

Bundfaunaundersøgelse i Furesøen

2004

- En effektundersøgelse af Furesøprojektet 2002-2004



Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium, april 2005
Konsulenter: Per Gørtz og Mette Retz larsen

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	3
1.1 Formål og baggrund.....	3
2. Lokalitetsbeskrivelse	4
3. Undersøgelsens omfang og metoder	5
4. Resultater	7
4.1 Hovedbassinet.....	7
4.2 St. Kalv.....	14
5. Sammenfatning og konklusion	17
6. Referenceliste	19

1. Introduktion

1.1 Formål og baggrund

I 2003 påbegyndtes Furesøprojektet, der har til formål at restaurere vandmiljøet i Furesøen mod en stabil klarvandet tilstand samt bedre levevilkår for søens dyre- og planteliv. Restaureringen påbegyndtes i maj 2003 og indbefatter iltning af bundvandet i søens profundalzone i sommerhalvåret og en målrettet opfiskning af brasener og skaller, primært i St. Kalv.

I 2004 blev bundvandet iltet i perioden maj - oktober med lagdeling i søen, og opfiskningen foregik gennem det meste af året med bundgarnsfiskeri, medens indsatsen med vadfiskeri i St. Kalv forløb i perioden marts - juni.

Formål

Efter ønske fra Frederiksborg Amt og som led i en vurdering af restaureringseffekten på søens biologi har Fiskeøkologisk Laboratorium undersøgt bundfaunaen i Furesøen den 7. april og den 30. august 2004. Endvidere blev bundfaunaen undersøgt oversigtligt i St. Kalv i sensommeren. Undersøgelsens primære formål var at vurdere udviklingen af dyresamfundet på barbunden i søens profundalzone og i St. Kalv i forhold til restaureringsindgrebene og på baggrund af tilsvarende undersøgelser hhv. i 2003 og forud for restaureringen i 2002 /1,2/. Endvidere blev faunaen belyst i forhold til udviklingen af søens fiskebestand i perioden 2002-2004 /3,4,5/.

Hvor nærværende rapport er af en mere beskrivende karakter, er forhold som bundens beskaffenhed, smådyrenes biologi og økologiske funktion i søen, herunder betydning for fiskebestanden, samt bundfaunaens tæthed, alsidighed, biomasse og produktion i forhold til andre danske søer behandlet mere indgående i /1,2/.

2. Lokalitetsbeskrivelse

Furesøen er beliggende nord for København på grænsen mellem Frederiksborg Amt og Københavns Amt. Søen er med en dybde på 37,7 m Danmarks dybeste sø og er med et overfladeareal på 941 ha den største sø i Mølleå-systemet, hvor den bl.a. modtager vand fra Farum Sø og Vejlesø og afvander via Frederiksdal til Lyngby Sø. Furesøen kan inddeles i to meget forskellige områder. Det dybe hovedbassin med en middeldybde på 16,7 m og en meget heterogen bund med undersøiske stejle skrænter og banker samt et mere lavvandet og homogent bassin, St. Kalv, med en middeldybde på 2,5 m. Hovedbassinet udgør med 739 ha 79 % af søarealet /6/. Da Furesøen indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram og i forbindelse med restaureringen, er søen i de senere år systematisk blevet undersøgt med hensyn til en række vandkemiske og biologiske forhold /6,7,8/.

Iltforhold i profundalen

Som følge af hovedbassinets dybdeforhold temperaturlagdeler søen i sommerhalvåret ”normalt” i 12-15 meters dybde, hvilket også var tilfældet i 2003, men ikke i 2004 hvor springlaget lå i dybden 12-17 m /7,8/. Tidligere medførte lagdelingen en længere periode med stort set iltfrit bundvand i profundalen i perioden juni-medio oktober, men det iltede bundvand har betydet, at iltindholdet i samme periode kun kortvarigt kom under 3 mg/l O₂ i 2003 og under 6 mg/l O₂ i 2004 /7,8/. Iltforholdene ved bunden har således været ekstraordinære gode gennem sommeren 2004.

Referencetilstand og udvikling

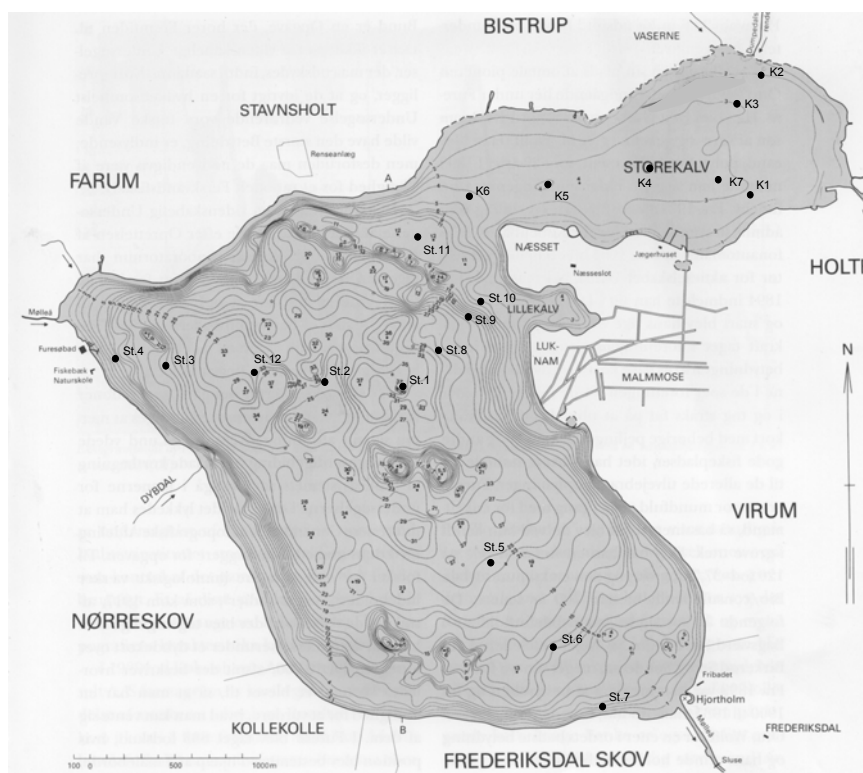
I sin referencetilstand kan Furesøen karakteriseres som en klarvandet, naturlig næringsrig sø med en overordentlig alsidig og veludviklet fauna og flora /9/. I perioden fra 1920-erne til 1980-erne medførte en menneskeskabt eutrofiering en kraftig forværring af miljøet og tilbagegang af de biologiske forhold /6,10,11/. Særligt bundfaunaen i profundalen gik fra et overordentlig divers samfund til en ensidig og noget individfattig fauna alene bestående af robuste arter /1,12/, der kunne klare det ringe iltmiljø i sommerhalvåret og et ændret substrat. Flere undersøgelser har påvist, at Furesøen fortsat rummer en særdeles righoldig fauna andre steder på søens barbund /1,11,12/.

3. Undersøgelsens omfang og metoder

Felt

Undersøgelsens stationering fulgte undersøgelsen i 2002 og 2003 /1,2/ og er tilrettelagt efter Furesøens naturlige opdeling i det dybe hovedbassin og i St. Kalv. Stationerne er udvalgt ved brug af søens hypsograf, således at alle dybdeintervaller (dybere end 2 m) i de to områder blev undersøgt i et omfang svarende til deres andel af søterritoriet. I det fulde program er indeholdt i alt 11 stationer i hovedbassinet og syv stationer i St. Kalv (figur 1). Nærværende undersøgelse indbefattede syv stationer i hovedbassinet's profundalzone (dybde > 17 m) og tre stationer i St. Kalv vist i figur 1.

Prøvetagningen fandt sted den 7. april og den 30. august 2004. I hovedbassinet blev der både forår og sensommer indsamlet fem prøver på hver af stationerne; 1, 2, 3, 5, 8, 9 og 12. I St. Kalv indbefattede prøvetagningen fem prøver i sensommeren på hver station; K1, K3 og K4. Prøvetagningen foregik med en kajakbundhenter med et areal på 21 cm², og faunaen blev konserveret i felten ved en slutkoncentration på 70 % alkohol. Stationerne er fastlagt ved UTM-koordinater.



Figur 1. Kort over Furesøen med placeringen af prøvetagningsstationerne i hovedbassinet og i St. Kalv i 2004 (og ved fuldt program).

Justering af dybde

Pga. problemer med dybdelodningen i profundalen 2002, var det nødvendigt at justere på positioner og dybde i denne undersøgelse, hvorfor et par af stationernes dybdeangivelse divergerer en smule fra tidligere /1,2/. Prøvetagningspunktet vurderes dog som værende stort set det samme ved alle tre undersøgelser. Justeringer fremgår af bilag 1.

<i>Tidspunkt</i>	<p>Prøvetagningen er tilpasset de tidspunkter på året, hvor forekomsten af dansemyg og andre vandinsekter på barbunden skønnes at være størst. Dette er tidligt på foråret forud for vintergenerationens emergens og i sensommeren, hvor sommergenerationen har et optimum forud for denne går på vinger. Hvor vintergenerationen har været underlagt en beskeden fiskeprædation (pga. vandets kølighed), og således kan betragtes som mere eller mindre intakt, giver sommergenerationen vidnesbyrd ikke alene om levevilkårene rundt om på søens barbund, men også om bundfaunaens funktion som fiskeføde, herunder fiskenes prædation. Til forskel for undersøgelsen i 2002, der først blev foretaget medio april, hvor en del af vintergenerationen formodentlig allerede var gået på vinger, og hvor en fiskeprædation var fremskreden, blev nærværende undersøgelse (som i 2003) iværksat tidligere i april (med køligere vand). Forskellen i indsamlingstidspunktet for forårsprøverne indgår i behandlingen af materialet.</p>
<i>Laboratorium</i>	<p>I laboratoriet blev faunaprøverne sigtet gennem en 500 µm sigte, og faunaen blev frasorteret under lup (x2) først i en hvid og dernæst i en sort bakke. Faunaen blev for de fleste dyregrupper bestemt til bedst mulige taksonomiske niveau. Bortset fra udvalgte arter/slægter af dansemyg gik bestemmelsen af tovingede generelt til underfamilie/familie og orme til gruppe, hvilket afveg fra undersøgelsen i 2002, hvor dansemyggene blev bestemt til bedst mulige taksonomiske niveau /1/. Dyrene blev talt op, og længden af hvert enkelt dyr målt til nærmeste 0,5 mm.</p> <p>En faunaliste med angivelse af sedimentets beskaffenhed, prøvetagningsdybde og stationernes geografiske placering fremgår for hovedbassinet af bilag 2 og for St. Kalv i bilag 3.</p>
<i>Længde-vægt relation</i>	<p>Til beregning af faunaens biomasse er længde-vægt relationen for de antalsmæssigt mest betydningsfulde bunddyr blevet bestemt efter:</p> $\text{vægten} = a \cdot \text{længden}^b$ <p>Hvor a og b er tabelværdier /13,14/, og erfaringstal (Lindegaard, <i>pers. komm.</i>).</p>
<i>P/B-forhold</i>	<p>Til brug for bestemmelse af barbundsfaunaens produktion blev bunddyrene inddelt i følgende funktionelle grupper; dansemyg, mitter, glasmyg, orme, ærtemuslinger, andre muslinger, snegle og andre dyr. Produktionen er herefter beregnet ud fra P/B-forhold fra tabelværdier /13,14,15,16/ og erfaringstal (Lindegaard, <i>pers. komm.</i>). P/B-forholdet for en given art kan variere fra år til år afhængigt af fødetilgængelighed, temperatur, iltforhold mm., og der er derfor anvendt middelværdier for hver af de funktionelle grupper. Dog er der for dansemyggen <i>Chironomus plumosus</i> gr. anvendt et lavere P/B-forhold end for de øvrige arter af dansemyg, da <i>C. plumosus</i> gr. generelt er større og vokser langsommere (relativt) end de øvrige, noget mindre dansemyg /14/.</p> <p>Da det ikke har været muligt at fremskaffe brugbare længde-vægt relationer på flere om end mindre betydende dyregrupper, skal tallene for biomasse og produktion betragtes som grove skøn.</p>

4.

Resultater

4.1 Hovedbassinet

Bundens beskaffenhed

Bunden i søens profundalzone ændrer karakter i ca. 25 meters dybde fra et indhold af porøst leret gytje til overvejende sort og meget porøst gytje (tabel 1). Generelt var det ikke muligt rent visuelt at skelne forskelle i substratets beskaffenhed i forhold til undersøgelsen i 2003 /2/. Dog virkede bunden på st. 2 i 24 meters dybde mere fast end tidligere.

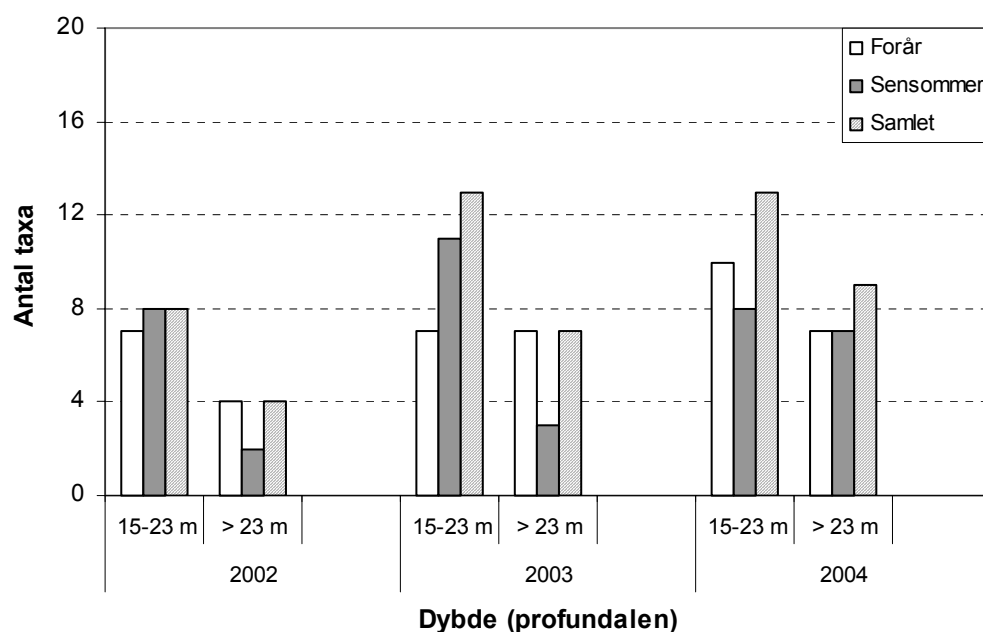
Tabel 1. Bundens beskaffenhed i hovedbassinet's profundalzone.

Dybdezone	Dybde (m)	Station	Substrat (beskrivelse)
Profundalen	17-25	2, 3, 5, 9	Leret gytje, skalrester Skalbanker
	> 25	1, 8, 12	Leret gytje Sort/mørkt gytje

Ganske som i sensommeren 2003 observeredes kun brunfarvede bakteriebelægninger i prøver ophentet på dybden større end 30 m (st. 1 og 12), modsat 25 m i 2002. Dette peger på et generelt bedre iltmiljø på søens dybeste partier end før påbegyndelsen af iltningen.

Artsrigdom

Forud for sammenligningen af artsrigdommen i denne undersøgelse og tilsvarende undersøgelser i 2002 og 2003 blev faunaen afstemt samme bestemmelsesniveau. Figur 2 viser en opgørelse over antallet af identificerede taxa i to dybdezoner i profundalen.

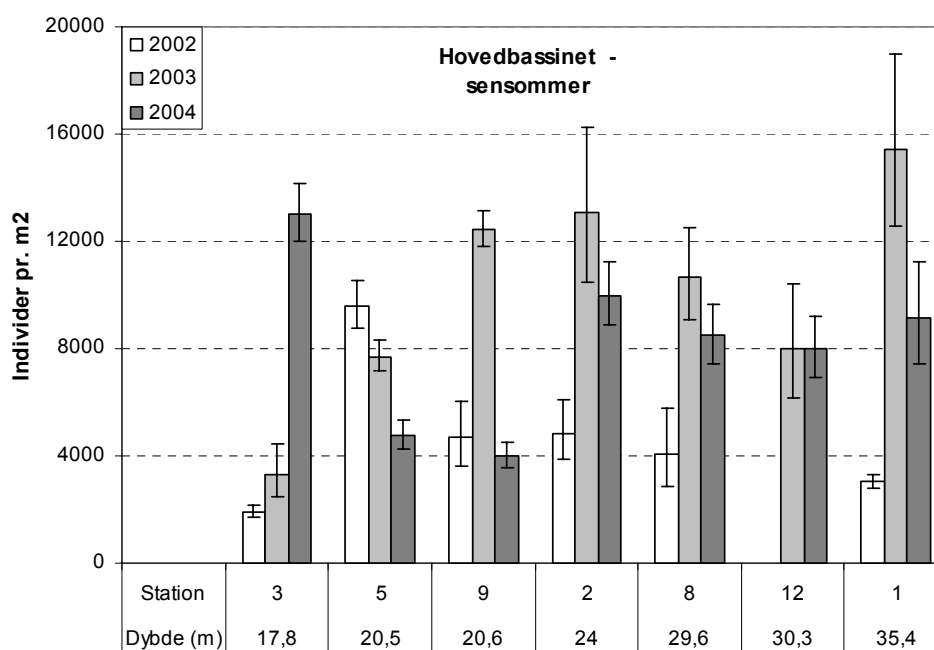
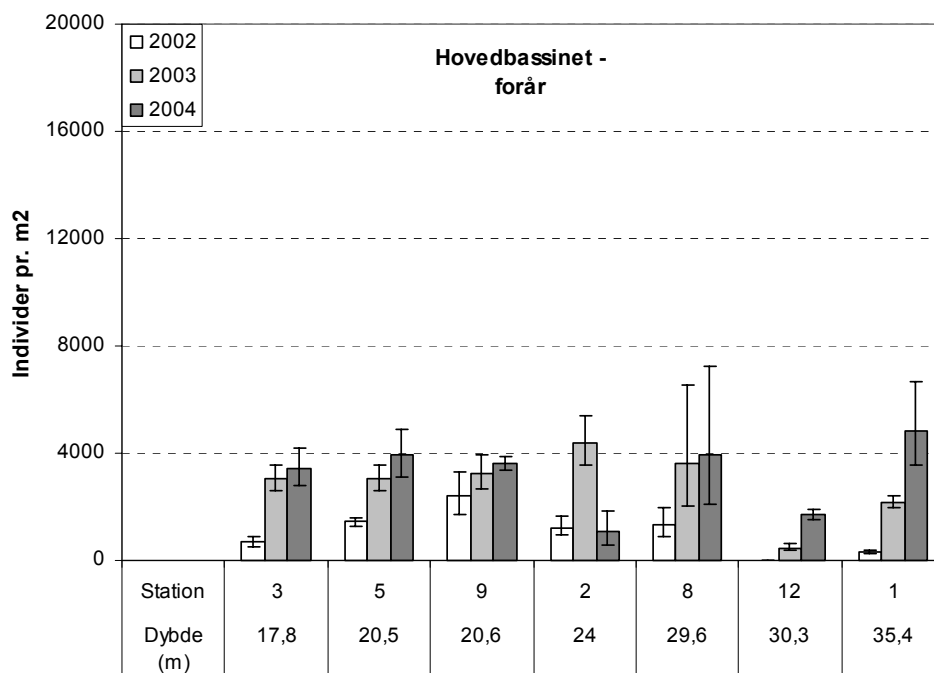


Figur 2. Antal identificerede taxa forår og sensommer i to dybdeintervaller af profundalzone i 2002-2004. I dybden 15-23 m ligger st. 3, 5, og 9. På dybden > 23 m ligger st. 1, 2, 8 og 12.

Dybden 15-23 m I dybden 15-23 m registreredes samlet 13 taxa med hhv. 10 taxa i foråret og 8 taxa i sensommeren. Artsrigdommen var i samme størrelsesorden som i 2003, hvor der dog optrådte lidt flere taxa i sensommeren, hvilket kunne

henføres til enkeltfund af smådyr formentlig ”skyllet” ud på dybt vand fra littoralzonen. Siden 2002 er faunaens alsidighed steget fra 8 taxa til 13 taxa, hvilket tillægges de bedre ilt- og substratforhold fra iltningen af bundvandet over sommeren.

- Dybden > 23 m* I profundalens dybe del (> 23 m) ses en fremgang i sensommeren fra et samfund alene bestående af få robuste arter, såsom dansemyggen *Chironomus anthracinus*, orme og *Cyclops*, til et mere alsidigt samfund tillige med en sporadisk forekomst af dansemyggene; *Procladius* og *Tanytarsus*, samt ærtemuslingen *Pisidium*.
- Dominerende smådyr og dybdezon* Faunaen i dybden 15-23 m er om foråret domineret af orme og dansemyggene; *C. anthracinus*, *Procladius* og *Tanytarsus*. I sensommeren udgjordes faunaen som de tidligere år primært af *C. anthracinus* og orme, men samtidig registreredes en fremgang af dansemyggene; *Procladius* og *Tanytarsus*, arter af ærtemuslingen *Pisidium* og reliktkrebsen *Mysis relicta*, der alle er tilpasset et liv på barbunden, men er mindre tolerante overfor et ringe iltmiljø /17,18/. Særligt på st. 3 i dybden 17,8 m beliggende tæt på den nedre grænse af springlaget var tætheden af disse taxa øget markant siden 2003 og udgjorde hen ved 40 % (vs. 5.000 dyr pr. m²) af faunaen.
- Faunaen i den dybe profundalzone var samlet set lidt mere artsfattig end i den øvre del af profundalen, men med registrering af 7 taxa i sensommeren mere alsidig i forhold til 4 taxa i 2003 og 3 taxa i 2002. Faunaen var fortsat domineret af *C. anthracinus* og orme, men var mere homogent sammensat end i 2003. Særligt sammensætningen af smådyr på st. 12 i 2003 med dominans af orme og *Cyclops* afveg markant fra faunaen andre steder på dybt vand, hvilket ikke var tilfældet i denne undersøgelse. Faunaens mere homogene sammensætning samt udviklingen på st. 12 er særdeles positiv.
- Bunddyrenes tæthed og sammensætning* Figur 3 viser middeltætheden med 95 % C.L. af bunddyr forår og sensommer i 2002, 2003 og 2004, hvor stationerne er ordnet efter dybde. I figur 4 opgøres faunaens middeltæthed og sammensætning på udvalgte grupper af bunddyr.
- Forår* Tætheden af smådyr i profundalen om foråret afspejler de dyr, der som *C. anthracinus* har klareret de barske leveforhold den foregående sommer, har overlevet en kortere hektisk fiskeprædation i efteråret og naturlig dødelighed over vinteren. I Furesøen har det tidligere særligt været sommerens udtynding af *C. anthracinus*, der har afstemt tætheden af dyr det efterfølgende forår /1/.
- Tætheden af bunddyr i dybden 17-30 m (st. 3, 5, 9, 2 og 8) afveg for størstedelen af stationerne ikke signifikant fra tætheden af dyr i 2003. Den signifikant mindre individtæthed på st. 2 i 2004 er umiddelbar vanskelig at forklare, men kan muligvis skyldes problemer under prøvetagningen (påskrevet som note i feltpapirene), hvilket har givet mindre regulære prøver. Forårsindsamlingen i 2002 og 2003 foregik forud for restaureringen, og den generelt ringere tæthed af dyr i 2002 (mellem de to år) skal antageligt henføres til et noget senere prøvetagningstidspunkt, hvor dyrene var i færd med at flyve, og fiskene begyndt at søge føde på bunden /2/.



Figur 3. Den beregnede middeltæthed pr. m^2 på stationerne ordnet efter dybde i profundalzone (hovedbassinet) forår og sensommer 2002-2004. Middeltætheden er angivet med 95 % C.L.. Bemærk de justerede dybder i forhold til tidligere.

I dybden > 30 m (st. 12 og 1) er dyrenes tæthed øget signifikant i forhold til samme tidspunkt i 2003. Der blev ikke indsamlet prøver på st. 12 i 2002, men generelt ringe leveforhold for *C. anthracinus* om sommeren på st. 12 i 2003 og på st. 1 i 2002 afspejles formentlig i den ringe tæthed af dyr det efterfølgende forår (figur 3). På samme vis formodes den øgede tæthed af dyr (fortrinsvis *C. anthracinus*) om foråret i 2004 at være afledt af gradvist bedre leveforhold skabt ved iltningen over sommeren gennem to år.

Sensommer

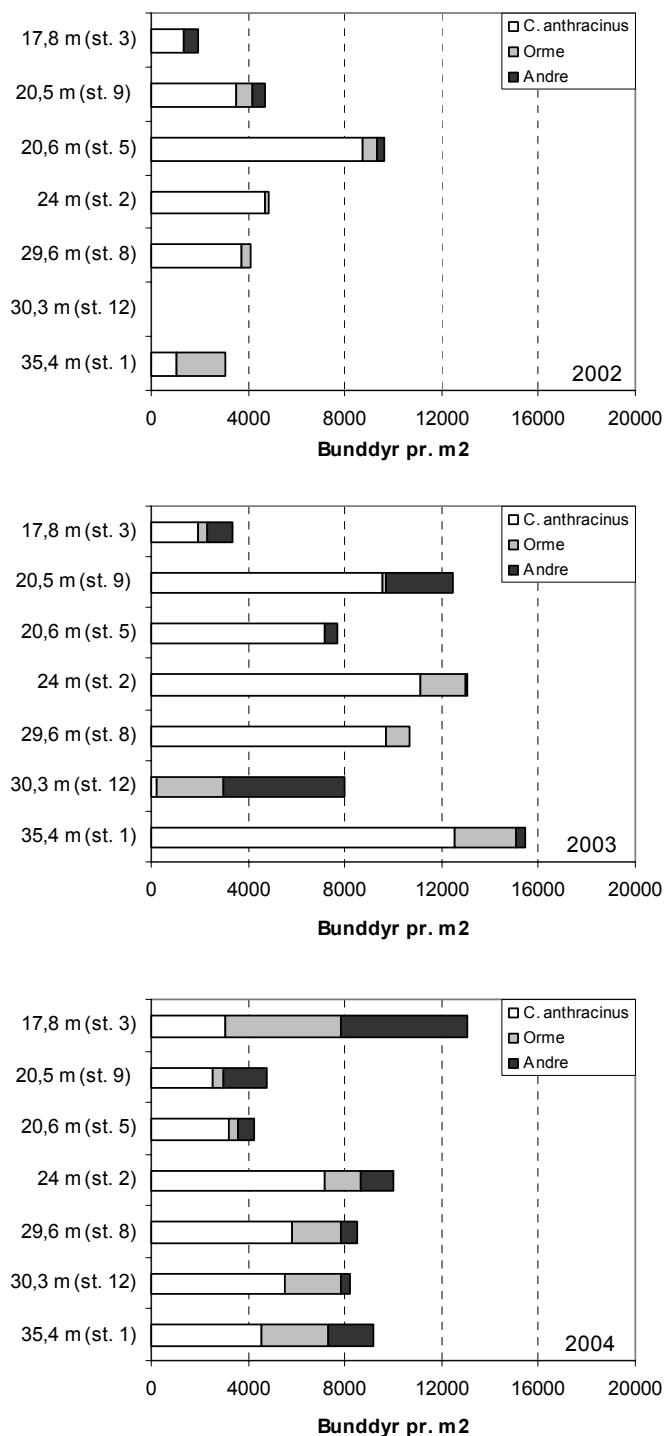
Ligesom i 2002 og 2003 rummede profundalen generelt flere bunddyr i sensommeren end om foråret, men forekomsten af dyr var på flere af stationerne markant ændret i 2004 i forhold til 2003.

På st. 3 tættest på springlaget (i dybden 17,8) var tætheden af bunddyr signifikant større i 2004 med en middeltæthed på 13.048 individer/m² vs. 3.333 individer/m² i 2003 (figur 3). Den øgede faunarigdom skyldes en betydelig fremgang af dansemyggene; *Procladius* og *Tanytarsus*, ærtemuslingen *Pisidium*, reliktkrebsen *M. relicta* og orme (figur 4), og er utvivlsomt begunstiget af et bedre iltmiljø. Derudover virker springlaget som ”fang” for henfaldende alger, der er god føde for mange bunddyr, der hvor bunden og springlaget er i berøring /18/.

På st. 5 og 9 var tætheden af bunddyr reduceret signifikant fra et niveau omkring 8.000-12.000 individer/m² i 2003 til 4.000-4.500 individer/m² i 2004. Reduktionen skyldtes primært en nedgang i tætheden af *C. anthracinus* (figur 4). Prøvetagningsdybden på st. 5 og 9 er 20-21 m, hvilket er forholdsvis tæt på springlaget. Den unaturlig høje iltkoncentration og temperatur af bundvandet (9-11 C°) over sommeren i 2004 kan udmærket have fremmet fiskenes prædation på bunddyrene i en afgrænset dybdezone under springlaget. Tallene taler for et prædationstryk særligt på de lidt større bunddyr, hvilket vil sige på *C. anthracinus*, der er nedbragt til en middeltæthed på omkring 3.000 individer/m², såvel på st. 5 og 9, som på st. 3 (figur 4). Fiskeundersøgelsen i 2004 viste en øget antalsmæssig garnfangst af større og velkonditionerede hork på bunden af hovedbassinet /5/, hvilket understøtter formodningen om en øget tæthedsregulerende fiskeprædation. Horken er bundlevende, og større hork spiser selektivt på større bunddyr, herunder dansemyggelarver.

På st. 2, 8 og 12 i dybden 24-30,3 m var der trods et reduceret middelniveau ingen signifikant forskel på tætheden af bunddyr i 2004 i forhold til 2003. Dyrenes sammensætning på st. 2 og 8 var dog i nogen grad ændret med en ringere tæthed af *C. anthracinus*. På st. 12 var dyresamfundet ændret markant fra en klar overvægt af orme og *Cyclops* i 2003 til en dominans af *C. anthracinus* i 2004 som på de øvrige stationer i samme dybdezone (figur 4), hvilket et overordentligt positivt.

På st. 1 med den største prøvetagningsdybde (35,4 m) var tætheden af bunddyr reduceret signifikant fra 2003 til 2004 (figur 4). Ligesom for dybdezonen 24-30,3 m (st. 2, 8 og 12) skyldes reduktionen generelt en ringere tæthed af *C. anthracinus*.



Figur 4. Middeltæthed og sammensætning af bunddyr på stationer i profundalzonen i sensommeren 2002-2004.

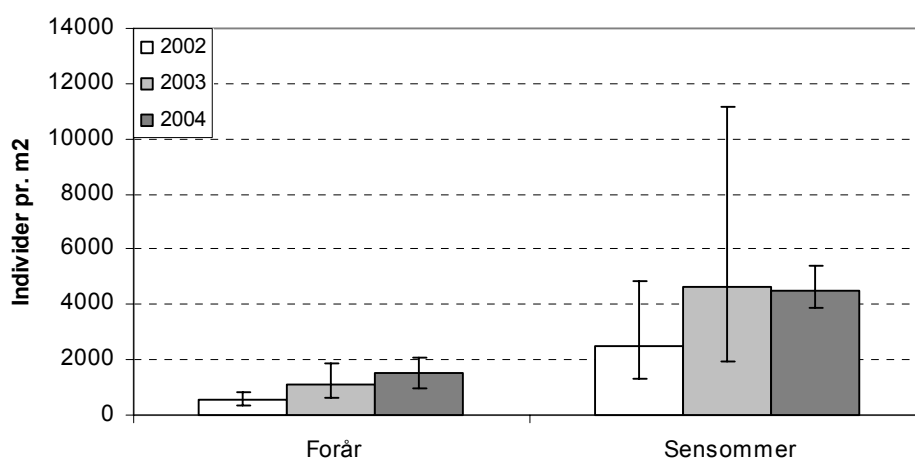
Chironomus anthracinus,
fiskeprædation
og 2-års cyklus

Det kan ikke afvises, at reduktionen af *C. anthracinus* kan skyldes fiskeprædation selv ud i profundalens dybeste partier, da bundvandets iltindhold og temperatur over sommeren har været unaturlig høj. En anden mulighed kan være, at *C. anthracinus* i nogle dybdezoners i Furesøen følger en toårs cyklus, som det bl.a. er kendt fra Hald Sø og Esrum Sø /17,18,19/. *C. anthracinus* har en monovalent års-cyklus, hvilket vil sige, at den kun går på vinger en gang om året, hvilket sker under forårets fødetilskud af friske diatomeer før lagdelingen /18/. De larver, der omkring tidspunktet for søens lagdeling ikke har nået et flyvedygtigt stadie, må fortsætte livet på bunden

og flyver først det efterfølgende forår. Disse store dansemyggelarver vil udfylde pladsen på barbunden og æde hvad der måtte komme af nye unge slægtninge til bunden fra forårets klækning. Den intra-specifikke konkurrence om plads vil disse år skærpes, og individtætheden herved nedbringes. Næste forår vil størstedelen af myggelarverne gå på vinger og barbunden vil ligge mere eller mindre ubenyttet hen til det tidspunkt, hvor forårets nyklækkede larver finder vej til bunden. Dette år, hvilket vil sige hvert andet år, vil tætheden af dyr være større. Kommende undersøgelser af profundalfaunaen i Furesøen vil kunne belyse området bedre.

Chironomus anthracinus – middeltæthed i profundalen

Chironomus anthracinus tegner karaktersamfundet i profundalen i vore dybe, klarvandede søer og dominerer i dag bundfaunaen på Furesøens dybe bund. Figur 5 viser middeltætheden af *C. anthracinus* i profundalen forår og sensommer 2002-2004. Siden 2002 er middeltætheden af dyr i foråret øget fra ca. 500 individer/m² til ca. 1.500 individer/m², uden dog at stigningen er signifikant. I sensommeren steg middeltætheden af dyr markant fra ca. 2.500 individer/m² i 2002 til ca. 4.500 individer/m² i 2003. I 2004 var middeltætheden på samme niveau som i 2003, men spredningen af dyr var markant mindre, hvilket peger på en langt mere homogen udbredelse af *C. anthracinus*. Formentlig er dette et resultat af en mere fuldstændig iltning af bundvandet i 2004, hvilket tallene i 2003 ikke på samme måde tydede på. F.eks. manglede *C. anthracinus* på st. 12 i 2003 (figur 4).



Figur 5. Den beregnede middeltæthed/m² af *Chironomus anthracinus* i Furesøens profundalzone forår og sensommer 2002-2004. Middeltætheden er angivet med 95 % C.L..

Størrelsesfordeling af *Chironomus anthracinus*

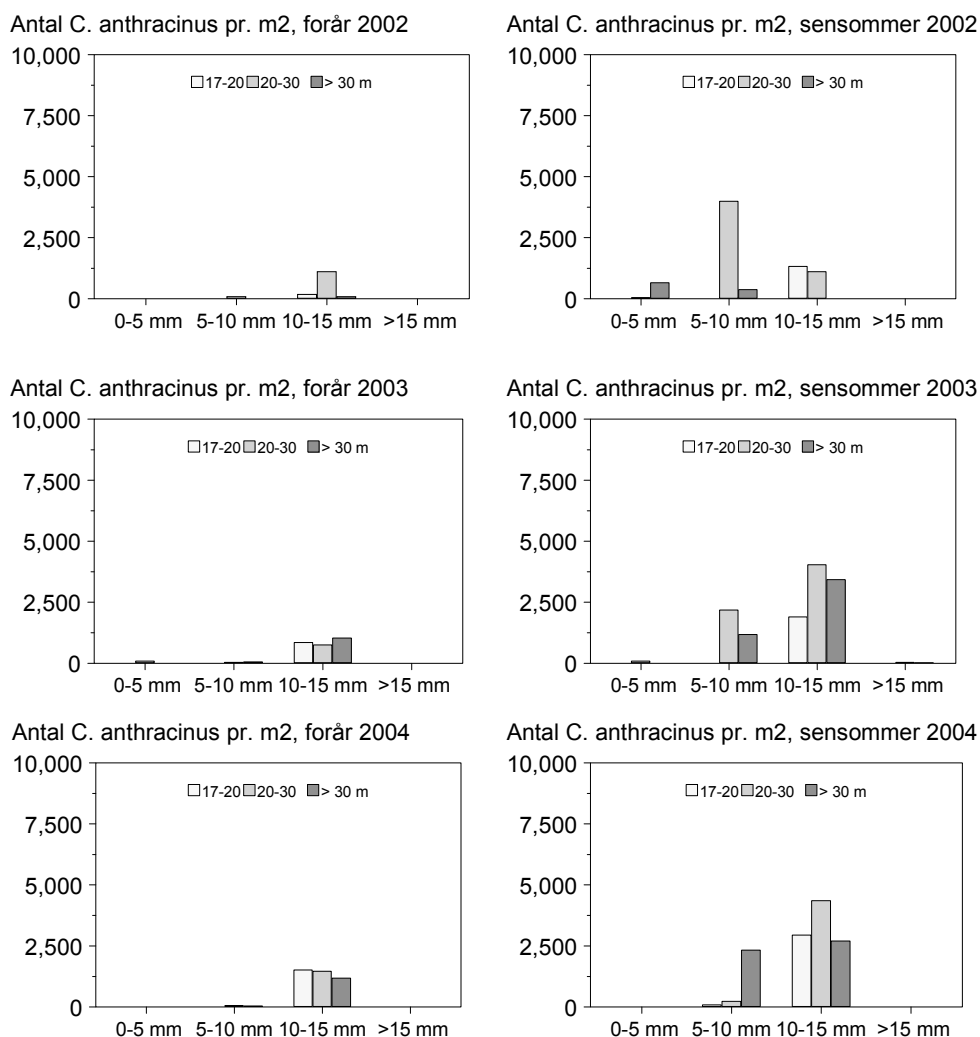
Dansemyggens trivsel afsløres ved dens størrelse, hvor især bundvandets iltindhold over sommeren er begrænsende for vækst. Figur 6 viser størrelsesfordelingen af *C. anthracinus* på udvalgte dybder af profundalen forår og sensommer i 2002-2004.

Forår

I foråret alle år bestod populationen overvejende af store og næsten flyvefærdige individer (10-15 mm). Som illustreret i figur 5 optrådte en anelse flere individer/m² i 2004 end i 2003 (forår). Begge år har dyrene været jævnt fordelt i profundalzone, modsat i 2002 hvor tætheden af dyr var størst i dybden 20-30 m.

Sensommer

Til forskel fra sensommeren 2003 var langt størstedelen af dansemyggene i sensommeren 2004 store på 10-15 mm ud til en dybde på 30 m, hvilket peger på en bedre vækst, formentlig som et resultat af det bedre iltmiljø (figur 6). Derimod peger tallene (i 2004) på ringere vækstforhold i dybden > 30 m, idet omtrent 45 % af dansemyggelarverne havde størrelsen 5-10 mm (resten 10-15 mm), i forhold til i dybden 17-30 m, hvor langt hovedparten af larverne var store (10-15 mm). Trods den rigelige tilførsel af ilt til bundvandet peger dyrenes størrelsesfordeling således på, at der fortsat er områder af den dybe profundal, der ikke i samme omfang opfanges af iltningen som resten af profundalzonen. Forskellene begrænser tilsyneladende dansemyggelarvernes vækst, men ikke tæthed.



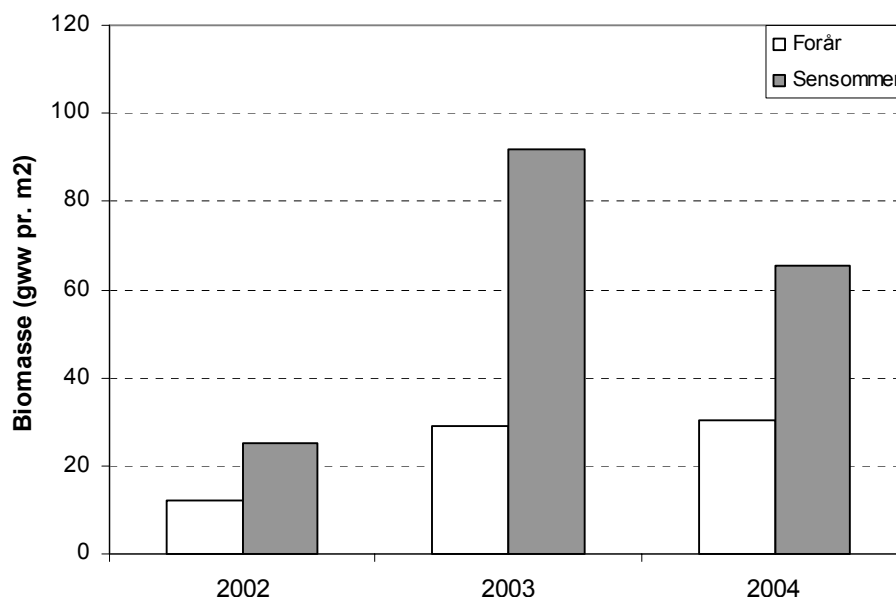
Figur 6. Størrelsesfordeling af *Chironomus anthracinus* på udvalgte dybder af profundalen forår og sensommer i 2002, 2003 og 2004.

Biomasse

Figur 7 viser den skønnede biomasse af bunddyr i profundalzonen i 2002-2004. I 2004 var biomassen om foråret i niveau med biomassen i 2003, men en anelse mindre i sensommeren (formentlig ikke signifikant), hvilket skal tilskrives færre individer af *C. anthracinus* på flere af stationerne (figur 4). Siden 2003 har bunddyrenes biomasse været mindst en faktor tre større end i sensommeren 2002.

Ligesom i 2002 og 2003 udgjorde *C. anhracinus* langt størstedelen af biomassen af bunddyr i profundalen i 2004. Dernæst udgjorde orme, ærtemuslinger og mindre arter af dansemyg mindre andele af biomassen.

Anskues den beregnede biomasse som potentiel føde, fungerer særligt dansemyggene i søens profundalzone som et vigtigt spisekammer for fisk dels på bunden, og dels under opstigningen til overfladen, når laverne går på vinger, samt som voksne dansemyg endvidere for fugle.



Figur 7. Barbundsfaunaens skønnede biomasse i profundazonen i 2002-2004.

Produktion

Ud fra den skønnede biomasse og tabelværdier for P/B blev den årlige produktion i profundalen (dybere end 14,5 m) estimeret til 36 gww/m²/år i 2002, 120 gww/m²/år i 2003 og 92 gww/m²/år. Faldet i produktionen i forhold til 2003 skal henføres til den lavere tæthed af dansemyg på bunden. Alle tre år har *C. anthracinus* udgjort den langt overvejende andel af produktionen, mens ærtemuslinger og orme har stået for mindre andele.

4.2 St. Kalv

Undersøgelsen i St. Kalv 2004 indbefattede alene sensommerprøver fra tre stationer og giver således ikke et (passende) komplet billede af dyresamfundet som i 2002-2003.

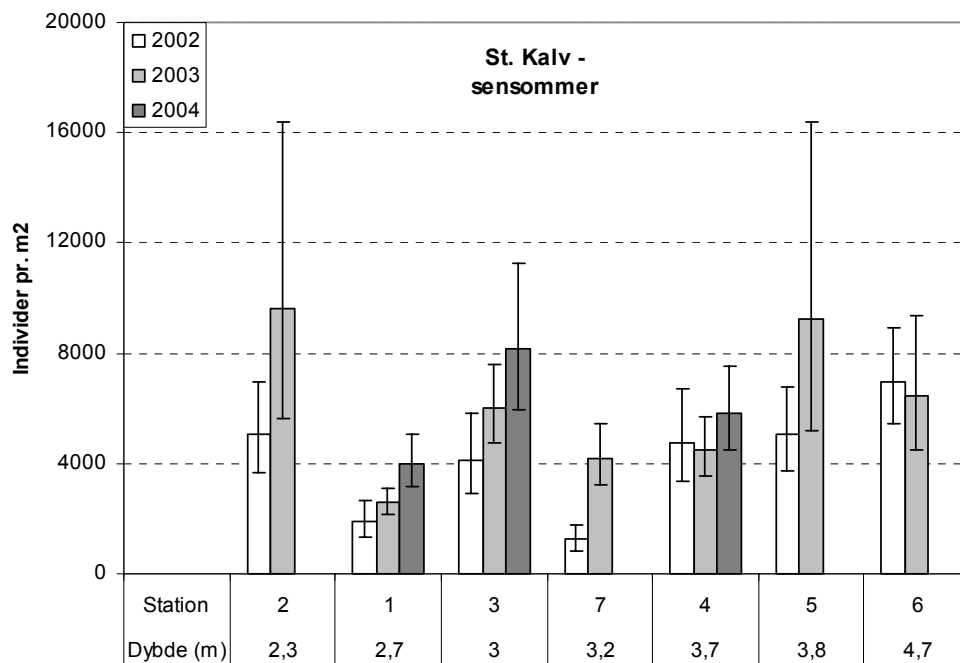
Bundens beskaffenhed

På prøvestationerne bestod bunden som tidligere overvejende af leret gytje med lidt skalrester og organisk materiale.

Artsrigdom

Undersøgelserne i 2002 og 2003 viste, at St. Kalv rummer en særdeles alsidig barbundsfauna med fund af op til 27 taxa forår og sensommer. I nærværende undersøgelse blev der i alt fundet 14 taxa, hvilket var i niveau med artsrigdommen på samme stationer på samme tidspunkt af året i 2003 (13 taxa).

- Sammensætning* Ligesom tidligere bestod faunaen af en alsidig forekomst af dansemyg, hvor især *Procladius*, *Tanytarsus* og arter af Chironomini optrådte i stor tæthed, men også ærtemuslingen *Pisidium* på st. 1 og 3 og orme på st. 3 og 4 var antalsmæssigt betydende. Derimod ”manglede” den store dansemyg *Chironomus plumosus* gr. i prøverne, hvilket der ikke kan gives en entydig forklaring på. Både i 2002 og 2003 fandtes denne robuste dansemyg spredt udover barbunden i Kalven, og havde i sensommerprøverne i 2003 stor andel i en øgede biomasse (i forhold til 2002) /2/. En plausibel forklaring på dens fravær i 2004 kan være et øgede prædationstryk fra fisk, men formentlig bærer det spinkle materiale hovedansvaret for, at *C. plumosus* den ikke opfanges i prøverne.
- Tæthed* Figur 7 viser middeltætheden med 95 % C.L. af bunddyr forår og sensommer i 2002 og 2003, samt sensommer i 2004, hvor stationerne er ordnet efter dybde.
- Sensommer* Middeltætheden af bunddyr på st. 3 og 4 med hhv. 8.190 individer/m² og 5.806 individer/m² afveg ikke signifikant fra tætheden af dyr på samme stationer i 2002 og 2003. Derimod var middeltætheden af dyr på st. 1 med 4.000 individer/m² signifikant større end de to foregående år med hhv. 1.905 (2002) og 2.571 (2003) individer/m². Dette er interessant, da der lige siden 2002 har været en formodning om et betydende prædationstryk fra fisk i dette område af St. Kalv.
- Bunddyr og fiskeprædation* Af alle stationer i undersøgelsen ligger st. 1 tættest på tilløbet fra Vejlesø og er med undervandsvegetation /6/. En mulig forklaring på den væsentlige nedgang i bunddyrenes tæthed over sommeren (fra forår til sensommer) i 2002 og 2003 kan være fiskeprædation, der foregår under dække af vandplanter i kombination med en periodevis større fisketæthed af (gæstende) særligt mindre skaller og brasener fra Vejlesø. Gennem foråret 2004 opfiskedes betydelige mængder af mindre skaller og brasener med kanalvod i kanalen mellem Vejlesø og St. Kalv. Den samlede fangst i Furesøen, herunder primært i St. Kalv i 2003-2004 blev opgjort til omkring 120 tons brasener og skaller /20/. Udtyndingen af fisk kan udmærket sammenkædes med den øgede tæthed af bunddyr på st. 1. Nærværende undersøgelse peger endvidere på, at opfiskningen har haft en positiv effekt på tætheden af bunddyr i St. Kalv, da middelniveauet af tætheden af dyr på de to øvrige stationer (st. 3 og 4) er øget på begge stationer. Stigningen er dog ikke signifikant (figur 8).
- Fraværet af store individer af *C. plumosus* kunne tyde på et selektivt prædationstryk fra søens større brasener, der i større omfang blev påvist at fouragere i sensommeren i St. Kalv i 2004 i forhold til i 2003 /4,5/. Brasenen ynder at søge føden ved bunden, såfremt maden her er rigelig, og netop tilstedeværelsen af store stimer af brasener i St. Kalv i sommeren 2004 kunne tyde på en barbund mere attraktiv som spisekammer end tidligere, hvilket udmærket kan tolkes som et resultat af opfiskningen.



Figur 8. Den beregnede middeltæthed/m² på stationerne ordnet efter dybde i St. Kalv sensommer 2002-2004. Middeltætheden er angivet med 95 % C.L..

Biomasse

I denne undersøgelse blev den skønnede biomasse opgjort til 13,5 gww/m² på de tre stationer i sensommeren. I 2002 og 2003 var samme tal hhv. 7 og 31 gww/m² på samme tidspunkt af året. Materialet bygger alene på materialet fra tre stationer, hvilket gør sammenligningen usikker, men biomassen er formentlig større end i 2002, men lidt under niveauet i 2003.

5. Sammenfatning og konklusion

Hovedbassinet

Substrat

Bunden havde ikke ændret nævneværdig karakter siden 2003, men i forhold til 2002 bar substratet fortsat præg af et bedre iltmiljø ved bunden i perioden med lagdeling i søen.

Faunaens alsidighed

I 2002 var de ringe iltforhold i profundalen over sommeren af afgørende betydning for et ringe udviklet samfund af bunddyr /1/. Efter to år med iltning af bundvandet i sommerhalvåret registreredes en positiv fremgang i artsrigdommen af bunddyr i dybde > 23 m fra generelt 2-4 taxa til 7 taxa. Fra forhold hvor kun ganske få hårdføre arter (for ilt) har kunne overleve på denne dybe del af barbunden, optrådte i 2004 flere mere iltfølsomme arter. Bundvandets iltindhold var ekstraordinært højt i 2004, og det er dog usikkert om, den øgede alsidighed vil vedholdes, såfremt iltningen nedbringes til et mere "normalt" niveau i sommerhalvåret.

Tæthed

Om foråret var bundfaunaens tæthed på de fleste stationer i dybden ud til 30 m i niveau med tætheden af dyr i 2003. På større dybde registreredes signifikant flere dyr/m², hvilket tolkes som et resultat af bedre leveforhold især for dansemyggen *Chironomus anthracinus* den foregående sommer (2003) end det har været tilfældet tidligere.

Nærværende undersøgelse viste en fortsat positiv udvikling af smådyrssamfundet ikke alene ved en større alsidighed, men også ved en mere homogen sammensat bundfauna i sensommeren med en dominans *C. anthracinus*, der tegner karaktersamfundet i profundalen i danske dybe, klarvandede søer.

I sensommeren varierede tætheden af bunddyr til en hvis grad fra forholdene i 2003. I dybden 17,8 m tæt på den nedre grænse af springlaget i 2004 fandtes en langt mere righoldig fauna i forhold til tidligere, hvilket menes at være begunstiget af den rige forekomst af føde (halvfriske alger), der "fanges" i springlaget, i kombination med tilstrækkelige iltforhold. Tætheden af *C. anthracinus* i dybden 17,8-20,6 m lå jævnt på omkring 3.000 individer/m², hvilket var en ringere tæthed i dybden 20-21 m i forhold til i 2003. På større dybde var tætheden af *C. anthracinus* ret homogen med 5.000-7.000 individer/m², hvilket bortset fra st. 12 var noget lavere end i 2003. Den antalsmæssige reduktion af *C. anthracinus* menes forårsaget af en væsentlig større fiskeprædation primært fra hork end i 2003, hvilket især har været udtalt i dybdezone relativt tæt på springlaget (17-21 m) med et bedre iltmiljø og en anelse højere temperatur end på dybere vand. Muligvis følger *C. anthracinus* i nogle dybdezone en 2-års-cyklus med flere dyr det ene år og færre dyr det andet år (konkurrence om plads), som det bl.a. er eftervist i Esrum Sø og Hald Sø.

På st. 12 (30,3 m) var dyresamfundet ændret markant fra en klar overvægt af orme og *Cyclops* i 2003 til en dominans af *C. anthracinus* i 2004, som på de øvrige stationer i samme dybdezone. Denne udvikling er overordentlig positiv og peger på en mere gennemgribende iltning af bundvandet og formodede færre isolerede områder af profundalen med et fattigt iltmiljø.

Størrelsfordeling En opgørelse over størrelsesfordelingen af *C. anthracinus* viser, at siden 2002 er der sket en markant forbedring af dansemyggenes trivsel og vækst i profundalen, hvilket afspejles i en sammensætning af generelt færre og mindre dyr til en klar overvægt af store, fede dansemyggelarver. Dog tyder forekomsten af færre større dansemyg i dybden > 30 m (i 2004) fortsat på områder med knapt så iltrigt bundvand.

Biomasse Det forbedrede miljø på bunden har stor betydning for dyrenes omsætning af organisk materiale og herved bunddyrenes biomasse og produktion. *C. anthracinus* er ansvarlig for langt størstedelen af bundfaunaens biomasse, der siden påbegyndelsen af iltningen har været mindst en faktor 3 større (end i 2002). Bundfaunaens øgede biomasse har i sidste ende en vigtig funktion som spisekammer for fisk og øvrige dyr i fødekæden.

St. Kalv

Bundfaunaundersøgelsen i St. Kalv inkluderede alene prøvetagning på tre stationer i sensommeren mod syv stationer de tidligere år. Trods et højere middelniveau afveg middeltætheden af bunddyr på to af stationerne ikke signifikant fra tætheden af dyr på samme stationer i 2002 og 2003. Derimod var middeltætheden af dyr på st. 1 med 4.000 individer/m² signifikant større end de to foregående år, hvilket indikerer en lempelse af prædationstrykket fra fisk i dette område af Kalven. Modsat tidligere registreredes ikke dansemyggen *Chironomus plumosus* gr., der i 2003 var betydende for den (store) opgjorte biomasse. Fraværet af *C. plumosus* tillægges enten det beskedne prøvemateriale, der rent tilfældigt ikke opfanger denne store dansemyg, eller en mere selektiv fødeadfærd hos fiskene (efter stort bytte). Trods et spinkelt materiale tillægges den generelt større tæthed og ændret sammensætning af bunddyr som værende en effekt af opfiskningen.

Konklusion

To år efter påbegyndelsen af restaureringen af Furesøen optræder dansemyggen *Chironomus anthracinus* jævnt fordelt i passende tæthed på barbunden i søens profundalzone. *C. anthracinus* tegner karaktersamfundet i danske dybe, klarvandede søer, hvorved udviklingen er overordentlig positiv. Både udbredelsen af *C. anthracinus* og bunddyrssamfundet som helhed var tilmed ret homogen på søens dybe barbund, hvilket peger på en tilsigtede positiv effekt af iltningen af bundvandet. En reduktion i tætheden af *C. anthracinus* på flertallet af undersøgelsesstationerne i 2004 i forhold til 2003 tillægges primært et øget prædationstryk fra fisk begunstiget af de generelt forbedrede (og unaturligt høje) iltforhold i bundvandet i 2004.

Opfiskningen har tilsyneladende medført en lempelse i fiskeprædationen i de områder af St. Kalv, hvor prædationstrykket fra fisk tidligere var betydende. Bunddyrenes generelt øgede tæthed kan have bevirket en periodevis større fødeaktivitet fra fisk i sommeren 2004 end det var tilfældet i 2003, hvilket har bevirket en udtynding af større bunddyr, herunder den store dansemyg *C. plumosus*, men ikke en reduktion i tætheden af bunddyr.

6. Referenceliste

- 1/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2003). Bundfaunaundersøgelse i Furesøen 2002. - Et udvidet notat udført for Københavns Amt.
- 2/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2004). Bundfaunaundersøgelse i Furesøen 2003. - En effektundersøgelse i forbindelse med Furesøprojektet 2003. Rapport udført for Frederiksborg Amt.
- 3/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2003). Fiskebestanden i Furesøen, august 2002. – Rapport udført for Københavns Amt.
- 4/ FN Miljø (2003). Fiskebestanden i Furesøen, august 2003. - Rapport udført for Frederiksborg Amt.
- 5/ FN Miljø (2004). Fiskebestanden i Furesøen, 2004. - Rapport udført for Frederiksborg Amt.
- 6/ Københavns Amt (2002). Vandmiljøovervågning Furesø 2001. Jord- og Vandafdelingen, Københavns Amt.
- 7/ Københavns Amt (2003). Upublicerede data af ilt og temperatur i Furesøen fra perioden 2002-2003.
- 8/ Københavns Amt (2004). Upublicerede data af ilt og temperatur i Furesøen i 2004.
- 9/ Wesenberg-Lund, C. *et al.* (1917). En bathymetrisk, botanisk, zoologisk undersøgelse af Mølleaaens søer. - Det Kgl. Danske Vidensk. Selskabs Skrifter, Naturv. Og Math. afd., 8. rk., 3(1). København.
- 10/ Berg, K. *et al.* (1958). Furesøundersøgelser 1950-54. Limnologiske studier over Furesø's kulturpåvirkning. Udført på foranledning af Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité. Folia Limno. Scandinavica Pub. No. 10.
- 11/ Bio/consult (2000). Udbredelse og bestandstætheder af reliktkrebsene i Furesøen i 1999. Biologisk undersøgelse udført for Københavns Amt.
- 12/ Bio/consult (1993). Furesø 1990 - Bundfauna artslister. Biologisk undersøgelse udført for Københavns Amt.
- 13/ Lindegaard, C. (1992). Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. *Hydrobiologica* 64:: 257-304.
- 14/ Armitage, P. *et al.* (1995). The Chironomidae "The biology and ecology of non-biting midges. Chapman og Hall.
- 15/ Timm, H. (1994). Production of some oligochaete species in large Estonian lakes. *Hydrobiologica* 278: 309-313
- 16/ Lindegaard, C. (1994). The role of zoobenthos in energy flow in two shallow lakes. *Hydrobiologica* 275/276: 313 - 322.

- 17/ Jónasson, P. M. (1972). Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. *Oikos Suppl.* 14: 1-148.
- 18/ Jónasson, P.M. (2004). Benthic Invertebrates. Chapter 12: The Lakes Handbook. Volume 1. Limnology and Limnetic Ecology. (Eds.) O'Sullivan, P.E. & Reynolds, C.S..
- 19/ Viborg Amtskommune (1987). Miljøtilstand i Hald Sø 1986 – Bundfauna. Rapport udarbejdet af Bio/consult.
- 20/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2004). Data over opfiskningen i Furesøen 2003-2004 i forbindelse med Furesøprojektet.