



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 659, 2008

Optimering af behandlings- effekten i akvakultur

Minimering af forbrug og udledning af hjælpestoffer



[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 659, 2008

Optimering af behandlings- effekten i akvakultur

Minimering af forbrug og udledning af hjælpestoffer

Ole Sortkjær¹

Niels Henrik Henriksen²

Rasmus Demuth Heinecke³

Lars-Flemming Pedersen⁴

¹ Danmarks Miljøundersøgelser

² Dansk Akvakultur

³ Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet

⁴ DTU-Aqua, Sektion for Akvakultur, Hirtshals

Datablad

- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 659
- Titel: Optimering af behandlingseffekten i akvakultur
Undertitel: Minimering af forbrug og udledning af hjælpestoffer
- Forfattere: Ole Sortkjær¹, Niels Henrik Henriksen², Rasmus Demuth Heinecke³, Lars-Flemming Pedersen⁴
Institutioner, afdelinger: ¹Afdeling for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet
²Dansk Akvakultur
³Det Biovidenskabelige Fakultet, Afdeling for veterinær patologi, Sektion for fiskesygdomme, Københavns Universitet
⁴DTU-Aqua, Sektion for Akvakultur, Hirtshals
- Udgiver: Danmarks Miljøundersøgelser©
Aarhus Universitet
URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: Marts 2008
Redaktion afsluttet: Marts 2008
Faglig kommentering: Kurt Nielsen, DMU, Aarhus Universitet
- Finansiell støtte: Den Europæiske Unions Fiskeriprogram, FIUF og Fødevareministeriet
- Bedes citeret: Sortkjær, O., Henriksen, N.H., Heinecke, R.D. & Pedersen, L-F. 2008: Optimering af behandlingseffekten i akvakultur. Minimering af forbrug og udledning af hjælpestoffer. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 124 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 659.
<http://www.dmu.dk/Pub/FR659.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Formålet med projektet er at reducere mængden af formalin og brintoverilte brugt på dambrug samt at reducere koncentrationerne af udledningerne til vandløb. Toksicitetsforsøg viser, at man ved forlængelse af eksponeringstiden til 4-6 timer kan bekæmpe parasitter, herunder fiskedråber, effektivt med 1/5 del af normale koncentrationer af formalin og brintoverilte. I modsætning til formalin omsættes brintoverilte hurtigt, hvorfor det er nødvendigt at supplere med brintoverilte under behandlingen i damme for at holde koncentrationen konstant. Forsøg med biofilter i recirkulerende anlæg viser, at formalin omsættes hurtigere i biofiltret, hvis det i forvejen har været eksponeret for formalin. Formalin i de anvendte koncentrationer skader ikke den mikrobielle film. Brintoverilte kan nedsætte kvælstofomsætningen i biofiltret midlertidigt, men skader ikke fiskene i de anvendte koncentrationer. Brintoveriltens nedbrydningshastighed er positivt relateret til fiskebiomassen. Seks dambrug blev behandlet, 3 med brintoverilte og 3 med formalin, og resultaterne viser, at parasitterne kan bekæmpes ved de lavere koncentrationer, når behandlingstiden samtidig bliver forlænget. Dette er i overensstemmelse med toksicitetstesten. For at bekæmpe fiskedråber skal der behandles flere gange med formalin eller brintoverilte med nogle dages mellemrum, når dambruget er stærkt inficeret. I recirkulerende anlæg med biofilter er det nødvendigt at supplere med formalin under behandlingen for at holde koncentrationen konstant, da omsætningen af formalin i biofiltret er høj.
- Emneord: Dambrug, formalin, brintoverilte, parasitter, bekæmpelse, biofilter, fiskedråber
- Layout: Anne-Dorthe Villumsen
Illustrationer: Grafisk værksted, DMU Silkeborg
- ISBN: 978-87-7073-033-4
ISSN (trykt): 0905-815X
ISSN (elektronisk): 1600-0048
- Papirkvalitet: 4 CC kopipapir
Tryk: Schultz Grafisk, Miljøcertificeret (ISO 14001) og kvalitetscertificeret (ISO 9002)
- Sideantal: 124
Oplag: 300
- Internetversion: Rapporten er også tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside
<http://www.dmu.dk/Pub/FR659.pdf>



Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

- Toksicitetstest 6
- Behandlingsprocedure for traditionelle damme 6
- Behandlingseffekt af formalin i damme 8
- Behandlingseffekt af brintoverilte i damme 8
- Formalin og brintoveriltes effekt på biofiltre 9
- Formalinbehandling på et dambrug med recirkulerende anlæg og biofiltre 10

Summary 12

- The effect of treatment with formaldehyde in ponds 13
- The effect of treatment with hydrogen peroxides in ponds 13
- Effects of formalin and hydrogen peroxide in closed systems with submerged biofilters 14
- Treatment with formaldehyde in a fish farm with water recirculation and submersed bio filters 15

1 Projektets formål 17

2 Indledning 19

3 Formalin 22

- 3.1 Normal behandlingspraksis for formalin 22
 - 3.1.1 Anvendelsesmåde + dosering 22
 - 3.1.2 Formalin som kemisk stof 23
- 3.2 Dosis-respons resultater ved behandling med formaldehyd 23
 - 3.2.1 Metode 23
 - 3.2.2 Resultater 24
 - 3.2.3 Konklusion 26
- 3.3 Forudsætninger for at behandle damme 27
 - 3.3.1 Volumenbestemmelse af damme 27
 - 3.3.2 Opblanding 29
 - 3.3.3 Konklusion af volumenbestemmelse 33
 - 3.3.4 Opretholdelse af iltniveau under behandling 33
 - 3.3.5 Konklusion 35
 - 3.3.6 Opretholdelse af behandlingskoncentration 35
- 3.4 Behandling af damme med formalin 36
 - 3.4.1 Mølbak dambrug den 16. aug. 2007 36
 - 3.4.2 Silstrup dambrug den 12. sep. 2007 40
 - 3.4.3 Toudal dambrug den 21. sep. 2007 46
- 3.5 Formalin og recirkulerede anlæg 49
 - 3.5.1 Indledning 49
 - 3.5.2 Metode 50
 - 3.5.3 Analysemetoder 51
 - 3.5.4 Resultater 51
 - 3.5.5 Effekt af formalin på fiskenes tilvækst 55
 - 3.5.6 Diskussion - Formalin og recirkulerede anlæg 55
 - 3.5.7 Effekt af formalin på biofilter funktioner 57
- 3.6 Behandling med formalin på modeldambrug 57
 - 3.6.1 Kongeåens dambrug den 2. okt. 2007 58
 - 3.6.2 Konklusion 63

4 Brintoverilte 65

- 4.1 Normal behandlingspraksis for brintoverilte 65
 - 4.1.1 Formål 65
 - 4.1.2 Anvendelsesmåde og dosering 65
 - 4.1.3 Brintoverilte som kemisk stof 66
- 4.2 Dosis-respons resultater ved behandling med natriumperkarbonat 66
 - 4.2.1 Metode 66
 - 4.2.2 Ichthyophthirius multifiliis forsøg 67
 - 4.2.3 Ichthyophthirius multifiliis (fiskedræber) forsøg 69
 - 4.2.4 Konklusion 70
- 4.3 Opretholdelse af behandlingskoncentration For brintoverilte i damme 71
- 4.4 Behandling på dambrug med brintoverilte 75
 - 4.4.1 Mølbak dambrug den 28. august 2007 75
 - 4.4.2 Staulund dambrug den 13. september 2007 78
 - 4.4.3 Toudal dambrug den 21. september 2007 82
- 4.5 Brintoverilteprodukter og recirkulerede anlæg 86
 - 4.5.1 Indledning 86
 - 4.5.2 Materiale og metoder 87
 - 4.5.3 Resultater 89
 - 4.5.4 Diskussion 95

5 Konklusion og perspektivering 98

- 5.1 Konklusion 98
- 5.2 Perspektivering 100
 - 5.2.1 Yderligere reduktion af koncentrationer ved længere behandlingstider 100
 - 5.2.2 Parasitters resistens ved gentagne behandlinger med lave koncentrationer af formalin 100
 - 5.2.3 Hvordan undgås negative effekter af biofiltret med dosering af brintoverilteprodukter 100
 - 5.2.4 Formalins og brintoveriltes desinficerende effekt under 10 °C 101
 - 5.2.5 Organiseret videnopsamling 101

6 Referencer 102

7 Bilag 104

- 7.1 Behandlingssituationen 104
 - 7.1.1 Formalinbehandling på Silstrup dambrug den 12. sep. 2007 104
 - 7.1.2 Toudal Dambrug den 21 sep. 2007 105
 - 7.1.3 Brintoverilteforsøg med fisk den 28 aug 2007 på Mølbak dambrug 106
 - 7.1.4 Brintoveriltebehandling på Staulund Dambrug den 13 sep. 2007 108
- 7.2 Veterinærmæssige observationer 110
 - 7.2.1 Staulund Dambrug 110
 - 7.2.2 Silstrup Dambrug 111
 - 7.2.3 Mølbak Dambrug 112
 - 7.2.4 Toudal Dambrug 114
- 7.3 Formalin og brintoverilte omsætning i recirkulerede anlæg 121
 - 7.3.1 Forsøgsbetingelser 121
 - 7.3.2 Monitering af vandkvalitet og kemiske analyser 122
 - 7.3.3 Supplerende data af anlæggenes organiske stofindhold 123
- 7.4 Analysemetoder til vandprøver taget på dambrugene 124
 - 7.4.1 Bestemmelse af formaldehyd i vand 124
 - 7.4.2 Bestemmelse af brintoverilte i vand 124

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Forord

Projektet "Minimering af forbrug og udledning af miljøfremmede stoffer i forbindelse med anvendelsen af medicin og hjælpestoffer i akvakultur" er en opfølgning af tidligere projekter. Det første projekt var en litteraturbearbejdning af medicin og hjælpestoffer, samt opbygning af en model der kunne beregne koncentrationsforløbet igennem et dambrug fra dosering af stofferne i dammen til udløb i åen. Det næste projekt var en afprøvning af modellen i virkeligheden samt beregning af omsætningsrater for hjælpestoffer og medicinostoffer samt hjælpestoffers omsætning i biofiltre. Nærværende rapport viser, at det under praktiske forsøg er muligt at bekæmpe fiskeparasitter effektivt ved langt lavere koncentrationer af formalin og brintoverilte end hidtil anvendt. Derfor må det antages, at mængden af disse stoffer kunne reduceres betydeligt. Desuden er konsekvenserne for biofiltrene i recirkulerende anlæg yderligere blevet belyst, når de belastes med formalin og brintoverilte.

Rapporten er opbygget i en hoveddel, der omhandler laboratorieforsøg med parasitter, behandling af damme med veterinære observationer og effekt på biofiltre. Bilagsdelen omhandler volumenberegning, iltningforsøg og supplerende resultater. Desuden findes beskrivelse af metoder og dyrlægens journaler i bilag.

Projektet er finansieret af Den Europæiske Unions Fiskeriprogram, FIUF og Fødevareministeriet.

Projektet har kun kunnet lade sig gøre, fordi en række dambrug har stillet sig til rådighed. Vi takker især Mølbak Dambrug ved Ole Spicker, der over en længere periode stillede damme til rådighed for de indledende forsøg og for mange gode råd undervejs. Derudover takker vi Silstrup Dambrug v. Christian Jørgensen, Toudal Dambrug v. Poul Nielsen og Staulund Dambrug v. Torben Tegllund for at stille deres dambrug og tid til rådighed til afprøvning af nye behandlingsformer, samt Kongeåens dambrug v. Knud Kongsted for afprøvning af formalin i et recirkuleret anlæg med biofilter.

Vi takker dambrugenes personale, der har været en stor hjælp i udførelsen af undersøgelserne.

En stor tak til kollegaer på Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks Fiskeriundersøgelser Hirtshals, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet og Dansk Akvakultur i Silkeborg for prøvetagning, analyser, laboratorieforsøg og for grafik og opsætning af rapporten.

Forfatterne

Sammenfatning

Toksicitetstest

Forsøg i laboratorium skulle give en idé om, ved hvilke koncentrationer det er muligt at bekæmpe parasitter, og samtidig give svar på, hvad behandlingstiden betød. Stofferne der skulle testes var formalin og brintoverilte. Resultaterne fra disse undersøgelser skulle danne baggrund for behandlingsstrategien ude på dambrugene. Parasitterne *Gyrodactylus derjavinooides* (tidligere *G. derjavini*) og therontstadiet af ciliaten *Ichthyophthirius multifiliis* (fiskedråber) blev udvalgt. Brintoverilte blev tilsat i form af natriumperkarbonat.

For begge stoffer blev der fundet en positiv sammenhæng mellem koncentrationen og dødeligheden af parasitterne. Der blev ligeledes fundet positiv sammenhæng mellem behandlingstiden og parasitdødeligheden og mellem temperaturen og parasitdødeligheden.

De to arter af parasitter havde forskellig følsomhed over for formaldehyd anvendt til behandling. Således var therontstadiet af *I. multifiliis* mere følsom end *G. derjavinooides* under de pågældende forsøgsopsætninger. Behandlingstiden skulle være 5-7 gange længere for *G. derjavinooides* end for *I. multifiliis* for at opnå den samme effekt, hvor halvdelen af parasitterne dør (LT 50). Tilsvarende forskelle kan forventes blandt andre parasitter, som ikke er med i denne undersøgelse. For natriumperkarbonat var forskellene endnu større, således var *I. multifiliis* op til 20 gange mere følsom end *G. derjavinooides* under de pågældende forsøgsopsætninger.

G. derjavinooides kunne bekæmpes med 8 mg formalin/l ved 21 grader på 8 timer, hvorimod der skulle 64 mg/l til at opnå det samme ved ca. 12 grader. For fiskedråberen kunne 8 mg/l dræbe alle i løbet af 2,5 time ved 22 grader, og det samme kunne opnås ved 12 grader med 16 mg/l.

Med brintoverilte kunne 10,3 mg/l ved 21 grader bekæmpe så godt som alle *Gyrodactylus* på 8 timer hvilket krævede 20,5 mg/l ved ca. 12 grader. Fiskedråberen kan bekæmpes på godt 2 timer ved 22 grader med en koncentration på 2,6 mg/l. Ved ca. 12 grader skal der den dobbelte koncentration til for at opnå det tilsvarende på den samme tid.

Behandlingsprocedure for traditionelle damme

En konsekvens af nedsatte behandlingskoncentrationer er at behandlingstiden forlænges. Det kan kun lade sig gøre hvis ind- og udløb lukkes. På intet tidspunkt faldt iltniveauet med mere end 1,5 mg/l uanset iltningens form. Mest lovende og mindst arbejdskrævende er det at anvende en padlebelufter, der samtidig er særdeles effektiv til at opblande vandet i modsætning til en recirkulering ved brug af pumpe. Ulempen ved en padlebelufter er, at ved lav vandstand kan bunden blive hvirvlet op, og organisk materiale kan blive tilgængelig og ved nedbrydning være med til at øge iltforbruget. Ilddiffuserne er trods en vandsøjle på kun

40 cm i stand til at ilte vandet, ikke mindst lokalt og kan være en sikkerhed, hvis vandstanden sænkes til under det halve.

Forsøgene viste at en padlebelufter centralt placeret var bedste metode til at sikre tilstrækkelig med ilt i vandet under behandlingen. Padlebelufteren var også effektiv til at opblande formalin og natriumperkarbonat i dammens vandfase og kunne gøre det indenfor 15 minutter. Meget aflange damme kan være vanskelige at opblande med 1 padlebelufter, her kan evt. opsættes 2, eller en padlebelufter kan trækkes frem og tilbage i dammen under opblandingen.

For at kunne beregne den nødvendige stofmængde der skal tilsættes, skal dammens aktuelle vandvolumen kendes. Resultatet af volumenberegningen ved hjælp af fysisk opmåling eller måling med vandur eller koncentrationsbestemmelse ved tilsætning af en kendt mængde salt viser, at der er stor overensstemmelse mellem vandur og saltmetoden, hvorimod den fysiske opmåling i flere tilfælde overestimerer volumen med op til 23 %. Løber alt vandet gennem vanduret, uden at der er ind eller udsivning i dammen, vil volumen være bestemt af vandurets nøjagtighed. Saltmetodens nøjagtighed er afhængig af, at alt vandet er opblandet, og det tager for en traditionel dam omkring 15 minutter med en padlebelufter. Med en recirkuleringspumpe tager det mindst den dobbelte hydrauliske opholdstid før opblandingen er total. Den fysiske opmåling skal baseres på flere transekter end i disse forsøg, og det er meget arbejdskrævende.

Da volumenet skal bruges til at beregne den mængde stof, der skal tilsættes under behandling, og dette stof skal opblandes i dammen, er saltmetoden at foretrække kombineret med en padlebelufter. Padlebelufteren har den fordel at den også bidrager med ilttilførsel til vandet. Vanduret der er lige så nøjagtig som saltmetoden er ret så bekostelig og saltmetoden kræver kun en billig ledningsevne måler.

Koncentrationen skal holdes under behandlingen. For formalin er omsætningsraten i dammene så lille, at omsætningsraten ikke har nævneværdig betydning under behandlingen. For brintoverilte er omsætningsraten større og der skal suppleres med brintoverilte 1 til 2 gange under behandlingen. Under brintoveriltebehandling kan koncentrationen følges med sticks, der aflæses på 15 sekunder, generelt viste de dog ca 2 mg/l for lidt.

I nogle opdrætssystemer vil vandstanden under behandlingen kunne sænkes, hvorved stofmængden der anvendes til behandlingen reduceres yderligere set i forhold til de mængder, der normalt anvendes i dag.

Til de praktiske forsøg i damme blev valgt en behandlingstid på max. 4-6 timer, således at den kunne finde sted inden for en normal arbejdsdag. På baggrund af laboratorieforsøgene blev det besluttet i behandlingsforløbet at opretholde følgende koncentrationer: For formalin ca. 15 mg/l og for brintoverilte ca. 8 mg/l.

Behandlingseffekt af formalin i damme

De 3 dambrug, der blev behandlet med formalin, havde forskelligt parasittryk, henholdsvis meget lidt (Mølbak), moderat (Toudal) og meget kraftig (Silstrup) infektion med parasitter. Arterne af parasitter var forskellig fra anlæg til anlæg, men blev på Toudal og Silstrup domineret af fiskedråber. Dammene blev behandlet med 12-18 mg/l formaldehyd, hvilket var ca. 1/5 del af hvad dambrugerne normalt brugte til bekæmpelse. Koncentrationerne kunne opretholdes under den 4-6 timer lange behandling uden yderligere tilsætning af formalin. På Mølbak og Silstrup dambrug "flimrede" fiskene 1/2-1 time efter tilsætningen, men ellers så det ikke ud til at den forlængede formalindosering påvirkede fiskene negativt.

Behandlingen bevirkede, at næsten alle parasitter på fiskene døde efter 4 timer på det kun lidt inficerede Mølbak dambrug. De to andre dambrug krævede en lidt anden behandlingsstrategi, da det primære problem var fiskedråber. Derfor blev behandlingen gentaget 5-6 gange. Behandlingen med den lave koncentration var mindst lige så effektiv som med den traditionelle behandling med høje koncentrationer. For den meget hårdt angrebne Silstrup dambrug faldt dødeligheden af fisk efter hver behandling.

Dambrugene kunne behandles ligeså effektivt med 1/5 af den gængse formalinkoncentration. Behandlingshyppigheden er et spørgsmål om, hvilke parasitter der skal bekæmpes, og hvor inficerede fisk og damme er.

Under de praktiske formalinbehandlinger sås en dødelig effekt i en koncentration på ca. 15 mg/l i ca. 4 - 6 timer overfor følgende parasitter: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (tidligere *Costia*), *Trichodina* spp., *Gyrodactulus* sp. og Sessile ciliater (*Apiosoma* sp. / *Ambiphrya* sp. / *Epistylis* sp.). Herud over sås en effekt på fiskedråber (*I. multifilii*) infektion, såfremt behandlingen blev gentaget regelmæssigt.

Behandlingseffekt af brintoverilte i damme

Brintoveriltebehandlingen blev gennemført på 3 dambrug, Mølbak dambrug der var meget lidt inficeret, Staulund dambrug og Toudal dambrug var moderat inficeret. Brintoverilten var tilsat som natriumperkarbonat. Da brintoverilten hurtigt omsættes var det nødvendigt at følge koncentrationen på stedet og supplere undervejs med nye tilsætninger. Det var forholdsvis let at opretholde en koncentration på 5-10 mg/l brintoverilte under behandlingen på 5-8 timer.

På Mølbak dambrug var fisken så lidt inficeret, at det ikke var muligt at registrere effekter på parasitterne. Der var ingen registrerbare negative effekter på fiskene, selv om brintoveriltekoncentration i sidste del af behandlingen over 8 timer blev hævet fra 8 til ca. 15 mg/l. På Staulund dambrug medførte brintoverilten en drabseffekt på følgende parasitter: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (tidligere *Costia*), *Trichodina* spp. og *Gyrodactulus* sp. Drabseffekten sås allerede efter ca. 2 timers behandling, men fiskedråber var upåvirket. Behandlingen havde en positiv effekt på

fiskenes ædelyst og fiskenes gæller var i orden, men der blev sidst i forløbet og dagen efter konstateret tendens til blødning.

På Toudal dambrug var fiskenes gælder stærkt tilslimede og inficerede med fiskedråber. Behandlingen blev gentaget 5 gange med få dages mellemrum og efter 3. behandling kunne fiskedråberne ikke genfindes på gællerne.

Brintoveriltebehandlingen på et koncentrationsniveau på 8 +- 3 mg/l dræber dermed tilsyneladende en lang række parasitarter, hvorimod det kræver gentagne behandlinger for at bekæmpe fiskedråberne. Det skal også ses i sammenhæng med fiskedråberens livscyklus. Med mellemrum frigives theronter fra bunden og stiger op i vandfasen, og det er kun på dette tidspunkt, at fiskedråberne kan bekæmpes.

For at kunne sammenligne behandlingsformerne og stofferne blev der på Toudal dambrug behandlet 6 ens damme med moderat inficerede fisk. Behandlingen i to damme var henholdsvis som man plejer med høj koncentration af henholdsvis formalin og brintoverilte over kort tid, og en dam med reduceret koncentration, og en med reduceret brintoveriltekoncentration. De to damme blev behandlet over 5 timer. Endelig blev to damme behandlet med Virkon S, et desinfektionsmiddel. Alle behandlinger var lige effektive, så en behandling med reduceret koncentration var tilstrækkelig, hvad enten der bruges brintoverilte eller formalin, når behandlingstiden forlænges til 4-6 timer.

Under forsøgene sås der en effekt under praktiske brintoverilte behandlinger i en koncentration på ca. 8 - 15 mg/l i ca. 4 - 6 timer overfor følgende parasitter: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (tidligere *Costia*), *Trichodina* spp., *Gyrodactylus* sp. Herudover sås en effekt på fiskedråberinfektion (*I. multifiliis*), såfremt behandlingen blev gentaget regelmæssigt.

Formalin og brintoveriltes effekt på biofiltre

Recirkulerede anlæg har ofte installeret et biofilter. Hjælpestofferne, der jo er desinfektionsmidler kunne således forventes at have indflydelse på biofilternes effekt til omsætning af kulstof og kvælstofforbindelser. På mindre forsøgsbiofiltre er omsætningen af formaldehyd og brintoverilteprodukter blevet fastlagt, og biofilternes tolerance er undersøgt. Forsøgene med formalin har vist at formaldehyds omsætningsrate øges markant ved forudgående formalinbehandlinger på grund af tilvænnning. I anlæg med daglig formalindosering måles omsætningsrater på op til 25 mg formaldehyd pr. m² biofilteroverflade i timen.

Langvarige behandlingskoncentrationer på 10 og 20 ppm formaldehyd (25 og 50 ml 37 % formalin/m³) i lukkede anlæg påvirker ikke fiskene, og biofilterne opretholder sin funktion uændret. Resultaterne viser, at langvarige behandlinger ved lav koncentrationer er en reel mulighed. Da fiskene ikke var inficeret, er der i denne del af undersøgelsen ingen effektstudier på parasitter.

Forsøgene med natriumperkarbonat viste, at omsætningsraterne er afhængige af startdoseringen og anlæggets organiske stofindhold. Brugen af natriumperkarbonat medfører en betydelig pH- og iltstigning i vandet

umiddelbart efter tilsætningen. Men tilsætningen af natriumperkarbonat påvirker ikke fiskenes trivsel i de benyttede koncentrationer (fra 10 til 100 g/m³). Forsøgene viste forbigående hæmmende effekter på biofiltret, idet nitrit blev omsat langsommere i forhold til ubehandlede kontrolanlæg. Natriumperkarbonat viste sig ligeledes at blive delvist nedbrudt som funktion af fisketætheder, idet tilsætning af natriumperkarbonat til anlæg med 75 kg/ m³ medførte en halvering af brintoveriltekoncentrationen i løbet af 7 timer.

Forsøg med PerAqua Plus (pereddikesyre/brintoverilte) viste et tilsvarende 1. ordens henfaldsforløb af brintoverilte, når stoffet blev tilsat lukkede anlæg med biofiltre. Forsøg med tilsætning af Peraqua Plus til biofilterelementer i lukkede opstillinger viste, at doseringskoncentrationer på 25 ml/m³ havde en hæmmende effekt på nitrifikationen i form af nitritophobning. Vandbehandling med Peraqua Plus i anlæg med fisk og aktive biofiltre viste tilsvarende hurtigt henfald af såvel pereddikesyre og brintoverilte under udvikling af ilt. Behandlingerne med 5 og 15 ml PerAquaPlus/m³ påvirkede ikke filterfunktion eller fiskene. Simulerede badbehandlinger af en times varighed med Peraqua Plus i koncentrationer fra 10 til 60 ml/m³ viste, at fiskene led overlast ved koncentrationer over 30 ml PerAquaPlus/m³, og 6 ud af 7 fisk døde ved den højeste behandlingskoncentration. Det er således forbundet med vis risiko at behandle med brintoverilteprodukter i recirkulerede anlæg med biofiltre, hvorfor også kun få dambrugere hidtil har forsøgt dette. Derimod er behandlingsstrategien med at dosere mindre mængde formalin over længere tid således en mulighed i recirkulerede anlæg med biofiltre.

Formalinbehandling på et dambrug med recirkulerende anlæg og biofiltre

Dette blev udført på Kongeåens dambrug. Formalindoseringen medfører en puls, som starter ved godt 130 mg formaldehyd/l for derefter at falde relativt hurtigt, men først efter godt 7 timer er vandet totalt opblandet. Formaldehyden omsættes hurtigt i produktionsenheden (inklusive biofilter) og er væk efter 17 timer. Dette stemmer udmærket overens med den omsætningsrate som blev fundet i laboratorieforsøgene. Blev formalinen tilsat løbende over en time, ville det være fordelt over hele produktionsenheden med den ønskede startkoncentration på ca. 22 mg/l.

I udløbet af plantelagunen kunne formaldehyd måles efter 11 timer, til trods for at den gennemsnitlige opholdstid for den 14.000 m² store plantelagune er på ca. 2 døgn. Der kan fortsat spores formaldehyd knap 2 døgn efter forsøgsstart. I vandløbet fortyndes koncentrationerne yderligere med en faktor 17 i en Q_{mm} situation.

Plantelagunen består af mange tidligere fiskedamme, der er forbundet i grupper med forskellige antal damme og har forskellige udløb til det næstsidste bassin. Et saltforsøg viste, at der i udløbet fra plantelagunen kunne spores salt efter 11 timer, og det er ganske i overensstemmelse med, hvad der blev fundet for formaldehyd.

Pulseffekten, som anvendes i Kongeåens dambrug, kan i det recirkulerede system have den fordel, at koncentrationen omkring fiskene til tider er forholdsvist høj, hvilket kan være en fordel, når behandlingen er rettet

mod parasitter på fisken. Er behandling rettet mod parasitterne i vandfasen giver pulsdoseringen dog mulighed for at parasitterne, der ikke befinder sig i den behandlede del af vandet, vil kunne overleve. Dette vil (jf. erfaringerne fra de andre forsøg) blive undgået, såfremt at hele vandfasen blev doseret jævnt (eksempelvis med 15-20 mg/l). En sådan strategi vil dog, grundet den store omsætning i systemet, skulle suppleres med jævnlige tilsætninger for at opretholde den nødvendige koncentration. Alternativt kan det overvejes, om man i hele eller dele af den ønskede behandlingstid kan shunte vandet uden om biofiltret. Dette vil dog kunne medføre, at parasitter i biofiltret ikke behandles effektivt og vil måske kunne få uheldige konsekvenser for biofiltrets omsætning af næringsstoffer.

Ud fra forsøget må det fremover anbefales, at udløbet fra det behandlede opdrætsafsnit lukkes under behandlingen, hvis det er muligt. Dette vil medføre, at formalinen bliver længere tid i anlægget, da det ikke fortyndes og løber videre til plantelagunen, hvormed behandlingen effektiviseres. På grund af den store omsætning af formaldehyd der primært sker i biofiltret, vil udledningen af formalin til det omgivende miljø kunne minimeres betydeligt.

Projektet har vist, at den parasitdræbende effekt af hjælpestofferne formalin og brintoverilte er afhængig af både koncentration og opholdstid. Dette er nu vist ikke blot i laboratorium, men også under praktiske forsøg på dambrugene. En sådan viden vil kunne medvirke til, at forbruget af hjælpestoffer kan nedbringes og evt. også forbedre det vandbehandlingsmæssige resultat. Det er dog vigtigt at understrege, at den forlængede behandlingstid med reducerede koncentrationer kun er afprøvet på forholdsvis få dambrug og under de enkelte dambrugs givne betingelser. Man kan altså ikke ud fra disse forsøg konkludere, om man generelt kan anvende metoden på alle anlæg, dertil er de danske dambrug for forskellige i udformning og drift.

Summary

The aim of the project is to minimize the consumption and the discharge of chemicals used in aquaculture. Toxicity tests were made in the laboratory to show at which concentration it is possible to kill parasites and how the duration of the treatment influences mortality.

The chemicals formaldehyde and hydrogen peroxide were tested and subsequently the results were implemented in the fish farms. *Gyrodactylus derjavinooides* (former called *G. derjavini*) and the theront stadium of the ciliate *Ichthyophthirius multifiliis* (white spot disease) were used as test organisms. Sodium perkarbonat was used as hydrogen peroxide compound. For both chemicals there was a positive relationship between the concentration and the mortality of the parasites, between the duration of treatment and mortality, and between the temperature and mortality of parasites.

I. multifiliis was more sensitive to treatment with formaldehyde at the same temperature than *G. derjavinooides* which needed a 5-7 times longer treatment period before the same effect was achieved, where half of the organisms died (LT_{50}). For hydrogen peroxide, the difference was greater so *I. multifiliis* was 20 times more sensitive to treatment than *G. derjavinooides*. Corresponding differences can be expected among other parasites not tested in this investigation. At 21 °C a concentration of 8 mg/l formaldehyde was able to kill *G. derjavinooides* whereas the double concentration was needed at 12 °C to obtain the same effect. *I. multifiliis* was killed after 2.5 hours at 22 °C with a concentration of 2.6 mg/l whereas the double concentration was needed to kill the parasites at 12 °C with the same treatment period. Treatment with sodium perkarbonat killed *G. derjavinooides* after 8 hours with a concentration of 10.3 mg/l at 12 °C whereas it was sufficient to treat *I. multifiliis* for 2 hours with a concentration of 2.6 mg/l. To obtain the same effect within the same treatment period when the temperature is dropped by half, the concentration must be increased by 50 per cent.

When transferring the toxicity test to practical experiments in fish farms at a temperature of 12-14 °C and treatment duration of 4-6 hours, so the treatment could be done within a normal working day, a concentration of 15 mg formaldehyde/l and 8 mg hydrogen peroxide/l was used.

Treatment of fish ponds at low concentrations of chemicals combined with longer treatment periods makes it necessary to close the inlet and outlet of the ponds. By using an aerator, the oxygen level never falls with more than 1.5 mg/l. If the aerator is furthermore placed centrally in the pond, complete chemicals like salt, formaldehyde and sodium per carbonate can be totally mixed in the water in less than 15 minutes. By using a recirculation pump in stead of an aerator the mixing takes hours or at least double of the hydraulic retention time. It is necessary to know the volume of the water bodies in order to calculate the treatment dose. Different methods were applied, but the most precise method was to add salt to the pond, mix it and measure the increase in conductivity and

compare the value with the conductivity for a known salt concentration, and then divide the added amount of salt with the concentration.

With a treatment period of 5-6 hours, a stable concentration of the chemical is required during the entire period. For formaldehyde the degradation is so slow in a traditional pond that the initially added amount of formaldehyde is sufficient for the treatment. Treatment with hydrogen peroxide is more problematic as an instantaneous decomposition takes place due to organic matter in the water and on the surface of the pond. Subsequently, a time proportional decomposition of the hydrogen peroxide left in the pond takes place. In the experiments, we used sodium per carbonate which is easily solved in water containing partly hydrogen peroxide and partly carbonate. Between one fifth and half of the added hydrogen peroxide could be lost to the atmosphere momentarily, and the rest by a degradation rate reducing the concentration by 50 per cent in 40-80 minutes. In this case, it was necessary to add more sodium per carbonate regularly in order to maintain the required concentration for the treatment. Analytical test strips (Merck) were used to control the concentration on location, but normally it tested about 2 mg/l hydrogen peroxide lower than the real concentration.

In some fish ponds, the water level can even be lowered during treatment, and the total amount of chemical used for treatment can then be reduced further.

The effect of treatment with formaldehyde in ponds

Three fish farms infected with different species of parasites were treated with formaldehyde. One farm (Mølbak) was slightly infected, another (Toudal) was moderate infected and a third (Silstrup) was heavily infected, especially with white spot disease. The ponds were treated with 12-18 mg/l formaldehyde, which is 1/5 of normal practice, and the concentration was kept for 4-6 hours. At Mølbak and Silstrup fish farms, the fish reacted by flickering after ½ -1 hour, but otherwise no negative reactions were observed during the treatment. As a result of the treatment, all parasites on the fish were killed after four hours in the slightly infected ponds at Mølbak. The two others fish farms had to be treated repeatedly up to 5-6 times because they were infected with white spot disease. For the heavily infected Silstrup fish farm, the mortality was lowered after each treatment. Longer treatment periods with reduced concentrations were as effective as the traditional treatment with high concentrations over a short period. The number of required treatments depends on the species and the level of infection in the fish and the ponds. The following parasites were affected by the treatment: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (former called *Costia*), *Trichodina* spp., *Gyrodactylus* sp. and Sessile ciliates (*Apiosoma* sp./ *Ambiphrya* sp./ *Epistylis* sp.). White spot disease (*I. multifiliis*) was also affected if the treatment was repeated regularly.

The effect of treatment with hydrogen peroxides in ponds

Three fish farms were treated with hydrogen peroxide: Mølbak, which was slightly infected and Staulund and Toudal fish farms that were

moderately infected with parasites. Hydrogen peroxide was added as sodium per carbonate, and with a high rate of decomposition it was necessary to control the concentration on site and supply with further sodium per carbonate more times. In this way, it was possible to keep the concentration between 5 and 10 mg/l hydrogen peroxide during the 5-8-hour treatment.

At Mølbak where the infection was very low, it was not possible to observe any effects on the parasites. The fish were not affected by the treatment even after 8 hours and a concentration during the final period of 8-15 mg/l. At Staulund fish farm, the hydrogen peroxide killed the following parasites: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (former called *Costia*), *Trichodina* spp. og *Gyrodactylus* sp., and the effect was already observed after two hours of treatment, although it had no effect on the white spot disease parasite on the fish. The treatment had a positive influence on the appetite of the fish and the gills were fine, but at the end of the treatment and on the following day, a tendency of bleeding from the gills was observed. At the Touldal fish farm the gills were covered with a lot of mucous and were infected with white spot disease. The treatment was repeated with an interval of a few days up to five times. After the third treatment, white spot disease parasites did no longer appear on the gills.

A single treatment with hydrogen peroxide at concentrations around 8 mg/l kills many different parasites, but further treatments are required to eliminate the white spot disease infection. In order to compare the effect of different treatments with different chemicals, six identical ponds at Touldal fish farms were treated in different ways. One pond was treated as usual with high formaldehyde concentrations over a short period of time. One pond was treated with 1/5 of the same concentration, but over a period of 4 hours. Two other ponds were treated with hydrogen peroxide like the ponds with formaldehyde and a further two ponds were treated with Virkon S. All treatments had a similar degree of effectiveness on parasites, which indicates that treatment with 1/5 of the usual concentration of formaldehyde or hydrogen peroxide is sufficient when the duration of the treatment is extended to 4-6 hours.

The hydrogen peroxide had an effect at a concentration of 8-15 mg/l with a treatment period of 4-6 hours on the following parasites: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (former *Costia*), *Trichodina* spp., *Gyrodactylus* sp. An infection with white spot disease (*I. multifiliis*) could be eliminated if the treatment was repeated several times.

Effects of formalin and hydrogen peroxide in closed systems with submerged biofilters

Water recirculation aquaculture systems (RAS) are typically equipped with biofilters functioning as treatment units to reduce dissolved organic matter and nitrogenous compounds. Uses of therapeutants in RAS are often inevitable, with unintended risks of impairing biofilter functions. The project investigated use of formalin and hydrogen peroxide in terms of biodegradation and biofilter tolerance.

Experiments with formalin showed that the rate of formaldehyde biodegradation increased significantly when formalin was applied regularly. In pilot scale systems, daily addition of formaldehyde resulted in surface specific removal rates up to $25 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. Prolonged treatment with formaldehyde concentrations of 10 and 20 ppm in closed systems did not affect the fish compared with untreated systems, neither did the biofilter performance. The results indicate that the prolonged treatments with formaldehyde at lower concentrations are an applicable alternative to existing treatment practices.

Experiments with sodium per carbonate showed that decomposition rates depended on the amount of dosage and on the water quality in terms of organic matter content. Use of sodium per carbonate subsequently resulted in a markedly increase in both pH and oxygen. The fish health or survival was not affected in the present treatment (dosage concentration from 10 to $100 \text{ g sodium-perkarbonat}\cdot\text{m}^{-3}$). Some of the experiments caused temporarily impairment of the biofilter in the form of nitrite accumulation when compared with untreated systems. Sodium per carbonate degradation was found to be positively correlated to fish biomass, i.e. half of the amount of hydrogen peroxide had disappeared within five hours in systems with $75 \text{ kg biomass}/\text{m}^3$.

PerAqua Plus (per acetic acid/hydrogen peroxide compound) was found to degrade at a similar first-order kinetic rate when applied to closed pilot scale RAS. Experiments in closed setups showed that PerAqua concentrations at $25 \text{ ml}/\text{m}^3$ had negative effects on the nitrification of the biofilter in terms of nitrite accumulation. Applications with PerAqua in pilot scale RAS with fish caused relatively rapid decomposition of hydrogen peroxide with moderate oxygen liberation, and treatment with either 5 or $15 \text{ ml Peraqua}/\text{m}^3$ did not impair biofilter stability. Six simulated bath treatments with PerAqua of one-hour duration ($C_0 = 10, 20, 30, 40, 50 \text{ \& } 60 \text{ ml}/\text{m}^3$) showed that the fish were negatively affected at concentrations from $30 \text{ ml}/\text{m}^3$, whereas mortality was observed at the higher concentrations.

Experience with the use of hydrogen peroxide in RAS is limited, and due to potential associated risks it is still not used routinely. Prolonged formalin treatment at lower concentrations seems a possible alternative treatment practice to be used in RAS.

Treatment with formaldehyde in a fish farm with water recirculation and submersed bio filters

The intention was to follow the concentration in two connected raceways, and the water flow was driven by airlifts. The experiment was performed at Kongeåen fish farm. The degree of recirculation was 90 % and the water ran from the raceways to a lagoon before running into the river. 150 l of 37 % formaldehyde was added for 10 minutes, hereby creating a pulse of formaldehyde with an initial concentration of $130 \text{ mg}/\text{l}$. If the added formaldehyde had been mixed up in the total water body instantaneously, the theoretical concentration should be $22 \text{ mg}/\text{l}$. Mixing was not completed until after seven hours. The rate of decomposition was in the same magnitude as for the experimental biofilters and the formaldehyde was zero after 17 hours. To keep the same concentrations

as used for the pond experiments of 15 mg/l over 4-6 hours, the treatment strategy for recirculated raceways could be to add the formaldehyde over the duration required for one circulation to achieve a better mix with the water body. A subsequent supply of formaldehyde should be added concurrently and at the same rate as the decomposition of formaldehyde happens in the biofilter, so the concentration can be kept as long as necessary to obtain an effective treatment.

1 Projektets formål

Projektets titel er Minimering af Forbrug og Udledning af Miljøfremmede Stoffer i Forbindelse med Anvendelsen af Medicin og Hjælpstoffer i Akvakultur.

Formålet med projektet er at reducere dambrugets mængde og maksimale koncentrationer af hjælpestoffer ved alternative doseringer og ved at reducere den eksponerede vandmængde. Herved er der håb om, at behandlingerne samtidig kan gøres mere effektive. Projektansøgningen var et led i en større ansøgning, der af bevillingsmæssige grunde blev reduceret til hjælpestofferne formalin og brintoverilte, hvor behandlingseffektiviteten af reducerede koncentrationer blev undersøgt i traditionelle dambrug. Samtidig blev det undersøgt, om også stofmængderne kunne reduceres. I recirkulerende anlæg med biofiltre skulle undersøges, om disse tog skade af de anvendte behandlingskoncentrationer. Ligesom det skulle undersøges hvad omsætningen var for hjælpestofferne, og hvilken strategi der skulle vælges for udledningen, således at koncentrationerne fra dambrug blev så små som mulig. Resultaterne af hjælpestofundersøgelserne vil sammen med nye doseringskoncentrationer og stofmængder kunne indgå i dambrugsmodellen til beregning af stofkoncentrationer rundt i dambruget. Hermed kan beregnes om udledningen kan overholde de udmeldte vandkvalitetskrav i vandløbene nedstrøms dambrugene.

Projektet omfatter nogle af de mest påkrævede opfølgninger, som blev afdækket i "Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel (medicin og hjælpestoffer – fase 2), som blev gennemført i perioden sommer 2002-forår 2004 og publiceret i DFU-rapport (Pedersen et al., 2004).

Forbruget af medicin og hjælpestoffer er i høj grad i fokus i dambrugsadministrationen og har især givet problemer i forbindelse med de individuelle miljøgodkendelser. Generelt efterlyses der en evaluering/optimering af behandlingspraksis og en efterprøvet viden omkring specifikke rensningsforanstaltningers effekt under praktisk dambrugsdrift med henblik på reduktion af forbruget og udledning af hjælpestoffer, således at dambrugene kan overholde de nyligt opstillede vandkvalitetskriterier (VVK) (Miljøstyrelsen, 2005 og Bekendtgørelse 1669 af 2006). Tilladelsen til at opretholde en fiskeproduktion kræver en miljøgodkendelse, inklusiv udledningstilladelse. Heri angives retningslinier for behandlingspraksis, der dokumenterer, at udledningsværdierne fra en række medicin og hjælpestoffer overholder de fastsatte udledningskrav.

Forsøgsordningen for modeldambrug implementerer en høj grad af genanvendelse af vandet og fordrer, at de hidtidige behandlingsrutiner evalueres og optimeres, ikke mindst af hensyn til de biologiske filtre som er en integreret del af modeldambrugene.

Den højere grad af recirkulering, som også finder sted i de traditionelle dambrug, vil sandsynligvis medføre at behandlingskoncentrationerne for de aktuelle stoffer kan nedsættes, da eksponeringstiden i forhold til traditionelle gennemstrømningsanlæg vil være væsentlig forøget.

2 Indledning

Hvor stor en reduktion af behandlingskoncentrationerne, der kunne opnås, blev undersøgt under laboratorieforhold, hvor dosis-responsforholdene med formalin og brintoverilte blev undersøgt. Forsøgene blev udført med to arter af parasitter: den monogene fladorm *Gyrodactylus derjavinooides* (tidligere *G. derjavini*) og theront stadiet af ciliaten *Ichthyophthirius multifiliis* (fiskedræber). Forsøgene blev udført med formaldehyd og brintoverilte ved to forskellige temperaturer. For *G. derjavinooides* var temperaturerne 11-13 °C og 21 °C og for *I. multifiliis* var temperaturerne 12 °C og 22 °C.

De fundne effektive behandlingskoncentrationer og behandlingstider blev afprøvet på 4 traditionelle dambrug med og uden recirkulering. Effektiviteten af behandlingen blev bedømt ud fra veterinære observationer af en dyrlæge, hvor parasiternes overlevelse i slim fra gæller og hud blev vurderet. Behandlingen blev gentaget flere gange, afhængig af sygdomsbilledet. Indledningsvist blev det undersøgt, om fiskene kunne overleve i en dam, hvor der var lukket for ind og udløb i op til 8 timer. Det blev også undersøgt, om det var muligt på simpel måde at opretholde en passende iltkoncentration. Samtidigt skulle doseringen af stoffet være enkel, og en hurtig opblanding af hjælpestof være mulig. Da omsætningen af brintoverilte er hurtig i damme, blev det undersøgt, om det på stedet var muligt at anvende brintoveriltefølsomme sticks til angivelse af koncentrationen. På den baggrund kunne det vurderes om der yderligere skulle tilsættes brintoverilte til opretholdelse af den ønskede behandlingskoncentration. For at kunne behandle med en bestemt koncentration er det nødvendigt at kende vandvolumen rimelig præcist, så den rette mængde stof kan tilsættes.

Produktionsanlæg med en høj grad af vandgenanvendelse har en lang række veldokumenterede drifts- og miljømæssige fordele i forhold til traditionelle gennemstrømningsanlæg (Thomsen et al, 2005; Piedrahita, 2003). Blandt de driftsmæssige udfordringer for recirkulerede anlæg er sikring af god vandkvalitet - og dermed tilfredsstillende betingelser for såvel fiskene i anlægget som mikroorganismene i anlæggets centrale rensningselement - biofiltret. Den kemiske vandkvalitet kan delvis reguleres ved dosering af hjælpestoffer som kalk, salt og ilt, mens desinfektionsmidler som formalin og brintoverilte bruges til at forbedre den biologiske vandkvalitet især via bekæmpelse af parasitter og en general antimikrobiel virkning.

Brugen af hjælpestoffer i recirkulerede anlæg med biofilter er forbundet med flere forbehold. Doseringsmængde og behandlingsperiode skal have en tilstrækkelig effekt overfor målorganismene (parasitter, bakterier m.v.), og samtidig skal det sikres at biofiltret ikke "går ned", ligesom restudledningen fra dambruget skal overholde de velkendte vandkvalitetskriterier. Nogle af brintoverilteprodukterne udvikler betydelige mængder ilt, som kan medføre iltovermætning til skade for fiskene (Livingstone, 2003), og pH kan ligeledes øges betydeligt med vandbehandling med risiko for beskadigelse af biofilmen og til gene for fiskene.

Følgende betydende forhold gør sig gældende ved brug af desinfektionsmidler i recirkulerede anlæg med biofiltre:

- Behandlingseffektivitet
- Fiskenes evne til at tåle desinfektionsmidlet
- Biofilter påvirkning
- Hjælpestoffets omsætningsrate
- Arbejdsmiljø

Det bemærkes, at behandlingen er en funktion af stofkoncentration og eksponeringstid.

Ved vandbehandling tilføres hjælpestoffet i vandfasen hvor en behandlingskoncentration ønskes opretholdt i en given periode. Alt efter systemets indretning og praksis kan vandbehandlingen foregå udelukkende i produktionsenheden eller ved at recirkulere over biofiltrene. Såfremt biofiltrene friholdes under behandlingen, risikerer man, at behandlingen er utilstrækkelig, da parasitterne i biofiltrene eventuelt går ram forbi. Efter behandlingsperioden udledes den eventuelle overskydende mængde typisk til en plantelagune, inden det yderligere fortyndet ledes til recipienten.

De enkelte dambrugere skal sammen med dyrlægen træffe et valg med hensyn til behandlingsstrategi, der dels sikrer en effektiv behandling, men også efterlever myndighedernes krav til udledningen. Denne strategi kunne være behandling med lavere koncentrationer i længere tid, brugen af alternative hjælpestoffer eller en decideret efterbehandling evt. i form af et biologisk filter (*end of pipe-treatment*).

Undersøgelse af hjælpestofforbruget i recirkulerede anlæg er interessant af flere erhvervs- og forskningsmæssige grunde:

- hvorledes doseres hjælpestoffet mest optimalt (effekt, sikkerhed og økonomi)
- hvorledes undgås negative indvirkning på biofiltret (ophobning af affaldsstoffer; ændringer i ilt og pH)
- udviklingstendens hen mod øget recirkulering
- øgede arbejds- og sikkerhedsmæssige krav
- skærpede udlederkrav
- behov for alternative hjælpestoffer

Under kontrollerede laboratorieforhold er der benyttet 6 parallelle forsøgsanlæg for at kunne belyse de ovennævnte forhold for recirkulerende anlæg. Formalinomsætningen er efterfølgende blevet undersøgt på et stort modeldambrug under vanlige produktionsvilkår, hvor formalinomsætningen er sammenlignet med et stof, der ikke omsættes, så omsætning og fortynding kan følges til udledningen i åen fra plantelagunen.

Anvendelsen af formalin sker i betydeligt omfang på recirkulerede anlæg (Dansk Akvakultur, 2007) til bekæmpelse af især fiskedræber og *Ichthyobodo necator* (tidligere *Costia*). Vandbehandlingen med formalin er effektiv og påvirker hverken fisk eller biofiltrene negativt. Formalin er således i mange tilfælde det hjælpestof, dambrugeren er mest fortrolig

med og nødigt vil undvære. Af arbejdssikkerhedsmæssige grunde forventes brugen af formalin dog at udfases inden for en kortere årrække i EU (Wooster et al, 2005, EU), og samtidig kan brugen af formalin som nævnt være i konflikt med de opstillede vandmiljøkrav. Det synes derfor oplagt at undersøge alternative, mindre skadelige og lettere nedbrydelige hjælpestoffer, men også her og nu at optimere den nuværende praksis med brug af formalin, så den samlede mængde reduceres.

Mængden af anvendt brintoverilte bør også som udgangspunkt mindskes mest mulig. Dette både af miljømæssige og økonomiske grunde. Brintoverilte er defineret som et miljøfremmed stof, som derfor også er reguleret gennem Bekendtgørelse 1669 af 14. december 2006 *om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet*. I bekendtgørelsen § 13 kræves der, at udledningen af miljøfremmede stoffer begrænses ved hjælp af den bedste tilgængelige teknik. Dette medfører altså, at dambrugeren er forpligtiget til at udlede så lidt brintoverilte som overhovedet muligt. Herudover er der selvfølgelig det økonomiske aspekt. Brintoverilte er relativt dyrt, og dambrugeren er derfor interesseret i at reducere forbruget til en så lav mængde som muligt. Der er udført en række forsøg med brintoverilteprodukterne natriumperkarbonat (BioCare®) og pereddikesyre/brintoverilte (Per-Aqua Plus®).

3 Formalin

3.1 Normal behandlingspraksis for formalin

Formalin anvendes i stort omfang i det danske dambrugserhverv. Stoffet anvendes i forbindelse med bekæmpelse af forskellige parasitinfektioner på fisk og ved svampeangreb på befrugtede æg.

3.1.1 Anvendelsesmåde + dosering

I Danmark anvendes formalin på mange forskellige måder afhængig af vandtemperatur, vandflow, fiskestørrelse, konstruktion af opdrætsenheder, graden af recirkulering og især dambrugsspecifikke erfaringer. Doseringen afhænger især af det sidste. Altså hvad man er vant til på de enkelte anlæg. Af konkrete doseringsvejledninger er der kun få, men i litteraturen findes der dog især vejledende dosering i gennemstrømsanlæg. I Danmark tager man oftest udgangspunkt i de vejledende doseringer som Forsøgsdambruget i sin tid udsendte (Meddelelse fra Forsøgsdambruget nr. 84, marts 1994):

I kumme/bassiner:

37 % formalin: 1: 4000 = 0,25 l. pr 1 m³ vand i 1 time, svarende til 100 mg/l

I damme:

37 % formalin: 1: 6000 = 0,17 l. pr 1 m³ vand i 1 time, svarende til 70 mg/l

Erfaringsmæssigt ligger dosis normalt fra 80-100 mg/l i damme.

Effekten af formalin er meget temperaturafhængig, så dosis sættes normalt op ved lavere vandtemperaturer (< 8 -10 °C), mens man ved vandtemperaturer over 15 grader bør reducere dosis. Doseringen har taget udgangspunkt i at man skulle opnå en koncentration, der var letal for parasitten/svampen uden at dræbe fisk eller æg.

Ved anvendelse af recirkuleringsteknikker bliver opholdstiden af formalin i vandet forøget. Dette har medført, at der forsøgsvis har været anvendt en mindre dosering end det ovenstående nævnte. Registrering af doser / koncentrationer / behandlingstider har dog hidtil været mangelfuld. Flere anlægsejere har dog gennem de sidste 5-10 år tilkendegivet, at man kunne opnå samme effekt ved at nedsætte doseringen, hvis opholdstiden blev forøget.

Formålet med forsøgene er på baggrund af ovenstående at belyse, om mængden af anvendt formalin kan nedsættes, uden det samtidig går ud over effektiviteten af den vanddesinficerende behandling, samtidig med at fiskenes helbred og velfærd stadig tilgodeses bedst muligt. Der ønskes en mere faglig funderet behandlingsdosering tagende udgangspunkt i laboratorieforsøg og efterfølgende dokumentation under praktiske dam-

brugsforhold. Udgangspunktet var at fastslå, om formalins dræbende effekt overfor parasitter sker ved en given koncentration, som er uafhængig af behandlingstid, eller om den dræbende effekt sker som en funktion af både koncentration og behandlingstid, hvilket i teorien skulle medføre at mængden af tilsat formalin kan mindskes ved at sænke koncentration samtidig med, at behandlingstiden forlænges.

3.1.2 Formalin som kemisk stof

Formalin er en vandig opløsning af formaldehyd, H_2CO . Formaldehyd vil i ren form kun findes som en gas ved temperaturer over -19 grader, men det er let vandopløseligt og sælges i koncentrationer på op til 37 %. I 1 liter 37 % formaldehyd er der 0,4033 kg formaldehyd. I dette kapitel er formalinkoncentrationen angivet som mg formaldehyd pr. liter.

3.2 Dosis-respons resultater ved behandling med formaldehyd

Formålet er at undersøge, om der er en positiv sammenhæng mellem koncentrationen af formaldehyd og dødeligheden af parasitterne i laboratorieforsøg, og om der ligeledes kan findes en positiv sammenhæng mellem behandlingstiden og parasitdødeligheden og mellem temperaturen og parasitdødeligheden.

Forsøgene blev udført med to arter af parasitter: den monogene fladorm *Gyrodactylus derjavinoïdes* (tidligere *G. derjavini*) og theront stadiet af ciliaeten *Ichthyophthirius multifiliis*. Forsøgene blev udført med formaldehyd (FMH) ved to forskellige temperaturer. For *G. derjavinoïdes* var temperaturerne $11-13$ °C og 21 °C og for *I. multifiliis* var temperaturerne 12 °C og 22 °C.

3.2.1 Metode

Gyrodactylus derjavinoïdes forsøg

Forsøgene blev udført med sygdomsfrie regnbueørreder fra Dansk Center for Vildlaks (DCV). Et 80 l akvarium indeholdende 60 l hanevand blev sat op med 32 regnbueørreder. Akvariet var forsynet med et internt Eheim biofilter (10 l/min) til omdannelse af ammoniak og nitrit. Halvdelen af vandet blev udskiftet to gange om ugen, og fiskene blev fodret med ca. 2 vol % (Biomar) hver anden dag. Fiskene blev inficeret med *G. derjavinoïdes* ved at tilsætte en stærkt inficeret regnbueørred (500-1000 parasitter). Behandlingsforsøgene blev udført fra 28-40 dage efter inficeringen. Der blev behandlet med 8, 32 og 64 mg/l (ppm) af formaldehyd (FMH) og natriumperkarbonat (NPK) ved temperaturerne $11-13$ °C og 21 °C. Antallet af parasitter blev talt efter 0, 2, 4, 8 og 22 timer. Tre akvarier (7 l forsøgsakvarier indeholdende 5 l hanevand) med to fisk i hver blev anvendt ved hver koncentration og hver temperatur (i alt 36 fisk). I hver forsøgsenhed blev ét akvarium behandlet med formaldehyd, ét med natriumperkarbonat, og ét blev kørt som et ubehandlet kontrolakvarium. Ved behandling blev tilsat 1 l hanevand med en mængde opløst stof, som gav den ønskede koncentration i 6 l, og i kontrolakvariet blev tilsat 1 l rent hanevand.

***Ichthyophthirius multifiliis* forsøg**

Forsøgene blev udført med theronter, som er det fritsvømmende infektiøse stadium i parasitens livscyklus (figur 3.18). Til forsøgene blev anvendt en glasplade med konkave 1 ml brønde, og de blev kørt som et set-up med fire brønde. En brønd med natriumperkarbonat, en brønd med formaldehyd og to tilhørende kontrolbrønde uden aktivt stof. Til hver brønd blev tilsat 75 µl vand med theronter. Herefter blev tilsat 75 µl opløst stof med dobbelt koncentration af den ønskede forsøgskoncentration. Samlet volumen var på 150 µl. Antallet af levende theronter blev talt til tid 0 og med 15 minutters intervaller. Lyserede og deformerede theronter og theronter med manglende ciliebevægelser blev regnet for døde.

3.2.2 Resultater

***Gyrodactylus derjavinoide*s forsøg**

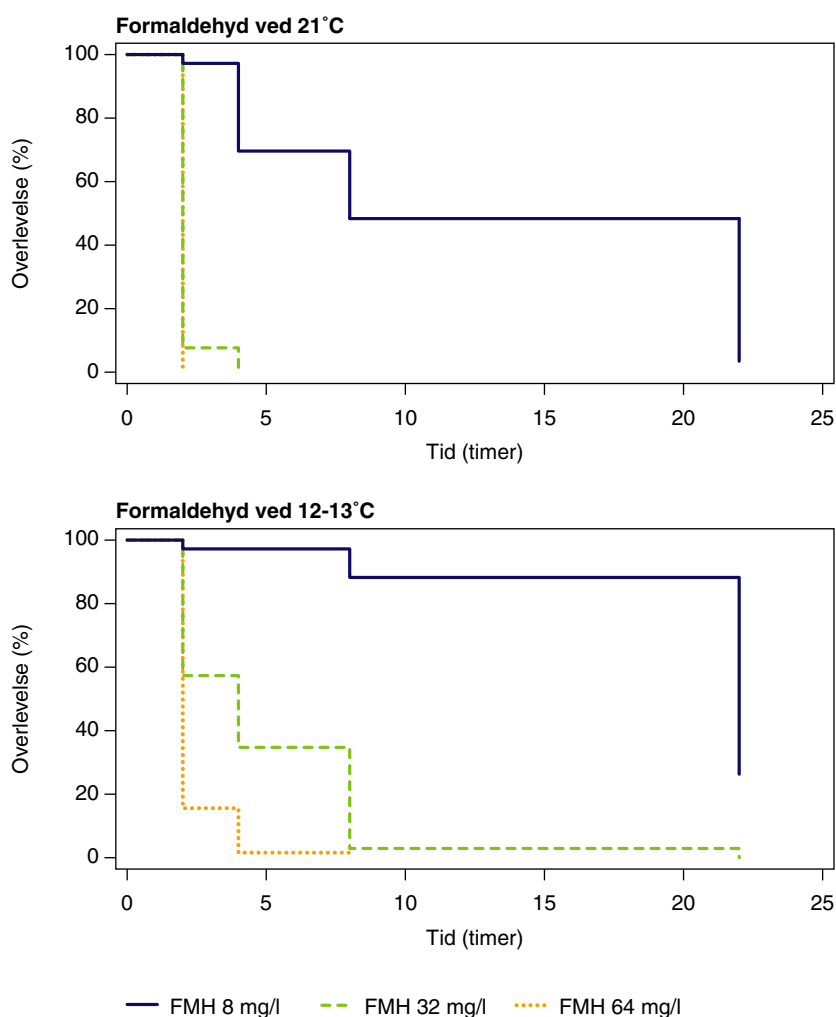
Behandling af *G. derjavinoide*s med formaldehyd ved 21° Celsius

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af formaldehyd. Ved behandling af *G. derjavinoide*s med 64 mg/l formaldehyd var alle parasitter forsvundet efter 2 timer ved 21 °C (figur 3.1). Behandlingen med 8 mg/l formaldehyd var også virksom og antallet af parasitter faldt løbende hen over behandlingstiden (figur 3.1). Ved 21 °C var der signifikant forskel i parasitdødeligheden mellem alle tre koncentrationer (Log Rank test, med Bonferronikorrektion (BK) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$).

Behandling af *G. derjavinoide*s med formaldehyd ved 11-13° Celsius

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af formaldehyd. Ved behandling af *G. derjavinoide*s med 64 mg/l formaldehyd var alle parasitter forsvundet efter 8 timer ved 11-13 °C (figur 3.1), hvorimod der var få procent overlevende ved dosering med 32 mg/l. Ved 8 mg/l var der selv efter 22 timer ca. 25 % levende. Der var signifikant forskel i parasitdødeligheden mellem alle tre koncentrationer (Log Rank test, med Bonferronikorrektion (BK) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$). Ved sammenligning af de to temperaturer var der signifikant højere parasitdødelighed ved den høje temperatur ved alle tre koncentrationer (figur 3.1).

Figur 3.1 Kaplan-Meyer plot af overlevelsen hos *Gyrodactylus derjavinoides* ved tre forskellige koncentrationer af formaldehyd og to forskellige temperaturer, som funktion af behandlingstiden. Ved sammenligning af de forskellige koncentrationer var der signifikant forskel i overlevelse (Log Rank test, med Bonferroni-korrektion (Bk) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$). Der var ligeledes signifikant forskel i dødelighed ved sammenligning indenfor de forskellige koncentrationer mellem de to temperaturer (Log Rank test, (Bk); $P < 0,017$). De tilhørende kontroller er ikke vist, men lå mellem 98 og 123 % (formering af parasitter) efter 22 timer. Fiskene i hvert replikat, inklusiv kontrollerne, var inficeret med 91-578 parasitter.



Ichthyophthirius multifiliis forsøg

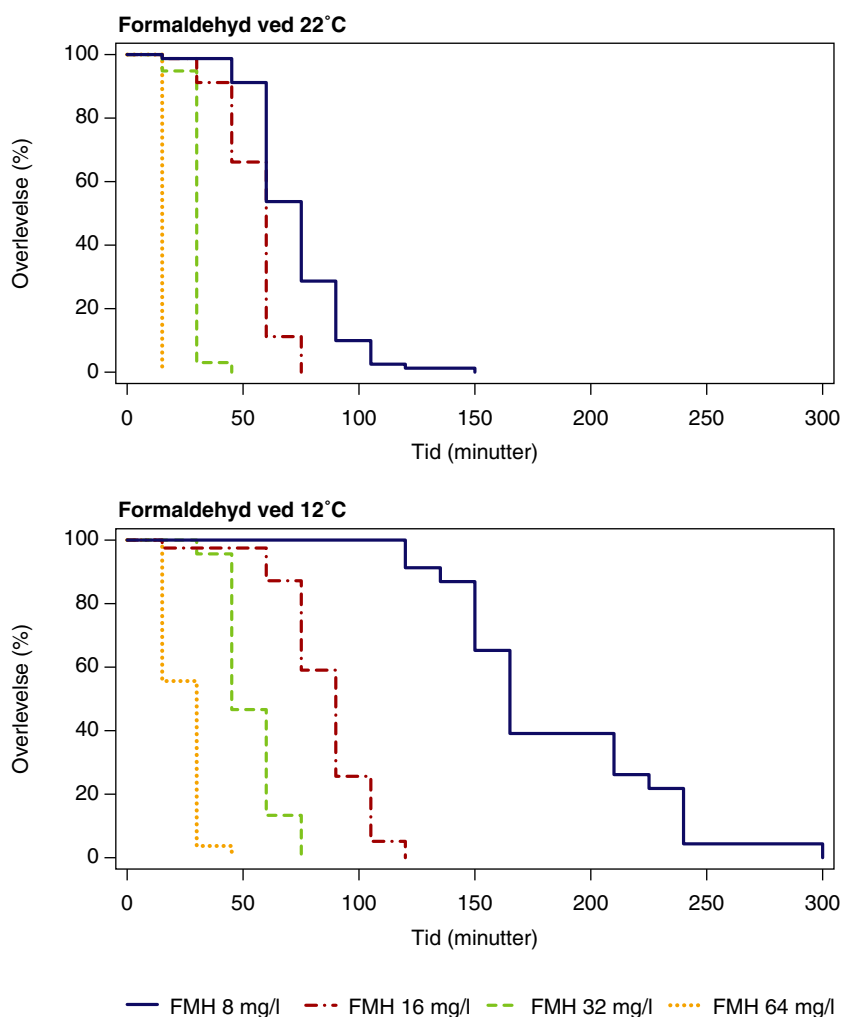
Behandling af *Ichthyophthirius multifiliis* med formaldehyd ved 22 °Celsius

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af formaldehyd. Ved behandling med 64 mg/l formaldehyd var alle parasitter døde efter 15 minutter (figur 3.2). Til sammenligning tog det 150 minutter ved samme temperatur og 8 mg/l. Der var signifikant forskel i dødeligheden af parasitterne mellem alle fire koncentrationer (Log Rank test, med Bonferronikorrektion (BK) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$) (figur 3.2).

Behandling af *Ichthyophthirius multifiliis* med formaldehyd ved 12 °Celsius

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af formaldehyd. Ved denne temperatur var alle parasitter døde efter 45 minutter ved en koncentration på 64 mg/l (figur 3.2). Ved behandling med 8 mg/l var alle parasitter døde efter 300 minutter. Der var signifikant forskel i parasitdødeligheden mellem alle fire koncentrationer (Log Rank test, med BK; $P < 0,017$) (figur 3.2). Ved sammenligning af formaldehydbehandlingerne ved de to temperaturer var der signifikant højere dødelighed ved 22 °C indenfor alle koncentrationer (Log Rank test, med BK; $P < 0,017$).

Figur 3.2 Kaplan-Meyer plot af overlevelsen hos *Ichthyophthirius multifiliis* theronten ved fire forskellige koncentrationer af formaldehyd og to forskellige temperaturer, som funktion af behandlingstiden. Ved sammenligning af de forskellige koncentrationer var der signifikant forskel i overlevelse (Log Rank test, med Bonferronikorrektion (Bk) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$). Der var ligeledes signifikant forskel i dødelighed ved sammenligning indenfor de forskellige koncentrationer mellem de to temperaturer (Log Rank test, (Bk); $P < 0,017$). De tilhørende kontroller er ikke vist, men lå mellem 100 og 95 % overlevelse.



3.2.3 Konklusion

For de 2 parasitter *Gyrodactylus derjavinooides* (tidligere *G. derjavini*) og therontstadiet af ciliaten *Ichthyophthirius multifiliis* blev der fundet en positiv sammenhæng mellem koncentrationen af formaldehyd og dødeligheden af parasitterne. Der blev ligeledes fundet positiv sammenhæng mellem behandlingstiden og parasitdødeligheden og mellem temperaturen og parasitdødeligheden.

Tabel 3.1 LC50 for *G. derjavinooides* ved behandling med formaldehyd i to timer og ved to temperaturer LC50 er den koncentration, der slår 50 % af organismene ihjel. LC50 koncentrationerne er udregnet som beskrevet nedenfor.

LC50 for 2 timer		
Temperatur	22 C°	11-13 °C
Formaldehyd	18 mg/l	33 mg/l

De to arter af parasitter havde forskellig følsomhed over for formaldehyd anvendt til behandling. Således var *I. multifiliis* mere følsom end *G. derjavinooides* under de pågældende forsøgsopsætninger (tabel 3.1 og 3.2). Behandlingstiden skal være 5-7 gange længere for *G. derjavinooides* end for *I. multifiliis* for at opnå den samme effekt, hvor halvdelen af parasitterne dør (LT50). Yderligere er beregnet LT95, hvor 95 % af *G. derjavinooides* er døde, og det tager ca. 3-4 gange så lang tid som for LT50. LC50 værdien bliver dobbelt så stor når temperaturen halveres. Tilsvarende forskelle

kan forventes blandt andre parasitter, som ikke er med i denne undersøgelse. Beregningerne for LC og LT er foretaget ved at transformere % døde parasitter til probit-værdier (vha. en probittabel) og transformere dosis (ved LC udregning) eller tid (ved LT udregning) til Log_{10} værdier. Herefter udføres lineær regression, og ligningen for den lineære linie anvendes til bestemmelse af LC- og LT-værdierne (tabel 3.2), som beskrevet i Gad, 2005.

Tabel 3.2 Sammenligning af LT50 og LT95 værdier for de to arter af parasitter ved behandling med forskellige koncentrationer af formaldehyd. Ved behandling af *G. derjavinooides* er beregnet tiden til 50 % dødelighed (LT50) og LT95 ved forskellige koncentrationer af formaldehyd (FMH). Tiderne til 50 og 95 % dødelighed er beregnet som beskrevet ovenfor. Ved en halveringstid omkring (-) eller mindre end (<) 2 timer er LT50 og LT95 ikke udregnet, men skønnet ud fra en vurdering af data. LT værdierne er estimeret fremkommet ved beregninger, og ekstrapolering af data og bør anvendes herefter.

Temperatur	22 °C			11-13 °C		
	8 mg/l	32 mg/l	64 mg/l	8 mg/l	32 mg/l	64 mg/l
<i>G. derjavinooides</i> LT50	6,6 timer	< 2 timer	< 2 timer	14,5 timer	2,6 timer	< 2 timer
<i>G. derjavinooides</i> LT95	19,2 timer	~ 2 timer	< 2 timer	54,1	7,3 timer	2,8 timer
<i>I. multifiliis</i> LT50	58 min	21 min	<15 min	2 t 50 min	45 min	16 min

3.3 Forudsætninger for at behandle damme

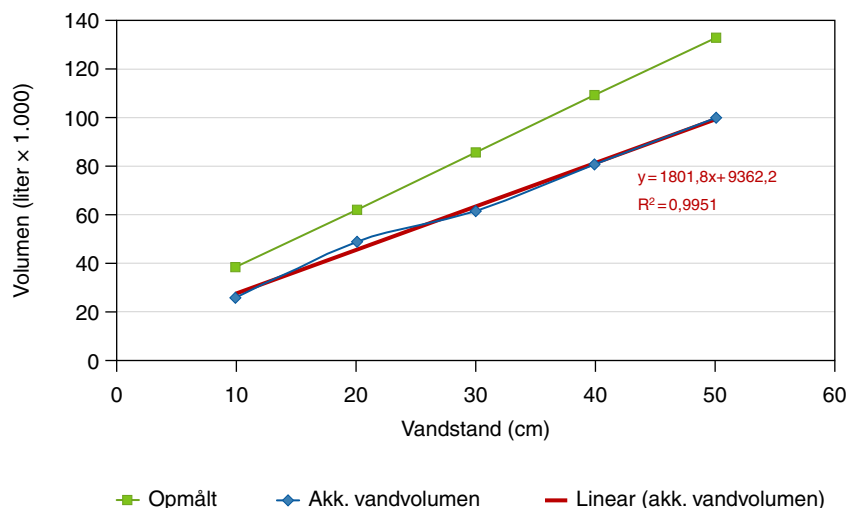
For at kunne behandle damme med en bestemt koncentration over længere tid er det nødvendigt at lukke for ind og udløb af dammen. Da fiskene konstant kræver ilt, er der undersøgt effektiviteten af 3 iltningmuligheder: Recirkulering, keramiske diffusere og padlebelufte. Da koncentrationen af hjælpestoffer skal holdes over tid, er der undersøgt muligheden af at opblande større volumener vand. Desuden er undersøgt om reduktionsraterne af formalin og brintoverilte er så store, at der skal tilsættes yderligere stofmængder under behandlingstider på 4-6 timer. For at kunne beregne de stofmængder, der skal anvendes til at holde en koncentration under desinficering af fisk og damme, er det nødvendigt at kende det aktuelle volumen, der skal behandles. Dertil har vi undersøgt brugen af 3 metoder: Opmåling, vandur og bestemmelse af ledningsevne i forbindelse med salttilsætning.

3.3.1 Volumenbestemmelse af damme

Opmåling

Mølbak dambrug stillede en dam til rådighed for forsøgene. En dam på 30*8 m med spidse ender blev inddelt i 5 transekter vinkelret på længderetningen. For hver meter på transektet blev dybden målt i forhold til et fikspunkt med et nivelleringsinstrument. I dammen blev der opsat et vandstandsbræt. Volumen for hvert sektion opdelt af transekterne blev beregnet, og det samlede vandvolumen kunne da bestemmes i forhold til vandstanden i dammen. I volumenberegningen er der taget højde for sidernes hældningsgrad i dammen.

Figur 3.3 Damvolumen i relation til vandstand på forsøgsdam på Mølbak dambrug. Et vandstandsbræt var nivelleret ind efter et fikspunkt på bassinkanten. Dammens volumen var beregnet efter trapezmetoden baseret på opmåling af 4 transekter. Vandvolumen er også målt med vandur, hvor dammen først havde været helt tømt. En lineær regressionslinje er lagt ind over relationen mellem akkumuleret vandvolumen og vandstand målt på vandstandsbræt.



Den fysisk opmålte volumen er tydeligvis lineær i forhold til vandstanden i området 10 til 50 cm på vandstandsbrættet, hvor en vandstand på 56 cm er dammens maksimale volumen (figur 3.3). Metoden er tidskrævende og kræver mindst to personers indsats i 2-3 timer.

Vandur

Dammen blev tømt for vand, og et vandur (MAGFLO, Danfos) blev opsat på indløbsrøret fra forkanalen, og udløbet til bagkanalen blev lukket. Mens vandet løb ind i dammen, blev vandvolumen og vandstand i dammen aflæst for hver 10 min. Vi kunne se, at der løb lidt vand ud af en rørsamling, og det kunne samles op og måles. Det udgjorde 8 l/t. Det var vanskeligt at holde udløbet helt tæt, og det betød, at dammen mistede 4,5 l/min. Både vandet uden om vanduret og utætheden i udløbet bevirker at hældningskoefficienten, der beskriver forholdet mellem vandstand og volumen i dammen, bliver mindre, end hvis det ikke var tilfældet (figur 3.3). Som det fremgår af figur 3.3, er hældningskoefficienten mindre, når forholdet mellem vandstand og volumen opgøres på baggrund af vandur, end når volumen beregnes ved fysisk opmåling. Kurven baseret på vandur ligger lavere end for den fysiske opmåling og skyldes, at den meget ujævne bund ikke kommer nok til udtryk i volumenberegning, ligesom dammens kanter ikke er let at definere, når dammen kun er inddelt i 4 transekter.

Salttilsætning

Vandets ledningsevne måles inden salttilsætning. En kendt mængde salt tilsættes i opløst form (fx 4 kg) og vandet omrøres, hvorefter ledningsevnen igen måles. En standardopløsning fremstilles ved at tage en kendt mængde salt (fx 50 mg) og tilsætte 1 l dambrugsvand og ledningsevnen måles. Ledningsevneforøgelsen i dambrugsvandet divideres med ledningsevnen for standardopløsningen og saltkoncentrationen i damvandet kan derefter beregnes (ligning 1). Derefter beregnes volumen ved at dividere saltkoncentrationen op i den tilsatte saltmængde (ligning 2).

$$(1) \text{ Konc (mg/l)} = ((\text{Led}_{\text{efter}} - \text{led}_{\text{før}}) / \text{Led}_{\text{standard}}) * \text{konc}_{\text{standard}}, \text{ hvor Led} = \text{ledningsevne}$$

$$(2) \text{ Volumen (l)} = \text{saltmængde (mg)} / \text{konc (mg/l)};$$

Da ledningsevne målerne ofte er temperaturafhængig er det vigtigt at standardopløsningen og dambrugsvandet har samme temperatur. Denne metode kræver at det tilsatte salt er totalopblandet. I undersøgelsen er der anvendt 2 metoder til omrøring, en recirkulering hvor vandet pumpes fra udløbsenden tilbage til indløbsenden og en padlebelufter.

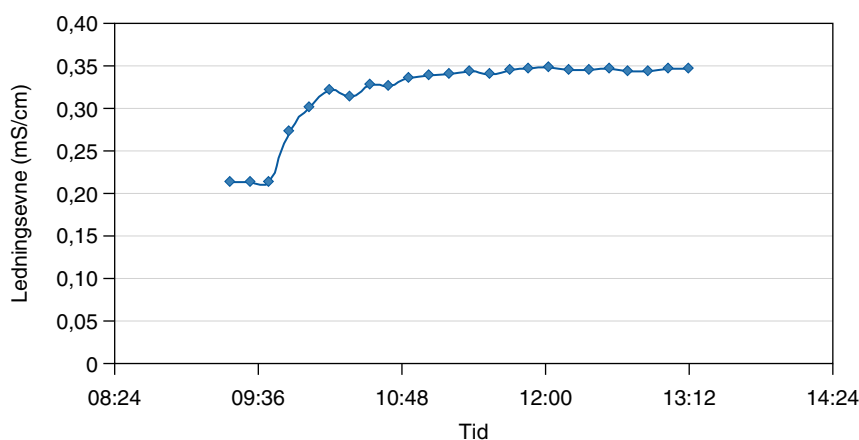
3.3.2 Opblanding

Recirkulering

Dammens volumen var reduceret til det halve på 60,5 m³ (beregnet efter vandur der svarer til en vandstand på 28,4 cm på vandstandsbrættet). En dykpumpe førte vand fra udløbsenden i en slange tilbage til indløbsenden og ud igennem vanduret. Recirkulering var på ca. 12 l/s, der svarer til en hydraulisk opholdstid på 1 time og 24 minutter (figur 3.7).

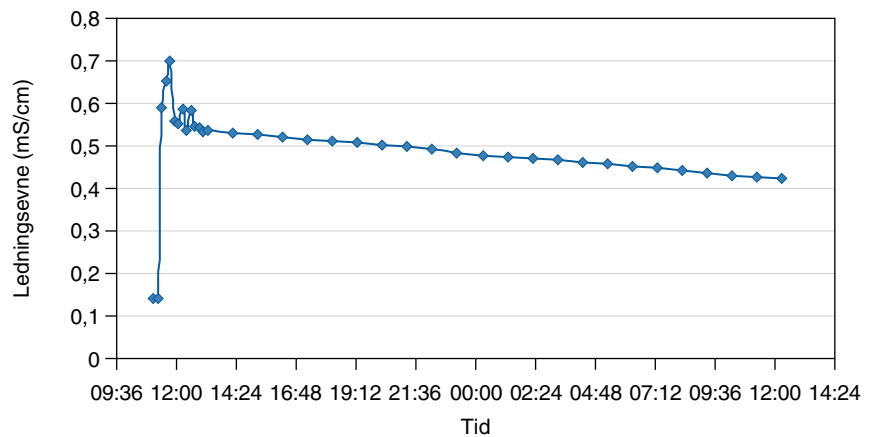
Ledningsevnen varierede før salttilsætningen mellem 219 og 222 µS/cm. Der blev tilsat 2 kg opløst salt langs kanterne, og ledningsevnen blev målt langs kanterne og i midten af dammen på forskellige tidspunkter. 50 minutter senere varierede ledningsevnen fra 172 til 362 µS/cm. Ca. 100 min efter start var der områder i dammen, der ikke var opblandet (216 µS/cm) og større områder, der var opblandet (358 µS). Med automatisk prøvetager, der var placeret tæt ved pumpen, blev der taget vandprøver hver 10. min. i 4 timer, og målingerne viste, at først efter ca. 2,5 timer er saltet totalopblandet i dammen, hvilket er det dobbelte af den hydrauliske opholdstid. Ved fuld volumen ville det have taget dobbelt så lang tid, når omrøringen består af en recirkulering (figur 3.4).

Figur 3.4 Ledningsevnen i forsøgsdam på Mølbak dambrug efter tilsætning af 4 kg opløst salt langs bredderne. Omrøringen foretaget ved recirkulering med dykpumpe. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO) og ledningsevnen blev målt i laboratoriet med elektrode. Efter de 3 første prøvetagninger blev saltet tilsat.



Recirkuleringsforsøget blev gentaget med en tilsætning på 10 kg opløst salt til dammen. Vandvolumen var beregnet til 55,4 m³. Der gik 3 timer, før ledningsevnen var så godt som ens dammen rundt (516-530 µS/cm) (figur 3.4). Der var dog et fald i ledningsevnen, der fulgte dette udtryk ($y = -0,005x + 0,5463$ hvor x er timer). Under et behandlingsforløb på 5 timer vil koncentrationen blive fortyndet med ca. 5 % som følge af vandindsivning i dammen (figur 3.5).

Figur 3.5 Ledningsevnen i forsøgsdam på Mølbak dambrug efter tilsætning af 10 kg opløst salt langs bredderne. Omrøringen foretaget ved recirkulering med dykpumpe. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO) de første 4 timer, derefter blev der taget prøver hver 30. minut. Ledningsevnen blev målt i laboratoriet med elektrode. Efter den første prøvetagning blev saltet tilsat.



Padlebelufter

Padlebelufterens evne til at opblende stof i en dam blev undersøgt. Saltet fordeles langs kanterne i dammen, og padlebelufteren trækkes frem og tilbage i dammen, mens den pisker. Efter at være trukket rundt mindst 2 gange blev ledningsevnen målt langs kanten og i 3 tværsnit. Det blev også undersøgt, hvor lang tid det tager at opblende vandet, hvis padlebelufteren stod stille og placeret midt i dammen, da det kræver 2 personer at trække padlebelufteren rundt, (figur 3.6).

Figur 3.6 Forsøgsdam på Mølbak dambrug. En padlebelufter er sat op centralt i dammen. Forsøg viste, at det tog ca. 15 minutter at totalopblende salt i dammen, samtidig kan den holde iltkoncentrationen tilstrækkeligt høj, selv om der er fisk i dammen, og der under behandlingen er lukket for ind og udløb. Der er sat en recirkulering op med en pumpe, der fører vandet tilbage gennem en slange. I forgrunden er vist en automatisk prøvetager (ISCO) til opsamling af vandprøver.



Figur 3.7 Recirkulering i forsøgsdam på Mølbak dambrug. Vandet pumpes fra den ene ende af dammen til den anden igennem en slange ud i gennem et vandur, så flowet kan følges. Ved siden af vanduret ses bioblokke, der blev anvendt til iltningsforsøg. Vanduret blev også benyttet til volumenbestemmelse af dammen, idet dammen først var blevet tømt for vand og derefter blev al tilledt vand ført gennem vanduret. For ca. hver 5 cm vandstigning på et vandstandsbræt blev vanduret aflæst.



Dammen havde et volumen på ca. 120 m³. Padlebelufteren blev sat i gang, og efterfølgende blev der lukket for ind- og udløb til dammen. En automatisk prøvetager blev sat op ca. 1 m fra udløbet i dammen og tog prøver hvert 10. minut for at følge koncentrationsudviklingen af saltet i et enkelt punkt.

Dammen blev inddelt i 4 transekter, og der blev udtaget manuelt 4 prøver fordelt ligeligt over transektet. Forsøget blev gentaget 2 gange i samme dam. Inden salttilsætningen blev ledningsevnen målt i dammen rundt til 214-216 µS.

Der blev tilsat 4 kg opløst salt lige efter, at den første prøve blev taget af prøvetageren.

Tabel 3.3 Stoffordeling i dam omrørt med padlebelufter. Der blev tilsat 4 kg salt og ledningsevnen målt i 4 transekter på forskellige tidspunkter efter tilsætningen

Transekt	1	2	3	4	Min. efter tilsætning	Vandspejl (cm)
Prøve 1	274	270	275	277		33
Prøve 2	275	279	274	276	9	
Prøve 3	278	275	273	272		
Prøve 4	278	275	271	272	14	33
Prøve 5	272	274	273	273	36	
Prøve 6	274	273	273	273		
Prøve 7	274	273	273	273		
Prøve 8	274	273	273	273	39	33,5

Transektet blev målt op 9 minutter efter start og afsluttet 5-7 minutter senere, da var ledningsevnen mellem 270 til 278. Der blev igen målt op 36 minutter efter salttilsætningen, og da varierede ledningsevnen fra 272-274. Saltet er så godt som totalt opløst allerede efter godt 10 minutter (tabel 3.3). Dette blev også bekræftet af prøverne taget med den automatiske prøvetager, hvor koncentrationen er den samme efter 20 minutter (tabel 3.4).

Table 3.4 Ledningsevnen i vandprøver tager hvert 10. minut i et enkelt punkt efter tilsætning af 4 kg salt og omrørt med en padleblufter.

Min. efter tilsætning	Ledningsevne (μS)
-10	216
0	253
10	271
20	272
30	271
40	272

Resultatet blev bekræftet ved, at der igen blev tilsat 4 kg salt og transekterne blev målt som i første forsøg. Forsøgsstart kl. 11:23 og 10 minutter senere blev der målt i transekterne og ledningsevnen lå mellem 314-345 (tabel 3.5).

Table 3.5 Stoffordeling i dam omrørt med padleblufter. Der blev tilsat yderligere 4 kg salt og ledningsevnen målt i 4 transekter på forskellige tidspunkter efter tilsætningen

Transekt	1	2	3	4	Min. efter tilsætning	Vandspejl (cm)
Prøve 1	336	314	320	338	10	33,8
Prøve 2	339	339	321	325		
Prøve 3	333	331	333	345		
Prøve 4	336	330	334	335	17	
Prøve 5	333	333	333	334	25	34,1
Prøve 6	333	333	333	334		
Prøve 7	333	334	334	333		
Prøve 8	333	333	333	332	33	

20 minutter senere blev der igen målt, og da var ledningsevnen 332-334 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Prøverne fra den automatiske prøvetager viste det samme, at efter 20 minutter er der en totalopblanding (tabel 3.6).

Table 3.6 Ledningsevnen i vandprøver taget hver 10. minut i et enkelt punkt efter yderligere tilsætning af 4 kg salt og omrørt med en padleblufter.

Min. efter tilsætning	Ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
0	273
10	338
20	329
30	331
40	331
50	331
60	331
70	331

Padleblufteren, der var på 750 W, var i stand til at opblende saltet på mellem 10 og 20 minutter, hvilket er fuldt tilstrækkeligt til en behandling, der varer f. eks 5 timer.

I lange smalle damme kan det være nødvendigt også at recirkulere eller at sætte to piskere op.

3.3.3 Konklusion af volumenbestemmelse

Resultatet af volumenberegningen ved hjælp af fysisk opmåling, vandur og salttilsætning viser, at der er stor overensstemmelse mellem vandur og saltmetoden, hvorimod den fysiske opmåling overestimerer volumen med 23 % (tabel 3.7). Løber alt vandet gennem vanduret, og er der ingen ind- eller udsivning i dammen, vil volumen være bestemt af vandurets nøjagtighed. Saltmetodens nøjagtighed er afhængig af, at alt vandet er opblandet, og det tager omkring 15 minutter med en padlebelufter for en traditionel dam at blive totalt opblandet. Med en recirkuleringspumpe tager det mindst den dobbelte hydrauliske opholdstid og kan vare flere timer, før opblandingen er total. Den fysiske opmåling skal baseres på flere transekter end i disse forsøg, og det er meget arbejdskrævende. Skal vanduret anvendes til volumenbestemmelse kræver det at dammen tømmes først og det kan tage et par timer at fylder den igen. Volumenbestemmelse med den fysiske opmåling og saltmetoden kan foretages mens der er fisk i dammen det kan vandurmetoden ikke.

Da volumenet skal bruges til at beregne den mængde stof, der skal tilsættes under behandling, og dette stof skal opblandes i dammen, er saltmetoden at foretrække kombineret med en padlebelufter. Padlebelufteren har den fordel, at den også bidrager med ilttilførsel til vandet.

Tabel 3.7 Sammenligning i volumenberegning mellem 3 metoder, opmåling, vandur og salttilsætning

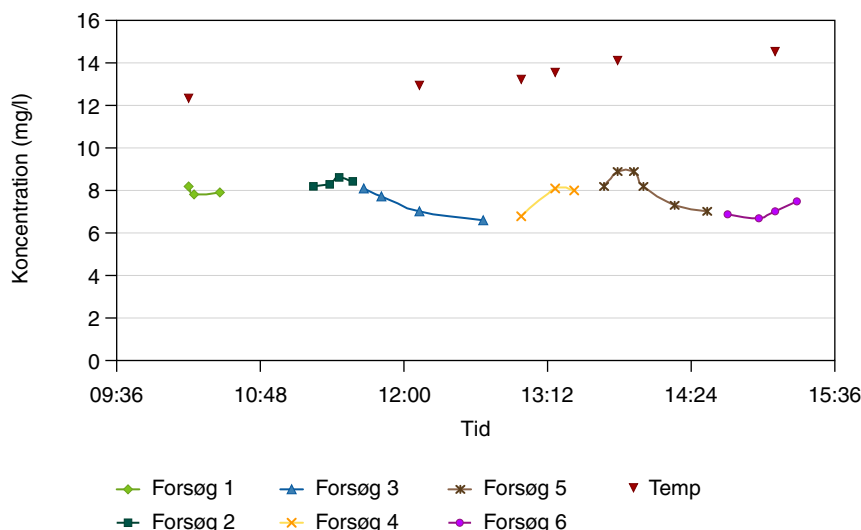
Forsøgsdato	Opmåling (m ³)	Vandur (m ³)	Salt (m ³)
23-08-2007	83	67	66
7-11-2006	70	57,1	55,4

3.3.4 Opretholdelse af iltniveau under behandling

I en dam blev der undersøgt, om recirkulering med pumpe, risle over bioblokke og ilt diffusere var i stand til at opretholde iltniveauet, samtidig med at dammen var besat med fisk. Brintoveriltens egenskab som iltkilde bliver behandlet under opretholdelse af behandlingskoncentration (kap. 4.6).

En dam med 1.500 kg fisk (300 gram/stk. regnbueørreder) blev stillet til rådighed. For at sikre fiskene mod iltmangel var dammen konstant overvåget med en iltelektrode. Fiskene var sidst blevet fodret dagen før. Vandvolumen blev beregnet ud fra en fysisk opmåling med transekter for hver 5 m. Selv om udløbet blev lukket, faldt vandstanden under forsøget med 8 cm. Faldet var proportionalt med tiden, hvilket betød en volumensænkning fra 126,9 m³ til 117, 0 m³. Temperaturen steg under forsøget fra 12.3 til 15 °C. Både vandstandssænkningen og temperaturstigningen bevirker, at der over tid skal bruges lidt mindre ilt til at opnå iltmætning i dammen. Ved forsøgsstart var iltindholdet 8,2 mg/l, der svarer til en iltmætning på 77 %. En stigning i iltindholdet vil da være let at måle som følge af en ilttingsforanstaltning.

Figur 3.8 Iltindhold og temperatur i forsøgsdam på Mølbak dambrug efter forskellige iltningstyper. Iltindhold (mg/l) og temperatur (C) målt med elektroder på stedet. Dammen blev iltet ved recirkulering, hvor vandet plasker direkte ned i dammen, når vandet plasker ned over bioblokke, ved tilsætning af ilt gennem keramiske diffusere, og ved forskellig placering af en padlebelufter.



Der blev foretaget 6 iltningstyper (figur 3.8)

1. Vandindtag til dam lukket og recirkulering sat i gang med en dykpumpe (ca. 10 l/sec)
2. 8 iltdiffusere (4 i 2 rækker) forsynet fra iltflaske med 1,5 bar samt recirkulering. Ilt elektrode placeret ca. 5 meter fra bageste diffusere (af mærket Point Four MBD300).
3. Recirkulering over 2 bioblokke (à 50 cm højde) og iltelektrode placeret 20 meter væk.
4. Padlebelufter placeret centralt med recirkulering
5. Padlebelufter placeret centralt uden recirkulering
6. Ilt diffuserne flyttet til midten af dam med 12 meter til iltelektroden

Ad 1. Lukkes for vandindtaget og startes recirkuleringen med 10 l/s sker der et lille fald i iltkoncentrationen som følge af fiskenes respiration. Da vandet har en gennemsnitlig opholdstid på 3,5 timer, var forsøgstiden på 30 min. for kort til at vurdere om iltningen af vandet, der plasker fra et rør ned i dammen, er tilstrækkelig til at holde trit med fiskenes respiration.

Ad 2. Ilt diffuserne er i stand til at hæve ilt niveauet til startværdien. Hele dammen vil tidligst være iltet efter 3.5 timer

Ad 3. Det recirkulerede vand blev iltet ved at risle ned over to bioblokke. Iltindholdet faldt i dammens udløb. Igen er forsøgstiden på 40 min. for kort til at registrere iltningseffekten i modsat ende af dammen. En iltmåling 2 m nedstrøms bioblokkene viste imidlertid en iltforøgelse med 1,5 mg/l (ikke vist på figur 3.8). En iltning af hele dammen vil kræve mindst 3,5 timer, der er den gennemsnitlige opholdstid.

Ad 4. Recirkulering og padlebelufter placeret centralt øgede straks ilt niveauet med mindst 1 mg/l. Vandet bliver effektivt flyttet rundt, ikke

mindst i de øvre vandlag. Efter godt 15 min. er hele vandvolumenet opblandet som saltforsøgene viste (kap. 3.3.2).

Ad 5. Padlebelufter uden recirkulering. Iltindholdet i vandet steg umiddelbart, og da padlebelufteren efter en halv time blev flyttet over i den ene side for at øge recirkuleringen, faldt iltniveauet.

Ad 6. Iltdiffusere placeret i midten af dam med 12 m afstand til elektrode viste en lille stigning efter 24 minutter.

3.3.5 Konklusion

Iltniveauet faldt på intet tidspunkt med mere ned 1,5 mg/l uanset iltningens form, men mest lovende og mindst arbejdskrævende er det at anvende en padlebelufter, der samtidig er særdeles effektiv til at opblende vandet i modsætning til en recirkulering. Ulempen ved at bruge en padlebelufter er, at ved lav vandstand kan bunden blive hvirvlet op, og organisk materiale kan blive tilgængelig og være med til at øge iltforbruget. Desuden kan en padlebelufter også øge fordampningen af tilsatte stoffer.

Keramiske iltdiffuserne er trods en vandsøjle på kun 40 cm i stand til at ilte vandet, ikke mindst lokalt, og kan være en sikkerhed, hvis vandstanden sænkes til under det halve.

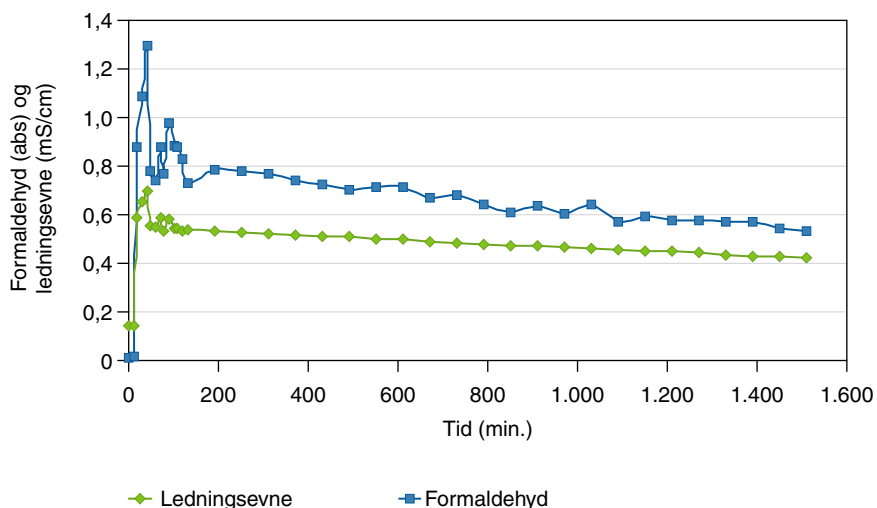
3.3.6 Opretholdelse af behandlingskoncentration

For formalin

Opretholdelsen af formaldehydkoncentrationen modvirkes af at formaldehyd omsættes i en dam med en reduktionsfaktor på 108 mg/h* m² ved 14 °C (Pedersen et al.). En dam på 25*8 m vil over 5 timers behandling give anledning til en reduktion på 10-12 % med en startkoncentration på ca. 15 mg/l. Andre former for reduktion sker ved fortynding, selv om dammens ind og udløb er lukket, idet der kan sive vand ind af utætte skotter eller direkte sive op gennem bunden med grundvand. Udsivning til bagkanal eller gennem bunden har ikke indflydelse på stofkoncentrationen, men på stofmængden i dammen.

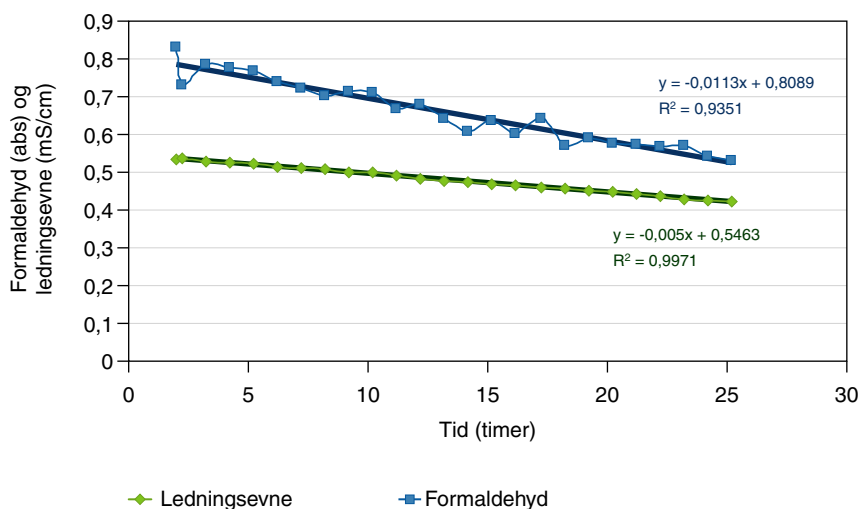
I en dam hvor vandstanden var sænket til halv volumen på 55,4 m³ (beregnet efter saltmetoden), blev der tilsat 500 ml 37 % formaldehyd. Der blev taget vandprøver med en automatisk prøvetager hver 10. minut de første 4 timer og derefter hver halve time. Omrøring skete udelukkende ved recirkulering med dykpumpe, der har den konsekvens, at opløst salt og formalin først var fuldt opblandet efter ca. 3 timer (figur 3.9), og da var formalaldehydkoncentrationen ca. 2,9 mg/l.

Figur 3.9 Formaldehydkoncentrationen og ledningsevnen i forsøgsdam på Mølbak dambrug efter tilsætning af 0,5 l 37 % formaldehyd og 10 kg opløst salt langs bredderne. Omrøringen foretages ved recirkulering med dykpumpe. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO) de første 4 timer, derefter blev der taget prøver hver 30. minut. Formaldehydkoncentrationen målt som absorption (abs) og ledningsevnen målt som mS/cm blev foretaget i laboratoriet med elektrotrode. Efter den første prøvetagning blev formalin og salt tilsat.



Hældningskoefficienterne for de to kurver er beregnet ud fra regressionsligningerne fra forsøgets 3. time til forsøgsafslutning ca. 1 døgn senere (figur 3.10) og viste, at formaldehydkoncentrationen faldt hurtigere end fortyndingen (ledningsevnekurven). Efter 5 timer var formaldehydkoncentrationen reduceret med 7 %, hvoraf de 2,4 % skyldes omsætning af formaldehyd og resten skyldes fortyndingen. Reduktionen i formaldehyd koncentrationen har ikke betydning for behandlingen.

Figur 3.10 Formaldehydkoncentrationen målt som absorption (abs) og ledningsevnen som mS/cm i forsøgsdam på Mølbak dambrug efter tilsætning af 0,5 l 37 % formaldehyd og 10 kg opløst salt langs bredderne. Forsøget er det samme som vist i figur 3.9 fra det tidspunkt hvor dammen er totalopblandet (efter 3 timer). Samtidig er beregnet den lineære regression.



Formaldehydkoncentrationen i recirkulerende anlæg med biofilter og airlift er beskrevet i kapitel 3.9.

3.4 Behandling af damme med formalin

3.4.1 Mølbak dambrug den 16. aug. 2007

På Mølbak dambrug blev der stillet en jorddam til rådighed af samme form og størrelse som forsøgsdammen (se bilag). Dammen var bestykket med 1,5 tons 300 g/stk. fisk. Fisk og dam havde ikke gennemgået en vanddesinfektion med formalin indenfor 1 år. Der blev anvendt 37 %

formaldehyd. Ved "normal" behandling bruger dambrugeren i denne type dam ca. 25 l. 37 % formaldehyd.

Forsøgsbetingelser

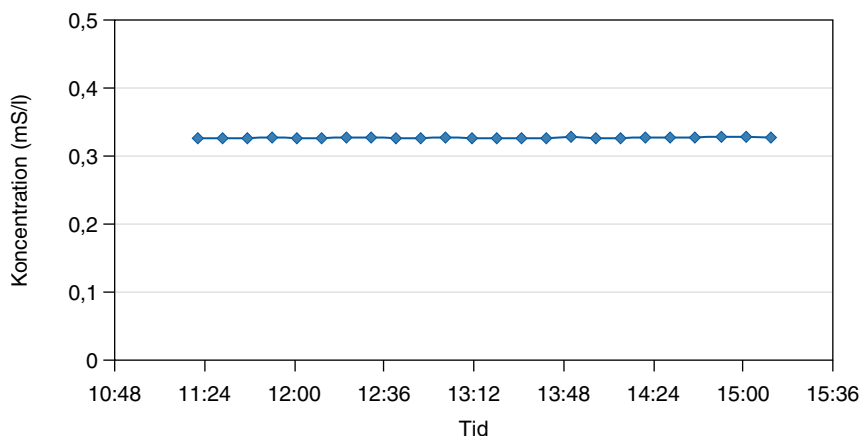
Dammens ind og udløb blev lukket, og en omrøring blev sat i gang ved at recirkulere vandet med en dykpumpe (13,7 l/s) og en padlebelufter. Til beregning af volumen og kontrol af opblandingen blev der tilsat 4 kg opløst salt langs dammens kanter, og padlebelufteren blev trukket flere gange frem og tilbage i dammen for til sidst at blive placeret centralt i dammen. Padlebelufteren sikrede beluftningen og omrøring.

Vandvolumen blev målt ved en fysisk opmåling og blev beregnet til 120 m³. Ledningsevnen før og efter salttilsætningen blev efterfølgende brugt til en kalkuleret af volumen med en efterkalkuleret saltkoncentrationsberegning, og den gav 99,1 m³

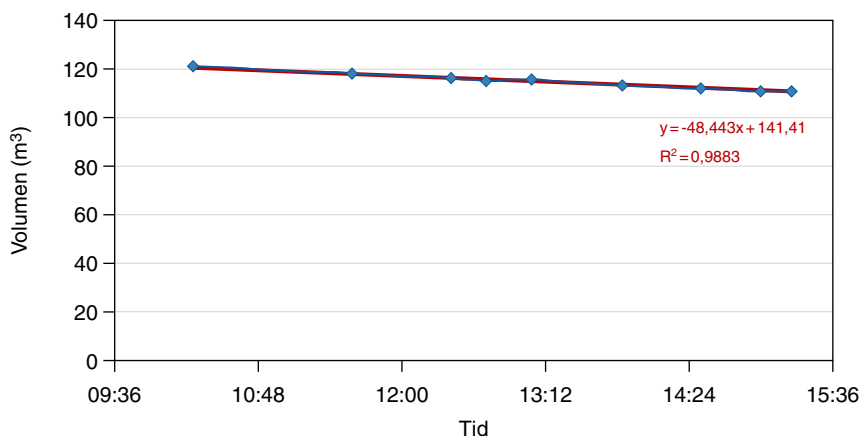
En automatisk prøvetager tog vandprøver hver 10. minut under behandlingen og efterfølgende hver halve time, og prøverne blev senere analyseret i laboratoriet for ledningsevne og formaldehyd. På stedet blev der løbende målt ilt og temperatur tæt ved dykpumpen og ledningsevnen målt hele vejen rundt i dammen.

Behandlingskoncentrationen blev på baggrund af laboratorieforsøgene valgt til at være ca. 16 mg/l, og med et opmålt volumen på 120 m³ skulle der tilsættes 1920 g formaldehyd. En liter 37 % formaldehyd indeholder 0,4033 kg formaldehyd (densitet 1,09g/c m³), hvilket betyder, at 1920 g formaldehyd fylder 4,760 l, som blev tilsat langs dammens kanter og omrørt med padlebelufteren på samme måde som for salttilsætningen.

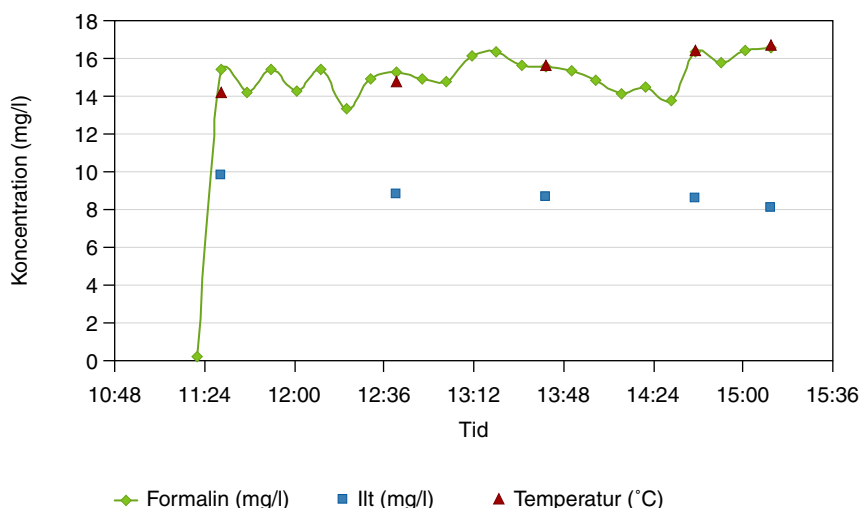
Figur 3.11 Ledningsevne i dam behandlet med ca. 15 mg/l formalin på Mølbak dambrug den 16. aug. 2007. Hver 10. minut er der men en automatisk prøvetager (Isco) taget en prøve og ledningsevnen er målt efterfølgende i laboratoriet.



Figur 3.12 Vandvolumen i dam behandlet med ca. 15 mg/l formalin på Mølbak dambrug den 16. aug. 2007. På forskellige tidspunkter er vandstanden aflæst på vandstandsbræt i dammen. En lineær trendanalyse er indlagt. Vandvolumen er på 120 m³ ifølge den fysiske opmåling, en efterfølgende volumenberegning efter saltmetoden viste 99,1 m³ ved forsøgets start.



Figur 3.13 Formaldehydkoncentration, iltindhold og temperatur i dam behandlet med ca. 15 mg/l formaldehyd på Mølbak dambrug den 16. aug. 2007. Hver 10. minut er der men en automatisk prøvetager (Isco) taget en prøve til analyse for formaldehyd i laboratoriet. Temperatur og iltindhold er målt på stedet med elektroder.



Ledningsevnen er konstant i forsøgsperioden (figur 3.11), hvilket viser, at vandet ikke bliver fortyndet undervejs, der trænger altså ikke vand ind i dammen, men volumen falder med 2,5 m³/h ved udsivning (figur 3.12).

Formaldehydkoncentrationen er over de ca. 5 timer, som behandlingen varer, så godt som konstant og ligger mellem 14 og 16 mg/l (figur 3.13). Da vandvolumen beregnet efter saltmetoden var på 99,1 m³ og ikke de forventede 120, burde startkoncentrationen have været 19,4 mg/l. En efterfølgende analyse af formaldehyd fra beholderen viste, at den var 34 % i stedet for 37 %, men prøvetagningsusikkerhed er stor, da prøven skal fortyndes ca. 22.500 gange. Der kan være tale om en umiddelbar omsætning af formaldehyd, som det også blev påvist i projektets fase 2 (Pedersen et al., 2004).

Iltkoncentrationen holdt sig mellem 10 og 8 mg/l, hvilket viser, at padleblufteren er i stand til at holde et tilstrækkelig højt iltniveau, selv om temperaturen steg fra 14,2 til 16,7 °C under formalinbehandlingen (figur 3.13).

Veterinærmæssige observationer

Fiskene blev under behandlingen fulgt både mikroskopisk og makroskopisk (figur 3.14). På forhånd var forsøget udtænkt til udelukkende at afprøve, om fiskene udviste nogen skader, unormal adfærd eller forøget dødelighed under den forlængede formalinbehandling (4 timer). Der var altså ikke før forsøget nogen umiddelbare kliniske symptomer på øget parasitbelastning af fiskene. Altså ingen øget dødelighed, ingen unormal opførsel + ædelyst normal.

Under forsøget blev der dog på fiskene fundet parasitterne *Trichodina* spp, *Gyrodactulus* sp og sessile ciliater (*Apiosoma* sp. *Ambiphrya* sp. *Epistylis* sp.), så forsøget blev dermed også en indikation på disse parasitters modtagelighed overfor formalin (se bilag 7.2.3).

Figur 3.14 Regnbueørreder i forskellig størrelse klar til undersøgelse.

Skrab fra huden og gæller lagt på objektglas til mikroskopering

Dyrlæge Niels Henrik Henriksen, Dansk Akvakultur, mikroskoperer præparaterne og registrere antal af parasitarter. Samtidig noteres der hvor mange der er levende (er i stand til at bevæge sig) og hvor mange der er døde. Registreringsnotaterne ligger som bilag bagest i rapporten.



Resultater

Fisk i dam:

Der var under og efter forsøget ikke observeret ændringer i svømmeadfærd. Dog var der ca. 1 time efter formalintilsætningen en let tendens til fisk der flimrede i overfladen. Dette varede dog kun kort tid.

Fiskenes gæller var fine under hele forløbet.

Ingen dødelighed indenfor 24 timer.

For yderligere oplysninger, se bilag 7.2.3.

Sessile ciliater (*Apiosoma* sp. *Ambiphrya* sp. *Epistylis* sp.):

Fundet i store mængder på mange fisk. Typisk > 20-50 stk. pr. skrabb. Efter 1 times formalin behandling var alle uden aktivitet (døde!)

Gyrodactylus sp.:

Efter ½ times behandling kunne der på 2 undersøgte fisk findes 5-10 *Gyrodactylus* sp. på hud som alle var levende. Efter 1 ½ times behandling kunne der findes 5, hvoraf de 2 var døde (ikke udviste aktivitet). Efter 2½ time blev der i to tilfælde fundet en enkelt *Gyrodactylus*, som i begge tilfælde var døde. 12 dage senere blev der ved kontrol ikke fundet *Gyrodactylus* på fiskene.

Trichodina ssp.:

Blev observeret på huden (0-14 stk.) på en stor del af fiskene gennem hele vanddesinfektionsperioden. Inden formalintilsætningen var alle levende. Efter ca. 1 time var ca. 50 % døde, men efter 3,5 timer blev der kun observeret én levende *Trichodina*. Ved kontrol 12 dage senere blev der ikke fundet *Trichodina*.

Konklusion

Formalin-koncentrationen (ca. 15 mg/l) kunne let opretholdes i dammen uden supplerende tilsætning. Padlebelufteren kunne let sikre den nødvendige opblanding og ilt (> 8 mg/l) ved vandtemperatur på 14 -16 grader. Fiskene flimrede lidt efter ca. 1 times behandling, men var ellers i orden. Behandlingens primære formål var at se, hvordan fiskene reagerede under behandlingen, men der blev for følgende parasitter: Sessile ciliater (*Apiosoma* sp. *Ambiphrya* sp. *Epistylis* sp.), *Gyrodactylus* ssp og *Trichodina* ssp observeret, at behandlingen indenfor 4 timer tilsyneladende medførte at næsten alle parasitter på fiskene døde. Der blev under behandlingen anvendt i alt 4,76 l formalin (ca. 1 : 25.000 37 % formalin). Dette er ca. 1/5 af det, som dambrugeren normalt anvender.

3.4.2 Silstrup dambrug den 12. sep. 2007

Anlægget består af damme, der to og to er forbundet med kanaler til recirkulering (figur 3.15). I hvert anlæg er der en airlift, der på en gang ilter og recirkulerer vandet. Dambrugsejeren skønnede, at der var et volumen på 275 m³, vanddybden var 80 cm, og bunden af dammene var belagt med fliser. I den ene dam var der centralt placeret en padlebelufter på 0,75 kW. Vandstanden kunne ikke reguleres i dette anlæg, hvorfor det ikke var muligt at behandle med reduceret volumen. Indløb og udløb blev lukket under behandlingen. For at checke om volumen ændrede sig

over tid blev vandspejlet målt som afstand fra overliggende bræt på bas-sinkanten til vandoverfladen.

Figur 3.15 Dobbeldam på Silstrup dambrug anvendt til formalinforsøg. To parallelle damme er forbundet med en airlift i den ene ende og en kanal i den anden, der sikrer en stor grad af recirkulering. Under forsøget blev der lukket for ind- og udløb, og opblandingen af salt og formalin blev sikret med en padlebelufter.



Normal dosering i dette anlæg er opgivet til 24–36 l. 37 % formalin uden afbrydelse af friskvands forsyningen. Dette svarer til en koncentration på 35–55 mg/l (ppm).

Forsøgsbetingelser

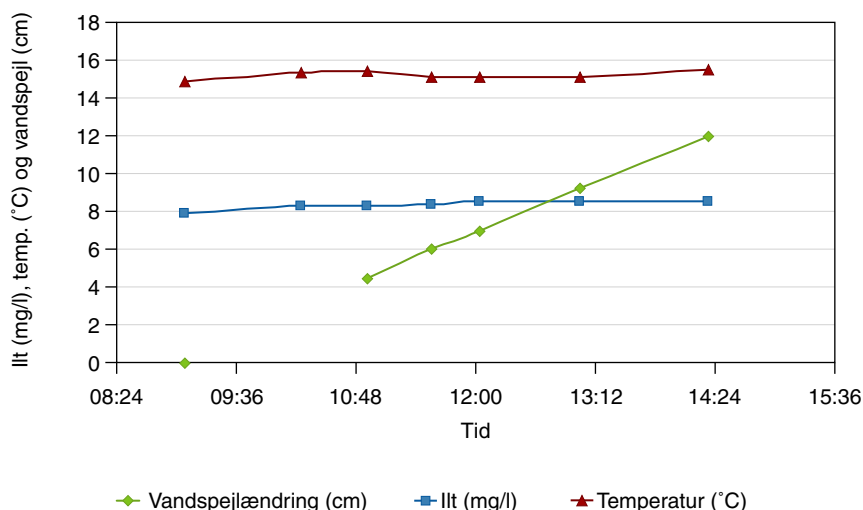
Til beregning af volumen og kontrol af opblandingen blev der tilsat 6 kg opløst salt fordelt på de to damme, og da der kun var én padlebelufter i den ene dam, var opblandningstiden på 30 minutter, før ledningsevnen stabiliserede sig på 276 $\mu\text{S} / \text{cm}$. Volumen blev bestemt til 272 m^3 efter saltmetoden.

En automatisk prøvetager tog vandprøver hver 10 minut under behandlingen og efterfølgende hver halve time, og prøverne blev i laboratoriet analyseret for ledningsevne og formaldehyd. På stedet blev der løbende målt ilt og temperatur tæt ved prøveudtagningsstedet, og ledningsevnen blev målt langs kanten hele vejen rundt om dammene.

Behandlingskoncentrationen var valgt til 18 mg/l og med et volumen på 272 m^3 skulle der tilsættes 4896 g formaldehyd. En liter 37 % formaldehyd indeholder 0,4033 kg formaldehyd (densitet 1,09g/ cm^3), som svarer til at 4896 g formaldehyd fylder 12,14 liter 37 %).

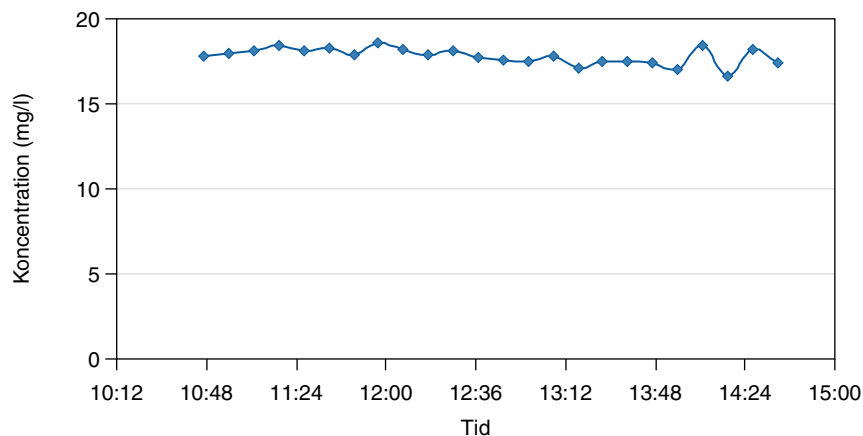
Behandlingen startede kl. 10:20 ved tilsætning af 12 liter 37 % formaldehyd som skulle give en koncentration på 17,8 mg/l. Formalinen blev fordelt i 20 spande og for lettere at hælde det ud i dammen, blev der tilsat knap en liter dambrugsvand pr. spand. Derefter blev spandene fordelt langs siderne af dammene og hældt i langs kanterne.

Figur 3.16 Iltindhold, temperatur og vandspejlsændring i dam behandlet med ca. 18 mg/l formalin på Silstrup dambrug den 12. sept. 2007. Temperatur og iltindhold er målt på stedet med elektroder, og vandspejlet målt (cm) i forhold til et fikspunkt på bassin-kanten. En øget afstand fra bassin-kanten repræsenterer et lavere volumen i dammen.



Temperaturen og iltindholdet holdt sig konstant (figur 3.16) under behandlingen, der varede knap 4,5 timer og sluttede kl. 14:47. Det samme var tilfældet for ledningsevnen, der forblev på 276-277 $\mu\text{S}/\text{cm}$, som viser, at der ikke sker en fortynding under forsøget. Derimod faldt vandstanden proportionalt med tiden, idet vandet siver ud gennem bunden, og ved forsøgsafslutningen var der en vandspejlsændring på 8 cm, der svarer til et fald i volumen på ca. 27 m^3 (figur 3.16). Formaldehydkoncentrationen faldt ganske svagt gennem behandlingen, men blev målt til at ligge mellem 18,6 og 17,4 mg/l (figur 3.17). Friskvandsforsyningen blev genoptaget efter 5 timer.

Figur 3.17 Formaldehydkoncentration i dam behandlet med ca. 18 mg/l formalin på Silstrup dambrug den 12. sep. 2007. Hver 10. minut er der men en automatisk prøvetager (Isco) taget en prøve til analyse for formaldehyd i laboratoriet.

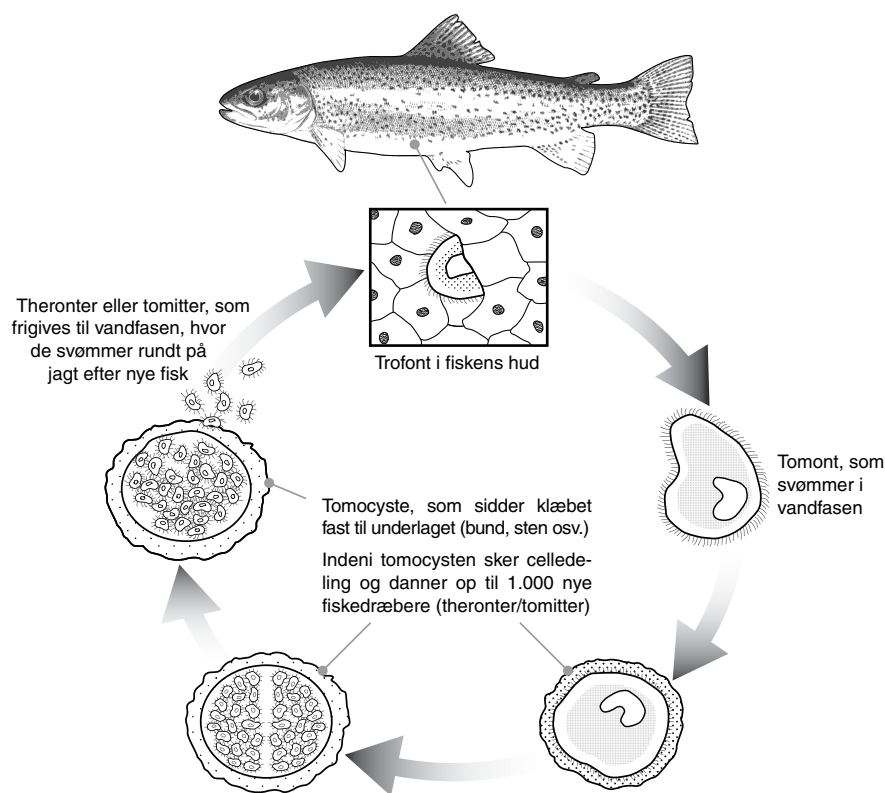


Veterinærmæssige observationer

Fiskene blev første gang undersøgt den 10. september to dage før første behandling. Dødeligheden var på dette tidspunkt stigende. Fiskene havde ikke undergået nogen form for behandling indenfor den sidste uge. Ved undersøgelsen fandtes der enkelte fiskedråber, *Ichtyobodo necator* (*Costia*) og sessile ciliater (*Apiosoma* sp. *Ambiphrya* sp. *Epistylis* sp.). Behandling burde have været igangsat hurtigst muligt, men grundet forsøg på andre dambrug kunne behandlingen først opstartes den 12. september.

Behandlingsstrategien blev lagt i forhold til fiskedråberinfektionen, da denne uden tvivl ville være den mest kritiske for fiskene. Fiskedråber har en livscyklus, hvor der både er stadier på fisken, bunden og i vandfasen (figur 3.18).

Figur 3.18 Livscyklus for fiskedråber *Ichthyophthirius multifiliis*. Tegningen er fra Buchmann & Bresciani (2001). An introduction to parasitic diseases of freshwater trout. DSR-publishers, Frederiksberg



Ved de målte vandtemperaturer på ca. 15 grader vil livscyklus tage cirka 15 dage, hvoraf theront-stadiet (de frie vandlevende) typisk udgøre 1-2 døgn. Theront-stadiet er det eneste stadium, der er følsomt for de normalt kendte vanddesinfektions midler (herunder formalin og brintoverilte). Behandling af fisk mod fiskedråber skal altså rette sig mod de vandlevendes stadier, som til stadighed frigøres fra bunden, derfor er det nødvendigt med gentagne behandlinger. Når parasitten har sat sig på fisken kan den ikke nås af hjælpestofferne, fra da af må fisken klare det selv via dets immunsystem og det kan strække sig over flere uger (3-6), og i den periode bør fiskene behandles flere gange med størst hyppighed i begyndelsen af behandlingsperioden for at forhindre nyinfektion fra fiskedråber.

Figur 3.19 Opfiskning af døde fisk på risten i Silstrup dambrug. Mængden af døde fisk blev løbende vejret og registreret over flere dage. Laborantfuldmægtig Marlene Venø Skjærbæk checker den automatiske prøvetager, der tog prøver hvert 15. minut under behandlingen.



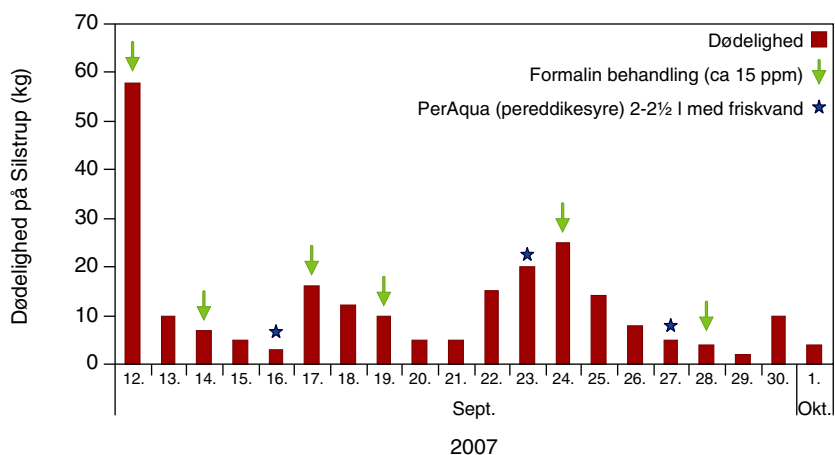
Resultater

Fisk i dam

Fiskene var hårdt angrebet på 1. dagen af behandlingsforløbet (12/9). Dødeligheden var høj (Figur 3.19). Der var mange døde eller døende fisk på udløbsristen. Mange fisk var sortpigmenteret og gik langs kanten. Ca. ½ time efter behandlingsopstart blev fiskene let påvirket (stod ved kanten og trak ned mod udløbsristen). Dødeligheden steg i de første timer af behandlingen. Om morgenen var der opsamlet 25 kg døde fisk (fra ca. 1 døgn). Under de 4 timer, behandlingen varede, døde der yderligere 33 kg fisk. Airlift og padlebelufter kunne let opretholde den fornødne ilt. Fiskenes gæller var ekstremt tilslimede under hele behandlingen den 1. dag. Behandlingen (samme metode og mængde) blev gentaget 5 gange efter behov svarende til behandling på dag 1, 3, 6, 8, 13, 17. Yderligere informationer i bilag 7.2.2)

Dødeligheden sammenholdt med behandlingsdagene fremgår af figur 3.20.

Figur 3.20 Dødelighed af fisk på Silstrup dambrug efter behandling med formalin eller brintoverilte. Fiskene blev behandlet med 18 mg/l formaldehyd, og pilene viser behandlingstidspunkterne. Stjernen viser tidspunkterne for brintoveriltebehandlingerne. Brintoverilte blev givet som 2-2,5 l Per-Aqua for primært at afslime gællerne.



Dødelighed steg især efter, at der havde været høj sol d. 22/9. Måske har sollyset en indvirkning på frigørelsen af infektiøse stadier fra bunden. Der blev forsøgt at undgå indfald af sollys ved at afdække halvdelen af den ene raceway med presenning.

Som det fremgår, falder dødeligheden dagen efter alle behandlinger. Effekten må siges at være god. Ejeren er overvejende tilfreds med resultatet.

Bemærk, at der 3 gange i forløbet er givet pereddikesyre/brintoverilte for at afslime gællerne, om koncentrationen var høj nok til også at påvirke parasitter i vandfasen vides ikke. Fald i dødelighed kan ikke umiddelbart forbindes til disse behandlinger (foregår uden at afbryde friskvandsforsyningen). Brintoverilte koncentrationen er ikke kontrolleret under disse behandlinger. Gælletilslimningen faldt på tidspunktet efter 2 gennemførte formalinbehandlinger.

Ichthyobodo necator (Costia)

Kun fundet på 1. dagen af behandlingsforløbet. Før tilsætningen var der mange med bevægelse. Efter at behandlingen var igangsat, blev der kun på enkelt fisk (efter 5 timer) observeret få levende *Ichthyobodo necator*. Ved kontrol i dagene efter blev parasitten ikke observeret.

Fiskedræber

Fiskene var på 1. behandlingsdag (12/9) massivt inficeret med fiskedræber i både gæller (> 10 stk., mange indkapslet) og hud (> 10-20 stk.). Antallet af fiskedræbere på fisken faldt ikke gennem de 5 timers behandling på 1. dagen. Alle fiskedræbere var levende. Antallet af fiskedræbere pr. fisk falder efter 2. behandling, og 14 dage senere (26/9) er der kun få tilbage pr. skrab.

Sessile ciliater (*Apiosoma* sp. *Ambiphrya* sp. *Epistylis* sp.):

Blev fundet i stort antal på fiskene under hele behandlingsforløbet den 1. dag (12/9). Før tilsætning af formalin var størstedelen levende. Kort tid (45 min) efter tilsætningen var de fleste døde (estimeret 75 %). Senere var det kun få procent som var levende. Disse ciliater blev også fundet i de efterfølgende dage, dog kun i relativt mindre mængder og de fleste døde.

Konklusion

Formalinkoncentrationen (ca. 18 mg/l) kunne let opretholdes i 5 timer i dammen uden supplerende tilsætning. Airliften og padlebelufteren kunne sikre den nødvendige opblanding og ilt (ca. 8 mg/l) ved vandtemperaturen på ca. 15 grader. Fiskene flimrede lidt efter ca. ½ times behandling, men var ellers OK. Under 1. behandling døde en del fisk (formentlig de svageste, som var massivt inficeret med fiskedræber).

Da det primære problem var fiskedræber, skulle behandlingerne gentages. Der blev i alt formalinbehandlet 6 gange. Dødeligheden faldt efter alle behandlinger, og ejeren var udmærket tilfreds. Set ud fra dødelighedskurverne gik der nok lidt for længe mellem nogle af behandlingerne. Der burde eksempelvis nok have været behandlet en ekstra gang omkring den 22/9. Rådet i den givne situation ved en vandtemperatur på 15 grader kunne være behandling hver 2.-3. dag i 14 dage. Derefter hver 4.-5. dag i 14 dage.

Der blev under behandlingsforløbet anvendt i alt 6 X 12 l formalin.

3.4.3 Toudal dambrug den 21. sep. 2007

Dambruget havde en infektion med fiskedråbere, og til forsøget blev der stillet 6 ens jorddamme til rådighed til forskellige behandlinger. Der blev trukket lod om hvilke damme, der skulle behandles med hvad. 2 damme blev vandbehandlet, som man plejer, med 20 liter 37 % formaldehyd i damme hvor volumen var reduceret lidt og 2 damme med Virkon S, hvor der blev tilsat 1 kg pr. dam (ca. 10 mg/l). De 4 damme havde tilløb og udløb åben. To damme blev behandlet med henholdsvis brintoverilte og formalin efter vores anvisning med reducerede mængder. Dammene var ca. 32 m lange og 5 m bred. I dette afsnit vises resultatet af formalin-behandlingen.

Forsøgsbetingelser

I dammen gik der ca. 900 kg fisk med en gennemsnitsstørrelse på 5 g. Dammen havde fuld vandmængde og blev lukket for ind og udløb i de 4 timer forsøget fandt sted. Til bestemmelse af vandvolumen og kontrol af opblandingen blev der tilsat 4 kg opløst salt (NaCl). Vandvolumen blev bestemt til 93 m³.

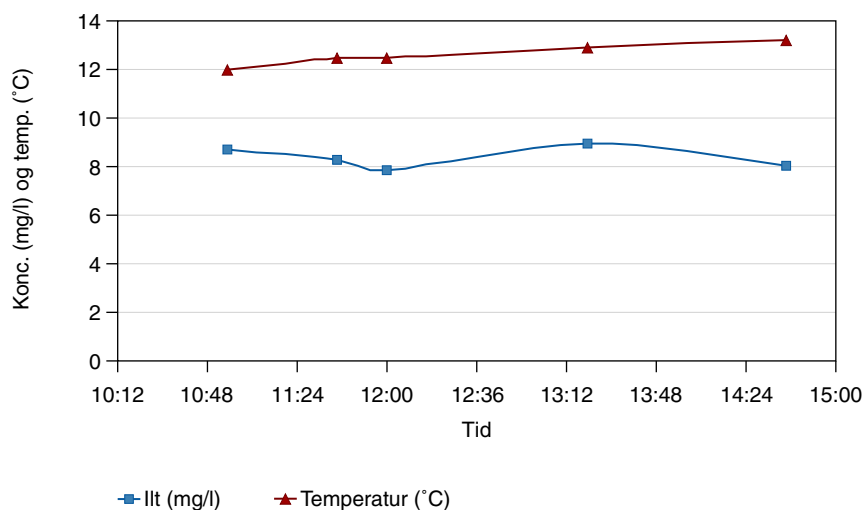
Ledningsevne målinger rundt langs kanten af dammen viste, at der efter en halv time i et hjørne af dammen ved indløbet var en "lomme" med lidt mindre ledningsevne end i det øvrige vand. Den meget lange og smalle dam var vanskelig at få fuldt omrørt.

En automatisk prøvetager var sat op til at tage prøver hver 10. minut for analyse af formaldehyd og ledningsevne i laboratoriet. På stedet blev der med jævne mellemrum målt vandtemperatur, iltindhold, ledningsevne og vandspejlshøjde for at se, om dammens volumen ændrede sig under forsøget.

Der ønskedes en behandlingskoncentration på ca. 15 mg/l formaldehyd. 20 minutter efter salttilsætningen blev der tilsat 3,5 liter 37 % formaldehyd svarende til ca. 1.400 g formaldehyd. Med det kalkulerede volumen skulle det give en formaldehydkoncentration på 14,3 mg/l.

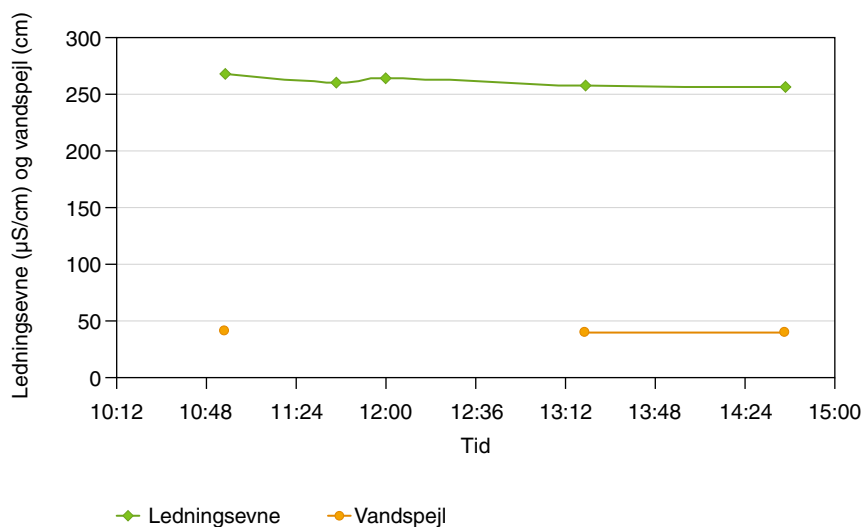
Dammen blev behandlet yderligere 4 gange; den 23., 25., 28. sept. og 4. okt. 2007 på samme måde som beskrevet for den 21. sept.

Figur 3.21 Iltindhold og temperatur i dam behandlet med ca. 15 mg/l formalin på Toudal dambrug den 21. sept. 2007. Temperatur og iltindhold er målt på stedet med elektroder.



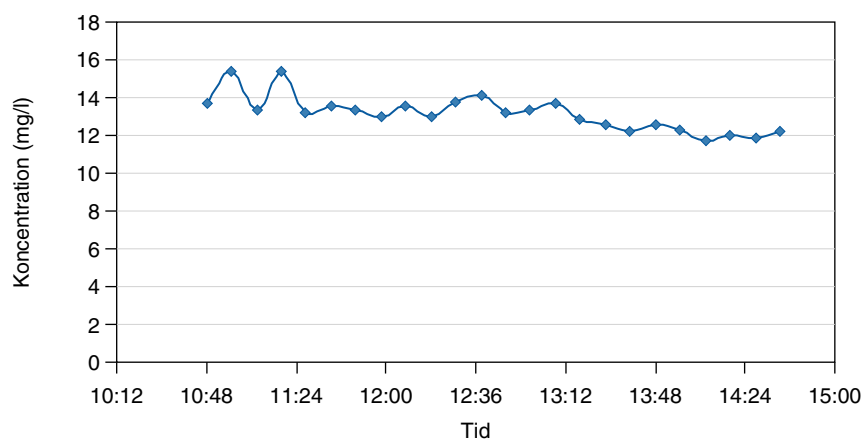
Under forsøget svingede iltindholdet mellem 8-9 mg/l mens temperaturen i vandet var svagt stigende (figur 3.21). Vandstanden faldt med 1 cm under forsøget, hvilket tyder på en svag udsivning fra dammen. Ledningsevnen var også faldende og kan skyldes, at vandet først blev helt opblandet efter et par timer, da padlebelufteren havde vanskeligt ved at omrøre den meget aflange dam (figur 3.22). Det kan dog ikke udelukkes, at der også er en indsivning i dammen, der kan give anledning til fortyndingen, og at denne er mindre end udsivningen.

Figur 3.22 Ledningsevne og vandstand i dam behandlet med ca. 15 mg/l formalin på Toudal dambrug den 21. sep. 2007. Ledningsevnen er målt på stedet med elektrode.



Formaldehydkoncentrationen lå mellem 16 til 12 mg/l under det 4 timers forsøg (figur 3.23). Af kurveforløbet fremgår det, at koncentrationen svinger i starten af forsøget, tydende på, at det tager betydeligt længere tid om at blive opblandet end ved brede damme som i Mølbak dambrug.

Figur 3.23 Formaldehydkoncentration i dam behandlet med ca. 15 mg/l formalin på Toudal dambrug den 21. sep. 2007. Hver 10. minut er der men en automatisk prøvetager (Isco) taget en prøve til analyse for formaldehyd i laboratoriet.



Veterinærmæssige observationer

Fiskene var blevet tilset af dyrlæge Torben Nielsen den 20. september. Dambrugeren havde observeret let forøget dødelighed og ønskede en diagnose. Torben Nielsen stillede diagnosen fiskedråber. De inficerede fisk gik i 6 næsten ens damme med samme mængde fisk, i samme størrelse, hvilket var et godt udgangspunkt for at kunne lave et sammenlig-

nende forsøg med forskellige vanddesinfektionsmidler. Derfor blev der trukket lod om hvilke damme, som skulle undergå hvilken behandlingen.

Da der var tale om en fiskedråberinfektion blev behandlingsstrategien lagt herefter (se Silstrup forsøg). Altså gentagne behandlinger med nogle få dages mellemrum. Vandtemperaturen var ca. 12 grader under den første behandlingsdag. Da forsøget foregik sidst i september måned, var vandtemperaturen faldende over hele forløbet, og behandlingsfrekvensen blev lagt herefter.

Der blev i alt behandlet 5 gange svarende til dag 1, 3, 5, 8 og 14, hvorefter fiskedråber infektionen blev vurderet til at være under kontrol og uden større betydning for fiskene i alle damme. 3 uger efter sidste behandling blev ejeren kontaktet, og da var alt stadig OK.

Resultater

Fisk i dam:

Ingen af behandlingerne påvirkede fiskene negativt. Ingen uro i dam. Ingen øget dødelighed under behandling. Der døde mellem behandlingerne kun få hundrede gram fisk pr. dam pr. dag. Der var fra starten flest døde og påvirkede fisk i de damme, der var behandlet med reduceret mængde formalin eller brintoverilte. Da udvælgelsen var foregået ved lodtrækning, var dette tilfældigt. Alle damme rettede sig hurtigt gennem forløbet. Efter få behandlinger var der ingen umiddelbare forskelle mellem dammene, hvad angik døde og syge fisk. Der var i dammen behandlet med brintoverilte mistanke om begyndende botulisme. Dette blev stoppet med grundig opsamling af døde fisk. (Yderligere oplysninger i bilag 7.2.4)

Fiskedråber

Fiskedråberinfektionen blev fulgt løbende den 1. dag og jævnlige de efterfølgende 14 dage. På 1. dagen var fiskene i alle damme (især de 2 damme behandlet med reduceret mængde formalin og brintoverilte) moderat angrebet i huden og gællerne (5 - 25 stk. pr. skræb/gælle). Der var både store og små fiskedråbere. Gællerne var meget tilslimede (der blev udtaget prøver fra fisk, der gik sorte i kant).

Efter anden behandling var gællerne mindre tilslimede, men der var stadig mange fiskedråbere i alle størrelser på fisken. Men kun få døde.

Ved undersøgelse efter 3. behandling var mængden af fiskedråber i gæller og slim på fiskene reduceret væsentlig i alle damme. I dammen, som behandlede med brintoverilte, kunne fiskedråber ikke mere genfindes i gællerne.

Ved undersøgelse 10 dage efter 1. behandling var der kun ganske få fiskedråbere tilbage, og efter 14 dage kunne fiskedråbere kun findes tilfældigt på huden af ganske få fisk.

Virkon-S, et bakterielt desinfektionsmiddel er tidligere rapporteret at have en dræbende effekt på de frie therontstadier. På første dagen blev der dog også observeret fisk med fiskedråber i huden, som ca. 2 timer efter behandlings start havde nedsat aktivitet. Dette gav et håb om at stoffet kunne have en effekt på det stadie (trofont), som befinder sig på

fisken. Den nedsatte aktivitet kunne dog ikke senere eftervises. For at være helt sikker blev der i et lille forsøg i spand eksperimenteret med større dosis. Denne dosis var så stor at fiskene blev voldsomt afslimet og døde indenfor ca. 20 minutter. Ved undersøgelse af disse fisk var trofonterne alle levende, hvilket indikerer at selv Virkon-S i store doser ikke dræber trofont-stadiet.

Konklusion

Behandlingen med formalin i reduceret mængde (12-15 mg/l) i 4 timer, gentaget i alt 5 gange indenfor 14 dage, viste god effekt. Behandlingen var ligeså effektiv som den traditionelle behandling med formalin, eller med den reducerede mængde brintoverilte og Virkon-S.

Der blev i formalinforsøgsdammen kun anvendt $5 \times 3,5 = 17,5$ l formalin 37 % i hele behandlingsforløbet. Dette skal sammenlignes med den mængde, der normalt vil være brugt $5 \times 20 = 100$ l.

Behandlingen er dog mere arbejdskrævende, idet der skal opstilles og anvendes en padlebelufter pr. dam for at sikre omrøring og den fornødne ilt til fiskene.

3.5 Formalin og recirkulerede anlæg

3.5.1 Indledning

Anvendelsen af formalin sker i betydeligt omfang på recirkulerede anlæg til bekæmpelse af især fiskedråber (*Ichthyophthirius multifiliis*) og costia (*Ichthyobodo necator*) (Henriksen og Plessner, 2007). Vandbehandlingen er effektiv og påvirker hverken fisk eller biofilter negativt. Formalin er således i mange tilfælde det hjælpestof, dambrugeren er mest fortrolig med og nødt til at undvære. Af arbejdssikkerhedsmæssige grunde forventes brugen af formalin dog at udfases inden for en kortere årrække (Wooster et al; 2005), og samtidig kan brugen af formalin som nævnt være i konflikt med de opstillede vandmiljøkrav. Det synes derfor oplagt såvel at undersøge alternative, mindre skadelige og lettere nedbrydelige hjælpestoffer, som at optimere den nuværende praksis med brug af formalin så den samlede mængde reduceres.

Formaldehyd er det simpleste aldehyd og kan bruges som kulstofkilde af en række bakterier og svampe. Formalin har i en lang årrække været brugt på åleanlæg, og tidligere undersøgelser viser, at der sker en betydelig nedbrydning af formaldehydet i de biologiske filtre (Weinbeck & Koops, 1990; Heinen et al., 1996). Undersøgelser fra modeldambrug indikerer ligeledes, at al tilført formalin er væk inden for et døgn (se Kap. 3.10), hvilket langt fra kan forklares med fortynding alene.

Formålet med indeværende forsøgsrækker er at undersøge, hvorledes regelmæssig tilførsel af formaldehyd påvirker omsætningsraterne af formalin, og om biofiltret i givet fald kan tolerere denne påvirkning. I forsøgene er det også undersøgt, om fiskenes vækst og overlevelse påvirkes af graden af formalintilførsel.

3.5.2 Metode

Forsøgene er udført i seks ens lukkede recirkulerede anlæg, hver med egen beholder med fisk, forbundet til et dykket biofilter, hvortil vandet pumpes ind nedenfra og risler passivt tilbage i karret (Pedersen et al, 2007 og i bilag 7.3.1).

Forsøgsserie 1: Kontrolleret tilvænningsforsøg med formaldehyd. Blandt de seks stabiliserede og tilvænnede recirkulerede anlæg med ca. 2,5 kg. portionsregnbue-ørreder blev der fastlagt tre behandlingsgrupper, som med varierende hyppighed fik tilført 9,65 ml 37,5 % formalin svarende til en startkoncentration på 10 mg/l formaldehyd.

2 anlæg tilføres formalin *to* gange ugentligt

2 anlæg tilfører formalin *en* gang ugentligt

2 anlæg uden formalin tilførsel (kontrol)

Ved hver formalintilførsel blev der udtaget vandprøver før og efter til bestemmelse af formaldehydkoncentrationen og dermed omsætningen over tid. Ved forsøgets start blev en kendt fiskebiomasse isat hvert kar, og undervejs i den seks uger lange forsøgsserie blev overlevelsen fulgt og forsøget afsluttet med en opvejning til bestemmelse af tilvækst og foderkonvertering.

Forsøgsserie 2: Kontrolleret tilvænningsforsøg med formaldehyd og undersøgelse af biofilter tolerance

Blev udført som forsøgsserie 1, med følgende ændringer:

2 anlæg tilføres formalin *hver dag*

2 anlæg der tilfører formalin *en gang ugentligt*

2 anlæg uden formalin tilførsel (kontrol)

Over fire uger blev 9,65 ml 37,5 % formalin tilført ad gangen, svarende til en startkoncentration på 10 mg/l formaldehyd. Herefter blev den dobbelte mængde formalin tilført over 2 uger, og forsøget blev afsluttet med tilsætning af 19,7 ml formalin til alle seks anlæg, dvs. de hidtil uberørte anlæg blev udsat for formalin for første gang.

Til bestemmelse af anlæggenes nitrifikationsrater blev der i tillæg tilført 4140 mg ammoniumklorid (NH₄Cl) til alle seks anlæg en gang ugentlig, svarende til en koncentrationsforøgelse på 3,00 mg ammonium-N/l. Ammoniumtilførslen skete umiddelbart efter alt formaldehyd var forsvundet fra karrene, og ammonium- og nitritforløbet blev fulgt over en tre-timers periode. Fodringen den pågældende dag blev udskudt til efter forsøgsafviklingen med ammoniumtilførsel. Disse eksperimenter foregik forud for første formalintilførsel og ugentlig i forsøgsperioden i alt fem gange.

Den samlede fiskebiomasse blev registreret ved forsøgenes begyndelse og afslutning og tilvæksten beregnet i forhold til den tildelte fodermængde. Eventuelle døde fisk i forsøgsperioden blev registreret, og der blev korri-

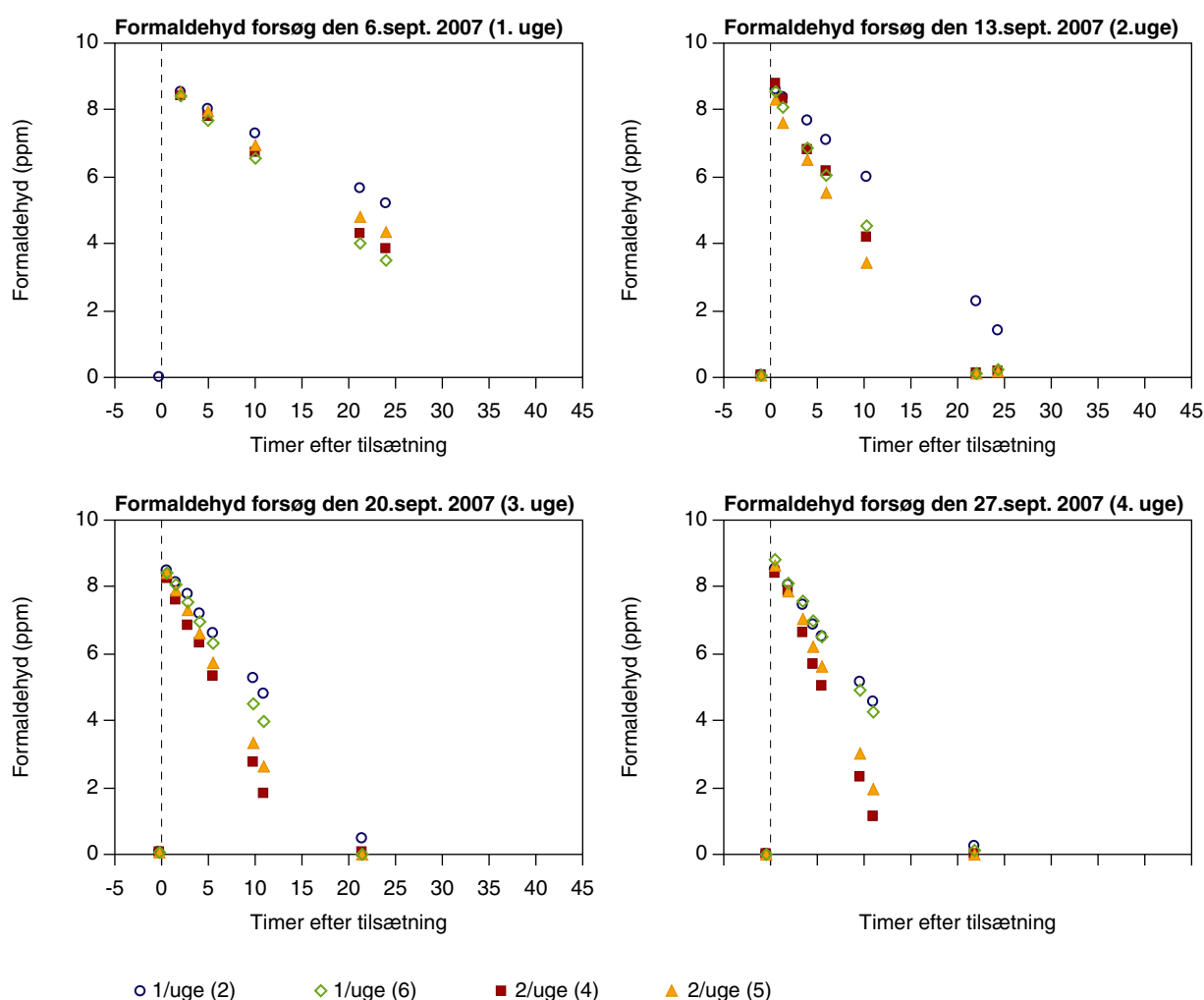
geret herfor i beregning af fodertildeling og slutberegning af foderkonverteringen.

3.5.3 Analysemetoder

Vandprøverne er analyseret spektrofotometrisk (eksempelvis formaldehyd, brintoverilte, ammonium, nitrit og nitrat samt COD), vha. filtrering (suspenderet stof) eller brug af målesensorer (BI₅, pH, alkalinitet, ilt og temperatur) i videst muligt omfang efter danske standarder. Se bilag 7.3 for uddybning af analysemetoder.

3.5.4 Resultater

Ved tilsætning af formalin til anlæggene ses et umiddelbar lineært henfald i formaldehyd-koncentrationen (figur 3.24).



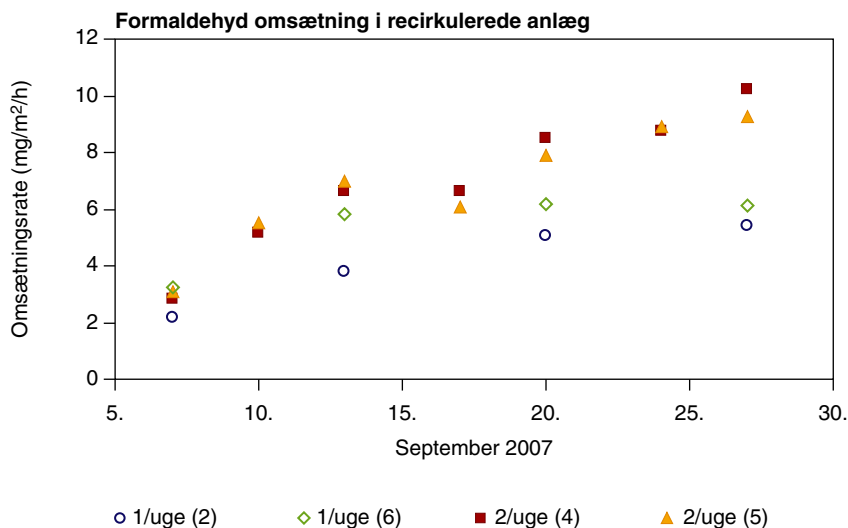
Figur 3.24 Omsætning af formaldehyd opgivet som mg / time pr. m² biofilteroverflade. Hvert datapunkt angiver den beregnede omsætningstrate for enkelt henfaldsforsøg. Åbne symboler repræsenterer rater fra anlæg med én ugentlig formalin tilsætning; lukkede symboler fra anlæg, der modtog formalin to gange ugentlig.

Et døgn efter de første tilsætninger (uge 1) er der stadig 3,5 -5,0 mg/l formaldehyd tilstede i alle anlæggene. Jo længere periode anlæggene tilvænnedes formalin, desto hurtigere nedbrydes denne. Således omsættes samme mængde formalin på 12-14 timer efter fire ugers tilvænnelse to gange ugentlig, hvilket svarer til en 3-4-dobling af omsætningsraten i forhold til første doseringsforsøg. Anlæggene som tilføres formalin en

gang ugentlig (figur 3.25; åbne symboler) opnår lavere omsætningsrater og omsætter formalinen på knap 24 timer i 3. og 4. uge.

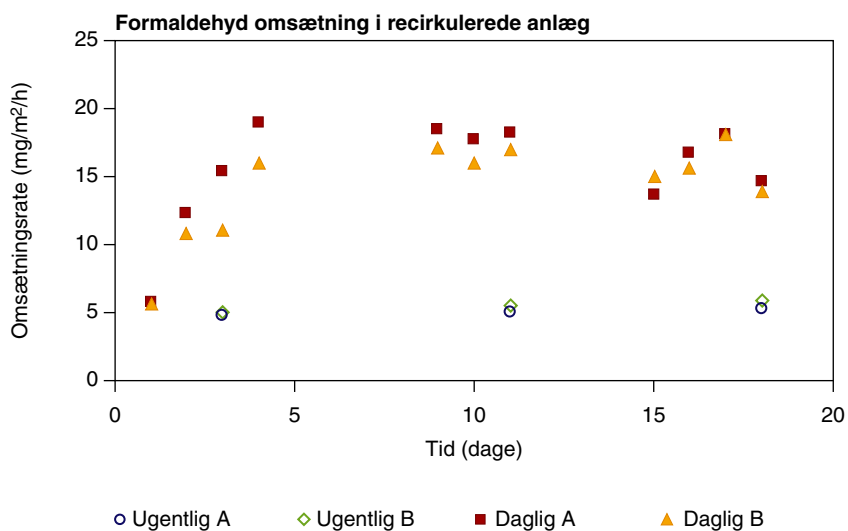
Omsætningen af formaldehyd er beregnet som et lineært henfald, og omregnet i overfladespecifik omsætning (se bilag 7.3). Figur 3.25 viser udviklingen af de omsætningsrater fra de fire anlæg, som er blevet tilvænnet formalin. Der ses, at omsætningsraterne for de anlæg, der modtog formalin hyppigst, er 1,5- 2 gange større, og at omsætningsraterne steg > 3 gange i forhold til første dosering.

Figur 3.25 Ændring i formaldehydkoncentration efter tilsætning af 9,65 g formalin til 4 recirkulerede anlæg. Åbne datapunkter repræsenterer anlæg, der tilføres formalin 1 gang/uge, mens de grå/sorte symboler angiver koncentration fra anlæg, der tilføres formalin 2 gange ugentlig.



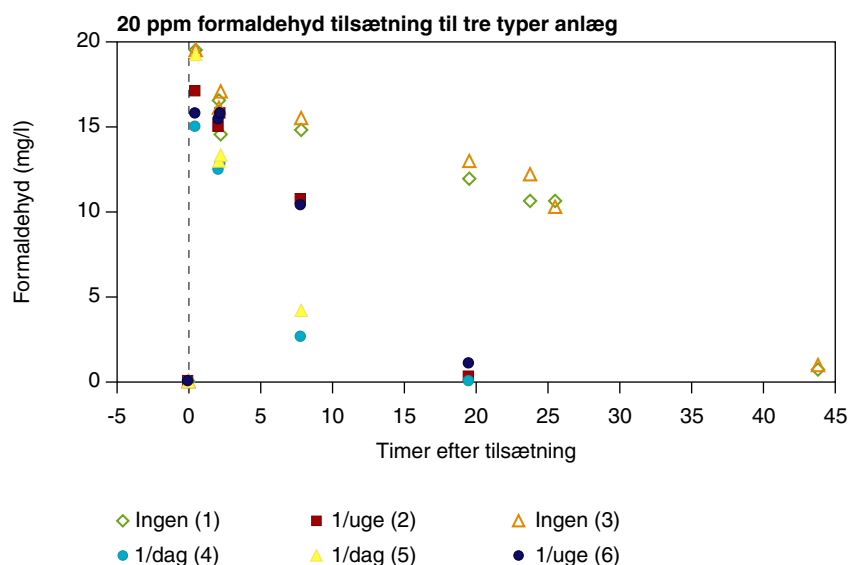
I forsøget med daglig vs. ugentlig dosering af samme mængde formalin ses tilsvarende tendens. De anlæg, der modtager formalin hyppigst opnår de højeste omsætningsrater på op til 18 mg/m²/h.(figur 3.26). Det ses ligeledes, at der for begge behandlinger indtræder en stabil omsætning, og at forskellen herefter opretholdes i hele forsøgsperioden. Omsætningsraterne fra forsøgene med ugentlig formalin dosering (åbne symboler i figur 3.25 og 3.26) ligger på samme niveau i begge forsøgsrækker.

Figur 3.26 Omsætning af formaldehyd opgivet som mg / time pr. m² biofilteroverflade. Hvert datapunkt angiver den beregnede omsætningstrate for enkelt henfaldsforsøg. Åbne symboler repræsenterer rater fra anlæg med ugentlig formalin dosering og lukkede symboler fra anlæg, der modtog formalin dagligt.



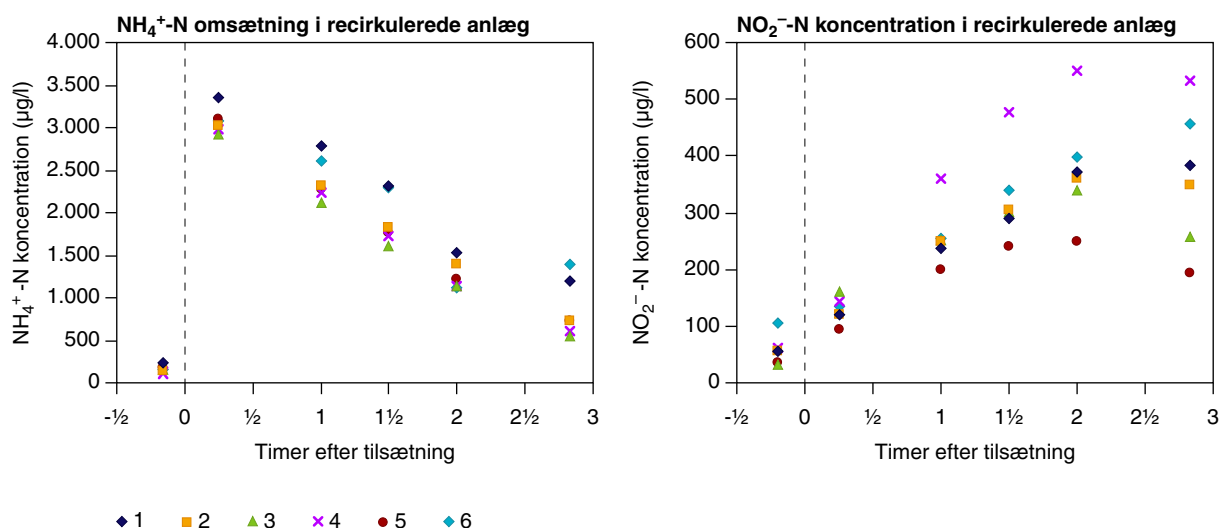
Figur 3.27 viser resultaterne af formalinomsætning fra tre typer anlæg; anlæg, der henholdsvis aldrig, ugentlig eller dagligt blev tilført formalin. Her ses det, at de hidtidigt uberørte anlæg omsætter formaldehydet væsentlig langsommere i forhold til de øvrige grupper, mens anlæggene med den højeste omsætning har rater på op til 1,9 mg/l pr. time svarende til 27 mg/m² pr. time. I forhold til anlæg, der udsættes for formalin første gang, er omsætningsraterne øget med hhv. ca. 3 og 6,5 gange for hhv. anlæg med ugentlig og daglig tilvæning. Omsætningsforløbet i de to anlæg, der tilføres formalin for første gang, er kun lineært det første døgn, hvorefter en svag krumning kunne indikere, at der foregår en øget omsætning, evt. foranlediget af en bakteriel opformering og øget aktivitet.

Figur 3.27 Ændring i formaldehyd koncentration efter tilsætning af 19,3 gram til anlæggene på 360 liter (~ 20 mg/l startconc.) Åbne symboler repræsenterer rater fra anlæg der ikke tidligere har fået formalin; grå symboler er fra anlæg med forudgående ugentlig formalin dosering og de sorte symboler er fra anlæg, der modtog formalin dagligt over en længere periode.

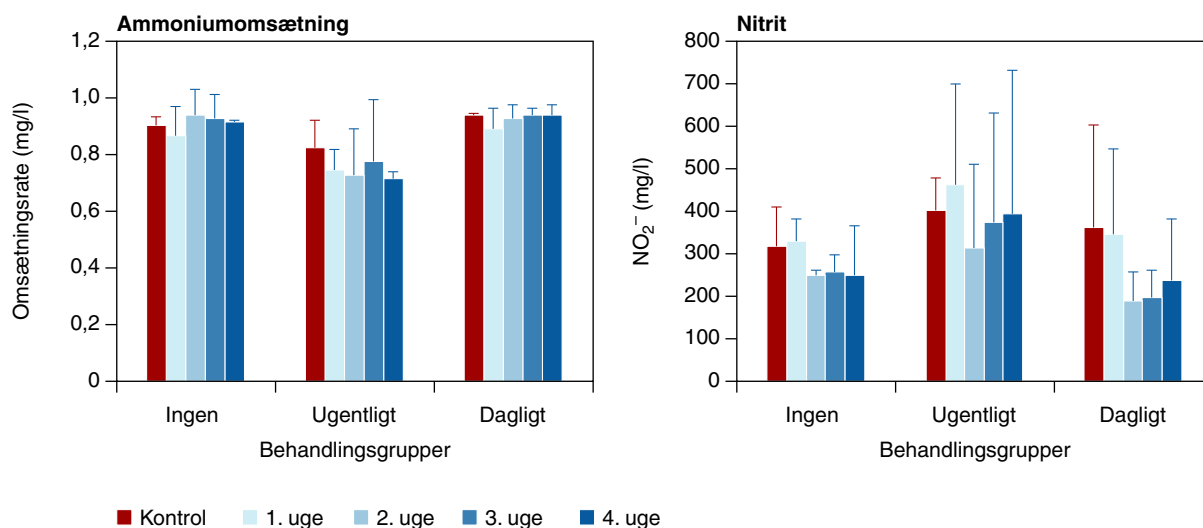


Effekt af formalin på ammonium/nitrit oxidationen:

Der blev ikke observeret hæmmende effekter af biofiltrenes nitrifikationsrater i forbindelse med formalin dosering. Biofiltrenes ydeevne m.h.t. til omsætning af ammonium og nitrit blev undersøgt forud for de indledende formalintilsætninger og dernæst en gang om ugen umiddelbart efter formalinbehandlingerne. Figur 3.28 viser resultaterne fra en enkelt forsøgsrunde, hvor figur A viser omsætningsforløbet af ammonium efter tilsætning, og figur B viser udvikling i nitritkoncentrationen.



Figur 3.28 Til venstre A, omsætning af ammonium i seks anlæg, der har fået tilført NH_4Cl svarende til $C_0 = 3,0 \text{ mg/l}$. Grafen til højre B viser den resulterende nitritkoncentration (kontrolforsøg, 25/10 2007).



Figur 3.29 Ammoniumomsætningsrater (t.v. A) og maksimal nitritkoncentration (t.h. B) fra tre behandlingsgrupper udført i duplikater. Behandling henfører til formalin, som blev doseret dagligt/ugentligt svarende til 10 mg/l formaldehyd i uge 1-3 og 20 mg/l formaldehyd i uge 4.

Det lineære henfald af ammonium fører til en efterfølgende mindre op-hobning af nitrit, som i halvdelen af anlæggene igen når at aftage inden for tre timer. Tilsvarende ammoniumomsætningsrater og nitritudvikling blev undersøgt de efterfølgende uger efter daglig og ugentlig formalin-behandling. De gennemsnitlige ammoniumomsætningsrater for hver be-handlingsgruppe er vist i figur 3.29 A, mens gennemsnittet af de maksi-male nitritkoncentrationer er vist i figur 3.29 B.

Det ses, at gruppen, der behandles ugentligt med formalin, har en mar-ginalt lavere ammoniumomsætning, og at der forekommer en større va-riation mellem anlæggene. Nitritophobningen er lav og mest stabil i kontrolgruppen, mens der forekommer betydelig variation i nitritniveauerne i de to grupper, der behandles med formalin. Variation og gennemsnits-værdierne aftager i anlæggene, der dagligt behandles med formalin. I al-le forsøgene var den højst målte nitrit-N koncentration $0,63 \text{ mg/l}$. Nitrit-

fjernelsen i forsøgene varierer fra 73-92 % i kontrolforsøgene, og fra 62-94 % i de øvrige forsøg.

Ved alle ugentlige forsøg blev anlæggenes vandkvalitet målt i form af kemisk iltforbrug (COD). Anlæggene havde i gennemsnit over hele perioden et COD fra 59,1 til 64,9 mg O₂/l. Der var en vis variabilitet mellem anlæggene og fra uge til uge (se bilag 7.3), og der blev ikke fundet entydige forskelle mellem anlæg og dato eller sammenhænge mellem omsætningsrater og COD-niveau.

Vandprøver blev ligeledes undersøgt for letomsætteligt organisk stof i form af biologisk iltforbrug over 5 døgn, som blev målt til omkring 12 mg O₂/l. Variationen mellem anlæggene målt samtidigt var relativ lav, eksempelvis med < 2 mg O₂/l forskel mellem højeste og laveste værdi.

Alkaliniteten varierede fra 1 til 1.8 meq, svarende til 100 - 180 mg CaCO₃ pr liter. Der blev ikke observeret sammenhæng mellem alkalinitet og omsætningshastighed af formaldehyd. Vandets indhold af suspenderet stof lå omkring 30 mg/l i forsøgsperioden med værdier fra 22 til 39 mg/l.

3.5.5 Effekt af formalin på fiskenes tilvækst

I begge forsøgsperioder var der 100 % overlevelse i alle anlæggene, med undtagelse af et enkeltstående driftssvigt med høj dødelighed til følge ved første forsøgsrundes afslutning (kontrol anlæg 3, der ikke havde tilførsel af formalin). På basis af den samlede fiskebiomasse registreret ved forsøgenes begyndelse og afslutning, samt mængden af tildelt foder, kan foderkonverteringen beregnes til 0,81 -0,87 i første forsøg og 0,98-0,99 i andet forsøg (tabel 3.8).

Tabel 3.8 Oversigt over beregnet foderkonvertering (kg foder/kilo biomassetilvækst) for ørrederne i de recirkulerede anlæg. Forsøg 1 og 2 udført med ørreder på startmiddelvægt på hhv. 110 gram og 190 gram. Fisketæthed ved forsøgsbegyndelse og afslutning, hhv. 16 og 26 kg/m³ (forsøg 1) og 14.5 og 28 kg/m³ (forsøg 2).

	Ingen formalin	Formalin 1gang/uge	Formalin 2 gange/uge	Formalin Dagligt
FK (1. forsøg)	0,81 ± 0,04	0,84 ± 0,04	0,87 ± 0,01	
FK (2. forsøg)	0,99 ± 0,01	0,99 ± 0,02		0,98 ± 0,05

Et forsøg, hvor samme mængde formaldehyd (20 mg/l) blev tilsat kar med rent vand og forskellige tætheder af fisk (0, 10, 25 og 50 kg/m³), viste, at der ikke skete nogen målbar reduktion i formaldehydkoncentrationen inden for 8 timer efter tilsætning uanset biomassen. Fiskene selv synes således ikke at give anledning til nogen omsætning af formalin.

3.5.6 Diskussion - Formalin og recirkulerede anlæg

Omsætning af formaldehyd

Omsætningen af formaldehyd i recirkulerede anlæg med biofiltre er afhængig af om anlægget er tilvænnet formalin eller ej. Forsøgene med forskellige grader af formalintilvænnings viser, at omsætningsraten øges som funktion af tilvænningshyppigheden. Mikroorganismene skal først tilpasse sin metabolisme til den nye kulstofkilde, formaldehyd og det tager tid. Næste gang de møder formalin er de allerede tilpassede. Om-

sætningsraten stiger efter de første par tilsætninger, hvorefter nedbrydningshastigheden synes at stabilisere sig. Ved ugentlig tilførsel af formalin ses konstant omsætning, og forsøgene viser at dette niveau kan forskydes ved enten hyppigere eller øget doseringsmængde. Ved daglig, lav dosering øges nedbrydningshastigheden af formaldehyd 4-5 gange i forhold til anlæg, der ikke tidligere har modtaget formalin, og det vurderes, at dette tilvænningsforhold er gældende for øvrige anlæg.

De fundne værdier, som tilnærmet er omregnet til overfladespecifik formaldehydomsætning ligger således fra 2 til 16 mg/m²/t formaldehyd ved 10 mg/l formaldehyd, og ved tilvænnning med 20 mg/l op til 27 mg/m²*t. Tidligere forsøg med omsætning af formaldehyd i biofiltre udført ved lignende temperatur gav til sammenligning rater fra 8-10 mg/m²*t formaldehyd (Pedersen et al, 2007). Daværende forsøg blev afviklet ved højere koncentrationer i anlæg, hvor fiskene blev fjernet i forbindelse med vandbehandlingen. I de seneste forsøg er fiskene forblevet i anlæggene under de gentagne doseringsforsøg, og der er registreret tilsvarende vækst og overlevelse som i anlæg, der ikke blev påført formalin. Forsøgene viser således, at langvarige behandlinger ved lave formalinkoncentrationer og uden vandudskiftning ikke belaster fisk eller biofiltre unødigt. Resultaterne viser også, at tilvænnning opretholder en øget omsætning, når formalinen genintroduceres, eksempelvis er de første reduktionsrater i anden forsøgsrunde (figur 3.26) fortsat høje tre uger efter forudgående dosering.

Wienbeck & Koop (1990) lavede lignede forsøg med formalin i åleanlæg med 36 m³ dykkede biofiltre, og fandt omsætningsrater for formaldehyd på omtrent 45 mg/m²/t, hvilket er hhv. 2 - 20 gange højere end de højeste og laveste fundne rater i indeværende forsøg.

Forskellen i omsætningsraternes størrelsesorden kan forklares med en øget filterbelastning (fodermængde per volumen biofilter) og det forhold, at der behandles ved større koncentrationer og højere temperatur. Samme undersøgelse viste tillige en kort forbigående nedsat filterfunktion i form af øget nitrit.

En af konsekvenserne ved tilvænningseffekten er, at den forventede behandlingskoncentration risikerer at blive lavere end den aktuelle værdi, hvorved effekten kan aftage. Ligeledes kan tilvænningen til et givent stof medføre, at målorganismene som eksempelvis parasitter kan blive mere resistente, hvorved behandlingseffektiviteten yderligere forringes.

Forsøgsopstillingens indretning som lukket, recirkuleret anlæg, indebar en relativ lav vandudskiftning og dermed en høj opholdstid. Det medførte, at en betydelig mængde bakterier var i suspension og ikke udelukkende tilknyttet biofilmen på de faste overflader. De anførte overfladespecifikke omsætningsrater er dog angivet på baggrund af filtret størrelse, velvidende at en betydelig del af omsætning foregik i vandfasen. Batchforsøg med formaldehydomsætning i vand fra anlæggene gav omsætningsrater af formaldehyd på omkring 0,1 mg/l. Denne andel kunne udgøre op til 5-25 % af anlæggenes samlede formaldehydfjernelse og var forholdsmæssig af størst betydning for anlæg, der sjældent blev behandlet med formalin. Vandkvaliteten er anderledes i forhold til traditionelle systemer med hurtigere og mere effektiv stoffjernelse og en øget vandudskiftning. Trods en relativ høj mængde suspenderet stof (omkring 25

mg/l) og højt BI₅ indhold i vandet (10-12 mg O₂/l) trivedes fiskene godt og havde en tilvækst som ventet. Foderkonvertering faldt generelt i anden forsøgsrunde, hvilket kan skyldes, at fiskene var betydeligt større, ligesom den ugentlige ammoniumtilførsel kan have haft en hæmmende effekt på tilvæksten.

3.5.7 Effekt af formalin på biofilter funktioner

Ved langvarig formaldehydtilførsel på såvel 10 mg/l og 20 mg/l blev der ikke observeret hæmning af biofiltret. Dette blev undersøgt ved at pulsdosere anlæg og fisk med ammonium klorid svarende til en ammonium-N forøgelse på 3 mg/l og efterfølgende måle ammonium og nitrit. Denne mængde var valgt så omsætningen kunne følges over et tilpas tidsrum uden samtidigt at volde fiskene problemer m.h.t. ammonium og nitrit eksponering (RAS). Ammonium blev tilsat efter at formaldehydet var væk for at forhindre interferens på målingerne af ammonium. Undersøgelser har vist at formalin kan have en kortvarig hæmmende effekt på de nitrificerende bakterier (Keck & Blanc, 2002; Heinen et al, 1996; Schwartz et al,). Dette indtræder dog først, når behandlingskoncentrationen er væsentligt højere end indeværende forsøg. Heinen et al (1996) finder eksempelvis kun et enkelt tilfælde af nedsat biofilterfunktion (nitrit steg fra < 0,2 mg/l til op mod 0,5 mg/l over en uge) ved tilsætning af 70 mg/l formaldehyd. Ved samme forsøg blev der registreret dødsfald (0,2-1,9 %) blandt fiskene i 3 tilfælde med 100, 120 og 167 mg/l formaldehyd uden filter påvirkning.

Forsøg med formalin tolerance i form af ammonium-nitrit omsætning i biofiltre er vanskelige at sammenligne, da mange betydende forhold afviger (Chen et al, 2006). Ved at tilsætte en kendt mængde ammonium og/eller nitrit før og efter en behandling kan den relative effekt bestemmes, mens det ud fra en praktisk synsvinkel er lettere at følge en eventuel nitritophobning i perioden efter behandling.

Mekanismerne bag formaldehyd tilvænnings-effekten i form af opformering og vedligehold af bakterier, der kan bruge formaldehydet som substrat, forventes at gælde i alle typer anlæg, hvor forhold som vandudskiftningsgraden vil være af betydning. Den bakterielle forskydning vil ikke nødvendigvis ske på bekostning af de nitrificerende bakterier, men afhænger sandsynligvis af, hvor belastet filtret er, og om biofiltret har ledig kapacitet og derved et uudnyttet potentiale.

Indeværende undersøgelser og resultater fra udenlandske studier viser at langvarig formalin eksponering ved lave koncentrationer ikke er skadelig for hverken fisk eller biofiltret i recirkulerede anlæg. Behandlingsstrategien med at dosere mindre mængde formalin over længere tid er således en mulighed. Benyttes formalin hyppigt i et recirkuleret anlæg med biofilter, vil den hurtige omsætning muligvis indebære et behov for at supplere med formalin flere gange for at sikre en given koncentration i behandlingsperioden (se afsnit om brintoverilte).

3.6 Behandling med formalin på modeldambrug

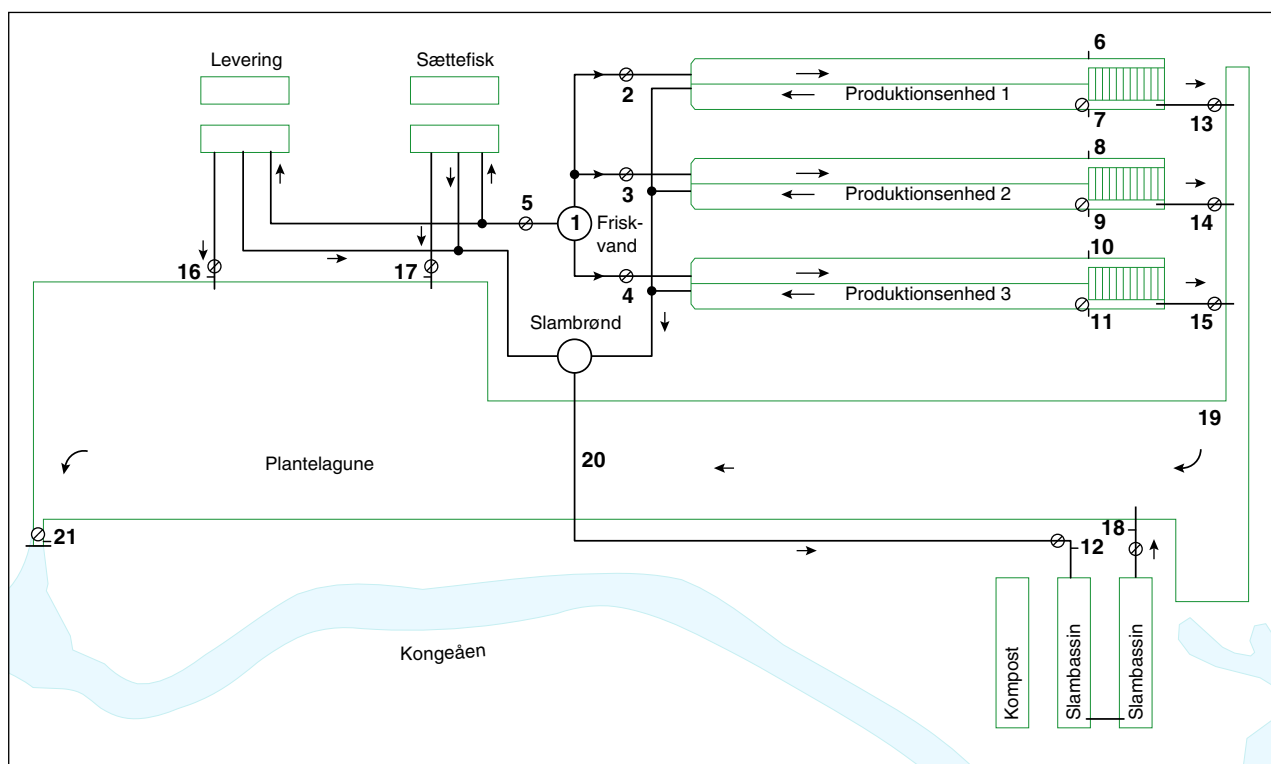
Formaldehyd bruges som desinfektionsmiddel på store recirkulerende anlæg som modeldambrugene. Den veterinære effekt er godtgjort gen-

nem praksis og som ovenstående viser (Kap. 3.5), omsættes der betydelige mængder formalin i biofilterne på forsøgsopstillingerne. I projektet er fulgt koncentrationen af formaldehyd over tid på et modeldambrug, hvor ca. 100 tons fisk blev behandlet.

3.6.1 Kongeåens dambrug den 2. okt. 2007

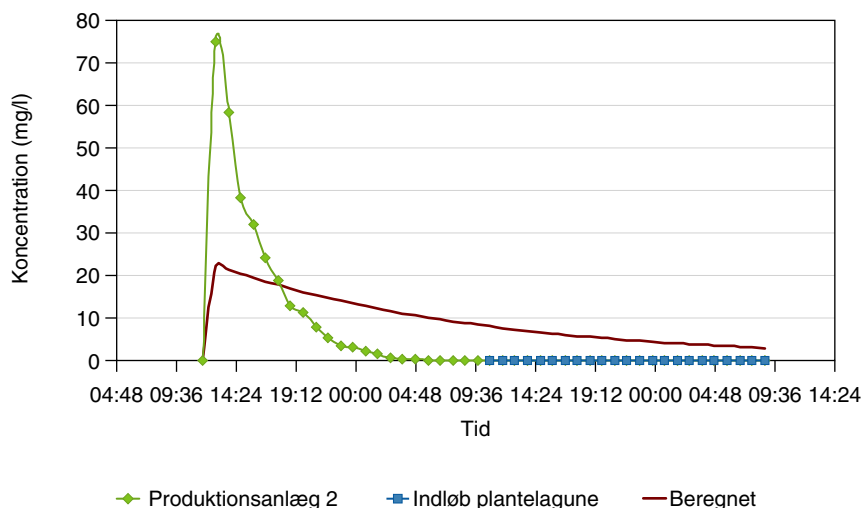
Modeldambrug behandler produktionsanlæggene med formaldehyd i koncentrationer på ca. 20 - 30 mg/l, der således er lidt højere end behandlingskoncentrationerne i de behandlede traditionelle damme i projektet. Forsøget skal belyse, hvordan formaldehydkoncentrationen udvikler sig over tid, når det tilsættes, som modeldambruget gør under normal behandlingspraksis. På Kongeåens dambrug er der 3 produktionsenheder, som hver består af 2 forbundne kanaler (figur 3.30). I hver ende af kanalerne er der et biofilter og en belufter, der løfter vandet op til recirkulering. Vandflowet rundt i produktionsenheden er ca. 745 l/s, og det bevirker, at vandet løber en gang rundt i timen. Hver produktionsenhed er på 2700 m³, og der er et vandskifte ind og ud af produktionsenheden på ca. 35 l/s, hvilket giver en gennemsnitlig opholdstid på ca. 1 døgn.

Dosering af formalin foregik ved, at der fra en stor beholder løb ca. 12 l/min. ud opstrøms den ene belufter på produktionsanlæg 2, indtil der var tilsat ca. 150 liter 37 % formaldehyd, der svarer til godt 60 kg formaldehyd. Var stoffet ligeligt fordelt, ville det give en gennemsnitskoncentration på ca. 22 mg/l.



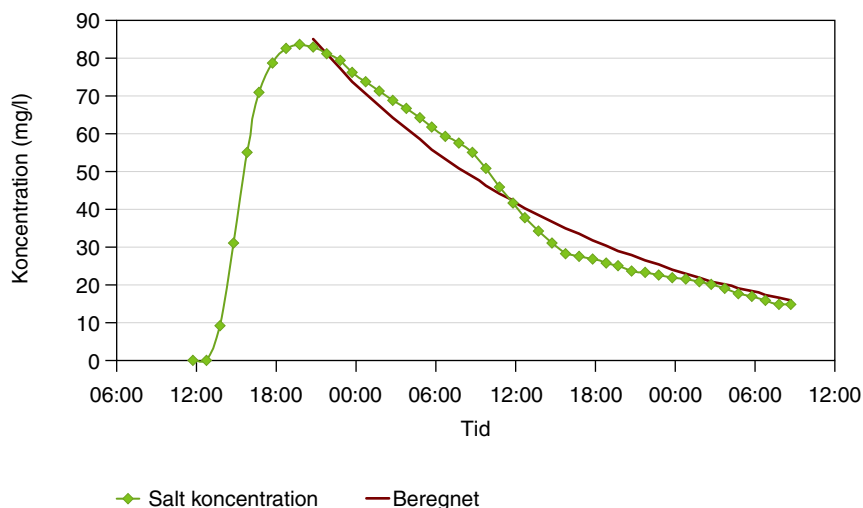
Figur 3.30 Kongeåens Dambrug, opbygning og vandflow

Figur 3.31 Formaldehydkoncentration i produktionsenhed 2 og i indløb til plantelagune efter behandling med 150 l 37 % formaldehyd i produktionsenhed 2 på Kongeåens dambrug den 2 okt. 2007. Hver time i de 2 døgn forsøget varede blev der med en automatisk prøvetager (Isco) taget en prøve til senere analyse for formaldehyd i laboratoriet. Med PoolSim blev beregnet, hvad koncentrationen ville være for et konservativ stof med en startkoncentration på 22 mg/l. Den koncentration ville formaldehyden have haft, hvis formaldehyden var totalopblandet fra starten.



Tilsætningen tog 12 minutter, og derfor blev kun 1/5 af vandet teoretisk doseret. Var stoffet totalopblandet i denne del, ville koncentrationen være på ca. 110 mg/l. Stoffet føres rundt som en prop i produktionsenheden og opløses mere og mere for hver runde, der som nævnt tager ca. 1 time. En automatisk prøvetager tog prøver ud hver time, og denne blev startet samtidig, som doseringen fandt sted og ramte dermed "proppen" af formalinholdigt vand. Derfor fandt vi i anden prøve en koncentration på 75 mg/l, som så aftog efterhånden, som vandet opblandes, løber ud eller omsættes (figur 3.31). Med PoolSim er beregnet på samme graf, hvad koncentrationen ville være for et stof, der ikke omsættes undervejs, men kun forsvinder i takt med at vandet fortyndes via vand fra indløb. Startkoncentrationerne er sat til 22,4 mg/l, den koncentration som formaldehyd ville have haft, hvis formalinen havde været totalt opblandet. Syv timer efter forsøgsstart er koncentrationerne den samme for den målte som for den beregnede værdi, og det må antages, at vandet er totalopblandet på dette tidspunkt. Formaldehydkoncentrationen falder dog fortsat drastisk som følge af en betydelig omsætning af stoffet, sandsynligvis primært ved mikrobiel omsætning i biofiltret (se kap. 7.5). Den tilsatte formaldehyd er væk i produktionsenheden 17 timer efter forsøgsstart, hvorimod et stof, der udelukkende forsvinder ved fortynding, kun er blevet halveret på dette tidspunkt (figur 3.31).

Figur 3.32 Saltkoncentrationen i produktionsanlæg 2 efter tilsætning af 200 kg salt den 2. okt. 2007 på Kongeåens dambrug. Hver time i de 2 døgn, forsøget varede, blev der med en automatisk prøvetager (Isco) taget en prøve til analyse for saltkoncentrationen i laboratoriet. Samtidig er beregnet (PoolSim) kurveforløbet for et konservativt stof for den koncentration, saltet havde efter fuld opblanding efter 8 timer.

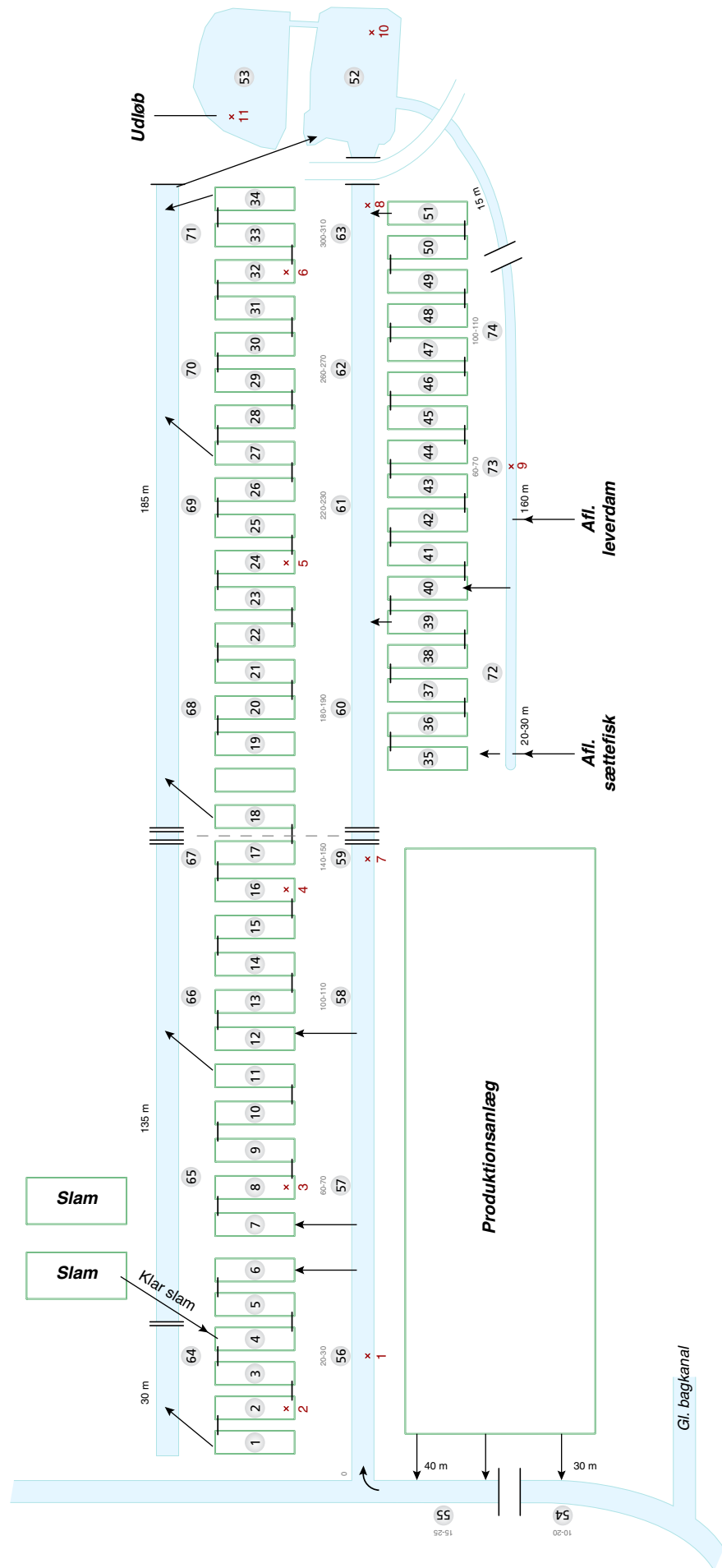


Til produktionsenhed 2 blev der tilsat godt 200 kg salt en halv time efter, at formalinen var blevet tilsat. Saltet omsættes ikke undervejs og betragtes som et konservativt stof. Af figur 3.32 fremgår det, at saltkoncentrationen når sit maksimum efter ca. 8 timer, først da er vandet i produktionsenheden blevet totalopblandet. I modsætning til formalinen er saltproppen forskudt en halv time og således ude af fase med prøveudtageren. I figuren er indlagt en beregning af, hvad saltkoncentrationen ville være, når den fortyndes ud af produktionsenheden, og her er der god overensstemmelse mellem den målte og den beregnede værdi. Klokket 7 om morgenen er biofiltre og slamkegler er blevet skyllet med vand fra produktionsenheden, hvorfor vandstanden synker. Efter en god times tid åbnes der igen for biofiltret, og saltet bliver ekstraordinært fortyndet.

På den måde formalin doseres på Kongeåens dambrug er der tale om en pulsdosering, som starter ved godt 130 mg/l for derefter at falde relativt hurtigt, men først efter godt 7 timer er vandet totalt opblandet. Formaldehyden omsættes hurtigt i produktionsenheden og er væk efter 17 timer. Blev formalinen tilsat over en time, ville det være totalopblandet i produktionsenheden fra starten på den ønskede koncentration på ca. 22 mg/l.

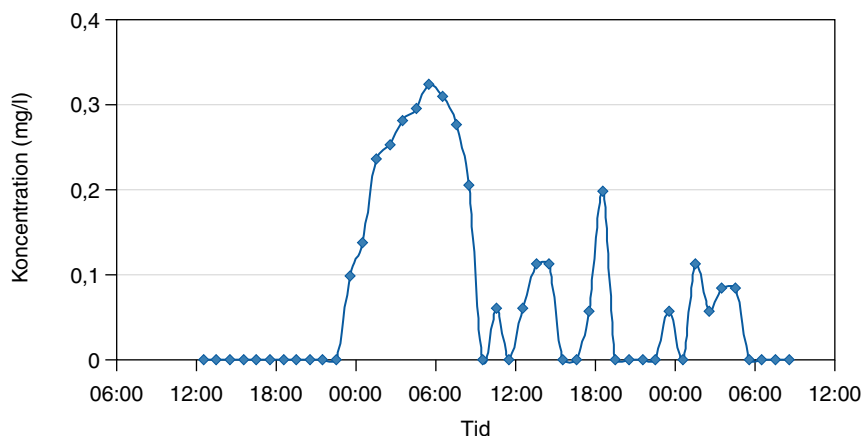
Biofiltret i produktionsafsnittet har en beregnet overflade på 172.000 m². I laboratorieforsøgene (se afsnit 3.5) blev det vist, at biofiltre, der var tilvænnet formalin, kan omsætte op til 25 mg formaldehyd pr. m² pr. time. Dette vil på Kongeåens dambrugs behandlede produktionsafsnit betyde en omsætning på 4,3 kg formalin pr. time. Der blev i alt tilsat ca. 60 kg formaldehyd. Hvis der ses bort fra fortyndingen, vil det altså rent teoretisk tage $60/4,3 = 14$ timer at omsætte alt formalinen. Dette stemmer udmærket overens med de faktisk fundne 17 timer.

Figur 3.33 Principskitse af plantelagunen på Kongeåens dambrug. Plantelagunen består af tidligere jorddamme og for- og bagkanaler. Pilene viser, hvordan vandet forløber, og plantelagunen er sektioneret. En model blev opsat på baggrund af sektioneringen og vandets passage gennem dambruget og anvendt i PoolSim, et beregningsprogram, der kan estimere, hvad koncentrationen er de forskellige steder i plantelagunen og ude i vandløbet. Der blev opsat automatiske prøvetagere ved udløbet af produktionsenhed 2 (ved 55 mærket), i indløbet til forkanalen (ved 56 mærket) og ved udløbet fra plantelagunerne (dam 53) til måling af salt og formalin.



Salt- og formalinkoncentrationen er også blevet målt i udløbet af plantelagunen (figur 3.33), og det viste sig, at formaldehyd kunne måles efter 11 timer til trods for at den gennemsnitlige opholdstid for den 14.000 m² store plantelagune er på ca. 2 døgn (figur 3.34). Der kan fortsat spores formaldehyd knap 2 døgn efter forsøgsstart. Det skal understreges, at der er tale om små værdier. I vandløbet fortyndes koncentrationerne yderligere med en faktor 17.

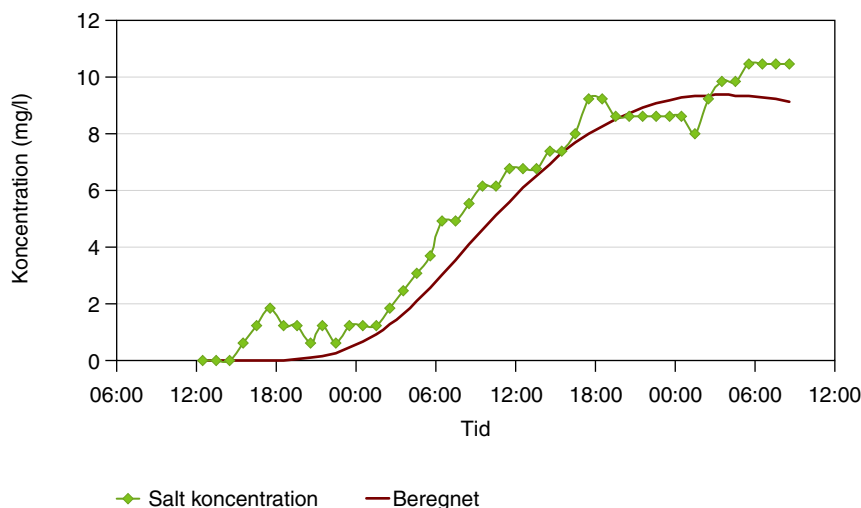
Figur 3.34 Formaldehydkoncentrationen i udløbet fra plantelagunen efter at produktionsenhed 2 blev behandlet med 150 l 37 % formaldehyd (ca. 22 mg formaldehyd /l) på Kongeåens dambrug den 2 okt. 2007. Hver time i de 2 døgn forsøget varede, blev der med en automatisk prøvetager (ISCO) taget en prøve til analyse for formaldehyd i laboratoriet.



Saltkoncentrationen viste, at der relativt få timer efter forsøgsstart kunne måles salt i udløbet af plantelagunen (figur 3.35). Saltkoncentrationen er målt med ledningsevne måler som stigning i ledningsevnen. Baggrundsværdierne er meget høje på 407 $\mu\text{S/cm}$ og en stigning på 1 $\mu\text{S/cm}$ svarer til en saltkoncentration på 0,6105 mg/l. Den første top kl. 17 (figur 3.35) svarer til en stigning på 3 $\mu\text{S/cm}$ set på en baggrund på over 400 $\mu\text{S/cm}$ og kan således forklares ved variation mellem de daglige ledningsevneværdier, hvor vandet jo ikke er lige gammelt i de forskellige damme. Den egentlige stigning i saltkoncentrationerne i udløbet af plantelagunen starter omkring midnat, ca. 12 timer efter doseringen i produktionsanlægget.

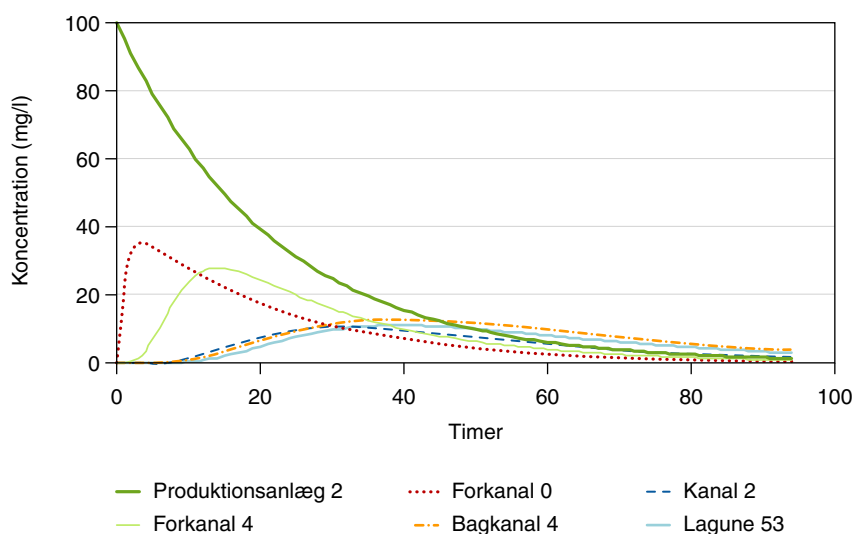
Plantelagunen består af mange tidligere fiskedamme, der er forbundet i grupper med forskellige antal damme og har forskellige udløb til det næstsidste bassin (figur 3.33). Opstilles en beregningsmodel baseret på volumener og flowforløb i plantelagunen og simuleres denne i PoolSim for et konservativt stof som salt, fås en god overensstemmelse med det målte (figur 3.35). Modellen, salt- og formalinmålingerne i udløbet af plantelagunen viste, at tilsatte stoffer til produktionsanlægget begynder at vise sig efter ca. 11-12 timer.

Figur 3.35 Saltkoncentration i udløbet af plantelagunen efter tilsætning af godt 200 kg salt til produktionsanlæg 2 på Kongeåens dambrug den 2. okt. 2007. Hver time i de 2 døgn, forsøget varede, blev der med en automatisk prøvetager (Isco) udtaget en prøve til analyse for saltkoncentrationen i laboratoriet. Samtidig er beregnet (PollSim), hvad koncentrationen vil blive for et konservativt stof tilsat til produktionsenhed 2 med en startkoncentration, som saltet gav, hvis det var totalopblandet fra starten.



Modellsimuleringen viser, at den maksimale koncentration for nogle af kanalerne i plantelagunen forekommer efter 16 timer og for andre efter den dobbelte tid beregnet som konservativt stof efter PoolSim (figur 3.36). Men der begynder altså at løbe stof til udløbet af plantelagunen langt tidligere (lagune 53). For et konservativt stof, der er totalt opblandet i produktionsenheden, bliver den maksimale udløbskoncentration i plantelagunen på 10 % af koncentrationen i produktionsenheden og optræder knapt 40 timer senere (figur 3.36).

Figur 3.36 Beregnede koncentrationer (PoolSim) forskellige steder i plantelagunen for et konservativt stof, hvor startkoncentrationen i produktionsenhed 2 blev sat til 100. Simuleringen viser beregninger for de første 4 døgn. Stationerne er beskrevet på figur 3.33)



For Kongeåens dambrug blev der ikke foretaget en veterinær undersøgelse, men den behandlende koncentration ligger i hvert fald i dele af anlægget betydeligt over, hvad der var effektivt i de øvrige forsøg (15 mg/l), og behandlingstiden er mere end dobbelt så lang som på de undersøgte dambrug.

3.6.2 Konklusion

På den måde formalin doseres på Kongeåens dambrug er der tale om en pulsdosering, som starter ved ca. 130 mg/l for derefter at falde relativt hurtigt, men først efter godt 7 timer er vandet totalt opblandet. Formaldehyden omsættes hurtigt i produktionsenheden og er væk efter 17 ti-

mer, hvilket stemmer udmærket overens med den omsætning som blev fundet i laboratorieforsøgene. Blev formalinen tilsat over en time, ville det være totalopblandet i produktionsenheden fra starten med en koncentration på ca. 22 mg/l.

I udløbet af plantelagunen kunne formaldehyd måles efter 11 timer, til trods for at den gennemsnitlige opholdstid for den 14.000 m² store plantelagune er på ca. 2 døgn. Der kan fortsat spores formaldehyd knap 2 døgn efter forsøgsstart. I vandløbet fortyndes koncentrationerne yderligere med en faktor 17 i en Q_{mm} situation.

Plantelagunen består af mange tidligere fiskedamme, der er forbundet i grupper med forskellige antal damme og har forskellige udløb til det næstsidste bassin. Et saltforsøg viste, at der i udløbet fra plantelagunen kunne spores salt efter 11 timer, og det er ganske i overensstemmelse med, hvad der blev fundet for formaldehyd.

En modelberegning med PoolSim viste, at den maksimale koncentration for nogle af udløbene i plantelagunen burde forekomme efter 16 timer og for andre efter den dobbelte tid, beregnet som konservativt stof. For et konservativt stof, der er totalt opblandet i produktionsenheden, bliver den maksimale udløbskoncentration i plantelagunen på 10 % af koncentrationen i produktionsenheden og optræder knapt 40 timer senere.

Pulseffekten, som anvendes i Kongeåens dambrug, kan i det recirkulerede system have den fordel, at koncentrationen omkring fiskene til tider er forholdsvis høj, hvilket kan være en fordel, når behandlingen er rettet mod parasitter på fisken. Er behandling rettet mod parasitterne i vandfasen giver pulsdoseringen dog mulighed for at parasitterne, der ikke befinder sig i den behandlede del af vandet, vil kunne overleve. Dette vil (jf. erfaringerne fra de andre forsøg) blive undgået, såfremt at hele vandfasen blev doseret jævnt (eksempelvis med 15-20 mg/l). En sådan strategi vil dog, grundet den store omsætning i systemet, skulle suppleres med jævnlige tilsætninger for at opretholde den nødvendige koncentration. Alternativt kan det overvejes, om man i hele eller dele af den ønskede behandlingstid kan shunte vandet uden om biofiltret. Dette vil dog kunne medføre, at parasitter i biofiltret ikke behandles effektivt og vil måske kunne få uheldige konsekvenser for biofiltrets omsætning af næringsstoffer.

Hvorvidt den høje koncentration i pulsen (> 130 mg/l) kan have en negativ effekt på biofiltret vides ikke, men som nævnt er det tidligere vist (Keck & Blanc, 2002; Heinen et al, 1996; Schwartz et al,), at niveauer omkring 150 mg/l kan have en negativ indflydelse.

Anbefaling er, at udløbet fra det behandlede opdrætsafsnit lukkes under behandlingen, hvis det er muligt. Dette vil medføre, at formalinen bliver længere tid i anlægget, hvormed behandlingen effektiviseres. På grund af den forholdsvis store omsætning, der nok primært sker i biofiltret, vil udledningen af formalin til det omgivende miljø dermed mindskes betydeligt.

4 Brintoverilte

4.1 Normal behandlingspraksis for brintoverilte

Brintoverilteprodukter er gennem de senere år blevet anvendt i større omfang i det danske dambrugserhverv. Stoffet anvendes i forbindelse med bekæmpelse af forskellige svampe og parasitinfektioner på fisk og ved svampeangreb på befrugtede æg.

4.1.1 Formål

Formålet med forsøgene er at belyse, om mængden af anvendt brintoverilte kan nedsættes, uden det samtidig går ud over effektiviteten af den vanddesinficerende behandling, således at fiskene helbred og velfærd stadig tilgodeses bedst muligt. Der ønskes nogle mere fagligt funderede forskrifter for bestemmelse af doseringsmængde, tagende udgangspunkt i laboratorieforsøg og efterfølgende dokumentation under praktiske dambrugsforhold. Udgangspunktet var at fastslå, om brintoveriltes dræbende effekt overfor parasitter sker ved en given koncentration, som er uafhængig af behandlingstid, eller om den dræbende effekt sker som en funktion af både koncentration og behandlingstid, hvilket i teorien skulle medføre, at mængden af tilsat brintoverilte kan mindskes ved at sænke koncentration samtidig med, at behandlingstiden forlænges.

Herudover er det vigtigt at kende, hvorledes brintoverilte omsættes under praktiske forhold. Er det overhovedet muligt at opretholde en tilstrækkelig koncentration over tid? Og i så fald, skal der suppleres med nyt stof og hvor tit? Det var desuden ønskelig at få en metode, hvormed man under almindelige forhold kan måle mængden af brintoverilte.

4.1.2 Anvendelsesmåde og dosering

Anvendelsen af brintoverilte er relativt nyt set i forhold til de mere traditionelle midler (formalin, kobbersulfat, kloramin og lign). Gennem de sidste 10 år har midlet dog efterhånden vundet indpas på mange dambrug. Brintoverilte doseringen er på mange forskellige måder afhængig af det anvendte brintoverilteprodukt, vandtemperatur, vandflow, fiskestørrelse, konstruktion af opdrætsenheder, graden af recirkulering og især mængden af organisk stof. Brintoverilte tilsættes normalt til vandet på en af tre måder: Via det rene stof brintoverilte, via natriumperkarbonat eller via en blanding af brintoverilte og pereddikesyre.

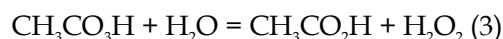
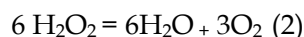
Af konkrete doseringsvejledninger er der kun få, men i danske dambrug tilsættes der i gennemstrømningsanlæg typisk 60 -100 g natriumperkarbonat pr. kubikmeter svarende til en startkoncentration på ca. 18 - 30 mg/l brintoverilte.

Effekten af brintoverilte er meget temperaturafhængig, så dosis sættes normalt op ved lavere vandtemperaturer (< 8 -10 °C), mens man ved vandtemperaturer over 15 grader bør reducere dosis. Doseringen har taget udgangspunkt i, at man skulle opnå en koncentration, der var letal for parasitten/svampen uden at dræbe fisk eller æg.

Ved anvendelse af recirkuleringsteknikker bliver opholdstiden af brintoverilte i vandet forøget. Dette har medført, at der forsøgsvis har været anvendt en mindre dosering end det ovenstående nævnte. Registrering af doser / koncentrationer / behandlingstider har dog hidtil været mangelfuld. Doseringsvejledningerne har primært taget udgangspunkt i hvilken mængde, der skulle tilsættes, og ikke koncentreret sig væsentlig om det faktiske brintoverilte niveau. Det er den brintoverilte der er tilbage efter tilsætningen, der er letalt for parasitten (og fisken) og ikke den mængde man tilsatte. Ligeledes er det blevet taget meget lidt hensyn til det faktum, at brintoverilte er særdeles reaktivt med alt organisk materiale. Derfor vil det tilstrækkelige niveau (og opretholdelse af niveauet over tid) være meget afhængig af mængden af materiale i vandfase plus på bunden i opdrætsenheden, som stoffet kan reagere med.

4.1.3 Brintoverilte som kemisk stof

Brintoverilte, H_2O_2 er ustabil, da det ved katalytisk påvirkning af andre ioner og stoffer spaltes til vand og ilt. Brintoverilte opløses let i vand og forhandles i vandige opløsninger på ca. 30 % brintoverilte. Til desinficering af damme og fisk i dambrug anvendes normalt mere håndterlige brintoverilteprodukter som Biocare (natriumperkarbonat, $2(Na_2CO_3) \cdot 3H_2O_2$) og PerAqua (CH_3CO_3H) der er et pereddikesyrepræparat. I denne undersøgelse er brugt natriumperkarbonat, som er et pulver til dosering i toksisitets test og i damme. I recirkulerede forsøgsanlæg med biofiltre er der anvendt begge brintoverilte produkter. I vand spaltes natriumperkarbonat til natriumcarbonat og brintoverilte (1). Brintoverilten kan da efterfølgende spaltes til ilt og vand (2). Pereddikesyre spaltes i vand til brintoverilte og eddikesyre (3)



4.2 Dosis-respons resultater ved behandling med natriumperkarbonat

Formålet er at undersøge, om der er en positiv sammenhæng mellem koncentrationen af natriumperkarbonat (brintoverilte) og dødeligheden af parasitterne i laboratorieforsøg. Og om der ligeledes kan findes en positiv sammenhæng mellem behandlingstiden og parasitdødeligheden og mellem temperaturen og parasitdødeligheden.

4.2.1 Metode

Gyrodactylus derjavinoïdes forsøg

Forsøgene blev udført med sygdomsfrie regnbueørreder fra Dansk Center for Vildlaks (DCV). Et 80 l akvarium indeholdende 60 l hanevand blev sat op med 32 regnbueørreder. Akvariet var forsynet med et internt Eheim biofilter (10 l/min) til omdannelse af ammoniak og nitrit. Halvdelen af vandet blev udskiftet to gange om ugen, og fiskene blev fodret med ca. 2 vol% (Biomar) hver anden dag. Fiskene blev inficeret med *G. derjavinoïdes* ved at tilsætte en stærkt inficeret regnbueørred (500-1000 parasitter). Behandlingsforsøgene blev udført fra 28-40 dage efter inficeringen. Der blev behandlet med 8, 32 og 64 mg/l (ppm) af og natrium-

perkarbonat (NPK) ved temperaturerne 11-13 °C og 21 °C. Antallet af parasitter blev talt efter 0, 2, 4, 8 og 22 timer. Tre akvarier (7 l forsøgsakvarier indeholdende 5 l hanevand) med to fisk i hver blev anvendt ved hver koncentration og hver temperatur (i alt 36 fisk). I hver forsøgsenhed blev ét akvarium behandlet med natriumperkarbonat og ét blev kørt som et ubehandlet kontrolakvarium. Ved behandling blev tilsat 1 l hanevand med en mængde opløst stof, som gav den ønskede koncentration i 6 l, og i kontrolakvariet blev tilsat 1 l rent hanevand.

4.2.2 Ichthyophthirius multifiliis forsøg

Forsøgene blev udført med theronter, som er det fritsvømmende infektiøse stadium i parasittens livscyklus (figur 3.18). Til forsøgene blev anvendt en glasplade med konkave 1 ml brønde, og de blev kørt som et set-up med fire brønde. En brønd med natriumperkarbonat, en brønd med formaldehyd og to tilhørende kontrolbrønde uden aktivt stof. Til hver brønd blev tilsat 75 µl vand med theronter. Herefter blev tilsat 75 µl opløst stof med dobbelt koncentration af den ønskede forsøgskoncentration. Samlet volumen var på 150 µl. Antallet af levende theronter blev talt til tid 0 og med 15 minutters intervaller. Lyserede og deformerede theronter og theronter med manglende ciliebevægelser blev regnet for døde.

Forsøgene med natriumperkarbonat blev udført med de samme to arter af parasitter som formaldehydforsøgene: den monogene fladorm *Gyrodactylus derjavinooides* og therontstadiet af ciliaten *Ichthyophthirius multifiliis*. Forsøgene blev også udført ved to temperaturer. For *G. derjavinooides* var temperaturerne således 11-13 °C og 21 °C og for *I. multifiliis* var de 12 °C og 22 °C. Det anvendte natriumperkarbonat er et farveløst hvidt granulat, som ved opløsning i vand frigiver brintoverilte i vægtforholdet ca. 1/3. Dette medfører, at der ved behandling med 64 mg/l natriumperkarbonat frigives 20,79 mg/l brintoverilte (tabel 4.1). Brintoverilten er det aktive antiparasitære stof i natriumperkarbonat.

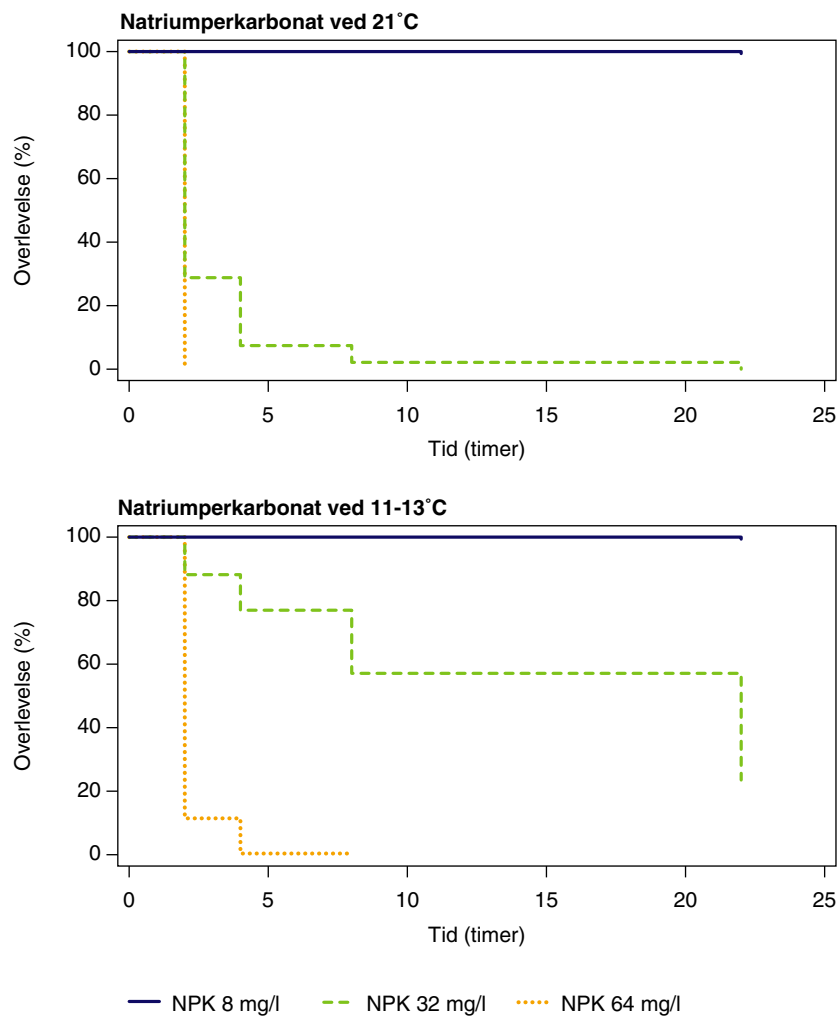
Tabel 4.1 Udregning af frigivelsen af brintoverilte (H₂O₂) ved vandig opløsning af forskellige koncentrationer af natriumperkarbonat.

Koncentration af natriumperkarbonat	Koncentration af brintoverilte
64 mg/l	20,8 mg/l
32 mg/l	10,4 mg/l
16 mg/l	5,2 mg/l
8 mg/l	2,6 mg/l

Gyrodactylus derjavinooides forsøg

Behandling af *G. derjavinooides* med natriumperkarbonat ved 21 °C. Parasitternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af natriumperkarbonat. Ved behandling med 64 mg/l var parasitterne forsvundet efter 2 timer (figur 4.1). Der blev ikke observeret nogen virkning af behandlingen med 8 mg/l natriumperkarbonat ved denne temperatur, og antallet af parasitter var steget (formering) efter 22 timer. Da det ikke er muligt at vise en stigning i et Kaplan-Meyer plot, er kurven sat til 100 %. Der var signifikant forskel i parasitdødeligheden mellem koncentrationerne 32 og 64 mg/l (Log Rank test, med BK; P < 0,017).

Figur 4.1 Kaplan-Meyer plot af overlevelsen hos *Gyrodactylus derjavinooides* ved tre forskellige koncentrationer af natriumperkarbonat og to forskellige temperaturer som funktion af behandlingstiden. Ved sammenligning af koncentrationerne 32 og 64 mg/l var der signifikant forskel i overlevelse (Log Rank test, med Bonferronikorrektion (Bk) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$). Ved sammenligning af de to temperaturer var der signifikant forskel i dødelighed ved 32 og 64 mg/l natriumperkarbonat (Log Rank test, (Bk); $P < 0,017$). De tilhørende kontroller er ikke vist, men lå mellem 98 og 123 % (formering af parasitter) efter 22 timer. Fiskene i hvert replikat, inklusiv kontrollerne, var inficeret med 94-575 parasitter. De omregnede koncentrationer af brintoverilte ved de forskellige koncentrationer af natriumperkarbonat kan ses i tabel 4.1.



Behandling af *G. derjavinooides* med natriumperkarbonat ved 11-13° C

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af natriumperkarbonat. Ved behandling med 64 mg/l blev der fundet en levende parasit efter 4 timer. Der blev ikke observeret nogen virkning af behandlingen med 8 mg/l natriumperkarbonat ved denne temperatur, og antallet af parasitter var steget en anelse efter 22 timer. Det er ikke muligt at vise en stigning i et Kaplan-Meyer plot, og kurven er derfor sat til 100 %. Der var også ved denne temperatur signifikant forskel i parasitdødeligheden mellem koncentrationerne 32 og 64 mg/l (Log Rank test, med BK; $P < 0,017$).

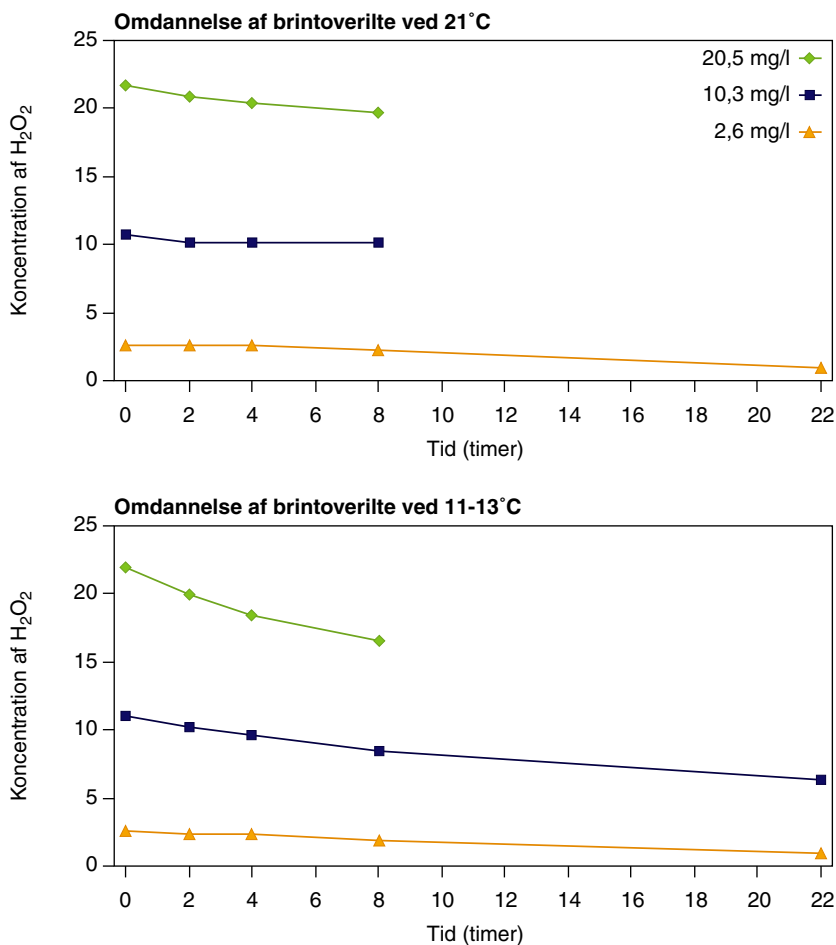
Ved sammenligning af de to temperaturer var der signifikant højere parasitdødelighed ved 32 og 64 mg/l ved den høje temperatur (figur 4.1). Ved den lave temperatur var virkningen væsentligt lavere ved 32 mg/l natriumperkarbonat sammenlignet med behandlingen ved 21 °C (figur 4.1).

Nedbrydningsrate for brintoverilte

Brintoverilte kan reagere med organisk stof i vandfasen og omdannes til vand og ilt. For at undersøge om der kunne have forekommet ændringer i mængden af brintoverilte i forsøget med *G. derjavinooides*, blev der udført endnu et forsøg. Forsøget blev udført efter samme metode og under samme betingelser, dog med uinficerede fisk. Der blev udtaget vandprøver og målt brintoverilteindhold i vandet ved samme tidspunkter som tællingerne i behandlingsforsøget (figur 4.2). Forsøget viste, at der var en

beskeden omdannelse af brintoverilte indenfor de første otte timer ved begge temperaturer. Ved begge temperaturer var der dog et betydeligt fald i koncentrationen mellem prøvetagningerne ved otte timer og 22 timer. Således faldt koncentrationen fra 2,2 til 0,9 mg/l ved den høje temperatur og 1,9 til 0,9 mg/l ved den lave temperatur.

Figur 4.2 Brintoveriltekoncentrationen i vandet i forsøgsopstillingen som i forsøget med *G. derjavinoides*, dog uden at fiske- ne var inficeret. Der er taget vandprøver på samme tidspunkt som i forsøget med *G. derjavinoi- des*.



4.2.3 *Ichthyophthirius multifiliis* (fiskedræber) forsøg

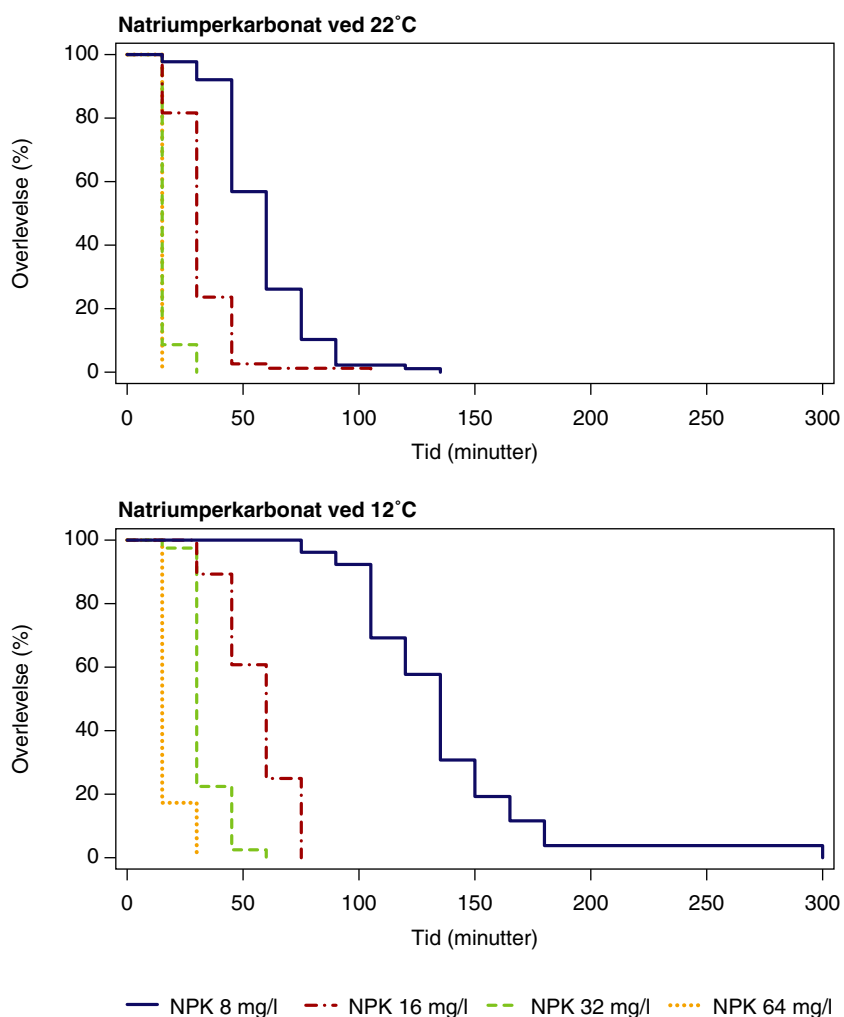
Behandling af *Ichthyophthirius multifiliis* med natriumperkarbonat ved 22° Celsius

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af natriumperkarbonat (figur 4.3). Ved behandling med 64 mg/l natriumperkarbonat var alle parasitter døde efter 15 minutter ved 22 °C. Til sammenligning tog det 135 minutter ved 8 mg/l (figur 4.2). Der var signifikant forskel i dødeligheden af parasitterne mellem alle fire koncentrationer ved 22 °C (Log Rank test, med BK; $P < 0,017$).

Behandling af *Ichthyophthirius multifiliis* med natriumperkarbonat ved 12 °Celsius

Parasiternes overlevelse faldt proportionalt med stigende koncentration af natriumperkarbonat (figur 4.3). Der var signifikant forskel i parasitdødeligheden mellem alle fire koncentrationer ved 12 °C (Log Rank test, med BK; $P < 0,017$). Yderligere var der ved sammenligning af natriumperkarbonatbehandlingerne ved de to temperaturer signifikant højere dødelighed ved 22 °C indenfor alle koncentrationer (Log Rank test, med BK; $P < 0,017$).

Figur 4.3 Kaplan-Meyer plot af overlevelsen hos *Ichthyophthirius multifiliis* theronter ved fire forskellige koncentrationer af formaldehyd og to forskellige temperaturer, som funktion af behandlingstiden. Ved sammenligning af de forskellige koncentrationer var der signifikant forskel i overlevelse (Log Rank test, med Bonferronikorrektion (Bk) for gentagne sammenligninger; $P < 0,017$). Der var ligeledes signifikant forskel i dødelighed ved sammenligning indenfor de forskellige koncentrationer mellem de to temperaturer (Log Rank test, (Bk); $P < 0,017$). De tilhørende kontroller er ikke vist, men lå mellem 100 og 95 % overlevelse.



4.2.4 Konklusion

For de 2 parasitter *Gyrodactylus derjavinooides* (tidligere *G. derjavini*) og therontstadiet af ciliaten *Ichthyophthirius multifiliis* blev der fundet en positiv sammenhæng mellem den anvendte koncentration af natriumperkarbonat og dødeligheden af parasitterne. Der blev ligeledes fundet positiv sammenhæng mellem behandlingstiden og parasitdødeligheden og mellem temperaturen og parasitdødeligheden.

Tabel 4.2 LC50 for *G. derjavinooides* ved behandling med natriumperkarbonat i to timer og ved to temperaturer. LC50 er den koncentration, der slår 50 % af organismerne ihjel. LC50 koncentrationerne er udregnet som beskrevet nedenfor.

Temperatur	LC50 for 2 timer	
	22 °C	11-13 °C
Natriumperkarbonat	24 mg/l	45 mg/l

De to arter af parasitter havde forskellig følsomhed over for natriumperkarbonat anvendt til behandling. Således var *I. multifiliis* op til 20 gange mere følsom over for natriumperkarbonat end *G. derjavinooides* under de pågældende forsøgsopsætninger målt som den tid, det tager at slå halvdelen af parasitterne ihjel (LT50) (tabel 4.3).

Yderligere er beregnet LT95, hvor 95 % af *G. derjavinooides* er døde, og det tager ca. 4 gange så lang tid som for LT50 ved 22 °C og 8 gange ved ca.

12 °C. LC50 værdien bliver dobbelt så stor, når temperaturen halveres (tabel 4.2). Tilsvarende forskelle kan forventes blandt andre parasitter, som ikke er med i denne undersøgelse. Beregningerne for LC og LT er foretaget ved at transformere % døde parasitter til probit-værdier (vha. en probittabel) og transformerer dosis (ved LC udregning) eller tid (ved LT udregning) til Log₁₀ værdier. Herefter udføres lineær regression, og ligningen for den lineære linie anvendes til bestemmelse af LC- og LT-værdierne (tabel 4.3), som beskrevet i Gad, 2005.

Tabel 4.3 Sammenligning af LT50 og LT95 værdier for de to arter af parasitter ved behandling med forskellige koncentrationer af natriumperkarbonat. Ved behandling af *G. derjavinooides* er beregnet tiden til 50 % dødelighed (LT50) og LT95 ved forskellige koncentrationer af natriumperkarbonat. Tiderne til 50 % og 95 % dødelighed er beregnet som beskrevet ovenfor. Ved en halveringstid omkring (~) eller mindre end (<) 2 timer er LT50 og LT95 ikke udregnet, men skønnet ud fra en vurdering af data. LT værdierne er estimeret fremkommet ved beregninger og ekstrapolering af data og bør anvendes herefter. le= ingen.

Temperatur	22 ° C			11-13 ° C		
Koncentration	8 mg/l	32 mg/l	64 mg/l	8 mg/l	32 mg/l	64 mg/l
<i>G. derjavinooides</i> LT50	ie	1,2 timer	< 2 timer	ie	9 timer	< 2 timer
<i>G. derjavinooides</i> LT95	ie	5,2 timer	< 2 timer	ie	70,1	2,6 timer
<i>I. multifiliis</i> LT50	46 min	< 15 min	< 15 min	2t 1 min	25 min	< 15 min

4.3 Opretholdelse af behandlingskoncentration for brint-overilte i damme

Brintoverilte blev doseret i form af natriumperkarbonat, der ved opløsning frigiver brintoverilte. Brintoverilten spaltes til vand og ilt, hvorved iltindholdet stiger, samtidig kan ilten oxydere organisk materiale. Brintoverilten udgør 1/3 af natriumperkarbonaten.

Den mængde brintoverilte, der er med til at ilte vandet såvel som overfladerne i dammen, nedsætter brintoveriltekoncentrationen og dermed den dose, som udgør behandlingen i dammen. Der vil derfor være et momentant brintoverilteforbrug, som ses som opbrusen i vandet og en tidsafhængig omsætning. Hvor store disse tab er, og hvordan den behandlende koncentration kan holdes over en behandlingsperiode på fx 5 timer, er undersøgt.

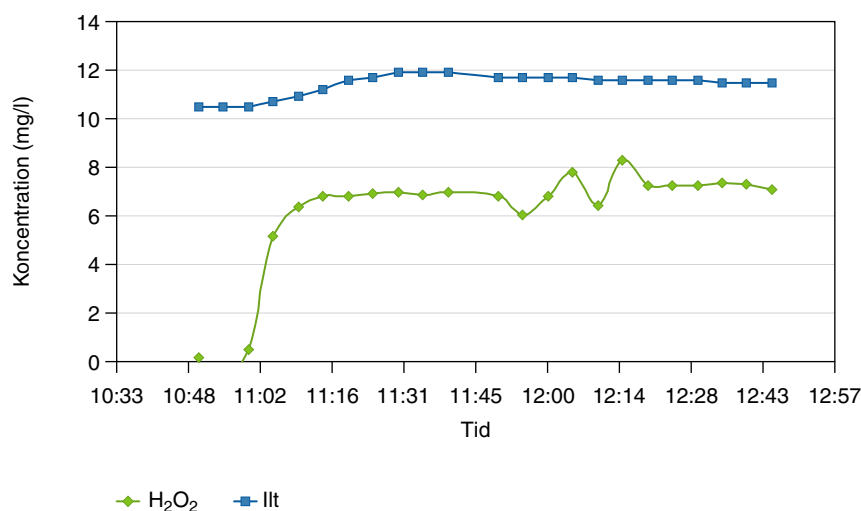
Indledende forsøg med recirkulering i en fisketom dam viste, at en tilsætning på 6 kg natriumperkarbonat med en vandvolumen på 61,6 m³ gav en iltstigning på ca. 1,4 mg/l over ca. 30 minutter (figur 4.4) og en 10 kg natriumperkarbonat tilsætning i 61,6 m³ (vandur metoden) gav en stigning på 2,7 mg/l over 100 minutter.

Af leverandøren af natriumperkarbonat havde vi fået oplyst, at så godt som al brintoverilte ville være omdannet til ilt, og at vi nok ikke ville være i stand til at måle noget videre brintoverilte i vandfasen. Til hver prøveflaske tilsættes et reagens der binder brintoverilte, for ellers vil den være omsat inden prøverne blev analyseret i laboratoriet. Da vi forventede at de højeste koncentration ville være omkring de 7 mg brintoverilte/l var der kun tilsat mindre mængde reagens i hver prøveflaske. Af figur 4.5 ses det, at der de første 12 timer var en koncentration på ca. 7 mg brintoverilte/l, og derefter var der et lineært fald de næste 10 timer, til forsøget standsede den næste formiddag. Den mængde reagens, vi havde tilsat til at binde brintoverilten skulle have været dobbelt så høj. Sandsynligvis har brintoveriltens henfald forløbet over hele forsøgsperioden i dammen, og eks-

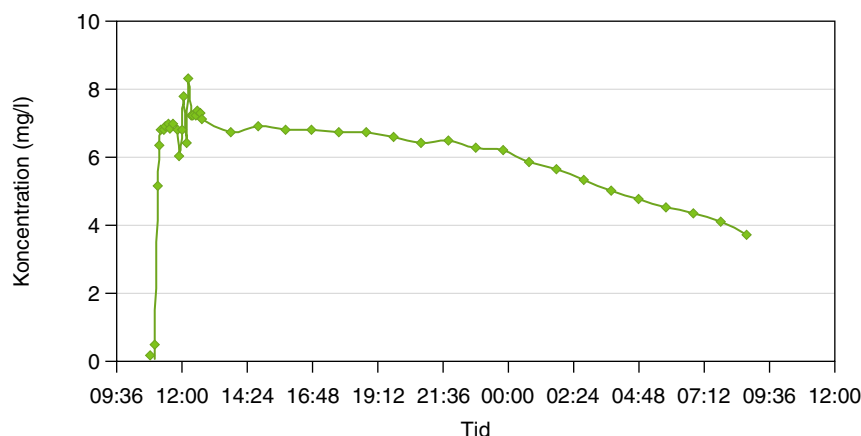
trapoleres tilbage til starttidspunktet ville koncentrationen være ca. 10 mg brintoverilte/l.

Hvis der ikke var en momentan omsætning af brintoverilte, ville startkoncentrationen være på 32,5 mg/l. Det betyder, at der i dammen er omsat ca. 22 mg/l brintoverilte eller 68 % af det tilsatte, der kan ilte vandet eller boble direkte op. Det svarer til ca. 10 mg ilt/l, og der blev kun målt en stigning på 2,7 mg /l, resten er boblet op og har forladt vandfasen.

Figur 4.4 Brintoveriltekoncentrationen og iltindhold i forsøgsdam den 5. dec. 2006 på Mølbak dambrug efter tilsætning af 6 kg natriumperkarbonat langs bredderne. Omrøringen foretaget ved recirkulering med dykpumpe. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO) de første 4 timer. Brintoveriltekoncentrationen blev målt i laboratoriet. Iltmålingen blev foretaget på stedet lige ved dykpumpens indsugningen. Desværre var der i prøveflaskerne ikke nok kemikalier til binding af brintoverilten, hvorfor koncentrationer over 7 ikke kan måles.



Figur 4.5 Brintoveriltekoncentrationen i forsøgsdam den 5. dec 2006. på Mølbak dambrug efter tilsætning af 6 kg natriumperkarbonat langs bredderne (samme forsøg som for figur 4.4). Omrøringen foretaget ved recirkulering med dykpumpe. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO) de første 4 timer, derefter blev der taget prøver hver 30.minut. Desværre var der i prøveflaskerne ikke nok kemikalier til binding af brintoverilten, hvorfor koncentrationer over 7 ikke kan måles. Ekstrapoleres fra henfaldskurven efter kl. 24 tilbage til starttidspunktet, ville startkoncentrationen være 10 mg/l. Brintoverilten blev målt i laboratoriet. Efter den første prøvetagning blev natriumperkarbonat tilsat.

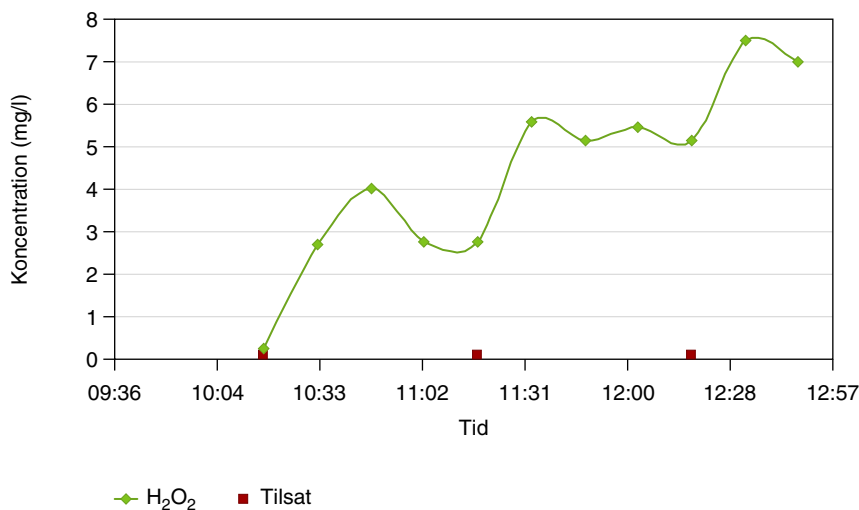


For bedre at kunne følge omsætning af brintoverilte blev der hver time tilsat 2 kg natriumperkarbonat til en forsøgsdam på Mølbak dambrug med et vandvolumen på 99,5 m³. Under hele forsøget var der recirkuleret med en dykpumpe.

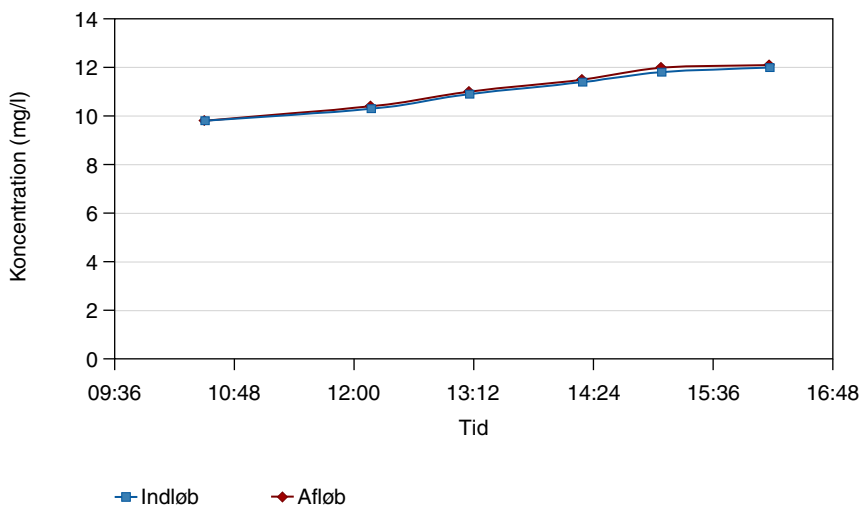
Efter hver tilsætning steg brintoveriltekoncentrationen med ca. 4 mg/l for efterfølgende at falde med 1 mg/l inden næste tilsætning (figur 4.6).

Hvis der ikke skete en øjeblikkelig iltning af vandet, ville brintoveriltekoncentrationen være steget med 6,7 mg/l, for en dam på 99,5 m³. Af de 2,7 mg brintoverilte, der er forsvundet, hvilket svarer til 40 %, vil halvdelen være blevet til ilt. Noget af de 1,3 mg ilt/l vil gå til iltning af organisk materiale og resten vil hæve iltindholdet i vandet. De følgende 3 timer blev der yderligere tilsat 1 kg hver time, (men koncentrationerne blev for høje til at de kunne måles.) Iltindholdet i dammen steg for hver tilsætning og nåede op på ca. 12 mg/l, men allerede ved 11,2 mg ilt /l var vandet iltmættet (figur 4.7). En brintoveriltebehandling vil samtidig føre til en iltstigning, der vil modvirke iltforbruget fra fiskenes respiration.

Figur 4.6 Brintoveriltekoncentrationen i dam med fisk den 30. maj 2007 på Mølbak dambrug efter stepvis tilsætning med 2 kg natriumperkarbonat langs bredderne. Tilsætningstidspunktet er vist med røde firkanter. Omrøringen foretaget med padlebelufter. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO). Brintoveriltekoncentrationen blev målt efterfølgende i laboratoriet.



Figur 4.7 Iltkoncentrationen i dam med fisk den 30. maj 2007 på Mølbak dambrug efter trinvis tilsætning af 2 kg natriumperkarbonat langs bredderne de første 3 gange. Derefter blev der tilsat 1 kg natriumperkarbonat 2 gange. Iltkoncentrationerne blev målt i hver sin ende af dammen 15 minutter efter natriumperkarbonattilsætningen. Omrøringen foretaget med padlebelufter.



Et stykke tid efter hver natriumperkarbonattilsætning faldt brintoverilteindholdet, så hvis brintoveriltekoncentrationen holdes over et behandlingsforløb på 5 timer, må der undervejs tilsættes natriumperkarbonat, dog ikke så store mængder som i ovenstående forsøg.

Da det er vanskeligt at forudsige, hvilken koncentration der vil være i dammen, har vi forsøgt at anvende sticks til måling af brintoverilteniveauet (figur 4.8). Sticksene kan anvendes på stedet, og koncentrationen

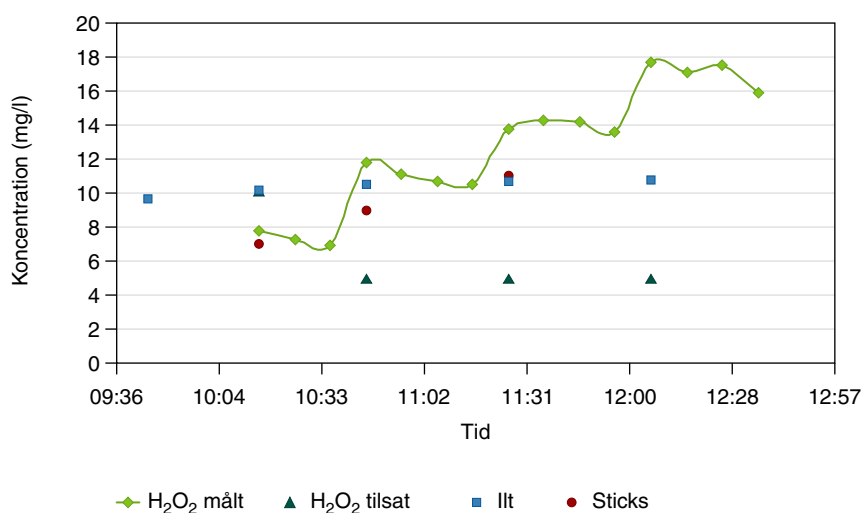
kan aflæses på en farveskala efter få sekunder. Sticksmålingerne er sammenlignet med kemiske analyser af det samme vand i laboratoriet. Samtidig blev der stepvis tilsat natriumperkarbonat. Dette forsøg er foretaget på Mølbak dambrug i dam uden fisk, intentionen var at kunne holde en koncentration på 7-8 mg brintoverilte over mindst 5 timer.

Figur 4.8 Sticks til måling af brintoverilte i en dam (Merckoquant 1.10011.0001 fra Merck). Sticksene dyppes i vandet, og efter 15 sekunder sammenlignes den udviklede farve med den på farveskalaen. Da farven fortsat udvikles, er det vigtigt at aflæse efter den angivne tid. Erfaringen har vist, at den koncentration, som sticksken angiver, er ca. 2 mg/l for lav.



Vandstanden blev halveret, og dammens volumen blev bestemt til 66,1 m³ (efter saltmetoden med 4 kg opløst salt). Dammens indløb og udløb blev lukket og recirkulering med 12-13 l/s sat i gang. En padlebelufter blev startet til opblanding af salt. En time senere blev der tilsat 2 kg natriumperkarbonat langs bredderne. Vandet blev omrørt ved at padlebelufteren blev trukket frem og tilbage flere gange i dammen. Samtidig blev en automatisk prøvetager startet, som tog prøver hvert 10. min. Efterfølgende blev der tilsat 1 kg natriumperkarbonat 3 gange med 40 minutters interval, og efter hver tilsætning blev vandet omrørt med padlebelufter.

Figur 4.9 Brintoveriltekoncentrationen i forsøgsdam den 23. aug. 2007 på Mølbak dambrug. Første gang blev der tilsat 2 kg natriumperkarbonat langs bredderne, derefter blev der tilsat trinvis 1 kg med 40 minutters interval. Omrøringen foretoges med padlebelufter. Hvert 10. minut blev der taget vandprøver med en automatisk prøvetager (ISCO). Brintoveriltekoncentrationen blev målt efterfølgende i laboratoriet. I felten blev der anvendt sticks til aflæsning af den aktuelle brintoveriltekoncentration.



Startkoncentrationen af natriumperkarbonat var $2 \text{ kg}/66,1 \text{ m}^3 = 30,3 \text{ mg/l}$, som svarer til en brintoveriltekoncentration på 10,1 mg/l. I laboratoriet målte vi 7,8 mg/l for en prøve, der blev taget 10 minutter efter tilsætningen. På starttidspunktet var koncentrationen 0,4 mg/l højere, da

tidligere forsøg viste, at brintoverilten havde en halveringstid på 80 min. i dammen. Differensen $10,1 - (7,8 + 0,4) = 1,9$ mg/l skyldes frigivelse af ilt. Det svarer til et tab på 18,8 %. Ilten kan da oxidere organisk materiale, stige op som bobler eller gå i opløsning og øge vandets iltindhold. Hver gang, der blev tilsat natriumperkarbonat, kunne der iagttages bobledannelser. Der sker et mindre tab af brintoverilte hver gang. Iltindholdet stiger mest første gang, der tilsættes natriumperkarbonat 0,5 mg/l for til sidst kun at stige 0,1 mg/l (figur 4.9). Til en stigning i iltindhold på 0,2 mg ilt/l kræves 0,41 mg brintoverilte/l.

Efter hver tilsætning beregnes hældningskoefficienten for koncentrationsændringerne over tid. Den ligger fra 0,035 til 0,050 med et gennemsnit på 0,043 (tabel 4.4).

Tabel 4.4 Beregnede hældningskoefficienter for henfald af brintoverilte efter 4 tilsætninger af 2 kg natriumperkarbonat i dam på Mølbak dambrug den 30. maj 2007

Tilsætning	Hældningskoefficient
1	-0,045
2	-0,043
3	-0,035
4	-0,050
Gennemsnit	-0,043

Formlen bliver: $Y = -0,043x + \text{startkoncentrationen}$, hvor x er minutter.

Halveringstiden findes ved at sætte y til den halve startkoncentration, og det giver ca. 80 minutter. Skal koncentrationen holdes over 4-5 timer, skal der tilsættes brintoverilte flere gange undervejs.

Brintoveriltekoncentration blev på en farveskala aflæst på sticks fra Merck. Af figur 4.9 fremgår det, at sticksene angiver en koncentration der er ca. 2 mg/l lavere, end de analyserede prøver fra samme tidspunkt viste. De giver dog en indikation på niveauet.

Konklusion for opretholdelse af koncentrationen

Umiddelbart omsættes mellem 18 og 70 % af den tilsatte brintoverilte momentant. Derefter er der en løbende omsætning, der svarer til en halvering hver 80. minut i dammene på Mølbak dambrug. Det er derfor nødvendigt i et behandlingsforløb på 4-5 timer at tilsætte ekstra natriumperkarbonat. Da man jo ikke kan vide, hvor meget brintoverilte, der momentant omsættes, er sticksene anvendelige, men i virkeligheden ligger brintoveriltekoncentrationen ca. 2 mg/l højere.

4.4 Behandling på dambrug med brintoverilte

4.4.1 Mølbak dambrug den 28. august 2007

På Mølbak dambrug blev der stillet den samme jorddam til rådighed med fisk, der også blev brugt til formalinforsøget den 16. august. Det var de samme fisk, der gik i dammen, og der skulle være ca. 1,5 tons 300 g/stk fisk. Fiskene havde ikke været behandlet med brintoverilte før, men var behandlet med formalin 12 dage tidligere.

Forsøgsbetingelser

Dammens indløb var lukket af fiskemesteren fra morgenstunden. Ved forsøgsstart blev udløb lukket, og en omrøring blev sat i gang ved at recirkulere vandet med en dykpumpe (13,7 l/s) og en padleblufter. Efter tilsætning af 4 kg opløst salt og brintoverilte i form af natriumperkarbonat langs dammens kanter, blev padleblufteren trukket flere gange frem og tilbage i dammen for at opblende stofferne. Derefter blev padleblufteren placeret centralt i dammen, hvor den skulle sikre beluftningen og omrøring under forsøget. Saltet tilsættes for at kunne beregne dammens vandvolumen og kontrollere opblandingen.

En automatisk prøvetager tog vandprøver hver 10. minut under behandlingen og efterfølgende hver halve time, og de blev i laboratoriet analyseret for ledningsevne og brintoverilte. På stedet blev der løbende målt ilt og temperatur tæt ved dykpumpe, og ledningsevnen blev flere gange målt hele vejen rundt i dammen. Et pilotforsøg viste, at brintoveriltens halveringstid var 80 min. på en tilsvarende dam (tabel 4.4), derfor skulle der med passende mellemrum tilsættes yderligere brintoverilte. Med udgangspunkt i pilotforsøget skulle der hver 40. min. tilsættes 1 kg natriumperkarbonat for at holde en brintoveriltekoncentration på ca. 6 mg/l. Dammens volumen blev bestemt til 100,6 m³ (saltmetoden). Ved tilsætning af 2 kg natriumperkarbonat, hvor brintoverilte udgør 1/3, skulle man opnå en koncentration på 6,6 mg/l, men da der er et tab ved en momentan iltning af vand og overflader, vil den reelle koncentration være lavere. På stedet blev koncentrationen checket med anvendelse af sticks, der ved farvekode kunne anslå brintoveriltekoncentrationen.

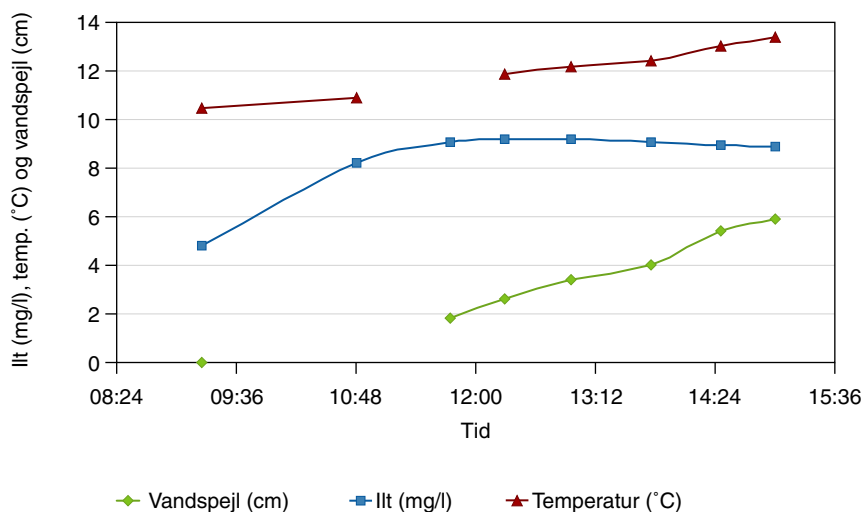
Der blev tilsat natriumperkarbonat efter følgende tidsskema (tabel 4.5):

Tabel 4.5 Doseringstidspunkt og mængde af natriumcarbonat tilsætning på Mølbak dambrug den 28. august 2007

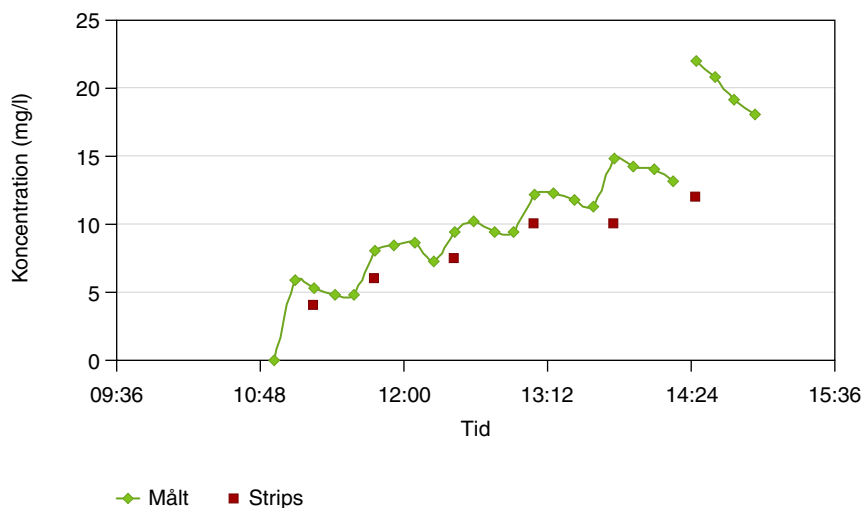
Kl.	Natriumperkarbonat
10.58	2 kg
11:37	1 kg
12:17	1 kg
12:57	1 kg
13.37	1 kg
14:18	2 kg

Vandstanden faldt under forsøget med ca. 4 cm, hvilket betød, at der må være sivet vand ud gennem bund eller det lukkede udløb (figur 4.10). Iltindholdet var forholdsvist lavt (4,8 mg/l) fra forsøgsstart på grund af, at der var blevet lukket for vandindtag fra morgenstunden. 15 minutter efter at padleblufteren blev startet, steg iltindholdet til 8,2 mg/l, og iltindholdet holdt sig omkring 9 mg/l fra den første natriumperkarbonat tilsætning kl. ca. 11 til forsøgsophør kl. 15. Temperaturen steg i vandet med ca. 2,5 grader til 13,4 ved forsøgsafslutning (figur 4.10).

Figur 4.10 Iltindhold, temperatur og vandspejlsfald i dam behandlet med natriumperkarbonat på Mølback dambrug den 28. aug. 2007. Iltindhold (mg/l) og temperatur (°C) er målt på stedet med elektroder. Vandspejlet (cm) er målt i forhold til et fikspunkt på bassinkant.



Figur 4.11 Brintoverilte koncentration i dam behandlet med natriumperkarbonat på Mølback dambrug den 28. aug. 2007. Hver 10. minut er der med en automatisk prøvetager (ISCO) taget vandprøver for analyse af brintoverilte (mg/l) i laboratorium, og på stedet er der målt brintoverilteindhold med sticks fra Merck. På starttidspunktet er der tilsat 2 kg natriumperkarbonat, og efterfølgende blev der for hver 40. minut tilsat 1 kg natriumperkarbonat.



Efter første dosering med 2 kg natriumperkarbonat steg brintoveriltekoncentrationen til ca. 6 mg/l, det vil sige, at knap 0,6 mg/l er blevet brugt til at ilte vandet i dammen momentant. I en dam, der er belastet med meget organisk materiale, vil det momentane iltforbrug være større. Brintoverilten nedbrydes løbende efter tilsætningen. For at holde koncentrationen på ca. 5 mg/l ville det have været tilstrækkeligt kun at tilsætte ½ kg natriumperkarbonat for hvert 40. minut. Af figur 4.11 ses, at brintoveriltekoncentrationen stiger efter hver tilsætning for derefter at falde lidt igen. Efter hver tilsætning blev der anvendt sticks til at checke brintoveriltekoncentrationen, og de viste generelt 1 til 2 mg/l for lidt. Hvis koncentrationen er over 10 mg/l, er sticksene ikke brugbare. I dette tilfælde skal vandet fortyndes til det halve for at kunne måle nogenlunde. Det er nødvendigt at anvende sticks, når der doseres med natriumperkarbonat for løbende at følge, hvornår den næste tilsætning skal finde sted for at holde en ønsket koncentration.

Den behandlende brintoveriltekoncentration har i dette forsøg været stigende fra ca. 6 til 15 mg/l.

Veterinærmæssige observationer

Fiskene var 12 dage tidligere i samme dam blevet anvendt til formalin forsøg. Ved kontrol lige før brintoverilteforsøgets opstart den 28. aug. 2007 kunne det blot konstateres, at næsten alle parasitter var væk. Efter tilsætningen af brintoverilte, blev der kun fundet enkelte parasitter på 2 (svage) fisk. Der kan ud fra fundene ikke konkluderes noget om stoffet effektivitet overfor parasitterne (bilag 7.2.3)

Fisk

Der blev udtaget prøver fra gællerne under hele forløbet. På alle tidspunkter var der meget lidt gælletilslimning og ingen reaktion i gælleoverfladen.

Konklusion

Det kan ikke ud fra dette forsøg vurderes om brintoverilte har en effekt på parasitter. Brintoveriltekoncentration i intervallet 5-15 mg/l i over 8 timer havde ingen registrerbare negative effekter på fiskene.

4.4.2 Staulund dambrug den 13. september 2007

På Staulund dambrug blev der behandlet en traditionel jorddam (27,5*7,5 m og ca. 0,7 m dyb) med natriumperkarbonat (figur 4.12). Vandet var meget uklart, jordfarvet og med mange trådalger. Dammen var bestykket med 1375 kg regnbueørreder med en gennemsnitsstørrelse på 185 g.

Forsøgsbetingelser

Dammen blev lukket for ind og udløb i de 6 timer behandlingen fandt sted. Dammen havde fuld vandmængde, da fiskemesteren frygtede, at belufteren på 2 kW, der var sat op i dammen, ville hvirvle bundmateriale op. Salt og natriumperkarbonat blev tilsat langs dammens bredder, og efter hver tilsætning blev belufterne trukket rundt flere gange i dammen for at sikre en hurtig opblanding. Vandvolumen blev bestemt efter saltmetoden til 114 m³, hvor der var tilsat 4 kg opløst salt (NaCl). Lednings- evnemålinger langs med dammens bredder viste, at saltet er fuldt opblandet efter 10 minutter.

En automatisk prøveudtager var sat op til at tage prøver hvert 10. minut for analyse af brintoverilte. På stedet blev der med jævne mellemrum målt vandtemperatur, iltindhold, ledningsevne og vandspejlshøjde for at se, om dammens volumen ændrede sig under forsøget. Der ønskedes en behandlingskoncentration på ca. 8 mg/l.

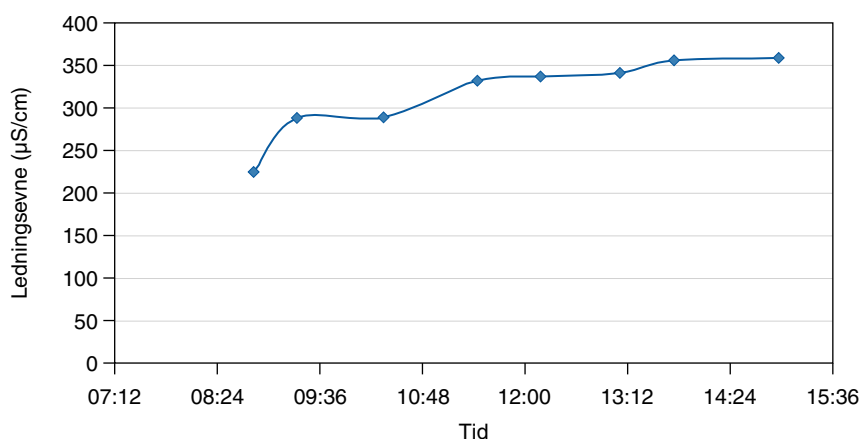
Figur 4.12 Dam på Staulund dambrug udvalgt til brintoverilte behandling med natriumperkarbonat. Belufteren sørger for opblandingen af salt og natriumperkarbonat. DMU har opsat et vandstandsbræt så vandstanden kan følges. En automatisk prøvetager tog prøver hvert 10. minut under behandlingen.



Forsøget startede ca. kl. 11 med tilsætning af 2 kg natriumperkarbonat, og efter 30 minutter blev der yderligere tilsat 2 kg. Hvis der ikke sker en umiddelbar omsætning og en relativ hurtig løbende omsætning, ville startkoncentrationen være tæt på 11,7 mg/l brintoverilte.

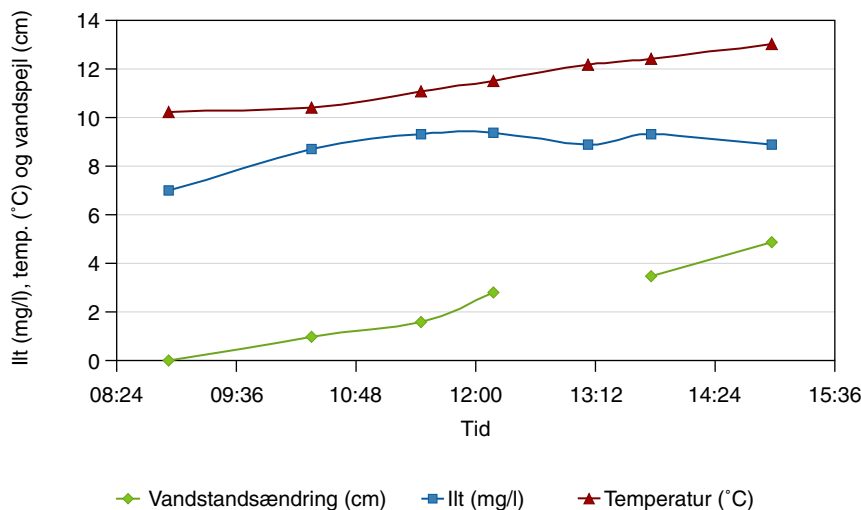
Natriumperkarbonaten opløses i vandet, hvorefter brintoverilten frigives. Brintoverilten udgør 1/3 af natriumperkarbonaten. Natrium og carbonationen bidrager til ledningsevnen og kan derfor anvendes til at checke om opblandingen er fuldstændig. Den første stigning på 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ skyldes tilsætningen af 4 kg salt til volumenbestemmelse. Den anden stigning på 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ skyldes tilsætning af 4 kg natriumperkarbonat. Efter 150 minutter blev der igen tilsat 2 kg natriumperkarbonat, som gav en stigning i ledningsevnen på 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figur 4.13). Ledningsevnen forbliver konstant, indtil der åbnes op for flowet i dammen.

Figur 4.13 Ledningsevne i dam behandlet med natriumperkarbonat på Staulund dambrug den 13. sept. 2007. Baggrundsværdien i dambrugsvandet var 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der blev tilsat 4 kg salt kl. 8:20, 4 kg natriumperkarbonat kl. 11:27 og 2 kg natriumperkarbonat kl. 13:45. Ledningsevnen blev målt med elektrode på stedet.



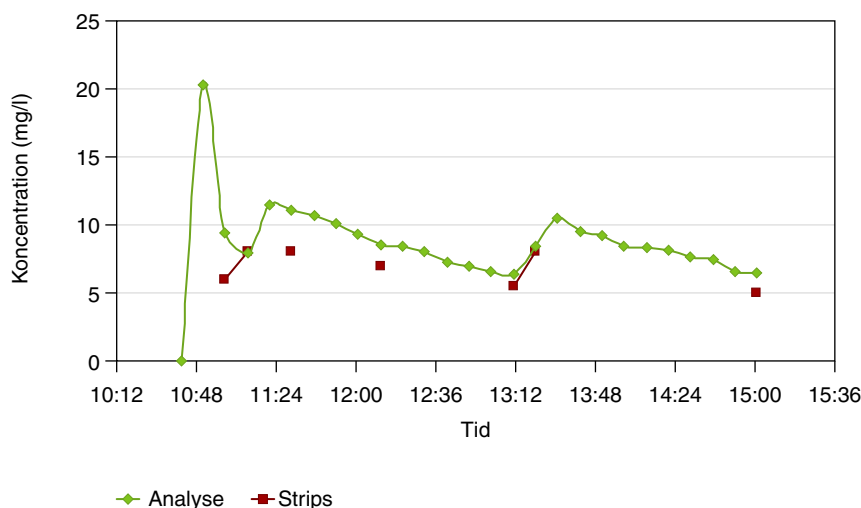
Iltindholdet steg fra 7 mg/l til at svinge omkring 9 mg/l efter natriumperkarbonattilsætningen og igangsætning med belufteren, og denne koncentration holdt sig gennem hele forsøget til trods for, at temperaturen i vandet var jævnt stigende under forsøget fra 10,2 °C til 13,0 °C. Vandstanden faldt jævnt gennem forsøget med i alt 5 cm (figur 4.14).

Figur 4.14 Temperatur, iltindhold og vandspejlsfald i dam behandlet med natriumperkarbonat på Staulund dambrug den 13. sept. 2007. Temperatur og iltindhold er målt med elektroder og vandspejlet (cm) fra fikspunkt på bassinkant.



Brintoverilteudviklingen blev fulgt ved at anvende brintoveriltefølsomme sticks. På figur 4.15 er koncentrationerne plottet sammen med analyseresultaterne af 10-minutters prøverne.

Figur 4.15 Brintoveriltekoncentrationen i dam behandlet med natriumperkarbonat på Staulund dambrug den 13. sept. 2007. En automatisk prøvetager (ISCO) tog vandprøver ud til analyse i laboratoriet for brintoverilte (røde kvadrater). På stedet er der målt brintoverilteindhold med sticks fra Merck (røde ruder). Den første prøve er taget 10 minutter før tilsætning af de første 2 kg natriumperkarbonat, og 30 minutter senere blev der igen tilsat 2 kg, hvorefter vandet blev omrørt ved at trække padlebelufteren rundt i dammen. Efter 2,5 timer blev der yderligere tilsat 2 kg.



Analyseresultaterne viste, at der 30 minutter efter opblandingen er et konstant fald i brintoveriltekoncentrationen frem til det 150. minut, hvor der igen tilsattes 2 kg natriumperkarbonat, hvorefter brintoverilteindholdet steg hurtigt for derefter at falde langsomt igen. Faldet skyldes, at brintoverilten omsættes, og det sker med en reduktion på 2,5 - 3 mg/l pr. time. Det ser ud til, at der kun er en beskedne momentan omsætning af brintoverilte, der svarer til en koncentration på under 1 mg/l.

På dambruget havde vi kun sticksene til at angive brintoveriltekoncentrationen, og den giver generelt en for lav koncentration på 1-2 mg/l, med den største afvigelse ved de største koncentrationer (figur 4.15). Det skyldes skalaens indretning, der er eksponentiel. Det vil give en mere sikker vurdering, hvis vandprøven blev fortyndet til det halve. Da koncentrationen ifølge sticksene var nede på mellem 5-6 mg/l efter 150 minutter, blev der tilsat yderligere 2 kg natriumperkarbonat. Sticksene er velegnede til at give et skøn over koncentrationen til opretholdelse af en ønsket brintoveriltekoncentration.

Figur 4.16 Dambruger Torben Tegllund bliver orienteret af Dyr-læge Niels Henrik Henriksen, Dansk Akvakultur, om forsøgets forløb. (i baggrunden). I forgrunden måler Laborant Marlene Venø Skjærbæk dammen op.



Veterinærmæssige observationer

Fiskene i dammen blev undersøgt første gang den 11. september. Fiskene havde nedsat ædelyst. Der var ingen yderligere symptomer. Der blev fanget tre fisk som stod i kant/indløb. På fiskene blev der fundet gælle-tilslimning og følgende parasitter: *Ichthyobodo necator* (Costia), *Trichodina ssp.*, sessile ciliater (*Apiosoma sp.*, *Ambiphrya sp.*, *Epistylis sp.*) + enkelt fiske-dræber. Det blev aftalt at afprøve brintoverilte vanddesinfektion som be-stemt ovenfor at tjekke, om dette kunne øge ædelysten, og for at under-søge de nævnte parasitters følsomhed overfor brintoverilte under prakti-ske forhold.

Forsøget kunne af rent praktiske grunde først finde sted den 13. septem-ber. Den 12. september registrerede dambrugeren lidt bedre ædelyst end dagen før.

På baggrund af laboratorieforsøgene blev det besluttet at forsøge at ram-me ca. 5 -10 mg/l brintoverilte i mindst 4 timer. Ud fra de senere målin-ger blev dette holdt rimeligt godt i hele perioden (se ovenfor). Der blev behandlet i 6 timer før der blev åbnet for frisk vands forsyningen.

Resultater

Fisk i dam

Under hele forløbet var fiskene klinisk i orden. Ingen øget dødelighed. Dagen efter behandlingen var ædelysten stigende, og den 17. september (4 dage efterbehandlingen) var ædelysten forbedret yderligere.

Fiskenes gæller var i orden under hele behandlingsforløbet. Dog var der enkelte fisk, der 3 timer inde i behandlingsforløbet viste tendens til små udposninger i gælleepitelet. Ved kontrol dagen efter var dette mere ud-talt, og flere fisk blødte meget let ved håndtering.

Fiskene begyndte på 4 dagen at flimre lidt i dammen, hvorefter en let kloraminvandedesinfektion blev iværksat. Herefter gik fiskene igen nor-malt. (yderligere information i bilag 7.2.1)

Chilodonelle sp.

Fundet på enkelte fisk under hele 1. behandlingsdag samt dagen efter. Før behandlingsstart var alle fundne i live. Ca. 2 timer efter behandlingsstart blev der fundet fisk med 4, hvoraf kun 1 var levende. Dagen efter blev der fundet 8-10 stk., alle døde.

Ichthyobodo necator (Costia)

Fundet under hele forløbet. Der blev kun observeret bevægelse af parasitterne før og i op til ½ time efter tilsætning af stoffet. Hvorvidt der hermed kan konkluderes, at alle *Costia* efterfølgende er døde, vides ikke.

Gyrodactulus sp.

Blev første gang set 4 timer inde i behandlingen. På dette tidspunkt var alle uden aktivitet og antages at være døde. Dagen efter blev der fundet 8-10 stk., hvoraf 1 var levende.

Trichodina spp.

Blev kun observeret før og i op til 1 time efter behandlingsstart. Alle var levende.

Fiskedræber

Blev observeret både før og under behandlingen + dagen efter. Alle levende.

Konklusion

Brintoveriltekoncentrationen kunne let opretholdes til 5 -10 mg/l i dammen, selv om den var belastet med organisk materiale. Der skulle blot suppleres med en enkelt ekstra tilsætning af natriumperkarbonat ca. 2 ½ time inde i forløbet. De anvendte sticks viste sig med rimelig sikkerhed at kunne anvendes til at kontrollere koncentrationen af brintoverilte. Der blev i alt anvendt 6 kg natriumperkarbonat til behandlingen i 110 m³ vand svarende til ca. 55 g pr m³, der er i stand til at holde en brintoveriltekoncentration på 8 mg/l i gennemsnit. Behandlingen havde en positiv effekt på fiskenes ædelyst. Herudover blev der fundet, at niveauet tilsyneladende medførte en drabseffekt på følgende parasitter: *Chilodonella* sp., *Ichthyobodo necator* (tidligere *Costia*), *Trichodina* spp. og *Gyrodactulus* sp... Drabseffekten sås allerede efter ca. 2 timers behandling. Fiskedræber var upåvirket. Vandtemperaturen var ca. 10 - 13 grader. Fiskenes gæller var i orden, men der blev sidst i forløbet og dagen efter konstateret tendens til blødning. Måske var den anvendte koncentration for høj set i forhold til den lange behandlingstid (6 timer).

4.4.3 Toudal dambrug den 21. september 2007

Dambruget havde en infektion med fiskedræbere, og til forsøget blev der stillet 6 ens jorddamme til rådighed for forskellige behandlinger. Der blev trukket lod om hvilke damme, der skulle behandles med hvad. 2 damme blev behandlet, som man plejer, med formalin i damme med reduceret volumen med 20 liter 37 % formaldehyd og 2 damme med Virkon S, hvor der blev tilsat 1 kg pr. dam (ca. 10 mg/l). De 4 damme havde tilløb og udløb åben. To damme blev behandlet med henholdsvis brintoverilte og formalin efter vores anvisning med reduceret mængde. Dammene var ca. 32 m lange og 5 m bred. I dette afsnit vises resultatet af brintoverilte-behandlingen.

Dammen som skulle behandles med brintoverilte blev tilsat 3,5 kg natriumperkarbonat fra start og 1 kg efter ca. 2 timer for at holde koncentrationen. Dam 31 blev lukket for ind og udløb i de 4 timer forsøget fandt sted. Dammen havde fuld vandmængde, da fiskemesteren frygtede, at padlebelufterne, der var sat op i disse damme, ville hvirvle bundmateriale op.

Dammen blev behandlet yderligere 4 gange; den 23., 25., 28. september og 4. oktober 2007 på samme måde som beskrevet for den 21. september.

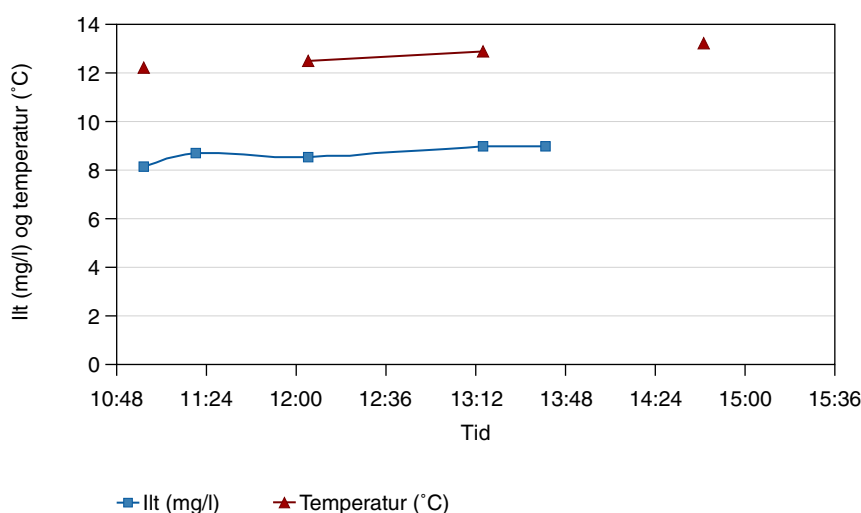
Forsøgsbetingelser

Dammen blev lukket for ind og udløb i de 4 timer, forsøget fandt sted. Dammen havde fuld vandmængde. Vandvolumen blev bestemt efter saltmetoden til 94 m³, hvor der var tilsat 4 kg salt (NaCl). Ledningsevne målinger rundt langs kanten af dammen viste, at der i et hjørne af dammen ved indløbet var en lomme med lidt mindre ledningsevne end i det øvrige vand selv en halv time efter salttilsætningen. Den meget lange og smalle dam var vanskeligere at få fuldt omrørt end de bredere damme på Mølbak og Staulund dambrug.

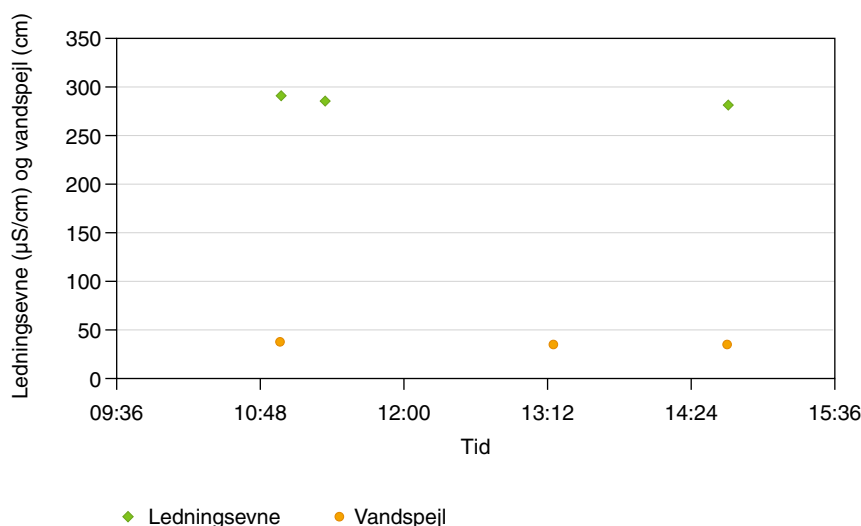
En automatisk prøvetager var sat op til at tage prøver hver 10. minut for analyse af brintoverilte. På stedet blev der med jævne mellemrum målt vandtemperatur, iltindhold, ledningsevne og vandspejlshøjde for at se om dammens volumen ændrede sig under forsøget.

Der ønskedes en behandlingskoncentration på 8 mg/l. 20 minutter efter salttilsætningen (kl. 10:50) blev der tilsat 3,5 kg natriumperkarbonat svarende til 1167g brintoverilte. Med det kalkulerede volumen skulle det give en teoretisk startkoncentration på 12,4 mg/l, men der er også et momentant tab af brintoverilte. Kl. 13:15 blev der tilsat yderligere 1 kg natriumperkarbonat.

Figur 4.17 Iltindhold (mg/l) og temperatur (°C) i dam behandlet med natriumperkarbonat på Toudal dambrug den 21. sept. 2007. Iltindhold og temperatur er målt på stedet med elektroder.

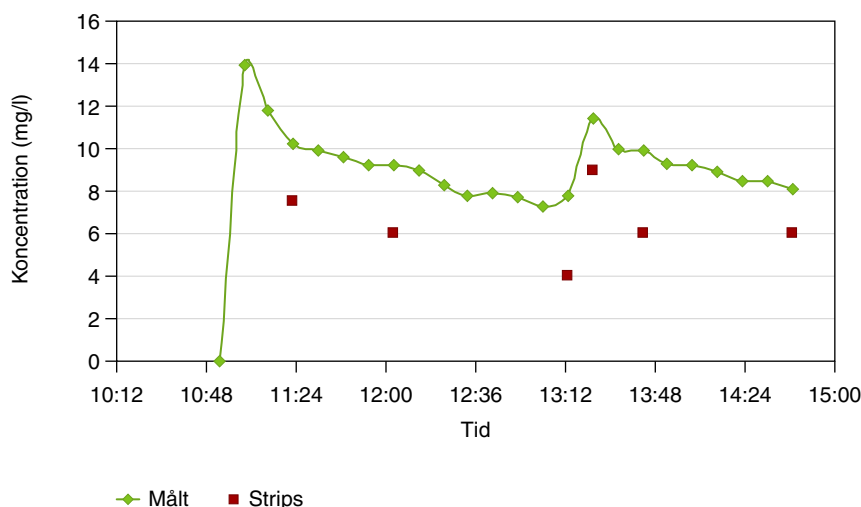


Figur 4.18 Ledningsevne og vandspejlsændring i dam behandlet med natriumperkarbonat på Toudal dambrug den 21. sept. 2007. Ledningsevnen ($\mu\text{S}/\text{cm}$) er målt med elektrode, og vandspejlsændring (cm) er målt i forhold til fikspunkt på bassin-kant.



Under forsøget svingede iltindholdet mellem 8-9 mg/l mens temperaturen i vandet var svagt stigende fra 12 til 13 °C (figur 4.17). Vandstanden faldt med 2 cm under forsøget hvilket tyder på en svag udsivning fra dammen. Ledningsevnen var svagt faldende gennem forsøget (figur 4.18). Det må dog siges, at ledningsevnen øges med tilsætning af natriumperkarbonat, og det kom ikke til udtryk her, hvorfor det er nærliggende at antage, at der har været en svag indsivning, der har fortyndet vandet.

Figur 4.19 Brintoveriltekoncentrationen i dam behandlet med natriumperkarbonat på Toudal dambrug den 21. sept. 2007. En automatisk prøvetager (ISCO) tog vandprøver ud til analyse i laboratoriet for brintoverilte (blå ruder), På stedet er der målt brintoverilteindhold med sticks fra Merck (røde kvadrater). Den første prøve er taget 10 minutter før tilsætning af de første 3,5 kg natriumperkarbonat, og kl. 13:15 blev der tilsat 1 kg. Omrøringen foregik med en centralt placeret padlebelufter.



Brintoveriltekoncentrationen lå omkring 10 mg/l efter 20 minutter, hvor opblanding for det meste af vandet havde fundet sted, og det momentane iltforbrug var overstået. En tilbagekalkulering ud fra hældningsforløbet på kurven (figur 4.19) giver en startkoncentration på 11,2 mg/l. Det betyder, at der har været et momentant forbrug på ca. 1,2 mg/l Brintoverilteomsætningen bevirke, at koncentrationen faldt til 7,3 mg/l efter godt 2 timer, hvorefter der blev tilsat yderligere 2 kg natriumperkarbonat. Det bevirke, at brintoveriltekoncentrationen steg til 10 mg/l for så at falde til 8 mg/l efter 2 timer ved forsøgsafslutningen.

Sticksene undervurderede brintoveriltekoncentration med mindst 2 mg/l, hvilket betød, at behandlingskoncentrationen over de 4 timer for-

søget varede, ikke var på 6, som sticksene angav, men på 9 mg/l, som de kemiske målinger viste under det 4 timers forsøg. Det kan være vanskeligt at sammenligne sticksenes farveudvikling efter 15 sekunder med skalaen. Jo lavere brintoveriltekoncentrationen er jo lettere er det. Af kurveforløbet fremgår det, at koncentrationen svinger i starten af forsøget, hvilket tyder på, at det tager betydeligt længere tid om at blive opblandet, end hvis dammene havde været bredere (figur 4.19).

Veterinærmæssige observationer

Fiskene var blevet tilset af dyrlæge Torben Nielsen den 20. september. Dambrugeren havde observeret let forøget dødelighed og ønskede en diagnose. Torben Nielsen stillede diagnosen fiskedråber. De inficerede fisk gik i 6 næsten ens damme med samme mængde fisk i samme størrelse, hvilket var et godt udgangspunkt for at kunne lave et sammenlignende forsøg med forskellige vanddesinfektions midler. Derfor blev der trukket lod om, hvilke damme som skulle undergå hvilken behandling.

Da der var tale om en fiskedråber infektion blev behandlingsstrategien lagt herefter (se Silstrup forsøg 3.4.2). Altså gentagne behandlinger med nogle få dages mellemrum. Vandtemperaturen var ca. 12 grader under den første behandlingsdag. Da forsøget foregik sidst i september måned, var vandtemperaturen faldende over hele forløbet, og behandlingsfrekvensen blev lagt herefter.

Der blev i alt behandlet 5 gange svarende til dag 1, 3, 5, 8 og 14, hvorefter fiskedråber infektionen blev vurderet til at være under kontrol og uden større betydning for fiskene i alle damme. Tre uger efter sidste behandling blev ejeren kontaktet, og da var alt stadig i orden.

Resultater (se også bilag 7.2.4)

Fisk i dam

Ingen af behandlingerne påvirkede fiskene negativt. Ingen uro i dam. Ingen øget dødelighed under behandling. Der døde mellem behandlingerne kun få hundrede gram fisk pr. dam pr. dag. Der var fra starten flest døde og påvirkede fisk i dammene med reduceret mængde formalin eller brintoverilte. Da udvælgelsen foregik ved lodtrækning antages det at være tilfældigt. Efter få behandlinger var der ingen umiddelbare forskelle mellem dammene, hvad angik døde og syge fisk. Der var i dammen, der var behandlet med brintoverilte, mistanke om begyndende botulisme. Dette blev stoppet med grundig opsamling af døde fisk.

Fiskedråber

Fiskedråberinfektionen blev fulgt løbende den 1. dag og jævnligt de efterfølgende 14 dage. På 1. dagen var fiskene i alle damme, men især dem der var behandlet med formalin og brintoverilte, moderat angrebet i huden og gællerne (5 - 25 stk. pr. skrab/gælle). Der var både store og små fiskedråbere. Gællerne var meget tilslimede (der blev udtaget prøver fra fisk, der var sortpigmenteret og gik langs med kanten).

Efter anden behandling var gællerne mindre tilslimede, men der var stadig mange fiskedråbere i alle størrelser på fisken. Men kun få døde.

Ved undersøgelse efter 3. behandling var mængden af fiskedråber i gæller og slim på fiskene reduceret væsentlig i alle damme. I dammen, som

behandledes med brintoverilte, kunne fiskedræber ikke mere genfindes i gællerne.

Ved undersøgelse 10 dage efter 1. behandling var der kun ganske få fiskedræbere tilbage og efter 14 dage kunne fiskedræbere kun findes tilfældigt på huden af ganske få fisk.

Virkon-S er tidligere vist, at have en dræbende effekt på de frie stadier af fiskedræber. På første dagen blev der dog også observeret fisk med fiskedræbere, som ca. 2 timer efter behandlingsstart havde nedsat aktivitet. Dette gav formodning om, at stoffet også kunne have en effekt på det stadie (trofont), som befinder sig på fisken. Den nedsatte aktivitet kunne dog ikke senere eftervises. For at være helt sikker blev der i et lille forsøg i spand eksperimenteret med større dosis. Denne dosis var så stor, at fiskene blev voldsomt afslimet og døde indenfor ca. 20 minutter. Ved undersøgelse af disse fisk var trofonterne som alle levende, hvilket indikerer, at selv Virkon-S i store doser ikke dræber trofont-stadiet.

Konklusion

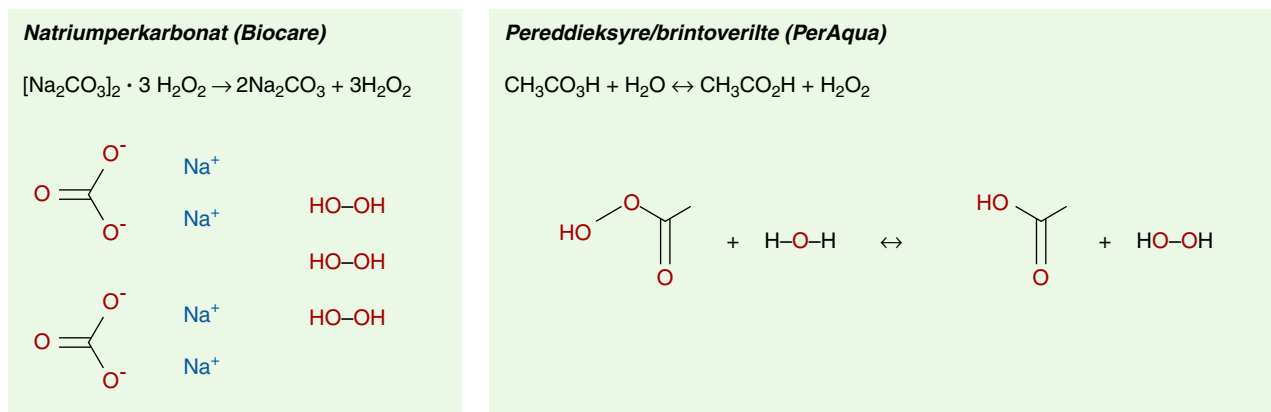
Behandlingen med natriumperkarbonat (ca. 50 g / m³) i 4 timer gentaget i alt 5 gange indenfor 14 dage viste god effekt. Behandlingen var ligeså god som den traditionelle behandling med formalin og Virkon-S, når der er tale om det fritsvømmende theront stadiet. Brintoveriltekoncentrationen lå mellem ca. 7-10 mg/l. Vandtemperaturen mellem 12-13 grader den første behandlingsdag.

4.5 Brintoverilteprodukter og recirkulerede anlæg

4.5.1 Indledning

Brintoverilte er et middelkraftigt oxidationsmiddel, som kan benyttes som alternativ til desinfektionsmiddel til formalin, da det også har effektive antimikrobielle egenskaber. Ulempen ved at bruge brintoverilte i recirkulerede anlæg sammenlignet med formaldehyd er imidlertid, at det effektive koncentrationsinterval er forholdsvis snævert og vanskeligt at opretholde. Ved overdosering med brintoverilte kan biofiltrets stabilitet svækkes, og ilt- og pH niveauet kan øges betydeligt til skade for fisk og biofilter. På grund af brintoveriltes høje omsætningsrate og nedbrydelighed kan der let indtræde en utilsigtet underdosering, der nedsætter behandlingseffektiviteten. Få dambrugere er fortrolige med brugen af brintoverilte i recirkulerede anlæg, og da stoffet er stærkt afhængigt af vandets beskaffenhed, som kan variere over tid og fra anlæg til anlæg, er det vanskeligt at opstille generelle retningslinier for vandbehandling.

To af de mest benyttede brintoverilteprodukter er natriumperkarbonat (BioCare®) og Pereddikesyre/brintoverilte (PerAqua Plus®) som begge er blandinger der frigiver brintoverilte (figur 4.20). I natriumperkarbonat udgør brintoverilten 1/3. 1 liter PerAqua Plus indeholder 290 g, der fordeler sig med ca. 5 % pereddikesyre.



Figur 4.20

Ganske få undersøgelser har beskrevet brintoveriltes anvendelse i recirkulerede anlæg. Schwartz et al (1996) evaluerede fire forskellige hjælpestoffers effekt på anlæg med sandfiltre, og her viste forsøget med tilsætning af brintoverilte (100 ppm) den største negative indvirkning på filterfunktionen. I de følgende afsnit beskrives forsøg udført med de to nævnte brintoverilte-produkter på såvel lukkede anlæg med biofiltre og på kar med fisk. I forsøgene er de vandkemiske ændringer i ilt og pH sammenholdt med målinger af brintoverilte udvikling og nedbrydning efter dosering. Til vurdering af filterfunktion er der tilsat kendte mængder ammoniumklorid til anlæggene for at teste kontrol- og behandlingsgruppernes nitrifikationsrater.

4.5.2 Materiale og metoder

Tilsvarende forsøgsopstilling som beskrevet i afsnit (3.5) blev benyttet til fastsættelse af H_2O_2 omsætningsrater. Undersøgelser af biofiltrens nitrifikationskapacitet blev bestemt ved at tilsætte en kendt mængde ammonium til anlæggene umiddelbart efter hjælpestofferne forsvinden.

Supplerende undersøgelser af stofomsætning (såvel hjælpestoffet som ammonium og nitrit) blev udført i tolv ens miniatureopstillinger. Her blev koloniserede biofilterelementer i form af enkelte bioblok-cylindre fra igangværende anlæg overført til mindre lukkede opstillinger med kendt volumen og jævn beluftning.

Forsøg 1: Omsætning af natrium-perkarbonat (40 og 80 mg/l) og effekt på nitrifikationen

I seks relativt nyopstartede anlæg med stabil nitrifikation blev der tilført hhv. 0, 14,4 og 28,8 g natriumperkarbonat, svarende til en brintoverilte-koncentration på 0,13 og 26 mg/l. Udvikling og omsætning af brintoverilte blev bestemt ved regelmæssige prøvetagninger efter tilsætning. Efter fjernelsen af brintoverilte blev der tilsat 4140 mg NH_4Cl svarende til en $\text{NH}_4\text{-N}$ spike på 3,0 mg/l, hvorefter ammonium- og nitritkoncentrationen blev undersøgt over tid.

Forsøg 2: Gentagne doseringer med natriumperkarbonat

Ugen efter delforsøg 1 blev der lavet tre typer doseringer i dobbeltforsøg (N=6):

Til to anlæg blev der tilført natriumperkarbonat af tre omgange med mængderne 3,6 g og 2 gange med 7,2 g (10 og 20 g/m³) gram Biocare

svarende til koncentrationsforøgelser på 3 og 7 mg H₂O₂/l. To andre anlæg blev tilført 14,4g 7,2 og 7,2 gram natriumperkarbonat (40 og 20 g/m³), svarende til koncentrationsforøgelser på 40, 20 og 20 g/m³. (13 og 7 mg H₂O₂/l). Yderligere to anlæg fik tilført 21,6 g BioCare (60 g/m³) svarende til 20 mg H₂O₂/l.

Forsøg 3: 5 Gentagne doseringer med natriumperkarbonat

I januar 2008 blev et supplerende forsøg med gentagen natriumperkarbonat (Biocare) dosering udført. Forsøgene blev udført på samme seks anlæg, hver med ca. 3 kilo 40-70 grams fisk fodret 50 gram 3 mm foder/dag.

På baggrund af resultaterne fra forsøg 2, blev det besluttet at lave 5 doseringer med 20 mg/l Biocare tilført hver halve time i to anlæg. Andre to anlæg blev doseret med samme mængde af en gang (100 mg/l Biocare), og to anlæg fungerede som kontrol. Dagen før vandbehandlingen blev der tilsat en kendt mængde ammonium klorid (se forsøg 1) til bestemmelse af nitrifikationsniveauet. Dette blev gentaget umiddelbart efter vandbehandlingen, når al brintoverilten var ude af systemet. Anlæggene blev tillige fulgt de efterfølgende dage m.h.t. filterfunktion og eventuel fiskedødelighed.

Forsøg 4: Peraqua Plus omsætning i reaktorrør og effekt på biofiltrefunktion:

Der er benyttet 12 opstillinger hver med et koloniseret biofiltercylinder fra et af anlæggene. Rørene blev overført med procesvand fra samme anlæg og akklimatiserede en time med jævn beluftning, inden der blev tilsat PerAqua i følgende mængder: Gruppe 1: kontrol; Gruppe 2: 1 ml/m³, gruppe 3: 5 ml/m³ og gruppe 4 med 25 ml/m³. Udvikling og omsætning af brintoverilte blev bestemt ved prøveudtagning over tid, og efter al brintoverilten var væk, blev der tilsat ammoniumklorid svarende til en initialkoncentration på 5 mg/l NH₄-N til alle 12 rør. Ammonium og nitrit blev herefter koncentrationsbestemt.

Forsøg 5: Peraqua Plus tilsætning i lukkede anlæg med biofilter og fisk

Som forsøg 1 og 2 blev PerAqua Plus tilsat lukkede, recirkulerede anlæg med fisk. To anlæg blev tilført 5 ml/m³, og to blev tilført 15 ml/m³. Omsætning af brintoverilte og pereddikesyre blev bestemt ved prøveudtag over tid. Effekt på biofiltret blev monitoreret vha. nitrit sticks de efterfølgende dage ved almindelig fodring.

Forsøg 6: Vandbehandling af fiskeopdrætskar med Peraqua Plus

Seks kar med ensartet biomasse (~ 15 kg/ m³) blev isoleret fra biofiltret og blev tildelt følgende mængde PerAqua Plus: 10, 20, 30, 40, 50 & 60 ml/m³. Omsætningen af brintoverilte blev fulgt over en time, hvorefter fiskene blev overført til kar med køligere rent vand med beluftning. Under behandlingen og i døgnet efter behandling blev fiskene tilset og eventuelle døde registreret.

Forsøg 7: Fisketæthed og omsætningsrate af BioCare

Fire 200-liters kar blev hver påfyldt med 100 liter køligt ferskvand og påsat beluftning. Herefter blev der sat portionsfisk i med følgende tætheder: 0 -25 -50 og 75 kg/m³. Alle fire kar blev tilsat 10 gram BioCare, og vandprøver blev udtaget til bestemmelse af brintoverilte. Fiskenes tilstand blev ligeledes fulgt under og efter vandbehandlingen.

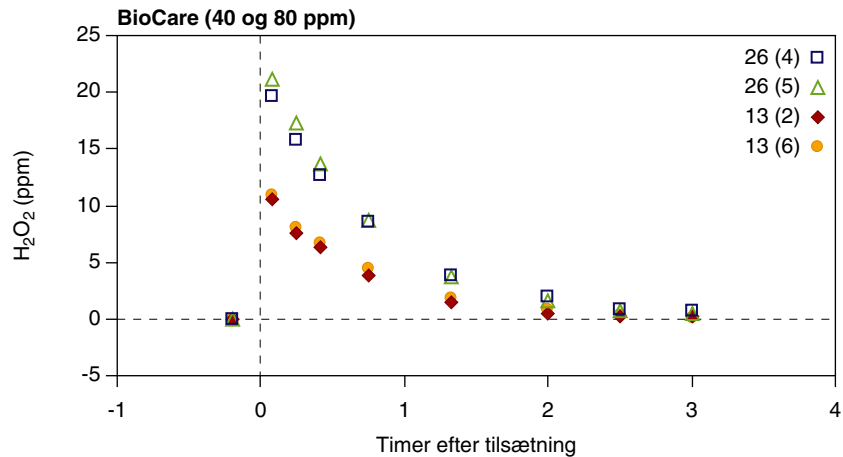
4.5.3 Resultater

Når brintoverilte tilsættes lukkede systemer med biofiltre, sker den en hurtig 1. ordens omsætning, hvilket ofte er ensbetydende med halveringstider på mindre en halv time.

Forsøg 1

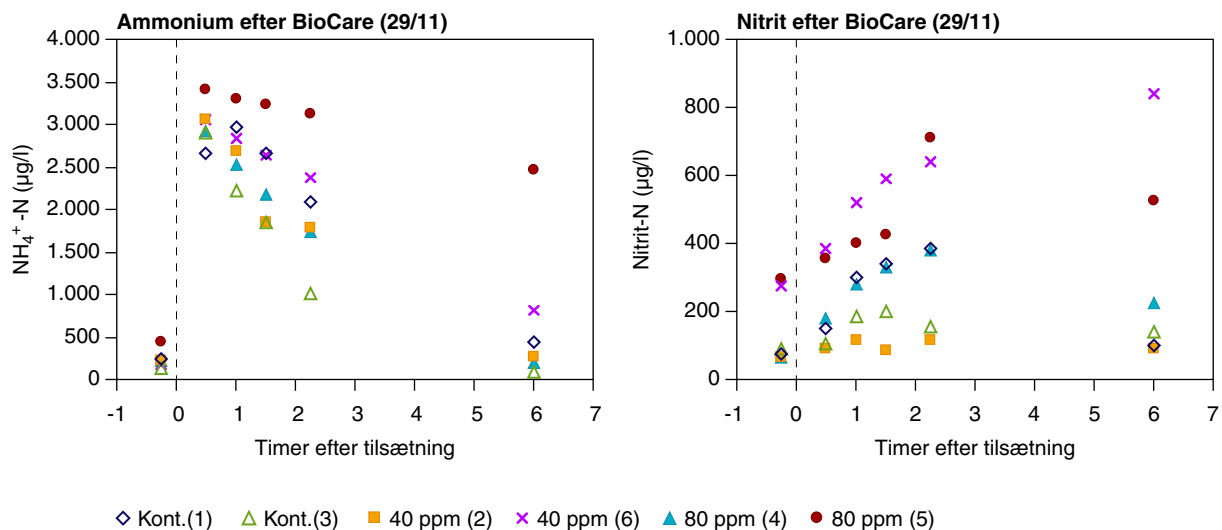
Figur 4.21 viser henfaldet af brintoverilte ved forskellig doseringsmængde. Ved de højeste doseringer er brintoveriltens halveringstid på 33 minutter, mens halveringstiden ved den lave dosering er 29 minutter. Den absolutte omsætningsmængde, beregnet som den initiale lineære rate, øges med stigende koncentrationer.

Figur 4.21 Henfald af brintoverilte ved tilsætning af Biocare til lukkede anlæg. Åbne symboler er fra anlæg tilsat 28,8 gram Biocare, mens lukkede symboler er fra anlæg tilsat 14,4 gram svarende til en initial koncentration på hhv. 13 og 26 mg/l H_2O_2 .



Brintoveriltets tilsætningens effekt på biofiltrets ammonium- og nitritfjernelse kunne ikke bestemmes entydigt, idet anlæg, der havde modtaget samme behandling, udviste markant forskel i nitrifikationsdydeevne. Det ses på figur 4.22, at et af anlæggene behandlet med 80 mg Biocare/liter efterfølgende havde en forholdsvis ringe ammoniumfjernelse i forhold til de øvrige fem anlæg, herunder et af anlæggene med samme behandling.

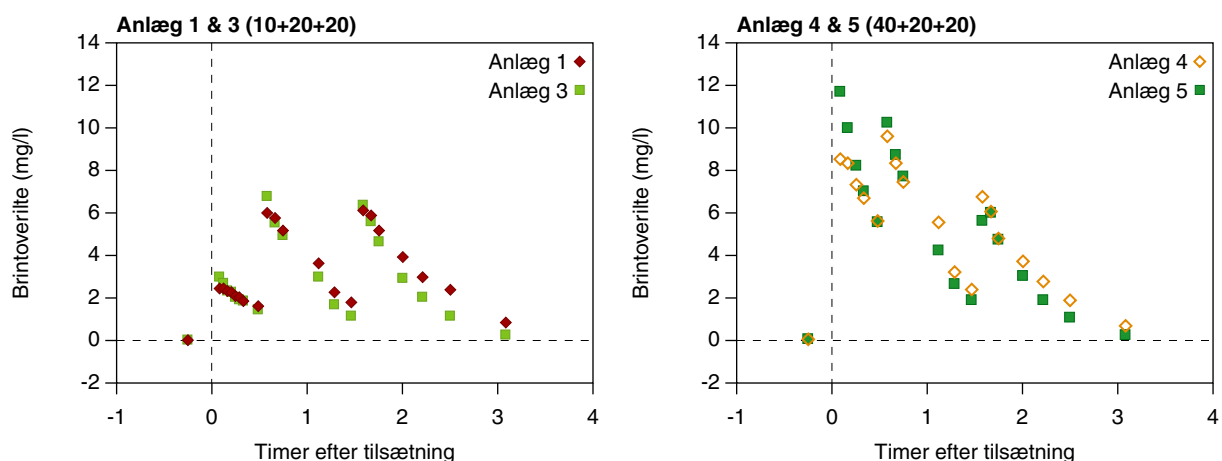
Tilsvarende for nitritoxidationen bemærkes det, at anlæg 4, som fik tilført 40 mg/l, ikke har fjernet den dannede nitrit på sammen niveau som de øvrige anlæg. For anlæg 5 ses en svag nitritophobning, hvilket set i lyset af, at den nedsatte ammoniumoxidation fra samme anlæg også vidner om en nedsat nitritfjernelse.



Figur 4.22 Ammonium-N (tv.) og nitrit-N (th.) efter tilsætning/spikning med 3,0 mg/l ammonium-N til seks anlæg. Åbne symboler er fra kontrolanlæg, der ikke tilføres hjælpestof; grå symboler fra to anlæg, hvortil der tilførtes 40 mg/l Biocare, og sorte symboler fra to anlæg tilført 80 mg/l Biocare.

Forsøg 2

Forsøg med gentagne doseringer resulterer i et nogenlunde ensartet henfaldsforløb. Figur 4.23 viser koncentrationsforløbet af brintoverilte tilsat af tre gange i to lukkede anlæg med biofilter. Henfaldsraten ved samme doseringsmængde opretholdes ved gentagen dosering (figur 4.23a); i dette tilfælde med halveringstider ved 2. og 3. dosering på hhv. 30 og 32 minutter (anlæg 1) og 21 og 20 minutter (anlæg 3). Resultaterne i figur 4.23b viser samme tendens ved gentagne doseringer med 20 g natriumperkarbonat/m³. Ved 2. og 3. dosering er halveringstiderne hhv. 27 og 27 minutter (anlæg 4) og 22 og 19 minutter (anlæg 5). Dosering med 60 g natriumperkarbonat/m³ gav henfaldstider på 19 og 27 minutter (data ikke vist), hvilket er lavere og forbundet med større variation sammenlignet med forsøg 1 (figur 4.21).

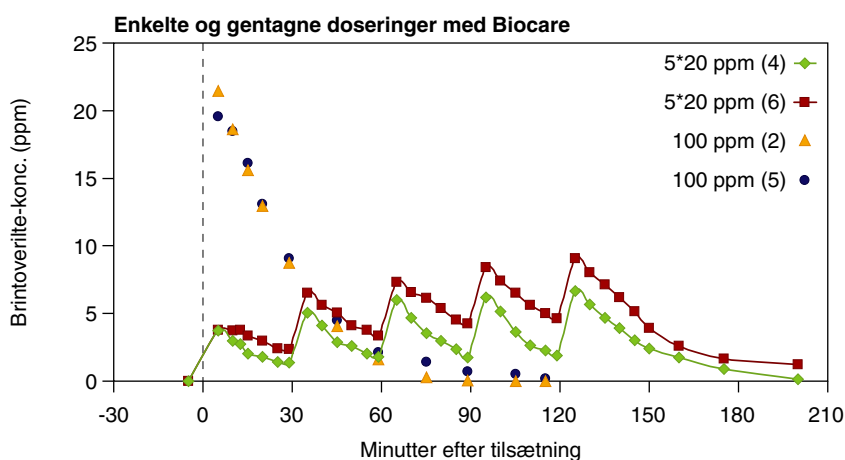


Figur 4.23 Brintoveriltekoncentration ved gentagne dosering med BioCare. Figur 4.23 t.v. viser værdier fra to forskellige anlæg, der først fik tilført 3,6 g natriumperkarbonat til anlæggene og efterfølgende to gange 7,2 gram natriumperkarbonat, svarende til 10 og 20 g Biocare/m³. Figur 4.23 th. tilsvarende, dog med indledende tilsætning af 14,4 g natriumperkarbonat og efterfølgende to gange 7,2 gram natriumperkarbonat, svarende til 40 og 20 ppm mg Biocare/l.

Forsøg 3

Forsøgene med henblik på at opretholde behandlingskoncentrationer over 5 mg/l H₂O₂ (svarende til ca. 15 mg/l natriumperkarbonat) ved fem umiddelbart efterfølgende dosering ses som optrukne grafer på figur 4.24.

Figur 4.24 Tilsætning af 5 gange 7,2 g natriumperkarbonat til to anlæg af 360 liter (C₀ ~ 20 mg/l svarende til 6,5 mg H₂O₂/l) t med 30 minutters intervaller (optrukket). Tilsætning af 36 g natriumperkarbonat til 2 andre recirkulerede anlæg (C₀ ~ 100 mg/l svarende til 6,5 mg H₂O₂/l) er vist med grå symboler. Anlægsnummer er angivet i parentes.



Der ses en stigning efter hver dosering og forøgelse af lokale maksima i begge tilfælde for anlæg 4 og 6. Dosering i anlæg 4 medfører en mindre stigning sammenlignet med anlæg seks, idet halveringstiden er lavere, hvorved størsteparten af den forrige doseringsmængde er forbrugt.

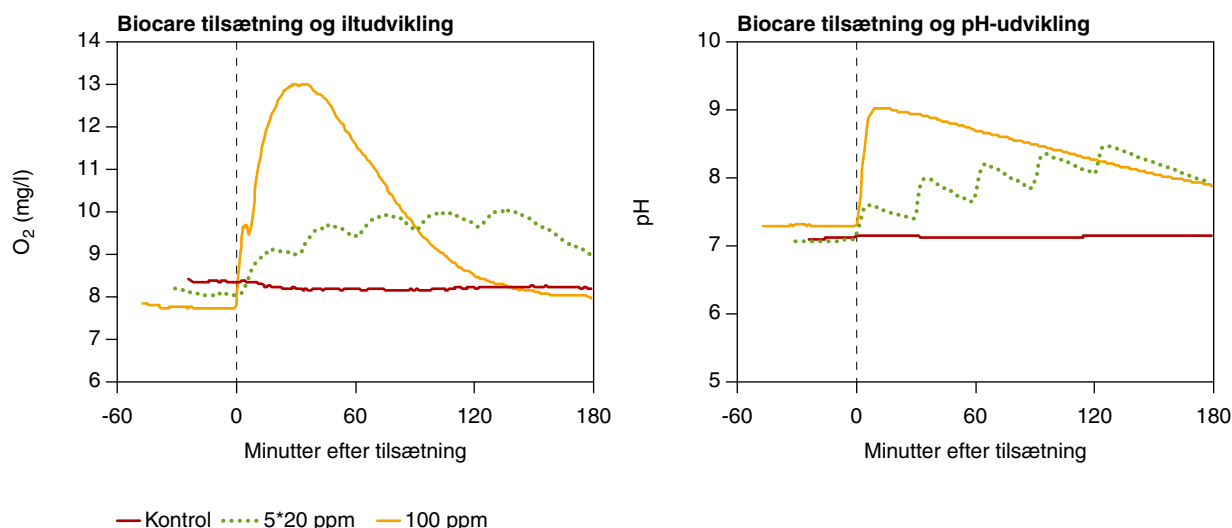
Henfaldsforløbet efter hver dosering er angivet i tabel 4.6. Den initiale rate er beregnet ved lineær regression over en 25-minutters periode.

Tabel 4.6 Halveringstider og lineære reduktionsrater beregnet for henfaldsforløbet efter hver dosering

Tilsætning	Halveringstid (min)		Initial rate (mg/l*t)	
	Anlæg 4	Anlæg 6	Anlæg 4	Anlæg 6
1.	15,9	29,7	5,9	4,3
2.	16,1	24,9	8,1	7,9
3.	14,0	29,5	10,2	7,9
4.	13,6	27,2	11,1	9,6
5.	17,4	22,4	10,1	11,9

Samme samlede mængde Biocare, som blev anvendt til 5 gentagne behandlinger blev tilsat på en gang, hvilket medførte et karakteristisk eksponentielt henfald, og det ses af figur 4.25, at stort set al brintoverilte er omsat i løbet af halvanden time.

Ilt- og pH udviklingen følger doseringen af BioCare, dvs. lave, trinvis stigninger ved gentagne dosering til forskel fra kraftig engangsstigning ved doseringen med 100 ppm BioCare (figur 4.25). Sidstnævnte dosering resulterer i pH ændringer på mere en halvanden enhed, ligesom iltindholdet øges fra ca. 80 til 135 % relativ mætning.



Figur 4.25 Ilt (t.v.) og pH målinger (t.h) logget med et minuts intervaller fra tre typer vandbehandling; kontrol= ingen tilsætning; 5x20 ppm er gentagne doseringer med 7,2 g BioCare og 100 ppm er behandling med 36 g Biocare. Bemærk at Y-aksen ikke starter med 0.

Behandlingsformerne, enten 5 gange 20 g/m³ eller én gang af 100 g/m³ havde ikke nogen entydig hæmning på biofilterfunktionen sammenlignet med de to kontrolanlæg der ikke fik tilført natriumperkarbonat (ammonium og nitrit-data ikke vist).

I dagene efter forsøgets afslutning var der fortsat ingen dødelighed, og der blev heller ikke observeret nogen forskelle i fiskenes adfærd, vandkemi eller eventuel afrivning af biofilm mellem de seks anlæg. Der blev dog efterfølgende registreret et nitritindhold i anlæg 4 på omkring 0,5 mg/l som forblev på dette niveau i mere end to uger. I samme periode forblev ammonium < 0,2 mg/l.

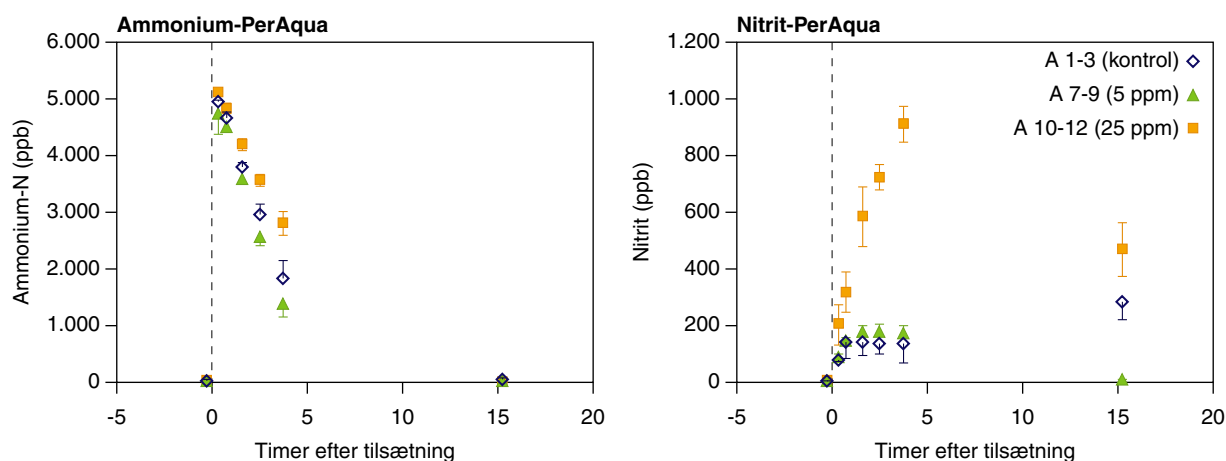
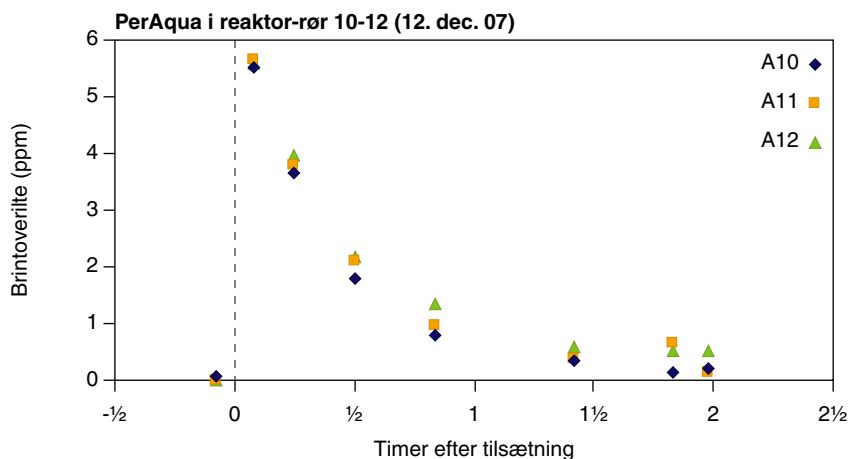
Vandets indhold af organisk materiale i anlæggene målt som BI₅ og COD (bilag 7.3) steg efter behandlingerne i forhold til værdierne målt forud for tilsætningen. Samme stigning blev også observeret i de to anlæg, der ikke blev behandlet. Der var en stor variabilitet mellem anlæggene, og der kunne ikke testes forskel mellem grupperne. Brintoverilten forsvandt hurtigere i anlæg 4 som havde det højeste COD og BI₅ indhold sammenlignet med anlæg 6.

Forsøg 4

Forsøgene med omsætning af PerAqua Plus i opstillinger med biocylinderrør viste en hurtig nedbrydning af brintoverilte (deldata vist på figur 4.26) og en efterfølgende hæmmende indvirkning på nitrifikationsprocessen. Vandets indhold af organisk materiale blev målt som kemisk iltforbrug på 72 ± 1 mg O₂/l.

Den mikrobielle omsætning af såvel ammonium som nitrit blev kortvarigt hæmmet ved tilsætning af 25 ml PerAqua Plus/m³ vand. Det ses både i form af en lavere ammoniumnedbrydning og ved en efterfølgende ophobning af nitrit i forhold til kontrolforsøgene (figur 4.27).

Figur 4.26 Udskillelse og omsætning af brintoverilte fra forsøg med procesvand og biofiltre tilsat varierende mængder PerAqua Plus. På figuren er vist middel-konc. fra tre forsøg (rør 10-11 & 12) med tilsætning af 25 ml/m³. Forventet startkoncentration = 7.15 mg H₂O₂/l

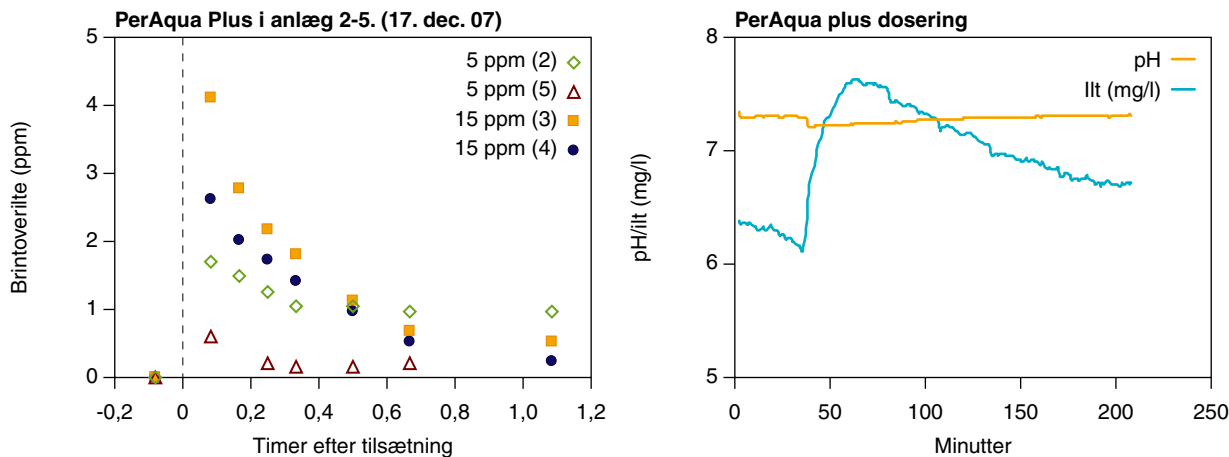


Figur 4.27 Omsætning af ammonium og nitrit efter tilsætning af ammoniumklorid (*spike*) svarende til 5,0 mg/l NH₄-N. Åbne symboler er middelværdi ± st. afv. fra tre kontrolforsøg, hvor der ikke blev tilsat hjælpestof, mens sorte symboler repræsenterer værdier fra forsøg med tilsætning af 25 ml PerAqua Plus/m³.

Forsøg 5

Forsøgene med tilsætning af PerAqua Plus til anlæggene med fisk og biofiltre viste et henfaldsforløb af brintoverilte i stil med forsøgene med BioCare. Der blev målt initiale H₂O₂-koncentrationer op til 4 mg /l, som i løbet af 1 time stort set var nedbrudt i anlæggene (figur 4.28). Der ses en vis variabilitet mellem karrene og et uens henfaldsforløb, hvor kar 5 afviger. Figur 4.28 th. viser tilhørende ilt - og pH udvikling, hvor et beskedent pH følger efter tilsætning, og iltindholdet øges med ca. 20 %.

Under behandlingen og de efterfølgende dage fortsatte den almindelige daglige fodring, mens en eventuel nitritophobning blev undersøgt ved hjælp af nitrit sticks. Ingen af de fire behandlede anlæg viste tegn på hæmmet biofilteraktivitet.



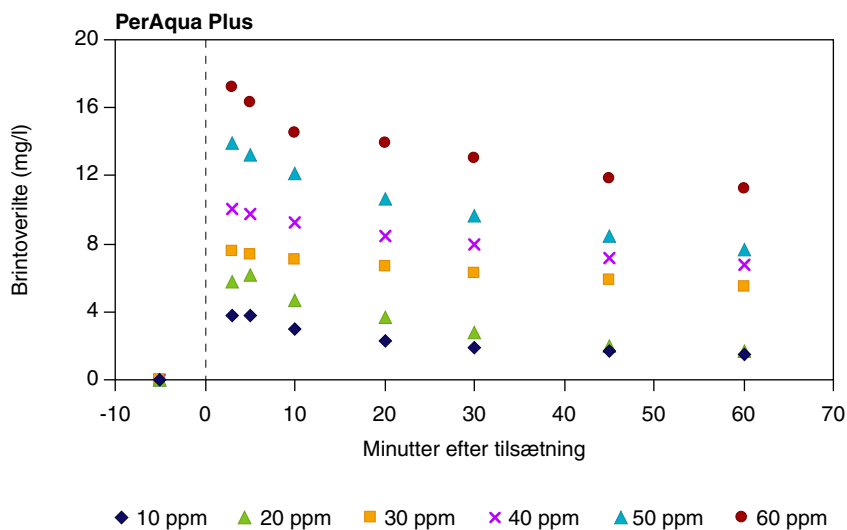
Figur 4.28 Udvikling og omsætning af brintoverilte som følge af tilsætning af 5 ml/l PerAqua Plus (åbne) og 15 ml/l PerAqua Plus (lukkede). Forventet startkoncentration: i forsøg 2 og 5 = 1,4 mg H₂O₂/l og i 3 og 4 = 4,3 mg H₂O₂/l. t.h.: ilt – og pH ændringer i forbindelse med tilsætning af PerAqua Plus efter ca. 40 minutter. Bemærk at Y-aksen ikke starter med 0

Forsøg 6

Forsøg med forskellige behandlingskoncentrationer af PerAqua Plus tilsat fisk i lukkede opdrætskar (afskåret fra biofiltret) er vist med tilhørende brintoveriltekoncentrationer i figur 4.29. Efter en time er der fortsat betydelige mængder brintoverilte tilstede i anlæggene – proportionalt med den tilsatte mængde. Den initiale nedbrydning (lineære rate fra 5 til 30 minutter) var svagt positivt korreleret til doseringsmængden ($R^2=0,36$), mens en tydeligere positiv sammenhæng blev fundet mellem nedbrydningsrate (y) og organisk stofindhold målt som COD ($y=0,082 \text{ mg H}_2\text{O}_2/\text{l}\cdot\text{t COD}$; $R^2=0,61$).

Fiskene udviste en særlig rastløs adfærd ved de tre højeste behandlingskoncentrationer på 40, 50 og 60 ml PerAqua Plus pr. m³, og inden for den første time havde flere fisk ved højeste dosering på 60 ml/m³ vendt sig med bugen op ad. Ved den efterfølgende opfiskning og overflytning til køligt og iltigt vand blev der observeret dødelighed det efterfølgende døgn fra flere kar (tabel 4.7). Ved den højeste dosering (60 mg/l) var der 6 ud af 7 fisk, der aldrig kom sig, og disse døde inden for 24 timer.

Figur 4.29 Udvikling og omsætning af brintoverilte ved en times behandling i lukkede kar ved tilsætning af PerAqua Plus fra 10 – 60 ml/m³.



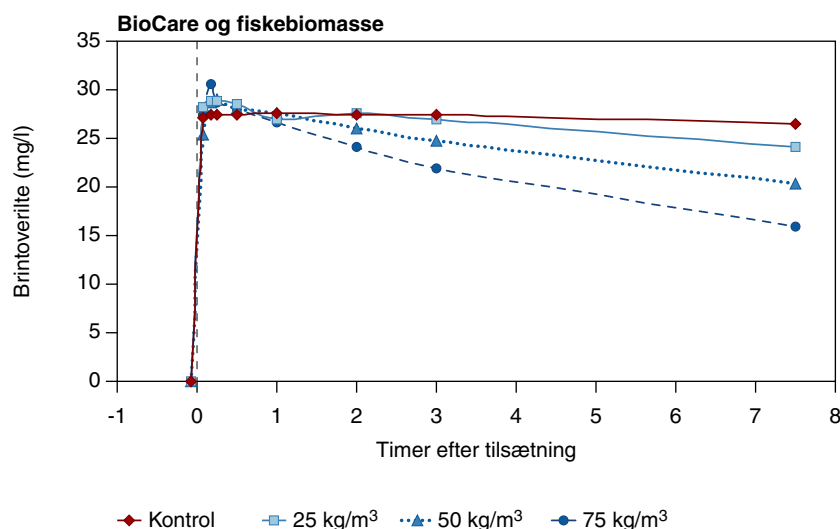
Tabel 4.7 Antal døde fisk ud fra 5-7 fisk (ca. 450 g/styk) efter vandbehandling med PerAqua i en time ved dosering fra 10 til 60 ml PerAqua Plus/m³. * angiver, at der blev observeret døende fisk.

Behandlingskonc. PerAqua Plus	10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm	60 ppm
Tilsat mængde PerAqua Plus (ml)	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2
Antal døde fiske ved overførsel	-	-	.*	.*	.*	.*
1 time efter	-	-	.*	.*	.*	3
4 timer efter	-	-	.*	1	.*	.*
18 timer efter	-	-	1	-	1	3
24 timer efter	-	-	-	-	-	-
% døde fisk	0	0	17	14	17	85

Forsøg 7

Der er en tydelig positiv sammenhæng mellem fisketæthed og brintoveriltens omsætningshastighed. Ved fisketætheder op til 75 kg/m³ er ca. halvdelen af brintoverilten forsvundet i løbet af 7 timer, mens brintoverilte doseret i vandet ved lavere fisketæthed nedbrydes langsommere (figur 4.30). Det bemærkes ligeledes, at brintoveriltekoncentrationen oprettholdes i anlæg med rent vand.

Figur 4.30 Målinger af brintoverilte-indhold i fire kar ved 17 °C med forskellig fisketæthed efter tilsætning af 100 ppm natriumperkarbonat. Forventet startkoncentration $C_0 = 33$ mg H₂O₂/l



4.5.4 Diskussion

Omsætningsrater

Natriumperkarbonat frigørelsen af brintoverilte sker umiddelbart, og omsætning foregår hurtigt. Ved realistiske behandlingsdoseringer ses halveringstider på under en halv time, hvilket er ensbetydende med, at stoffet er fuldkommen nedbrudt i løbet af ganske få timer. Det kan i forsøget ikke afgøres, i hvor høj grad nedbrydningen er betinget af mikrobiel aktivitet eller som følge af reaktion med organisk materiale (USGS, 2006).

Forsøg med adskillige gentagne doseringer med Biocare viser, at omsætningsraterne ikke ændres entydigt over tid. Såfremt nedbrydningshastigheden var koblet til en begrænset let tilgængeligt organisk stof-

mængde, ville raterne være aftaget som funktion af tiden, hvilket ikke er tilfældet.

Brugen af Natriumperkarbonat er forbundet med en betydelig iltudvikling og en tilhørende pH stigning direkte affødt af den tilførte karbonatmængde. Disse udsving kan dæmpes ved at tilsætte stoffet over en længere periode, hvilket med stor sandsynlighed vil give bedre betingelser for både biofilm og fisk under behandlingen. Ligeledes vil en mere effektiv afgang hurtigere stabilisere iltniveauet. Omsætningen af brintoverilte alene ved tilstedeværelsen af fisk er også betydelig, om end ikke i samme omfang som i tilfældet med kontakt med biofiltre.

Pereddikesyreblandingen (PerAqua Plus) udskiller brintoverilte langsomt, og der ses samme eksponentielle 1. ordens henfald af brintoverilte. I flere forsøg forsvandt brintoverilten ikke helt inden for forsøgsperioden, hvilket gør produktet attraktivt, hvad angår brintoverilte komponenten.

Omsætningsraten er styret af vandets indhold af organisk materiale, hvilket betyder, at vandbehandling i systemer med højt BI₅ eller COD indhold kræver større mængder stof for at sikre samme behandlingseffektivitet. Pereddikesyre komponenten er i sig selv kraftigt oxiderende (Kitis 2004, Wagner et al, 2002) og påvirker givetvis såvel parasitter som biofilterorganismer. Pereddikesyre synes tillige at kunne inaktivere enzymet katalase, som bruges til at uskadeliggøre brintoverilte (Kitis, 2004), hvorved en dobbelt effekt opnås. Det kan i øvrigt ikke udelukkes at pereddikesyren reagerer med organisk materiale, som kan interferere med prøvernes egenfarve, hvilket kan påvirke den valgte brintoverilte målemetode (se bilag 7.3).

Effekt på fisk

Når brintoverilteprodukter tilsættes lukkede kar med fisk sker der også en betydelig nedbrydning over tid. Vandbehandling med Biocare-koncentrationer op til 100 mg/l viste sig ikke at have nogen negativ effekt på fiskene. Ved gentagne dosering med samme samlede dosis observeredes heller ingen dødelighed. Derimod viste forsøg med PerAqua Plus at dødelighed indtræder ved 30 ml/m³ ved en times lukket vandbehandling ved 17 °C. Dødeligheden tiltog ved stigende koncentrationer og var formentlig forårsaget af skader på fiskens slimlag og forandringer i gælleepitelets struktur fra den aggressive pereddikesyre. I det pågældende forsøg er der ikke grund til at antage, at ilt- eller pH forskydninger kan have påvirket fiskenes gas- og syre-base balance, da ændringerne i vandkemi var relative små.

Effekt på biofilterfunktion

Ganske få undersøgelser har beskrevet peroxidens indvirkning på biofilterfunktionen. Schwartz et al (1996) sammenlignede fire hjælpestoffers effekt på *fluidized sand* biofiltre og fandt, at brintoverilte havde den største skadelige effekt på biofiltrets nitrifikation. Ved tilsætning af brintoverilte svarende til 100 mg/l blev ammoniumoxidation hæmmet voldsomt, og i den efterfølgende uge var nitrifikationen reduceret med 75 %.

Indledende forsøg med natriumperkarbonat gav anledning til delvist hæmmende effekter på biofiltret, idet der i dagene efter de forsøgsdoseringer blev observeret forandringer i biofiltret i form af tillukning og

øget tilgroning øverst i filtrene. Dette forhold kan imidlertid være opstået som følge af at forsøgene blev udført på anlæg kort efter totalt vandskifte og returskylning af filtre. Bortset fra et enkelt anlæg doseret med natriumperkarbonat (anlæg 4, forsøg 3) hvor der efterfølgende målttes en beskedne nitritforekomst over en længere periode, gav de øvrige forsøg ikke anledning til forringet biofilter funktion.

Indeværende forsøg har vist, at PerAqua Plus (pereddikesyre/brintoverilte) ved dosering på 25 ml/m³ resulterer i en reduceret ammoniumoxidation og i endnu højere omfang nitritoxidationen. Årsagssammenhænge mellem oxidationsmidler, omsætningsrater, behandlingseffektivitet og eventuelle negative effekter på fisk og indvirkning på biofiltrenes funktion er komplekse og ikke tilstrækkelig undersøgt i akvakultur sammenhænge. Brintoveriltens og pereddikesyrens effekt og påvirkning vil bl.a. afhænge af biofiltrets tykkelse og vandets indhold af organisk lettilgængeligt materiale. Vandbehandling med Peraqua Plus i lavere koncentrationer i anlæg med fisk og aktive biofiltre viste tilsvarende hurtigt henfald af såvel pereddikesyre og brintoverilte under udvikling af ilt, uden at påvirke fisk eller biofilterfunktion.

Behandling med brintoverilte på dambrug med recirkulerende anlæg med biofiltre

Den hurtige nedbrydning af brintoverilte vanskeliggør opretholdelsen af en given koncentration i recirkulerede anlæg, og doseringen skal derfor gentages i behandlingsforløbet. For at kunne opretholde en given koncentration kan det være en mulighed at følge brintoveriltekoncentrationen undervejs ved brug af sticks eller benytte ændringer i vandets redoxpotentiale som indikator. Samtidig anbefales det at overvåge ilt- og pH udvikling under behandlingen, ligesom målinger af kvælstofsalte vil indikere nævneværdige påvirkninger af anlægget. Det kan ligeledes overvejes, om behandlingen kan ske i karrene uden at lede vandet i biofiltret, hvilket dog må forventes at give en mindre samlet behandlingseffektivitet.

5 Konklusion og perspektivering

5.1 Konklusion

Toksicitetstest viste at de to parasitarter *Gyrodactelus derjavinoides* og *Ichthyophthirius multifiliis*, fiskedræberen kunne bekæmpes med 8 mg/l formalin ved 21 °C på henholdsvis 8 timer og 2,5 time. Bekæmpelsen af *Gyrodactelus derjavinoides* tog 8 timer ved 22 °C med 10,3 mg brintoverilte/l, og fiskedræberen tog godt 2 timer med 2,5 mg brintoverilte.

For begge stoffer blev der fundet en positiv sammenhæng mellem koncentrationen og dødeligheden af parasitterne. Der blev ligeledes fundet positiv sammenhæng mellem behandlingstiden og parasitdødeligheden. Parasitdødeligheden blev fordoblet med en temperaturstigning fra 11 °C til 21 °C.

En implementering af testresultaterne i traditionelle jorddamme krævede følgende behandlingsprocedure: Der lukkes for ind- og udløb til dammen, og en padlepisker placeres centralt. Denne er i stand til at opblande hjælpestofferne i dammen på 15 minutter og samtidig holde iltniveauet, selv i damme med stor fisketæthed.

Volumen af dammene skal kendes for at kunne beregne behandlingsdosis. Volumet bestemmes let ved en metode hvor der tilsættes salt til dammen og ledningsevnen måles. Metoden kan også bruges når der er fisk i dammen.

Brintoverilte omsættes hurtigt, hvorfor der skal suppleres med yderligere tilsætning under behandlingen for at holde koncentrationen konstant. Koncentrationen kan følges med brintoveriltefølsomme sticks og angive tidspunkt for ny tilsætningen.

6 dambrug med forskelligt infektionstryk blev behandlet 4- 6 timer. 3 damme blev behandlet med ca. 15 mg formalin/l. De to damme var især inficeret med fiskedræber. Behandlingen dræbte næsten alle parasitter på fiskene efter 4 timer på dambruget der kun var lidt inficeret. På de to andre dambrug, som var inficeret med fiskedræber blev behandlingen gentaget flere gange med nogle dages mellemrum. Dambrugene kunne behandles ligeså effektivt med 1/5 af den formalinkoncentration, der normalt blev brugt på dambrugene. Behandlingshyppigheden er et spørgsmål om, hvilke parasitter der skal bekæmpes, og hvor inficerede fisk og damme er.

3 dambrug blev behandlet med 5-10 mg brintoverilte/l i 4-6 timer. Et dambrug var ikke inficeret nok til at registrere en effekt af behandlingen. Efter 2 timers behandling på et moderat inficeret dambrug var flere parasitarter, som lever på fisk, døde, dog ikke fiskedræberen. Den kan kun bekæmpes på det stadium, hvor den er fritlevende i vandfasen. På et tredje dambrug, der var moderat inficeret med fiskedræber, blev der behandlet flere gange med brintoverilte, og her blev fiskedræberinfektionen bekæmpet.

Brintoveriltebehandlinger ved lav koncentration var lige så effektive som med lav formalinkoncentration, når behandlingen varede 4-6 timer, og fuldt på højde med de traditionelle behandlinger med 5 gange så høje koncentrationer. Halveres volumenet, kan mængden af formalin og brintoverilte reduceres med en faktor 10. Fiskene tager ikke skade af den forlængede behandlingstid.

Dambrug med recirkulerende anlæg har ofte biofiltre, og da hjælpestofferne er desinfektionsmidler, kan biofilmen blive påvirket. Formalinforøg viste, at formaldehyds omsætningsrate øges markant ved forudgående formalinbehandlinger på grund af tilvænnning af biofilmens omsætning. Omsætningsrater op til 25 mg formaldehyd pr. m² biofilteroverflade i timen blev beregnet. Længerevarende behandlinger med formaldehyd på 10 og 20 mg/l påvirker ikke fiskene, og biofiltrene oprettholdt sin funktion uændret. Resultaterne viser, at langvarige behandlinger ved lave koncentrationer med formaldehyd er en reel mulighed i denne type anlæg.

Forsøg med brintoverilteproduktet, natriumperkarbonat viste, at omsætningsraterne er afhængige af startdoseringen og anlæggets organiske stofindhold. Tilsætningen af natriumperkarbonat påvirker ikke fiskenes trivsel i koncentrationer fra 10 til 100 mg natriumperkarbonat /l. Forsøgene viste forbigående hæmmende effekter på nitritomsætningen i biofiltret. Natriumperkarbonat viste sig at blive delvist nedbrudt og omsætningsraten er en funktion af fisketætheden.

Forsøg med brintoverilteproduktet PerAqua Plus (pereddikesyre/brintoverilte) viste et 1. ordens henfaldsforløb af brintoverilte i anlæg med biofilter. Doseringskoncentrationer på 25 ml PerAqua Plus /m³ havde en hæmmende effekt på nitrifikationen i form af nitritophobning. Behandlingerne med 5 og 15 ml PerAquaPlus/m³ påvirkede ikke filterfunktion eller fiskene. En times behandling med PerAqua Plus i koncentrationer over 30 ml PerAquaPlus/m³ påvirker fiskene negativt. Det er forbundet med en vis risiko at behandle med brintoverilteprodukter i recirkulerede anlæg med biofiltre.

Formalinbehandling på et dambrug med recirkulerende anlæg og biofilter viste, at formaldehyd blev omsat i samme rate som i biofilterforsøgene. For at holde koncentrationen konstant over en behandlingstid på 4-6 timer skal der suppleres med yderligere formalintilsætning. Kan anlægget fungere med en recirkuleringsgrad på 100 % over den dobbelte behandlingstid, vil formaldehydkoncentrationen være minimal, før den ledes ud i plantelagunen.

Projektet har vist, at den parasitdræbende effekt af hjælpestofferne formalin og brintoverilte er afhængig af både koncentration og opholdstid. Dette er nu vist ikke blot i laboratorium, men også under praktiske forsøg på dambrugene. En sådan viden vil kunne medvirke til, at forbruget af hjælpestoffer kan nedbringes og evt. også forbedre det vandbehandlingsmæssige resultat. Det er dog vigtigt at understrege, at den forlængede behandlingstid med reducerede koncentrationer kun er afprøvet på forholdsvis få dambrug og under de enkelte dambrugs givne betingelser. Man kan altså ikke ud fra disse forsøg konkludere, om man generelt kan anvende metoden på alle anlæg, dertil er de danske dambrug for forskellige i udformning og drift.

5.2 Perspektivering

5.2.1 Yderligere reduktion af koncentrationer ved længere behandlingstider

Det bør overvejes, om man yderligere kan reducere de i dambrugsforsøgene anvendte doser, hvis behandlingstiden bliver forøget ud over de ca. 4-6 timer, der var målet i projektet. I de fleste af de gennemførte dambrugsforsøg kunne der ses en effekt allerede efter 2-3 timer, når der behandles med en koncentration der typisk lå 1/5 del under normal dosis. En indikation af, at koncentrationen kunne reduceres yderligere evt. under samtidig forlængelse af opholdstiden. I flere tilfælde vil man også kunne nedsætte den brugte mængde formalin og brintoverilte ved at reducere vandvolumet i den behandlede enhed. Her skal der dog altid tages hensyn til de praktiske forhold på det enkelte dambrug.

Formalinforsøget i et recirkuleret anlæg med biofilter viste, at omsætningen af formalin i anlægget er betydelig. Det bør i fremtiden undersøges, om mængden af formalin kan nedsættes yderligere, og effektiviteten af vanddesinfektionen kan optimeres ved at shunte formalinen udenom biofiltret, og hvorledes biofiltret vil reagere på dette.

5.2.2 Parasitters resistens ved gentagne behandlinger med lave koncentrationer af formalin

En af konsekvenserne ved biofiltrenes tilvænning til omsætning af formalin er, at den reelle behandlingsskoncentration risikerer at blive lavere end den beregnede værdi, hvorved effekten på parasitterne kan aftage. Gentagne behandlinger over en længere periode kan blive mere resistente, hvorved behandlingseffektiviteten yderligere forringes. Dette kan tænkes at skabe et selektionspres på parasitterne i retning mod parasitter, der er mere højtolerante over for formalin. Det er derfor muligt, at der kan udvikles tolerante stammer af parasitter i dambrug, som jævnlige behandler med formalin. Virkningen af formalin kan derfor blive mindre på disse stammer, og dette vil over tid medføre øget behandlingstid og/eller behandling med højere koncentrationer for at opnå den ønskede effekt. For at kunne udvikle strategier mod disse forhold bør det i første omgang undersøges, om stammer af *I. multifiliis*, som har været udsat for forskellige behandlingsregimer med formalin, har udviklet forskellig tolerance overfor formalin.

5.2.3 Hvordan undgås negative effekter af biofiltret med dosering af brintoverilteprodukter

Formalin er et kræftfremkaldende stof, og brugen af dette bør reduceres mest mulig. Forsøgene viste, at brintoverilte måske kan være et godt alternativ, især i de traditionelle dambrug uden biofiltre. Under laboratorieforsøg har anvendelse af brintoverilte vist en nedsættelse af de- og nitrifikationsrater i biofiltret. Dette bør belyses nærmere, og der bør opstilles modeller for, hvordan den negative effekt i biofiltret kan undgås.

5.2.4 Formalins og brintoveriltes desinficerende effekt under 10 °C

Forsøgene har vist, at både brintoverilte og formalins desinficerede effekt er temperaturafhængig, og at vi ikke kender effekten ved temperaturer under 10 grader. Forsøgene med fiskedråber beskrevet i denne rapport er udført ved to relativt høje temperaturer, hvor gennemførelse af livscyklus forløber hurtigt. Behandling af parasitter i dambrug bliver også udført i vinterperioden, og det vil derfor være nyttigt også at undersøge effekten af formalin og brintoverilte ved lavere temperatur.

5.2.5 Organiseret videnopsamling

Gruppen bag denne rapport finder det vigtigt, at rapportens resultater formidles ud til så mange som muligt. Kun gennem den daglige drift på de enkelte anlæg vil man kunne afgøre om metoden kan anvendes generelt. Det anbefales, at der organiseres videnopsamling og et kursus på brancheniveau omkring håndtering og brug af hjælpestoffer generelt for herigennem at få undervist dambrugene i den nyeste tilgængelige viden.

6 Referencer

- Aihua, L. & Buchmann, K. 2001. Temperature- and salinity-dependent development of a Nordic strain of *Ichthyophthirius multifiliis* from rainbow trout. *Journal of Applied Ichthyology* 17: 273-276.
- Avnimelech, Y. 2006. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34: 172-178.
- Bregnballe F., Karas N. & Lorenzen E. 1994. Nye veje i yngelopdrættet, Meddelelse fra Forsøgdambruget nr. 84.
- Buchmann, K & Breciani J. 2001. An introduction to parasitic diseases of freshwater trout, DSR-Publishers, Frederiksberg
- Chen, S. L., Ling, J., & Blancheton, J. P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering* 34, 179-197.
- Gad, S. C. 2005. *Statistics and Experimental Design for Toxicologists and Pharmacologists*. 4th edition. CRC Press.
- Gearheart J.M, Masters A.L. & Bebak-Williams J. 2006. Application and Methods for the Detoxification and Neutralization of Formalin in Fish Hatchery Effluents, The Conservation Fund Freshwater Institute, North American Journal of aquaculture 68:256-263
- Heinen, J. M., Weber, A. L., Noble, A. C., & Morton, J. D. 1995. Tolerance to Formalin by a Fluidized-Bed Biofilter and Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* in a Recirculating Culture System. *Journal of the World Aquaculture Society* 26, 65-71.
- Henriksen, N.H. & Plessner, J. (Eds.), 2007. Status rapport for 1. års drift af modeldambrug - MMS-Master Management system. Dansk Akvakultur. DA-rapport, 23 sider.
- Keck, N. & Blanc, G. 2002. Effects of formalin chemotherapeutic treatments on biofilter efficiency in a marine recirculating fish farming system. *Aquatic Living Resources*, Elsevier, 361-370.
- Kitis, M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International* 30, 47-55.
- Livingstone, D. R. 2003. Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. *Revue de Medecine Veterinaire* 154, 427-430.
- Noble, A.C. & Summerfelt, S.T. 1996. Diseases encountered in rainbow trout cultured in recirculating systems, annual review of fish diseases vol. 6, pp 65-92.

Pedersen L-F., Pedersen, P.B. & Sortkjær, O. 2007. Temperature dependent and surface specific formaldehyde degradation in submerged biofilters, *Aquacultural Engineering* 36: 127-136.

Pedersen L-F., Larsen V.J. & Henriksen N.H. 2005. Introduktion af økologi og kvalitetsmærkning på danske pioner anlæg, DFU-rapport nr. 146-05

Pedersen L-F, Sortkjær, O., Bruun, M. S., Dalsgaard I. & Petersen P.B. 2004. Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse af verifikation af udvidet dambrugsmode. DFU-rapport nr. 135-04

Piedrahita, R. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. Elsevier, *Aquacultural Engineering*, 226: 35-44

Poppe T. 1999. Fiskehelse og fiskesygdomme, Universitetsforlaget, Norge, 328-329.

Schwartz M.F., Bullock G.L., Hankins J.A., Summerfelt S.T. & Mathias, J.A. 2000. Effects of selected chemotherapeutants on nitrification in fluidized-sand biofilters for coldwater fish production. *Int. J. Recirc. Aquacult.* 1, pp. 61-81.

Sortkjær, O., Petersen P.B., Steinfeldt, S. J., Bruun, M. S., Dalsgaard I., Nielsen, P og Aarup, P. 2000. Undersøgelse af eventuelle miljøpåvirkninger ved anvendelse af hjælpestoffer og medicin i ferskvandsdambrug samt metoder til at reducere/eliminere sådanne påvirkninger. DFU-rapport nr. 79-00.

Tanner, P. A. & Wong, A. Y. S. 1998. Spectrophotometric determination of hydrogen peroxide in rainwater. *Analytica Chimica Acta* 370, 279-287.

Thomsen, H.A., P.B. Pedersen & L.-F. Pedersen. 2005. Dansk dambrugsopdræt ved en skillevej. *Fisk & Hav* nr. 58, side 4-17

USGS report, 2006. Environmental Assessment for the Use of Hydrogen Peroxide in Aquaculture for Treating External Fungal and Bacterial Diseases of Cultured Fish and Fish Eggs. Prepared by Larry J. Schmidt, L.J, M. P. Gaikowski, & W. H. Gingerich; pp. 180.

Wagner, M., Brumelis, D., & Gehr, R. 2002. Disinfection of wastewater by hydrogen peroxide or peracetic acid: Development of procedures for measurement of residual disinfectant and application to a physicochemically treated municipal effluent. *Water Environment Research* 74, 33-50.

Wienbeck, H. & Koops, H., 1990. Untersuchungen zum Formalinabbau in Kreislaufanlagen [Decomposition of formaldehyde in a recirculation fish farming system]. *Archives für Fischereiwissenschaft*, 40, 153-166.

Wooster, G. A., Martinez, C. M., & Bowser, P. R. 2005. Human health risks associated with formalin treatments used in aquaculture: Initial study. *North American Journal of Aquaculture* 67, 111-113.

7 Bilag

Bilagene indeholder mere detaljerede oplysninger om behandlingssituationen på dambrugene, hvordan volumen er beregnet og hvordan stofferne er blevet tilsat. De veterinære notater er opstillet i store tabeller for hvert dambrug og omhandler artslistor og antal levende og døde organismer, samt bemærkninger om fiskenes tilstand. For forsøgene med recirkulerende forsøgsanlæg med brintoverilte produkter og formalin er angivet de specifikke forsøgsopstillinger og analysemetoder og sluttelig er beskrevet analysemetoder for formalin og brintoverilte på vandprøverne fra dambrugene.

7.1 Behandlingssituationen

Af Ole Sortkjær

7.1.1 Formalinbehandling på Silstrup dambrug den 12. sep. 2007

Dambruger Christian Jørgensen

Beliggende:

Tidsskema

Ledningsevnen blev målt til 233 $\mu\text{S}/\text{cm}$, temp. 14,9 C ,

Kl 8:50 blev der tilsat 6 kg opløst salt fordelt på de to damme.

Kl 9:05 Ilt målt til 7,9 mg/l

Kl 10:15 Ilt 8,3 mg/l, ledningsevne 276 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og temp. 15,3 C

Volumen blev beregnet:

50 mg salt opløst i 1 l demineraliseret vand gav en ledningsevne på 97,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$

6000 g salt gav en ledningsevne forøgelse i dammene på $276-233=43$ $\mu\text{S}/\text{cm}$

Saltkoncentrationen i dammene var da $(43/97,5)*50$ mg/l = 22,05 mg/l

Volumen i dammen er $6000 \text{ g} / 22,05 \text{ g} / \text{m}^3 = 272 \text{ m}^3$

Først blev ledningsevnen målt til 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$, men den faldt de næste 30 minutter til 276 $\mu\text{S}/\text{cm}$, og det gav en volumen på 248 m^3 . Opblandingen var ikke optimal, da der kun var 1 padlebelufter, der burde have været en i hvert bassin.

Kl 10:19- 10:24 blev der tilsat 12 l 37 % formaldehyd. Formalinen blev fordelt i 20 spande og fortyndet med vand, da der blev tilsat en lille liter dambrugsvand pr. spand. Derefter blev spandene fordelt langs siderne af dammene og hældt i langs siderne.

Kl 10:47 blev Isco'en (prøvetageren) sat i gang.

Kl 10:45 vandspejl 37,2. Der blev udtaget 45 ul af formalindunken og de blev fortyndet til 100 ml til analyse, for at kende udgangspunktet.

Kl 10:55 Ilt 8,3 mg/l temp. 15,4 C, ledningsevne 275 $\mu\text{S}/\text{cm}$, vandspejl 38 cm

Kl 10:33 Ilt 8,4 mg/l temp. 15,1 C, ledningsevne 276 μ S /cm, vandspejl 39,5 cm
Kl 12:03 Ilt 8,5 mg/l temp. 15,1 C, ledningsevne 276 μ S /cm, vandspejl 40,5 cm
Kl 13:03 Ilt 8,5 mg/l temp. 15,1 C, ledningsevne 276 μ S /cm, vandspejl 42,7 cm
Kl 14:20 Ilt 8,5 mg/l temp. 15,5 C, ledningsevne 277 μ S /cm, vandspejl 45,5 cm
Kl 14:47 forsøg sluttede

7.1.2 Toudal Dambrug den 21 sep. 2007

Adresse:
Toudalvej 2
Troldhede
6920 Videbæk

På dambruget var 6 ens jorddamme stillet til rådighed for forskellige behandlinger. Der blev trukket lod om hvilke damme der skulle behandles med hvad. 2 damme blev behandlet som man plejer med formalin i nedtrukne damme med 20 l 37 % formaldehyd. 2 damme med Virkon S mængde ? De 4 damme havde tilløb og udløb åben. To damme blev behandlet med henholdsvis brintoverilte og formalin efter vores anvisning. Dammene var ca. 32 m lange og 5 m bred (ved afskridtning).

Dam 28 blev behandlet med 3,5 l 37 % formaldehyd og dam 31 med 3,5 kg natriumperkarbonat fra start og 1 kg efter ca. 2 timer. Dam 28 og 31 blev lukket for ind og udløb i de 4 timer forsøget fandt sted. De to damme havde fuld vandmængde. Dammene blev behandlet igen om søndagen den 23 sep. og igen den ? på samme måde som beskrevet for den 21. sep.

Volumenbestemmelse
Ledningsevnen inden salttilsætning:
Dam 28: 193 μ S /cm og temp. 11,5 C
Dam 31: 192 μ S /cm og temp. 11,6 C

En opløsning af 50 mg salt i 1 l dambrugsvand gav en ledningsevne på $280-193=87 \mu$ S /Cm

Kl 9:20 4kg salt tilsat dam 28 fordelt langs siderne af dammen, vandspejl 40 cm
Kl 9:25 4kg salt tilsat dam 31 fordelt langs siderne af dammen, vandspejl 40,2 cm

Kl 10:25 var ledningsevne for dam 28 på 268 μ S /cm
Saltet øgede ledningsevnen med $268-193=75 \mu$ S /cm
Saltkoncentrationen i dam 28: $(75/87)*50=43,1$ mg/l
Volumen: $4000g/43,1g/ m^3=92,8 m^3$

Ledningsevne for dam 31 på 266 μ S /s
Saltet øgede ledningsevnen med $266-192=74 \mu$ S /cm
Saltkoncentrationen i dam 31: $(74/87)*50=42,5$ mg/l;
Volumen: $4000g/42,5g/ m^3=94,1$

I et hjørne af dammen ved indløbet var der en lomme med lidt mindre ledningsevne end i det øvrige vand. De meget lange og smalle damme var vanskelige at få fuldt oprørt.

Kl 10:40 blev der til dam 28 tilsat 3,5 l 37 % formaldehyd svarende til ca. 1400g formaldehyd.

Der ønskedes en koncentration på 15 mg/l.

Kl 10:50 blev der til dam 31 tilsat 3,5 kg natriumperkarbonat svarende til 1166 g brintoverilte, Der ønskedes en brintoverilte koncentration på 8 mg/l i starten. Noget brintoverilte bliver brændt af under tilsætningen.

Kl 13:15 blev der yderligere tilsat 1 kg natriumperkarbonat for at modvirke koncentrationsnedgangen som følge af omsætning af brintoverilte.

Dam 28	Kl	Kl	Kl	Kl	Kl	Kommentar
Tid	10:56	11:40	12:00	13:20	14:40	Sidste prøve taget med Isc
Ilt (mg/l)	8,71	8,25	7,84	8,96	8,06	
Ledningsevne (µS /cm)	267,4	260	264	258	256	Ledningsevne nede ved indløb var på 254 kl 11:40
Temp. ©	12	12,5	12,5	12,9	13,2	
Vandspejl (cm)	40,5			39,8	39,5	

Isco startet kl 10:48

Dam 31							Kommentar
Tid	10:59	11:20	12:05	13:15	13:40	14:43	Sidste prøve taget med Isc
Ilt (mg/l)	8,15	8,7	8,54	9	8,97		
Ledningsevne (µS /cm)	290,8	286				282	Ledningsevne nede ved indløb var på 254 kl 11:20
Temp. ©	12,2		12,5	12,9		13,2	
Vandspejl (cm)	37			34,9		35	
Sticks		7,5	6	4	6	6	

Isco startet kl 10:53

Dam 31

Kl 13:30 15 minutter efter tilsætning af 1 kg natriumperkarbonat var ledningsevnen på 283 µS /cm med en lomme på 276 µS /cm, temp. 13,2 C

Kl 13:55 Ledningsevne ved udløb var 283 µS /cm (over 4 m), i midten på 280 µS /cm (over 23 m) og ved indløb på 274 µS /cm (over 6 m i den ene side), Temp. 13,2 C.

Dette viser at padlebelufterne ikke kunne opblende fuldt ud i begge ender.

Der burde være gået tur med padlebelufterne.

Der blev først analyseret for formaldehyd den 24. sept.

7.1.3 Brintoverilteforsøg med fisk den 28 aug 2007 på Mølbak dambrug

Adresse:

Mølbak dambrug

Engholmvej 5

Idom

7500 Holsterbro.

v/ Ole Spicker

Dammen med fisk blev også brugt til formalinforsøget den 16. aug. Det var de samme fisk der gik i dammen og der skulle være ca 1,5 tons 300

(eller 250g?)g fisk. Fiskemesteren havde lukket for indløb da vi kom. Inden salttilsætningen lukkede vi for udløbet også. Et forforsøg viste at brintoveriltens halveringstid var 80 min., derfor skulle der med passende mellemrum tilsættes yderligere brintoverilte. Med udgangspunkt i forforsøget skulle der hver 40. min. tilsættes 1 kg natriumperkarbonat.

Forsøgsstart ca kl 9:15

Ledningsevne: 216,7 - 217,1 hele vejen rundt, temp. var 10,5 C,

Ilt koncentrationen inden omrøring var nede på 4,82 mg/l.

Kalibrering af ledningsevne måler: 1 liter dambrugsvand blev tilsat 50 mg NaCl og ledningsevnen var 305,7 $\mu\text{S/cm}$.

Kl 9:30 Recirkulering og padleblufter startet,

Kl 9:36 blev der tilsat 4 kg opløst NaCl fordelt langs siderne på dammen.

Afstand fra damkant til vandspejl 42,4 cm

Efter omrøring med pisker var ledningsevnen på 278-320 $\mu\text{S/cm}$, variationen var for høj så omrøringen blev gentaget og ledningsevnen var da 284 - 291 $\mu\text{S/cm}$.

Kl 10:48 Ilt 8,2 mg/l, temp. 10,9 C

Volumenberegning af dam:

Ledningsevne før salttilsætning 217 $\mu\text{S/cm}$. Efter 287 $\mu\text{S/cm}$ differens 70 $\mu\text{S/cm}$ der skyldes salttilsætningen. 50 mg salt/l giver anledning til en ledningsevne stigning på 305-217 $\mu\text{S/cm}$ = 88 $\mu\text{S/cm}$. Koncentrationen i dammen er da $(70/88) * 50 = 39,8$ mg NaCl/l.

Der blev tilsat 4 kg salt til dammen, Volumen= 4000000 mg/39,8 mg/l= 100570 l, altså 100,6 m³

Tilsætning af Brintoverilte

Tilsætning af Brintoverilte i form af natriumperkarbonat, hvor bintoverilte udgør 1/3. Vi ønskede en startkoncentration på godt 6 mg H₂O₂ og tilsatte 2,0 kg natriumperkarbonat. Det giver en koncentration på $(2000000 \text{ mg}/100600 \text{ l})/3 = 6,6$ mg H₂O₂/l.

Der er et umiddelbart tab der går til iltning af omgivelser, herunder vand.

10:54 Iscosamplere startet med at tage den første prøve uden brintoverilte, umiddelbart efter blev der tilsat natriumperkarbonat til dammen.

Kl 10:58 blev der tilsat 2kg natriumperkarbonat i form af pulver langs kanten af dambruget. På grund af blæsten blev der kun tilsat fra den ene side. Efterfølgende blev det opblandet med padleblufteren. Iltindholdet var da 8.8 mg/l.

Kl 11:11 Brintoverilten blev målt med sticks, hvor den gamle udgave gav ca 4 mg/l (Merck 1.10011.0001) og de nye ca. 7 mg (Merck 1.10081.0001). Det viste sig at aflæsningstidspunktet er vigtigt for farveudviklingen fortsætter på sticksene. De gamle aflæses efter 15 sekunder og de nye efter 5 sek. Det er vanskeligt at anvende 5 sek. sticksene, derfor anbefales det at anvende de gamle (Merck 1.10011.0001).

Kl 11:24 vandspejl 44 cm (vanskeligt på grund af små bølger)

Kl 11:37 1 kg natriumperkarbonat tilsat

Kl 11:45 blev iscoens 6 prøve taget, ilt 9,1 mg/l, vandspejl 44,2 cm

Gl. sticks gav 6 mg/l og nye sticks 6-7 mg/l. (den lå mellem 3 og 10 mg/l hvilket er for stort et interval. Det kunne dog klares ved at fortynde prøven til det halve.

Kl 11:50 Ledningsevne 312-315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og temp. 11,4 C.

Kl 12:17 1 kg natriumperkarbonat tilsat og efterfølgende omrørt med padlebelufter.

Ilt 9,2 mg/l, temp. 11,9 C vandspejl 45 cm, gl sticks 7-8 mg/l

Kl 12:57 1 kg natriumperkarbonat tilsat og efterfølgende omrørt med paldpisker.

Ilt 9,2 mg/l, temp. 12,2 C vandspejl 45,8 cm, gl sticks 10 mg/l

Isosampleren tog den 14. prøve kl 13:05

Kl 13:37 1kg natriumperkarbonat tilsat og efterfølgende omrørt med padlebelufter.

Ilt 9,05 mg/l, temp. 12,4 C vandspejl 46,4 cm, gl sticks 10 mg/l

Kl 14:17 Isco bund nr. 2 startet, første prøve kl. 14:27, der blev taget prøver hver 10.min den første time, derefter 1 gang i timen.

Kl 14:18 2kg natriumperkarbonat tilsat og efterfølgende omrørt med padlebelufter.

Kl 14:27 Ilt 8,93 mg/l, temp. 13,0 C vandspejl 47,8 cm gl. sticks >10 mg/l

Kl 15:00 Ilt 8,9 mg/l temp. 13,4 C vandspejl 48,3 cm, recirkulering og beluftning standset.

15:38 vandindløb åbnet, forsøget slut.

Den 29/8 2007

Kl 7:25 Ilt 5,0 mg/l, temp. 10,0 C, vandspejl 37,4 cm.

7.1.4 Brintoveriltebehandling på Staulund Dambrug den 13 sep. 2007

Adresse:

Staulundvej 10

7540 Haderup

Dambruger Torben Tegllund

Der blev behandlet en traditionel jorddam (27,5*7,5 m) og ca. 70 cm dyb med natriumperkarbonat.

Centralt i dammen var der en pisker der både giver ilt og opblander vandet. Ledningsevnen i vandet før salttilsætningen var 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Vandet var meget uklart, jordfarvet vand, det viste sig at der var mange trådalger i vandet.

Kl 8:55 4 kg opløst salt blev tilsat, ilt 7,0 mg/l, temp. 10,2 C, vandspejl 54,5 cm

Kl 9:20 Ledningsevne 288 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (fra 292,5-288 hele vejen rundt). Salttilsætningen øgede Ledningsevnen fra 225 til 288 = 63 $\mu\text{S}/\text{c}$. Vi gik tur med piskeren for at opblende saltet.

Ledningsevne i 50 mg salt opløst i 1 l ledningsevne 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ledningsevnet fra Silkeborg havde en ledningsevne på 249,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 50 mg salt/l gav en ledningsevneforøgelse på 340-250= 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Volumeberegning:

Saltkoncentrationen i dammen (63/90)*50 mg/l = 35 mg/l.

Volumen = 4000 g/35 g/ m^3 = 114 m^3

Kl 10:21 Ledningsevne hele vejen rundt 288,5-288,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ilt 8,7 mg/l, temp.. 10,4 C, vandstand 55,5 cm

Kl 10:41 Første prøve taget af Iscosampleren

Kl 10:45 2 kg natriumcarbonat tilsat og omrørt frem til kl 10:56 Iscoen tog den 2 prøve under tilsætningen., Sticks viste 6 mg/l H₂O₂

Vi forsøgte at opløse 1 kg natriumperkarbonat i ca 10 l ledningsvand, men det mislykkedes men hældte det alligevel i dammen. Det viste sig at være hårdt at gå med 10 kg i udstrakte arme, så det må betegnes som en dårlig idè. Det skulle være muligt at opløse 140 g pr. liter.

Kl 11:08 Sticks viste ca. 8 mg/l H₂O₂

Kl 11:19 blev der tilsat 2 kg Natriumperkarbonat og omrørt frem til kl 11:27.

Kl 11:27 Sticks angav ca. 8 mg/l H₂O₂, ilt 9,3 mg/l , temp. 11 C, ledningsevne 330-335 μ S /cm.

Kl 12:07 Sticks angav ca. 7 mg/l H₂O₂

Kl 12:11 Ilt 9,4 mg/l, temp. 11,5 C, Ledningsevne 337 μ S /cm, vandspejl 57,3 μ S /cm

Kl 13:07 Sticks 5-6 mg/l H₂O₂, ilt 8,9 mg/l, temp. 12,2 C, ledningsevne 341 μ S /cm

Kl 13:20 2kg natriumperkarbonat tilsat, færdigomrørt kl 13:30

kl 13:30 Sticks viste 7,5-8 mg/l En vandprøve blev fortyndet til det halve og den gav 4 mg/l.

Kl 13:45 ilt 9,3 mg/l, temp. 12,4 C, ledningsevne 356 μ S/cm

Bundskifte på iscoen

Kl 14:58 ilt 8,9 mg/l, temp. 13,0 C, ledningsevnen 359 μ S/cm

Kl 15:05 Sticks 5mg/l H₂O₂.

Natriumperkarbonaten giver en proportional stigning i ledningsevnen, således steg den med 46 μ S /cm, da der blev tilsat 4 kg og 23 μ S /cm da der blev tilsat 2 kg.

7.2 Veterinærmæssige observationer

Af Niels Henrik Henriksen

7.2.1 Staulund Dambrug

Dato	13/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 5 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der 3 separate slim skrabb fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.																	
Dambrug	Staulund																			
Stof	Brintoverilte																			
Dam	Jorddam																			
Rumfang	110 m3																			
Fisk i dam	1.375 kg																			
Fiskestør	185 g/stk																			

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Belufts- metode	Bemærkning til fisk i dam	Gælletil- slimming (+, ++, +++, ++++, +++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i a/snit med syge fisk (ka)
11-sep	13.00	3				Fiskene har svingende ædelyst, ingen øget dødelighed. I dag næsten inge ædelyst.	+++		Costia, mange, lev Trichodina, enkelte, lev	Costia, mange, lev Trichodina, enkelte, lev Chilodonella, enkelte, lev	Ingen døde
12-sep						Ædelyst lidt forbedret					
13-sep	10.30	3	3		Padle	Fisk er OK, Ingen foder i dag, Ingen sorte i kant	+++		Fiskedræber, få, lev Trichodina, få, lev Costia, mange, ubevæg	Costia, mange, lev Chilodonella, enkelte, lev	
13-sep	10.45			4 kg Napercar-bonat tilsat	Padle						
13-sep	11.15	3	3		Padle		++			Fiskedræber, få små, lev Trichodina, enkelte, lev Costia, mange, lev	
13-sep	12.05	3	3		Padle	Fisk OK	++		Costia, få, ubevæg.		
13-sep	13.05	3	3		Padle		++	Enkelt fisk med organisk materiale		Costia, mange, ubevæg Gyrodactylus, enkelt, lev	
13-sep	13.15			2 kg Napercar-bonat	Padle						
13-sep	14.00	3	3		Padle		+++	Tendens til udposning (blødning?)		Chilodonella, 4, 1 lev Gyrodactylus, 1, lev	
13-sep	15.00	3	3		Padle		++			Glossatella, 5-10, 1 med bevæg Gyrodactylus, enkelte, døde	
13-sep	16.45				Padle	Friskvandsforsyning genetableret					
14-sep	8.00	8	8			Fisk OK, Ædelyst tilsyneladende forbedret (ifølge ejer)	++	Gællerne er mindre tilsilmet end dagen før, Bløder dog let, "Udposninger" ses	Ingen	Costia, mange, ubevæg Fiskedræber, enkelt, lev Gyrodactylus, 8-10, 1 lev Chilodonella, 8-10, døde	Ingen døde
17-sep						Telefon: Ædelyst er forbedret, fiskene flimrer dog lidt i dam.					
				Kommentar	Padleblufter er en 2 kW						
										Costia = <i>Ichtyobodo necator</i> Fiskedræber = <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	

Dato	16/8 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 5 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der 3 separate slim skrab fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Mølbak		
Stof	Formalin		
Dam	Forsøgsdam		
Rumfang	m3		
Fisk i dam	ca. 1.500 kg		
Fiskestør	300 g/stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Beluftningsmetode	Bemærkning til fisk i dam	Gælletilslimning (+, + +, + + +, + + +)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)
16-aug	10.15	3	3		Padle	OK	+	Fine	-	Trichodina, 0-5, lev
16-aug	11.20	3	3	Formalin 4,76 l 37 %	Padle	OK, ingen reaktion ved tilsætning af stof	+	Fine	-	Tricodina, 0-5, lev
16-aug	11.50	3	2		Padle		+	Fine	-	Tricodina, 10-15, lev Gyrodactylus, 5-10, lev Sessile art, > 50, mange døde
16-aug	12.25	3	3		Padle	Flimrer lidt, lettere at fange de "svage", men ingen døde	+	Fine	-	Trichodina, 8-12 pr fisk, 50% døde Sessile art, > 50, alle døde
16-aug	12.55	3	3		Padle		+	Fine	-	Trichodina, 14 stk, 8 levende Gyrodactylus, 5 stk, 2 døde Sessile art, >50, alle døde
16-aug	13.25	3	3		Padle	OK	+	Fine	-	Trichodina, 1 stk, død Sessile art, få (<20), alle døde
16-aug	14.00	3	3		Padle	OK, går normalt, ingen døde	+	Fine	-	Trichodina, 8 stk, 6 døde Gyrodactulus, 1 stk, død Sessile art, > 20, alle døde
16-aug	14.40	3	3		Padle	OK	+	Fine	-	Trichodina, 4 stk, alle døde Gyrodactulus, 1 stk, død Sessile art, >20 stk, alle døde
16-aug	15.15	3	3		Padle	OK Der åbnes for friskvand God ædelyst	+	Fine	-	Trichodina, 4 stk, 3 døde Sessile art, < 10, alle døde
17-aug	10.00					Telefonkontakt med ejer. Alt OK. Ingen døde i dam				
28-aug						Fisk OK, Kun enkelte døde siden behandling Fiskene har ikke fået yderligere behandling i den mellemliggende tid	+	Fine	-	Meget få parasitter sammenlignet med 16/8. Kun fund af enkelte (1-4 stk) Sessile art på meget få fisk.
		Kommentar	Padlebelufter er en 0,7 kW							

7.2.4 Toudal Dambrug

Dato	21/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fiskene overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjernen efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrab fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Toudal		
Stof	Brintoverilte (Na-Percarbonat)		
Dam	Dam 31		
Rumfang	ca 92 m3		
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk		
Fiskestor	ca 5 g pr stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Beluftningsmetode	Bemærkning til fisk i dam	Gællertilslimning (+, ++, +++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Fiskene er mere påvirket i denne dam sammenlignet med de andre. Mange døde ved indløb.	+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, 3-5 pr skrab, lev	Der er samlet ca 1 kg døde op
21-sep	10.30			Der tilsættes 3,5 kg Na-Percarbonat.							
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.	Der tilsættes 1,0 kg Na-Percarbonat.		Fisk Ok. Ingen reaktion på stoffet.	+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, 10-20 pr skrab, lev	
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				++		Fiskedråbere, en del, lev	Fiskedråbere, mange, lev	
23-sep				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
24-sep	9.00	3				En del døde i dammen, kun enkelte sorte Flere doende fisk med symptomer på butolisme!!	++		Fiskedråbere, få (3-5 i hvert præp), lev	Fiskedråbere, mange (10-15 pr skrab), lev	< 200 gram pr dag siden 21/9
25-sep				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
26-sep	10.00	3	3				++	Ingen tegn på skader (blødning eller lign)	Ingen fiskedråbere	Fiskedråbere, få (1-10 pr skrab), lev, flere stadier	< 200 gram pr dag siden 24/9
28-sep				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
01-okt	15.00	3	3			Få døde på bund, stadig enkelte med fallitsyge	++		Ingen fiskedråbere	Fiskedråbere, få i enkelt skrab, lev	< 200 gram pr dag siden 26/9
04-okt				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
08-okt	9.00	3	3			Fisk OK.	++		Ingen fiskedråbere	Ingen fiskedråbere	< 100 gram pr dag siden 1/10

Fiskedråber = *Ichthyophthirius multifiliis*

Dam 26 (20 l formalin)

Dato	21/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrabb fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Toudal		
Stof	Formalin 20 l 37 %		
Dam	Dam 26		
Rumfang	ca 100 m3		
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk		
Fiskestør	ca 5 g pr stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Belufts- metode	Bemærkning til fisk i dam	Gællit- slimning (+, ++, +++, ++++, +++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Fiskene i denne dam er dem som går bedst sammenlignet med de andre damme. Lav dødelighed og kun få sorte i kant	+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, 3-4 pr skrabb varierende størrelse, lev	Få hundrede gram
21-sep	10.30			Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, få, lev	
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, få, lev	
23-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
24-sep	9.00	3				Kun få døde fisk i dam, næsten ingen sorte i kant	+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, få, lev	< 100 gram pr dag siden 21/9
25-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
26-sep	10.00	3	3				++		Fiskedråbere, få (3-5 pr gællebue), lev ikke indkapslet	Fiskedråbere, få (3-6 pr skrabb), lev, flere stadier men ikke mange små	< 100 gram pr dag siden 24/9
28-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
01-okt	15.00	3	3	Ejer giver lidt blåsten for at afslime gæller		Fisk OK, Fiskene har fået megen beskidt vand den sidste uge (pga regn).	+++		Ingen fiskedråbere	Fiskedråbere, få (<5 pr.skrabb), lev, mange små	< 100 gram pr dag siden 26/9
04-okt				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
08-okt	9.00	3	3			Fisk OK. Vand har været ekstrem belastet med organisk materiale pga regn, dog også dage med høj sol.	+++		Ingen fiskedråbere	Fiskedråbere, få (2 stk i 3 skrabb), lev	< 100 gram pr dag siden 1/10

Dam 27 (1 kg Virkon S)

Dato	21/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrab fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Toudal		
Stof	Virkon S ca 10 mg/l		
Dam	Dam 27		
Rumfang	ca 100 m3		
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk	Virkon S opløses i 12 l vand og tilsættes i indløb	
Fiskestør	ca 5 g pr stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Beluftningsmetode	Bemærkning til fisk i dam	Gælletilslimning (+, ++, +++, ++++, +++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Lav dødelighed og kun få sorte i kant	+++		Fiskedråbere, få, lev (nogle indkapslet)	Fiskedråbere, 3-4 pr skrab varierende størrelse, lev	Ca. 1 kg
21-sep	10.30			Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				+++		Fiskedråbere, 4-6 stk, 3-4 uden cilie bevægelse!	Fiskedråbere, mange 20 -30 pr skrab, mange levende men med nedsat cilie aktivitet	
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Fisk OK	+++	Enkelte blodudtrækninger	Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, mange, lev nu med god aktivitet igen	
23-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
24-sep	10.00	3				Kun få døde fisk i dam, næsten ingen sorte i kant	++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, mange, alle lev, mange små	< 500 gram pr dag siden 21/9
25-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
26-sep	9.00	3	3			Fisk OK	++	En enkelt fisk med gællesvamp	Fiskedråbere, få (4-10 pr gællebue), lev, mange indkapslet	Fiskedråbere, 10-15 pr skrab, lev, Enkelt fisk med få	< 500 gram pr dag siden 24/9
28-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
01-okt	15.00	3	3	Ejer giver lidt blåsten for at afslime gæller		En del døde i dam, mange sort fisk i kanten	+++		Fiskedråbere, 3-5 pr gælle, lev	Fiskedråbere, mange (> 20 pr.skrab), lev, alle størrelser	< 500 gram pr dag siden 26/9, i dag ca 1 kg
04-okt				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
08-okt	9.00	3	3			Få døde i dam	+++	Tendens til bakteriel gælleinfektion	Ingen fiskedråbere	Enkelt fisk med fiskedråber (> 10) mens der ingen var at finde på øvrige fisk	Få døde

Dam 28 (3,5 l formalin)

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Belufts- metode	Bemærkning til fisk i dam	Gællitet- slimning (+, ++, +++, ++++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
Dato	21/9 2007										
Dambrug	Toudal					Anvendt metode til veterinær check:					
Stof	Formalin 37 % , 3,5 l i recirc mindst 4 timer					Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrab fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.					
Dam	Dam 28										
Rumfang	ca 94 m3										
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk										
Fiskestør	ca 5 g pr stk										
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Denne dam har den største dødelighed og mange påvirkede fisk (sorte i kant + flimren)	+++		Fiskedråbere, relativt mange, lev	Fiskedråbere, 5-10 pr skrab varierende størrelse, lev	Ca 1 kg døde opsamlet om morgenen
21-sep	10.20					5 liter vand siet over 20 µm filter. Ved mikroskopi ses mange ciliater (fiskedråber??)					
21-sep	10.45			Der tilsættes 3,5 l formalin (37 %). Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer		Ingen reaktion hos fiskene					
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.		Padle		+++		Fiskedråbere, mange (>10 stk), lev	Fiskedråbere, > 25 pr skrab, lev	
21-sep	14.00					5 liter vand siet over 20 µm filter. Ved mikroskopi ses intet liv!!					
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.		Padle	Fisk OK, Ingen øget dødelighed under behandling. Der åbnes for frisk vand igen.	+++		Fiskedråbere, mange, alle lev	Fiskedråbere, mange, alle lev	
23-sep				Der tilsættes 3,5 l formalin (37 %). Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer	Padle						Lavere dødelighed, i dag opsamlet ca. 200 g
24-sep	10.00	3				Kun få døde fisk i dam, næsten ingen sorte i kant	++	Mindre slim end der var d. 21/9	Fiskedråbere, mange, lev	Fiskedråbere, mange, lev	Stadig kun ca. 500 g døde pr dag. Dødeligheden i denne dam er dog stadig lidt større end i de andre
25-sep				Der tilsættes 3,5 l formalin (37 %). Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer	Padle						
26-sep	9.00	3	3			Færre sorte i kant, få døde	++		Fiskedråber, få (0-3 pr gællebue), lev	Fiskedråbere, få (0-4 pr skrab), lev	< 500 gram pr dag siden 24/9
28-sep				Der tilsættes 3,5 l formalin (37 %). Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer	Padle						
01-okt	15.00	3	3			Ejer giver lidt blåsten for at afslime gæller	++		Fiskedråbere, kun fundet 1 enkelt i 3 gælle prøver, lev (ikke indkapslet)	Fiskedråbere, få (<5 pr. skrab), lev	< 500 gram pr dag siden 26/9
04-okt				Der tilsættes 3,5 l formalin (37 %). Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer	Padle						
08-okt	9.00	3	3			Meget få døde i dam, fiskene har god ædelyst	+++	Tendens til bakteriel gælleinfektion	Ingen fiskedråbere	Ingen fiskedråbere	Få døde
											Fiskedråber = <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>

Dam 29 (1 kg Virkon S)

Dato	21/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrab fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Toudal		
Stof	Virkon S ca 10 mg/l		
Dam	Dam 29		
Rumfang	ca 100 m3		
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk	Virkon S opløses i 12 l vand og tilsættes i indløb	
Fiskestør	ca 5 g pr stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Belufts- metode	Bemærkning til fisk i dam	Gælletil- slimning (+, ++, +++, +++, +++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Lav dødelighed	++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, 5-10 pr skrab, lev	Få hundrede gram
21-sep	10.30			Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				++		Fiskedråbere, få, nogle har meget lav aktivitet	Fiskedråbere, mange, lev	
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Fisk OK	++	Tendens til blodudtrækninger	Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, mange, lev	
23-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
24-sep	10.00	3				Få døde i dam	++		Fiskedråbere, 3-5 pr gællebue, lev (nogle indkapslet)	Fiskedråbere, 15-20 pr. skrab, alle lev, flere stadier	Få hundrede gram pr dag siden 21/9
25-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
26-sep	9.00	3	3			Fisk OK	++		Fiskedråbere, få (1-3 pr gællebue), lev, ikke indkapslet	Fiskedråbere, 3-5 pr skrab, lev	Få hundrede gram pr dag siden 24/9
28-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
01-okt	15.00	3	3	Ejer giver lidt blåsten for at afslime gæller		Få døde i dam	++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, moderat antal (> 5 men <12 pr.skrab), lev, alle størrelser	Få hundrede gram pr dag siden 26/9
04-okt				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 1 kg Virkon S i gennemstrøm							
08-okt	9.00	3	3			Meget få døde i dam	++		Ingen fiskedråbere	Ingen fiskedråber	Få døde

Dam 30 (20 l formalin)

Dato	21/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrabb fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Toudal		
Stof	Formalin 20 l 37 %		
Dam	Dam 30		
Rumfang	ca 100 m3		
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk		
Fiskestør	ca 5 g pr stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Beluftningsmetode	Bemærkning til fisk i dam	Gællertilslimning (+, ++, +++, +++++, ++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Få døde fisk i denne dam.	+++		Fiskedræbere, enkelte, lev	Fiskedræbere, flere end 20 pr skrabb på flere fisk, lev (i alle størrelser)	Få hundrede gram
21-sep	10.30			Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				+++		Fiskedræbere, mange, lev	Fiskedræbere, mange, lev (men nogle med nedsat aktivitet)	
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				+++		Fiskedræbere, mange, lev	Fiskedræbere, mange, lev (megen aktivitet)	
23-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
24-sep	9.00	3				Få døde i dam, sorte fisk i kanten	+++		Fiskedræbere, få (4-5 i hvert præp), lev	Fiskedræbere, mange (15-20 pr skrabb), lev	< 200 gram pr dag siden 21/9
25-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
26-sep	10.00	3	3				++		Fiskedræbere, få (0-4 pr præp), lev ikke indkapslet	Fiskedræbere, få (5-10 pr skrabb), lev, flere stadier	< 200 gram pr dag siden 24/9
28-sep				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
01-okt	15.00	3	3			Ejer giver lidt blåsten for at afslime gæller	Fisk OK	++	Ingen fiskedræbere	Fiskedræbere, få (<5 pr.skrabb), lev	< 200 gram pr dag siden 26/9
04-okt				Dammen trækkes lidt ned. Der tilsættes 20 l 37 % formalin i gennemstrøm							
08-okt	9.00	3	3				Fisk OK.	++	Ingen fiskedræbere	Ingen fiskedræbere	< 100 gram pr dag siden 1/10

Dam 31 (brintoverilte)

Dato	21/9 2007	Anvendt metode til veterinær check:	Der fanges 3 fisk med net. Med mindre andet er anført er der udtaget de fisk som går i kant og/eller har afvigende farve. Fisken overføres til spand med vand. Indenfor 15 minutter aflives fisken ved nål gennem hjerne efterfulgt af afblødning. Der præpareres straks objektglas med prøver fra gæller og hud/slim. Ved gællerne undersøges en hel gællebue. Ved hud tages der slim skrab fra henholdsvis ryg (incl rygfinne), midt på siden og fra bug (incl bugfinne). Alle prøver mikroskoperes ved henholdsvis 40, 100 og 400 gange forstørrelse.
Dambrug	Toudal		
Stof	Brintoverilte (Na-Percarbonat)		
Dam	Dam 31		
Rumfang	ca 92 m3		
Fisk i dam	Ca 800 kg fisk		
Fiskestor	ca 5 g pr stk		

Dato	Tid	Antal fisk	Heraf fisk uden kliniske symp.	Stof tilsat	Belufningsmetode	Bemærkning til fisk i dam	Gællertilslimning (+, ++, +++, +++++, ++)	Bemærkning gæller	Parasitter i gæller (type, antal pr fisk, tilstand)	Parasitter på hud (type, antal pr fisk, tilstand)	Døde i afsnit med syge fisk (kg)
21-sep	10.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.			Fiskene er mere påvirket i denne dam sammenlignet med de andre. Mange døde ved indløb.	+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, 3-5 pr skrab, lev	Der er samlet ca 1 kg døde op
21-sep	10.30			Der tilsættes 3,5 kg Na-Percarbonat.							
21-sep	12.30	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.	Der tilsættes 1,0 kg Na-Percarbonat.		Fisk Ok. Ingen reaktion på stoffet.	+++		Fiskedråbere, få, lev	Fiskedråbere, 10-20 pr skrab, lev	
21-sep	15.00	3	Der udtages fisk som går i kant eller ligger på rist.				++		Fiskedråbere, en del, lev	Fiskedråbere, mange, lev	
23-sep				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
24-sep	9.00	3				En del døde i dammen, kun enkelte sorte Flere døende fisk med symptomer på butolisme!!	++		Fiskedråbere, få (3-5 i hvert præp), lev	Fiskedråbere, mange (10-15 pr skrab), lev	< 200 gram pr dag siden 21/9
25-sep				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
26-sep	10.00	3	3				++	Ingen tegn på skader (blødning eller lign)	Ingen fiskedråbere	Fiskedråbere, få (1-10 pr skrab), lev, flere stadier	< 200 gram pr dag siden 24/9
28-sep				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
01-okt	15.00	3	3			Få døde på bund, stadig enkelte med fallitsyge	++		Ingen fiskedråbere	Fiskedråbere, få i enkelt skrab, lev	< 200 gram pr dag siden 26/9
04-okt				Der tilsættes 3,5 kg + 1 kg Na-Percarbonat. Recirkulering uden frisk vand i ca. 4 timer							
08-okt	9.00	3	3			Fisk OK.	++		Ingen fiskedråbere	Ingen fiskedråbere	< 100 gram pr dag siden 1/10
Fiskedråber = <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>											

7.3 Formalin og brintoverilte omsætning i recirkulerede anlæg

Af Lars-Flemming Pedersen

7.3.1 Forsøgsbetingelser

Forsøgsopstillingerne tager udgangspunkt i seks identiske, lukkede anlæg som beskrevet i DFU rapport 135a-04. Hvert anlæg er på knap 400 liter og består af et kar med fisk forbundet til med et biofilter. Biofiltret rummer et Bioblok 150-modul fra Exponet, med et neddykket filtervolumen på 0,166 m³. Vandet tages ca. 30 cm fra karrets bund med en udvendig placeret Eheim 1260 pumpe som leder vandet til biofiltrets bund med et flow på 0,9- 1 l/S, og med et overløb returneres dette til karret. Stigehastigheden i filtrene var omkring 12 cm/min svarende til 2 mm/s. Karrene blev to gange ugentlig delvist tømt og støvsuget vha. en Ø25 mm hævert, hvorved ca. 25 % (~90 liter) af den samlede vandvolumen blev fjernet og erstattet med nyt hanevand. Denne procedure medførte et kortvarigt temperaturfald fra ca. 17 grader til 14-15 °C. Temperaturen blev målt ved af håndmålere og tillige logget over hele forsøgsperioden ved brug af HOBO® temperatur-dataloggere. Efter formaldehydforsøgene blev overløbet fra biofiltret modificeret, så vandet blev ledt gennem et 40 cm langt 110 mm PVC rør pakket med filtermateriale. Denne ændring blev lavet for at sikre en øget luftudveksling (CO₂ afgang og øget iltmætning).

Tablet 7.1 Beskrivelse af de lukkede, fuldt recirkulerede anlægbenyttet til forsøgsafvikling og fastlæggelse af omsætningsrater

Anlægsforhold	Gnsn. værdier
Systemvolumen	~ 360 liter
Biofilter type	Dykket, upflow
Biofilter medie	Bioblok 150
Flow	~ 1,0 l/s
Stigehastighed i biofilter	~ 12 cm/min
Gennemløbstid	~ 6 min
Vandudskiftning	7-8 % pr. dag
Hydraulisk opholdstid	~14 dage
Grad af recirkulering	100 %
Daglig fodringsmængde	50 g 4 mm
Vandforbrug til produktion	500 l/kg foder

Anlæggene blev som hovedregel dagligt tildelt 50 g Dana Feed 3 & 4 mm ørredfoder ved brug af foderautomater – udfodret over 6-8 timer fra midt formiddag. Regelmæssig monitoring af vandkvalitet omfattede pH og iltmålinger, samt bestemmelse af ammonium og nitrit/nitrat. Ved faldende pH under 7,1 blev alkaliniteten justeret ved brug af natriumbicarbonat; typisk ved tilsætning af 10-15 g pr. anlæg pr. dag. Ved forsøgsstart og afslutning blev pumperne slukkes og biofiltret afskærmet, så vandet i karrene kunne tømmes og fiskene opfiskes. Efter længerevarende forsøg blev filtrene også tømt og skyllet.

7.3.2 Monitering af vandkvalitet og kemiske analyser

De benyttede anlæg er blevet benyttet siden etablering og opstart i efteråret 2006. I periodens begyndelse var der tilbagevendende problemer med fiskedød som følge af fiskedråber ved nye hold af fisk. Anlæggene blev behandlet med salt og/eller havvand hvorved saltholdigheden flere gange kom op på 33 promille over længere perioder, inden nye hold fisk atter blev isat. Daglige og/eller regelmæssige målinger af vandkemiske nøgleparametre (tabel 7.2) er foretaget i anlæggenes opstart og efterfølgende under de længerevarende forsøgsrunder som en fast rutine.

I forbindelse med forsøg er vandprøver udtaget til bestemmelse af en række analyser (tabel 7.3).

Vandprøverne, udtaget fra biofiltret afløb, blev centrifugeret og målt samme dag (evt. opbevaret på køl) eller nedfrosset til senere analyse. Formaldehyd koncentrationen blev bestemt fotometrisk vha. Hantzsch reaktion hvor formaldehyd reagerer med ammoniumacetat/acetat/-acetylacetone under dannelse af diacetyldihydrolutidine som måles ved adsorption ved 412nm. Ammonium og nitrit måles spektrofotometrisk, hhv. ved 680 nm efter DS 223, modificeret (*) idet phenol erstattes af salicylsyre og ved 545 nm ifølge DS 224. Brintoverilte fikses vha. et reagens og måles efter farvestabilitet ved 432 nm (Tanner & Wong, 1998).

Tabel 7.2 Oversigt med udvalgte vandkvalitetsparametre målt regelmæssigt i forsøgsperioden

Vandkvalitetsparametre (daglig monitoring)	Gnsn. værdier (min/max)	Målemetode
pH	7,2 (6,95 – 7,5)	Hach Lange HQD-40 multimeter
Iltindhold (mg/l)	8 (6,5-9,0 mg/l)	Hach Lange HQD
Iltindhold (% mætning)	80 (70-90 %)	Hach Lange HQD
Salinitet	< 1 ppt (0-33 ppt)	Refraktometer
Ammonium-N (mg/l)	< 0,2 (0,05-0,5)	Merck testkit
Nitrit	< 0,1 (0-0,5)	Merck sticks
Nitrat	100 (50-250)	Merck sticks
Temperatur (°C)	17 (16,5 – 17,8)	Oxyguard Handy/HOBO datalogger

Tabel 7.3 Analyser i forbindelse med forsøgsafvikling

Analyse- og målemetoder (Monitering og forsøg)	Måleområde (min/max)	Analyse-metode / princip
Suspenderet stof (mg/l)	25 (20-35)	DS 207 / filtrering
Bundfældeligt stof	AA	DS 233/ Imhoff spidsglas
Alkalinitet	1,5 (1-1,8 meq)	DS / titrering
Kemisk iltforbrug COD	60 (30-75)	Merck + HL cert. testkuvette
Biologisk – ” – (BI ₅)	11 (10,5 -12,5)	DS og HL certificeret testkuvette
Ammonium-N	[0-5 ppm]	DS 224 *
Nitrit-N	[0-1 ppm]	DS 223 *
Nitrat-N		Hach Lange testkuvette
Formaldehyd	[0-20 ppm]	Hantzsch reaktion *
Brintoverilte	[0-35 ppm]	Tanner & Wong * + test sticks
Pereddikesyre	[0-25 ml/m ³]	Test sticks
Redox-potentiale	[-10 - -150]	Oxyguard pH meter
Ilt	6 - 14 mg/l 60-150 %	H-L HQD-40 – inkl. logning (Hydro optic sensor)
pH	6,5-9,0	H-L HQD-40 – inkl. logning

Biologisk iltforbrug er målt som modificeret BI₅, d.v.s. iltforbrug over fem døgn ved 20 grader med brug af nitrifikationshæmmer, allylthiourensyre på prøver umiddelbart efter udtagning. COD er målt ved hjælp af Hach Lange test kit ved saltsur kogning og brug af kaliumdikromat med måleområder 15 – 150 mg O₂/l; analyserne er lavet på frisk vandprøver eller frysekonserverede vandprøver. Mængden af suspenderet stof er målt på friske vandprøver (enkelte opbevaret op til et døgn på køl) ved filtrering af en kendt volumen ifølge DS 207.

Bundfældeligt stof er bestemt ved brug af Imhoff spidsglas/slæmmerør i henhold til DS 233.

Måling er pH er foretaget med HL multimeter med kalibrerede elektroder, og ilt er målt LDO-teknik (*Luminescent Dissolved Oxygen*) som er kalibreringsfri, ikke-iltforbrugende iltensorer.

7.3.3 Supplerende data af anlæggenes organiske stofindhold

Tabel 7.4: COD bestemmelse af anlægsvand fra formalinforsøg 2

Tabel 7.5: BI₅-målinger fra formalinforsøg (forsøg 1 & 2)

Tabel 7.6: BI₅ og COD målinger før og efter forsøg med tilsætning af natriumperkarbonat (forsøg 6)

Tabel 7.4 Baggrundsdata fra formalinforsøg 2 der viser kemisk iltforbrug i mg O₂/l bestemt ved ugentlige dobbeltprøver på de seks anlæg; gnsn. -værdi ± std. fejl for hver uge

COD	24-okt	01-nov	08-nov	14-nov	20-nov	Gnsn.	s.e.m.
Anlæg 1	46,8	65	69,35	55,5	66,95	60,7	3,8
Anlæg 2	72,55	68,85	66,8		48,05	64,1	4,5
Anlæg 3	57,8	70,75	62,7	60,65	58,7	62,1	2,1
Anlæg 4	46,7	51,95	61,35	79,4	73,3	62,5	5,6
Anlæg 5	48,3	59,55	65,2	60,35	66,05	59,9	2,9
Anlæg 6	61,45	70,65	69	56,05	53,65	62,2	3,1
Gnsn.	55,6	64,5	65,7	62,4	61,1		
s.e.m.	4,2	3,0	1,3	4,0	3,8		

Tabel 7.5 Biologisk iltforbrug i mg O₂/l angivet som gnsn. -værdi ± std. fejl for hvert anlæg

Formalin-forsøg	10. sept. 2007		1. nov. 2007		14. nov. 2007	
Anlæg 1	-	-	10,8	0,5	12,3	0,4
Anlæg 2	11,4	0,9	10,9	< 0,1	11,2	0,4
Anlæg 3	-	-	12,7	< 0,1	11,3	0,4
Anlæg 4	11,5	0,4	7,7	0,4	13,4	1,8
Anlæg 5	11,5	0,1	9,4	0,1	12,9	0,1
Anlæg 6	11,6	0,8	11,1	0,4	11,4	0,1
Gnsn. ± st. afv.	11,5 ± 0,6		10,4 ± 0,3		12,1 ± 0,5	

Tabel 7.6 Biologisk og kemisk iltforbrug i mg O₂/l (middelværdi) samt COD/BI₅ rate målt før og efter forsøg af 23. januar 2008 med natriumpercarbonat-vandbehandling. Anlæg 1 og 3 er kontrol; anlæg 2 og 5 tilførtes 36 g natriumpercarbonat, mens anlæg 4 og 6 fik tilført 7,2 g natriumpercarbonat fem på hinanden følgende gange.

23.1. 2008	BI ₅		COD		COD/BI ₅	
	Før	Efter	Før	Efter	Før	Efter
Anlæg 1	9,5	10,8	48,0	53,0	5,1	4,9
Anlæg 2	13,8	14,4	86,9	91,9	6,3	6,4
Anlæg 3	12,4	13,9	70,7	76,0	5,7	5,5
Anlæg 4	10,8	12,1	75,8	79,9	7,0	6,6
Anlæg 5	14,7	18,2	69,9	86,3	4,8	4,7
Anlæg 6	3,2	6,6	32,9	46,1	10,4	7,0

7.4 Analysemetoder til vandprøver taget på dambrugene

7.4.1 Bestemmelse af formaldehyd i vand

Metoden er baseret på spektrofotometrisk testkit (Formaldehyd-Test Merck 1.14678.0001 HCHO)I en opløsning af svovlsyre danner formaldehyd med chromotrofisk syre en violet farve som kan måles fotometrisk. Der måles ved 585 nm i 10 cm kuvetter, analyseområdet er 0,3-3 mg/lHvis prøverne indeholder mere end 3,0 mg/l HCHO fortyndes med demineraliseret vand. Turbide prøver skal filtreres. Der fremstilles en standardkurve fra 0 til 2,992 ud fra en formaldehyd stamopløsning på 0,374 g/l. Spektrofotometer-indstillinger: *sipping time* = 10,0 sec; *dwell time* = 4,0 sec; *purge time* = 0,0 sec.

7.4.2 Bestemmelse af brintoverilte i vand

Metoden tager udgangspunkt i Tanner & Wong (1998) Metoden er en modificeret OPDV metode. 10 ml vandprøve tilsættes 0,25 ml UV - reagens og ved indhold af H₂O₂ dannes et stabilt rød-orange kompleks (OPDV). Farvens intensitet måles spektrofotometrisk i en 1 cm kuvette ved 432 nm. Kurven er lineær fra 0,05 til 50 mg H₂O₂/l

UV reagenset: 4 A - er 4 x koncentrationen af vanadat-Na₂EDTA reagenset (Tanner & Wood, 1998) som tilsættes prøvebeholderen inden prøvens udtagning. Ved alm. Vandprøver tilsættes 2,5 ml reagens pr 100 ml. prøve; ved vandprøver med højt organisk indhold tilsættes 10,0 ml reagens til 100 ml prøve.

Der korrigeres for prøvens egenfarve med reagens 4 A uden NH₄VO₃.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø. Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 4630 1200
Fax: 4630 1114

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

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsovej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 8920 1400
Fax: 8920 1414

Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afdeling for Marin Økologi
Afdeling for Terrestrisk Økologi
Afdeling for Ferskvandsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 8920 1700
Fax: 8920 1514

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No. 2008

- 653 Control of Pesticides 2006. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 25 pp.
- 652 A preliminary strategic environmental impact assessment of mineral and hydrocarbon activities on the Nuussuaq peninsula, West Greenland. By Boertmann, D. et al. 66 pp.
- 651 Undersøgelser af jordhandler i forbindelse med naturgenopretning. Af Jensen, P.L., Schou, J.S. & Ørby, P.V. 44 s.
- 650 Fuel consumption and emissions from navigation in Denmark from 1990-2005 – and projections from 2006-2030. By Winther, M. 108 pp.

2007

- 649 Annual Danish Emission Inventory Report to UNECE. Inventories from the base year of the protocols to year 2005. By Illerup, J.B. et al. 182 pp.
- 648 Optælling af agerhøns på Kalø Gods 2004-2007 – metodeafprøvning og bestandsudvikling. Af Odderskær, P. & Berthelsen, J.P. 38 s.
- 647 Criteria for favourable conservation status in Denmark. Natural habitat types and species covered by the EEC Habitats Directive and birds covered by the EEC Birds Directive. By Søgaard, b. et al. 92 pp.
- 646 Vandmiljø og Natur 2006. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Boutrup, S. et al. 125 s.
- 645 Atmosfærisk deposition 2006. NOVANA. Af Ellermann, T. et al. 62 s.
- 644 Arter 2006. NOVANA. Af Søgaard, B., Pihl, S. & Wind, P. 88 s.
- 643 Terrestriske Naturtyper 2006. NOVANA. Af Bruus, M. et al. 70 s.
- 642 Vandløb 2006. NOVANA. Af Bøgestrand, J. (red.). 93 s.
- 641 Søer 2006. NOVANA. Af Jørgensen, T.B. et al. 63 s.
- 640 Landovevågningsoplande 2006. NOVANA. Af Grant, R. et al. 121 s.
- 639 Marine områder 2005-2006. Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. NOVANA. Af Ærtebjerg, G. (red.). 95 s.
- 637 Forvaltningsmetoder i N-belastede habitatnaturtyper. Af Damgaard, C. et al. 46 s.
- 636 Søre restaurering i Danmark. Del 1: Tværgående analyser, Del 2: Eksempelsamling. Af Liboriussen, L., Søndergaard, M. & Jeppesen, E. (red.). 86 s. + 312 s.
- 635 Håndbog om dyrearter på habitatdirektivets bilag IV – til brug i administration og planlægning. Af Søgaard, B. et al. 226 s.
- 634 Skovenes naturtilstand. Beregningsmetoder for Habitatdirektivets skovtyper. Af Fredshavn, J.R. et al. 52 s.
- 633 OML Highway. Phase 1: Specifications for a Danish Highway Air Pollution Model. By Berkowicz, R. et al. 58 pp.
- 632 Denmark's National Inventory Report 2007. Emission Inventories – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1990-2005. By Illerup, J.B. et al. 638 pp.
- 631 Biologisk vurdering og effektundersøgelser af faunapassager langs motorvejsstrækninger i Vendsyssel. Af Christensen, E. et al. 169 s.
- 630 Control of Pesticides 2005. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 24 pp.
- 629 A chemical and biological study of the impact of a suspected oil seep at the coast of Marraat, Nuussuaq, Greenland. With a summary of other environmental studies of hydrocarbons in Greenland. By Mosbech, A. et al. 55 pp.
- 628 Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2004. By Nielsen, O.-K., Nielsen, M. & Illerup, J.B. 176 pp.
- 627 Verification of the Danish emission inventory data by national and international data comparisons. By Fauser, P. et al. 51 pp.

[Tom side]

Formålet med projektet er at reducere mængden af formalin og brintoverilte brugt på dambrug og at reducere koncentrationerne af udledningerne. Toksicitetsforsøg viser, at man ved at forlænge eksponeringstiden til 4-6 timer kan bekæmpe parasitter, herunder fiskedræberen, med koncentrationer, der er 1/5 af, hvad der normalt anvendes. Brintoverilte omsættes hurtigt, så det er nødvendigt at supplere med brintoverilte under behandlingen i damme. Forsøg med biofilter viser, at formalin omsættes hurtigere, hvis det i forvejen har været eksponeret med formalin, og det skader ikke den mikrobielle film. Brintoverilte kan nedsætte kvælstofomsætningen i biofilteret midlertidigt, men skader ikke fiskene. Brintoveriltens nedbrydning er positivt relateret til fiskebiomassen. Seks dambrug blev behandlet og resultaterne viser, at parasitterne kan bekæmpes ved de lavere koncentrationer, når behandlingstiden samtidig bliver forlænget, sådan som toksicitetstestene viser. For at bekæmpe fiskedræberen skal der behandles flere gange med nogle dages mellemrum, når dambruget er hårdt inficeret. I recirkulerende anlæg med biofilter er det nødvendigt at supplere med formalin for at holde koncentrationen under behandlingen, da omsætningen af formalin i biofilteret er høj.