholdet i sedimentet i danske søer. Årsrapport fra Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1997.

Københavns Amt og Frederiksborg Amt 1995: Vandområdeplan for Mølleåsystemet. Amtscentralens Trykkeri, Københavns Amt.

7 Bilag