

Ejstrupholm Dambrug

- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet

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

Oktober 2006

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Kavalergaarden 6
2920 Charlottenlund

ISBN: 87-7481-024-3

DFU-rapport nr. 166-06

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 vandløbets 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 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.

I denne statusrapport for Ejstrupholm 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.

Sammenligninger af resultater for de 8 modeldambrug sker i en særlig rapport som udarbejdes primo 2007.

Produktionsforhold

Ejstrupholm Dambrug har i perioden 23. juni 2005 til 22. juni 2006 anvendt 386,5 tons foder med en beregnet produktion på 475,3 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 0,813.

På trods af almindelige indkøringsvanskeligheder, tillæring til ny produktionsform, ny teknologi og nye problemstillinger, må selve driften af anlægget betegnes som succesfuldt i dette første driftsår.

Vandforbrug

Ejstrupholm Dambrug indtager nu vand alene fra dræn under dambruget og borerer placeret nær vandløb og plantelaguner, hvorfor opstemning og spærringer i vandløbet ikke længere er nødvendigt. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad ca. 96 %) er nedsat fra før ca. 600 l/s til 47 l/s det første måleår (knap 8 % af før). Til dette stærkt reducerede vandforbrug er der i øvrigt knyttet et anseeligt direkte vandtab / udsivning fra plantelagunerne på ca. 21 l/s inden dambrugets afløb til Holtum Å (se senere).

Rensegrader

Ved forarbejdet i 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 Ejstrupholm dambrug ser således ud:

	Forventet	Opnået
Organisk stof (BI₅)	75 %	98 %
Total kvælstof (inkl. omsætning plantelaguner)	32 %	58 %
Total Fosfor	60 %	94 %

I det ovennævnte er taget højde for bl.a. et direkte vandtab over et gammelt stemmeværk i vinterhalvåret på ca. 10 l/s til Holtum Å. Til gengæld indeholder rensegraderne også evt. nedsivning fra plantelagunen, som evt. kunne reducere den reelle rensegrad for især opløst kvælstof og opløst fosfor, såfremt nedsivning ikke medregnes. Dette ændrer dog ikke ved, at de opnåede rensegrader til fulde honorerer de forudsatte. Produktionsanlægget med dets slamkegler og biofiltre fjerner netto især ammonium (52 %), fosfor (64 %), og ca. 33 % af tilført organisk stof, men intet total kvælstof (ammonium omsættes til nitrit og nitrat). Plantelagunerne fjerner effektivt tilført organisk stof (90 % af BI₅) og total fosfor (74 %) samt ca. 55 % af tilført ammonium-kvælstof og total-kvælstof. Rensegraderne i plantelagunerne er noget højere end dem, der blev fundet i tidligere forsøg på Døstrup Dambrug, som udgjorde en del af grundlaget for de forudsatte rensegrader.

Selvom der kan følge f.eks. ammonium, nitrat og opløst fosfor med nedsivningsvand vil en del af dette enten blive genindvundet som indtagvand eller omsat/tilbageholdt i ådalens jorde, dvs. kun en andel af evt. nedsivende opløst stof kan nå grundvand eller vandløb. Det har ikke været en del af projektets formål at undersøge dette.

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)		Ejstrupholm i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit	Ejstrupholm Dambrug	
	Danmark	- 1. måleår	
Organisk stof (BI ₅)	105,3	1,03	1
Total-N	38,0	12	32
Total-P	3,1	0,26	8

Som det fremgår, er der meget markant reducerede specifikke udledninger, især for organisk stof og fosfor 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.

Kontrol-parameter	Kravværdi i Miljøgodkendelse (mg l ⁻¹)	Udledning, beregnet efter Bekendt. om modeldambrug (mg l ⁻¹)	Teoretiske kravværdier jvnf. Dambrugs-bekendtgørelsen (mg l ⁻¹)
Susp. stof	35	-1,9	37
NH₄⁺	4,8	2,9	4,9
Total-N	7,2	7,37	7,4
Total-P	0,59	0,23	0,62
BI₅	8,3	1,4	8,4

Ved sammenligning af kolonne to og fire ses det at kravværdierne næsten kompenserer fuldt ud for det reducerede vandforbrug på dambruket. I den tredje kolonne er opgivet Ejstrupholm Dambrugs udledning beregnet efter modeldambrugsbekendtgørelsen, og det ses, at kravene for alle parametre overholdes, på nær total-N som overskrides marginalt. Såfremt der kompenseres fuldt for reduktionen i vandforbrug (fjerde kolonne) overholdes total-N kravet netop. I forhold til miljøgodkendelsens krav om tilstandskontrol på koncentrationen i afledningen fra dambruket er der en overskridelse af kontrolkravet på total kvælstof på godt 20 %, men de øvrige variable overholde kravene.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Holtum Å, opstrøms	Holtum Å, nedstrøms
April 2004	5	4
Februar 2005	4	4
Maj 2005	5	4
Oktober 2005	4	4
Oktober 2005	5	4
Marts-maj 2006	5	6
Juni 2006	5	5

Idet målsætningen på både op- og nedstrømsstationen er 5, er der mål-opfyldelse ved de seneste vandløbsbedømmelser.

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. Alligevel ser de opnåede rensegrader og den resulterende, meget lave specifikke udledning generelt meget lovende ud og har været bedre end forudsat. For totalkvælstof, som ligger lige på grænsen af overholdelse af udlederkravene samt for ammonium-kvælstof, hvor koncentrationerne i både produktionsanlægget og i afløbet fra dambruget til tider er ret høje, kan der dog være behov for en forstærket indsats. Det ser således ud til, at rensning for kvælstof kan blive afgørende for at kunne opnå øget foderforbrug.

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

Vandtabet i plantelagunerne kan påvirke beregningen af nogle af rensegraderne, afhængig af, i hvilken grad opløste stoffer som ammonium / nitrat, ortho-fosfat samt eventuelt opløst organisk stof passerer hele vejen sammen med nedsivningsvandet, og også af hvorvidt det, i givet fald, når frem til vandløbet og i hvilke mængder.

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. Ejstrupholm 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 måles der over alle de forskellige dele af dambruget, de såkaldte intensivt monitorerede dambrug, mens der på andre måles samlet over produktionsanlægget, de såkaldte ekstensivt monitorerede dambrug, som Ejstrupholm Dambrug har hørt til i det første måleår. Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for FødevareErhverv via FIUF- mid-

ler, 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 vandløbs 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 vandløbs 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 CO₂ 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

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jacob Larsen, Ringkjøbing Amt

Henning Christiansen, Ribe Amt

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 november (tre statusrapporter) og i december 2006 (fem statusrapporter).

Primo 2007 udføres en samlerapport, med en samlet status over 1. års drift på de 8 modeldambrug, heri vil indgå nogle sammenligninger på tværs af dambrugene. Nærværende statusrapport indeholder derimod alene målinger for Ejstrupholm 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 dambrugsejere Kaj og Jens Jensen samt teknisk personale ved DMU: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor og Carsten Nielsen og ved DFU: Tommy Nielsen, Peter Faber, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen.

2 Beskrivelse af dambruget

2.1 Indretning

Ejstrupholm Dambrug er beliggende ved Holtum Å i Midtjylland (Løvbjergvej 23, Smedebæk, 7361 Ejstrupholm). Holtum Å er et tilløb til Skjern Å, der har sit udløb i Ringkjøbing Fjord, og et samlet opland på ca. 2400 km². Ved dambruget er medianminimumvandføringen på ca. 620 l/s (*Vejle Amt, 2004*).

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

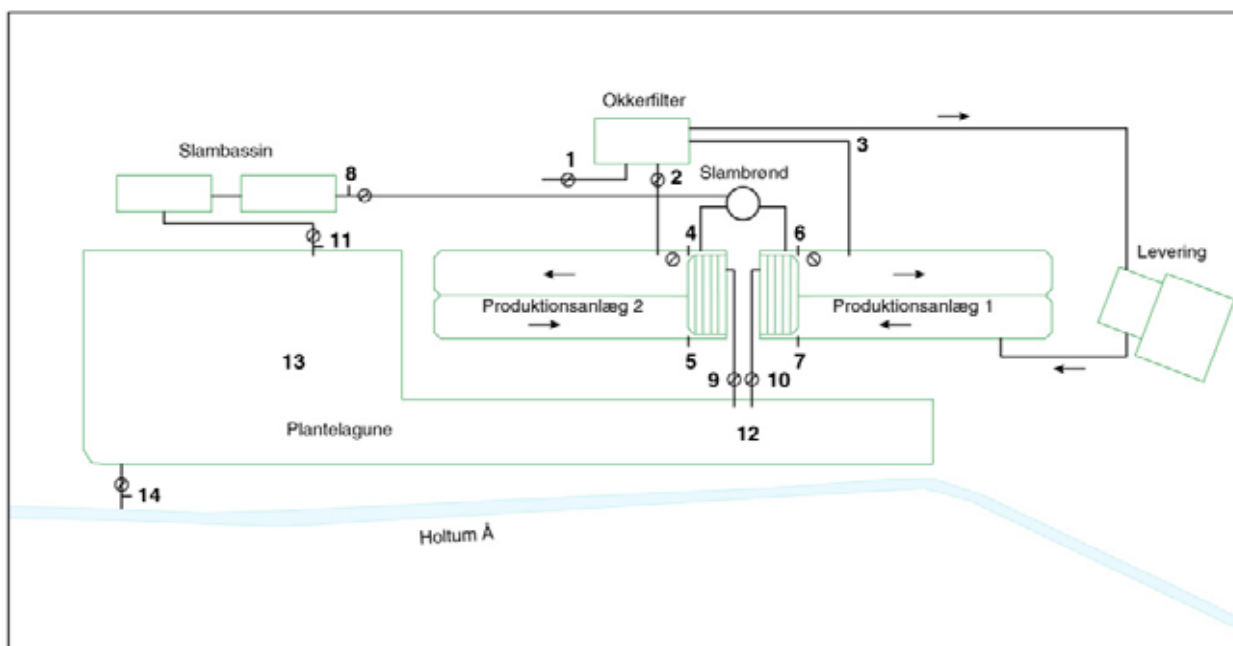
Dambruget består af 2 ens opbyggede produktionsenheder, der hver er underopdelt i 8 sektioner. I hver produktionsenhed ledes det recirkulerede vand igennem et biofilter, der er opdelt i 5 sektioner. Derudover er der levérdamme, hvorfra vandet ledes til produktionsenhed 1. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow.

Vandet bringes til at cirkulere i produktionsenhederne 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 2 slam-bassiner. Afløbsvand fra anlæggene og klaret vand fra slambassinerne ledes til en plantelagune, efter passage af hvilken det efterfølgende løber til åen. Plantelagunen består af en del af de oprindelige jorrdamme, kanaler og bundfældningsbassiner.

Hver produktionsenhed er 70 meter lang og 24 meter bred med en vanddybde på ca. 1,5 meter. Plantelagunen har et areal på ca. 8.050 m² med en middeldybde på ca. 0,9 m. Totalt har dambruget et vandvolumen på ca. 13.000 m³. Med et vandindtag på gennemsnitligt 47 l/s i det første måleår har der været en gennemsnitlig opholdstid på ca. 77 timer over dambruget. Opholdstiden for hele produktionsanlægget inkl. levérdamme er på ca. 35 timer mod en forudsat minimumsopholdstid på 18,5 timer i produktionsanlægget for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse som modeldambrug, 2002*).

Indtagsvandet løber igennem et okkerfilter og tilsættes kalk inden det indgår i produktionen



Figur 1 Ejstrupholm Dambrug, opbygning og vandflow. Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kort indkøringsfase startede måleprogrammet på Ejstrupholm Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt den 23. juni 2005. Første måleår er derfor fra 23. juni 2005 til 22. juni 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 (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 er der målt med vandur, da det samlede udløb fra dambruget sker via et rør. 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. Der vil endvidere i den samlede statusrapport for de 8 modeldambrug for første måleår blive gjort rede for måleprincipper og hvilke konkrete instrumenter, der er anvendt.

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
1	Vandindtag	K, F, S
2	Indløb produktionsanlæg 2	F, S, N
3	Indløb produktionsanlæg 1	
4	Nedstrøms biofilter produktionsanlæg 2	K, V, H, S
5	Opstrøms biofilter produktionsanlæg 2	K, S
6	Nedstrøms biofilter produktionsanlæg 1	K, V, H, S
7	Opstrøms biofilter produktionsanlæg 1	K, S
8	Indløb Slambassin	K, F, V
9	Udløb produktionsanlæg 2	F
10	Udløb produktionsanlæg 1	F
11	Udløb klaret slamvand	K, F
12	Plantelagune, øvre del	S
13	Plantelagune, midt	S
14	Udløb plantelagune/dambrug	K, F, S

Tabel 1 Oversigt over målepunkter på Ejstrupholm 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.

Vandkemiske prøver er for indtagsvand målt som en punktprøve (øjebliksprøve) ca. 1 gang pr. måned (hver 14. dag i begyndelsen) eller i alt 15 gange i perioden. Der er taget punktprøve hver gang både op og nedstrøms okkerfiltret for at tage højde for stoffjernelse af bl.a. jern i dette. Vandkemiske prøver fra både produktionsenhed 1 og 2 nedstrøms biofilter (svarende til afløb fra disse to produktionsenheder), i klaringsvandet fra slambassinene samt i afløbet fra plantelagunerne (samlet afløb fra dambruget) udtages hver 14. dag med en ISCO-glacier vandprøvetager. 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 (samlet for begge produktionsenheder) og returskylning af biofiltre (samlet for de to produktionsenheder), idet der således ikke det første måleår er skelnet mellem hvilken af de to produktionsenheder, der er tale om. Her tages også puljede prøver men delprøver 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 en ISCO 6712-1 vandprøvetager, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt, også denne prøvetager er udstyret med køleanlæg.

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.

Parametre	Program A	Program B	Program C
	Fuld pakke: Udløb fra Grundvand (ind- dambrug, op- og ned- tagsvand) strøms biofilter, afløb sættefiskanlæg og leveredamme		
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 Ejstrupholm 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 af kvælstof henholdsvis fosfor. BI₅ er et målt 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.

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.

2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til dambrugets miljøgodkendelse af 17. august 2004 må der i forsøgsperioden anvendes 379 tons foder pr. år. Foderkvotienten må ikke overstige 0,95 kg foder pr. kg produceret fisk.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 57 l/s som grundvand fra dræn under anlæg og vandløbsnære boringer.

Udlederkravene, der i forsøgsperioden er fastlagt som hvor høj koncentrationen må være i dambrugets udløb, er:

- Suspenderet stof: 35,0 mg/l
- BI₅: 8,3 mg/l
- Total fosfor: 0,59 mg/l
- Ammonium-N (NH₄-N): 4,8 mg/l
- Total kvælstof: 7,2 mg/l

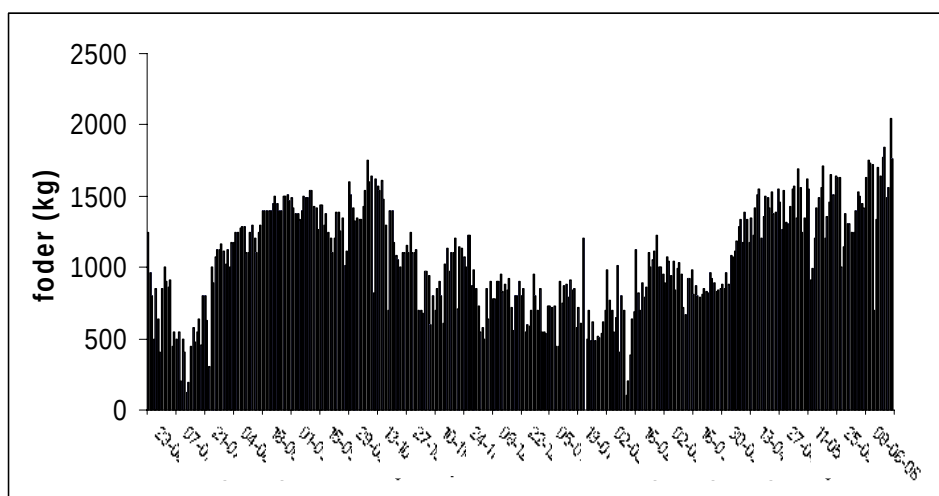
Miljøgodkendelsen foreskriver en plantelagune på minimum 16.000 m² og samlet opholdstid over dambruget på ca. 80 timer.

3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Ejstrupholm Dambrug har man i perioden 23. juni 2005 til 22. juni 2006 anvendt 386,5 tons foder. Idet der ikke foreligger komplette tal for fiskebestande, samt ind- og udvejninger, har det ikke været muligt at beregne en samlet foderkvotient ud fra disse tal. I stedet er fiskeproduktionen i 1. måleår estimeret ud fra foderforbruget og en vægtet foderkvotient (se senere). Således fremkommer en årsproduktion i produktionsanlægget på Ejstrupholm Dambrug på 475,3 tons fisk (inkl. døde) og en foderkvotient beregnet som foderforbrug (ton) ift. fiskeproduktion inkl. døde fisk (ton) på 0,813. Denne værdi er baseret alene på tal i dambrugs produktionsanlæg, og vil ofte være noget lavere end den foderkvotient, der udregnes på baggrund af den endelige leverance af fisk fra dambruget. Heri indgår nemlig typisk en kort periode hvor fiskene opholder sig i levérdamme uden fodring. Endvidere leveres typisk en mindre procentdel ekstra fisk som kompensation for eventuelt senere tab i aftagerleddet.

Det daglige foderforbrug er opgjort i figur 2. Fodertildeling har været reduceret bl.a. i forbindelse med sygdom.



Figur 2 Foderforbruget i Ejstrupholms Dambrugs produktionsanlæg i første måleår.

I tabel 2 er angivet hvilke fodertyper og –mængder, der har været anvendt i Ejstrupholm Dambrugs produktionsanlæg i det første måleår.

Fodertype	Forbrug (kg)
Dana Feed Dan-Ex 2844 (2 og 3 mm)	385.534
Aquavet S/T	650
Biomar Biofocus optimal start (1,5 mm)	50
Tribriksen (3 mm)	270

Tabel 3 Anvendte fodertyper på Ejstrupholm Dambrug det første måleår.

3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen i dambrugets produktions- anlæg er foretaget som beskrevet i *Pedersen et al. (2003)*. Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof), BI₅ (letomsætteligt organisk stof), total-N (total kvælstof) og total-P (total fosfor). Endvidere er bidraget af opløst kvælstof som udskilles over fiskenes gæller (hovedsageligt NH₄⁺-N) blevet udregnet. Denne udregning svarer til restleddet af kvælstof efter fradrag af den mængde kvælstof der indbygges i fisken henholdsvis udskilles med fækalier i forhold til den totalt indtagne mængde kvælstof.

Udregningen af produktionsbidrag er så vidt muligt sket på dagsbasis i hver af dambrugets 16 sektioner i produktionsanlægget, og bidragene er herefter summerede. Udover de konkrete foder mængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemisk analyse er foretaget på langt de fleste foderleverancer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de relevante analyserede fodertyper. I tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen, f.eks. pga. små mængder, er der anvendt deklarerede værdier.

I levérdam er der beregnet et produktionsbidrag af kvælstof på baggrund af generelle tal for stofomsætning hos fodertomme regnbueørreder. Der vurderes kun at være et marginalt bidrag af organisk stof (COD og BI₅) fra levérdammene, idet der ikke fodres, hvorfor det primært forventes udskilt som kuldioxid (CO₂). Ligeledes forventes kun et marginalt bidrag af fosfor fra levérdammene, hvorfor bidraget af COD, BI₅ og tot-P fra levérdamme er sat til 0.

På fem 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 kulhydratindhold, 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 leverancer af små foder mængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjeligheden 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 sektionen tømmes helt ved udfiskning. Værdien er indsat i udregningen af sektionens produktionsbidrag. De beregnede foderkvotienter er blevet vægtet i forhold til det antal dage den enkelte foderkvotient er målt over, og de vægtede værdier er sammensat til et

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

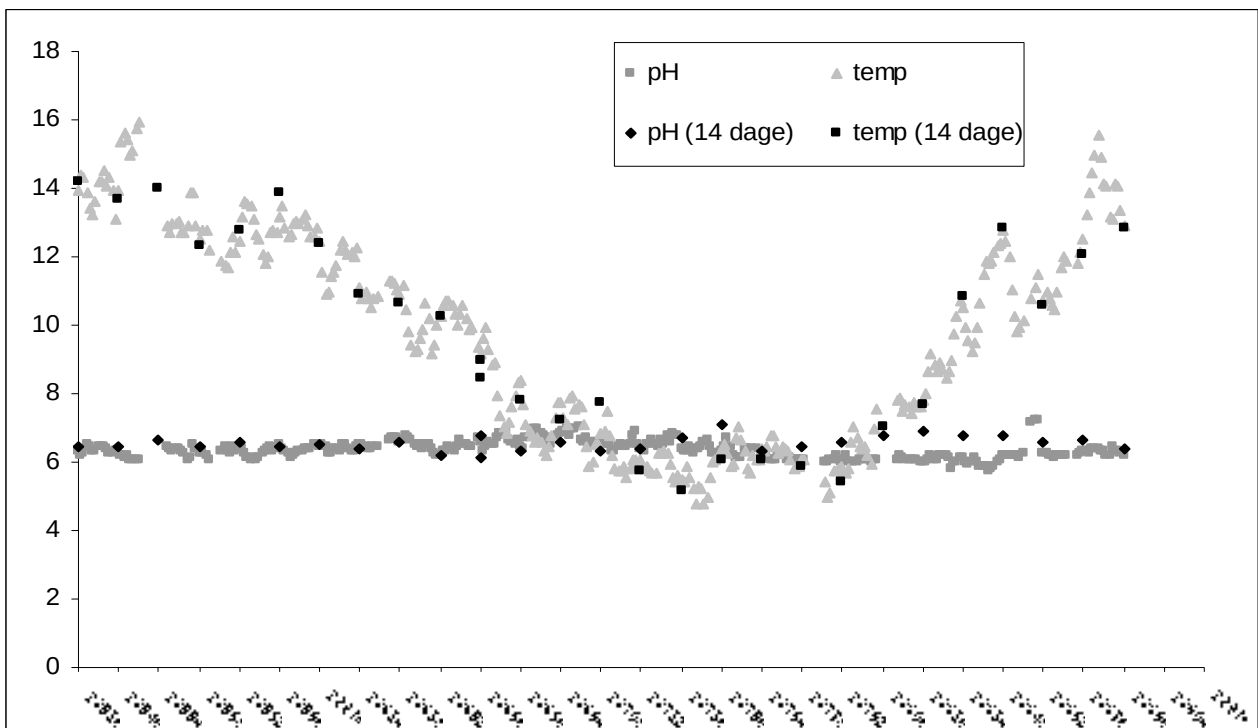
Der er ikke foretaget målinger af foderspild på Ejstrupholm Dambrug. men der er til anskueliggørelse af foderpilds omfang på modeldambrug foretaget målinger på Løjstrup Dambrug. Disse konkrete målinger viste et så godt som ikke-eksisterende foderspild. Idet der dog af forskellige årsager må påregnes et mindre foderspild i perioder, er der i alle tilfælde indsat en værdi på 1 % for foderspild på Ejstrupholm Dambrug.

4 Temperatur, pH og ilt

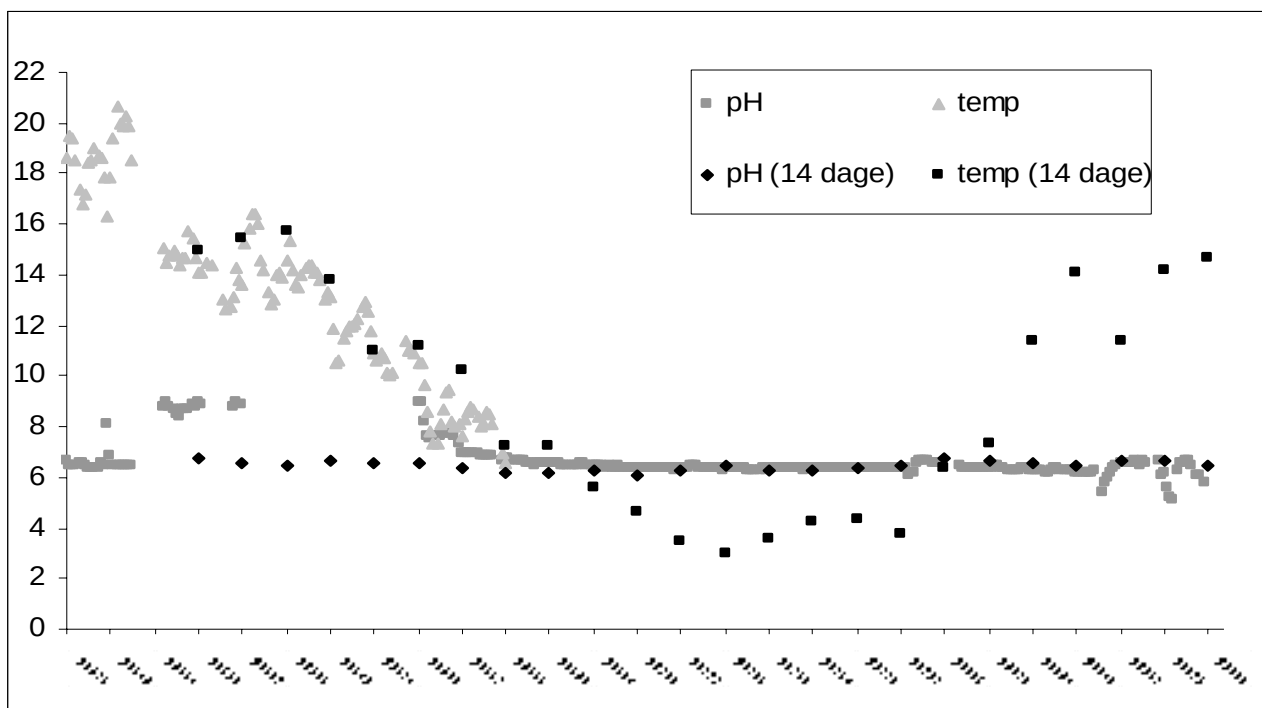
Der er hvert tiende minut foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen og i laguneudløbet. Hertil kommer at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag manuelt måles temperatur, pH og ilt på dambruget. Dataene indsamles blandt andet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

Nogle af de kontinuerte registreringer af ilt, temperatur og pH har desværre vist sig ikke at fungere tilfredsstillende. Især logning af ilt har været problematisk, idet iltsonderne ikke er blevet rensset tilstrækkelig ofte, og endvidere har vist sig relativt 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 de to biofiltre i produktionsanlægget været mellem 3 og 12 mg/l og mellem 0 og 12 mg/l i udløbet fra plantelagunerne med de højeste værdier i vinterhalvåret.



Figur 3 Gennemsnit af temperatur og pH nedstrøms biofilteret i de to produktionsanlæg på Ejstrupholm Dambrug.



Figur 4 Temperatur og pH inden beluftning i laguneudløb fra Ejstrupholm Dambrug.

De kontinuerte temperaturmålinger er ikke registreret tilfredsstillende siden november 2005, og disse værdier indgår derfor ikke i figuren.

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Flowet bliver registreret kontinuert (hvert 10. minut) 9 steder i dambruget jf. tabel 4. Registreringen sker de 7 af målestederne ved hjælp af elektromagnetiske flowmålere (vandure), der måler nøjagtigt med en usikkerhed på mindre end 1 %. En del af flowmålerne har haft kortere perioder, hvor data er gået tabt, enten på grund af kabelbrud, fejl i datakommunikationen eller i selve måleren grundet fugtproblemer. I de pågældende perioder er dataserierne rekonstrueret ved hjælp af interpolation og korrelation til de øvrige målere. Problemerne har medført en mindre forøgelse af usikkerheden, og en foreløbig vurdering er, at usikkerheden på flowdata er mellem 0 og 5 %.

Måleren i udløbet med klaret slamvand har været underdimensioneret og delvis tilstoppet i en del af måleåret, og der har været et overløbsrør, hvori mængden ikke er målt. Derfor er vandmængden i udløbet fra slambassinerne sat lig med indløbet hertil. Måleren er i sommeren 2006 blevet erstattet med en større, så der nu måles korrekt.

Det recirkulerede flow i de 2 produktionsenheder bliver målt med doppler-sensorer, der måler 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 afløbskanalen fra biofiltret. Disse målinger har en usikkerhed på ca. 5 %. Resultaterne af disse målinger er ikke præsenteret i denne rapport, da det først er i 2. måleår at Ejstrupholm Dambrug er blevet opgraderet til et intensivt målt dambrug.

Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow
		l/s
1	Vandindtag (Indløb okkerfilter)	47
	Vandindtag (efter okkerfilter) (=1)	47
3	Indløb, produktionsanlæg 1 (1-2)	24
10	Udløb, produktionsanlæg 1	23
2	Indløb, produktionsanlæg 2	23
9	Udløb, produktionsanlæg 2	21
6	Efter biofilter, produktionsanlæg 1, recirkulation	-
4	Efter biofilter, produktionsanlæg 2, recirkulation	-
8	Indløb slambassin	2,2
	Samlet tilløb til plantelagune (10+9+11)	46
11	Udløb, klaret slamvand	2,2
14	Udløb plantelagune/dambrug	25

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

Det samlede vandindtag har i gennemsnit for det første måleår været 47 l/sek., hvilket er noget mindre end de tilladte 57 l/s. Indtaget sker fra

dræn under dambruget og borer, der er placeret nær ved vandløbet og plantelagunerne.

Udløbet fra produktionsenhederne er lidt mindre end indløbene. Det skyldes, at der bliver ført vand væk herfra i forbindelse med skylning af filtre og tømning af slamkegler, og at der bliver brugt vand ved udfiskning og sortering. Der synes ikke at ske noget vandtab fra produktionsenhederne.

5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamfælderne (kegler) i bunden af anlæggene tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret (retur)skyllet ved at sende vandstrøm modsat den normale strømretning. Alt slam bliver pumpet til slambassinerne. Slamkeglerne bliver tømt hver 2. eller hver 3. dag. Proceduren for returskylning af filtre er, at 1 af de 5 sektioner i hver produktionsenhed bliver skyllet på hverdage i ca. 30 minutter. Afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling mv.

Under tømning og skylning pumpes ca. 52 l/s til slambassinerne. Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning og skylning er som middel for hele måleåret opgjort til 2,2 l/s, hvilket svarer til ca. 5 % af det samlede vandindtag til dambruget.

5.3 Vandbalance

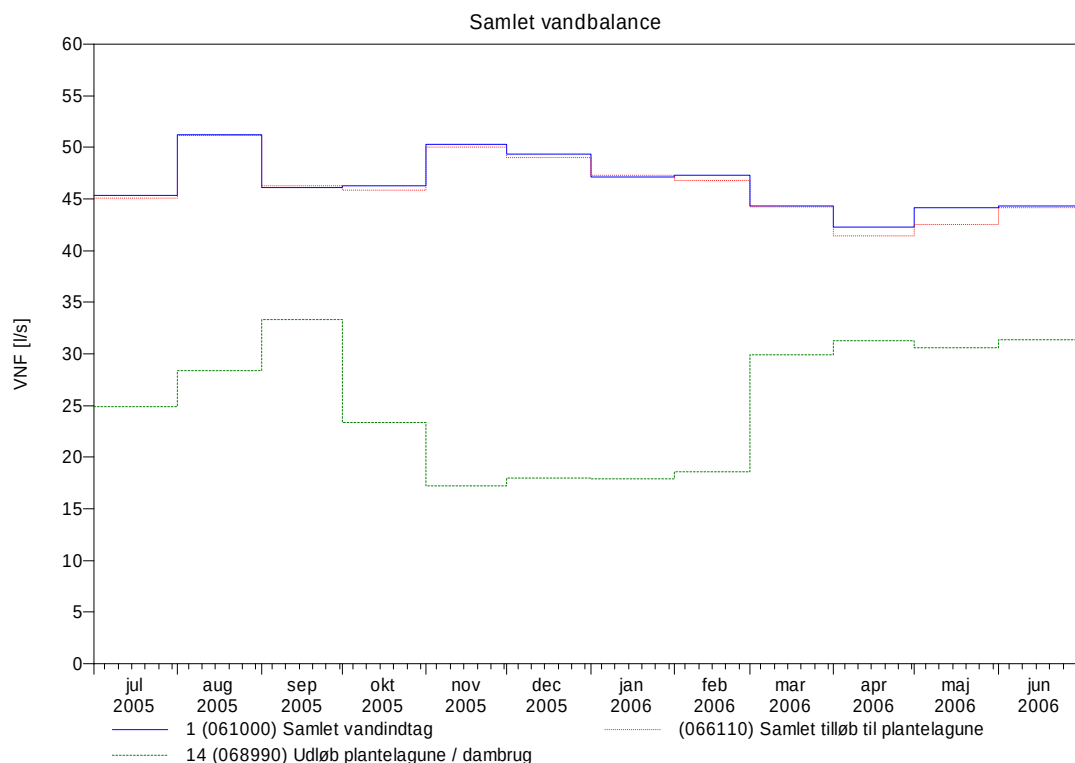
Med et samlet middel vandindtag på 47 l/s og et samlet tilløb til plantelagunen, der kan opgøres til 46 l/s sker der altså kun et meget lille tab i produktionsanlæggene, en difference som ligger indenfor måleusikkerheden.

Nedbør og fordampning i produktionsanlæggene har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun 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 25 l/s. Da det samlede tilløb til plantelagunen som middel har været 46 l/s kan der konstateres et betydeligt tab over plantelagunerne på ca. 21 l/s eller ca. 46 % i det første måleår. Tabet er særlig stort i en periode fra midten af oktober 2005 til og med februar 2006, jf. figur 5.

Der kan findes 3 mulige forklaringer på tabet af vand fra plantelagunen:

1. Der sker en nedsivning fra bunden af plantelagunen til grundvandet
2. Der sker en nedsivning til borer og dræn til dambrugets indvinding
3. Der er utætheder i afgrænsningen mellem plantelagunen og vandløbet



Figur 5 Samlet vandbalance over dambruget, månedsmiddel (l/sek)

Ad 1. Hvis grundvandstanden er lavere end vandstanden i plantelagunen, vil der kunne ske en nedsivning. Afhængig af grundvandets strømningsretning, vil det tabte vand muligvis kunne strømme til vandløbet.

Ad 2. Nedsivning, hvis grundvandstanden er lavere som under pkt. 1, men da der endvidere er en indvinding af vand til dambrugsproduktionen som sker fra overfladenære borer og dræn i umiddelbar nærhed af plantelagunen, kan noget af det nedsivende vand strømme hertil og dermed blive genanvendt i produktionen.

Ad 3. Utætheder og udsivning vil kunne opstå, hvis der er en snæver afgrænsning med smalle dæmninger mellem plantelagune og vandløb, eller der kan være gamle bygværker, stem mv., som ikke er tætte.

Som for produktionsanlægget 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; dette i forbindelse med kraftigt regnskyl.

På Ejstrupholm dambrug kan tabet skyldes en kombination af alle 3 processer. Det virker sandsynligt, at der sker nedsivning til grundvand, da ådalens materiale er grus/sand. Det forekommer også sandsynligt at en del af det nedsivende vand kan strømme til vandindtaget i dræn og borer. Hvor meget nedsivning, hvor stor en andel, der strømmer til borerne og hvor meget der siver ud til vandløbet, kan ikke vurderes på det foreliggende datagrundlag. Det vil kræve en kortlægning af grundvandsbevægelser under og omkring dambruget, som ligger ud over må-

le- og dokumentationsprojektet, for at kvantificere de tre processer. Betydningen af dette vandtab ift. beregnede rensegrader over plantelagunerne, omtales senere.

En del af tabet skyldes også direkte utætheder mellem plantelagunen og vandløbet. Et gammelt bygværk med afløb til vandløbet tæt ved det egentlige afløb fra dambruget her ikke været tæt, og ved høj vandstand i plantelagunen kunne der forekomme direkte overløb. Forholdet er blevet observeret flere gange og fejlen er påpeget overfor dambruget. Den lange periode fra midten af oktober til udløbet af februar, hvor der har været særligt stort tab, har formodentlig sammenfald med overløb fra dette bygværk. Det ekstraordinært store tab i denne periode er skønsmæssigt sat til ca. 10 l/s. Endvidere har amtet i maj 2006 konstateret at der gennem en længere periode har været et mindre afløb fra den nedre del af plantelagunerne (inden afløbet fra plantelagunerne til vandløbet) gennem en grøft, der løber over en mark nedstrøms dambruget. Hvor længe og hvor meget der er afstrømmet vides ikke, men der er tale om ganske få liter per. sekund.

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 være tendens til større flow i sommerperioden. I produktionsanlæg 1 ligger recirkulationsflowet noget over 600 l/s, hvor det i anlæg 2 ligger lidt under. Flowet svarer til, at den gennemsnitlige strømhastighed i produktionsenhedernes sektioner med fisk er knap 0,1 m/sek.

Med et gennemsnitligt vandindtag på 47 l/s (Q_i) (tabel 4) til produktionsanlægget og en skønnet recirkulering i de 2 produktionsenheder på tilsammen på ca. 1.200 l/s (Q_r) kan recirkulationsgraden opgøres til ca. 96 %, beregnet som $(Q_r - Q_i) / Q_r$. For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug er det opgjort, at der på Ejstrupholm dambrug er brugt 3.835 liter vand pr. kg foder eller 3.118 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 0,006 l/s pr. m² plantelagune og dermed knap en fjerdedel af den forudsatte max. belastningen 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

I tabel 5 er beregnet gennemsnitskoncentration for de analyserede, udtagne vandprøver i måleår 1 ved forskellige målesteder på Ejstrupholm Dambrug. Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne over 1. måleår. Dette giver et billede af, hvordan der i de to produktionsenheder inklusiv levérdamme tilføres stof ved fiskeproduktionen og hvordan der fjernes stof via bl.a. slamkegler og biofiltre samt i plantelagunerne.

Det bemærkes, at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler er meget høje for alle kemiske variable på nær nitrit-nitrat. De er samtidig de højeste ved alle målesteder på nær for ammonium-kvælstof og nitrit-nitrat-kvælstof. Især for de kemiske variable som er tilknyttet partikler, er koncentration meget høj i afløb fra slamkegler, altså for organisk kvælstof (total kvælstof minus ammonium-N og nitrit-nitrat-N), total fosfor, BI₅, COD samt suspenderet stof.

Koncentrationerne i returskyllevandet fra biofiltrene er noget højere for total kvælstof, total fosfor, organisk samt suspenderet stof end i afløbet fra de to produktionsenheder. Gennemsnitskoncentrationen i de to produktionsenheder har ikke været signifikant forskellig i det første måleår, og fiskebestanden har også været rimelig ens i de to enheder.

Det bemærkes, at koncentrationen for ammonium-N, total kvælstof, total fosfor, organisk stof (BI₅ og COD) samt suspenderet stof i klaringsvandet fra slambassinerne (afløb fra slambassiner til plantelaguner) er væsentlig højere end i afløbet fra produktionsenhederne, men væsentlig lavere for nitrat-kvælstof.

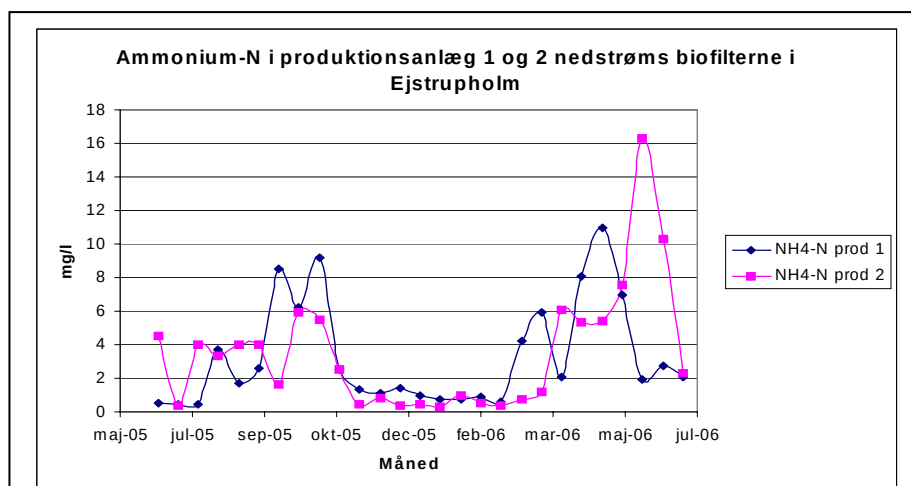
Der er generelt stor spredning hvor der ses høje gennemsnitskoncentrationer, hvilket især gælder slamvand fra slamkegler og returskylning af biofiltre og for klaringsvandet fra slambassinerne. Spredning på koncentrationerne for indtagsvandet er lave, som det måtte forventes (tabel 5).

Målested	NH ₄ -N		NO ₃ -N		Total-N		Ortho-P		Total-P		BI ₅		COD		Susp. stof.	
	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Indløb okkerfilter	0,3	0,1	1,7	0,3	2,1	0,3	0,01	0,01	0,04	0,02	0,9	0,7	6,3	2,1	17,1	25,1
Vandindtag NS okkerfilter	0,3	0,1	1,8	0,3	4,0	7,0	0,01	0,00	0,03	0,01	0,8	0,5	6,0	2,1	15,0	20,5
NS biofilter, produkt. enhed 1	3,6	2,7	7,1	2,0	11,6	3,0	0,16	0,07	0,27	0,11	3,7	0,2	20,0	1,7	4,7	0,7
NS biofilter, produkt. enhed 2	3,6	4,2	6,6	1,8	13,6	2,6	0,13	0,16	0,23	0,17	3,8	0,0	20,7	5,7	4,4	1,1
Afløb biofiltre produkt. enhed 1 + 2	3,1	2,4	5,2	1,5	31,6	12,5	0,31	0,46	13,9	5,28	156	75,3	596	235	536	147
Afløb slamkegler prod. enhed 1 + 2	11,4	5,2	2,2	2,0	107,4	54,5	15,0	19,5	78,8	53,9	2370	985	4826	2436	2578	1130
Klaret slamvand	14,9	1,3	1,4	0,0	29,8	4,0	0,48	0,01	5,25	0,23	202	24,8	486	21,2	170	108
Afløb plantelaguner	2,3	1,0	5,8	0,4	8,7	0,0	0,07	0,01	0,18	0,01	1,8	0,3	15,9	2,9	2,9	0,7

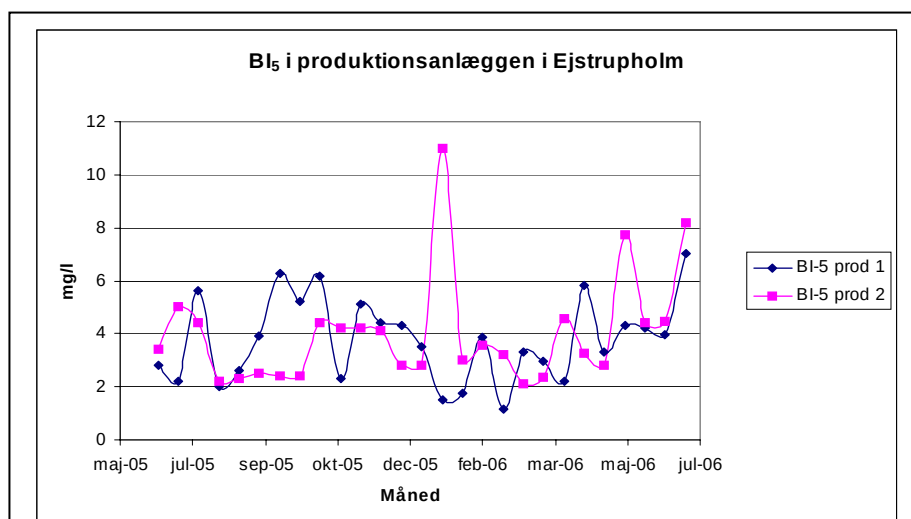
Tabel 5 Gennemsnitskoncentrationen for kemiske variable forskellige målesteder på Ejstrupholm dambrug med tilhørende standardafvigelse (Std). NS = nedstrøms.

Ammonium-N koncentrationen i udløbet fra de to produktionsenheder (dvs. nedstrøms biofiltrene) viser overordnet den samme udvikling gennem det første måleår (figur 7). Fra starten af måleperioden med en sti-

gende fiskebestand varierer men stiger koncentrationer frem mod efteråret til ca. 8 – 9 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ /l, hvorefter koncentrationen hurtigt falder og i perioden november 2005 til slutningen af februar 2006 ligger på ca. 1 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ /l, i en periode hvor også udfodringen har været lav. I løbet af foråret 2006 stiger koncentrationen igen, men med store variationer frem til maj 2006 op til 10-16 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ /l, inden der kommer et brat fald i juni 2006 til ca. 2 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ /l. Biofiltret i produktionsenhed 2 er i foråret 2006 tilsyneladende ½-1 måned efter biofiltret i produktionsenhed 1 ift. omsætning af ammoniak og har tilsyneladende meget svært ved at følge med ammoniakproduktionen i maj 2006. Det var meget koldt i slutning af februar og det meste af marts, fra april steg udfodringen.



Figur 7 Ammonium-kvælstof koncentrationen (mg/l) i produktionsenhed 1 og 2 på Ejstrupholm dambrug i det første måleår



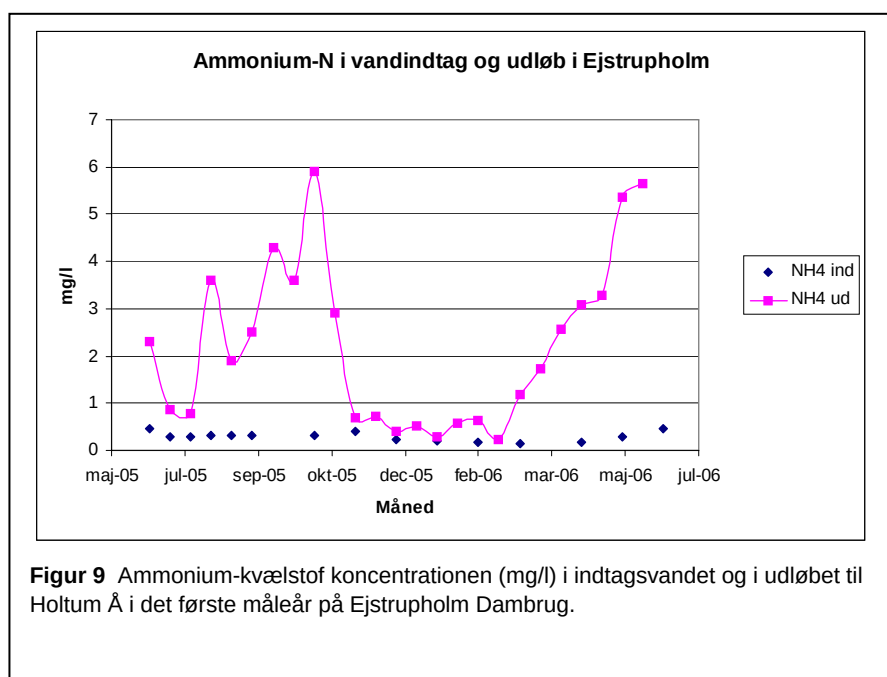
Figur 8 BI₅ koncentrationen (mg/l) i produktionsenhed 1 og 2 på Ejstrupholm dambrug i det første måleår.

BI₅ koncentrationen i udløbet fra de to produktionsenheder udviser mindre variation over det første måleår end de tilsvarende ammonium-N koncentrationer, men har dog samme overordnede tendens med de laveste koncentrationer i vinterhalvåret (1 – 4 mg BI₅ /l) og de højeste i

sommerhalvåret (2 – 8 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$) (figur 8). Overordnet er koncentrationsudviklingen den samme i afløbet i de to produktionsenheder.

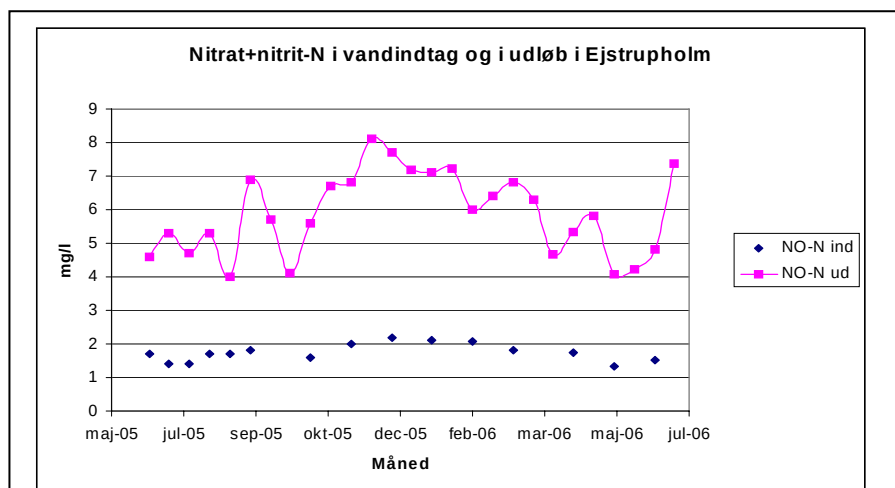
I figur 9 til 16 vises koncentrationsforløbet for de målte kemiske parametre i henholdsvis indtagsvandet og i afløbet fra plantelagunerne (dvs. afløb fra dambruget) til Holtum Å.

Ammonium-kvælstof koncentrationer svinger en del i afløbet fra Ejstrupholm dambrug i begyndelsen af det første måleår og med stigende koncentrationer frem til medio oktober, hvor koncentrationen når knap 6 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ (figur 9). Over den næste måned sker et brat fald, hvorefter koncentrationen ligger på ca. 0,5 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ frem til marts 2006, hvorefter koncentrationen støt stiger frem til juni 2006 op til niveauet fra oktober 2005.

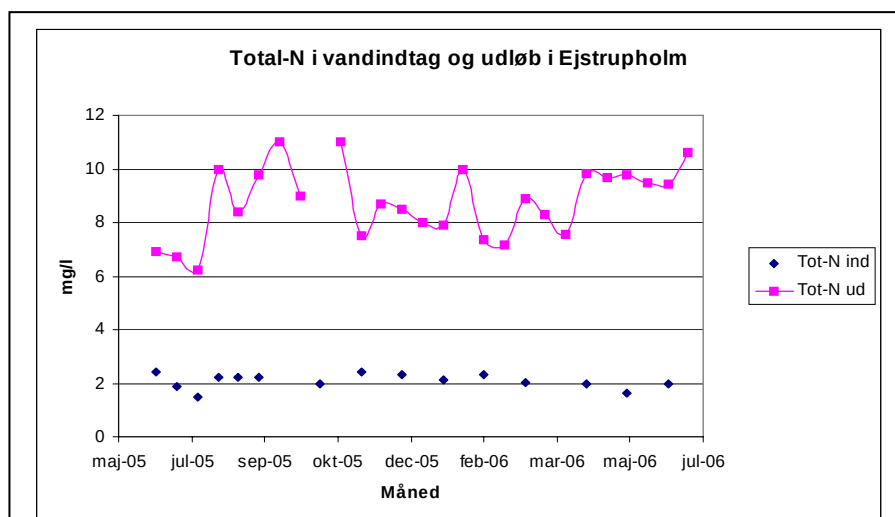


Nitrit-nitrat-kvælstof koncentrationens forløb (hvor langt hovedparten er nitrat) er i nogen grad i modfase med den tilsvarende ammonium-N koncentration i udløbet fra Ejstrupholm dambrug (figur 10). Nitrit-nitrat koncentrationen starter på ca. 5 mg $\text{NO}_{23}\text{-N/l}$ og når en koncentration primo september på 7 mg $\text{NO}_{23}\text{-N/l}$, hvorefter koncentrationen falder frem til oktober. Hen over vintermånederne sker der en gradvis stigning i koncentrationen til et niveau på 6-8 mg $\text{NO}_{23}\text{-N/l}$. Fra slutning af marts til starten af juni 2006 varierer koncentrationen mellem 4 og 6 $\text{NO}_{23}\text{-N/l}$ for derefter at stige i løbet af juni 2006.

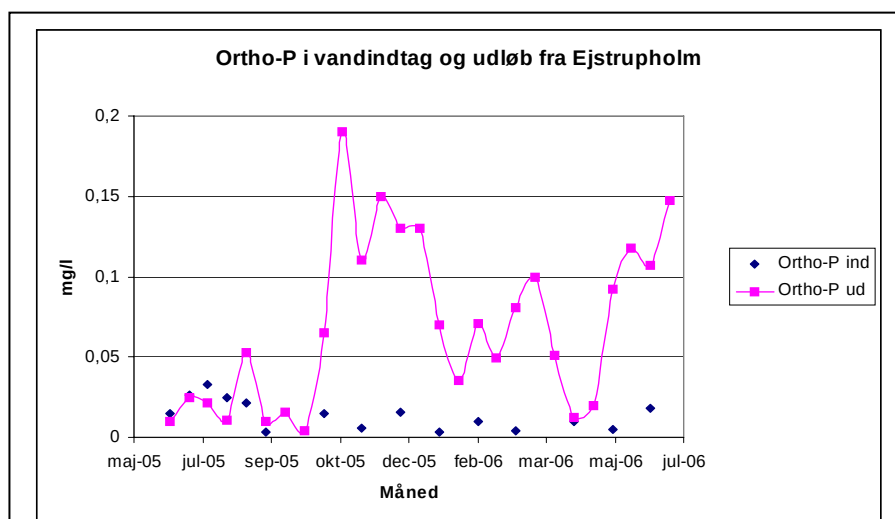
Koncentrationen af $\text{NH}_4\text{-N}$ i indtagsvandet (dræn/ grundvand) er lav og variabel (ca. 0,15 - 0,45 mg $\text{N}^{\text{H}_4}\text{-N/l}$) med måske en svagt stigende tendens fra foråret 2006, der dog ikke er statistisk sikker. Tilsvarende er koncentration af $\text{NO}_{23}\text{-N}$ i indtagsvandet konstant ca. 2 mg $\text{NO}_{23}\text{-N/l}$ gennem hele det første måleår uden nogen tendens i koncentrationsudviklingen.



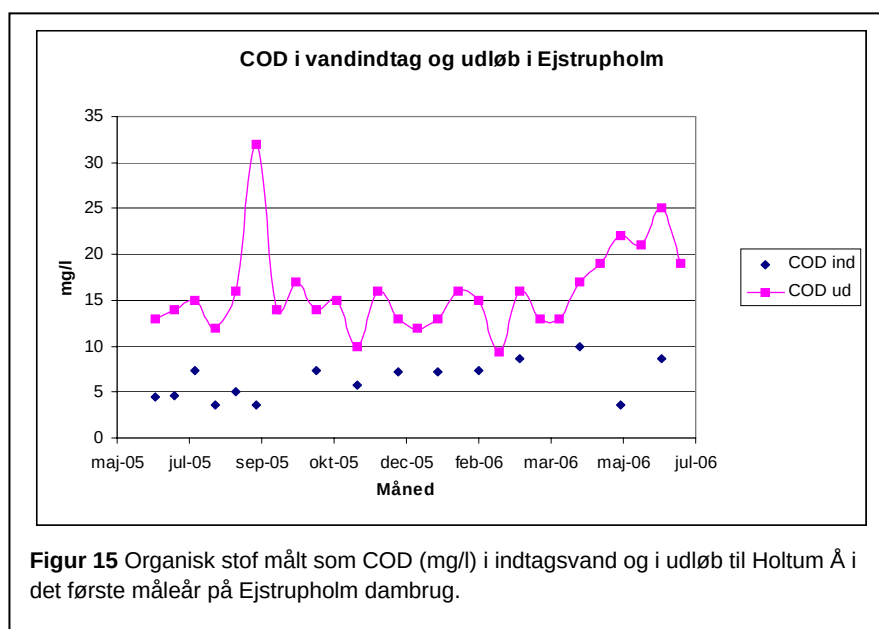
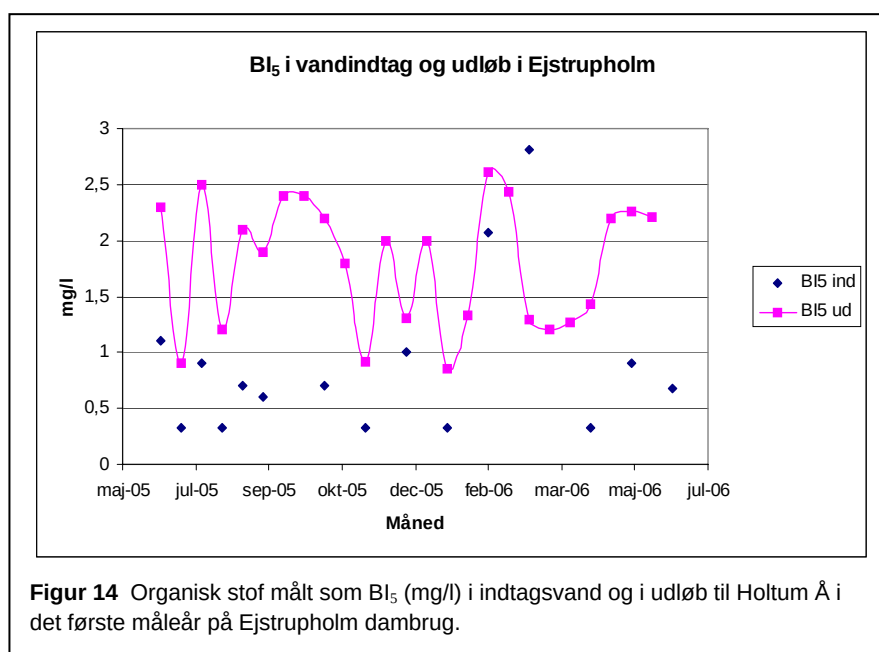
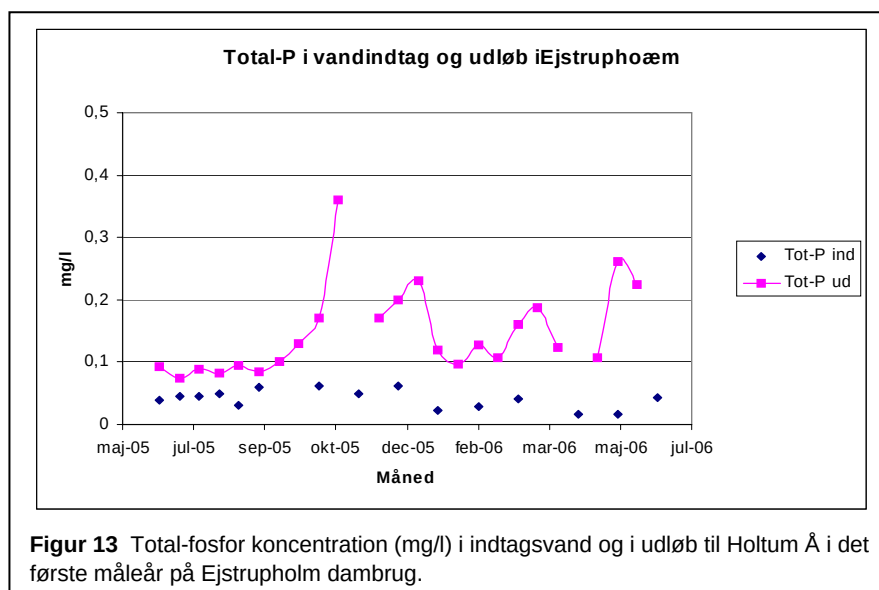
Figur 10 Nitrat+Nitrit-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvand og i udløbet til Holtum Å i det første måleår på Ejstrupholm dambrug.

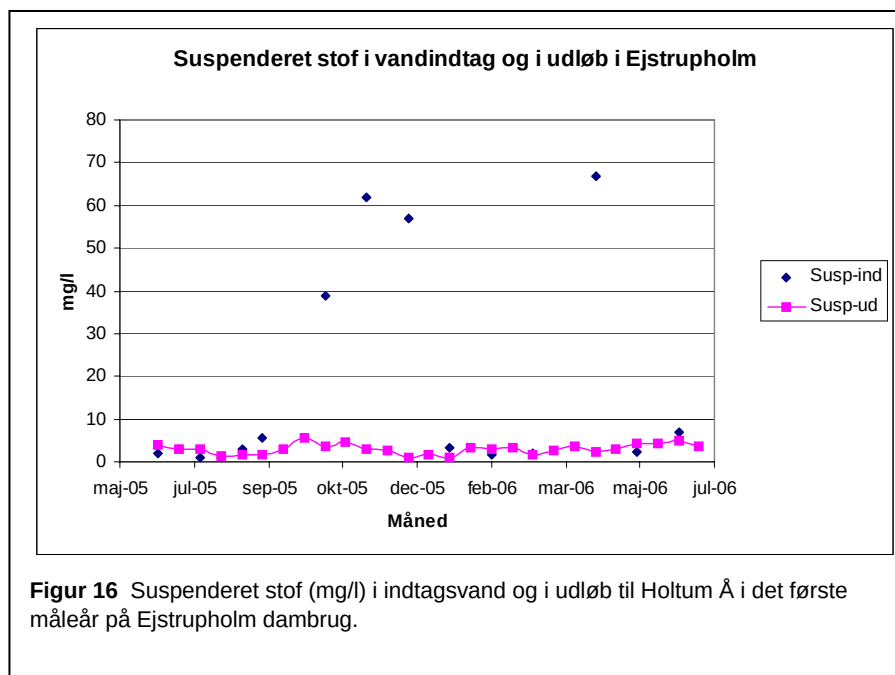


Figur 11 Total-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Holtum Å i det første måleår på Ejstrupholm dambrug.



Figur 12 Ortho-fosfat koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Holtum Å i det første måleår på Ejstrupholm dambrug





Total-kvælstof koncentrationen i udløbet fra Ejstrupholm dambrug har, bortset fra juni - juli 2005, svinget mellem 8 og 11 mg N/l (figur 11). Total-kvælstof består primært af ammonium-N og nitrit+nitrat-N, mens partikulært kvælstof (organisk kvælstof) kun udgør en mindre andel. Den lidt lavere total kvælstof koncentration i vintermånederne afspejler således det relativt store fald i ammonium-N koncentrationen i vintermånederne i udløbet fra dambruget.

I lighed med nitrat-kvælstof kan orthofosfat-P optages af planterne i plantelagunen i vækstsæsonen. Endvidere kan det i et vist omfang bindes til sediment og evt. slam, der ligger på bunden af plantelagunerne. Fra 1. måleårs begyndelse var der etableret nogen plantevækst i plantelagunerne samtidig med at fiskebestanden ikke var særlig stor i de første uger. Orthofosfat koncentrationen er da også lav - 0,01-0,05 mg P/l - frem til slutningen af september 2005. Frem til slutningen af oktober 2005 stiger orthofosfat koncentrationen til næsten 0,2 mg P/l og ligger på et højt niveau resten af 2005, hvorefter der igen i marts og starten af april 2006 er et markant koncentrationsfald afbrudt af en koncentrationsstigning i februar. Fra midten af april 2006 stiger koncentrationen gradvist op til 0,15 mg P/l. Orthofosfat koncentrationen i indtagsvandet er på niveau med koncentrationen i udløbsvandet fra Ejstrupholm dambrug i begyndelse af måleår 1 samt i starten af april 2006, men ellers betydeligt lavere.

Orthofosfat-P udgør i det meste af 1. måleår ca. halvdelen af det fosfor, der tabes fra dambruget via afløbet, dog mindre i begyndelse af måleåret og mere sidst i perioden. Overordnet følger total-fosfor koncentrationen koncentrationsforløbet for orthofosfat-P (figur 13). Det betyder også, at en større andel af de fosforholdige partikler, der dannes som konsekvens af fiskeproduktionen, fanges i slambassinerne eller i plantelagunerne. Der har i et par tilfælde været analyseret urealistisk høje total fosfor koncentrationer, disse er indtil videre udeladt at figurere og beregninger ("huller" på figur 13). Total-fosfor koncentrationen i indtagsvandet er ca.

50 % af koncentrationen i udløbsvandet fra Ejstrupholm Dambrug i begyndelsen af måleår 1 samt i starten af april 2006 men ellers betydeligt lavere. Koncentrationen varierer moderat over måleåret og uden nogen tendens.

Koncentrationsforløbet gennem første måleår for organisk stof i udløbet fra Ejstrupholm Dambrug udtrykt ved henholdsvis BI_5 (figur 14) og COD (figur 15) fremstår lidt forskellig. BI_5 -koncentrationen varierer meget fra uge til uge og er sjældent konstant i mere end 4-6 uger ad gangen. Koncentrationen har gennem hele første måleår svinget mellem ca. 1 og 2,5 mg BI_5 /l. Koncentrationen i indtagsvandet varierer overraskende meget og ligger generelt mellem ca. 0,3 og 1,1 mg BI_5 /l, men der er to værdier på 2 – 3 mg BI_5 /l. Det tyder på, at noget af indtagsvandet kunne være overfladenært eller at der på stedet, hvor der tages prøver af indtagsvandet, sker en vis kontaminering med organisk materiale.

COD-koncentrationerne varierer generelt mindre end BI_5 -koncentrationen. På nær en høj koncentration primo september 2005 (32 mg/l) er COD-koncentrationen 10 – 17 mg/l frem til april 2006, hvorefter den gradvis stiger til ca. 20 – 25 mg/l. COD koncentrationen i indtagsvandet varierer mindre end den tilsvarende BI_5 -koncentration og varierer mellem 4 og 10 mg/l.

BI_5 forbruges bl.a. i biofiltret i forbindelse med bakteriel omsætning. Samtidigt er en høj opholdstid vigtig for en stor omsætning af BI_5 (Fjorback et al. 2003). BI_5 udgør mellem ca. 10 og 30 % af COD i udløbet fra dambruget, hovedparten af COD er således langsomt eller svært omsætteligt og betinget af andre processer end omsætningen af let omsætteligt organisk stof (BI_5).

Koncentrationen af suspenderet stof (partikler) varierer kun lidt sammenlignet med de andre kemiske variable, der er tilknyttet partikler (f.eks. total fosfor). Der er ikke nogen tendens i koncentrationen af suspenderet stof i det første måleår som ligger på et lavt, relativt stabilt niveau på 1-5 mg/l (figur 16). Koncentrationen af suspenderet stof i udløbet fra Ejstrupholm dambrug er lav sammenlignet med f.eks. koncentrationen af COD, hvor en del af dette stof er partikulært bundet. Det bemærkes endvidere, at den målte koncentration af suspenderet stof i indtagsvandet i flere tilfælde har været noget højere end den tilsvarende koncentration i udløbsvandet, hvilket får indflydelse ift. beregning af overholdelse af udlederkravene, jf kapitel 7.

Det fremgår af kapitel 5.3 at der er et ganske stort vandtab over plantelagunerne på 46 % af tilførslen til disse I det første måleår, og i perioden medio oktober til ultimo februar er tabet over 60 % af tilførslen. I denne periode med ekstra stort vandtab vurderes det, at ca. 10 l/s eller en tredjedel af vandtabet i perioden er sket via et utæt gammelt bygværk ud i Holtum Å, når vandstanden har været høj i plantelagunerne. Dette er ophørt omkring 1. marts. Koncentrationen i det vand, der er løbet ud via bygværket er ikke målt, men må formodes at ligge i samme størrelsesorden som i det målte udløbsvand. Dette betyder, at de faktiske udledninger (i mængder) i perioden medio oktober 2005 til og med februar 2006 reelt har været højere end det, som bestemmes alene ud fra det målte udløb fra dambruget.

Med det vand, der evt. siver ned gennem bunden af lagunerne kan der alene følge opløste stoffer som ammoniak, nitrat, orthofosfat samt i mindre omfang opløst organisk stof. Hvorvidt dette kan have påvirket koncentrationsudviklingen i udløbet fra Ejstrupholm dambrug er vanskeligt at vurdere, og er ikke en del af projektet. Problemstillingen omkring vandtab og evt. påvirkning af de fundne resultater behandles yderligere i kapitel 9 og 12.

7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen for Ejstrupholm 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 de i denne rapport’s kapitel 2.3 angivne. Udlederkravene må tolkes som værende koncentrationer i afløbet fra dambruget og ikke som normal praksis (og som angivet i modeldambrugsbekendtgørelsen), en koncentrationsforøgelse i forhold til dambrugs indløb (indtagsvandets koncentration). Vejle Amt har stillet krav om, at overholdelse af udlederkravene foretages ved tilstandskontrol for alle 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 virksomhed.

Imidlertid er DS 2399 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, hvordan 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 fremfor koncentrationsforøgelser i afløbet det problem, der ellers opstår ved selve den statistiske beregning af, om udlederkravene er overholdt med DS 2399. DS 2399 kan nemlig kun anvendes på den faktiske koncentration i udledningerne og ikke på koncentrationsforskellen, fordi der i DS 2399 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	35	3,38	-1,87	37 (3)
NH ₄	4,8	2,56	2,89	4,9 (0,4)
Total-N	7,2	9,33	7,37	7,4 (0,6)
Total-P	0,59	0,200	0,226	0,62 (0,05)
BI ₅	8,3	2,07	1,34	8,4 (0,7)

Tabel 6 Kontrol på udledningerne fra Ejstrupholm 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 vandindtag før ombygning og max. vandindtag efter ombygning.

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)*. Kursiv i tabel 6 angiver, hvor udlederkravene ikke har været overholdt for en given kemisk variabel ved den angivne kontrolmetode. Udlederkontrollen viser, at Ejstrupholm Dambrug har overholdt alle udlederkrav i det første måleår på nær for total kvælstof uanset hvilken kontrolmetode, der anvendes. Udledningen af ammoniak er relativ høj, men overholder udlederkravet. Den beregnede negative udledning af suspenderet stof fundet efter bekendtgørelsen for modeldambrugs kontrolregler skyldes, at der i flere tilfælde har været målt høje koncentrationer af suspenderet stof i indtagsvandet.

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, svarende til en faktor ca. 12 (forholdet mellem tidligere vandindtag, der har været lidt højere end medianminimum ved dambruget på 620 l/s og tilladte vandindtag efter ombygning på 57 l/s) på udlederkravværdier. I så fald ville Ejstrupholm dambrug overholde alle udlederkrav på nær for total-kvælstof ved 95 % statistisk sikkerhed baseret på tallene fra det første måleår.

Det fremgår i øvrigt, at for alle stoffer har amtet i miljøgodkendelsen fastlagt kravværdierne stort set lig med de teoretiske kravværdier efter dambrugsbekendtgørelsen, dvs. med fuld kompensation for reduktionen i vandindtaget. Det skal dog erindres, at amtet med kontrol alene på koncentrationer i afløbet fra dambruget i realiteten forudsætter at koncentrationen i indtagsvandet er 0, hvilket ikke er tilfældet.

Eftersom udlederkontrollen har skullet foretages som tilstandskontrol på koncentrationer i afløbet har det ikke umiddelbart indflydelse på overholdelse af udlederkravene, at der i perioder har været konstateret direkte afløb fra plantelagunerne til Holtum Å ud over det egentlig afløb fra dambruget, idet det antages at koncentrationen i disse udledninger nogenlunde har været lig med koncentrationen i det egentlige afløb fra dambruget.

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag:

I følge den førte driftsjournal har foderforbruget i det første måleår været på i alt 386,5 tons, hvilket er lidt højere end det tilladte foderforbrug på 379 tons pr. en driftsperiode (52 uger). Det er opgjort at der er produceret 475 tons fisk (inkl. døde) dvs. med en foderkoefficient på 0,813.

På baggrund af foderanalyser fra batches på Ejstrupholm dambrug, fordøjelighedsforsøg og et antaget foderspild på 1% er der beregnet produktionsbidrag (dvs. det stofbidrag – den mængde affaldsstoffer - som alene skyldes fiskeproduktionen) for total kvælstof, total fosfor, BI_5 og COD (tabel 7).

Produktionsbidrag	NH_4-N	Total N	Total P	BI_5	COD
l kg	11.183	13.751	1.930	25.982	86.607
l kg pr. tons foder	28,9	35,6	5,0	67,2	224
l kg pr. tons fisk	23,5	28,9	4,1	54,7	182

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

8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof der fjernes i forskellige dele af dambruget er det beregnet, hvor store stofmængder der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget, så der kan beregnes massebalancer hen over produktionsenhederne, plantelagunerne og over hele dambruget. 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 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 er boringer (indtagsvandet = I) og foder (produktionsbidrag eller bidrag fra fiskeproduktionen = P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra slamkegletømning i sættefiskanlæg, levérdam og de to produktionsenheder, returskylning af biofiltre i produktionsanlægget samt via de forøgede stofmængder, der løber ud af produktionsanlægget til plantelagunerne. Produktionsbidraget er opgjort samlet for de to produktionsanlæg.

Som omtalt i kapitel 5.1 tabes der vand over dambruget, netto ca. 46 % som et gennemsnit for det første måleår. Der er ikke noget vandtab over produktionsanlægget ud over hvad der kan tilskrives en beskeden måleusikkerhed, således at vandtabet sker over plantelagunerne. Som omtalt

skyldes en del af denne afvigelse af der i en længere periode var et direkte vandtab ud over et bygværk til Holtum Å på ca. 10/s samt et mindre tab i en periode ud i en grøft fra en plantelagune på max. 2 l/s (se afsnit 5.3). Det resterende vandtab sker ved nedsivning. Det direkte vandtab til Holtum Å fra plantelagunerne ud over det egentlige afløb til åen antages i gennemsnit at have været 6 l/s eller svarende til, at vandtabet til Holtum Å reelt skal øges med 24 % ift. det målte i udløbet. I de følgende beregninger er der derfor ved beregning af massebalancer (tabel 8) og rensegrader (kapitel 9) gået ud fra:

- de faktiske målinger i de egentlige udløb fra dambruget
- en antagelse om, at det direkte vandtab til Holtum Å ud over det egentlige afløb fra dambruget har haft samme koncentration som i det egentlige udløb, dvs. at det antages at det faktiske stoftab har været 13 % højere end det målte.

Den vandmængde, der tilføres og afledes fra slambassiner, er der en vis usikkerhed på. Det skyldes dels at der kun tilføres vand i visse perioder, således at beregningerne er afhængige af tidsangivelser for hvornår pumper fra slambrønde til slambassiner har kørt og at der er et overløbsrør fra slambedene (uden et vandur) som har været i anvendelse i kortere perioder, jf. kap. 5.1. Det er dog lykket at få vandbalancen over slambassiner til at stemme.

	Vandmæng. m 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 samlet	1.470.083	31.368	408	2.612	3.067	18	60	1.355	9.645
Produktionsbidrag (P)	-	-	11.283	-	13.751	-	1.930	25.982	86.607
Samlet stofinput (I+P)	1.470.083	>31.368	11.591	>2.612	16.818	>18	1.990	27.337	96.252
Indløb prod. enhed 1	742.657	15.632	205	1.318	1.548	9	30	708	4.935
Indløb prod. enhed 2	727.426	13.236	184	1.321	3.144	5	23	597	4.485
Samlet til prod. anlæg	1.470.083	28.868	389	2.639	4.692	14	53	1.305	9.420
Udløb prod 1	712.382	3.387	2.309	5.228	8.511	123	201	2.619	13.921
Udløb prod 2	676.576	3.096	2.188	4.635	9.129	90	158	2.637	14.085
Samlet afløb prod. anlæg	1.388.958	6.483	4.497	9.863	17.641	213	359	5.255	28.006
Klaret slamvand	70.022	11.890	1.052	87	2.075	33	363	13.866	33.266
Tilført plantelaguner i alt	1.458.980	18.373	5.549	9.950	19.715	245	722	19.121	61.272
Afløb plantelaguner	795.433	2.389	2.046	4.541	7.091	50	149	1.488	13.140
Afløb plantelaguner just.	988.337	2.962	2.537	5.631	8.793	62	188	1.845	16.294

Tabel 8 Beregnede samlede stofmængder i første måleår ved forskellige målesteder på Ejstrupholm dambrug. I = stofmængder i indtagsvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen (foder). Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. I den justerede værdi for afløb fra plantelagunerne er der taget højde for et vandtab direkte fra plantelagunerne til Holtum Å ud over det egentlige afløb fra dambruget. Det gennemsnitlige vandindtag har været 46,6 l/s.

I modsætning til de fleste gennemstrømningsanlæg giver produktionsbidraget på Ejstrupholm Dambrug lang større stoftilførsel end vandindtaget.

Stofmængden i afløb fra slambassinerne (det klarede slamvand) for suspenderet stof, total fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) er af samme

størrelsesorden eller større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra de to produktionsenheder. Endvidere tilføres plantelagunerne også en del ammonium med klaringsvandet fra slambassinerne. Det betyder, at en større del af det stof, der egentligt allerede er tilbageholdt og overført til slambassinerne, tilbageføres til plantelagunerne. Det bemærkes også, at plantelagunerne tilføres ganske store mængder ammonium, mest via afløb fra produktionsanlægget, men også med klaringsvandet fra slambedene.

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensegrader

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over del-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 formel forudsætter at vandindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10% af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket er opfyldt for Ejstrupholm Dambrug, der i det første måleår i gennemsnit har indtaget 7,5% af Holtum Ås medianminimumsvandføring på 620 l/s på strækningen ved dambruget.

For at tage højde for at der i løbet af det første måleår har været direkte udløb i Holtum Å fra plantelagunerne ud over via det egentlige afløb fra dambruget er der i kapitel 9.2 og 9.3 gennemført beregning ud fra de faktiske målinger i afløbet fra dambruget samt nogle korrigerede beregninger hvor den skønnede vandmængde er tillagt, ved at hæves den registrerede vandmængde i afløbet med 24 % og anvender de målte koncentrationer i afløbet. Det er de korrigerede værdier, der kommenteres i de følgende afsnit.

9.2 Rensegrader over hele dambruget

Målinger og beregninger for første det første måleår viser at nettorensesegraden (R_N) har været 58 % for total kvælstof (N), 94 % for total fosfor (P) og 98 % for organisk stof udtrykt som BI_5 ud fra de korrigerede bereg-

ning af rensegrader (tabel 9). Dette er betydeligt højere end forudsætnin-
gerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldam-
brug. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 11 %, 60
% og 75 % for de tre kemiske variable for et type III modeldambrug uden
mikrosigter. For total kvælstof skal der til de 11 % dog tillægges, at plan-
telagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr dag pr m², dvs. 365 g pr. m²
pr. år eller med de 8.050 m² plantelagune, der er målt ved Ejstrupholm
Dambrug, 2.938 kg total kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til at net-
torensgraden for kvælstof mindst skal være 32%, hvilket til fulde er op-
fyldt.

I de beregnede rensegrader (også de korrigerede) indgår det stof, der er
fjernet grundet nedsivning fra plantelagunerne. De beregnede rensegra-
der er derfor et maksimalt mål for permanent stoffjernelse som reelt kan
være lavere på enkelte parametre (se kap. 12).

Man skal være opmærksom på at for modeldambrugene under forsøgs-
ordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger således at det er
den forventede rensegrad for fosfor, der har bestemt den tildelte foder-
mængde. Det betyder generelt, at dambruget skal op omkring en rense-
grad på 60-65 % for total kvælstof for efterfølgende at kunne opfylde
rensegraderne ift. til det tildelte foderforbrug. Selv om rensegraderne for
total kvælstof er høj kan dette forhold være årsagen til at det ikke ud fra
tilstandskontrol af udledninger efter DS2399 har været muligt at over-
holde udlederkravene for total kvælstof.

	Vandmængde m ³	NH ₄ -N Kg	Total-N kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagvand samlet (I)	1.470.083	408	3.067	60	1.355	9.645
Produktionsbidrag (P)	-	11.183	13.751	1.930	25.982	86.607
Stofbidrag indtagvand + produktionsbidrag (I + P)	1.470.083	11.592	16.818	1.990	27.337	96.252
Målte udledning fra dambruget (U _M)	795.433	2.046	7.091	149	1.488	13.140
Dambrugets nettoudledning U _N (U _M minus I)	-674.650	1.638	4.024	89	133	3.495
Nettorensgrad R _N (%) jf. formel (1)		85	71	95	100	96
Bruttorensgrad R _B (%) jf. formel (2)		82	58	93	95	86
Stofudledning netto i g pr kg produceret fisk		3,5	8,5	0,19	0,28	7,4
Stofudledning brutto i g pr kg produceret fisk		4,3	15	0,31	3,1	28
Målte udledning fra dambruget (U _M) – kor.	986.336	2.537	8.793	184	1.845	16.294
Dambruget nettoudledning U _N (U _M minus I) – kor.	-483.746	2.129	5.726	124	490	6.649
Nettorensgrad R _N (%) jf. formel (1) – kor.		81	58	94	98	92
Bruttorensgrad R _B (%) jf. formel (2) – kor.		78	48	91	93	83
Stofudledning netto i g pr kg produceret fisk – kor.		4,5	12	0,26	1,03	14
Stofudledning brutto i g pr kg produceret fisk – kor.		5,3	19	0,39	3,89	34

Tabel 9 Beregnede udledninger til vandløb og rensegrader over Ejstrupholm 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. Med kursiv er vist de tilsvarende udledninger og rensegrader, men hvor der er taget højde for at det direkte vandtab fra plantelagunen til Holtum Å ud over det egentlige afløb fra dambruget.

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

Beregningerne viser, at nettorensgraden (korrigerede) har været 81% for ammonium-N og at udlederkravene er overholdt, idet der i miljøgodkendelsen er taget fuld højde for det reducerede vandindtag ved fastlæggelsen af udlederkravene af ammonium.

Forskellen mellem netto- og bruttorensgraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af produktionsbidraget. Det har mindst betydning for ammoniak, total fosfor og BI_5 hvor de to mål for rensgrader er næsten ens og størst ved total N hvor bruttorensgraden er 10 procentpoint (17 %) 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). Beregninger er også udført, hvor der er korrigeret for det direkte vandtab (med kursiv). 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.

Nettostofudledningerne fra Ejstrupholm Dambrug pr. kg. produceret fisk har selv ved de korrigerede beregninger været væsentlige lavere for fosfor og organisk stof end ved Døstrup Dambrug. For ammonium og total kvælstof har de til gengæld været på samme niveau.

9.3 Rensgrader over produktionsanlægget og over plantelaguner

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensgrader over produktionsanlægget inkl. levérdamme (tabel 10) og over plantelagunerne (tabel 11). I forhold til afløb af klaringsvand fra slambassinerne kan der ikke skelnes mellem fra hvilken produktionsenhed det stammer. I tabel 10 er der derfor angivet den samlede mængde klaringsvand med tilhørende stofmængder. Produktionsbidraget er det samlede produktionsbidrag vedr. det anvendte foder i første måleår.

Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne og biofiltrene og som føres over i slambassinerne. Det dækker endvidere også en evt. omsætning af stof som giver anledning til et stoftab i produktionsenhederne i levérdamme samt i biofiltrene (og evt. i slamkeglerne). Stoffjernelsen i produktionsanlægget er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlægget via boringsvandet og produktionsbidraget minus det stof, der er målt løbende fra de to produktionsenheder (inkl. levérdamme) til plantelagunerne. Da vandbalancen over produktionsanlægget passer sker der formentlig ikke ind/udsivning fra dette og dermed ikke stof-tab/stoftilførsel; det sker alene over plantelagunerne (tabel 4).

For plantelagunerne beregnes stoftilbageholdelsen som forskellen mellem det stof, der tilføres fra de to produktionsenheder (inkl. levérdamme) samt med klaringsvandet fra slambassinerne minus det stof som udløber fra dambruget (afløb plantelaguner målt og korrigeret).

Rensegraderne er både 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)

For produktionsanlægget er stoffjernelsen desuden blevet beregnet som angivet i de to dots ovenfor, men hvor der er modregnet for, at en større del af det stof, der overføres til slambassinerne via tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre, efterfølgende ledes til plantelagunerne sammen med klaringsvandet fra slambassiner. Dette stof er dermed reelt ikke fjernet. Dette er således et mål for netto stoffjernelse i slamfælder og biofiltre (og andre steder i produktionsanlægget), mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelsen/omsætningen i slamfælder og biofiltre og evt. andre steder i produktionsanlægget (hvad de har tilbageholdt/fjernet og ført over i slambedene). 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 produktionsanlægget kunne præstere. Samtidig vil plantelagunerne skulle tilbageholde mindre stof og udledninger kan antages at blive reduceret.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per m² 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 kan fjerne mere af nogle stoffer end de faktisk gør, hvis de blev belastet hårdere.

Umiddelbart fjernes store dele (mellem godt 60 og godt 80 %) af stofinputtet i produktionsanlægget ift. ammoniak, total fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) og endnu højere andele, hvis stoffjernelse beregnes ift. produktionsbidraget. Til gengæld er der ikke målt nogen fjernelse af total kvælstof over produktionsanlægget. Skal man reelt vurdere stoffjernelsen i produktionsanlægget 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. Ses på den reelle nettofjernelse af stof i de to produktionsenheder, så er denne set ift. pro-

duktionsbidraget på 54 % for ammonium, 66 % for total fosfor og 32-40 % for organisk stof. For kvælstof viser beregningerne at der decideret skulle være tale om en netto frigivelse over produktionsanlægget, hvilket både kan skyldes usikkerhed på produktionsbidraget af total kvælstof og/eller usikkerhed på de kemiske analyser, da den samlede vandbalance over produktionsanlægget passer. Det antages derfor at netto tilbageholdelse over produktionsanlægget af total kvælstof har været nul procent.

Produktionsanlæg	Vandmæng.	Suspend. stof	NH ₄ -N	Total-N	Total-P	BI ₅	COD
	m ³	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Indtag vand samlet (I)	1.470.083	31.368	408	3.067	60	1.355	9.645
Produktionsbidrag (P)		-	11.183	13.751	1.930	25.982	86.607
I alt tilført produktionsenhederne		>31.368	11.591	16.818	1.990	27.337	96.252
Afløb fra samlede produktionsanlæg	1.388.958		4.497	17.641	359	5.255	28.006
Stoffjernelse over samlede produk. anlæg		6.483	7.094	-823	1.631	22.082	68.245
Stoffjernelse i produkt. anlæg i % af input (a)		-	61	-5	82	81	71
Stoffjernelse i produkt. anlæg i % af prod. bidrag (b)		-	63	-6	85	85	79
Stof klaringsvand fra slambede til plantelaguner	70.022	11.890	1.052	2.075	363	13.866	33.266
Som (a) men reguleret for stoftab i klaringsvand			52	-17	64	30	36
Som (b) men reguleret for stoftab i klaringsvand			54	-21	66	32	40

Tabel 10 Stoffjernelse over det samlede produktionsanlæg med tilhørende rensegrader for det første måleår ved Ejstrupholms Dambrug for de kemiske variable. Rensning i levérdamme er medregnet.

Selv om tilbageholdelse af fosfor er høj over de to produktionsenheder tabes der meget fosfor med klaringsvandet fra slambedene til plantelagunerne således at nettorenssegraden reduceres væsentlig ift hvad der fjernes/tilbageholdes i selve produktionsanlægget. Dette er endnu mere udtalt ift. organisk stof.

Fjernelsen af ammonium er et udtryk for at dette omdannes til nitrit/nitrat. Dermed fjernes der ikke kvælstof, men der sker i stedet en tilførsel af nitrat til slambassinerne og efterfølgende til plantelagunerne. Nitraten kan efterfølgende enten optages i planter eller omsættes til frit kvælstof, hvis der er slam på bunden af plantelagunerne med let-omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold. Det kan også sive med vandet ud af bunden på plantelagunerne, hvor noget kan omsættes og noget nå enten grundvandet eller vandløbet og endeligt kan det udledes med udledningerne fra dambruget.

Såfremt der ikke tages højde for om der med vandtabet ud af bunden på lagunerne (på ca. 33 % af tilførslen til plantelagunerne når der er korrigeret for direkte vandtab fra disse til Holtum Å) også tabes stof, så tilbageholdes/fjernes godt halvdelen (54 %) af det tilførte ammonium-N i plantelagunerne (korrigerede tal, tabel 11). Tilsvarende tilbageholdes henholdsvis 43 %, 55 % og 74% af det tilførte nitrat, total kvælstof og fosfor. Der omsættes meget let-omsætteligt organisk stof (90 % af tilført BI₅), mens tilbageholdelsen af tilført COD er lidt lavere, nemlig 73%. Ammonium-N er på opløst form og kan derfor følge med det vand, der siver nedenud af plantelagunerne. Det er ikke muligt at vurdere, hvor det vand der siver ud af plantelagunerne løber hen uden nærmere kortlæg-

ning og studier heraf, men en del genindvindes uden tvivl som indtagvand til dambruget. Noget af det opløste stof, der følger med nedsivningsvandet vil også blive omsat i jorden under mættede forhold, f.eks. nitrat og en del af det opløste fosfor kan bindes til jordpartikler. Noget af det opløst organiske stof kan også omsættes ved nedsivning. Partikulært bundne stoffer akkumuleres på bunden af plantelagunerne.

Plantelagune	Vandmæng.	Susp. stof	NH ₄ -N	NO ₂₃ -N	Total-N	Ortho-P	Total-P	BI ₅	COD
	m ³	kg	Kg	kg	Kg	kg	kg	kg	kg
Samlet tilførsel til plantelaguner	1.458.980	18.373	5.549	9.950	19.715	245	722	19.121	61.272
Udløb fra plantelaguner til vandløb	795.433	2.389	2.046	4.541	6.873	50	149	1.488	13.140
Tilbageholdelse i plantelagunen	663.547	15.984	3.503	5.410	12.842	194	573	17.633	48.132
Tilbagehold. plantelagune i % af input	45	87	63	54	64	79	79	92	79
Tilbagehold. plantelagune i % af prod.bidrag	-	-	31	-	92	-	30	68	56
Tilbageholdelse i % brutto input dambrug	46	-	30	-	75	-	29	65	50
Tilbageholdelse i gram. pr. m ² ved 8.050 m ²	-	5,4	1,2	1,8	4,3	0,1	0,2	6,0	16
<i>Tilbageholdelse i plantelagunen –kor.</i>	472.643	15.411	3.012	4.320	10.922	182	538	17.278	44.978
<i>Tilbageh. plantelagune % af tilført stof –kor.</i>	32	84	54	43	55	74	74	90	73
<i>Tilbageh. plantelagune % af prod.bidrag –kor.</i>	-	-	27	-	79	-	28	66	52
<i>Tilbageh. i % brutto input dambrug – kor.</i>	32	-	26	-	65	-	27	63	47
<i>Tilbageh. i g pr. m² pr. dag (8.050 m²) – kor.</i>	-	5,2	1,0	1,5	3,7	0,1	0,2	5,9	15

Tabel 11 Beregnet stoftilbageholdelse/-fjernelse over plantelagunerne inklusiv evt. stof i vandet der siver ud af bunden på disse og de tilhørende rensegrader for kemiske variable. Den samlede tilførsel til plantelaguner består af afløbsvand fra produktionsanlægget og klaringsvand fra slambassinerne. Med kursiv er vist stoftilbageholdelse/-fjernelse og de tilhørende rensegrader, hvor der er taget højde for det direkte vandtab fra plantelagunerne til Holtum Å ud over det egentlige afløb fra dambruget.

Sammenlignes rensegraden i plantelagunerne (korrigeret) beregnet i forhold til produktionsbidraget med de tilsvarende rensegrader i produktionsanlægget (når der er taget højde for stoftab med klaringsvandet) fjernes der i produktionsanlægget en langt større del af produktionsbidraget af ammonium (54 %) og total fosfor (66 %) end i plantelagunerne, hvor der fjernes henholdsvis 27 % og 28 %. For BI₅ og COD er nettorensesgraden i produktionsanlægget noget lavere for BI₅ og COD (henholdsvis 32 % og 40 %) sammenlignet med plantelagunerne (henholdsvis 66 % og 52 %). Total kvælstof tilbageholdes/fjernes tilsyneladende kun i plantelagunerne, hvor den korrigerede nettorensesgrad er på hele 79 %.

Sammenlignes stoffjernelsen med den aktuelle belastning fjerner plantelagunerne generelt en større andel af det tilførte stof end netto over produktionsanlægget. Renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner/omsætter meget ammonium, fosfor og organisk stof og ligger opstrøms plantelagunerne, hvilket alt andet lige reducerer rensespotentialer i disse, da der er en mindre stofmængde at rense på.

Udtrykkes stoffjernelsen ift. overfladearealet i plantelagunerne fås 3,7 g N pr. m² pr. døgn for total kvælstof (korrigerede værdier), hvilket er langt over forudsætningen for modeldambrugene på 1,0 g pr. m² pr. døgn (på Døstrup Dambrug blev målt 0,9 - 1,4 g N pr. m² pr. døgn) (Fjorback et al., 2003). Selv med et vandtab ved nedsivning på op til 33 % har kvælstoffjernelsen pr. arealenhed plantelagune i det første måleår været

betydeligt over forudsætningerne. Den manglende nettofjernelse af kvælstof andre steder i dambruget medfører dog, at den samlede fjernelse af kvælstof tilsyneladende ikke er helt tilstrækkelig over hele dambruget til overholdelse af udlederkravet for total kvælstof. For ammonium-N, total fosfor og BI_5 har stoffjernelsen pr. m^2 plantelagune (korrigerede tal) også været noget højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som gav:

- 0,16 - 0,29 g NH_4-N pr. m^2 plantelagune pr. døgn
- 0,03 – 0,07 g fosfor pr. m^2 plantelagune pr. døgn
- 1,8- 2,5 g BI_5 pr. m^2 plantelagune pr. døgn

På Døstrup Dambrug sås ikke nettoudsivning af vand fra plantelagunerne.

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:

- Produktionsanlægget, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 12) og ikke tages højde for det (figur 17 a og b). Der er i denne statusrapport ikke lavet en opdeling af, hvor meget stof der er fjernet i henholdsvis slamkegler og i biofiltre.
- Plantelagunerne
- til vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Holtum Å ved udløb fra dambruget

I tabel 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 17 a og b 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 17 a og b.

Nettofjernelsen (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet) viser at andelen af den samlede stoffjernelse i produktionsanlægget ift. samlede stofbalance over dambruget (tabel 12 b) er godt 52 % hvad angår ammonium-N og 64 % for total fosfor og dermed den vigtigste renseforanstaltning for disse stoffer. Der fjernes således ca. dobbelt så meget ammoniak og total fosfor netto over produktionsanlæggene som over plantelagunerne. Til gengæld er plantelagunerne helt afgørende for fjernelse af total kvælstof (62 %) og vigtigst for fjernelse / omsætning af organisk stof (63 % af BI₅ og 47 % af COD). Alligevel udledes der omtrent ligeså meget total kvælstof, som der fjernes over dambruget. Andelen af ammonium-N, som tabes til vandløbet relativ stor; godt 20 % af samlede stoftab over dambruget. For total fosfor og organisk stof udgør stoftabet til vandløbet mellem 7 og 17 % og dermed et relativt begrænset tab. Fjernelsen af ammonium-N i plantelagunerne antages at være påvirket af vandtab ved nedsivning fra plantelagunerne.

Samlet viser tabel 12a og b, at for kvælstof er der fortsat er potentiale for øget stoffjernelse / yderligere renseforanstaltninger.

	NH ₄ -N (%)	TN (%)	TP (%)	BI ₅ (%)	COD (%)
Produktionsanlæg – klaringsvand (PA_s – KV_s)	52,1	-11,8	63,7	30,1	36,3
I plantelagune (PL_s)	30,2	71,6	28,8	64,5	50,0
Til vandløb (VL_s)	17,6	40,2	7,5	5,4	13,7

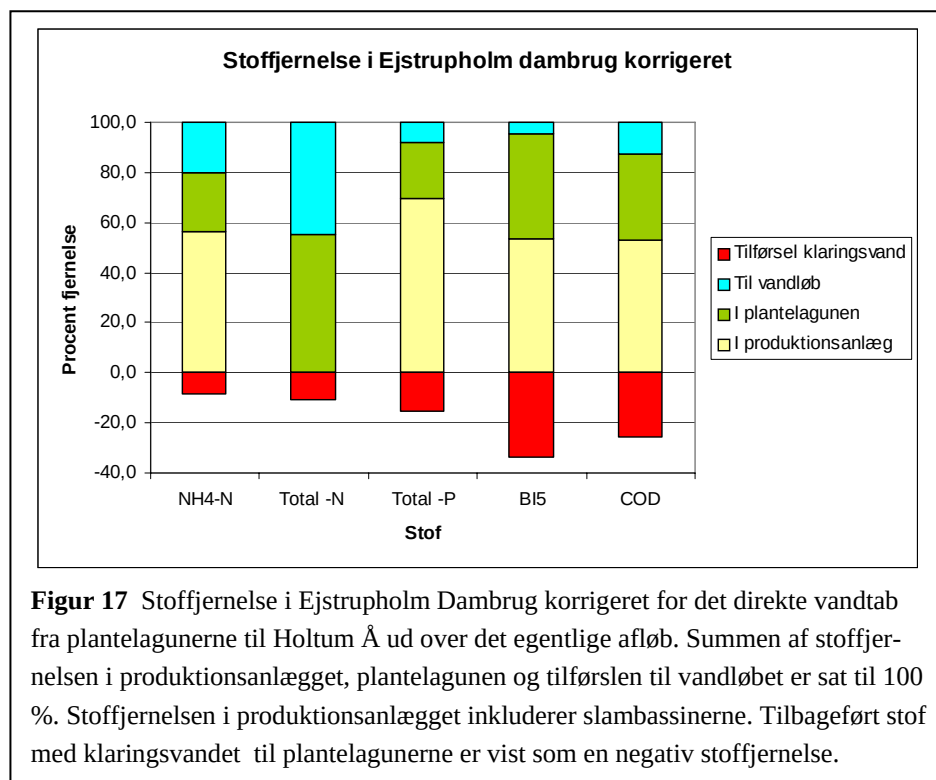
Tabel 12a Sammenligning af relativ stoffjernelse over produktionsanlægget - netto (dvs. hvor der er taget højde for det stof, der løber med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunerne og stoftilførsel til vandløb. Tal fra tabel 10 og 11.

	NH ₄ -N (%)	TN (%)	TP (%)	BI ₅ (%)	COD (%)
Produktionsanlæg – klaringsvand (PA_s – KV_s)	52,1	-11,8	63,7	30,1	36,3
I plantelagune (PL_s) – korr.	26,0	61,9	27,0	63,2	46,7
Til vandløb (VL_s) – korr.	21,9	49,8	9,3	6,8	16,9

Tabel 12b Sammenligning af relativ stoffjernelse over produktionsanlægget - netto (dvs. hvor der er taget højde for det stof, der løber med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunerne og stoftilførsel til vandløb, når der er taget højde for det direkte vandtab fra plantelagunerne til Holtum Å ud over det egentlige afløb fra dambruget. Tal fra tabel 10 og 11.

Tabet med klaringsvandet er ret betydelig, ikke mindst hvad angår organisk stof og fosfor. For BI₅ er dette tab 34 % af den samlede stoffjernelse over dambruget (figur 17). 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 plantelagunerne. Over halvdelen af det BI₅ og COD, der føres over i slambassinerne ledes tilbage til plantelagunerne med slamvan-

det. Figur 17 viser således også, at der er et stort potentiale for yderligere stoffjernelse i produktionsanlægget, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet fjernes efterfølgende i plantelagunerne, dvs. den absolutte stoffjernelse i disse må antages at blive reduceret ved en lavere belastning.



10 Vandløbsfauna

10.1 Fysiske forhold i Holtum Å

Der er gennemført indsamling af faunaprøver henholdsvis op- og nedstrøms Ejstrupholm Dambrug i Holtum Å.

Strækningen, hvor opstrømsprøven udtages, er beliggende i en veldefineret ådal. Umiddelbart nord for strækningen findes en put-and-take sø, men vandløbsbrinken er dog intakt med en bræmme af både buske og urter. Langs vandløbet findes en veludviklet kantbevoksning af Sødgræs. Vandløbsbunden er overvejende sandet. Der er en submers (undervands-) vegetation af Vandranunkel og Smalbladet Mærke langs bredden. Der er forekomst af grus og enkelte sten langs den sydlige bred. Det fysiske indeks på strækningen er på 31 svarende til god fysisk vandløbskvalitet (Pedersen & Baattrup-Pedersen, 2005).

På strækningen nedstrøms for dambruget, er prøvetagningslokaliteten på den ene side afgrænset af eng, og på den anden side af skov. Vandløbsbunden er sandet uden grus og sten. Der forekommer Vandranunkel, Vandaks og båndblade i vandløbet. Det fysiske indeks på strækningen nedstrøms for dambruget er på 22 svarende til moderat fysisk vandløbskvalitet.

10.2 Smådyrfauna

Der er i alt i 6 prøver registreret 63 taxa fra de tre prøvetagninger foretaget af DMU i perioden februar 2005 til juni 2006. De mest artsrige grupper har været vårfluer, døgnfluer og slørvinger med henholdsvis 17, 6 og 5 arter. Dansemyg er dog ikke blevet artsbestemt, men blot opdelt i 5 hovedgrupper. Det samlede artsantal af dansemyg er derfor væsentligt højere. De dominerende taxa i prøverne fra Holtum Å var ferskvandstangloppen *Gammarus*, døgnfluer af slægten *Baetis*, kvægmyg samt dansemyg. Disse fire faunagrupper udgjorde i 5 ud af 6 tilfælde 90-98 % af det samlede individantal i prøverne.

Følgende rentvandsformer blev registreret i prøverne: døgnfluerne *Hepptagenia sulphurea* og *Paraleptophlebia submarginata*, slørvingerne *Taeniopteryx nebulosa* og *Leuctra* sp. vårfluerne *Rhyacophila* spp., *Silo nigricornis* og *Sericostoma personatum* samt huesneglen *Ancylus fluviatilis*. De rentvandskrævende taxa forekom dog generelt kun fåtalligt i prøverne.

Blandt de taxa som generelt betragtes som forureningstolerante, forekom kvægmyg ved alle tre prøvetagninger talrigt nedstrøms for Ejstrupholm Dambrug (1500-2675 individer pr. prøve). Kvægmyg udgjorde her 48-73 % af det samlede individantal. I modsætning hertil forekom kvægmyg med 400-710 individer i opstrømsprøverne svarende til 18-44 % af det samlede individantal.

Tilstanden i Holtum Å udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) (*Miljøstyrelsen, 1998 og Skriver et al, 1999*) er i tabel 13 vist både opstrøms og nedstrøms for dambruget. Både DMU's og Vejle Amts data er anvendt. Generelt er tilstanden på både op- og nedstrøms stationerne i et område mellem faunaklasse 4 og 5. Dette svarer til at ligge på grænsen mellem at målsætningen (5 både op- og nedstrøms) er opfyldt/ikke er opfyldt. DVFI værdierne indikerer, at tilstanden opstrøms for dambruget har stabiliseret sig på faunaklasse 5, svarende til at målsætningen er opfyldt. Ved de seneste to prøvetagninger har tilstanden været faunaklasse 6 og 5 nedstrøms for dambruget svarende til at målsætningen er opfyldt.

Tidspunkt	DMU/amt	Holtum Å, opstrøms	Holtum Å, nedstrøms
April 2004	Vejle Amt	5	4
Februar 2005	DMU	4	4
Maj 2005	Vejle Amt	5	4
Oktober 2005	DMU	4	4
October 2005	Vejle Amt	5	4
Forår 2006 *	Vejle Amt	5	6
Juni 2006	DMU	5	5

Tabel 13 Tilstanden i Holtum Å op- og nedstrøms Ejstrupholm Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målinger foretaget af henholdsvis Vejle Amt og DMU. * Vejle Amts faunaprøver fra foråret 2006 er på opstrøms stationen taget den 15. maj 2006 og på nedstrøms stationen taget den 9. marts 2006.

11 Planter i grødefyldte bassiner

På baggrund af en foreløbig opmåling er plantelagunerne, som er dele af de tidligere jordproduktionsdamme, føde- og bagkanaler samt sedimentationsbassiner blevet karakteriseret jf. tabel 14.

Ejstrupholm Dambrug, Plantelaguner	
Antal grødefyldte bassiner / kanaler	21 damme og 4 kanaler
Samlet areal	8050 m ²
Gennemsnitsdybde	0,88 m
Samlet volumen	7113 m ³
Gennemstrømning	46,3 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	43 timer

Tabel 14 Karakteristik af plantelagunerne ved Ejstrupholm Dambrug

Der er i alt ved de 5 prøvetagninger i perioden juli 2005 til juli 2006 registreret 18 plantearter i de grødefyldte bassiner. Den samlede plantedækning var lav ved periodens begyndelse i juli 2005, hvor dækningen kun udgjorde knapt 9 %. Den samlede plantedækning nåede i november 2005 op på 69 %. Liden andemad, Sødgræs, Vandstjerne og Vandpest udgjorde langt hovedparten af planterne, og bidrog hver med 12-18 % dækning. I maj 2006 var den samlede dækning faldet til 56 %. Trådalger dominerede i starten af maj 2006 og havde en dækning på ca. 28 %. I slutningen af maj 2006 var trådalgerne næsten forsvundet og udgjorde nu mindre end 4 %. I juli 2006 var lagunerne helt domineret af Liden andemad som havde en dækning på mere end 50 %. Derudover havde Sødgræs en dækning på ca. 29 %. De øvrige arter udgjorde alle under 5 % dækning.

12 Diskussion

I dette kapitel er der en kort diskussion af nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det første måleår ved Ejstrupholm 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 dels i den fælles årsrapport efter 1. og 2. måleår for de otte modeldambrug og endvidere i den faglige samle-rapport, der skal afslutte måle- og dokumentationsprojektet for model-dambrug. Der foretages heller ikke her sammenligninger med resulta-terne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen, det sker i en selvstændig rapport.

Da der er tale om resultater fra ét 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 ka-rakter. Endvidere må det forventes at der i andet måleår sker en stabili-sering omkring driftsforhold, biofiltrenes funktion og plantedækningen i plantelagunerne.

Vandforbrug, –flow og opholdstid

Der er i gennemsnit i det første måleår indtaget 47 l/s, hvilket er 18 % mindre end indvindingstilladelsen. Det interne flow har som gennemsnit for de to produktionsenheder været ca. 600 l/s eller i alt ca. 1.200 l/s og recirkuleringsgraden har været ca. 96 %. For et modeldambrug type III er forudsat en recirkuleringsgrad på mindst 95 %. Vandforbruget er med ca. 3.118 l vand pr. kg produceret fisk mindst en faktor 10-15 lavere end i traditionelle gennemstrømningsanlæg.

Plantelagunerne tilføres i gennemsnit 46 l/s men der måles kun 25 l/s i udløbet fra disse til vandløbet. Det forekommer sandsynligt, at en del af vandtabet sker ved udsivning gennem plantelagunens bund, idet sedi-mentet i ådalen er præget af sand og grus. Det største vandtab sker i vin-terperioden (figur 5), og dette skyldes formentlig utætheder i et gammelt udløbsbygværk nær det egentlige afløb fra dambruget, hvor der skønnes at have været et vandtab på 10 l/s ved høj vandstand i plantelagunen i vinterhalvåret. Dette direkte vandtab til Holtum Å er der taget højde for i beregningerne i denne rapport.

Det kan ikke uden nærmere, målrettede undersøgelser afklares hvor det vand der forventes at nedsive fra plantelagunerne, ender. Det kræver til-svarende specialundersøgelser at undersøge hvilke koncentrationer, der er i nedsivningsvandet. Disse undersøgelser ligger udenfor projektets formål og rammer. Noget af vandtabet indvindes formentlig i dræn og boreriger og bliver til indtagsvand. Noget omsættes i jordlagene under dambruget, mens resten siver til grundvand og /eller ud mod Holtum Å.

Den hydrauliske belastning af plantelagunerne på 0,006 l pr. m² plante-lagune er knap en fjerdedel af den maksimalt tilladte belastning (*Be-kendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Det vurderes ikke at være et pro-

blem ift. til hovedparten af de omsætningsprocesser, der er i plantelagunerne og det vil medvirke til øge sedimentation af partikler.

Opholdstiden i det samlede produktionsanlæg har i gennemsnit været ca. 35 timer og for hele dambruget 77 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 juni 2005 til juni 2006 har Ejstrupholm Dambrug med anvendelse af 386,5 tons foder fuldt ud anvendt den årlige fodertildeling under forsøgsprojektet. Der er med en produktion på 475,3 tons opnået en meget pæn foderkvotient på 0,813 inkl. døde fisk. Dambruget havde inden måleprogrammet officielt startede produceret under hvad der ligner sædvanlige driftsforhold.

Produktionsbidraget baseret på foderanalyser af alle batches og fordøjelighedsforsøg er for ammonium-N, total kvælstof, total fosfor, BI₅ og COD på niveau med eller lidt over de teoretiske værdier, men dette afhænger også af foderspildet, som er antaget til 1 % uden det dog har været målt.

Produktionsbidraget er som ventet hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførsel med indtagsvandet udgør under 4 % for ammonium-N og total-P, 5 % for BI₅, 10 % for COD og op til 18 % for total kvælstof af den samlede stoftilførsel til Ejstrupholm Dambrug.

Stofkoncentrationer

I afløbet fra produktionsanlæggene er der relativ stor variation i ammoniumkoncentrationen. Denne værdi følger delvist udfodringsniveauet på dambruget og er derfor lavest om vinteren. BI₅-udledningen er derimod mindre varieret henover måleperioden, med en svag tendens til at udledningen fra anlæggene er lavere i vinterhalvåret.

Ammonium-N koncentrationen nedstrøms biofiltrene i de to produktionsenheder har varieret meget gennem det første måleår. I sommerhalvåret er niveauet højt og meget varierende, typisk mellem 2 og 11 mg N/l, mens det i vinterhalvåret med lavere udfordring ligger på 0-2 mg N/l. Med så høje ammonium-N koncentrationer i sommerperioden er det vigtigt at holde pH lav, for ikke at få dannet for store mængder ammoniak som er giftigt for fiskene selv i små mængder. De høje sommer ammoniumværdier kunne måske indikere, at der ikke altid er en tilstrækkelig omsætning af ammonium til nitrat i dambrugets biofiltre. Eftersom biofiltrene i sommeren 2006 har været i drift i over et år må det forventes at ammoniakomsætningen i disse ikke øges uden ændret drift af filtrene.

Udlederkrav

I det første måleår har miljøgodkendelsens udlederkrav været overholdt for alle forurenende stoffer på nær kravet til udledning af total-N som er overskredet marginalt, når udledningen beregnes efter modeldambrugs-

bekendtgørelsens regler. Ifølge miljøgodkendelsen skal der imidlertid udføres tilstandskontrol efter DS 2399 på koncentrationen i afløbet fra dambruget på alle parametre, og her er det igen kun kravet til udledning af total-N, der ikke er opfyldt. Ved fuld kompensation for det reducerede vandforbrug på modeldambruget ifh. til det gamle anlæg, ville alle udlederkrav være opfyldt jf. modeldambrugsbekendtgørelsens regler, hvorimod udledningen af total-N stadig ville være overskredet efter miljøgodkendelsens 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. miljøgodkendelsen alene på stofkoncentrationen i udløbsvandet.

Udledningen af total-N fra Ejstrupholm Dambrug er den mest kritiske parameter for overholdelse af udlederkravene jf. ovenstående. 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.

Det omtalte vandtab over plantelagunerne har ikke umiddelbart nogen betydning for overholdelse af udlederkontrollen, da den i henhold til dambrugets miljøgodkendelse skal foretages som en tilstandskontrol, dvs. på stofkoncentrationer og ikke stofmængder.

Stofudledning pr kg. produceret fisk

Den målte netto stofudledning i g pr. kg fisk har for ammonium-N (3,5 g) og total kvælstof (8,5 g) været en anelse under eller på niveau med tidligere målinger (på Døstrup dambrug hhv. 4-6 g og 5-11 g) (*Fjorback et al., 2003*). Derimod er den relative stofudledning af total fosfor (0,19 g) og BI₅ (0,28 g) fra Ejstrupholm Dambrug meget lavere – ca. en faktor 10 - end udledningen fra Døstrup Dambrug (hhv. 2 g og 20-28 g). 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.

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. Heraf kan beregnes nogle gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er målt på Ejstrupholm Dambrug (tabel 15).

Ejstrupholm Dambrug har reduceret den specifikke udledning af total-N markant ved sammenligning med traditionelle dambrug, mens udledningen af total-P og især organisk stof har været endnu mere iøjnefaldende.

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Ejstrupholm i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit Danmark	Ejstrupholm Dam- brug	
		- 1. måleår	
Organisk stof (BI₅)	105,3	1,03	3
Total-N	38,0	12	32
Total-P	3,1	0,26	8

Tabel 15. Specifikke udledninger netto som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmarks (i 2003) og for Ejstrupholm Dambrug det første måleår: I sidste kolonne er de specifikke tab ved Ejstrupholm Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark. Der er taget højde for det direkte vandtab til Holtum Å ud over det egentlige afløb fra dambruget

Stoffjernelse, rensegrader og vandtab

Der er ret stor forskel på, hvor stor en del af de forskellige stoffer der tilføres dambruget som ender med at blive udledt til Holtum Å. Beregningerne fra det første måleår viser at 21 % af den samlede ammonium-N tilførsel løber ud i vandløbet, mens det for total kvælstof er 50 %. Til gengæld udledes kun 7 - 9 % af BI₅- og total fosfor-tilførslen, mens 17 % af COD-tilførslen udledes til Holtum Å. Den fosfor som udledes er for en stor del på opløst og dermed biotilgængelig form.

Det skal i denne forbindelse understreges, at den målte stofudledning fra Ejstrupholm Dambrug i ukendt omfang er reduceret som følge af et vandtab på over 40 % gennem dambruget, hvilket især skyldes tab i lagnebunden og via et gammelt udløbsbygværk. Der er i ovenstående tal taget højde for det vand, der i en periode på 5½ måned afstrømmede via et gammelt overløbsbygværk. Til gengæld kan det som tidligere omtalt ikke uden specialundersøgelser fastslås, hvor det nedsivende vand ender. Da der er boringer med vandindvinding omkring bl.a. plantelagunerne vil noget blive genindvundet, men størrelsen heraf er ukendt. En anden del af nedsivningsvandet kan strømme til Holtum Å eller grundvandet.

Nogle af de stoffer der følger med nedsivningsvandet kan omsættes helt eller delvist i jorden f.eks. nitrat, mens opløst fosfor i et vist omfang kan bindes til partikler i jorden. Der vil især være stoffer på opløst form i det nedsivende vand, dvs. ammonium-N, nitrat og opløst fosfor samt noget opløst organisk stof, da kun helt små partikler kan sive igennem bunden af plantelagunerne. Det er ikke fagligt muligt uden nærmere undersøgelser at bestemme den samlede nedsivende stofmængde. Dette kræver bl.a. et nøjere kendskab til ådalens grundvands-, strømnings og jordkemiske forhold.

Vandet til dambruget indtages fra flere boringer og ådalen som består af sand- og grusaflejringer, dvs. sandsynligvis fra et større magasin. Det betyder, at der ikke umiddelbart kan forventes målt nogen væsentlig stigning i koncentrationen af opløste stoffer i indtagsvandet, selv om der kunne føres f.eks. ammonium eller nitrat ned med nedsivningsvandet. Herudover vil en del af kvælstoffet og fosforen i nedsivningsvandet blive omsat eller tilbageholdt i ådalen.

De opnåede nettorensesgrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) har været på over 90 % for både total fosfor, BI_5 og COD og dermed langt over forudsætningerne for modeldambrugene (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002*) på 60 % (total-P) og 75 % (BI_5) for et modeldambrug af type III uden mikrosigter. For total-kvælstof har nettorensesgraden med 58 % også være væsentligt over forudsætningerne i bekendtgørelsen, da den med de 8050 m² plantelagune er forudsat til mindst 32 %.

I produktionsanlægget fjernes 30-36 % af det samlede tilførte organiske stof, selv når der er taget højde for det stof der efterfølgende tabes med klaringsvand fra slambedene. For ammonium-N og total fosfor fjernes over halvdelen af den tilførte stofmængde, mens der ikke sker nogen fjernelse af total-N. Her fjerner plantelagunen til gengæld knap 55 % af det tilførte ammonium-N og total-kvælstof til lagunen, mens den fjerner mellem 73 og 90 % af de øvrige stoffer.

Plantelagunen har fuldt opfyldt forventninger og forudsætninger for stoffjernelse. Der var kun en beskeden plantedækning ved forsøgsstart i juni 2005 uden at dette dog umiddelbart har været at se på udledertallene fra Ejstrupholm Dambrug.

Generelt fjerner renseforanstaltningerne meget fosfor, organisk stof og ammonium-N, men det vurderes, at yderligere fjernelse kan sikres såfremt stofudledningen med klaringsvand fra slambassinerne reduceres. Således ledes f.eks. 34 % af det tilførte BI_5 og knap 20 % af det totale fosfor fra slambassinerne til plantelagune. Det er u hensigtsmæssigt at stof, der reelt er fjernet og opsamlet i slambassinerne ikke i endnu højere grad tilbageholdes her.

Om end der ledes relativt meget organisk stof fra slambedet til plantelagunerne, kan den samlede netto rensesgrad for såvel BI_5 som COD kun forbedres marginalt, idet den nærmer sig 100 %. Der er således ikke umiddelbart væsentlige problemer forbundet med den relative høje tilførsel af organisk stof til plantelagunerne. Tilsvarende gælder for fosfor som også i meget høj grad frarenses (90-100 %) henover det samlede dambrug. Dog vil diffusion af stoffer fra lagunen til grundvand eller som decideret overløb fra lagunen være større jo større stoftilførsel der sker fra slambassiner til plantelagune. Selvom der er en relativ lille transport af total-N med klaringsvandet, er den samlede kvælstoffjernelse henover dambruget lille i forhold til fjernelse af andre stoffer, hvilket bl.a. skyldes manglende fjernelse af total-N i produktionsanlægget. Idet fjernelsen af ammonium-N i produktionsanlæggets slamfælder og biofiltre imidlertid er relativ høj (ca. 60 %) tyder det på, at der godt nok sker en oxidation af ammonium til nitrit og nitrat i produktionsanlægget, men at der ikke videre sker en tilstrækkelig denitrifikation af nitrat til frit kvælstof, hvilket kunne nedbringe total-N koncentrationen. Disse forhold indikerer at man kunne fokusere på systemets denitrifikationseffekt mhb. på at reducere dambrugets udledning af total-N. Som tidligere nævnt har der dog også på Ejstrupholm Dambrug været perioder med høje ammonium-N koncentrationer i produktionsvandet, hvorfor det også er relevant at se nærmere på muligheden for øget nitrifikation i produktionsanlægget.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Holtum Å, som er DVFI 5, har været opfyldt opstrøms ved de tre seneste vandløbsbedømmelser opstrøms dambruget og ved de to seneste bedømmelser nedstrøms dambruget. Opstrøms forekommer DVFI-værdien at have stabiliseret sig på 5 mod tidligere 4 til 5. Mens DVFI i perioden april 2004 til oktober 2005 har været 4 nedstrøms dambruget, er den i foråret 2006 målt til 6 og i juni 2006 til 5, sådan at målsætning er opfyldt op og nedstrøms. Der har således været en generel positiv udvikling i DVFI-tallene.

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

Vejle Amt (2004). Miljøgodkendelse af forsøgsdambruget (625-29) samt dispensation efter Naturbeskyttelsesloven, 43s.

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. NOVANA2003. 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.

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. 130-04 | Bestanden af blåmuslinger i Limfjorden 1993 til 2003. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann. |
| Nr. 131-04 | Udsætningsforsøg med ørred (<i>Salmo trutta</i>) i Gudenåen og Randers Fjord, gennemført i 1982-83, 1987-89 og 1994-96. Stig Pedersen og Gorm Rasmussen |
| Nr. 132-04 | En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. Lars M. Svendsen og Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 133-04 | Udnyttelse af strandkrabber. Knud Fischer, Ole S. Rasmussen, Ulrik Cold og Erling P. Larsen |
| Nr. 134-04 | Skjern Å's lampretter. Nicolaj Ørskov Olsen og Anders Koed |
| Nr. 135-04 | Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard & Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 135a-04 | Supplerende teknisk rapport (Anneks 1 – 8) til DFU-rapport nr. 135-04. Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard og Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 136-04 | Østersfiskeri i Limfjorden – sammenligning af redskaber. Per Dolmer og Erik Hoffmann |
| Nr. 137-04 | Hjertemuslinger (<i>Cerastoderma edule</i>) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl |
| Nr. 138-04 | Blåmuslinger (<i>Mytilus edulis</i> L.) og molboøsters (<i>Arctica islandica</i> L.) i det nordlige Lillebælt i 2004 (fiskerizone 37 og 39). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen |
| 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 (*Perca fluviatilis*), en mulig alternativ art i ferskvandsopdræt. Helge Paulsen, Julia L. Overton og Lars Brünner
- Nr. 150-05 First feeding of Perch (*Perca fluviatilis*) larvae. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 151-05 Ongrowing of Perch (*Perca fluviatilis*) 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 fjerde. 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 Ingvarsdén, 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, 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, Anne Johanne Tang Dalsgaard.