

Tingkærvad Dambrug

- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet

Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Ole Sortkjær, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Niels Bering Ovesen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Jens Skriver, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Søren Erik Larsen, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet
Per Bovbjerg Pedersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser
Richard Skøtt Rasmussen, Danmarks Fiskeriundersøgelser
Anne Johanne Tang Dalsgaard, Danmarks Fiskeriundersøgelser

April 2007

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Kavalergaarden 6
2920 Charlottenlund
ISBN: 978-87-7481-039-1

DFU-rapport nr. 173-07

0 Sammenfatning

De samlede miljømæssige fordele ved modeldambrug er mangetallige, som blandt andet oplistet vedrørende især uhindret faunapassage i Dambrugsudvalgets rapport:

Vandløbet	Dambruget
Fordele: "Død å"-strækning fjernes Øget vandføring i dambrugen omløb Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt Naturlige variationer i vandløbs vandføring opretholdes i omløbene Indtrængen af naturlig fauna i dambrugen reduceres Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes Fald i vandløbs iltindhold nedstrøms reduceres/undgås Ulemper: Ingen	Fordele: Stabile produktionsforhold Påvirkninger fra variationer i indløbsvands kvalitet reduceres eller elimineres Øget effekt af renseforanstaltninger Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet Reduceret smittepres Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning Bedre arbejdsmiljø Ulemper: Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk Øget udledning af CO ₂ Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

I denne statusrapport for Tingkærvad Dambrugs første driftsår som modeldambrug, beskrives de opnåede resultater fra monitoringsprojektets måle- og dokumentationsprogram, der har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenens rensning og udledning af næringsstoffer og organisk stof. Konklusionerne er foreløbige og endelige konklusioner kan først drages når begge måleårs resultater er behandlet.

Produktionsforhold

Tingkærvad Dambrug har i perioden 16. august 2005 til 15. august 2006 anvendt 279,85 tons foder med en beregnet produktion på 312,3 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 0,896.

Der har på anlægget været indkøringsvanskeligheder, problemer med vandindtag, tillæring til ny produktionsform, ny teknologi og nye problemstillinger vedr. drift og sygdomme. Dambruget har således ikke udnyttet sin fulde foderkvote på 356 t/år i det første driftsår. Anlægget og driften heraf forekommer nu at være stabil.

Vandforbrug

Tingkærvad Dambrug indtager nu vand alene fra borer og kildevæld, samt efterfølgende fra en andel af nabo dambrugets friskvandsforsyning. hvorfor opstemning og spærringer i vandløbet ikke længere er nødvendig. Stemmeværket er derfor blevet fjernet. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad ca. 97 %) er nedsat fra før ca. 780 l/s til 37 l/s det første måleår (knap 5 % af før). Til dette stærkt reducerede vandforbrug er der i øvrigt knyttet en mindre indsivning til plantelagunen på ca. 7 l/s inden dambrugets afløb til Vejle Å.

Rensegrader

Ved forarbejdet til bekendtgørelse om modeldambrug m.v. blev der forudsat nogle rensegrader for organisk stof og næringsstoffer på modeldambrug. En sammenstilling af de i bekendtgørelsen for modeldambrug forudsatte og de opnåede nettorensgrader i 1. måleår på Tingkærvad Dambrug ser således ud:

	Forventet	Opnået
Organisk stof (BI₅)	75 %	91 %
Total kvælstof (inkl. omsætning plantelaguner)	25 %	39 %
Total Fosfor	60 %	59 %

I det ovennævnte indgår et bidrag fra det til plantelagunen indsvivende vand og evt. sedimentet, således at den reelle rensegrad for især fosfor formentlig er noget højere. Dette ændrer dog ikke ved, at de opnåede rensegrader for organisk stof og kvælstof er bedre end de forudsatte, mens fosfor lige knap gør det. Produktionsanlægget med dets slamkegler og biofiltre fjerner netto især ammonium (51 %), fosfor (61 %), og ca. 50 % af tilført organisk stof, men kun lidt total kvælstof (ammonium omsættes til nitrit og nitrat). Plantelagunerne fjerner effektivt tilført organisk stof (73 % af SS og af BI₅) samt ca. 40 % af tilført NO_{2,3}-N men intet ammonium-kvælstof og total-fosfor. Der tilføres faktisk orthofosfat under passagen.

Det formodes, at der tilføres fosfor fra såvel sedimentet som fra indsvivende vand stammende fra både væld og nedsivende afløbsvand sættefiskeanlægget.

Der gøres opmærksom på, at de fundne rensegrader/stoftilbageholdelser vil være minimumsestimater, idet produktionsbidraget formodentligt er undervurderet. Der er anvendt standardværdier for indhold af kvælstof og fosfor i ørred som normalt foreskrives, men som sandsynligvis er for høje, ligesom der kan være ændrede forhold vedrørende fodersplid og BI₅/COD-forhold. Dette vil blive nærmere belyst til 2. års statusrapport.

Specifik udledning

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total-N og 90 t total-P ved en produktion på 29.434 t ørreder, svarende til gennemsnitlige specifikke udledninger som angivet i nedenstående tabel:

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Tingkærvad Dambrug i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit	Tingkærvad Dambrug	
	Danmark	- 1. måleår	
Organisk stof (BI₅)	105,3	5,3	5 %
Total-N	38,0	23,7	62 %
Total-P	3,1	2,0	65 %

Som det fremgår, er der meget markant reduceret specifik udledning af især organisk stof sammenlignet med gennemsnittet af danske ferskvandsdambrug.

Overholdelse af udlederkrav jvf. Vejle Amts miljøgodkendelse

I miljøgodkendelsen har Vejle Amt opstillet en række kontrolparametre med tilhørende kravværdi.

Kontrolparameter	Kravværdi jf. Miljøgodk. mg l ⁻¹	Udledn. efter DS 2399 mg l ⁻¹	Udledning efter Bekendt. modeldambrug mg l ⁻¹	Teoretiske kravværdier fra Dambrugsbekendtgørelsen mg l ⁻¹
Susp. stof	40,5	2,74	1,81	46,8 (3,0)
NH ₄	5,39	5,09	5,44	6,24 (0,4)
Total-N	8,09	7,24	6,53	9,36 (0,6)
Total-P	0,67	0,60	0,63	0,78 (0,05)
BI ₅	9,44	2,37	1,45	10,9-15,6 (0,7-1,0)

Ved sammenligning af kolonne to og fem ses det, at kravværdierne ikke kompenserer fuldt ud for det reducerede vandforbrug på dambruget, der er generelt sket en reduktion på 14 % i værdierne. I den tredje kolonne er opgivet Tingkærvad Dambrugs udledning beregnet efter DS 2399 hvor alle parametre overholdes, beregnet efter modeldambrugsbekendtgørelsen (kolonne 4) ses det også, at kravene for alle parametre overholdes på nær ammonium-N som overskrides marginalt. Såfremt der kompenseres fuldt for reduktionen i vandforbrug (femte kolonne) overholdes alle krav derfor naturligvis også.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	DMU/Amt	Vejle Å, opstrøms	Vejle Å, midterste station	Vejle Å, nedstrøms
Maj 2004	Vejle Amt	6	4	5
December 2004	DMU	4	4	5
Maj 2005	Vejle Amt	6	4	4
September 2005	DMU	4	4	4
November 2005	Vejle Amt	6	4	3
Maj 2006	Vejle Amt	4	4	4
Juni 2006	DMU	5	5	5
Oktober 2006	Vejle Amt	5	4	4

Målsætningen i Vejle Å op- og nedstrøms Tingkærvad Dambrug som er DVFI 5 med en optimal faunaklasse på 7, har kun været opfyldt 5 af 8

gange opstrøms dambruget, 1 gang på en strækning nedstrøms Kobbøbæk Dambrugs udløb men opstrøms Tingkærvad Dambrugs udløb og opfyldt 3 ud af 8 gange nedstrøms Tingkærvad Dambrug ved vandløbsbedømmelser i perioden maj 2004 til oktober 2006.

Tolkningen af ændringer i faunasammensætningen ved Tingkærvad Dambrug er vanskelig, fordi Vejle Å opstrøms dambruget har en fauna af forureningstolerante former med kun få rentvandsarter. Der er en række forureningskilder opstrøms Tingkærvad Dambrug, der påvirker faunaen i Vejle Å på strækningen.

Diskussion og primære udeståender

Der er tale om resultater fra 1. måleår og der er behov for resultater fra 2. måleår før der kan drages endelig konklusioner. De opnåede rensegrader og den resulterende lave specifikke udledning for suspenderet og organisk stof ser meget lovende ud og har været bedre end forudsat. For fosfor og kvælstof (især ammonium-kvælstof), kan der dog være behov for en forstærket indsats. Rensning for disse komponenter kan blive afgørende for evt. at kunne opnå øget foderforbrug.

En del af den stofmængde, der føres over i slambassinerne fra produktionsanlæggets slamkegler og biofiltre transporteres igen med klaringsvandet til plantelagunerne, ligesom der synes at blive produceret ammonium i slambassinerne. Det synes derfor at kunne være hensigtsmæssigt at øge stoftilbageholdelsen i slambassinerne.

Vandindtrængningen i plantelagunen påvirker beregningen af nogle af rensegraderne, der bliver undervurderede, idet især opløste stoffer som ammonium og orthofosfat trænger med vandet ind i lagunen/frigives fra sedimentet og dermed skal disse mængder også skal renses fra eller udledes.

1 Indledning

Som et af resultaterne fra det af fødevareministeriet nedsatte dambrugsudvalg (Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder) blev der i dette udvalgs rapport, marts 2002 (*Dambrugsudvalget, 2002*), peget på muligheden af etablering af mere ensartede type-dambrug eller såkaldte modeldambrug.

Det ensartede koncept i modeldambrugene skulle muliggøre, at dokumentation samt viden og erfaring indhentet herpå, kunne finde anvendelse på andre modeldambrug af samme type, således at såvel drift som sagsbehandling, tilladelser m.v. kunne smidiggøres.

I såvel sideløbende som efterfølgende arbejder (eks.: Pedersen P.B. et al. 2003; Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B.; 2004) samt notater og Bekendtgørelser (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002* og *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug, 2004*) er de nærmere specifikationer og krav til modeldambrug blevet defineret og fastlagt.

Tre typer modeldambrug er beskrevet (type 1, 2 og 3), hvor der for type 2 og 3 er åbnet for en deltagelse under en 2-årig forsøgsordning, i hvilken periode monitoring af den resulterende miljømæssige effekt skulle måles.

Ingen dambrug har ønsket ombygning til type 2 under forsøgsordningen, mens 8 dambrug af type 3 blev udvalgt til deltagelse i denne. Tingkærvad Dambrug er et af disse.

Det skal understreges, at listen over miljømæssige fordele ved modeldambrugsdrift er lang, som opgjort i Dambrugsudvalgets rapport jvf. nedenstående tabel.

Disse miljømæssige fordele opnås under alle omstændigheder ved etablering af modeldambrug. Formålet med monitoringsprojektet er således alene at udvikle og gennemføre et specificeret måleprogram for modeldambrug, baseret på kravene om målinger i Miljøministeriets "*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*" og "*Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004)*") for derigennem at fremskaffe den fornødne dokumentation for dambrugenens rensning samlet og for de enkelte renseforanstaltninger og for udledning af næringsstoffer og organisk stof, herunder for overholdelse af udlederkravene. Ifølge bekendtgørelsen skal DMU og DFU opstille et måleprogram, der skal tilvejebringe den omtale dokumentation.

De otte modeldambrug monitoreres derfor løbende af DMU og DFU over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug, de såkaldte intensivt monitorerede, måles der over alle de forskellige dele af dambruget, hertil hører Tingkærvad Dambrug, mens der på andre måles samlet over produktionsanlægget under et. Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for FødevareErhverv via FIUF- midler, og er således støttet med 50 % fra den Danske Stat og 50 % fra EU. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Vandløbet	Dambruget
Fordele: "Død å"-strækning fjernes Øget vandføring i dambrugen omløb Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås Ulemper: Ingen	Fordele: Stabile produktionsforhold Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres Øget effekt af renseforanstaltninger Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet Reduceret smittepres Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning Bedre arbejdsmiljø Ulemper: Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk Øget udledning af CO ₂ Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

Dokumentations- og monitoringsprojekt følges af en følgegruppe bestående af:

Niels Axel Nielsen, Fmd., direktør DFU

Torben Moth Iversen, vicedirektør DMU

Knud Larsen, Fødevareministeriet

Gitte Larsen, Skov- og Naturstyrelsen

Lars Christensen Clink, Direktoratet for FødevareErhverv – i januar 2007 erstattet af Henrik Haarh

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jacob Larsen, Ringkjøbing Amt, fra 1.1.2007 Holstebro Kommune

Henning Christiansen, Ribe Amt , i januar 2007 erstattet af Lenny Stølborg, Ikast-Brande Kommune

Lisbeth Jess Plesner, Dansk Akvakultur

Helge A. Thomsen, Danmarks Fiskeriundersøgelser

samt Per Bovbjerg Pedersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser og Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser.

Det er i følgegruppen blevet besluttet, at publiceringen af det første måleårs resultater på det enkelte dambrug sker af to omgange, h.h.v. i december 2006 (tre statusrapporter) og i foråret 2007 (fem statusrapporter).

Nærværende statusrapport indeholder alene målinger for Tingkærvad Dambrug.

Sluttelig skal der lyde en stor tak til alle andre involverede personer, institutioner m.v. som på hver sin vis har bidraget i det store arbejde. Specifikt takkes dambrugsejer Jens Grøn og hans medarbejdere på dambruget samt teknisk personale ved DMU: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor, Marlene Jessen og Carsten Nielsen og ved DFU: Tommy Nielsen, Peter Faber, Torben Filt Jensen, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen.

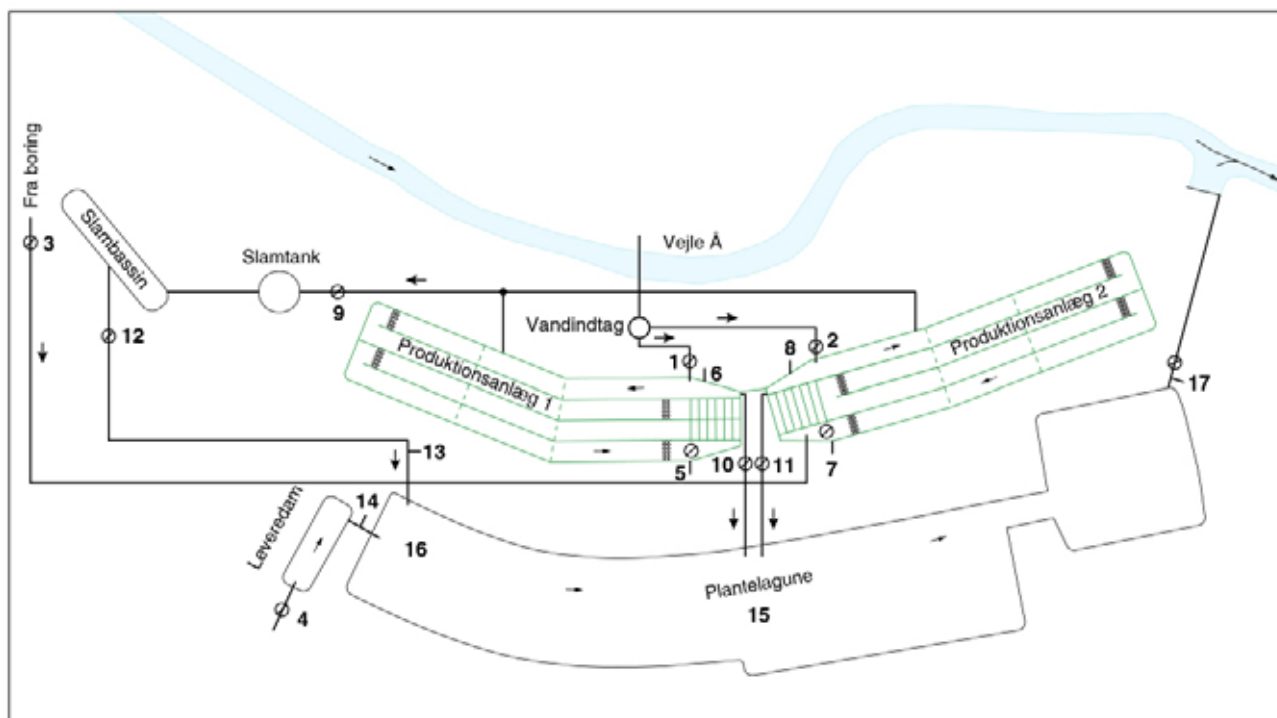
2 Beskrivelse af dambruget

2.1 Indretning

Tingkærvad Dambrug (Dalen 18, 7183 Randbøl) er beliggende ved Vejle Å. Vejle Å har sit udløb i Vejle Fjord, og et samlet opland på ca. 340 km². Ved dambruget er medianminimumvandføringen på 720 / 890 l/s hhv. opstrøms og nedstrøms for dambruget (*Miljøgodkendelse 2004, Vejle Amt*). Umiddelbart opstrøms samt overfor Tingkærvad Dambrug er der også dambrug.

Tingkærvad dambruget er indrettet som et modeldambrug type III A (*Pedersen et al., 2003*).

Dambruget består af 2 ens opbyggede produktionsenheder, produktionsanlæg 1 og 2, der hver er underopdelt i 4 sektioner. I hver produktionsenhed ledes det recirkulerede vand igennem et biofilter, der er opdelt i 6 sektioner. Derudover er der en leveredam. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow. Der er desuden et sættefiske-anlæg tilknyttet anlægget, men driften af denne er aftalt således at der ikke tages af friskvand eller udledes til slambassin eller plante-lagunerne og dermed er det ikke inddraget i de efterfølgende beregninger.



Figur 1 Tingkærvad Dambrug, opbygning og vandflow (ikke målfast). Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1. Biofiltre sidder i den del af produktionsanlægget som er indsnævret i enden. Slamkegler markeret som rækker af små cirkler, mens stiplede linier på tværs af produktionsanlæggene angiver beluftning.

Vandet bringes til at cirkulere i produktionsenhederne via air-lift princippet, dvs. ved at den beluftning, som tilfører ilt til vandet, også løfter dette nogle centimeter. Beluftningen sker i såkaldte belufter-brønde.

Slam opsamles i pyramideformede slamkegler i bunden af produktionsenhederne og pumpes sammen med skyllevand fra filtrene op i en slamtank hvorfra vandet ledes videre til et slambassin. Afløbsvand fra de to produktionsanlæg og klaret vand fra slambassinet ledes til en plantelagune inden det løber i åen. Plantelagunen består af en del af de tidligere jorddamme, kanaler og bundfældningsbassiner, som nu er blevet forbundet.

Hver produktionsenhed er ca. 70 meter lang og 20 meter bred med en vanddybde på ca. 1,25 meter. Inkl. leveredam, kanaler, slambassiner og biofiltre er der i alt ca. 4.200 m³ vand i produktionsanlægget. Plantelagunen har et areal på ca. 4.060 m² med en middeldybde på ca. 0,65 m. Totalt har dambruget et vandvolumen på ca. 6.900 m³. Med et gennemsnitligt vandindtag i det første måleår på 37,2 l/s har der været en gennemsnitlig opholdstid på ca. 52 timer over dambruget. Opholdstiden i produktionsanlægget inkl. leveredam er på ca. 31 timer mod en forudsat minimumsopholdstid på 18,5 timer for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse som modeldambrug, 2002*).

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
1	Vandindtag fra væld, produktionsanlæg 1	K, F, S
2	Vandindtag fra væld, produktionsanlæg 2	K*, F, S*
3	Vandindtag fra boring, produktionsanlæg 2	K, F, S
4	Vandindtag fra væld, leveredam	F
5	Opstrøms biofilter, produktionsanlæg 1	K, H, F, V, S
6	Nedstrøms biofilter/udløb produktionsanlæg 1	K, S
7	Opstrøms biofilter, produktionsanlæg 2	K, H, F, V, S
8	Nedstrøms biofilter/udløb produktionsanlæg 2	K, S
9	Indløb slamtank	K, F, V
10	Udløb produktionsanlæg 1	F
11	Udløb produktionsanlæg 2	F
12	Klaret slamvand, mellem slamtank og slambassin	F
13	Udløb klaret slamvand fra slambassin	K, S
14	Udløb leveredam	K, S
15	Plantelagune, øvre del	S
16	Plantelagune, midt	S
17	Udløb plantelagune/dambrug	K, F, V, S, N

Tabel 1 Oversigt over målepunkter på Tingkærvad Dambrug i det første måleår. Tallene til højere refererer til det konkrete målepunkt på figur 1. Der anvendt følgende forkortelser: K: Prøvetagning for kemiske analyser. F: Vandmængde. H: vandhastighed; V: vandstand og S: Ilt, pH og temperatur; N = nedbør. *samme vand som produktionsanlæg 1.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kortere indkøringsfase startede måleprogrammet på Tingkærvad Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt den 16. august 2005. Første måleår omfatter derfor fra 16. august 2005 til 15. august 2006 begge dage inklusive.

I første måleår har der kontinuert (hvert 10. minut) været målt vandmængde, vandhastighed, vandstand, nedbør, temperatur, ilt, pH ved et eller flere målepunkter på dambruget jf. tabel 1. De instrumenter, som måler kontinuert, er typisk tilsluttet en datalogger, hvorfra data overføres til en PC, som er placeret på dambruget. Data overføres via internettet fra PC'en til DFU og lægges ind i en fælles database som DFU og DMU anvender i projektet. Vandmængder måles i de fleste målepunkter med elektronisk måler, et såkaldt vandur. I udløbet registreres vandstand/vandføring kontinuert, da det samlede udløb fra dambruget bestemmes via et rektangulært overfaldsbygværk. Vandstand måles i slambassinerne med en infrarød måler. I *Svendsen & Bovbjerg (2004)* findes flere informationer og baggrund og krav til måleprogram og en række tekniske detaljer. I udløbet

Vandkemiske prøver er for indtagvand (vandet fra borer og kildevæld) målt som en punktprøve (øjebliksprøve) ca. 1 gang pr. måned (hver 14. dag i begyndelsen) eller i alt 14 gange i perioden. Vandkemiske prøver fra henholdsvis op- og nedstrøms biofilter i de to produktionsanlæg (hvor nedstrøms biofilter svarer til afløb fra de to produktionsanlæg), afløb fra leveredam, i klaringsvandet fra slambassinerne samt i afløbet fra plantelagunen (samlet afløb fra dambruget) udtages hver 14. dag med ISCO-glacier vandprøvetagere. En prøve består af en puljet prøve over et døgn, hvor der i en stor flaske tages 100 ml delprøve hvert kvarter, svarende til 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. Prøverne står koldt (4° C) og mørkt i prøvetageren, der er udstyret med køleanlæg. Ved hvert målested er der målt i alt 27 gange i det første måleår.

Herudover er der hver 14. dag taget vandkemiske prøver i forbindelse med henholdsvis tømning af slamkegler (opdelt for hver produktionsenhed) og returskylning af biofiltre (opdelt for hver produktionsenhed). Her tages også puljede prøver men delprøverne er i 1 liter flasker, hvorfra der puljes. Afhængigt af hvor lang tid det tager at tømme slamkegler og returskylle biofiltre tages en række hyppige delprøver for repræsentativt at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med ISCO 6712-1 vandprøvetagere, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt.

De vandkemiske prøver er analyseret for en række kemiske variable, fastlagt i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*. Det fremgår af tabel 2, hvilke variable der analyseres for, afhængigt af om der er tale om vandprøve taget i indtagsvandet (grundvand), slamvand (ved tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre), afløb slambassin eller i produktionsanlæg og afløb fra dambruget. Analyserne er gennemført af akkrediteret laboratorium efter de standardanalysemetoder, der er foreskrevet ift. dambrug, herunder modificeret BI₅.

Ved de målepunkter, hvor der udtages vandkemiske prøver måles hver 14. dag ilt, temperatur og pH med håndholdte præcisionsinstrumenter, som også anvendes ved kalibrering af de kontinuerte måleinstrumenter.

Parametre	Program A	Program B	Program C
	Fuld pakke: Udløb fra dambrug, op- og nedstrøms biofilter, afløb sættefiskanlæg og leveredamme	Grundvand (indtagsvand)	Returskyllning biofiltre, tømning slamkegler, afløb slambassiner
Suspenderet stof (SS)	x	(x)	x
Modificeret BI ₅	x	(x)	x
COD	x	(x)	x
Total fosfor (P)	x	[x]	x
Orthofosfat-P	x	x	x
Total kvælstof (N)	x	[x]	x
Nitrat/nitrit-N	x	x	x
Ammonium-N	x	(x)	x

Tabel 2 De vandkemiske parametre der analyseres for på de vandkemiske prøver, der er udtaget 1. måleår på Tingkærø Dambrug. x i parentes angiver at disse parametre efter at være målt nogle gange kun måles 2-3 gange om året hvis det viser sig at værdien konsekvent er under detektionsgrænsen, mens x i kantet parentes viser at total kvælstof henholdsvis total fosfor ikke måles hver gang, hvis der ikke er signifikant forskel på totalen ift. de opløste fraktioner. BI₅ er et mål for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof end BI₅, da det er et mål for det kemiske iltbehov for at omsætte det organiske stof. Ammonium er primært NH₄-N.

2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til Tingkærø Dambrugs miljøgodkendelse af 25. februar 2004 må der i forsøgsperioden anvendes 356 tons foder pr. år. Foderkvotienten må ikke overstige 0,95.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 50 l/s. Vandet indvindes fra borer og kildevæld, samt efterfølgende fra en andel af nabo dambrugs friskvandsforsyning.

Der må maksimalt udledes følgende stofmængder fra modeldambruget:

BI ₅ :	9,44 mg/l
NH ₄ ⁺ -N:	5,39 mg/l
Suspenderet stof:	40,5 mg/l
Total-N:	8,09 mg/l
Total-P:	0,67 mg/l

Krav til udledning af stofferne er omfattet af tilstandskontrol. Mere detaljerede betingelser for overholdelse af kravene fremgår af dambrugs miljøgodkendelse og omtales i kapitel 7 i denne rapport.

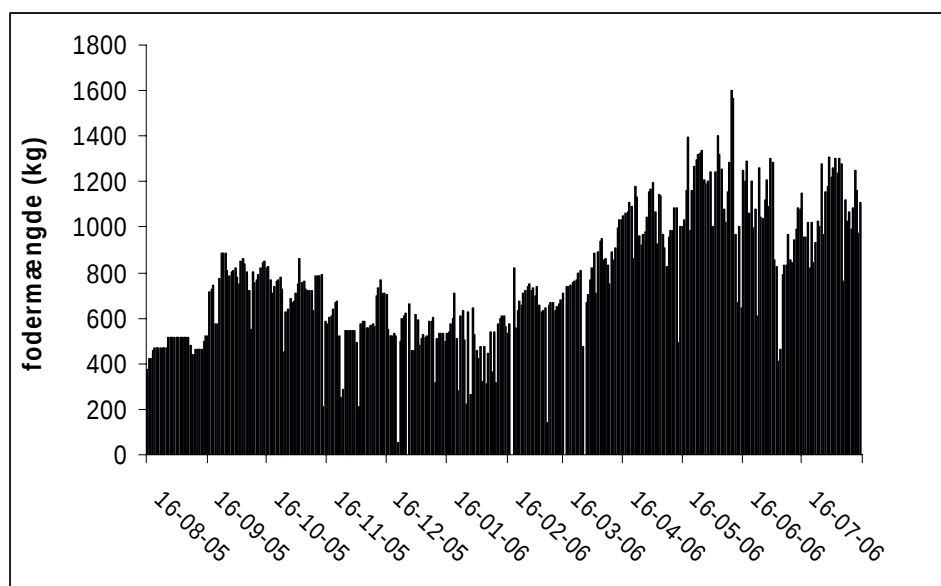
3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Tingkærvad Dambrug er der i perioden 16. august 2005 til 15. august 2006 anvendt 279,8 tons foder i dambrugets modeldambrugsafsnit, dvs. hele dambruget eksklusiv sættefiskanlæg. På baggrund af oplyste start- og slutbestande, samt ind- og udfiskninger i perioden, er der beregnet en produktion på 312,3 tons fisk inkl. døde fisk. Dette giver en samlet foderkvotient (foderforbrug divideret med fiskeproduktion inkl. døde fisk) på 0,896.

Der er ved beregning af foderkvotienten ikke taget højde for, at der ved levering typisk leveres en mindre procentdel ekstra fisk som kompensation for eventuelt senere tab i aftagerleddet.

Det daglige foderforbrug fremgår af figur 2.



Figur 2 Foderforbruget på Tingkærvad Dambrug i første måleår.

I tabel 3 er angivet hvilke fodertyper og mængder, der har været anvendt i dambrugets produktionsanlæg i det første måleår.

Fodertype		Forbrug (kg)
Aller 45/15	(2 mm)	50
Aller Aqua Elips	(3 mm)	128.211
Biomar Bio-optimal C80	(2 mm)	52
Biomar Ecolife 19	(3 mm)	150.954
Biomar Aqualife 90	(3-4,5 mm)	485

Tabel 3 Anvendte fodertyper på Tingkærvad Dambrug det første måleår.

3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen (produktionsbidrag) i modeldambruget er foretaget som beskrevet i *Modeldambrug, specifikationer og godkendelseskrav, Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183*. Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof), BI_5 (letomsætteligt organisk stof), total-N (total kvælstof) og total-P (total fosfor). Endvidere er bidraget af opløst kvælstof som udskilles over fiskenes gæller (hovedsageligt NH_4^+-N) blevet udregnet. Bidraget svarer til restleddet af kvælstof efter fradrag af den mængde kvælstof der indbygges i fisken henholdsvis udskilles som fækalier i forhold til den totalt indtagne mængde kvælstof.

I denne rapport anvendes det normalt anvendte standardindhold af kvælstof og fosfor i ørred på henholdsvis 3 % og 0,5 %. I årsrapporten for 2. måleår vil mere præcise indhold i dambrugets relevante produktion blive anvendt i beregningen. Ligeledes er der anvendt et forhold mellem BI_5 og COD på 0,3, baseret på tidligere erfaringer og resultater. Dette vil blive undersøgt nærmere til statusrapporten for 2. måleår.

Udregningen af produktionsbidrag er sket på dagsbasis i hver af dambrugets sektioner, og bidragene er herefter summerede. Udover de konkrete foder mængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemianalyse er foretaget på næsten alle foderleverancer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede fodertyper. I få tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen pga. små leverancer (under 1.000 kg), er der anvendt deklarerede værdier fra foderfabrikanten.

I forbindelse med at fiskene leveres er der en cirka fire dages periode hvor fiskene ikke fodres, men hvor der vil være et mindre kvælstoftab fra fiskene. Derfor er der beregnet et produktionsbidrag af kvælstof på baggrund af generelle tal for stofomsætning hos fodertomme regnbueørreder. Derimod vurderes der kun at være et marginalt bidrag af organisk stof (COD og BI_5) i forbindelse med levering, idet dette forventes udskilt som kuldioksid (CO_2). Ligeledes forventes kun et marginalt bidrag af fosfor inden levering, hvorfor bidraget af COD, BI_5 og tot-P her er sat til 0.

På 12 forskellige foderleverancer er der foretaget fordøjelighedsforsøg, dvs. det er i kontrollerede forsøg undersøgt, hvor stor en del af det indtagne foder og specifikke fedt-, protein- og kulhydrat-indhold der udskilles som fækalier. Disse værdier er indsat i beregningerne af produktionsbidrag for den relevante batch. Hvis batchen ikke er undersøgt mht. fordøjelighed er der anvendt gennemsnitstal for den relevante fodertype. I enkelte tilfælde, f.eks. i forbindelse med leverance af små foder mængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjelighed af foderet. Fordøjeligheden af træstof er i alle tilfælde sat til 0.

Foderkvotienten er så vidt muligt beregnet for den enkelte sektion. Dette er kun muligt når en sektion tømmes fuldstændigt ved udfiskning. Værdien er indsat i udregningen af den konkrete sektionens produktionsbidrag. De beregnede foderkvotienter er blevet vægtede i forhold til det antal dage foderkvotienten er målt over, og de vægtede værdier er sam-

mensat til et gennemsnit som er anvendt i de sektioner og perioder, hvor det ikke har været muligt at beregne foderkvotienten.

Der er ikke foretaget målinger af foderspild på Tingkærvad Dambrug, men ved indledende undersøgelser på andre modeldambrug er der ikke konstateret nævneværdigt foderspild ved normal drift.

Idet der dog af forskellige årsager må påregnes et mindre foderspild i visse perioder samt støv og smuld i foder, er der i denne rapport ved udregning af produktionsbidrag indsat en værdi på 1 % for foderspild på Tingkærvad Dambrug. Denne værdi vil blive søgt yderligere kvalificeret i 2. årsrapport.

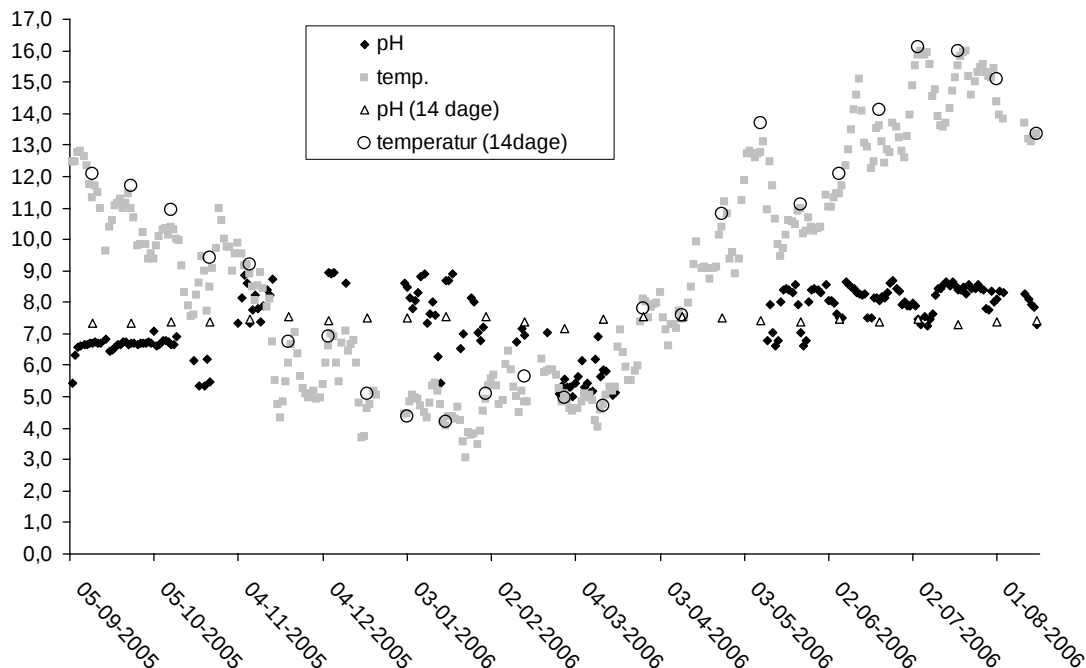
4 Temperatur, pH og ilt

Der er hvert tiende minut foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen samt i laguneudløbet. Hertil kommer at der på hovedparten af de steder, hvor der udtages af vandprøver hver 14. dag samtidigt måles temperatur, pH og ilt på dambruget. Dataene indsamles blandt andet med baggrund i lovmæssige krav og for bedre at kunne forklare de processer der foregår på dambruget, som f.eks. omsætning af organisk stof.

De kontinuerte registreringer har desværre vist sig ikke at fungere tilfredsstillende. Det er især logning af ilt som har været problematisk, idet iltsonderne ikke er blevet rensset tilstrækkelig ofte, og idet de tilsyneladende er relativ følsomme overfor elektronisk støj fra andre kilder. På den baggrund er de kontinuerte iltmålinger ikke medtaget i figur 3 og 4 nedenfor.

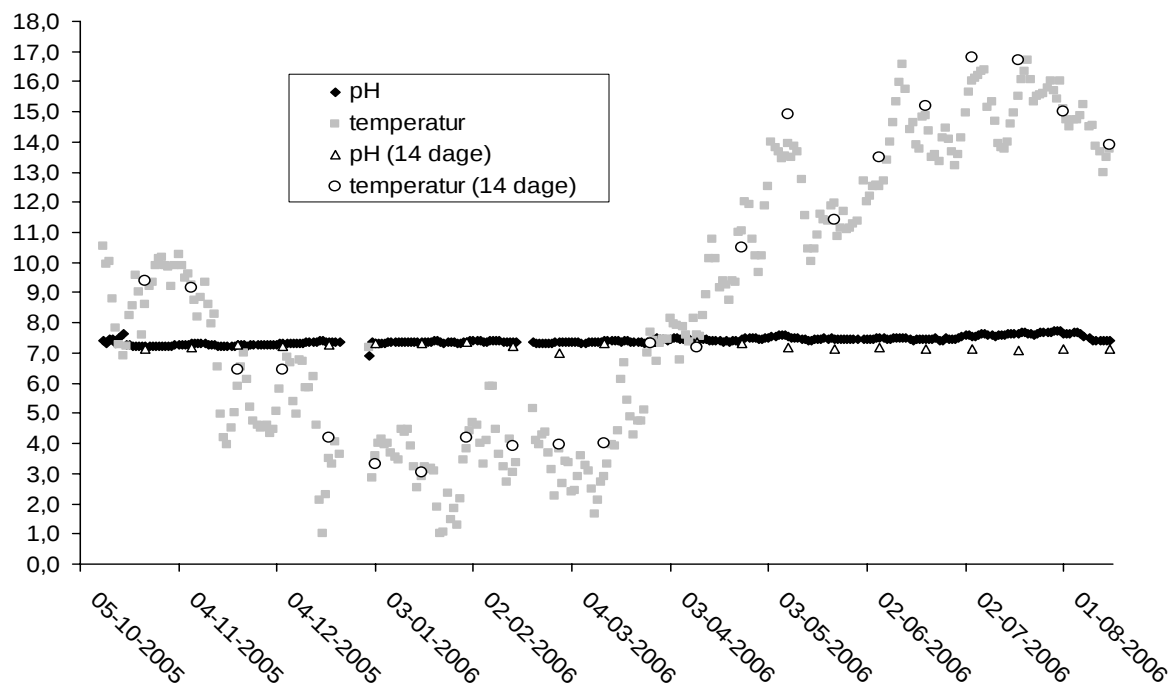
I figur 3 er vist daglige gennemsnitsværdier for temperatur (°C) og pH i dambrugets produktionsanlæg nedstrøms biofilteret (udregnet som gennemsnit for de to anlæg). Der er endvidere angivet 14-dages målinger for temperatur og pH. Tilsvarende værdier for dambrugets udløb er vist i figur 4.

Baseret på 14- dages målingerne har iltniveauet nedstrøms biofiltrene i produktionsanlægget generelt ligget mellem 4,5 og 9 mg/l og mellem 1 og 4 i udløbet fra dambruget (før det opiltes inden det når vandløbet) med de højeste værdier i vinterhalvåret.



Figur 3 Gennemsnit pr. døgn for temperatur og pH nedstrøms biofilteret på Tingkærvad Dambrug. Endvidere er der angivet målinger foretaget hver 14. dag (øjebliksværdier med håndholdte instrumenter) på samme sted.

Det bemærkes at gennemsnitsværdierne pr. døgn ikke er helt sammenlignelige med de målinger der foretages hver 14. dag, idet sidstnævnte er "øjebliksmålinger" der foretages indenfor få minutter om formiddagen.



Figur 4 Gennemsnit pr. døgn for temperatur og pH inden beluftning i udløbet fra Tingkærvad Dambrug. Endvidere er der angivet målinger foretaget hver 14. dag (øjebliksværdier med håndholdte instrumenter) på samme sted.

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Flowet dvs. vandmængden bliver registreret kontinuert (hvert 10. minut) 11 steder i dambruget jf. tabel 4. Registreringen sker de 8 af målestederne ved hjælp af elektromagnetiske flowmålere (vandure), der måler nøjagtigt med en usikkerhed på mindre end 1 %. I udløbet fra plantelagunen/dambruget er etableret en rektangulær kanal med indbygget overfaldsbygværk. Her registreres vandstand kontinuert og vandføringen bliver målt med vingeinstrument ca. en gang pr. måned og der etableres en sammenhæng mellem vandstand og vandføring (QH-relation) for beregning af kontinuert vandflow. Usikkerheden på beregning af flow i udløbet vurderes til ca. 5 %.

Det recirkulerede flow i produktionsanlæggene bliver målt med doppler-sensorer, der registrerer middelstrømhastigheden kombineret med registrering af vandstanden, der registreres med en tryktransducer. Til kalibrering af målingerne bliver flowet (vandføringen) målt med vingeinstrument ca. en gang pr. måned. Sensorerne er monteret i kanalerne ved indløbet til biofiltrene. Disse målinger har en usikkerhed på ca. 5 %.

4 af de elektromagnetiske flowmålere har haft kortere eller længere perioder, hvor data enten er gået tabt eller har været fejlbehæftede. Problemerne har skyldtes fejl i målerne og fugtproblemer i elektronikken, delvis på grund af oversvømmelser. I de pågældende perioder er dataserierne korrigeret ved hjælp af interpolation og korrelation til de øvrige målere. Problemerne med flowmålerne har medført en mindre forøgelse af usikkerheden, og det vurderes, at usikkerheden på middel-flowdata for 1. måleår er mellem 2 og op til max. 5 % for nogle af målestederne.

Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow
		l/s
1	Vandindtag fra væld, produktionsanlæg 1	16,1
2	Vandindtag fra væld, produktionsanlæg 2	7,3
3	Vandindtag fra boring, produktionsanlæg 2	12,5
4	Indløb leveredam	1,3
1+2+3+4	Samlet vandindtag	37,2
5	Recirkulation, opstrøms biofilter, produktionsanlæg 1	522
7	Recirkulation, opstrøms biofilter, produktionsanlæg 2	571
9	Indløb slamtank	0,7
10	Udløb produktionsanlæg 1	16,6
11	Udløb produktionsanlæg 2	15,1
12	Udløb, klaret slamvand	0,5
4+10+11+12	Samlet tilløb til plantelagune	33,5
17	Udløb plantelagune/dambrug	40,9

Tabel 4 Vandflow (l/s), gennemsnit ved målesteder på Tingkærvad Dambrug for 1. måleår

Det samlede vandindtag har i gennemsnit for det første måleår været 37,2 l/sek., hvilket er noget mindre end de tilladte 50 l/s. Indtaget sker fra et kildevæld øst for åen og fra en boring, der er placeret nær ved vandløbet opstrøms for dambruget. Endvidere kommer vandet til leve-redammen fra et lille kildevæld vest for dambruget.

Det samlede udløb fra de to produktionsanlæg er 5,2 l/s mindre end indløbet. Det skyldes til dels, at der bliver ført vand væk herfra i forbindelse med skylning af filtre og tømning af slamkegler (0,7 l/sek.), og at der bliver brugt vand ved udfiskning og sortering. Det forklarer dog kun en mindre del af differencen, der næsten udelukkende ligger over produktionsanlæg 2. Det er dog blevet oplyst, at der tages en mindre del af friskvandsindtaget fra boringen som skulle anvendes i produktionsenhed 2, fra til dambrugets sættefiskanlæg. Det er et realistisk estimat, at denne del udgør ca. 4 l/s og dermed forklarer forskellen. Der synes ikke at kunne ske noget egentligt tab af vand fra de to produktionsenheder.

5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamkeglerne i bunden af anlæggene tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret returskyllet ved at sende en vandstrøm modsat den normale strømretning. Endvidere støvsuges for evt. slamansamlinger i produktionsanlægget. Alt slam bliver pumpet til slamtanken hvorfra overløbet ledes i et slambassin som klaret slamvand. Tømning og skylning kører efter et fast skema, men afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling, støvsugning for slamansamlinger mv.

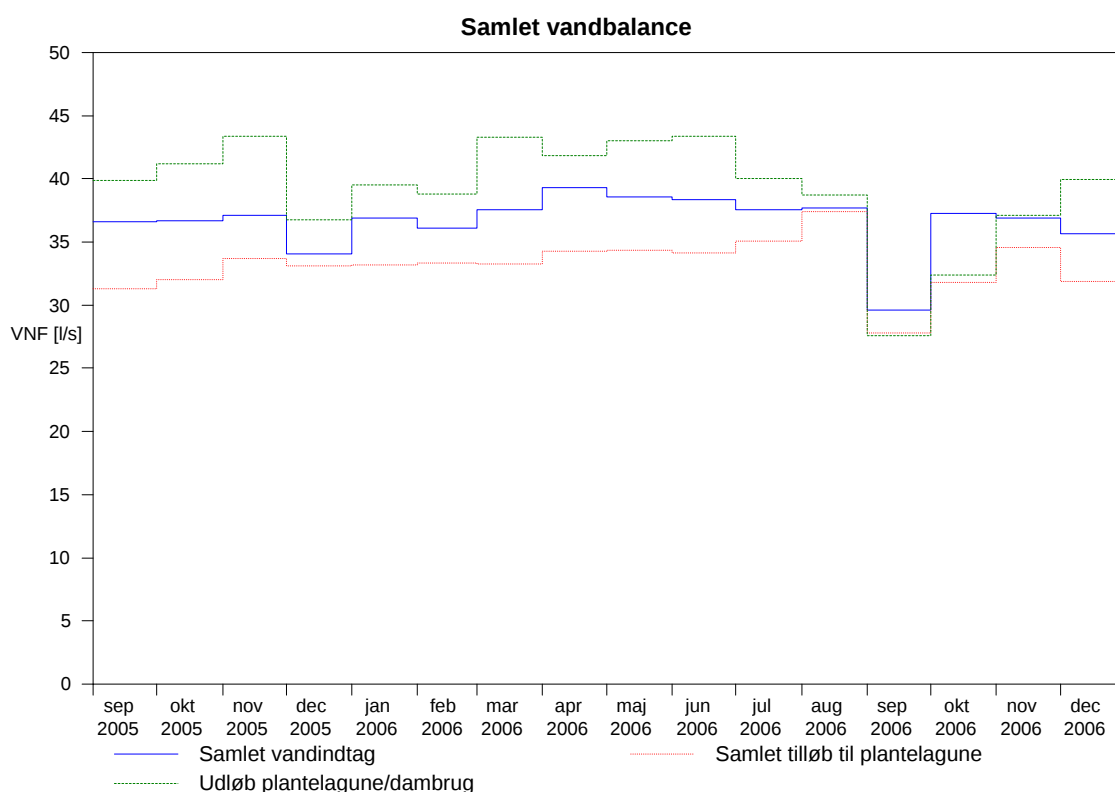
Under tømning og skylning pumpes ca. 10,5 l/s til slambassinerne. Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning og skylning er som middel for hele måleåret opgjort til 0,72 l/s, hvilket svarer til ca. 2 % af det samlede vandindtag til dambruget.

5.3 Vandbalance

Det samlede vandindtag på 37,2 l/s er tilsyneladende noget større end det samlede tilløb til plantelagunen (33,5 l/s). Denne forskel kan som ovenfor nævnt forklares med, at en mindre del af indtagsvandet (ca. 4 l/s) anvendes til sættefiskeanlægget, som ikke indgår som en del af modeldambruget. Nedbør og fordampning i produktionsanlæggene har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun netto vil tilføre hvad der som middel svarer til maksimalt 0,1 l/s.

Udløbet fra plantelagunen, og dermed dambrugets samlede afledning til vandløbet, var som middel for måleåret på 40,9 l/s. Da det samlede tilløb til plantelagunen som middel har været 33,5 l/s, kan der konstateres en yderligere tilstrømning til plantelagunerne på ca. 7,4 l/s eller en forøgelse på ca. 22 %. Det kan enten skyldes, at der sker en tilledning fra sættefiskeanlægget til plantelagunen (sættefiskeanlægget "nedsiver" sine udledninger) og/eller at der sker tilstrømning af øvre grundvand/kildevand. Da grundvandstanden er høj i hele området, og der er kildevæld mange steder i ådalen, kan en del af den ekstra tilstrømning

sandsynligvis stamme herfra. Der er ikke nogen egentlig sæsonvariation ift. hvor meget ekstra vand der løber til plantelagunen i 1. måleåret.



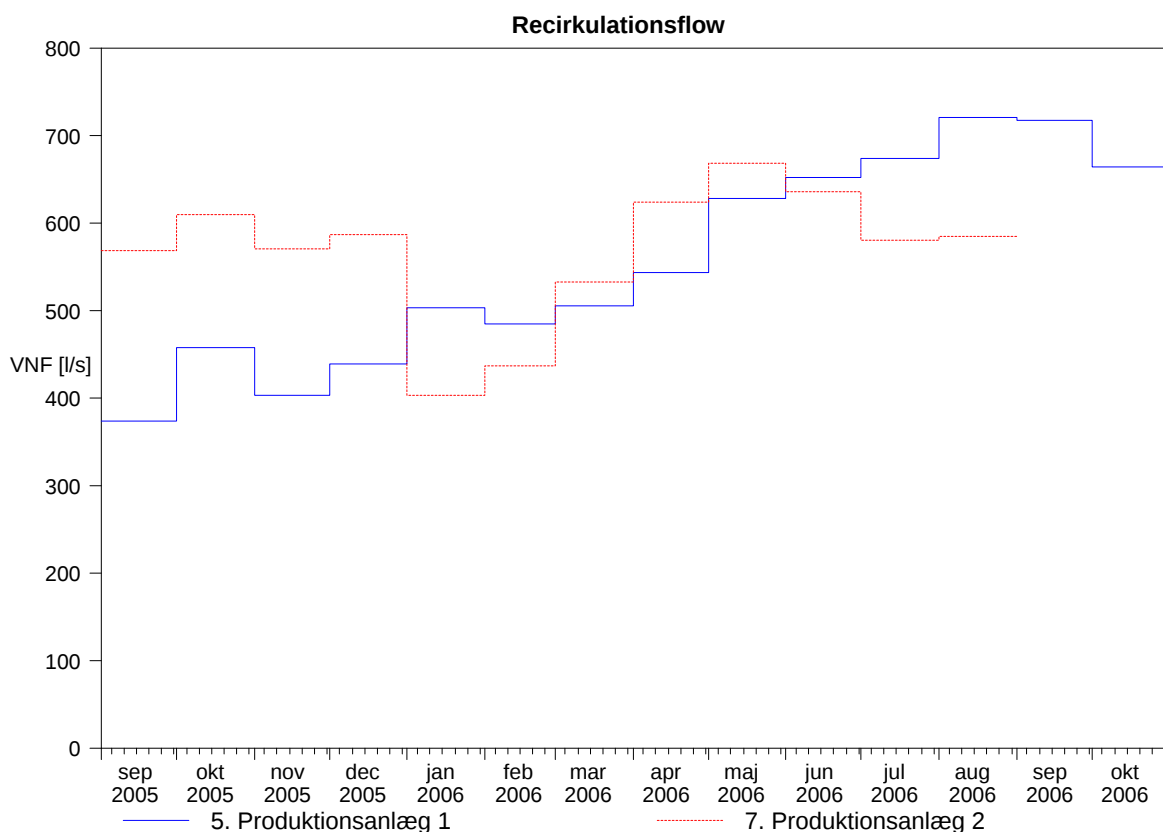
Figur 5 Samlet vandbalance over Tingkærvad Dambrug, månedsmiddel (l/s)

Som for produktionsanlæg 1 og 2 har nedbør og fordampning kun ubetydelig indflydelse på vandbalancen i plantelagunen. Kun på enkelte dage kan det medføre at vandbalancen viser mere afstrømning af vand end der løber til plantelagunen f.eks. i forbindelse med kraftigt regnskyl.

5.4 Recirkulationsflow

Recirkulationen bliver drevet af luftpumperne i anlægget, så variationer i flowmængden vil være en funktion af behovet for beluftning. Der vil derfor normalt være sammenhæng mellem flowet og mængden af fisk/fodringen i anlægget, og der vil være en tendens til større flow i sommerperioden. Recirkulationsflowet i produktionsanlæg 1 er i gennemsnit for måleåret på 522 l/s og i anlæg 2 på 571 l/s. Flowet svarer til, at den gennemsnitlige strømhastighed i produktionskanalernes sektioner med fisk er knap 0,1 m/s.

Med et gennemsnitligt samlet vandindtag på 37,2 l/s (Q_i) (tabel 4) til produktionsanlæg 1 + 2 og en samlet recirkulering på 1.093 l/sek. (Q_r) (5+7 jf. tabel 4), kan recirkulationsgraden opgøres til ca. 97 %, beregnet som $(Q_r - Q_i) / Q_r$. For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.



Figur 6 Recirkulationsflow i produktionsanlæg 1 og 2 i Tingkærvad Dambrug, månedsmiddel i l/s i 1. måleår.

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug er det opgjort, at der på Tingkærvad Dambrug er brugt ca. 4.200 liter vand pr. kg foder eller 3.750 liter vand pr. kg produceret fisk. Dette er en faktor 10 - 15 lavere end i et traditionelt gennemstrømningsdambrug.

5.6 Hydraulisk belastning af lagune

Baseret på det beregnede areal af plantelagunerne (se kapitel 11) har den gennemsnitlige hydrauliske belastning af plantelagunen været 0,008 l/s pr. m² plantelagune og dermed under halvdelen af den forudsatte max. belastning på 1 l/s pr. 48 m² (0,021 l/s/m²) plantelagune i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

Der er beregnet gennemsnitskoncentration og den tilhørende spredning på for de analyserede, udtagne vandprøver i måleår 1 (16. august 2005 til 15. august 2006) ved forskellige målestationer på Tingkærvad Dambrug for de 27 vandprøvesæt (dog kun 15 prøver for friskvandsindtagene) jf. tabel 5. Det giver et billede af, hvordan der tilføres stof ved fiskeproduktionen og hvordan der fjernes stof via bl.a. slamkegler, biofiltre, slambassin og plantelagune.

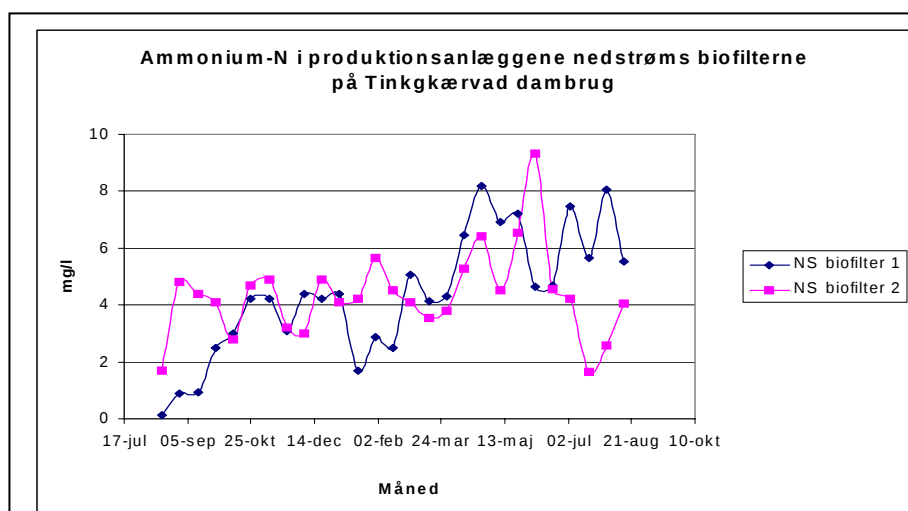
Det bemærkes, at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler er meget høje for alle kemiske variable, men også skyllevand fra biofiltrene er noget højere end for afløbet fra de to produktionsanlæg (svarende til nedstrøms biofilter) hvad angår suspenderet stof, kvælstof og fosfor samt for organisk stof. Desuden er værdierne for ammonium- og totalkvælstof, total-fosfor og for organisk stof (BI5 og COD) samt for suspenderet stof meget høje i afløbsvand fra slambassin (klaringsvand) og på niveau med spulevand fra biofiltre.

Spredningen på koncentrationerne over det første måleår er størst på de høje koncentrationer som for spulevand af slamkegler og afløb fra slambassin. Spredningen målt som procent af gennemsnittet viser at den største spredning findes for suspenderet stof og nitrit-nitrat-kvælstof med mere end 80 %, hvorimod den for resten af de kemiske stoffer typisk er mindre end knapt 60 %.

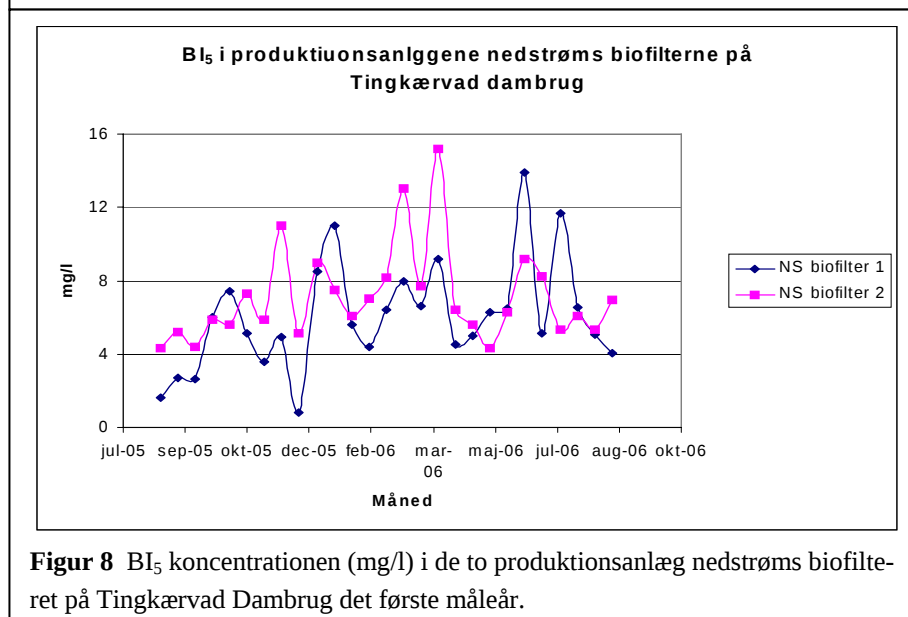
Målested	NH ₄ -N		NO ₂₃ -N		Total-N		Ortho-P		Total-P		BI ₅		COD		Susp	
	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Boring	0,1	0,0	0,4	0,1	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,4	3,8	2,0	1,0	0,4
Kildevæld fra nabo	0,0	0,0	0,7	0,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	1,1	0,6	5,1	3,4	1,6	0,6
Vand ud af leverdam	0,2	0,3	0,4	0,5	0,9	1,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,7	1,0	12,5	5,6	7,6	11,2
OS biofilter prod. 1	4,4	2,2	2,7	1,3	9,1	3,4	0,2	0,1	0,4	0,2	6,8	3,3	30,5	29,5	11,9	14,3
NS biofilter prod. 1	4,3	2,2	3,0	1,4	9,2	3,5	0,2	0,1	0,3	0,2	6,0	3,0	25,2	9,6	7,3	4,1
OS biofilter prod. 2	4,4	1,2	4,1	2,0	10,3	2,5	0,2	0,1	0,4	0,1	8,2	4,2	28,0	12,1	9,2	8,3
NS biofilter prod. 2	4,4	1,5	3,9	1,8	10,1	2,5	0,2	0,1	0,4	0,1	7,1	2,6	24,3	6,5	9,0	5,5
Afløb slamkegler prod. 1	37,0	20,9	0,5	0,5	213	114	26,8	23,6	174	131	4.021	2.254	10.315	7.413	11.405	11.911
Afløb slamkegler prod. 2	36,8	18,9	1,0	0,7	336	266	42,5	33,2	325	432	6.790	6.538	17.792	14.879	9.416	8.331
Afløb biofilter prod. 1	5,4	3,1	2,6	2,3	34,3	24,5	0,3	0,2	11,4	12,1	215	191	643	523	580	532
Afløb biofilter prod. 2	5,0	2,9	2,0	2,0	34,0	20,3	0,5	0,4	10,9	7,1	224	164	679	458	607	358
Afløb slambassin	31,8	22,2	0,2	0,8	43,4	26,0	9,0	5,6	12,3	7,8	178	146	422	265	173	157
Udløb dambrug	4,0	2,3	1,6	1,0	6,5	1,7	0,4	0,2	0,6	0,8	2,1	0,6	13,8	4,7	2,4	1,6

Tabel 5 Gennemsnitskoncentrationen (Gen) for de kemiske variable og den tilhørende spredning (Std) for det første måleår de forskellige målesteder på Tingkærvad Dambrug. OS = opstrøms, NS = nedstrøms.

Koncentrationsforløbet for ammonium-N og BI_5 nedstrøms biofilteret i produktionsanlægget i det første måleår fremgår af figur 7 og 8. Kurveforløbet for ammonium er overordnet ens de to produktionsanlæg. Koncentrationsniveauet i produktionsanlæg 2 er i begyndelse højere end i produktionsanlæg 1, hvilket kan tilskrives at der i starten af måleperioden kun var få fisk i produktionsanlæg 1 sammenlignet med produktionsanlæg 2. Frem til foråret er koncentrationsniveauet relativt stabilt på ca. 4 mg/l, hvorefter det stiger op til det dobbelte i løbet af foråret. Fra juli måned forbliver niveauet højt i produktionsanlæg 1 men falder betydeligt i produktionsanlæg 2. BI_5 -koncentrationerne varierer betydeligt hen over måleåret med højere koncentrationer i produktionsanlæg 2 frem til sommeren 2006 hvorefter de højeste koncentrationer findes i produktionsanlæg 1. Stofkoncentrationerne nedstrøms biofilteret indgår i beregningerne af stoftilførslen til plantelagunen.

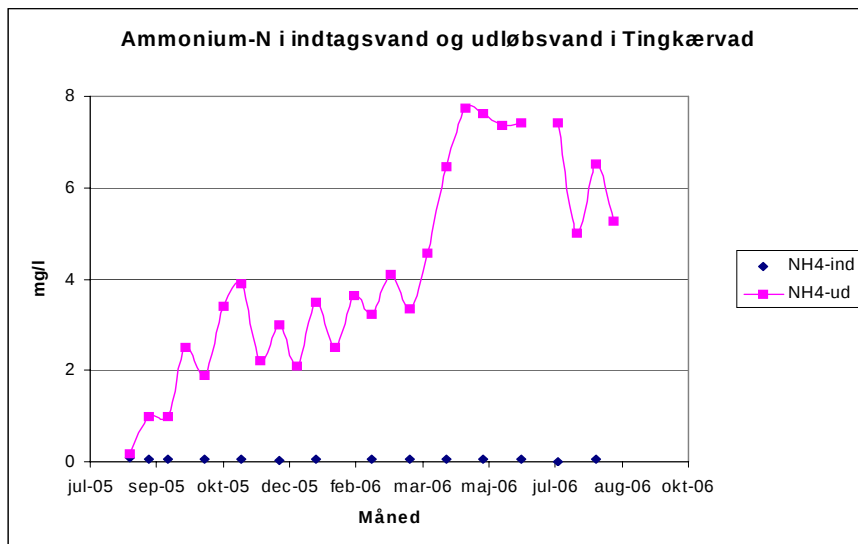


Figur 7 Ammonium-kvælstof koncentrationen (mg/l) i de to produktionsanlæg målt nedstrøms biofilteret på Tingkær vad Dambrug det første måleår.

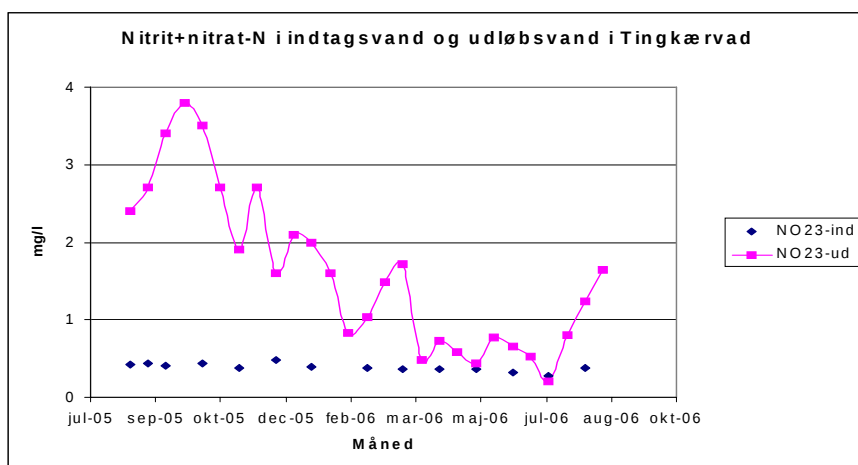


Figur 8 BI_5 koncentrationen (mg/l) i de to produktionsanlæg nedstrøms biofilteret på Tingkær vad Dambrug det første måleår.

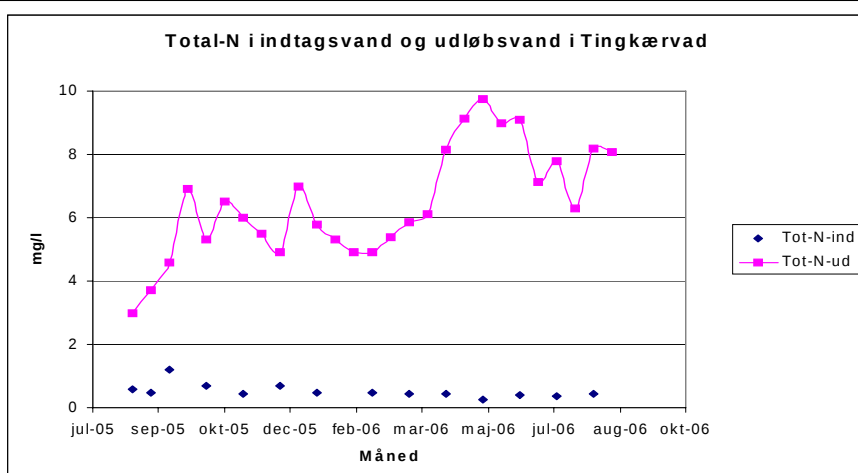
Koncentrationsforløbet for de målte kemiske parametre i indtagsvandet til Tingkær vad Dambrug og i afløbet fra plantelagunen (dvs. afløb fra dambruget) til Vejle Å vises i figur 9 til 16.



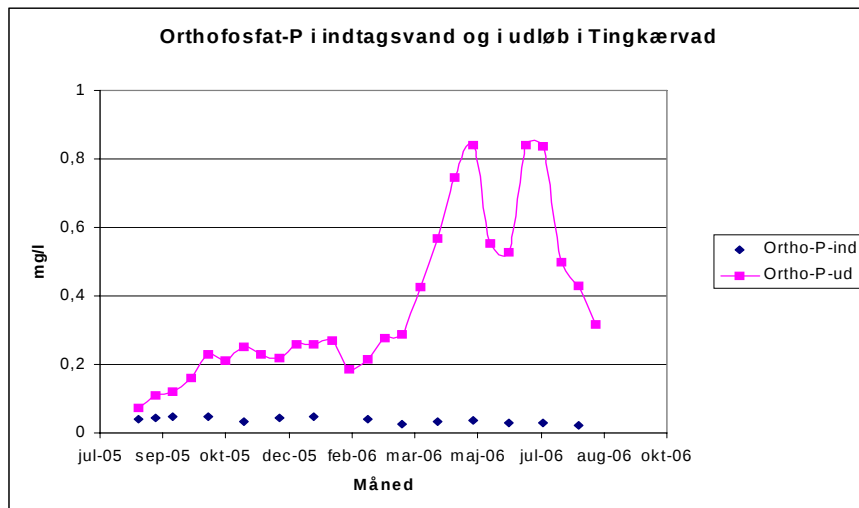
Figur 9 Ammonium-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvåndet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.



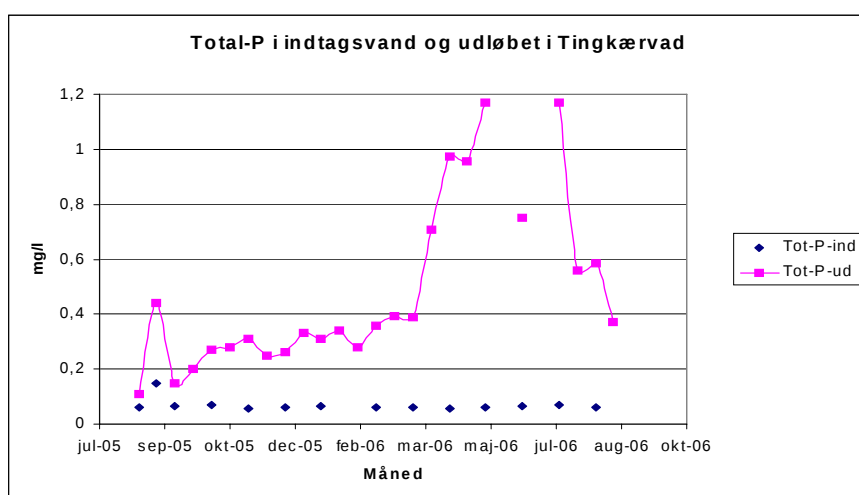
Figur 10 Nitrit+Nitrat-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvånd og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.



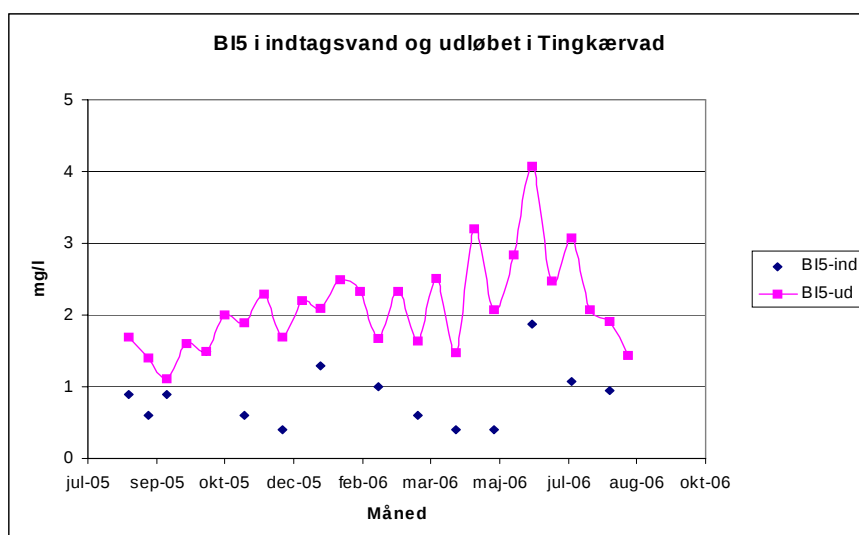
Figur 11 Total-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvåndet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.



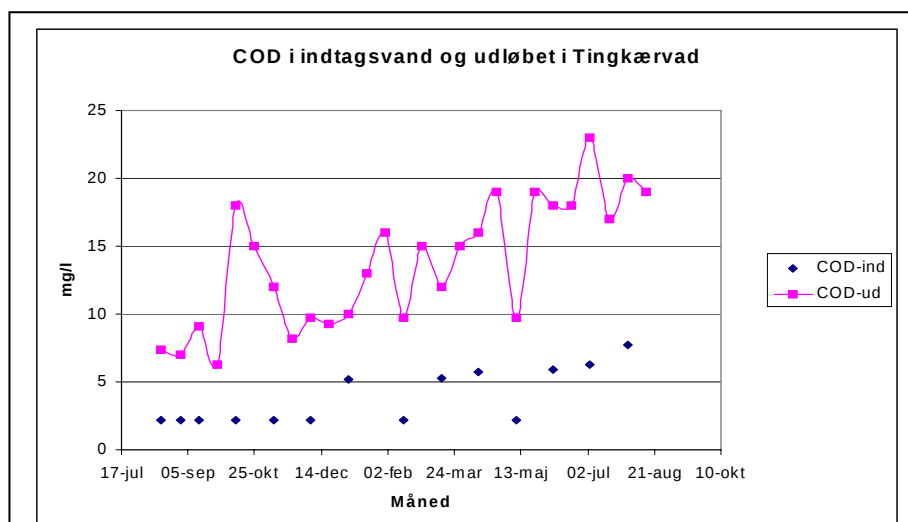
Figur 12 Orthofosfat-fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagstvåndet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.



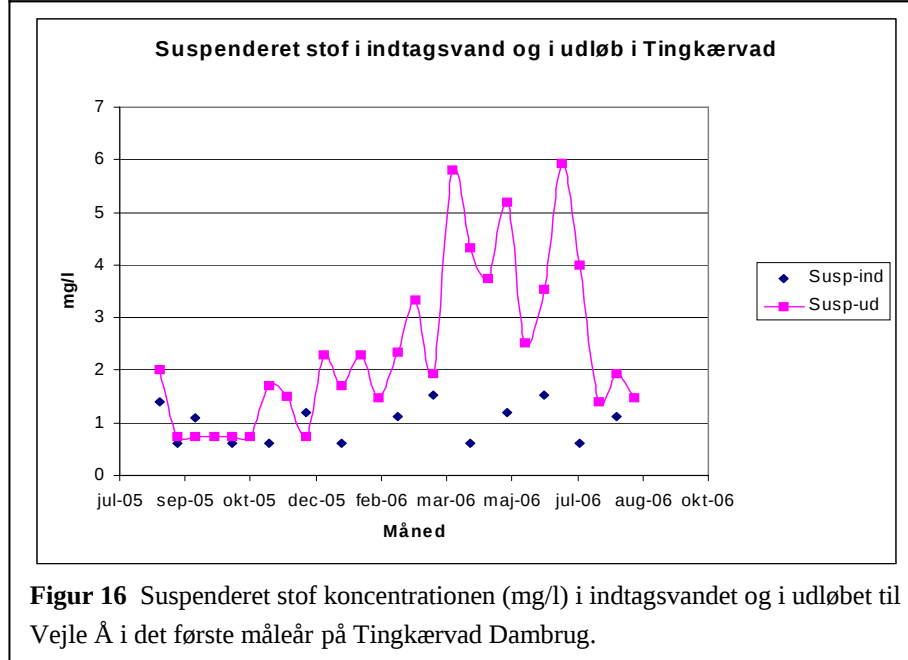
Figur 13 Total-fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagstvåndet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad dambrug



Figur 14 Organisk stof målt som BI₅ koncentrationen (mg/l) i indtagstvåndet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.



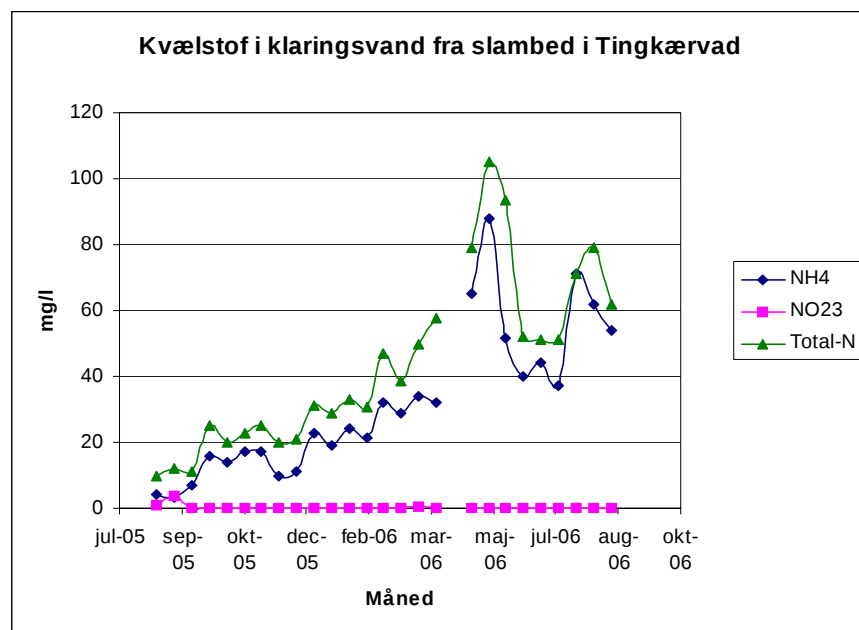
Figur 15 Organisk stof målt som COD koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.



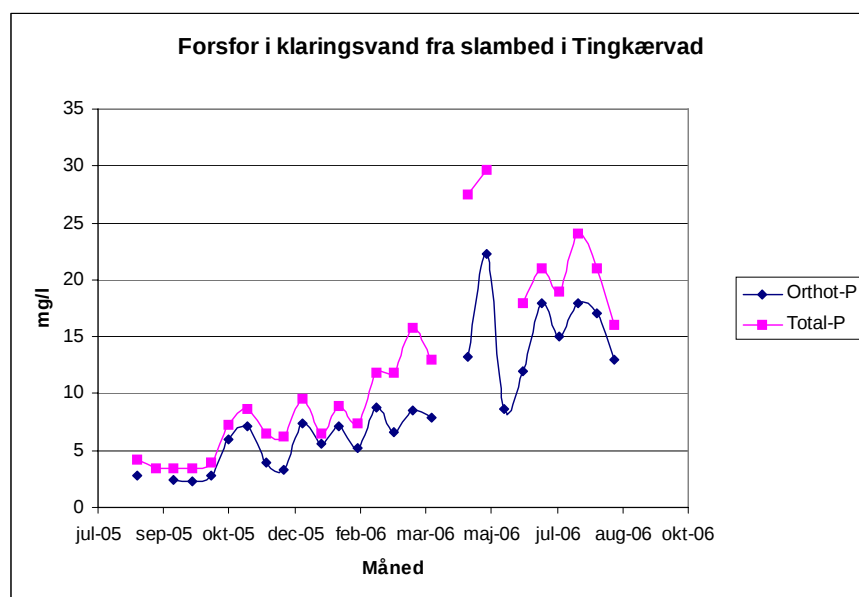
Figur 16 Suspenderet stof koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet og i udløbet til Vejle Å i det første måleår på Tingkærvad Dambrug.

I indtagsvandet er der kun beskedne variationer i det første måleår for de enkelte kemiske stoffer dog med størst variation for organisk stof målt som BI_5 og COD. For udløbsvandet fra plantelagunen er der meget markante stigninger over 1. måleår for ammonium-kvælstof, total kvælstof, orthofosfat, total fosfor, BI_5 og COD. Stigningen i koncentrationen er især stor fra marts til august, især tydeligt for ammonium-kvælstof, orthofosfat og total fosfor og knap så meget for total kvælstof og BI_5 . Nitrit/nitrat-N falder i samme perioder markant fra et niveau på ca. 4 mg/l i september 2005 til 1 mg/l i juli 2006.

I lighed med nitrat-kvælstof kan orthofosfat optages af planterne og derfor ville det forventes at koncentrationen af disse stoffer var mindst i planternes vækstsæson om sommeren og størst om vinteren, hvis belastningen af plantelagunen var konstant over året, men koncentrationen i klaringsvandet fra slambassinet har været højest i foråret og sommeren 2006 (figur 17 og 18).



Figur 17 Koncentrationen af ammonium-N, nitrit/nitrat-N og total-N i klaringsvandet fra slambassinet, der løber til plantelagunen på Tingkærvad Dambrug i det første måleår.



Figur 18 Koncentrationen af othofosfat og total fosfor i klaringsvandet fra slambassinet, der løber til plantelagunen på Tingkærvad Dambrug i det første måleår.

7 Overholdelse af udlederkrav

I kapitel 5 godkendelsen for Tingkærvad Dambrug er der opstillet en række udlederkrav i forsøgsperioden (Vejle Amt, 2004). Udlederkravene er i miljøgodkendelsen formuleret som: "Ved vandets passage gennem dambruget må koncentrationen i afløbet ikke overstige nedenstående krav", hvor de angivne udlederkrav er angivet i kapitel 2.3. Overholdelsen af udlederkravene skal i følge kapitel 5 godkendelsen foretages som kontrol på udløbskoncentrationer i afløbet fra dambruget og ikke som normal praksis (og som angivet i modeldambrugsbekendtgørelsen), en koncentrationsforøgelse i forhold til dambrugets indløb (indtagsvandets koncentration). Vejle Amt har stillet krav om, at overholdelse af udlederkravene foretages ved tilstandskontrol for alle 5 parametre på koncentration af stoffer i udløbsvandet efter Dansk Standard 2399 (Dansk Standard, 1999), dvs. som afløbskontrol og med statistisk kontrolberegning som for afløbsdata fra virksamhed.

DS 2239 er imidlertid beregnet til kontrol alene på udledninger, dvs. hvor der ikke er en koncentration i indløb (indtagsvand), hvor udledning fra dambrug bør foretages med udgangspunkt i forskellen i koncentrationen hen over et dambrug dvs. på koncentrationsforøgelsen over dambruget, jf. *Bekendtgørelse for modeldambrug (2002)* og anbefalingerne i faglig rapport nr. 60 fra DMU om "Afløbskontrol fra dambrug" (Larsen og Svendsen, 1998). Endvidere bør kontrollen for f.eks. total-kvælstof og total-fosfor gennemføres som transportkontrol.

Amtet har ikke redegjort for, hvorledes der er kompenseret for at der ikke er tale om koncentrationsforøgelser ved fastlæggelse af kravværdierne, som alene er koncentrationer i afløbet fra dambruget. Til gengæld løser amtet ved at anvende koncentrationer frem for koncentrationsforøgelser i afløbet det problem, der ellers opstår ved selve den statistiske beregning af, om udlederkravene er overholdt med DS 2399. DS 2339 kan nemlig kun anvendes på den faktiske koncentration i udledningerne og ikke på koncentrationsforskelle, fordi der i DS 2339 skal omregnes til logaritmen af koncentrationen. Der kan ikke tages logaritmen af negative koncentrationer, som opstår i de tilfælde hvor indløbskoncentrationen er højere end den i udløbet fra dambruget. Endvidere er logaritmen til differencen mellem to koncentrationer (dvs. $\log(a-b)$) ikke det samme som forskellen mellem logaritmen på de samme to tal (dvs. som $\log(a) - \log(b)$). Det ville derfor ikke være fagligt korrekt at anvende DS 2399 ved udlederkontrol på dambrug, som opererer med forskelskoncentrationer.

I tabel 6 er udlederkontrollen dels beregnet efter DS 2399 og dels som forudsat i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*, dvs. efter Larsen og Svendsen (1998). Det antages at sikkerheden for overholdelse af udlederkravene skal være 95 % (sikkerheden for miljøet) som forudsat i Dambrugsbekendtgørelsen og anbefalet i Pedersen et al. (2003). Sædvanligvis regnes 95 % statistisk sikkerhed for at være temmelig høj.

Kontrol parameter	Kravværdi jf. Miljøgodk. mg l ⁻¹	Udledn. efter DS 2399 mg l ⁻¹	Udledning efter Bekendt. modeldambrug mg l ⁻¹	Teoretiske kravværdier fra Dambrugsbekendtgørelsen mg l ⁻¹
Susp. stof	40,5	2,74	1,81	46,8 (3,0)
NH ₄	5,39	5,09	5,44	6,24 (0,4)
Total-N	8,09	7,24	6,53	9,36 (0,6)
Total-P	0,67	0,60	0,63	0,78 (0,05)
BI ₅	9,44	2,37	1,45	10,9-15,6 (0,7-1,0)

Tabel 6 Kontrol på udledningerne fra Tingkærvad Dambrug (dvs. på de faktiske målte koncentration i udløbet fra dambruget) det første måleår med beregnede statistiske udlederværdier beregnet dels ud fra DS 2399 dels beregnet efter miljøgodkendelsen udlederkrav men som anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998)* dog som tilstandskontrol. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Med kursiv er vist, hvor udlederkravene ikke er overholdt det første måleår. Sidste kolonne er de beregnede udlederkravværdier, hvis dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier (som er angivet i parentes) ganges med forholdet mellem tilladt samlede vandindtag før ombygning (svarende til median minimum opstrøms) og max. vandindtag efter ombygning, dvs. 780 l/s divideret med 50 l/s = 15,6.

Den statistisk beregnede udlederværdi, der sammenholdes med udlederkravet, findes som gennemsnitskoncentrationen i kontrolperioden (her måleår 1) plus spredningen på koncentrationerne i kontrolperioden ganget med en statistisk justeringsfaktor, som beregnes jf. *Larsen og Svendsen (1998)* og *Pedersen et al. (2003)*. Udlederkontrollen modificeret efter kapitel 5 godkendelsen viser, at Tingkærvad Dambrug har overholdt alle udlederkrav i det første måleår, mens der ved beregning efter bekendtgørelsen om modeldambrug er overholdelse for alle parametre på nær ammonium-kvælstof, hvor kontrolværdien er 5,44 mg/l (vist med kursiv) mod kapitel 5 godkendelsens kravværdi på 5,39 mg/l, dvs. en minimal overskridelse. For begge kvælstoffraktioner og total fosfor ligger de beregnede kontrolværdier tæt på kravværdierne, mens de for BI₅ og suspenderet stof ligger langt under.

I tabel 6 er også angivet, hvad kravværdien teoretisk ville blive efter Dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier, såfremt hele reduktionen i vandindtaget sammenlignet med før ombygningen til et modeldambrug, blev godskrevet dambruget. Det findes ved at gange en faktor 15,6 på Dambrugsbekendtgørelsens udlederkravværdier, hvor faktoren findes som forholdet mellem tidligere samlede vandindtag på 780 l/s (som i øvrigt svarer til medianminimum opstrøms Tingkærvad Dambrug) for de tre dambrug som indgår som grundlag for kap. 5 godkendelsen til at ombygge Tingkærvad Dambrug til et model 3 dambrug og det tilladte vandindtag efter ombygning på 50 l/s. I så fald ville Tingkærvad Dambrug overholde alle udlederkrav.

Det fremgår i øvrigt, at for alle stoffer har amtet i miljøgodkendelsen fastlagt kravværdierne ca. 14 % lavere end de teoretiske kravværdier efter dambrugsbekendtgørelsen, dvs. hvis der blev givet fuld kompensati-on for reduktionen i vandindtaget. Amtet har dog valgt, at der alene laves kontrol på koncentrationer i afløbet fra dambruget og dermed forudsætter at koncentrationerne i indtagsvandet er 0, hvilket ikke er tilfældet.

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag:

Ifølge den førte driftsjournal har foderforbruget i det første måleår været på i alt 279,8 tons. Der er beregnet en produktion på 312,3 tons fisk (inkl. døde), dvs. med en foderkvotient i produktionsanlægget på 0,896. I kapitel 3.2 er redegjort for beregning af produktionsbidraget som fremgår af tabel 7 med antagelse om 1 % foderspild.

Produktionsbidrag	NH ₄ -N	Total-N	Total-P	BI ₅	COD
l kg	10.291	12.120	1.504	19.008	63.359
l kg pr. tons foder	36,8	43,3	5,4	67,9	226
l kg pr tons fisk	33,0	38,8	4,8	60,9	203

Tabel 7 Beregnede produktionsbidrag for det første måleår på Tingkærvad Dambrug opgjort i kg, kg pr. tons foder og kg. pr. tons produceret fisk.

Produktionsbidraget vil være underestimeret, da der er anvendt det normalt foreskrevne standardindhold af kvælstof og fosfor i fisk på henholdsvis 3 % og 0,5 % i beregningerne heraf. I rapporten for 2. måleår vil mere præcise indhold i dambrugets relevante produktion blive anvendt til beregningen.

8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof der fjernes i forskellige dele af dambruget bestemmes de stofmængder, der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget. Der opstilles massebalancer hen over f.eks. de to produktionsenheder, plantelagunen, slambassinet, over hele dambruget m.v. En stofmængde er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelkoncentration. Vandmængderne måles som beskrevet i kapitel 2 kontinuert i en række målepunkter for hvilke der er beregnet en døgnmiddel vandmængde. De døgnlige stofkoncentrationer er fundet ved lineær interpolation mellem de målte døgnmiddelkoncentrationer fra prøvetagning af vandkemiske prøver hver 14. dag. Stofmængderne forskellige steder på dambruget fremgår af tabel 8.

De to kilder til stofinput dels fra en boring og fra tre kildevæld (indtagsvandet = I) og dels med foder (produktionsbidraget = P) ses som stofbidrag fra slamkegletømning i de to produktionsanlæg, returskylning af biofiltre i disse samt via de forøgede stofmængder, der løber ud af de to produktionsanlæg og fra slambassinet med klaret slamvand til plantelagunerne ift. indtagsvandet.

Som omtalt i kapitel 5.3 tilføres der netto knap 22 % vand hen over dambruget i det første måleår og kan tilskrives en indsvivning til plantelagunen af en del af det vand, der nedsives fra sættefiskeanlægget og/eller en tilstrømning af vældvand/øvre grundvand til denne. Den vand-

mængde, der tilføres og afledes fra slambassiner er der større usikkerhed på end de øvrige målte vandmængder. Det skyldes bl.a., at der kun tilføres vand i kortere perioder til slambassinet, således at beregningerne er afhængige af tidsangivelser af hvornår pumper fra slambrønde til slambassiner har kørt.

	Vandmæng. 1000m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ -N kg	Total - N kg	Ortho - P kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagsvand (I)	1.134	1.640	52	715	1.023	36	69	1.125	5.393
Produktionsbidrag (P)	-	-	10.291	-	12.120	-	1.504	19.008	63.359
Samlet stofinput (I+P)	1.134	1.640	10.343	715	13.144	36	1.573	20.132	68.752
Slamkegler fra 2 produktionsanlæg		41.117	150	3	1.081	156	737	18.917	49.722
Biofilterskyl fra 2 produktionsanlæg		8.424	71	21	472	6	165	3.115	9.396
Tilført slambassin i alt	22	49.541	221	24	1.553	162	901	22.032	59.119
Afløb 2 produktionsanlæg + fra leveredam	1.040	8.562	4.463	3.402	9.768	200	385	6.730	25.473
Klaringsvand fra slambassin	17	3.093	574	3	782	155	230	3.378	7.837
Tilført plantelagune	1.057	11.655	5.037	3.405	10.550	355	615	10.107	33.310
Udløb dambrug	1.289	3.160	5.610	2.034	8.422	489	681	2.768	17.814

Tabel 8 Beregnede samlede stofmængder i første måleår ved forskellige målesteder på Tingkærvad Dambrug. I = stofmængder i indtagsvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen. Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. Det gennemsnitlige vandindtag har været 37,2 l/s.

I modsætning til de fleste gennemstrømningsanlæg giver produktionsbidraget på Tingkærvad Dambrug lang større stoftilførsel end vandindtaget, der står fra 1 til ca. 8 % af stofbidraget for de kemiske parametre.

Den største stoftilførsel til plantelagunen er for alle stoffer størst fra de to produktionsanlæg, men klaringsvandet fra slambassinet giver et betydeligt bidrag af suspenderet stof, organisk stof (BI₅ og COD) og fosfor. En større del af det stof, der egentligt er tilbageholdt og overført til slambassinet, tilbageføres således til plantelagunerne og udledes eventuelt. Det bemærkes også, at plantelagunerne frafører mere fosfor end der tilføres og det er opløst fosfor som der sker en netto tilførsel af over plantelagunen. Dette må skyldes, at der sker enten en frigivelse af opløst fosfor fra sedimentet på bunden af de tidligere damme og bundfældningsbassiner og/eller en tilførsel med den ekstra vandmængde, der indsiver til plantelagunen via kildevæld og/eller fra nedsivningsvand fra sættefiskeanlægget.

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensegrader

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over del-elementerne i produktionsanlæg, plantelagune m.v. Rensegraden beregnes ud fra to beregningsmetoder. Rensegraden R_N for en given kemisk variabel er bestemt ud fra anvisningen i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)*, som

$$R_N (\%) = ((P - U_N) / P) * 100, \text{ hvor} \quad (1)$$

P = produktionsbidraget

U_N = dambrugets nettoudledning, dvs. målte udledning U_M minus I = input fra indtagsvand (boringer).

Denne metode kan kaldes nettorensesegraden, som svarer til at stoftilbageholdelsen over hele dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af produktionsbidraget P for det samme stof, dvs.

$$R_N (\%) = S_N / P * 100$$

Endvidere beregnes en bruttorensesegrad R_B hvor stoftilbageholdelsen over dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af den samlede stoftilførsel dvs. ift. produktionsbidraget P plus stofbidraget fra indtagsvand (I), dvs.

$$R_B (\%) = (S_N / (I + P)) * 100 \quad (2)$$

Brug af ovenstående formler forudsætter at vanindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket er opfyldt for Tingkærvad Dambrug, der i første måleår i gennemsnit har 4,7 % af Vejle Å's medianminimumsvandføring på 780 l/s på strækningen opstrøms dambruget.

9.2 Rensegrader over hele dambruget

Målinger og beregninger for det første måleår viser at nettorensesegraden (R_N) (tabel 7) har været 39 % for total kvælstof (N), 59 % for total fosfor (P) og 91 % for organisk stof udtrykt som BI_5 , hvilket er højere end eller næsten lig med forudsætningerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug for total-kvælstof og organisk stof. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 11 %, 60 % og 75 % for de tre kemiske variable for et type III modeldambrug uden mikrosigter. For total fosfor opfyldes bekendtgørelsen netop ikke. For total-kvælstof skal der til de 11 % dog tillægges, at plantelagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr dag pr m^2 , dvs. 365 g pr. m^2 pr. år eller med de forudsatte 4.780 m^2 plantelagune, 1748 kg total kvælstof pr. år. Omregnet

svarer dette til at nettorensgraden for kvælstof mindst skal være 25 %, hvilket til fulde er opfyldt.

I de beregnede rensegrader indgår det stof, som tilføres med det vand der tilføres hen over plantelagunen via indsivning fra kildevæld og /eller nedsivningsvand fra sættefiskeanlægget. Såfremt der var muligt at kvantificere denne stoftilførsel og fratrække denne, ville rensegraderne over hele dambruget og specifikt over plantelagunen blive beregnet højere. Det er ikke muligt ud fra måleprogrammet at kvantificere stofinput med indsvivende vand til plantelagunerne.

Man skal være opmærksom på, at for modeldambrugene under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger således at det er den forventede rensegrad for fosfor, der har bestemt den tildelte foder-mængde. Det betyder, at dambruget skal op omkring en rensegrad på ca. 60 % for total kvælstof for efterfølgende at kunne opfylde rensegraderne ift. det tildelte foderforbrug.

Selv om rensegraden for total kvælstof er højere end forudsat i modeldambrugsbekendtgørelsen kan de reducerede kravværdier på 14 % ift. dambrugsbekendtgørelsen ved fuld kompensation for det reducerede vandindtag , det tilførte kvælstof med det indsvivende vand til plantelagunen samt det forhold, at plantelagunen er ca. 15 % mindre end forudsat i godkendelsen, forklare at udlederkravene for ammonium- og total kvælstof ved tilstandskontrol af udledninger efter DS2399 kun lige er overholdt og netop lige ikke kan overholdes for ammonium-kvælstof ift. udlederkontrol efter bekendtgørelsen om modeldambrug. Dette gælder med den beregnede nettorensgrad på 46 % for ammonium-kvælstof.

Der er ikke udregnet rensegrader for suspenderet stof, da det ikke giver mening at beregne et produktionsbidrag for suspenderet stof.

Forskellen mellem netto- og bruttorensgraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af produktionsbidraget. Det har mindst betydning for ammonium-kvælstof, hvor de to mål for rensegrader er næsten ens og størst for organisk stof hvor bruttorensgraden er 5-6 procentpoint lavere end nettorensgraden.

I tabel 9 er der endvidere angivet en stofudledning i g pr. kg produceret fisk beregnet både ift. den faktiske udledning fra dambruget (brutto) og ift. nettoudledningen fra dambruget det første måleår (netto). De tilsvarende tal for netto stofudledninger pr. gram produceret fisk for Døstrup Dambrug (Fjorback *et al.*, 2003) var:

- $\text{NH}_4\text{-N}$: 4-6 g pr kg. produceret fisk
- Total N: 5-11 g pr. kg produceret fisk
- Total P: 2 g pr. kg produceret fisk
- BI_5 : 20-28 g pr. kg produceret fisk.

Sammenlignet med tallene fra Døstrup udleder Tingkærvad Dambrug tre gange så meget ammonium-kvælstof og 3-4 gange så meget total

kvælstof pr. kg produceret fisk, mens nettoudledningen af organisk stof kun er på en 1/5 del og total fosfor på niveau med Døstrup Dambrug.

	Vandmængde 1000 m ³	NH ₄ -N kg	Total -N kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD Kg
Indtagsvand (I)	1.134	52	1.023	69	1.125	5.393
Produktionsbidrag (p)	0	10.291	12.120	1.504	19.008	63.359
Samlet stofinput (I+P)	1.134	10.343	13.144	1.573	20.132	68.752
Målte udledninger fra dambruget (Um)	1.289	5.610	8.422	681	2.768	17.814
Netto udledning Un (Um-I)		5.559	7.398	612	1.644	12.420
Nettorensgraden R _N (%) jf. formel 1		46	39	59	91	80
Bruttorensgraden R _B (%) jf. formel 2		46	36	57	86	74
Stofudledning netto i g pr kg produceret fisk		17,8	23,7	2,0	5,3	39,8
Stofudledning brutto i g pr kg produceret fisk		18,0	27,0	2,2	8,9	57,0

Tabel 9 Beregnede udledninger til Vejle Å og rensgrader over Tingkærvad Dambrug for første måleår, ud fra henholdsvis samlede stofinput til dambruget (brutto) og ud fra produktionsbidraget (netto). Endvidere er stofudledningerne beregnet brutto og netto ift. mængde produceret fisk.

9.3 Rensgrader over produktionsanlægget og over plantelaguner

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensgrader over produktionsanlægget (tabel 10) og over plantelagunerne (tabel 11). Produktionsbidraget er det samlede produktionsbidrag vedr. det anvendte foder i første måleår.

Stoffjernelsen i de to produktionsanlæg er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne og biofiltrene og som føres over i slambassinene. Det dækker endvidere også en evt. omsætning af stof som giver anledning til et stoftab i de to produktionsanlæg samt i biofiltrene (og evt. i slamkeglerne). Stoffjernelsen i de to produktionsanlæg er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlæggene via friskvandsindtaget og produktionsbidraget minus det stof, der er målt løbende fra produktionsanlæggene til plantelagunen.

For plantelagunerne beregnes stoftilbageholdelsen som forskellen mellem det stof, der tilføres fra de to produktionsanlæg og klaringsvandet fra slambassinet minus det stof som løber ud fra dambruget (afløb plantelaguner).

Rensgraderne er i tabel 10 og 11 beregnet på to måder:

- stoffjernelse i procent af stoftilførslen til produktionsanlægget (tabel 10) og til plantelagunerne (tabel 11)
- stoffjernelse i procent af det samlede produktionsbidrag (tabel 10 og 11)

For plantelagunerne beregnes stoffjernelse endvidere i procent af den samlede stoftilførsel til dambruget (dvs. i procent af I + P fra tabel 9)

Produktionsanlæg (inkl. slambassin)	Vand- mængde 1000 m ³	Susp. stof kg	NH ₄ -N kg	Total-N kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagsvand i alt (I)	1.133.760	1.640	52	1.023	69	1.125	5.393
Produktionsbidrag (P)	0	0	10.291	12.120	1.504	19.008	63.359
Samlet stofinput	1.133.760	1.640	10.343	13.144	1.573	20.132	68.752
Tilført plantelagune	1.057.006	11.655	5.037	10.550	615	10.107	33.310
Stoffjernelse over produktionsanlæggene		10.015	5.306	2.594	957	10.025	35.442
Stoffjernelse i % af samlet input til dambrug (a)			51	20	61	50	52
Stoffjernelse i % af produktionsbidraget (b)			52	21	64	53	56
Stoffjernelse i slamkegler		41.117	150	1.081	737	18.917	49.722
Stoffjernelsen i slamkegler i % af input til dambruget		2.507	1	8	47	94	72
Stoffjernelsen i slamkegler i % af produktionsbidrag			1	9	49	100	78
Stoffjernelse i biofiltre		8.424	71	472	165	3.115	9.396
Stoffjernelsen i biofilter i % af input til dambrug		514	1	4	10	15	14
Stoffjernelsen i biofilter i % af produktionsbidrag			1	4	11	16	15
Stoftilførsel til slambassin	22.075	49.541	221	1.553	901	22.032	59.119
Stoffjernelse med klaringsvand	17.261	3.093	574	782	230	3.378	7.837
Tilbageholdelse i slambassin		46.447	-353	772	671	18.655	51.281
Stoftilbageholdelsen i slambassin i % af tilførslen		94	-160	50	74	85	87
Stoftilbageholdelsen i % af input til dambruget			-3	6	43	93	75
Stoftilbageholdelsen i % af produktionsbidrag			-3	6	45	98	81
Som (a) men reguleret for stoftab med klaringsvand			46	14	46	33	40
Som (b) men reguleret for stoftab med klaringsvand			46	15	48	35	44

Tabel 10 Stoffjernelse over de to produktionsanlæg og de tilhørende rensegrader for det første måleår ved Tingkærø Dambrug for kemiske variable. Rensning i leveredam er medregnet. Det tilsyneladende vandtab over de to produktionsanlæg skyldes at en del af friskvandsindtaget tilsyneladende bruges i sættefiskeanlægget, der ikke er en del af modeldambrugets og hvis udledninger nedsives. Se tekst for nærmere forklaring.

For produktionsanlæggene er stoffjernelsen desuden blevet beregnet som angivet i de to punkter ovenfor, men hvor der er modregnet for at en større del af det stof, der overføres til slambassin via tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre, efterfølgende ledes til plantelagunen sammen med klaringsvandet fra slambassin. Dette stof er dermed reelt ikke blevet fjernet. Dette er dermed et mål for netto stoffjernelsen i slamfælder og biofiltre (og ved en evt. egenomsætning), mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelsen/omsætningen i slamfælder og biofiltre (hvad de har tilbageholdt/fjernet og ført over i slambedene før stoftabet fra disse). Jo bedre man bliver til at reducere stofmængderne i klaringsvandet, des tættere vil netto og brutto tallene komme på hinanden og desto større reel rensning vil renseforanstaltningerne i produktionsanlæggene kunne præstere. Samtidig vil plantelagunerne skulle tilbageholde mindre stof og udledninger kan antages at blive reduceret.

Stoftilbageholdelsen i slamkegler og biofiltre er beregnet ud fra gennemsnittet af stofmængderne på de dage hvor DMU har taget prøver. Antal

og omfang af tømninger og skylninger af biofiltre og slamkegler er beregnet ud fra dambrugets opgørelser og ekstrapoleret til hele måleåret. På baggrund af disse estimater er der opstillet en massebalance over slambassinet (figur 19). Der er naturligvis nogen usikkerhed forbundet med et sådant estimat. Dette ses bl.a. af, at estimatet viser at henholdsvis 93 og 75 % af det samlede input til dambruget af BI_5 og COD tilbageholdes i slambassinet, samtidig med at de noget mere sikre beregninger over hele produktionsanlægget angiver at 50 % af BI_5 og COD indholdet bliver ført videre til plantelagunen.

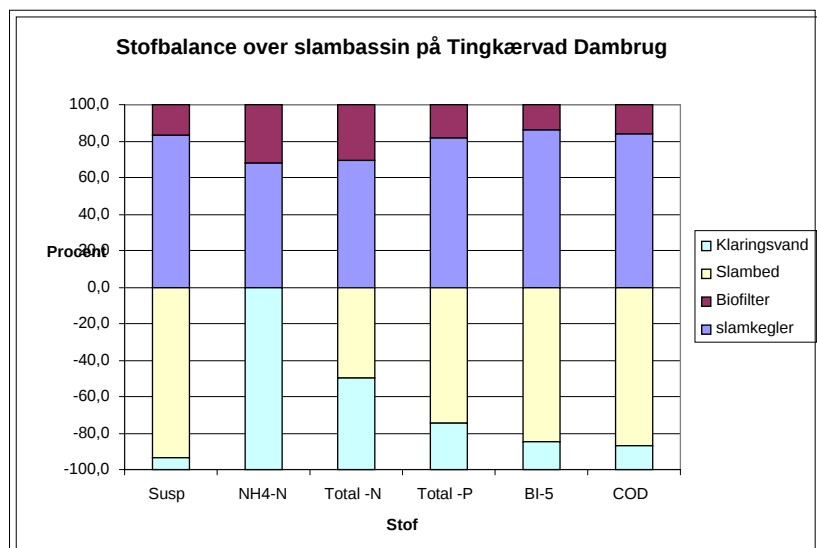
Tilførslen fra tømning af slamkegler og biofiltre indgår på plussiden af stofbalancen og stoffjernelsen via klaringsvandet indgår på negativsiden. Differensen repræsenterer tilbageholdelsen i slambassinet.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per m^2 plantelagune pr. dag for at kunne sammenligne med andre dambrug (tabel 11).

Ved sammenligning af resultaterne i tabel 10 og 11 skal man være opmærksom på, at stof, der fjernes i produktionsanlægget og ikke senere tilføres plantelagunerne via klaringsvandet fra slambassinerne ikke også kan fjernes i plantelagunerne. Det betyder, at plantelagunerne sandsynligvis kunne fjerne mere af nogle stoffer end de faktisk gør, hvis de blev belastet hårdere.

Det fremgår, at der tilsyneladende er et mindre vandtab over produktionsenhederne, men som omtalt i kapitel 5 hænger det sandsynligvis sammen med at der af friskvandet går en mindre andel (ca. 4 l/s) til sæt-tefiskeanlægget. Umiddelbart fjernes mellem 50 og 60 % af stofinputtet i produktionsanlæggene ift. ammoniak, total fosfor og organisk stof (BI_5 og COD) og en anelse højere andele, hvis stoffjernelsen beregnes ift. produktionsbidraget. Til gengæld er stoffjernelsen af total-kvælstof betydeligt lavere (21 % af produktionsbidraget).

Skal man reelt vurdere stoffjernelsen i produktionsanlæggene og sammenligne med betydningen af den tilsvarende stoftilbageholdelse i plantelagunerne skal der imidlertid tages højde for, at en væsentlig del af det stof, der er ført over i slambassinerne ved returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler, efterfølgende udledes til plantelagunerne med klaringsvandet. Af det tilførte stof i slambassinet returneres 50 % af total kvælstof, 26 % af total fosfor men kun 13-15 % af det organiske materiale til plantelagunen (figur 19). Stoffjernelsen over produktionsanlæggene reduceres hermed reelt til henholdsvis 46 % af ammonium kvælstof, 15 % total kvælstof, 48 % total fosfor, 35 % BI_5 og 44 % COD. En meget stor del af det suspenderede stof (94 %) tilbageholdes i slambassinet (figur 19). For ammonium-kvælstof udledes der ca. 1,6 gange så meget til plantelagunen som der kommer ind i slambassinet, idet bl.a. nitrat-kvælstof omsættes til ammonium-kvælstof under de iltfattige forhold i slambassinet. Det er især partikler med tilhørende stoffer, som der er en høj tilbageholdelse af i slambassinet (figur 19).



Figur 19 Stofbalance over slambassin på Tingkærvad Dambrug. Input til slambassin er beregnet som summen af de enkelte bidrag fra skylning af biofiltre og slamkegler. Det samlede input til slambassin er sat til 100 % og er angivet som positive værdier. Tilsvarende er summen af tilbageholdelsen og fraførelsen (klaringsvandet til plantelagunen) sat til 100 % på negativsiden af skalaen. Tilbageholdelsen i slambassin er beregnet som summen af input til slambassin minus fraførelsen med klaringsvandet. Ammonium bliver produceret i slambassin og der føres i virkeligheden 160 % bort sammenlignet med tilførslen af ammonium-kvælstof med klaringsvandet, men af grafiske årsager er den sat til -100 %.

Fjernelsen af ammonium i produktionsenhederne er et udtryk for at dette omdannes til nitrat. Dermed fjernes der ikke kvælstof, men der sker i stedet en tilførsel af nitrat til plantelagunerne. Nitraten kan optages i planter eller omsættes til frit kvælstof, hvis der er slam på bunden af plantelagunen med let-omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold.

Vandbalancen over plantelagunerne viste, at der netto tilføres 22 % ift. afløbet fra de to produktionsenheder og tilført klaringsvand. Dette kan komme fra væld i bunden af de enkelte damme og bundfældningsbassin som plantelagunen består af og ved indsivning af en del af det vand, der nedsives fra sættefiskeanlægget. I tabel 11 er der ikke taget højde for, at der med denne ekstra vandtilførsel givet også tilføres opløste stoffer som ammonium, nitrat, opløst fosfor og opløst organisk stof. Såfremt der ikke tages højde for dette tilbageholdes/fjernes der af tilførslen til plantelagunen ca. 2/3 af suspenderet stof og BI5, 50 % af COD og 20 % af kvælstof. Til gengæld viser beregningen, at der skulle være en nettofrigivelse af total fosfor (-11%) over plantelagunen. Dette kan dels komme fra frigivelse af opløst fosfor fra sedimentet i bunden af de gamle jorddamme og bundfældningsbassin, man antages primært at kunne tilskrives det opløste stof, der følger med indsivende vand i plantelagunen.

Derfor er der opsat en ny stofbalance over plantelagunen hvor stofmængden i vand der indsiver, indgår som en ekstra kilde til plantelagunen. For at få et minimumsestimat for mængden af det stof der følger med indsivningsvandet er anvendt gennemsnitlige koncentrationer fra indtagsvandet til Tingkærvad Dambrug og beregnet korregerede tilbageholdelses procenter (med kursiv i tabel 11)

Plantelagune	Vand- mæng. 1000 m ³	Susp. stof kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ - N kg	Total -N kg	Ortho P kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Tilført plantelagune i alt (a)	1.057.006	11.655	5.037	3.405	10.550	355	615	10.107	33.310
Udløb dambrug	1.289.291	3.160	5.610	2.034	8.422	489	681	2.768	17.814
Tilbageholdelse i plantelagune	-232.285	8.495	-574	1.371	2.128	-134	-66	7.339	15.496
Tilbageholdelse i plantelagune i % af samlet tilførsel (a)	-22	73	-11	40	20	-38	-11	73	47
Tilbageholdelse i plantelagune i % af produktionsbidraget (b)		-	-6	-	18	-	-4	39	24
Tilbageholdelse i % brutto input dambrug (c)		-	-6	-	16	-	-4	36	23
Tilbageholdelse g pr. m ² pr dag (4060 m ²) (d)		5,73	-0,39	0,93	1,44	-0,09	-0,04	4,95	10,5
Som (a) men inklusiv estimat for indsvivning	0	74	-11	43	22	-35	-8,1	73	48
Som (b) men inklusiv estimat for indsvivning		-	-6	-	19	-	-3,4	40	26
Som (c) men inklusiv estimat for indsvivning		-	-6	-	18	-	-3,2	38	24
Som (d) men inklusiv estimat for indsvivning		5,94	-0,38	1,01	1,56	-0,09	-0,03	5,11	11,2

Tabel 11 Beregnet stoftilbageholdelse/-fjernelse over plantelagunen på Tingkærvad Dambrug og de tilhørende rensegrader for de kemiske variable. Den samlede tilførsel til plantelagunen består af afløbsvand fra de to produktionsanlæg og klaringsvand fra slambassinnet. I kursiv de tilsvarende tilbageholdelser, men hvor der er medregnet et estimeret minimuminput af stoffer via indsvivende vand til plantelagunerne.

Med en korrektion for minimums stofindhold i indsvivende vand til plantelagunen bliver nettotilførselsen af total fosfor "kun" ca. 8 %. Dette er stadig ikke realistisk, da der vil ske en sedimentering / aflejring af partikler med fosfor i plantelagunen og et vist optag af opløst fosfor i planterne. Det tyder på, at – i hvert fald en del af - det vand, der nedsives fra sættefiskeanlægget siver til plantelagunerne og kan have ret høje stoffkoncentrationer. Den samlede stoftilførsel til plantelagunen er derfor underestimeret, men der kan ikke på basis af målingerne fra det første måleår vurdere med hvor meget. Såfremt stoftilførslen til plantelagunen er undervurderet vil rensegraderne også være det. Der vil i statusrapporten for 2. måleår blive vurderet mere omkring denne problemstilling ved at inddrage målinger på afløb fra sættefiskeanlæg.

Ammoniumfrigørelsen på 11 % kan delvist forklares ud fra forskydninger i kvælstofpuljerne samt den omtalte underestimerede stoftilførsel til plantelagunen. Der omsættes/tilbageholdes meget let-omsætteligt organisk stof (73 % af tilført BI₅), mens tilbageholdelsen af det tilført COD er noget lavere, godt 48 %.

For total kvælstof er rensegraden af produktionsbidraget den samme for plantelagunen som over produktionsanlægget (ca. 20 %) . Det samme er tilfældet med BI₅ med rensegrader på henholdsvis 50 og ca. 40. For COD er det ca. det halve i plantelagunen. For de øvrige stoffer er det ikke muligt at sammenligne direkte mellem renseeffektiviteten.

Udtrykkes stoffjernelsen ift. overfladearealet i plantelagunen fås ca. 1,5 g N pr. m² pr. døgn for total kvælstof, hvilket er over forudsætningen for modeldambrugene på 1,0 g pr. m² pr. døgn (fastlagt på baggrund af målinger på Døstrup Dambrug, der gav 0,9-1,4 g N pr. m² pr. døgn - *Fjorback et al., 2003*). For ammonium-kvælstof og total-fosfor er der ikke beregnet nogen nettotilbageholdelse i plantelagunen på Tingkærvad og dermed er værdien lavere end hvad der målte på Døstrup Dambrug. Til gengæld tilbageholdes dobbelt så meget BI₅ i plantelagunen på Tingkær-

vad Dambrug som på Døstrup Dambrug, hvor tilbageholdelsesraterne var:

- 0,16 - 0,29 g NH₄-N pr. m² plantelagune pr. døgn
- 0,9-1,4 g N pr. m² pr. døgn
- 0,03 – 0,07 g fosfor pr. m² plantelagune pr. døgn
- 1,8- 2,5 g BI₅ pr. m² plantelagune pr. døgn

På Døstrup Dambrug var der ikke nogen nettoindsivning af vand til plantelagunerne af betydning.

9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget

I dette afsnit sættes summen af stoffjernelse forskellige steder på dambruget til 100 % for direkte at kunne sammenligne:

- Stoffjernelsen over produktionsanlæggene, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 12) og ikke tages højde for det (figur 20)
- Stoffjernelsen over plantelagunen
- Stoftilførslen til vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Vejle Å ved udløb fra dambruget

I tabel 12 findes værdierne ved:

$$\text{Samlet nettostoffjernelse} = (PA_s - KV_s) + PL_s + VL_s, \text{ hvor} \quad (3)$$

PA_s = stoffjernelse over produktionsanlægget brutto, dvs. uden kompensation for stoftab fra slambassiner med klaringsvandet

KV_s = stoffjernelse med klaringsvandet fra slambassinerne

PL_s = stoffjernelse over plantelagunerne

VL_s = stoffjernelse fra dambruget til vandløbet via udløbet fra dambruget

Idet den samlede nettostoffjernelse sættes til 100 % beregnes de tre andre størrelser i ligning 3 som procent af den samlede nettostoffjernelse.

I figur 20 er ligning 3 ændret til:

$$\text{Samlet bruttostof} = PA_s + PL_s + VL_s \quad (4)$$

og det samlede bruttostoffjernelse er sat til 100 %. En del af det stof der fjernes i produktionsanlægget ved overførsel til slambassinerne tabes igen med klaringsvandet, og denne andel er vist som en negativ fjernelse i figur 20.

Nettostoffjernelsen over produktionsanlæggene (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet) viser, at den samlede stoffjernelse over dambruget er godt 60 % hvad angår total-fosfor og ca. 50 % for ammonium-kvælstof, og organisk stof. Produktionsanlæggene er den vigtigste renseforanstaltning for disse stoffer. Til gengæld er det kun ca. 20 % af total kvælstof der omsættes/fjernes netto i produktionsanlæggene (tabel 12). Plantelagunerne fjerner relativt mest organisk stof, men som nævnt er tilførslen af stof til plantelagunen antageligt underestimeret, således at den faktiske stoffjernelse er højere. For total kvælstof ender knap 2/3 og for ammonium-kvælstof godt halvdelen af det tilførte stof til dambruget i vandløbet. Vandløbet modtager ligeledes en stor andel af total fosfor (43 %), men sandelen ift. organisk stof er lav, ca. 14 %.

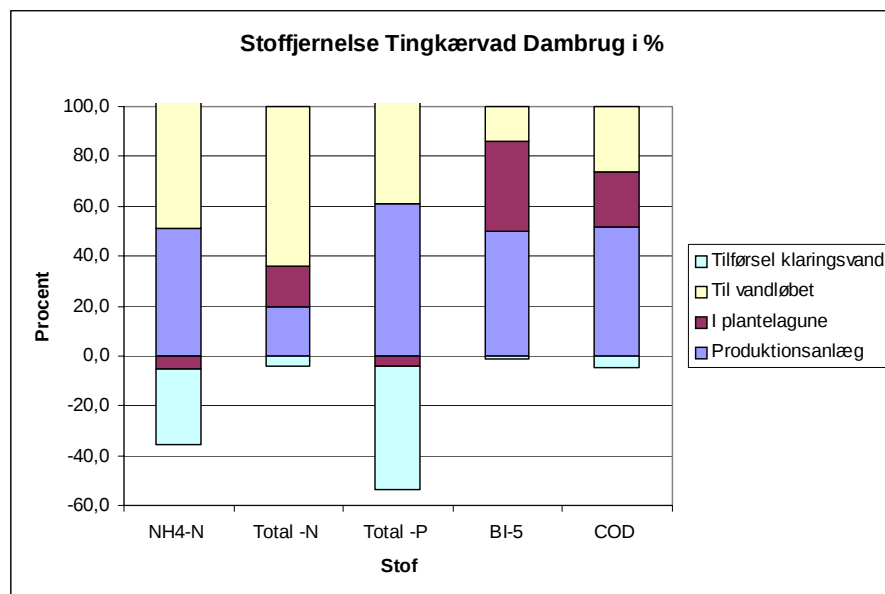
Samlet viser tabel 12, at det er i forhold til kvælstof fortsat er potentiale for øget stoffjernelse på dambruget/yderligere renseforanstaltninger. Den relative lave kvælstoffjernelse og den negative fosforfjernelse i plantelagunen kan delvist tilskrives underestimerede tilførsler hertil.

	NH ₄ -N (%)	TN (%)	TP (%)	BI ₅ (%)	COD (%)
Produktionsanlæg – klaringsvand (PA_s – KV_s)	51,3	19,7	60,9	49,8	51,6
I plantelagune (PL_s)	-5,5	16,2	-4,2	36,5	22,5
Til vandløb (VL_s)	54,2	64,1	43,3	13,8	25,9
Samlet fjernelse	100	100	100	100	100

Tabel 12 Sammenligning af stoffjernelse over produktionsanlæggene - netto (dvs. hvor der er taget højde for det stof, der løber med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunerne og stoftilførsel til vandløb. Tal fra tabel 10 og 11 for Tingkærø Dambrug i malleår 1.

Tabet med klaringsvandet er ret betydeligt, især hvad angår total fosfor og ammonium-kvælstof, hvor det udgør henholdsvis knap 50 og 30 % af den samlede stoffjernelse over dambruget (figur 20), mens det kun er en mindre andel af total kvælstof og organisk stof, der føres med klaringsvandet videre til plantelagunen. Det forekommer ikke hensigtsmæssigt, at så stor en andel af stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler og biofiltre og ført over i slambassiner, umiddelbart herefter mobiliseres og ledes tilbage til plantelagunen.

Figur 20 viser det store potentiale, der er for stoffjernelse i produktionsanlæggene især ift. ammonium og total fosfor, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet af f.eks. total nitrat, opløst fosfor og organisk stof kvælstof efterfølgende fjernes i plantelagunen, dvs. den absolutte stoffjernelse i disse kan blive reduceret ved en lavere belastning.



Figur 20 Stoffjernelse i Tingkærvad Dambrug i det første måleår. Summen af stof, fjernet i produktionsanlægget, over plantelagunerne samt tilført vandløbet er sat til 100 %. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er vist som brutto tilført slambassinerne, men da der bliver tilbageført stof med klaringsvandet til plantelagunerne er dette bidrag vist som en negativ stoffjernelse.

10 Vandløbsfauna

Der foretages indsamling af smådyrfaunaen med henblik på en biologisk vurdering af tilstanden på tre stationer i Vejle Å. Indsamling og resultatbehandling følger retningslinierne i *Miljøstyrelsen (1998)*. Den opstrøms station er beliggende opstrøms for både Tingkærvad Dambrug og Kobbervæk Dambrug. Nedstrøms for Kobbervæk Dambrugs udløb, og ca. 25 meter opstrøms for udløbet fra Tingkærvad Dambrug er den midterste station beliggende. Den tredje station ligger ca. 100 meter nedstrøms for udløbet fra Tingkærvad Dambrug.

10.1 Fysiske forhold i Vejle Å

Strækningen, hvor faunaprøven tages opstrøms for Tingkærvad Dambrug, er omgivet af skov og natureng. Strækningen er delvis lysåben. Vandløbet er 5-7 m bredt med en middeldybde på ca. 0,5 meter. Strømmen er god over en varieret vandløbsbund med høller og stryg. Der er partier med grus samt enkelte områder med sten. Bunden er dog domineret af sand. Grøden udgør i sommerperioden ca. 40-50 % dækning. Strækningens fysiske indeks har ligget mellem 32-41, svarende til god fysisk kvalitet (*Pedersen et al. 2006*).

Den midterste station ligger lysåben. Vandløbet er her 4-5 meter bredt med en middeldybde på 0,6-0,8 meter. Dybden er dog afhængig af omgrøden er skåret. Der er udvikling af høller og stryg. Vandløbsbunden er stort set domineret af sand, men med enkelte partier af fint grus. Dele af vandløbsbunden er dog noget blød. Vandløbets vegetation er relativt veludviklet og kan udgøre op til 60-70 % dækning. Strækningens fysiske indeks har ligget på 26, svarende til moderat fysisk kvalitet.

Stationen nedstrøms for Tingkærvad Dambrug ligger delvist lysåben med natureng på den ene side og med elleskov på den anden side. Vandløbet er 4-7 meter bredt, med bundforhold der næsten helt er domineret af sand. Stedvis er der dog ganske lidt fint grus. Dybden er ca. 0,5-0,6 meter. Der er udviklet høller og stryg, men sandbunden er stedvis noget blød. Vandløbets vegetation udgør i sommerperioden 50-60 % dækning. Strækningens fysiske indeks har ligget mellem 24-29, svarende til moderat fysisk kvalitet.

10.2 Smådyrfauna

Der er i alt registreret 64 forskellige taxa fra de tre stationer i Vejle Å udført af DMU i december 2004, september 2005 og juni 2006. De artsrigeste grupper har været vårfluer og slørvinger med henholdsvis 16 og 7 arter. Herefter fulgte snegle, biller og dansemyg med 5 arter/taxa. Dansemyg er dog kun bestemt til overordnede taxa, og gruppen indeholder således væsentlig flere arter. Ferskvandstangloppen *Gammarus pulex*, døgnfluer af slægten *Baetis* og dansemyg fra grupperne Orthoclaadiinae og Tanytarsini har været talrigt forekommende ved alle tre prøvetagninger. I modsætning hertil har børsteorme Oligochaeta, vandbænkebidderen *Asellus*

aquaticus og kvægmyg Simuliidae været hyppige i 2004 og 2005, men er herefter blevet betydeligt mere fåtallige i juni 2006. Ovennævnte 6 fauna-grupper udgør samlet 94,3 % af det totale individantal i prøverne fra december 2004 til juni 2006. En række rentvandsarter er fundet fåtalligt i prøverne. Dette gælder sneglen *Ancylus fluviatilis*, slørvingerne *Brachyptera risi*, *Amphinemura standfussi* og *Leuctra spp.*, billen *Elmis aenea* og vårfluerne *Rhyacophila spp.*, *Silo pallipes* samt *Sericostoma personatum*. Den eneste rentvandsart der er fundet forholdsvis talrigt er døgnfluen *Seratella ignita*, der optræder relativt hyppigt i prøver fra sommerperioden. Alt i alt må faunaen på alle tre stationer i Vejle Å betragtes som domineret af forureningstålende arter, og de mest udprægede rentvandsarter er kun fundet yderst fåtalligt.

Hen gennem perioden december 2004 til juni 2006 er der sket et skift i faunasammensætningen, idet børsteorme Oligochaeta, vandbænkebidderen *Asellus aquaticus* og kvægmyg Simuliidae er blevet markant mere fåtallige i vandløbet. Dette gælder både op- og nedstrøms for Tingkærvad Dambrug. *Asellus aquaticus* var dog fortsat talrig i juni 2006 nedstrøms for Tingkærvad Dambrug.

Tilstanden udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks har gennem perioden maj 2004 til oktober 2006 svinget mellem DVFI 4, 5 og 6 på den opstrøms station (tabel 13). I tre ud af otte tilfælde har tilstanden været DVFI 4 svarende til at målsætningen for vandløbet ikke er opfyldt. Som helhed består faunaen som angivet ovenfor af forureningstolerante former, og udprægede rentvandsformer mangler næsten helt. Nedstrøms for Tingkærvad Dambrug har faunaklassen hen gennem perioden ligget på 3, 4 og 5, og målsætningen har kun i tre ud af otte tilfælde været opfyldt (DVFI=5). I de fem tilfælde med manglende målopfyldelse nedstrøms for Tingkærvad Dambrug var der heller ikke målopfyldelse på stationen umiddelbart opstrøms for Tingkærvad Dambrug (den midterste station). Tolkning af effekten af udledningen fra Tingkærvad Dambrug i Vejle Å vanskeliggøres således i betydeligt omfang af at vandløbet generelt er noget belastet fra andre forureningskilder herunder andre dambrug. Endvidere er en spærring i Vejle Å opstrøms Tingkærvad Dambrug ved starten af 1. måleår blevet fjernet, hvilket har forbedret faldforholdene opstrøms dambruget og givet anledning til øget sandtransport nedstrøms for stryget.

	DMU/Amt	Vejle Å, opstrøms	Vejle Å, mid- terste station	Vejle Å, nedstrøms
Maj 2004	Vejle Amt	6	4	5
December 2004	DMU	4	4	5
Maj 2005	Vejle Amt	6	4	4
September 2005	DMU	4	4	4
November 2005	Vejle Amt	6	4	3
Maj 2006	Vejle Amt	4	4	4
Juni 2006	DMU	5	5	5
Oktober 2006	Vejle Amt	5	4	4

Tabel 13 Tilstanden i Vejle Å nær Tingkærvad Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målingerne er foretaget af henholdsvis Vejle Amt og DMU.

11 Planter i grødefyldte bassiner

På baggrund af en foreløbig opmåling kan de grødefyldte bassiner som udgør plantelagunen ved Tingkærvad Dambrug karakteriseres ud fra en række overordnede værdier jf. tabel 14. Ifølge miljøgodkendelsen er der forudsat en plantelagune på 4.780 m².

Antal grødefyldte bassiner/kanaler	8 bassiner og 4 kanaler
Samlet areal	4.062 m ²
Gennemsnitsdybde	0,85 m
Samlet volumen	2.647 m ³
Gennemstrømning (middel)	33,5 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	22 timer

Tabel 14 Karakteristik af plantelagunen ved Tingkærvad Dambrug

I alt 17 arter af vandplanter er registreret ved 5 opmålinger i de grødefyldte bassiner i perioden september 2005 til november 2006. De to dominerende arter vurderet ud fra planternes dækning var gennem hele perioden Sødgræs og Liden Andemad, som udgjorde henholdsvis 56 % og 44 % af dækningen ved maksimal plantedækning i september 2006 (tabel 15). På dette tidspunkt var den samlede dækning af alle arter på i alt 87 %, idet Liden Andemad ligger i overfladen mens de andre planter er rodfæstet og også findes under vandoverfladen, hvorfor summen af dækningsgraderne for den enkelte planteart kan være forskellig fra den samlede dækningsgrad. Den mindste plantedækning blev registreret i april 2006, hvor planternes samlede dækning udgjorde ca. 60 %. På dette tidspunkt udgjorde Sødgræs og Liden Andemad henholdsvis 46 % og 5 % af dækningen i dammene. Arterne Vandpest og Dunhammer udgjorde i april hver ca. 1,5 % af dækningen, men denne øgedes hen gennem sommeren, og nåede i september op på henholdsvis 18 % og 3,6 %.

Udtrykt som tørvægt var det i det store og hele kun Sødgræs og Dunhammer der havde kvantitativ betydning i de grødefyldte bassiner (Tabel 15). I april 2006 udgjorde disse to arter tilsammen mere end 98 % af tørvægten, med Sødgræs som kvantitativt mest betydende med 87 % og Dunhammer med ca. 12 % af tørvægten. De tilsvarende værdier i september 2006 for Sødgræs og Dunhammer var henholdsvis 72 % og 21 %. Ved maksimal udvikling af planterne i september 2006 udgjorde den samlede tørvægt 4.698 kg for alle de grødefyldte bassiner som helhed, svarende til ca. 1.150 g tørvægt pr. m². De tilsvarende værdier for april 2006 var 3.220 g tørvægt for bassinerne som helhed og ca. 790 g tørvægt pr. m². Samlet set dækker værdierne dog over nogen variation mellem de enkelte dammes plantesammensætning og tørvægt. Betragtet som helhed er planterne gennem hele sæsonen veludviklede og har stor dækning såvel som tørvægt i de grødefyldte bassiner i Tingkærvad Dambrug.

Sammenlignet med Døstrup Dambrug har den gennemsnitlige plantedækning og tørvægt pr. m² været højere i plantelagunen på Tingkærvad

Dambrug, idet der på Døstrup Dambrug maksimalt blev målt knap 700 g tørvægt pr. m² (Fjorback et al., 2003).

	Mindste plan- tedækning (april 2006)	Største plante- dækning (september 2006)
Plantedækning (dækningsgrad i %)	%	%
Sødgræs (%)	46	56
Liden Andemad (%)	4,7	44
Brøndkarse (%)	0,4	1,7
Vandpest (%)	1,6	18
Dunhammer (%)	1,4	3,6
Trådalger (%)	6,6	0,2
Plantedækning i alt (%)	60	87
Tørvægt af plantearter (i kg og g pr. m²)	kg / g pr. m ²	kg / g pr. m ²
Sødgræs (kg)	2.796 / 688	3.364 / 828
Liden Andemad (kg)	17 / 4,2	156 / 38
Brøndkarse (kg)	10 / 2,5	40 / 9,8
Vandpest (kg)	13 / 3,2	150 / 37
Dunhammer (kg)	384 / 94,5	988 / 243
Trådalger (kg)		
Samlet tørvægt (kg)	3.220 / 793	4.698 / 1.157

Tabel 15 Dækning og tørvægt af planterne i de grødefyldte bassiner i Tingkærøvd Dambrug. Kun de 6 kvantitativt mest betydende arter er medtaget. Der er ikke angivet tørvægt for trådalger, idet sammenhængen mellem dækning og tørvægt først vil blive målt i foråret 2007.

12 Diskussion

I dette kapitel er der en kort diskussion af nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det første måleår ved Tingkærvad Dambrug som supplerer den diskussion, der er i de enkelte kapitler i statusrapporten. Det er ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden omkring en række resultater, dette sker senere i en faglig slutrapport, der behandler måle- og dokumentationsprojektet fra alle 8 modeldambrug. Der foretages heller ikke her sammenligninger med resultaterne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen.

Da der er tale om resultater fra det første måleår ud af to bør der ikke drages for bastante konklusioner. Nogle resultater har et tilstrækkeligt sikkert grundlag til at der kan laves konklusioner, andre er af mere foreløbig karakter. Endvidere må det forventes at der i andet måleår sker en stabilisering omkring driftsforhold, biofiltrenes funktion og udvikling af plantedækningen i plantelagunen.

Vandforbrug, vandflow og opholdstid

Der er i gennemsnit i det første måleår indtaget 37,2 l/s, hvilket er ca. $\frac{3}{4}$ -dele af tilladelsen. Det vurderes at ca. 4 l/s heraf er anvendt i sættefiskeanlægget, som ikke er en del af modeldambruget. Det interne flow har som gennemsnit for de to produktionsanlæg været 547 l/s og recirkuleringsgraden har været ca. 97 %. For et modeldambrug type III er forudsat en recirkuleringsgrad på mindst 95 %. Vandforbruget er med ca. 3.750 l vand pr. kg produceret fisk en faktor 10-15 lavere end i traditionelle gennemstrømningsanlæg.

Plantelagunen tilføres i gennemsnit 33,5 l/s fra de to produktionsenheder og der måles 40,9 l/s i udløbet fra disse til vandløbet, dvs. at der sker en tilførsel af vand på ca. 22 % i det første måleår via bund/sider i de tidligere jorddamme og bundfældningsbassiner, der udgør plantelagunen. Denne tilførsel er relativ konstant over måleåret (figur 5) og kan tilskrives dels indsivning fra en eller flere af de mange kildevæld der er i ådalen og øvre grundvand, samt indsivning af en del af det vand, der nedsives fra sættefiskeanlægget.

Med det indsivende vand til plantelagunen følger opløste stoffer som ammonium, orthofosfat og opløst organisk stof, men der er ikke målt på dette i det første måleår. Det betyder, at stoftilførslen til plantelagunen er underestimeret, men det kan ikke vurderes hvor meget. Det vil kræve specialundersøgelser at afklarer hvor det indsivende vand kommer fra og at undersøge hvilke koncentrationer, der er i nedsivningsvandet. Disse undersøgelser ligger udenfor projektets formål og rammer, men der vil i statusrapporten for andet måleår blive lavet en evaluering heraf.

Der er i denne statusrapport lavet en vurdering af hvor meget ekstra stof der tilføres, hvis det antages at det indsivende vand har de samme koncentrationer som er målt i indtagsvandet. Dette anses som værende et minimumsestimat (se senere).

Den hydrauliske belastning af plantelagunen er på 0,008 l pr. m² plantelagune og dermed ca. halvdelen af den maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug*, 2002). Dette vurderes ikke at være et problem ift. til hovedparten af de omsætningsprocesser, der er i plantelagunerne og det vil medvirke til øge sedimentation af partikler. Derimod reducerer det rensegraderne over plantelagunen at denne er ca. 15 % mindre end forudsat i bekendtgørelsen.

Opholdstiden i de to produktionsanlæg inklusive slambassin har i gennemsnit været ca. 31 timer og for hele dambruget ca. 52 timer. *Bekendtgørelsen for modeldambrug* (2002) forudsætter en opholdstid på mindst 18,5 timer i produktionsanlægget. Med en opholdstid på over to døgn vil man umiddelbart forvente at hovedparten af let omsætteligt organisk stof (BI₅) når at blive omsat (*Fjorback et al.*, 2003).

Foder og produktionsbidrag

I det første måleår fra august 2005 til august 2006 har Tingkærvad Dambrug anvendt 279,8 tons foder eller ca. 4/5 af den årlige fodertildeling under forsøgsprojektet. Der er med en produktion på 312,3 tons opnået en foderkvotient på 0,896 inkl. døde fisk. Inden måleprogrammet officielt startede var der kun produceret fisk i en kortere periode.

Produktionsbidraget er som ventet hovedkilden for stoftilførslen til dambruget, idet stoftilførsel med indtagsvandet udgør 0,5 % for ammonium- kvælstof, 5-6 % for BI₅ og for total fosfor samt 8-9 % total kvælstof og for COD af den samlede stoftilførsel (stof i indtagsvand plus produktionsbidraget) til Tingkærvad Dambrug.

Produktionsbidraget vil være underestimeret idet der er i denne rapport bruges det normalt anvendt standardindhold af kvælstof og fosfor i fisk på henholdsvis 3 og 0,5 %, mens erfaringer viser at indholdet reelt vil være lavere. Endvidere er BI₅/COD forholdet sat til 0,3 baseret på flere tidligere undersøgelser på kommercielle fodertyper. Er forholdet større er også produktionsbidraget af BI₅ underestimeret. Er produktionsbidragene underestimerede vil rensegraderne reelt være højere end de er beregnet til i denne rapport.

Der vil til 2.årsrapporten blive foretaget undersøgelser og vurdering af de ovennævnte forhold på produktionsbidraget.

Stofkoncentrationer

I afløbet fra produktionsanlæggene (nedstrøms biofiltrene) har ammoniumkoncentrationen været relativt stabil fra efteråret 2006 til foråret 2006 med værdier omkring ca. 4 mg/l og derefter stigende og ret variable op mod 6-8 mg/l frem til juni 2006. Dette niveau fastholdes resten af måleåret i det ene produktionsanlæg, mens koncentrationen falder til 2-4 mg/l i det andet. Koncentrationsudviklingen er relativt nært relateret til fiskebestanden/ udfodringen i produktionsanlæggene (figur 2). BI₅-koncentrationen i afløbet fra produktionsanlægget varierer en del men med en stigende tendens fra 2-5 mg/l i starten af måleperioden til et niveau på 5-12 mg/l fra januar 2006 og efterfølgende.

I afløbet fra dambruget er koncentration af nitrit-nitrat kvælstof højest i efteråret 2005 og falder efterfølgende frem til juli 2006. For de øvrige ke-

miske parametre ses de laveste koncentrationer i vinterens løb, hvor udfordring og fiske bestand er lavest og generelt med de højeste værdier i forår-sommer 2006, hvor fiskebestanden / udfodringen var højest.

Udlederkrav

I det første måleår har miljøgodkendelsens udlederkrav været overholdt for alle forurenende stoffer på nær kravet til udledning af ammoniumkvælstof som er overskredet ganske marginalt, når udledningen beregnes efter modeldambrugsbekendtgørelsens regler. Ifølge kapitel godkendelsen skal der imidlertid udføres tilstandskontrol efter DS 2399 på koncentrationen i afløbet fra dambruget på alle parametre, og så overholdes alle udlederkrav. Udlederkravene overholdes dog kun lige for fosfor. Ved fuld kompensation for det reducerede vandforbrug på modeldambruget ifh. til det gamle anlæg, ville alle udlederkrav være opfyldt jf. modeldambrugsbekendtgørelsens regler og også efter kapitel 5 godkendelsens vilkår om tilstandskontrol efter DS 2399. Udlederkontrol på dambrug, hvor der laves kontrol på en forskel i koncentration mellem udløbs- og indtagsvandet til dambruget er ikke fagligt muligt efter DS2399. Derfor regnes der iht. kapitel 5 godkendelsen alene på stofkoncentrationen i udløbsvandet.

Udlederkravene er i kap. 5 godkendelsen skærpet med ca. 14 % ift. fuld kompensation for reduceret vandindtag.

Udledningen af kvælstof og fosfor vil være for Tingkærvad Dambrug være den mest kritiske parameter for overholdelse af udlederkravene. Ved fodertildeling til modeldambrug under forsøgsordningen er der set bort fra kvælstof (N) som begrænsende stof for fodertildelingen under forsøgsordningen (*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002) og Pedersen et al. (2003)*). Det betyder, at det er vigtigt at sikre en tilstrækkelig fjernelse af kvælstof for at kunne bevare / øge den tildelte foderkvote under forsøgsordningen. Endvidere skal fosforrensningen over dambruget forbedres.

Stofudledning pr kg produceret fisk

Den målte netto stofudledning i g pr. kg fisk har for ammoniumkvælstof (17,8 g) og total kvælstof (23,7 g) været større end ved tidligere målinger (på Døstrup dambrug hhv. 4-6 g og 5-11 g) (*Fjorback et al., 2003*). Derimod er netto stofudledning af total fosfor (2,0 g) og BI₅ (5,3 g) henholdsvis lig med og kun ca. 1/5 del af udledningen fra Døstrup Dambrug. Når tallene sammenlignes skal der tages højde for, at Døstrup Dambrug havde et betydeligt stofbidrag med indtagsvandet, således at stofudledningen betinget af fiskeproduktionen var svær at bestemme entydigt. Den manglende fjernelse / dannelsen af ammonium internt på anlægget samtidigt med indtrængen af stof i plantelagunen på Tingkærvad øger begge den specifikke udledning.

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total kvælstof og 90 t total fosfor ved en produktion på 29.434 t ørreder. Heraf kan beregnes nogle gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er målt på Tingkærvad Dambrug (tabel 16). Tallene vedr. total fosfor og total kvælstof er ikke specielt imponerende, hvilket sammen med ovennævnte også kan hænge sammen med at arealet af plantelagunerne er ca. knap 15 % min-

dre end forudsat og at der antageligt kommer et stofinput med indsivende vand til plantelagunerne. For organisk stof er tallene meget fine, hvilket bl.a. skyldes vandets lange opholdstid på dambruget.

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Tingkærvad Dambrug i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit Danmark	Tingkærvad Dambrug - 1. måleår	
Organisk stof (BI₅)	105,3	5,3	5,0
Total-N	38,0	23,7	62
Total-P	3,1	2,0	65

Tabel 16 Specifikke udledninger netto som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmarks (i 2003) og for Tingkærvad Dambrug det første måleår: I sidste kolonne er de specifikke tab ved Tingkærvad Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark.

Stoffjernelse, rensegrader og vandtab

Der er ret stor forskel på, hvor stor en del af de forskellige stoffer der tilføres dambruget via produktionsbidrag og indtagsvand som ender med at blive udledt til Vejle Å. Beregningerne fra det første måleår viser at 54 % af den samlede ammonium kvælstof tilførsel løber ud i vandløbet, mens det for total kvælstof er 64 %. Endvidere udledes henholdsvis 14 % af BI₅, 26 % af COD samt 43 % af fosfor-tilførslerne til Vejle Å. Over 70 % af den fosfor som udledes er på opløst og dermed biotilgængelig form.

I produktionsanlægget fjernes 33-40 % af det samlede tilførte organiske stof, når der er taget højde for det stof der efterfølgende tabes med klarringsvand fra slambassinerne. For ammonium-N og total fosfor fjernes tilsvarende henholdsvis 46 % af den tilførte stofmængde, mens der kun fjernes 14 % af total-N over produktionsanlægget. Plantelagunen har størst betydning for stoffjernelse/-omsætning af organisk stof (37 % af BI₅ og 23 % af COD) og total kvælstof (16 %), men der tilsyneladende sker en netto produktion af mængder ammonium-N og af total fosfor. Som omtalt er der en netto indsivning af kildevældsvand og antageligt også af nedsivningsvand fra sættefiskeanlægget, som betyder at den faktiske stofbelastning af plantelagunen bliver højere og rensegraderne reelt også bedre, således at f.eks. der reelt sker en vis fosfortilbageholdelse over plantelagunen. Det er været udenfor projektets rammer at undersøge dette, men der vil i 2. års statusrapport blive gennemført en estimering af betydning af indsivningsvandet.

De opnåede nettorensgrader (dvs. stoffjernelsen over hele modeldambruget relateret til produktionsbidraget) har været på 59 % for total fosfor, og dermed næsten lig med forudsætningen for et modeldambrug af type III uden mikrosigter på 60 % for total fosfor. (*Bekendtgørelse for modeldambrug*, 2002). Nettorensgraderne har været 91 % for BI₅ og 80 % for COD, hvor der forudsættes 75 % for BI₅. For total-kvælstof har nettorensgraden været 39 % og dermed noget over forudsætningerne i bekendtgørelsen på mindst 25 %, med de i kapitel 5 godkendelsens forudsatte 4.870 m² plantelagune.

Plantelagunen har opfyldt forudsætningerne for stoffjernelse pr. m² plantelagune for total kvælstof og organisk stof med en faktor henholdsvis 1,5 og godt 2. For ammonium-kvælstof og fosfor med netto udledninger ligger fjernelsen naturligvis under forudsætningen, hvilket dels kan tilskrives problemstillingen omkring en netto indsivning af 22 % ekstra vand med tilhørende stof, således at rensegraden bliver underestimeret og desuden, at der tilsyneladende mangler knap 15 % plantelaguneareal i forhold til godkendelsen. Endelig kan der i forhold til fosfor godt være tale om frigivelse af opløst fosfor fra bunden af de tidlige jorddamme og bundfældningsbassiner.

Generelt fjerner/omsætter renseforanstaltningerne i produktionsanlægget (slamkegler og biofiltre) en del fosfor (61 %), organisk stof (50-52 %) og ammonium-kvælstof (51 %) ift. stofinputtet på dambruget. Men noget af det stof, der ført over i slambassinet udledes til plantelagunen med klaringsvandet, således at den faktiske rensegrad reduceres, da der af tilført stof til slambassinet tabes 50 % total kvælstof, 26 % total fosfor og 13-15 % organisk stof, mens slambassinet netto producerer ammonium kvælstof. Det er især partikulært stof, som slambassinet tilbageholder mens opløst stof tilbageholdes i mindre omfang. Slam fra slamkegler og biofiltre føres først over i en slamtank og derefter videre over i slambassinet og denne konstruktion tilbageholder en stor del af det partikulære materiale. Samlet vil rensegraden over Tingkærvad Dambrug forbedres, hvis stofudledningen med klaringsvand af især opløst kvælstof (ammonium-kvælstof) og opløst fosfor fra slambassinet reduceres, idet plantelagunen ikke er i stand til at tilbageholde/omsætte alt det stof, der tilføres. Det er u hensigtsmæssigt at stof, der reelt er fjernet og opsamlet i slambassinet ikke bedre kan tilbageholdes i denne.

Ses der på stoffjernelse/omsætning over produktionsanlægget før tab med klaringsvandet fjerner slamkeglerne mest stof, hvilket især er udpræget ift. total fosfor (82 %), BI₅ (86 %) og COD (84 %) som primært er knyttet til partikler, men andelen er også høj ift. total kvælstof (70 %) og ammonium kvælstof (68 %). Det skal ift. sidstnævnte bemærkes, at der både over biofiltret og slamkeglerne fjernes så små mængder ammonium-kvælstof at fordelingen mellem biofilter og slamkegler er behæftet med nogen usikkerhed. Stof der er fjernet af en renseforanstaltning kan ikke fjernes af en nedstrøms beliggende foranstaltning, hvilket betyder at det er vanskeligt at vurdere den indbyrdes betydning af disse.

En efterbehandling af slamvandet kan anbefales f.eks. ift. at reducere tabet af ammonium-kvælstof og øge omsætningen af kvælstof til frit kvælstof. Der er endvidere forskellige muligheder for at immobilisere (fælde) fosfor, som føres over i slambassinet og en optimeret plantelagune vil kunne fjerne mere total fosfor og organisk stof. Koncentration af ammonium-kvælstof i selve produktionsanlæggene har generelt været fornuftig. Hen over biofiltret ser der ud til at være en mindre oxidation af ammonium til nitrit og nitrat, mens der efterfølgende ikke er en tilstrækkelig denitrifikation af nitrat til frit kvælstof i anlægget, som kan nedbringe total-kvælstof koncentrationen. Disse forhold indikerer, at man kunne fokusere på systemets denitrifikationseffekt mhb. på at reducere dambrugets udledning af total-kvælstof. Endelig bør det undersøges om der tilføres større stofmængder til plantelagunen via det vand der nedsives fra sættefiskeanlægget.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Vejle Å op- og nedstrøms Tingkærvad Dambrug som er DVFI 5 med en optimal faunaklasse på 7, har kun været opfyldt 5 af 8 gange opstrøms dambruget, 1 gang på en strækning nedstrøms Kobbøbæk Dambrugs udløb men opstrøms Tingkærvad Dambrugs udløb og opfyldt 3 ud af 8 gange nedstrøms Tingkærvad Dambrug ved vandløbsbedømmelser i perioden maj 2004 til oktober 2006. Der kan ikke påvises nogen udvikling i DVFI hen over de to år, men til gengæld er der sket et skift i faunasammensætningen således at børsteorme Oligochaeta, vandbænkebideren *Asellus aquaticus* og kvægmyg Simuliidae er blevet markant mere fåtallig.

Tolkningen af i hvilket omfang udledningen fra Tingkærvad Dambrug påvirker faunasammensætningen nedstrøms udløbet er vanskelig, fordi Vejle Å opstrøms dambruget har en fauna af forureningstolerante former med kun få rentvandsarter. Der er en række forureningskilder opstrøms Tingkærvad Dambrug, der påvirker faunaen i Vejle Å på strækningen ved Tingkærvad Dambrug. Endvidere er opstemningen opstrøms dambruget fjernet i løbet af det første måleår, hvilket i en kortere eller længere periode påvirker de fysiske forhold indtil vandløbet indstiller sig på de nye faldforhold på den berørte strækning.

13 Litteraturliste

Bekendtgørelse om modeldambrug (2002). Bekendtgørelse om modeldambrug. 10 s. - BEK nr. 923 af 08/11/2002 pp.

Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004). Bekendt om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug. 2 s. – BEK nr. 328 af 15/03/2004.

Dambrugsudvalget (2002). Dambrugsudvalget. Udvalget vedr. dambrugs-erhvervets udviklingsmuligheder. 78 s. Rapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Dansk Standard (1999). DS 2399 Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata.

Fjorback, C., Larsen, S.E., Skriver, J., Svendsen, L.M., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2003) Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Danmarks Miljøundersøgelser. 272 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998). Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 86 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998). Notat vedr. tilpasning af udlederkontrol ved overgang fra tilstandskontrol til transportkontrol. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Miljøstyrelsen (1998). Biologisk vandløbsbedømmelse af vandløbskvalitet. Miljø- og Energiministeriet. 39 s. – Vejledning nr. 5/1998.

Pedersen, M. L. & Baattrup-Pedersen, A. (red) (2005). Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-09. 3. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 140 s. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 21.

Pedersen, P.B. Grønborg, O., & Svendsen, L.M. (red.) (2003). Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. 82 s. - Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183

Pedersen, M.L., Sode, A., Kaarup, P. & Bundgaard, P. (2006). Fysisk kvalitet i vandløb. Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks til brug ved overvågningen af vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser. 44s. - Faglig rapport fra DMU nr. 590. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999). Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NO-

VA2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 16.

Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B. (reds.) (2004). En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. 118 s. - DFU-rapport nr. 132-04, 118 p.

Vejle Amt (2004). Miljøgodkendelse af forsøgsdambruget Tingkærvad Dambrug (605-16), samt dispensation efter naturbeskyttelsesloven, 49 s.

DFU-rapporter – index

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DFU's hjemmeside www.dfu.min.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- | | |
|------------|---|
| Nr. 139-05 | Smoltdødeligheder i Årslev Engsø, en nydannet Vandmiljøplan II-sø, og Brabrand Sø i foråret 2004. Kasper Rasmussen og Anders Koed |
| Nr. 140-05 | Omplantede blåmuslinger fra Horns Rev på bankerne i Jørgens Lo og Ribe Strøm 2002-2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl |
| Nr. 141-05 | Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2004. Per Sand Kristensen, Niels Jørgen Pihl og Rasmus Borgstrøm |
| Nr. 142-05 | Fiskebestande og fiskeri i 2005. Sten Munch-Petersen |
| Nr. 143-05 | Opdræt af torskeyngel til udsætning i Østersøen (forprojekt). Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Christian Möllmann, Helge Paulsen, Per Bovbjerg Pedersen og Peter Lauesen |
| Nr. 144-05 | Skrubbeundersøgelser i Limfjorden 1993-2004. Hanne Nicolajsen |
| Nr. 145-05 | Overlevelsen af laksesmolt i Karlsgårde Sø i foråret 2004. Anders Koed, Michael Deacon, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen |
| Nr. 146-05 | Introduktion af økologi og kvalitetsmærkning på danske pionerdambrug. Lars-Flemming Pedersen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen |
| Nr. 147-05 | Fisk, Fiskeri og Epifauna. Limfjorden 1984 – 2004. Erik Hoffmann |
| Nr. 148-05 | Rødspætter og Isinger i Århus Bugt. Christian A. Jensen, Else Nielsen og Anne Margrethe Wegeberg |
| Nr. 149-05 | Udvikling af opdræt af aborre (<i>Perca fluviatilis</i>), en mulig alternativ art i ferskvandsopdræt. Helge Paulsen, Julia L. Overton og Lars Brünner |
| Nr. 150-05 | First feeding of Perch (<i>Perca fluviatilis</i>) larvae. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk) |
| Nr. 151-05 | Ongrowing of Perch (<i>Perca fluviatilis</i>) juveniles. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk) |
| Nr. 152-05 | Vurdering af ernæringstilstand for aborre. Helge Paulsen, Julia L. Overton, Dorthe Frandsen, Mia G.G. Larsen og Kathrine B. Hansen. (Kun udgivet elektronisk) |
| Nr. 153-05 | Myndighedssamarbejdet om fiskeriet i Ringkøbing og Nissum fjorde. Redaktion: Henrik Baktoft og Anders Koed |
| Nr. 154-05 | Undersøgelse af umodne havørreders (grønlændere) optræk i ferskvand om vinteren. |

Anders Koed og Dennis Søndergård Thomsen

- Nr. 155-05 Registreringer af fangster i indre danske farvande 2002, 2003 og 2004. Slutrapport. Søren Anker Pedersen, Josianne Støttrup, Claus R. Sparrevohn og Hanne Nicolajsen
- Nr. 156-05 Kystfodring og godt fiskeri. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvardsen, Christian Laustrop og Sune Riis Sørensen
- Nr. 157-05 Nordatlantiske havøkosystemer under forandring – effekter af klima, havstrømme og fiskeri. Søren Anker Pedersen
- Nr. 158-06 Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 159-06 Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
- Nr. 160-06 Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed
- Nr. 161-06 Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektivurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
- Nr. 162-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 162a-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 163-06 Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven
- Nr. 164-06 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 165-06 A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic Herring (*Clupea harengus* L.) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS-and TBM-data. Mikael van Deurs
- Nr. 166-06 Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 167-06 Blåmuslinge- og Stillehav søstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 168-06 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen,

Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.

- Nr. 169-07 Produktion af blødskallede strandkrabber i Danmark - en ny marin akvakulturproduktion. Knud Fischer, Ulrik Cold, Kevin Jørgensen, Erling P. Larsen, Ole Saugmann Rasmussen og Jens J. Sloth.
- Nr. 170-07 Den invasive stillehavsøsters, *Crassostrea gigas*, i Limfjorden - inddragelse af borgere og interessenter i forslag til en forvaltningsplan. Helle Torp Christensen og Ingrid Elmedal.
- Nr. 171-07 Kystfodring og kystøkologi - Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Per Sørensen og Sune Riis Sørensen.
- Nr. 172-07 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 173-07 Tingkærvad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.