

Løjstrup Dambrug (øst)

- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 1. måleår af monitoringsprojektet

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

April 2007

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Kavalergaarden 6
2920 Charlottenlund
ISBN: 978-87-7481-036-0

DFU-rapport nr. 172-07

0 Sammenfatning

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

Vandløbet	Dambruget
Fordele: "Død å"-strækning fjernes Øget vandføring i dambrugen omløb Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt Naturlige variationer i 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 Løjstrup Dambrugs første driftsår som modeldambrug (den østlige del af dambruget, som er ombygget dvs. den del, som ligger på den østlige side af Lilleåen), beskrives de opnåede resultater fra monitoringsprojektets måle- og dokumentationsprogram, der har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenens rensning og udledning af næringsstoffer og organisk stof. Konklusionerne er foreløbige og endelige konklusioner kan først drages når begge måleårs resultater er behandlet.

Produktionsforhold

Løjstrup Dambrug (øst) har i perioden 7. september 2005 til 6. september 2006 anvendt 313,5 tons foder i dambrugets modeldambrugsafsnit med en beregnet produktion på 330,0 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 0,950. Der produceres på anlægget store fisk (1 kg) til senere udsætning i havbrug.

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

Løjstrup Dambrug (øst) indtager nu vand alene fra boring placeret nær vandløb og plantelagune. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad ca. 93 %) er nedsat fra før ca. 550 l/s til 37 l/s i det første måleår (knap 7 % af før).

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 når der er mikrosigte forudsatte og de opnåede nettorensgrader i 1. måleår på Løjstrup Dambrug (øst) ser således ud:

	Forventet	Opnået
Organisk stof (BI₅)	80 %	79 %
Total kvælstof (inkl. omsætning plantelaguner)	25 %	45 %
Total Fosfor	65 %	62 %

De opnåede rensegrader honorerer omtrent de forudsatte for P og BI₅, men er væsentlig bedre for total-N. Produktionsanlægget med dets slamkegler, mikrosigte og biofiltre fjerner netto især ammonium (78 %), fosfor (96 %), og ca. 80 % af tilført organisk stof samt 24 % af total kvælstof. Desværre returneres relativt store mængder af de frarensede stoffer via slambassinets klaringsvand til plantelagunen. Plantelagunen fjerner især tilført organisk stof (65 % af BI₅) og noget total-kvælstof (23 %) via nitratfjernelse men intet af tilført ammonium-kvælstof og total-fosfor. For fosfor er der dog der specialitet, at der fjernes en hel del partikulært fosfor mens der tilføres ortho-fosfat, formentlig grundet bidrag via frigivelse fra sedimentet i bunden af plantelagunen.

Rensegraderne i plantelagunerne er for total-kvælstof og organisk stof noget højere end dem, der blev fundet i tidligere forsøg på Døstrup Dambrug, som udgjorde en del af grundlaget for de forudsatte rensegrader, men lavere for fosfor.

Endelig skal der gøres opmærksom på, at de fundne rensegrader/stoftilbageholdelser må antages at være minimumsværdier, idet anlæggets stofinput (indtagsvand + produktionsbidrag) formentlig er undervurderede. Flere årsager kan gøre sig gældende, men vigtigst er antageligvis en undervurdering af produktionsbidraget, idet Løjstrup dambrugs produktion af store, all-female fisk indeholder mindre N og til dels P end "standarden" foreskriver, ligesom der kan være ændrede forhold vedrørende fordøjelighed, foderspild og især BI₅/COD-forhold. Dette vil til 2. årsrapport blive nærmere undersøgt.

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)		Løjstrup Dambrug (øst) i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit Danmark	Løjstrup Dambrug (øst) - 1. måleår	
Organisk stof (BI ₅)	105,3	14,2	14
Total-N	38,0	24,0	62
Total-P	3,1	1,9	61

Som det fremgår, er der betydeligt reduceret specifik udledning for organisk stof, mens kvælstof og fosfor stadig er bedre end gennemsnittet af danske ferskvandsdambrug.

Overholdelse af udlederkrav jvf. Århus Amts miljøgodkendelse

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

Kontrol-parameter	Kravværdi i Miljøgodkendelse	Justeret kravværdi	Udledning, beregnet efter Bekendtg. om modeldambrug	Teoretiske kravværdier jvnf. Dambrugsbekendtgørelsen
Susp. stof	94 kg d ⁻¹	83 kg d ⁻¹	16,1	142 kg d ⁻¹ (3)
NH₄⁺	3,1 mg l ⁻¹	-	4,3	4,9 mg l ⁻¹ (0,4)
Total-N	30 kg d ⁻¹	20 kg d ⁻¹	25,9	28,5 kg d ⁻¹ (0,6)
Total-P	3 kg d ⁻¹	2,3 kg d ⁻¹	2,03	2,4 kg d ⁻¹ (0,05)
BI₅	8,0 mg l ⁻¹	-	5,5	12,2 mg l ⁻¹ (1,0)

Ved sammenligning af kolonne to/tre og fem ses det, at kravværdierne er skærpede for suspenderet stof, ammonium og BI₅ mens der er fuldt kompenseret for det reducerede vandforbrug vedrørende total-N og total-P.

I den fjerde kolonne er opgivet Løjstrup Dambrugs (øst) udledning beregnet efter modeldambrugsbekendtgørelsen, og det ses, at kravene for tre parametre overholdes mens ammonium og total-N overskrides. Såfremt der kompenseres fuldt for reduktionen i vandforbrug (femte kolonne) overholdes alle udlederkrav.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Hadsten Lilleå, opstrøms	Hadsten Lilleå, nedstrøms
April 2005	7	7
April 2005	7	7
September 2005	7	7
April 2006	7	7
Juni 2006	7	7
Oktober 2006	7	7

Idet målsætningen på både op- og nedstrømsstationen er 5, med optimal faunaklasse 7, er der målopfyldelse ved alle vandløbsbedømmelser på begge stationer.

Diskussion og primære udeståender

Der er tale om resultater fra 1. måleår og der er behov for resultater fra 2. måleår før der kan drages endelig konklusioner. De opnåede rensegrader og den resulterende specifikke udledning er overordnet acceptable og modsvarer stort set de opstillede forudsætninger, men for total-P samt ammonium og total-kvælstof, kan der dog være behov for en forstærket indsats. En større del af den stofmængde, der føres over i slambassinerne fra produktionsanlæggets slamkegler, mikrosigte og biofiltre returneres med klaringsvandet til plantelagunerne. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at forsøge at øge stoftilbageholdelsen/-fjernelsen i slambassinerne.

Tilsvarende synes plantelagunernes funktion endnu ikke at være optimal. Dels er lagunen anlagt med tre sø-agtige bassiner endnu uden betydelig og tilstrækkelig vegetation, dels er det samlede areal næsten 30 % mindre end forudsat.

Hertil kommer, at lagunens sediment synes at bidrage med ortho-fosfat til vandfasen.

En forbedring i lagunernes størrelse, bundforhold og beskaffenhed, samt forøget plantevækst/vegetation må forventes at kunne forbedre funktionen og nedbringe udledningen yderligere.

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. Løjstrup Dambrug (øst)er et af disse.

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

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

De otte modeldambrug monitoreres derfor løbende af DMU og DFU over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug de såkaldt intensivt monitorerede, måles der over alle de forskellige dele af dambruget. Løjstrup Dambrug (den østlige del, som er ombygget til modeldambrug) hører hertil mens der på andre modeldambrug alene måles samlet over produktionsanlægget, de såkaldte ekstensivt monitorerede dambrug. Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for FødevareErhverv via FIUF- midler, og er således støttet med 50

% fra den Danske Stat og 50 % fra EU. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Vandløbet	Dambruget
Fordele: "Død å"-strækning fjernes Øget vandføring i dambrugen omløb Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt Naturlige variationer i 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 Danmarks Fiskeriundersøgelser, DTU

Torben Moth Iversen, vicedirektør DMU, Århus Universitet

Knud Larsen, Fødevareministeriet

Gitte Larsen, Skov- og Naturstyrelsen

Lars Christensen Clink Direktoratet for FødevareErhverv – jan. 2007 erstattet af Henrik Haarh

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jakob Larsen, Ringkjøbing Amt, fra 1.1.2007 Holstebro Kommune

Henning Christiansen, Ribe Amt - jan. 2007 erstattet af Lenny Stolborg, Ikast-Brandeborg kommune

Lisbeth Jess Plesner, Dansk Akvakultur

Helge A. Thomsen, Danmarks Fiskeriundersøgelser, DTU

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

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

Nærværende statusrapport indeholder alene målinger for Løjstrup Dambrug (øst).

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 ejerne Niels Dalsgård & Kurt Malmbak-Kjeldsen og fiskemester Kaj Larsen samt teknisk personale ved DMU: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor og Carsten Nielsen og ved DFU: Tommy Nielsen, Peter Faber, Torben Filt Jensen, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen.

2 Beskrivelse af dambruget

2.1 Indretning

Løjstrup Dambrug er beliggende ved Hadsten Lilleå i Østjylland (Vester Allé 51, Laurbjerg, 8870 Langå). Hadsten Lilleå Å er et tilløb til Gudenåen, der har sit udløb i Randers Fjord, og et samlet opland på ca. 2600 km². Ved dambruget er medianminimumvandføringen på 1050 l/s (*Miljøgodkendelse 2004, Århus Amt*).

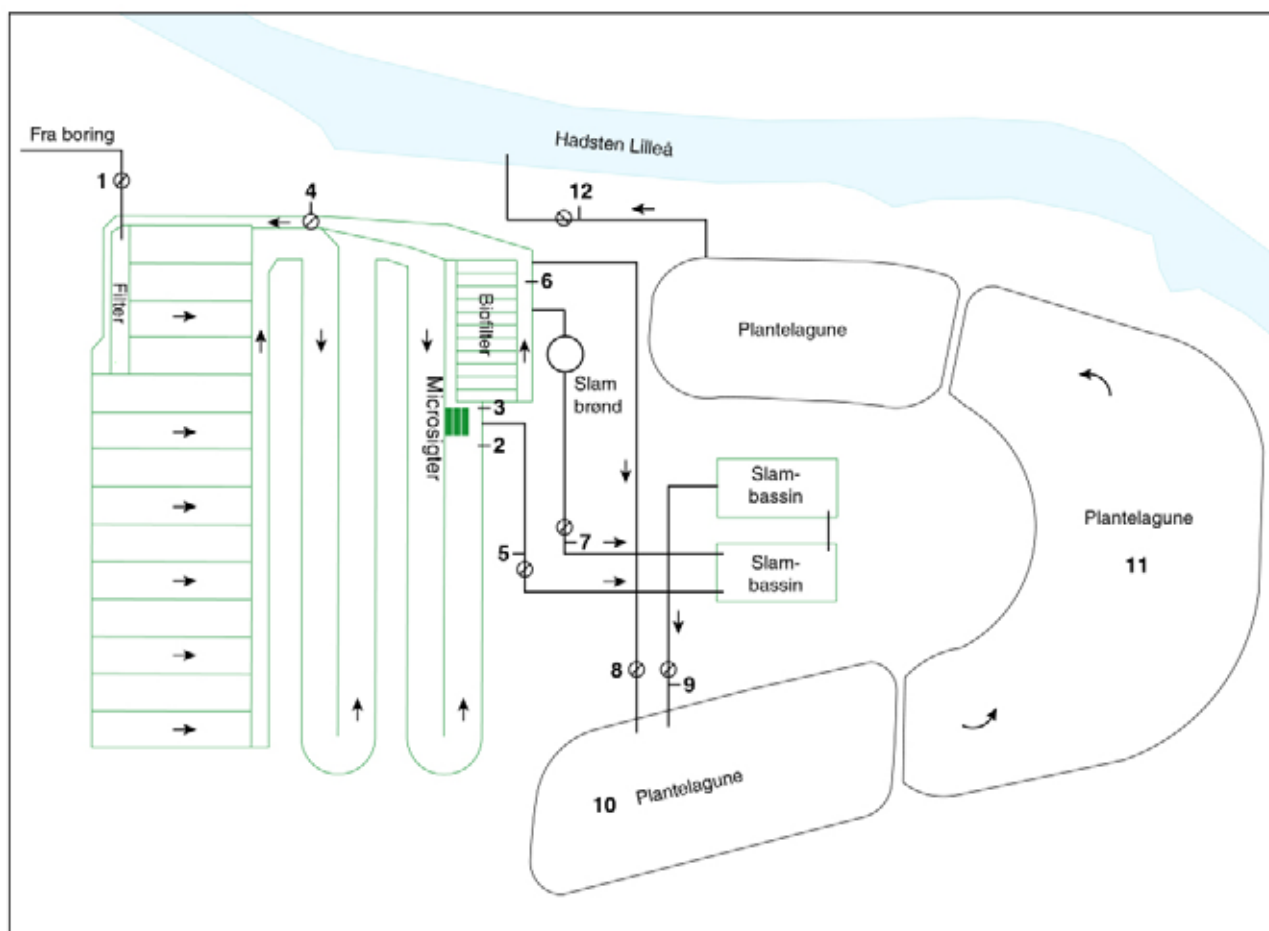
Dambrugets østlige del (dvs. den del der ligger på den østlige side af Hadsten Lilleå) er indrettet som et modeldambrug type III A (*Pedersen et al., 2003*).

Dambruget består af en sammenhængende produktionsenhed, der er underopdelt i en del med en række parallelt forbundne damme og en lang produktionskanal (raceway) med 7 sektioner. Det recirkulerede vand ledes igennem et biofilter, der er opdelt i 11 sektioner. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow.

Indtagsvandet, der kommer fra en boring, løber igennem et okkerfilter inden det indgår i produktionen.

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

Slam opsamles i pyramideformede slamkegler, placeret på tværs af raceways med faste mellemrum i bunden af produktionsenhederne og pumpes sammen med skyllevand fra filtrene op i 2 slambassiner. Afløbsvand fra anlæggene og klaret vand fra slambassinerne ledes til en plantelagune inden det løber i åen. Produktionskanalen har ca. 2000 m² overflade med en dybde på ca. 1,5 meter. Samlet er der inkl. kanaler og filtre ca. 5.500 m³ vand i hele produktionsanlægget. Plantelagunen består af tre serieforbundne damme, der dækker et areal på ca. 3.265 m² med en middeldybde på ca. 0,85 m. Totalt har dambruget et vandvolumen på ca. 8.300 m³. Med et vandindtag på gennemsnitligt 37 l/s har der været en gennemsnitlig opholdstid på ca. 62 timer over dambruget. Opholdstiden i produktionsanlægget er på ca. 41 timer mod en forudsat minimumsoopholdstid på 18,5 timer for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse som modeldambrug, 2002*).



Figur 1 Løjstrup Dambrug (øst), opbygning og vandflow (ikke målfast). Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1.

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

Tabel 1 Oversigt over målepunkter på Løjstrup Dambrug (øst) 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.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kort indkøringsfase startede måleprogrammet på Løjstrup Dambrug (øst) som en del af forsøgsordningen officielt den 7. september 2005. Første måleår er derfor fra 7. september 2005 til 6. september 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.

Vandkemiske prøver er for indtagsvand (vandet fra boring) målt som en punktprøve (øjebliksprøve) ca. 1 gang pr. måned (hver 14. dag i begyndelsen) eller i alt 15 gange i perioden. Vandkemiske prøver fra opstrøms mikrosigte, opstrøms biofilter i produktionsanlægget (svarende til nedstrøms mikrosigte), nedstrøms biofilter (svarende til afløb fra disse to produktionsenheder), i klaringsvandet fra slambassinerne samt i afløbet fra plantelagunen (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 disse) og returskylning af biofiltre (samlet for de sektioner heri der er skyllet under prøvetagningen). Her tages også puljede prøver men delprøverne er i 1 liter flasker, hvorfra der puljes. Afhængigt af hvor lang tid det tager at tømme slamkegler og returskylle biofiltre tages en række hyppige delprøver for repræsentativt at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med en ISCO 6712-1 vandprøvetager, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt. Denne type prøvetager er også 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 dambrug, op- og nedstrøms biofilter, afløb sættefiskanlæg og leveredamme	Grundvand (indtagsvand)	Returskylning biofiltre, tømning slamkegler, afløb slambassiner
Suspenderet stof (SS)	x	(x)	x
Modificeret BI ₅	x	(x)	x
COD	x	(x)	x
Total fosfor (P)	x	[x]	x
Orthofosfat-P	x	x	x
Total kvælstof (N)	x	[x]	x
Nitrat-nitrit_N	x	x	x
Ammonium_N	x	(x)	x

Tabel 2 De vandkemiske parametre der analyseres for på de vandkemiske prøver, der er udtaget 1. måleår på Løjstrup Dambrug (øst). 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 mål for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof end BI₅, da det er et mål for det kemiske iltbehov for at omsætte alt 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 6. september 2004 må der i forsøgsperioden anvendes 300 tons foder pr. år på den del af dambruget som er ombygget til modeldambrug. Foderkvotienten må ikke overstige 1,0 kg foder pr. kg produceret fisk, og der må maksimalt udfodres 2400 kg foder pr. døgn.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladelige vandforbrug til 45 l. pr. sek. under almindelige driftsforhold på modeldambruget. Produktionsvandet indvindes fra boring.

Der må maksimalt udledes følgende stofmængder fra modeldambruget:

- BI₅: 32 kg pr. døgn (8 mg/l ved 45 l/s)
- NH₄⁺-N: 13 kg pr. døgn (3,1 mg/l ved 45 l/s)
- Suspenderet stof: 94 kg pr. døgn
- Total-N: 30 kg pr. døgn
- Total-P: 3 kg pr. døgn

Krav til udledning af letomsætteligt organisk stof og ammonium er omfattet af tilstandskontrol mens krav til udledning af de resterende stoffer er omfattet af transportkontrol.

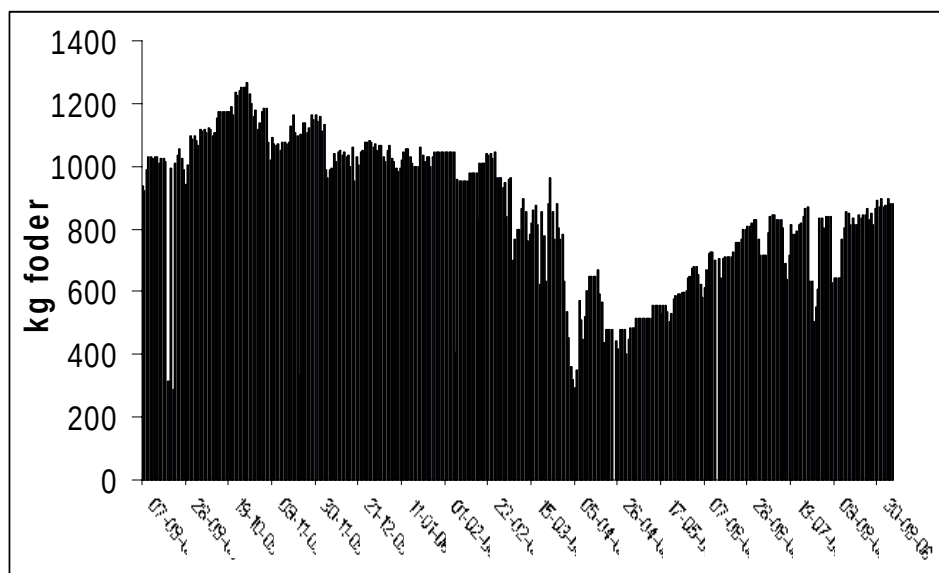
3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Løjstrup Dambrug (øst) er der i perioden 7. september 2005 til 6. september 2006 anvendt 313,5 tons foder i dambrugets modeldambrugsafsnit. På baggrund af oplyste start- og slutbestande, samt ind- og udfiskninger i perioden, er der beregnet en produktion på 330,0 tons fisk inkl. døde fisk. Dette giver en samlet foderkvotient (foderforbrug / fiskeproduktion inkl. døde fisk) på 0,950.

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

Det daglige foderforbrug fremgår af figur 2.



Figur 2 Dagligt foderforbrug på Løjstrup Dambrug (øst) i første måleår.

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

Fodertype		Forbrug (kg)
Aller Aqua Futura	(0,8-1,5 mm)	1.349
Aller Aqua 493	(1,3 mm)	1.393
Aller Aqua Mini	(1,3-1,5 mm)	6.363
Aquavet ff/oa/st	(1,3-2 mm)	1.377
Aller Aqua Elips	(2-4 mm)	279.106
Aller Aqua Gluvit	(3-4 mm)	23.781
Aller Aqua Rep	(6 mm)	88

Tabel 3 Anvendte fodertyper på Løjstrup Dambrug (øst) det første måleår.

3.2 Produktionsbidrag

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

I denne rapport anvendes det normalt anvendte standardindhold af N og P i fiskene på h.h.v. 3 % N og 0,5 % P. I 2.årsrapporten vil mere præcise indhold i dambrugets relevante produktion blive anvendt til beregningerne.

Udregningen af produktionsbidrag er sket på dagsbasis i hver af dambrugets sektioner, og bidragene er herefter summerede. Udover de konkrete fodermængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemianalyse er foretaget på næsten alle foderleveringer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede fodertyper. I få tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen pga. små leverancer (under 1000 kg), er der anvendt deklarerede værdier fra foderproducenterne.

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

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

Foderkvotienten er så vidt muligt beregnet for den enkelte sektion. Dette er kun muligt når en sektion tømmes fuldstændigt ved udfiskning. Værdien er indsat i udregningen af den konkrete sektionens produktionsbidrag. De beregnede foderkvotienter er blevet vægtede i forhold til det antal dage foderkvotienten er målt over, og de vægtede værdier er sammensat til et gennemsnit som er anvendt i de sektioner og perioder, hvor det ikke har været muligt at beregne foderkvotienten.

Der er ved indledende undersøgelser af foderspild på Løjstrup Dambrug (øst) ikke konstateret noget nævneværdigt spild. Idet der dog af forskellige årsager må påregnes et mindre foderspild i visse perioder, samt støv og smuld i foder, er der i denne rapport indsat en værdi på 1 % for foderspild på Løjstrup Dambrug (øst). Denne værdi vil blive søgt yderligere kvalificeret i 2.årsrapporten.

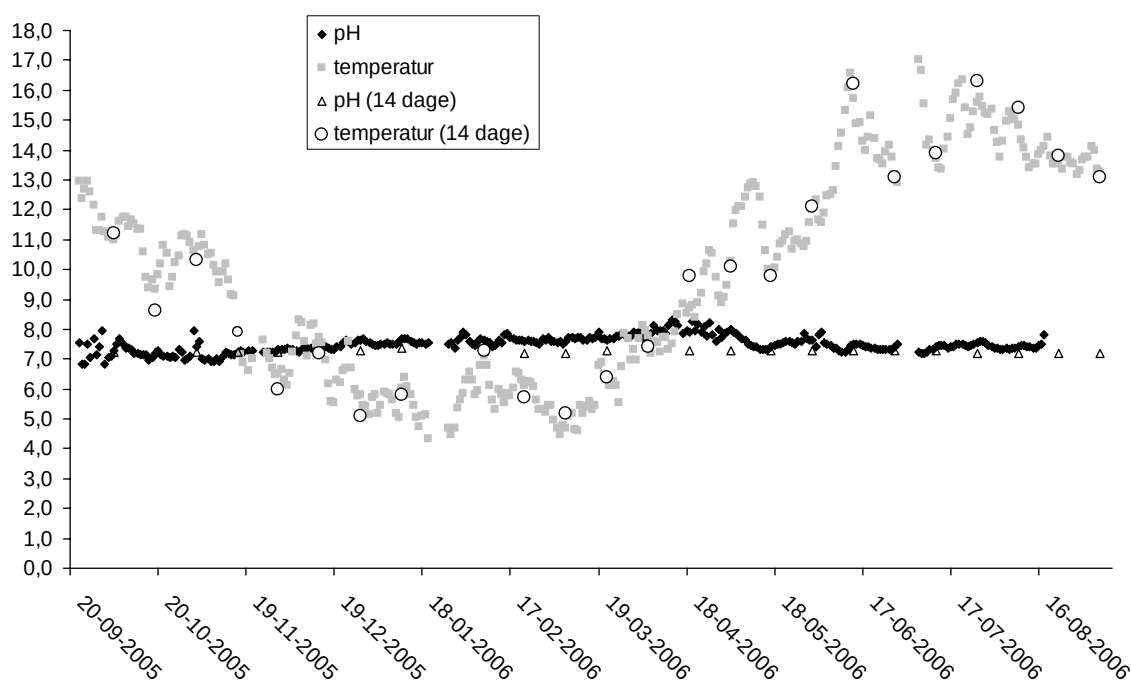
4 Temperatur, pH og ilt

Der er hvert tiende minut foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen samt i laguneudløbet jf. tabel 2.. Hertil kommer, at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag måles temperatur, pH og ilt på dambruget. Dataene indsamles blandt andet med baggrund i lovmæssige krav og for bedre at kunne forklare de processer, der foregår på dambruget som f.eks. omsætning af organisk stof.

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

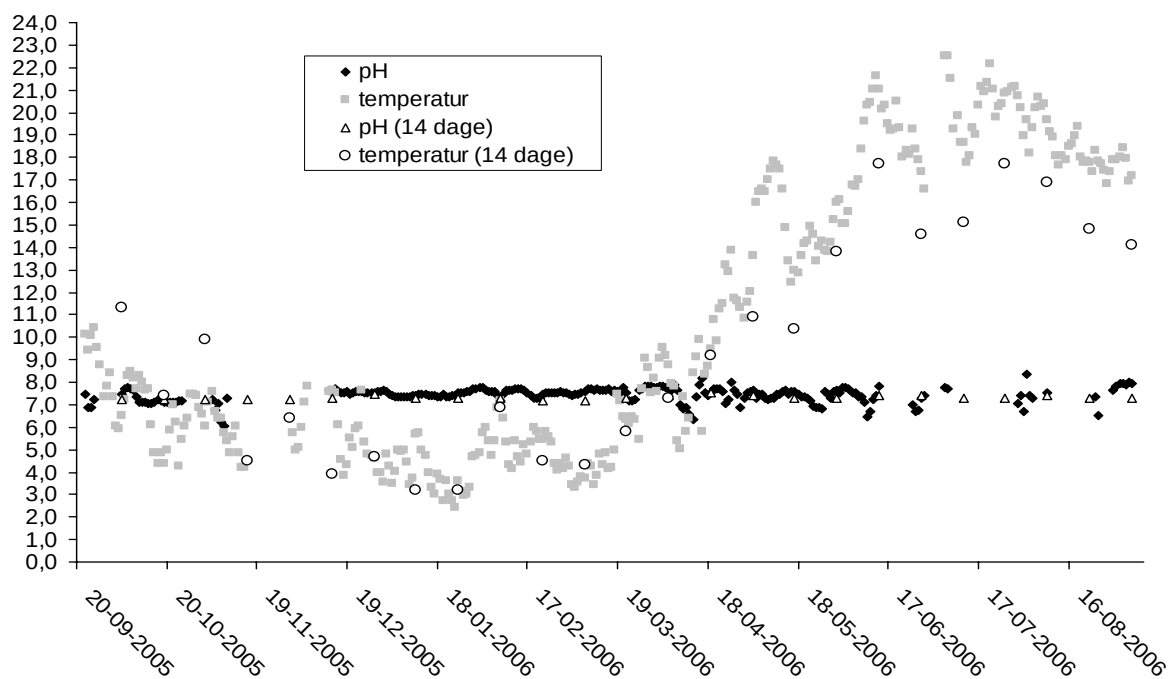
I figur 3 er vist daglige gennemsnitsværdier for temperatur (°C) og pH i dambrugets produktionsanlæg nedstrøms biofilteret. Der er endvidere angivet 14-dages målinger for temperatur og pH. Tilsvarende værdier for dambrugets udløb er vist i figur 4.

Baseret på 14-dages målingerne har iltniveauet nedstrøms biofiltre i produktionsanlægget generelt ligget mellem 3,5 og 7,5 mg/l og mellem 2,5 og 6,0 mg/l i udløbet fra plantelagunerne med de højeste værdier i vinterhalvåret.



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

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



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

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Flowet bliver registreret kontinuert (hvert 10. minut) 7 steder i dambruget jf. tabel 4. Registreringen sker de 6 af målestederne ved hjælp af elektromagnetiske flowmålere (vandure), der måler nøjagtigt med en usikkerhed på mindre end 1 %. 3 af flowmålerne har haft perioder, hvor data enten er gået tabt eller har været fejlbehæftede. Problemerne har skyldtes fugtproblemer i elektronikken og luftlommer i målerne. I de pågældende perioder er dataserierne korrigeret 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 flow-data er mellem 0 og 5 %.

Det recirkulerede flow i produktionsanlægget bliver målt med en doppler-sensor, der registrerer middelstrømhastigheden kombineret med registrering af vandstanden, der registreres med en tryktransducer. Til kalibrering af målingerne bliver flowet (vandføringen) målt med vingestrument ca. en gang pr. måned. Sensorerne er monteret i kanalen efter biofiltret. Disse målinger har en usikkerhed på ca. 5 %.

Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow
		l/s
1	Vandindtag fra boring	37
4	Cirkulationskanal	530
	Flow, Produktionsanlæg (1+4)	567
5	Spulevand fra mikrosigter (til slambassin)	1,5
7	Indløb slambassin (tømning slamkegler/returskyl biofiltre)	1,1
8	Udløb produktionsanlæg	34
9	Udløb, klaret slamvand	2,6
	Samlet tilløb til plantelagune (8+9)	37
12	Udløb plantelagune/dambrug	34

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

Det samlede vandindtag har i gennemsnit for det første måleår været 37 l/s, hvilket er noget mindre end de tilladte 45 l/s. Indtaget sker fra en boring, der er placeret nær ved vandløbet.

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

5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamfælderne (slamkeglerne) 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 3 gange om ugen. Proceduren for returskylning af filtre er, at 2 af sektionerne skylles på hverdage i ca. 30 minutter og kun 1 i ca. 15 minutter lørdag og søndag. Afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling mv. Mikrosigterne bliver skyllet kontinuerligt og skyllevandet ledes til slambassinerne.

Under tømning og skylning pumpes ca. 47 l/s til slambassinerne. Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning og skylning (5+7 jf. tabel 4) er som middel for hele måleåret opgjort til 2,6 l/s inklusiv skyllevandet fra mikrosigterne, hvilket svarer til ca. 7 % af det samlede vandindtag til dambruget.

5.3 Vandbalance

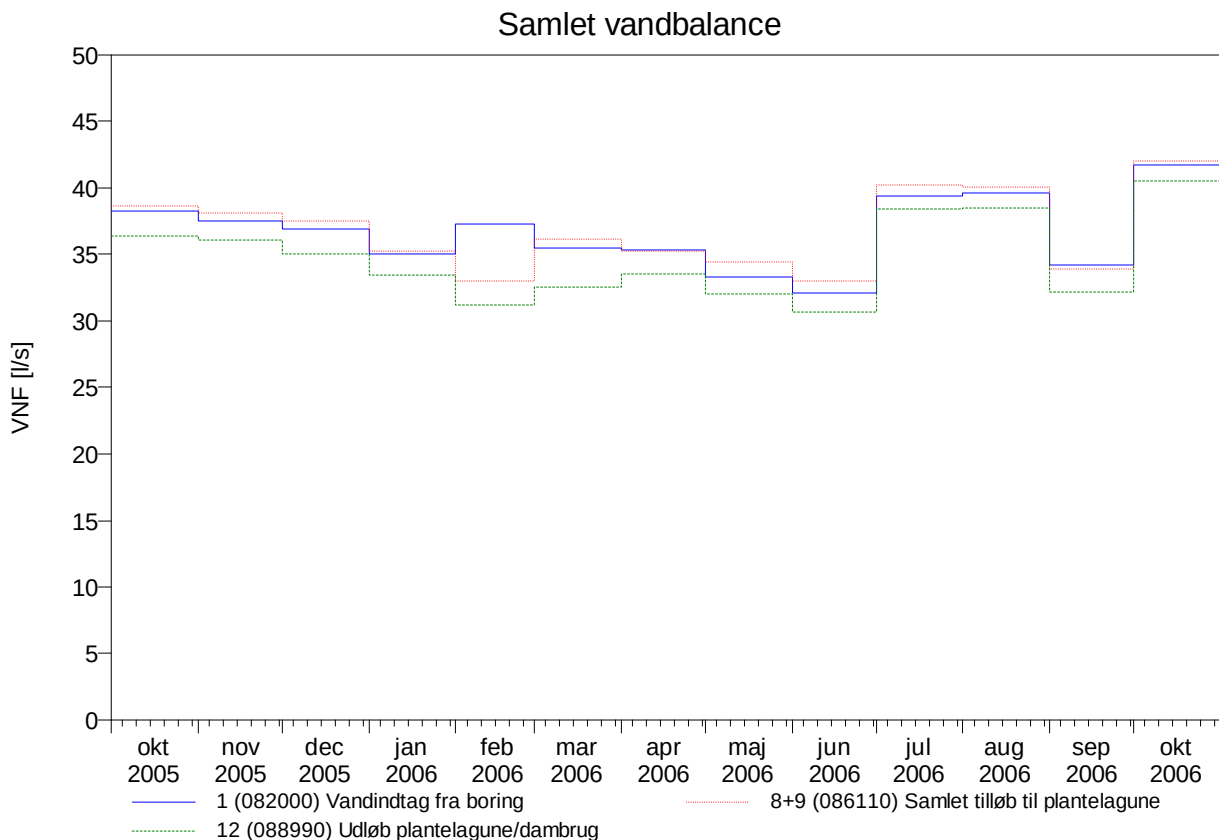
Idet vandindtaget på i gennemsnit 37 l/s svarer overens med det samlede tilløb til plantelagunen i det første måleår, er der således ikke noget målbart tab i produktionsanlægget.

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 34 l/s. Da det samlede tilløb til plantelagunen i gennemsnit har været 37 l/s, kan der konstateres et lille tab over plantelagunerne på ca. 3 l/s eller ca. 8 % i det første måleår. Det samlede vandindtag til dambruget, indløb til og afløb fra plantelagunen fremgår af figur 5. Der kan findes 3 mulige forklaringer på tabet af vand (3 l/s) fra plantelagunen ud over evt. måleusikkerheder:

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

Selve måleusikkerheden på en vandbalance over plantelagunen vil maksimalt kunne være ca. 3-4 %, dvs. kan højst forklare halvdelen af afvigelsen.



Figur 5 Samlet vandbalance over Løjstrup Dambrug (øst) angivet som månedsmiddel (l/s)

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 overfladenær boring 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.

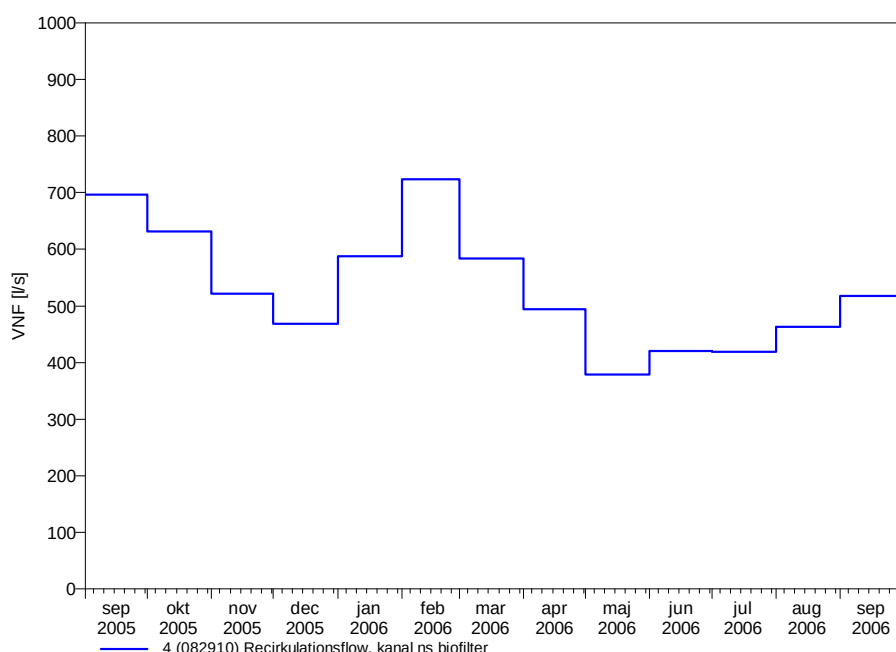
Som for produktionsanlægget har nedbør og fordampning kun ubetydelig indflydelse på vandbalancen i plantelagunen. Kun på enkelte dage kan det medføre at vandbalancen viser mere afstrømning af vand end der løber til plantelagunen f.eks. i forbindelse med kraftige regnskyl.

På Løjstrup Dambrug (øst) antages der at være en mindre nedsivning til grundvand/vandløb og evt. tilstrømning til indtagsboringen. Det vil kræve en kortlægning af grundvandsbevægelser under og omkring dambruget, som ligger ud over måle- og dokumentationsprojektet, for at kvantificere vandstrømningerne. Betydningen af dette vandtab er dog temmelig begrænset, da det udgør en lille andel af udledningensmængden og der vil ikke blive taget højde for dette forhold i de efterfølgende beregninger og vurderinger, da det har en meget begrænset betydning for disse.

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. Recirkulationsflowet er i gennemsnit for måleåret på 567 l/s (figur 6). Flowet svarer til, at den gennemsnitlige strømhastighed i produktionskanalernes sektioner med fisk er ca. 6 cm/sek.

Med et gennemsnitligt vandindtag på 37 l/s (Q_i) (tabel 4) til produktionsanlægget og en recirkulering på 567 l/s (Q_r) kan recirkulationsgraden opgøres til ca. 93 %, beregnet som $(Q_r - Q_i)/Q_r$. For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.



Figur 6 Recirkulationsflow, månedsmiddel l/s i Løjstrup Dambrug (øst), 1.måleår.

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug er det opgjort, at der på Løjstrup Dambrug (øst) er brugt 3.680 liter vand pr. kg foder eller 3.495 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 0,011 l/s pr. m² plantelagune og dermed ca. halvdelen af den forudsatte max. belastning på 1 l/s pr. 48 m² (0,021 l/s/m²) plantelagune i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug*, 2002).

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

I tabel 5 findes beregnede gennemsnitskoncentrationer for de analyserede, udtagne 27 vandprøvesæt (dog kun 15 prøver for vandindtaget) i måleår 1 ved forskellige målestationer på Løjstrup Dambrug (øst). Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne over 1. måleår. Det giver et billede af hvordan der tilføres stof ved fiskeproduktionen i produktionsenheden og hvordan forskellige renseforanstaltninger fjerner stof, dvs. via bl.a. slamkegler, biofiltre, slambassiner og plantelagune.

Det bemærkes, at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler er meget høje for alle kemiske variable men også skyllevand fra biofiltrene (afløb biofiltre) er noget højere end for afløbet af produktionsanlægget (svarende til nedstrøms biofilter). Desuden er værdierne for ammonium, total-kvælstof, orthofosfat, total-fosfor og for organisk stof (BI₅ og COD) samt for suspenderet stof høje eller meget høje i afløbsvandet fra slambassiner (klaringsvand) - for flere af stofferne på niveau med skyllevandet fra biofiltre og spulevandet fra mikrosigte.

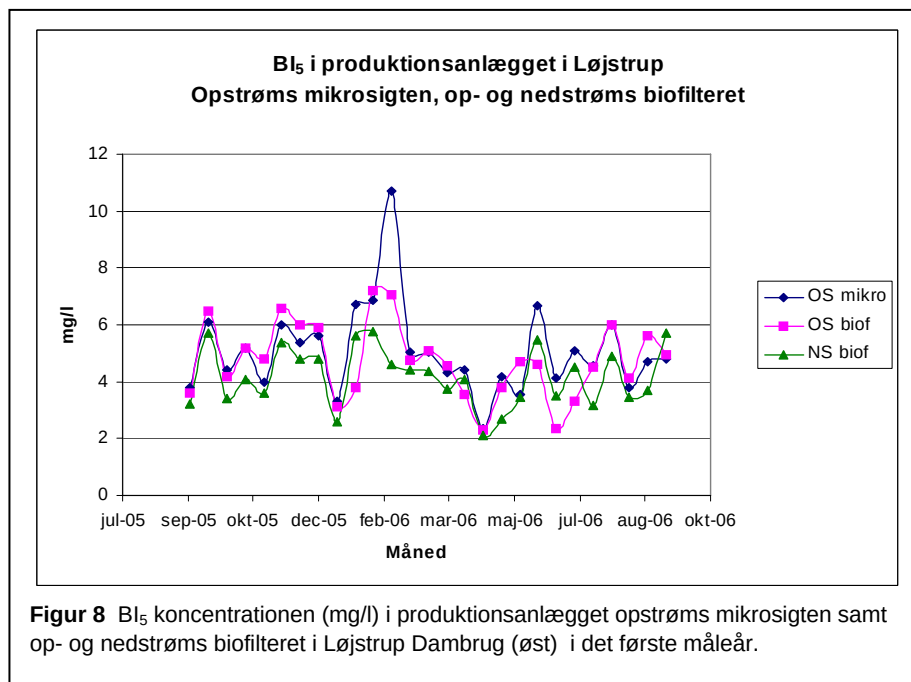
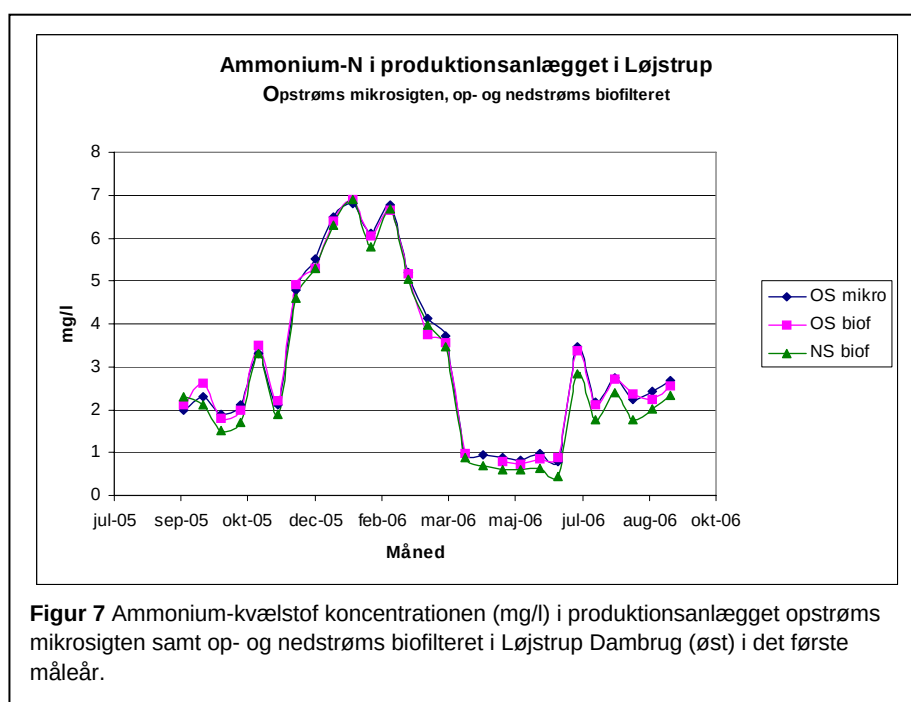
Spredningen på koncentrationerne over det første måleår er størst på de høje koncentrationer som for spulevand af slamkegler og afløb fra slambassinerne, for de øvrige målesteder er de det halve. Spredningen varierer for de kemiske variable og er størst for ammonium og mindst for total-kvælstof. Selv om mikrosigten fjerner en række stoffer jf. koncentrationerne i spulevandet så er det vanskeligt at se på koncentrationsforholdene op- og nedstrøms (=opstrøms biofilter) mikrosigten ud fra de 27 døgnpuljede prøver.

Målested	NH ₄ -N		NO ₂₃ -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
Vandindtag	0,2	0,2	3,7	0,9	4,3	0,7	0,1	0,0	0,1	0,0	1,0	0,3	11,0	3,0	0,9	0,6
Opstrøms mikrosigte	3,1	2,0	8,6	2,1	14,9	4,1	0,3	0,1	0,4	0,1	5,1	1,6	26,9	7,1	4,1	1,4
Opstrøms biofilter	3,2	1,9	9,1	1,6	14,9	4,2	0,3	0,1	0,4	0,1	4,8	1,3	26,7	5,5	3,6	1,1
Nedstrøms biofilter	2,9	2,0	9,4	1,6	14,2	2,6	0,3	0,1	0,3	0,1	4,2	1,0	25,0	6,3	3,2	2,3
Spulevand mikrosigte	3,0	2,2	6,1	2,2	22,4	8,6	0,4	0,2	8,5	4,7	161	66,0	442	224	358	190
Afløb biofilter	3,4	2,7	7,0	2,8	49,5	27,8	0,7	0,2	12,7	5,6	186	67,2	591	153	542	145
Afløb slamkegler	11,9	9,1	2,7	3,3	154	92,5	12,1	10,0	127	77,4	3930	5074	7175	4974	4202	2325
Afløb slambassiner	11,4	4,8	1,5	2,4	24,9	9,6	4,2	1,7	8,4	4,9	152	94,5	383	268	158	158
Udløb dambrug	3,6	2,1	6,9	1,9	12,0	3,0	0,5	0,2	0,7	0,2	5,5	2,1	29,7	8,0	6,0	3,3

Tabel 5 Gennemsnitskoncentrationen (Gen) for de kemiske variable og spredningen (Std) for det første måleår for forskellige målesteder på Løjstrup Dambrug.

I figur 7 er vist koncentrationsforløbet for ammonium-N og i figur 8 tilsvarende for BI₅ forskellige steder i produktionsanlægget. Kurveforløbet for ammonium er nærmest identisk opstrøms mikrosigten som opstrøms og nedstrøms biofiltret med høje værdier om vinteren (6-7 mg/l) og væsentlige lavere værdier om sommeren (1-3 mg/l). Generelt er værdierne gennem hele 1. måleår lavere nedstrøms end opstrøms biofilteret, hvilket indikerer en omsætning/fjernelse af ammonium hen over biofiltret. For BI₅ er koncentrationsforløbet mere ensartet hen over måleåret (4-5 mg/l), med et relativt ensartet kurveforløb for de 3 målesteder. BI₅ koncentrationer

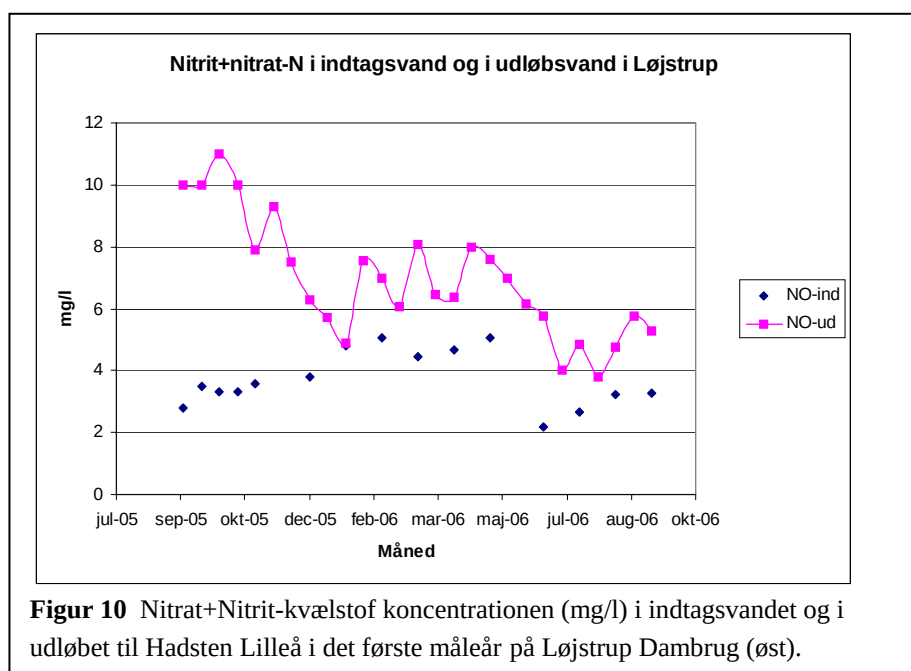
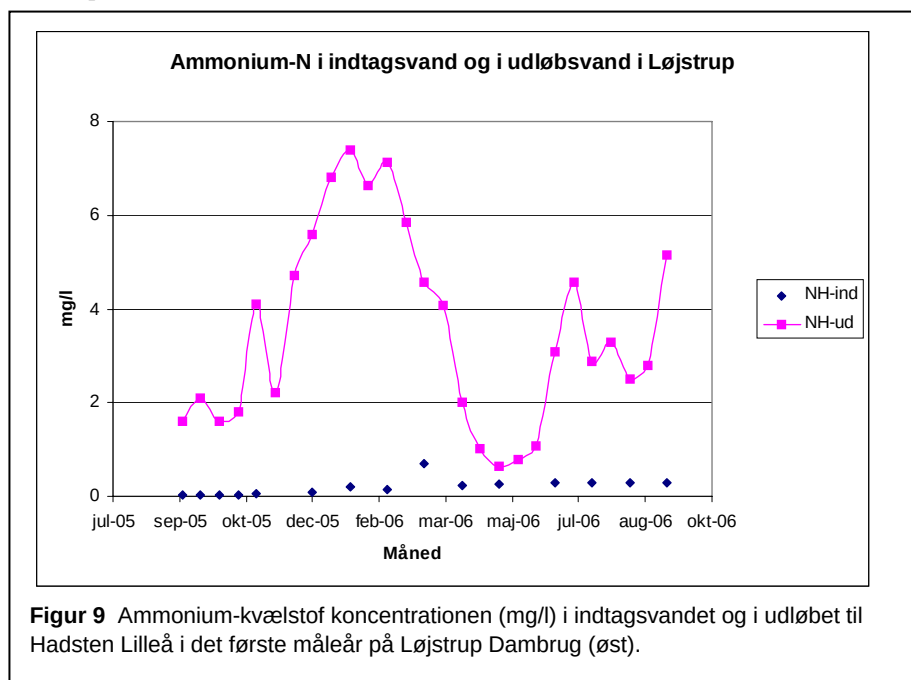
onerne er også her generelt lavere nedstrøms end opstrøms biofilteret, hvori der således tilsyneladende omsættes / fjernes noget BI_5 .

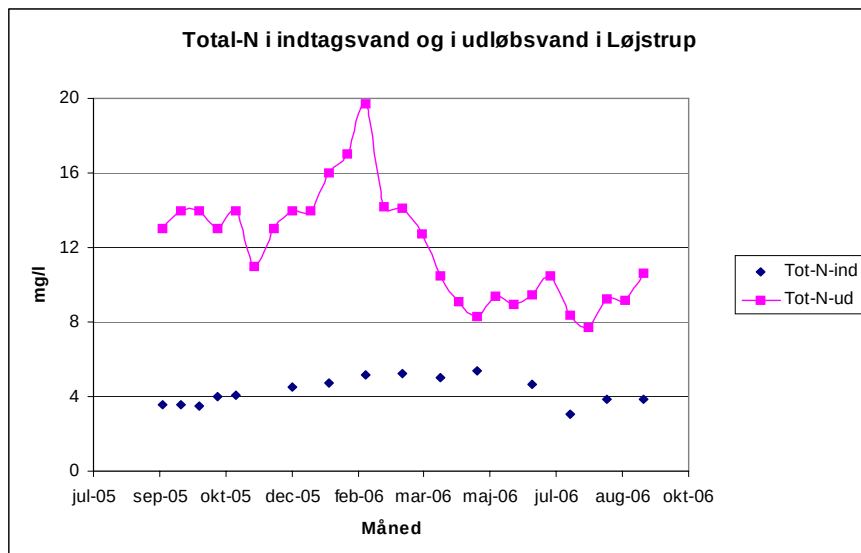


Koncentrationsforløbet for en række af de målte kemiske parametre i henholdsvis indtagsvandet og i udløb fra plantelagunen (dvs. afløbet fra Løjstrup Dambrug (øst)) fremgår af figur 9-16. I indtagsvandet er der meget små variationer gennem måleåret for de enkelte kemiske stoffer med størst variation for nitrit+nitrat-kvælstof. Koncentrationen i udløbsvandet fra plantelagunen påvirkes dels af variationerne i koncentrationen af det vand der tilledes fra produktionsanlægget, men også fra klaringsvandet fra slambassinerne (der har høje stoffkoncentrationer) og dels af de omsætnings-/fjernelses-/tilbageholdelsesprocesser, der er i selve plantelagunen. Således stiger koncentrationerne for alle stoffer med en faktor 4 i juni frem til september og dette bidrag ses meget markant

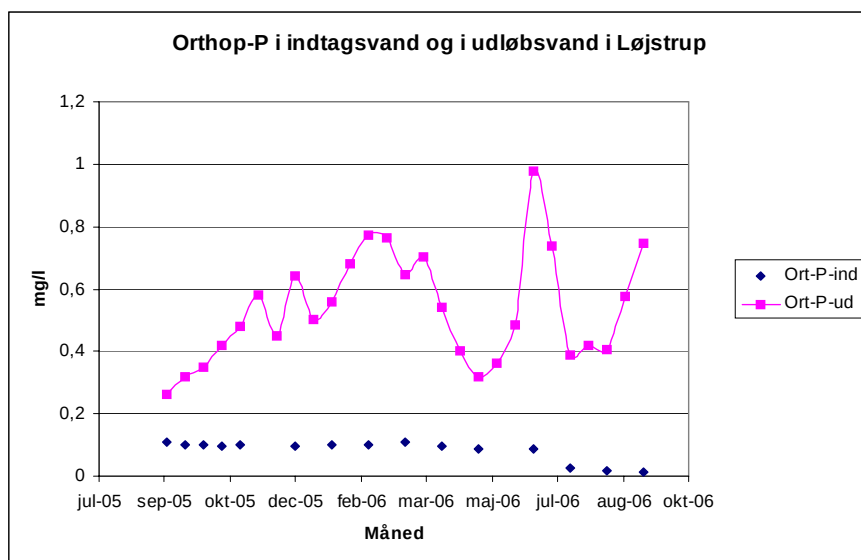
på alle figurerne. Generelt er koncentrationerne højst for alle stoffer om vinteren. Figur 7 visende ammonium-kvælstof koncentrationen i produktionsanlægget er et eksempel på dette. Kun nitrit+nitat-kvælstof (figur 10) forløbet i udløbsvandet afviger fra det generelle billede, idet koncentrationen starter højt i september 2005 og overordnet falder gennem hele måleåret.

I lighed med bl.a. nitrat-kvælstof kan orthofosfat optages af planterne og derfor kunne det forventes at koncentrationen af disse stoffer var mindst i planternes vækstsæson om sommeren og størst om vinteren, men denne effekt udviskes af det ekstraordinære store bidrag fra klaringsvandet i denne periode.

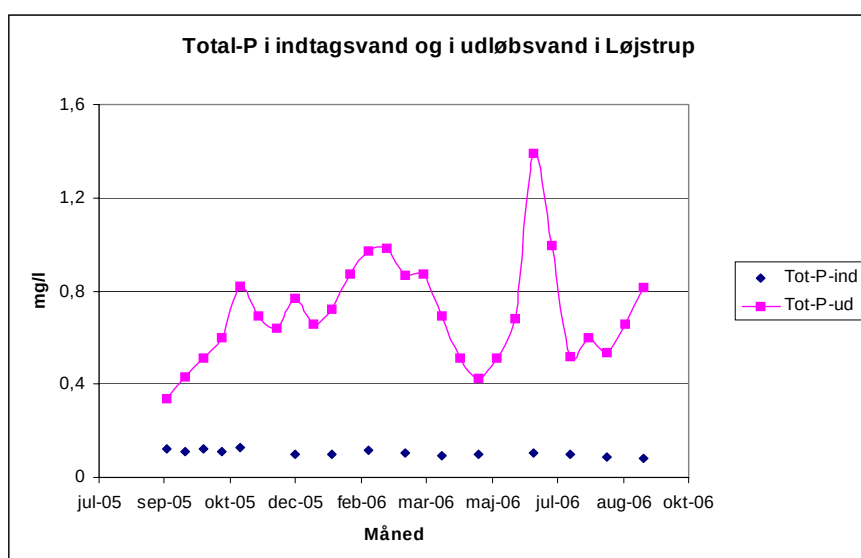




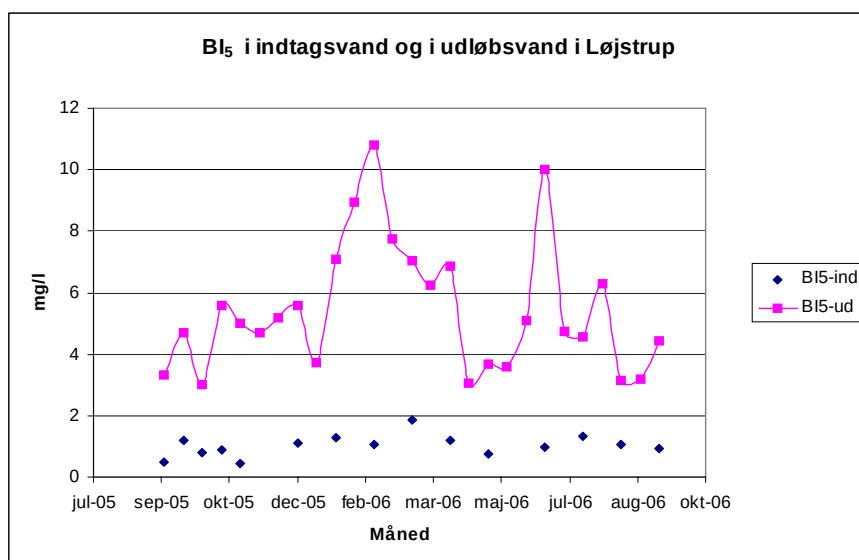
Figur 11 Total-kvælstof koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Hadsten Lilleå i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst).



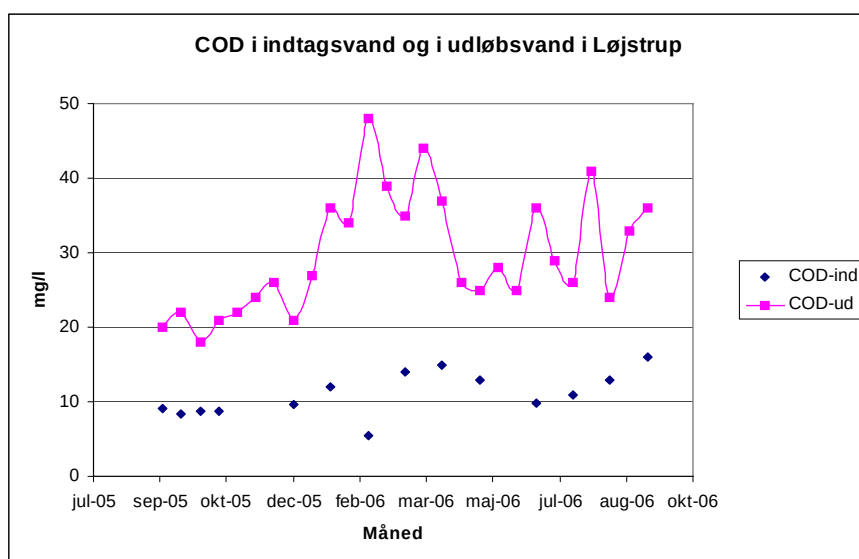
Figur 12 Orthofosfat-fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Hadsten Lilleå i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst).



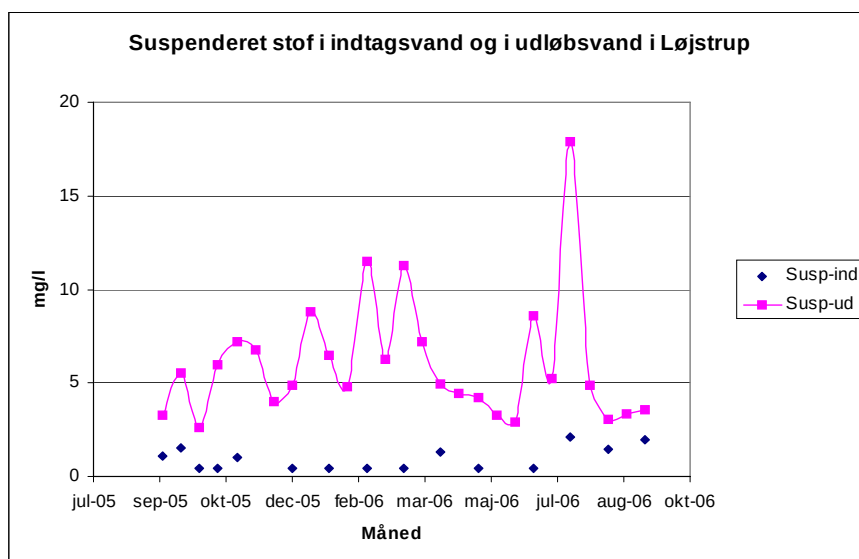
Figur 13 Total-fosfor koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Hadsten Lilleå i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst).



Figur 14 Organisk stof målt som BI₅ koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Hadsten Lilleå i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst).



Figur 15 Organisk stof målt som COD koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Hadsten Lilleå i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst).



Figur 16 Suspenderet stof koncentrationen (mg/l) i indtagstvandet og i udløbet til Hadsten Lilleå i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst).

7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen for Løjstrup Dambrug (øst) er der opstillet en række udlederkrav i forsøgsperioden (Århus Amt, 2004). Miljøgodkendelsen beskriver, at udlederkontrollen, skal foretages med to forskellige kontrolmetoder. Kontrolstofferne BI_5 og ammonium-N skal kontrolleres ved tilstandskontrol, dvs. på størrelsen af den generelle overkoncentration. De resterende 3 kontrolstoffer - suspenderet stof, total-N og total-P - skal kontrolleres efter transportkontrol, hvor kravværdierne, udtrykt som nettodøgnudledning, skal justeres som beskrevet i Pedersen *et al.* (2003). Justeringen foretages ved anvendelse af beregnede standardafvigelser for de observerede nettoudledninger for det første måleår og fremgår af tabel 6. Kravværdierne fra miljøgodkendelsen er angivet i kapitel 2.3 tabel 2.

I tabel 6 er resultaterne af udlederkontrollen givet. 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.

Kontrolparameter	Kravværdi jf. Miljøgodk.	Justeret kravværdi	Udledning efter Bekendt. modeldambrug	Teoretiske kravværdier fra Dambrugsbekendtgørelsen
Susp. stof	94 kg d ⁻¹	83 kg d ⁻¹	16,1	142 kg d ⁻¹ (3)
NH ₄	3,1 mg l ⁻¹	-	4,3	4,9 mg l ⁻¹ (0,4)
Total-N	30 kg d ⁻¹	20 kg d ⁻¹	25,9	28,5 kg d ⁻¹ (0,6)
Total-P	3 kg d ⁻¹	2,3 kg d ⁻¹	2,03	2,4 kg d ⁻¹ (0,05)
BI ₅	8,0 mg l ⁻¹	-	5,5	12,2 mg l ⁻¹ (1,0)

Tabel 6 Kontrol på udledningerne fra Løjstrup Dambrug (øst) det første måleår med beregnede statistiske udlederværdier beregnet efter miljøgodkendelsen udlederkrav, som anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. Larsen og Svendsen (1998). 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 i mg l⁻¹) ganges med forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning og max. vandindtag efter ombygning ($550/45 = 12,2$).

Den statistisk beregnede udlederværdi, der sammenholdes med udlederkravet, findes som gennemsnits overkoncentrationen (nettoudledningen) i kontrolperioden (her måleår 1) plus spredningen på overkoncentrationerne (nettoudledningerne) 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 Løjstrup Dambrug (øst) har overholdt alle udlederkrav i det første måleår på nær for total kvælstof og ammoniak.

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 12,2 (forholdet mellem tidligere vandindtag, der har været lidt højere end medianminimum ved dambruget på 550 l/s og tilladte vandindtag efter ombygning på 45 l/s) på udlederkravværdier. I så fald ville Løjstrup Dambrug (øst) overholde alle udlederkrav ved 95 % statistisk sikkerhed baseret på tallene fra det første måleår.

Det fremgår i øvrigt, at for suspenderet stof, ammonium og BI_5 har amtet i miljøgodkendelsen skærpet kravværdierne, men for de to resterende stoffer er kravværdierne stort set lig eller over de teoretiske kravværdier efter dambrugsbekendtgørelsen, dvs. med fuld kompensation for reduktionen i vandindtaget.

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag:

I følge den førte driftsjournal har foderforbruget i det første måleår været på i alt 313,5 tons. Der er beregnet en produktion på 330,0 tons fisk (inkl. døde), dvs. med en foderkvotient på produktionsanlægget på 0,95. I kapitel 3.2 er redegjort for beregning af produktionsbidraget som fremgår af tabel 7 med antagelse om 1 % foderspild.

Produktionsbidrag	NH4- N	Total-N	Total-P	BI5	COD
l kg	12.243	14.504	1.688	22.399	74.663
l kg pr. tons foder	39,1	46,3	5,4	71,5	238,2
l kg pr tons fisk	37,1	44,0	5,1	67,9	226,3

Tabel 7 Beregnede produktionsbidrag for det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst) opgjort i kg, kg pr. tons foder og kg. pr. tons produceret fisk. Bidraget for især BI₅ kan være underestimeret.

8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof der fjernes i forskellige dele af dambruget fastlægges de stofmængder, der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget. Der opstilles således massebalancer hen over f.eks. produktionsenheder, plantelagunerne, over hele dambruget m.v. En stofmængde er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelkoncentration. Vandmængderne måles som beskrevet i kapitel 2 kontinuert i en række målepunkter for hvilke der er beregnet 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 boringen (indtagsvandet = I) og foder (produktionsbidraget eller bidrag fra fiskeproduktionen = P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra slamkegletømning i produktionsanlægget, returskylning af biofiltre i produktionsanlægget, returskyllevand fra mikrosigten samt via de forøgede stofmængder, der løber ud af produktionsanlægget til plantelagunerne ift. indtagsvandet.

Som omtalt i kapitel 5.3 tabes der lidt vand over dambruget, netto knap 8 % det første måleår som alene tilskrives tab over plantelagunen. Den vandmængde der tilføres og afledes fra slambassiner er der en vis usikkerhed på, men samlet over 1. måleår passer vandbalancen over slambassinerne. Usikkerheden skyldes bl.a. at der kun tilføres vand i visse perioder til slambassinerne, således at beregningerne er afhængige af tidsangivelser for hvornår pumper fra slambrønde til slambassiner har kørt.

	Vandmæng. 1000m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	NO ₂ - N kg	Total - N kg	Ortho - P kg	Total - P kg	BI-5 kg	COD kg
Indtag vand (I)	115	1.048	259	4.386	5.080	94	120	1.231	12.671
Produktionsbidrag (P)	-	-	12.243	-	14.504	-	1.688	22.399	74.663
Samlet stofinput (I+P)	115	>1.048	12.502	>4.386	19.584	>94	1.808	23.630	87.334
Slamkegler produktionsenhed	6	26.261	74	15	938	73	769	23.969	43.096
Biofilterskyl produktionsenhed	24	13.057	82	167	1.201	18	305	4.552	14.228
Skyl af mikrosigte	48	16.356	137	275	1.048	9	365	7.629	20.163
Tilført slambassin i alt	78	55.674	293	457	3.187	99	1.439	36.150	77.487
Afløb prod.anlæg til plantelagune	1.073	3.011	2.792	9.682	14.821	-7	70	4.161	26.387
Klaringsvand fra slambassinerne	83	13.334	946	105	2.075	343	692	12.708	32.268
Tilført plantelagune i alt	1.156	16.345	3.738	9.778	16.896	336	762	16.870	58.655
Udløb dambrug	1.086	6.656	3.831	7.504	13.025	576	762	5.907	32.124

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

I modsætning til de fleste gennemstrømningsanlæg giver produktionsbidraget på Løjstrup Dambrug (øst) langt større stoftilførsel end vandindtaget.

Stofmængden i afløb fra slambassinerne (det klarede slamvand) for suspenderet stof, fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) er flere gange større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra produktionsenheden. Endvidere tilføres plantelagunerne også en del ammonium med klaringsvandet fra slambassinerne. Det betyder, at en større del af det stof der egentligt er tilbageholdt og overført til slambassinerne, tilbageføres til plantelagunerne og evt. udledes til vandløbet. Det bemærkes også, at plantelagunerne tilføres tre gange så meget ammonium via afløb fra produktionsanlægget som med klaringsvandet fra slambedet.

Spulevandet fra mikrosigterne udgør henholdsvis knap 30 % af suspenderet stof, omkring halvdelen af ammonium- og nitrat-nitritkvælstof og 20-25 % af organisk stof af den samlede mængde af de pågældende stoffer som tilføres slambassinerne.

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensegrader

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

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

P = produktionsbidraget

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

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

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

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

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

Brug af ovenstående formler forudsætter at vanindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket er opfyldt for Løjstrup Dambrug (øst), der i første måleår i gennemsnit har 4,3 % af Hadsten Lilleå's medianminimumsvandføring på 1.050 l/s på strækningen ved dambruget.

9.2 Rensegrader over hele dambruget

Målinger og beregninger for det første måleår viser at nettorensesegraden (R_N) (tabel 9) har været 45 % for total kvælstof (N), 62 % for total fosfor (P) og 79 % for organisk stof udtrykt som BI_5 , hvilket er højere end forudsætningerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug uden mikrosigter. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 11 %, 60 % og 75 % for de tre kemiske variable for et type III modeldambrug uden mikrosigter, mens rensegrader skal være 15 % for N , 65 % for P og 80 % for BI_5 , hvis mikrosigterne anvendes ved fastlæggelse af foder og dermed i givet fald lige netop ikke opfyldes i det første måleår hvad angår total fosfor og BI_5 . For total kvælstof skal der til den angivne rensegrad tillægges, at plantelagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr. dag pr. m^2 , dvs. 365 g pr. m^2 pr. år eller med de forudsatte

4.500 m² plantelagune i Løjstrup Dambrug (øst) (jf. kapitel 11) 1.643 kg total kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til at nettorenssegraden for kvælstof mindst skal være ca. 21 % uden mikrosigter og 25 % med mikrosigter, hvilket til fulde er opfyldt.

I de beregnede renssegrader indgår det stof, der er fjernet grundet nedsivning fra plantelagunerne, men da denne mængde som omtalt er ganske beskeden ses den derfor bort fra.

Man skal være opmærksom på, at for modeldambrugene under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger, således at det er den forventede renssegrad for fosfor, der har bestemt den tildelte foder-mængde. Det betyder, at dambruget skal op omkring en renssegrad på 60 % for total kvælstof for efterfølgende at kunne opfylde renssegraderne ift. det tildelte foderforbrug. Selv om renssegraderne for total kvælstof er højere end forudsætningerne i bekendtgørelse for modeldambrug kan dette forhold plus plantelagunernes indretning og det, at der på Løjstrup Dambrug (øst) er etableret mindre plantelagune end forudsat være en af forklaringerne på, at det ikke ud fra udlederkontrollen har været muligt at overholde udlederkravene for total kvælstof (og ammonium) på dambruget.

Beregningerne viser også, at selvom nettorenssegraden har været på ca. 71 % for ammonium-N, så er dette ikke en tilstrækkelig stor omsætning til, at de fastsatte udlederkrav kan overholdes, da kravet for ammonium-N er skærpet ift. hvis hele reduktionen i vandindtaget blev godskrevet dambruget (se kapitel 7). Den mængde ammonium, der tilføres plantelagunen med især klaret slamvand er for stor.

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

	Vandmængde 1000 m ³	NH ₄ -N kg	Total -N kg	Total -P kg	BI ₅ kg	COD Kg
Indtagvand (i)	1.153	259	5.080	120	1.231	12.671
Produktionsbidrag (P)		12.243	14.504	1.688	22.399	74.663
Samlet stof bidrag (I+P)	1.153	12.502	19.584	1.808	23.630	87.334
Målte udledninger fra dambrug (Um)	1.086	3.831	13.025	762	5.907	32.124
Dambrugets netto udledning Un (Um-I)		3.572	7.945	643	4.676	19.452
Nettorenssegraden Rn (%) jf. formel (1)		71	45	62	79	74
Bruttorenssegraden Rs (5) jf formel (2)		69	33	58	75	63
Stofudledningen netto i g/ kg produceret fisk		10,8	24,1	1,9	14,2	59,0
Stofudledningen brutto i g/ kg produceret fisk		11,6	39,5	2,3	17,9	97,4

Tabel 9 Beregnede udledninger til vandløb og renssegrader over Løjstrup Dambrug (øst) 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.

Forskellen mellem netto- og bruttorenssegraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af produktionsbidraget. Det har mindst betydning for ammonium-N hvor de to mål for renssegrader er næsten ens og størst ved total-N, hvor bruttorenssegraden er 12 procent-

point lavere end netto rensegraden. Dette viser at der med indtagsvandet tilføres en del kvælstof som nitrat-kvælstof.

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

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

Sammenlignet med tallene fra Døstrup Dambrug udleder Løjstrup Dambrug (øst) dobbelt så meget ammonium-N og næsten 4 gange så meget total-N pr. kg produceret fisk, mens udledningerne af total fosfor og organisk stof er næsten de samme som på Døstrup Dambrug. Det skal i den forbindelse erindres, at Løjstrup Dambrugs (øst) produktion er baseret på store fisk til havbrug (ca. 1 kg) med deraf følgende dårligere forerudnyttelse og stor vinter / forårbestand.

9.3 Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelaguner

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensegrader over produktionsanlægget (tabel 10) og over plantelagunerne (tabel 11). På Løjstrup Dambrug (øst) er der opstrøms biofilteret opsat en mikrosigte, der løbende spules ren og hvor spulevandet føres til slambassinet. Produktionsbidraget er det samlede produktionsbidrag vedr. det anvendte foder i første måleår.

Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk fjernes over mikrosigten med spulevandet, i slamkeglerne og over biofiltrene og som føres over i slambassinene. Det dækker endvidere også en evt. omsætning af stof som giver anledning til et stoftab i produktionsenhederne 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 løbende er målt fra produktionsanlægget til plantelagunen.

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

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

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 men kun kortvarigt tilbageholdt i slambassinerne. Dette er et mål for netto stoffjernelse i mikrosigte, slamfælder og biofiltre, mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelsen/omsætningen i slamfælder, biofiltre og mikrosigte (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 Løjstrup Dambrug (øst) er der opstillet en stofbalance for slambassinerne, hvor tilførslen fra henholdsvis skylning af mikrosigte, returskylning af biofiltre samt tømning af slamkegler indgår på plussiden af stofbalancen og stoffjernelsen via klaringsvandet indgår på negativsiden. Differensen repræsenterer tilbageholdelsen i slambassinet.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per 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.

Produktionsanlægget	Vandmæng. 1000 m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	Total - N kg	Total - P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtag vand (I)	1.153	1.048	259	5.080	120	1.231	12.671
Produktionsbidrag (P)	-	-	12.243	14.504	1.688	22.399	74.663
Samlet stofinput (I+P)	1.153	1.048	12.502	19.584	1.808	23.630	87.334
Afløb fra produktionsanlægget	1.073	3.011	2.792	14.821	70	4.161	26.387
Stoffjernelse over produktionsanlæg	-	-	9.709	4.763	1.738	19.469	60.947
Stoffjernelse i % af stofinput (a)	-	-	78	24	96	82	70
Stoffjernelse i % af produktionsbidrag (b)	-	-	79	33	103	87	82
Stoffjernelse med spulevand i mikrosigten	48	16.356	137	1.048	365	7.629	20.163
Stoffjernelsen i mikrosigten i % af samlet stofinput	4		1	5	20	32	23
Stoffjernelsen i mikrosigten i % af produktionsbidrag			1	7	22	34	27
Stoffjernelse i slamkegler	6	26.261	74	938	769	23.969	43.096
Stoffjernelsen i slamkegler i % af samlet stofinput			1	5	43	101	49
Stoffjernelsen i slamkegler i % af produktionsbidrag			1	6	46	107	58
Stoffjernelse i biofiltere	24	13.057	82	1.201	305	4.552	14.228
Stoffjernelsen i biofilter i % af samlet stofinput			1	6	17	19	16
Stoffjernelsen i biofilter i % af produktionsbidrag			1	8	18	20	19
Stoftilførsel til slambassinerne	78	55.674	293	3.187	1.439	36.150	77.487
Stof med klaringsvand til plantelagunen	83	13.334	946	2.075	692	12.708	32.268
Tilbageholdelse i slambassinerne		42.340	-652	1.112	747	23.441	45.219
Stoftilbageholdelsen i slambassin i % af tilførslen		76	-222	35	52	65	58
Stoftilbageholdelsen i % af samlet stofinput		-	-5	6	41	99	52
Stoftilbageholdelsen i % af produktionsbidrag		-	-5	8	44	105	61
Som (a) med reguleret for stoftab med klaringsvand		-	70	14	58	29	33
Som (b) med reguleret for stoftab med klaringsvand		-	72	19	62	30	38

Tabel 10 Stoffjernelse over hele produktionsanlægget og de tilhørende rensegrader for det første måleår ved Løjstrup Dambrug (øst) for kemiske variable (se tekst for nærmere forklaring).

Plantelagune	Vand- mæng. 1000 m ³	Susp. stof kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ -N kg	Total -N kg	Ortho P kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Samlet tilførsel plantelagune	1.156	16.345	3.738	9.778	16.896	336	762	16.870	58.655
Udløb fra plantelagune til vandløb	1.086	6.656	3.831	7.504	13.025	576	762	5.907	32.124
Tilbageholdelse i plantelagune	70	9.688	-93	2.283	3.871	-240	-1	10.963	26.531
Tilbageholdelse i plantelagune i % af input hertil	6,1	59,3	-2,5	23,3	22,9	-71,7	0	65,0	45,2
Tilbageholdelse i plantelagune i % af produktionsbidrag			-0,8		26,7		0	48,9	35,5
Tilbageholdelse i % af brutto input dambrug	6,1		-0,7		19,8		0	46,4	30,4
Tilbageholdelse i g pr. m ² pr dag (3300m ²)		8,04	-0,08	1,90	3,21	-0,20	0	9,10	22,03

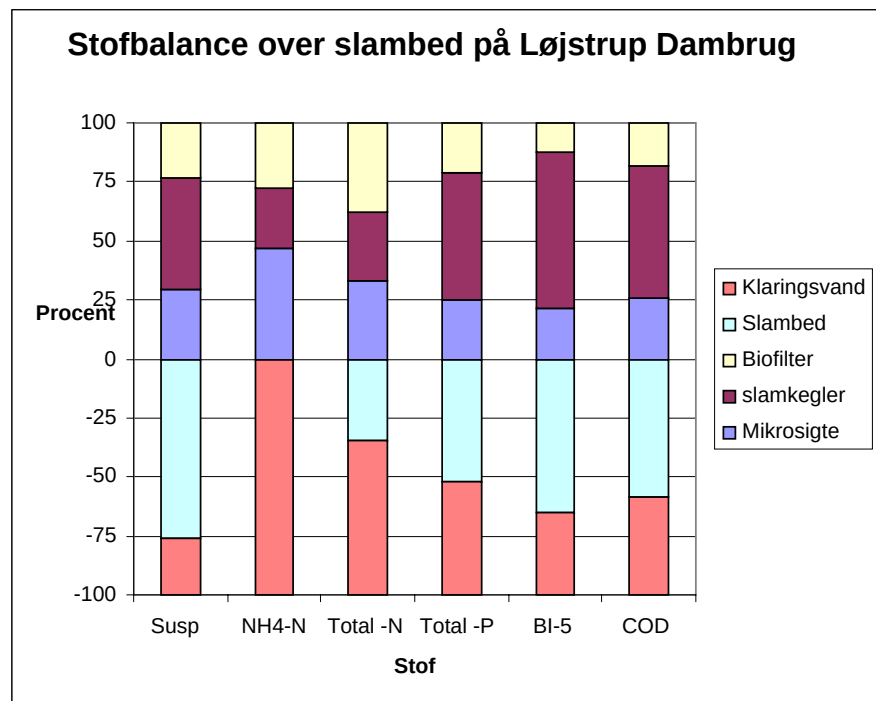
Tabel 11 Beregnet stoftilbageholdelse/-fjernelse over plantelagunen inklusiv evt. stof i vandet der måtte sive ud af bunden på denne og de tilhørende rensegrader for kemiske variable for første måleår på Løjstrup Dambrug (øst). Den samlede tilførsel til plantelaguner består af afløbsvand fra produktionsanlægget og klaringsvand fra slambassinerne.

Umiddelbart fjernes store dele (mellem 70 og 96 %) af stofinputtet over produktionsanlægget ift. ammoniak, total fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) og endnu højere andele, hvis stoffjernelse beregnes ift. produktionsbidraget. Til gengæld er stoffjernelsen af total kvælstof betydeligt lavere (24 % af det samlede input og 33% af produktionsbidraget). 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 mikrosigte, biofiltre og tømning af slamkegler, efterfølgende udledes til plantelagunen med klaringsvandet. Af det tilførte stof til slambassinet returneres henholdsvis 65 % (total kvælstof), 48 % (total fosfor) og 35-42 % (organisk stof) med klaringsvandet til plantelagunen (figur 17 og tabel 10). Kun for suspenderet stof tilbageholdes mere end halvdelen af det tilførte stof i slambassinet, nemlig 70 %. For ammonium-N udledes der godt 3 gange mere med klaringsvandet end der tilføres slambassinerne, således at der sker en netto ammoniak-N produktion i slambassinerne. Samlet betyder det, når der tages højde for stoftab med klaringsvandet til plantelagunerne, at ift. produktionsbidraget fjernes / tilbageholdes 72 % af ammoniak og 62 % af total fosfor over produktionsanlægget, mens tallene for total kvælstof og organisk stof er beskedne 19 – 38 %.

Mikrosigten tilfører knap halvdelen af ammonium-N og ca. 25-35 % af suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor samt organisk stof (BI₅ og COD) til slambassinerne, mens der fra slamkeglerne tilføres over halvdelen af suspenderet stof, total fosfor og organisk stof til disse. Biofiltrene har størst betydning for tilførsel til slambassinerne af total kvælstof (ca. 35 %) og mindst for organisk stof med 15-20 %.

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

Såfremt der ikke tages højde for at der med det beskedne vandtab ud af bunden på plantelagunen også kan tabes lidt stof, så er der ingen tilbageholdes / fjernelse af ammonium-N over plantelagunerne. Der tilbageholdes / omsættes til gengæld 23 % af det tilførte nitrat og total kvælstof til plantelagunen, mens der ikke er nogen tilbageholdelse af total fosfor. Dette skyldes, at plantelagunen virker som nettotilfører af orthofosfat, hvilket kan skyldes, at noget fosfor, som har været i sedimentet på bunden af plantelagunen fra før forsøgsstart er frigivet i måleperioden. Der omsættes ganske meget let-omsætteligt organisk stof (65% af tilført BI₅) i plantelagunen, mens tilbageholdelsen af det tilført COD er lavere, godt 45 %.



Figur 17 Stofbalance over slambassin. Input til slambassin er beregnet som summen af bidrag fra spulning af mikrosigten (der foregår kontinuert) og returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler, der foregår over ca. 14 minutter 1 til 2 gange daglig. Det samlede input er sat til 100 % og er angivet som positive værdier (søjler over x-aksen). Tilsvarende er summen af tilbageholdelsen (slambassin) og fraførelsen (klaringsvandet til plantelagunen) sat til 100% som negative værdier (søjler under x-aksen). Tilbageholdelsen i slambassin er beregnet som summen af input til slambedet minus fraførelsen med klaringsvandet. Der sker en nettoproduktion af ammonium i slambassin, som reelt betyder at der afledes over 300 % mere ammonium-N end input heraf med klaringsvandet, men af grafiske årsager er værdien sat til -100%.

Sammenlignes rensegraden i plantelagunerne beregnet i forhold til produktionsbidraget med de tilsvarende rensegrader i produktionsanlægget (når der er taget højde for stoftab med klaringsvandet) fjernes der i produktionsanlægget meget ammonium (72 %) og total fosfor (62 %), mens der ingen nettofjernelse sker over plantelagunen. For total kvælstof er netto rensegraden i % af produktionsbidraget større over plantelagunen (27 %) og i produktionsanlægget (19 %). Tilsvarende er nettorensgraden i % af produktionsbidraget lavere i produktionsanlægget for BI₅ (30 %) sammenlignet med plantelagunerne (49 %) og i samme størrelsesorden for COD (henholdsvis 38 % og 35 %).

Sammenlignes netto stoffjernelsen med den aktuelle belastning (stoffiltførsel) fjerner plantelagunerne (23 %) mere total kvælstof end netto over produktionsanlægget (14 %) og det samme gælder BI₅ (65 % mod 29 %). For total fosfor er der ingen netto stoffjernelse over plantelagunen men netto 58 % over produktionsanlægget ift. stoffiltførslen hertil, mens de tilsvarende tal for COD er henholdsvis 45 % mod 33 % og for ammonium-N 0 % mod 70 %. Renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner/omsætter meget ammonium og fosfor og disse renseforanstaltninger ligger opstrøms plantelagunen, hvorfor denne naturligvis har en mindre stofmængde at rense på.

Udtrykkes stoffjernelsen ift. overfladearealet i plantelagunerne fås 3,2 g N pr. m² pr. døgn for total kvælstof, hvilket er betydeligt over forudsæt-

ningen for modeldambrugene på 1,0 g pr. m² pr. døgn. Den beskedne nettofjernelse af kvælstof andre steder på dambruget medfører dog, at den samlede fjernelse af kvælstof tilsyneladende ikke er helt tilstrækkelig over hele dambruget. For ammonium-N er tilbageholdelsen lavere end på Døstrup Dambrug og tilsvarende gælder for total fosfor. For BI₅ har stoffjernelsen pr. m² plantelagune været noget højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som gav: 0,16 - 0,29 g NH₄-N pr. m² plantelagune pr. døgn, 0,03 – 0,07 g fosfor pr. m² plantelagune pr. døgn og 1,8- 2,5 g BI₅ pr. m² plantelagune pr. døgn

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:

- Produktionsanlæg, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 12) og ikke tages højde for det (figur 18). Der er i dette ikke lavet en opdeling af, hvor meget stof der er fjernet i henholdsvis slamkegler, biofiltre og mikrosigter (se afsnit 9.2).
- Plantelaguner
- til vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Lilleåen 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 18 er ligning 3 ændret til:

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

og den 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 18.

Nettostoffjernelsen over produktionsanlægget (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med kla-

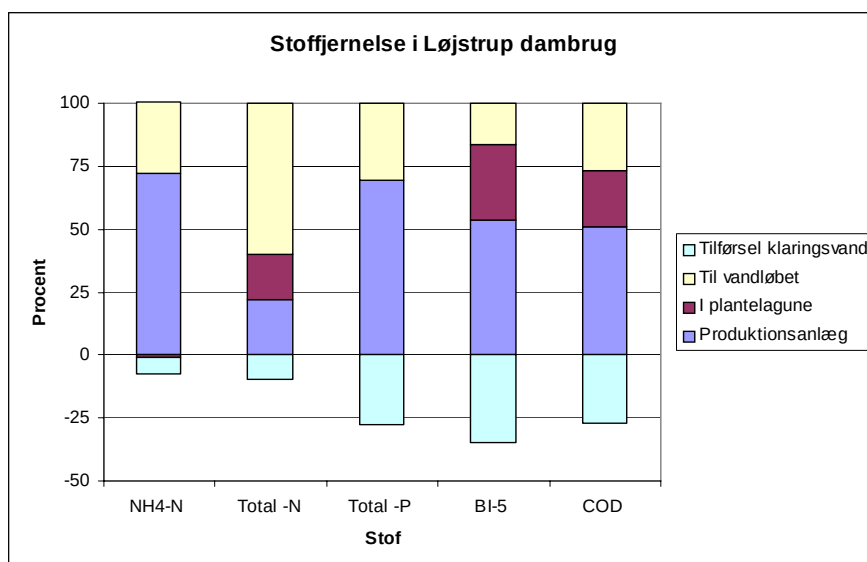
ringsvandet) viser, at andelen af den samlede stoffjernelse over dambruget er godt 70 % hvad angår ammonium-N og for total fosfor knap 60 %, hvorfor produktionsanlægget dermed er den vigtigste renseforanstaltning ift. disse stoffer. Til gengæld er det kun ca. 14 % af total kvælstof og 29-33 % af organisk stof, der omsættes/fjernes i produktionsanlægget (tabel 12). Her det plantelagunen, som har samme eller større betydning end produktionsanlægget ift. at fjerne/omsætte organisk stof og total kvælstof. For total-N modtager vandløbet 2/3 af stofmængden. Ligeledes er andelen af ammonium-N, som tabes til (tilføres) vandløbet relativ stor, knap 1/3 af det samlede. Vandløbet modtager også et relativt stort bidrag af total fosfor (42 %) og til dels organisk stof (25 – 37 %) af det samlede stoftab over dambruget.

Samlet viser tabel 12, at det især er i forhold til kvælstof og delvist også fosfor, der fortsat er potentiale for øget stoffjernelse på dambruget/-yderligere renseforanstaltninger.

	NH ₄ -N (%)	TN (%)	TP (%)	BI ₅ (%)	COD (%)
Produktionsanlæg – klaringsvand (PA_s – KV_s)	70,1	13,7	57,9	28,6	32,8
I plantelagune (PL_s)	-0,7	19,8	0,0	46,4	30,4
Til vandløb (VL_s)	30,6	66,5	42,2	25,0	36,8

Tabel 12 Sammenligning af netto stoffjernelse over produktionsanlægget (dvs. hvor der er taget højde for det stof, der løber med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunerne og stoftilførsel til Hadsten Lilleå for første måleår med Løjstrup Dambrug (øst). Tal fra tabel 10 og 11.

Tabet med klaringsvandet er ret betydeligt, ikke mindst hvad angår total fosfor og BI₅, hvor det for sidstnævnte udgør ca. 33 % af den samlede stoffjernelse over dambruget (figur 18). Det er ikke hensigtsmæssigt, at så stor en andel af stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler og biofiltre og ført over i slambassiner, umiddelbart herefter mobiliseres og ledes tilbage til plantelagunen. Mere end halvdelen af det totale kvælstof, der føres over i slambassinerne ledes tilbage til plantelagunerne med slamvandet, for fosfor er det halvdelen og for BI₅ en tredjedel. Figur 18 viser det store potentiale, der er for stoffjernelse i produktionsanlægget, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet efterfølgende fjernes i plantelagunerne, dvs. den absolutte stoffjernelse i disse kan blive reduceret ved en lavere belastning.



Figur 18 Stoffjernelse på Løjstrup Dambrug (øst) i det første måleår. Summen af stof, fjernet i produktionsanlægget og over plantelagunerne samt tilført vandløbet er sat til 100 %. Stoffjernelsen i produktionsanlægget er vist som brutto tilført slambassinerne, men da der bliver tilbageført stof med klaringsvandet til plantelagunerne er dette bidrag vist som en negativ stoffjernelse, dvs. nettojernelsen (%) er forskellen mellem den gule og en røde søjle. Baseret på tabel 10 og 11.

10 Vandløbsfauna

Der foretages en biologisk vurdering af tilstanden på to stationer i Hadsten Lilleå. Den opstrøms station er beliggende ved Bidstrup Bro ca. 2,5 km opstrøms for dambruget. Den nedstrøms station er beliggende ca. 400 m nedstrøms dambruget umiddelbart inden Hadsten Lilleå løber under jernbanelinien Århus Langå. I tilknytning til den biologiske prøvetagning foretages en vurdering af vandløbets fysiske forhold, og der beregnes et fysisk indeks (Pedersen et al. 2006).

10.1 Fysiske forhold i Hadsten Lilleå

På strækningen ved Bidstrup Bro er vandløbet 6-8 meter bredt med en dybde på 40-70 cm. Vandløbet forløber som helhed lysåbent og meanderende gennem engområder. På strækningen ved prøvetagningslokaliteten er der dog skov langs vandløbets nordlige side. Strømmen er god over en vandløbsbund domineret af sand, men med betydelig andel af både grus og sten. Der er en vegetationsdækning om sommeren på ca. 30 %. Det fysiske indeks har i perioden ligget på 25-28.

Strækningen af Hadsten Lilleå nedstrøms for Løjstrup Dambrug er lysåben og forløber parallelt med jernbanen. På prøvetagningslokaliteten er vandløbet 5-6 meter bredt med en dybde på 30-80 cm. Strømmen er god til frisk over en varieret vandløbsbund med en del grus og sten. Om sommeren er der en vegetationsdækning på ca. 20 %. Det fysiske indeks har i perioden ligget på 27-31.

10.2 Smådyrfauna

I alt 71 forskellige taxa af smådyr er registreret i Hadsten Lilleå op- og nedstrøms for Løjstrup Dambrug ved de tre første prøvetagninger foretaget af DMU i april 2005, september 2005 og juni 2006. De artsrigeste faunagrupper har været vårfluer, døgnfluer og slørvinger med henholdsvis 15, 10 og 9 arter. De antalsmæssigt dominerende arter ved de tre prøvetagninger op- og nedstrøms for dambruget udgøres af ferskvandstangloppen *Gammarus pulex*, døgnfluer af slægten *Baetis*, kvægmyg (Simuliidae) og dansemyg fra gruppen Orthocladiinae. I prøverne fra 2005 har endvidere børsteorme (Oligochaeta) og klobillen, *Elmis aenea* været talrige. Ved de tre prøvetagninger har ovenstående 6 taxa tilsammen udgjort henholdsvis 68-76 % i prøverne opstrøms dambruget og 65-86 % nedstrøms dambruget af det totale individantal. Der er registreret en række rentvandsarter i faunaen i Hadsten Lilleå, bl.a. døgnfluerne *Heptagenia* spp. (2 arter), *Paraleptophlebia submarginata* og *Ephemera danica*, slørvingerne *Isoperla grammatica* og *Perlodes microcephalus*, billerne *Elmis aenea* og *Limnius volckmari*, samt vårfluerne *Rhyacophila nubila*, *Ecclisopteryx dalecarlica* og *Sericostoma personatum*. Derudover er habitatarten grøn kølleguldsmed, *Ophiogomphus ceciliae* i to tilfælde registreret opstrøms for dambruget.

Tilstanden udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks DVFI (*Miljøstyrelsen, 1998* og *Skriver et al., 1999*) har gennem hele perioden april 2005 til juni 2006 været DVFI 7 både op- og nedstrøms for Løjstrup Dambrug (se tabel 13). Vurderet ud fra DVFI er der således målopfyldelse på begge stationer i vandløbet gennem hele perioden.

	DMU/Amt	Hadsten Lilleå, opstrøms	Hadsten Lilleå, nedstrøms
April 2005	Århus Amt	7	7
April 2005	DMU	7	7
September 2005	DMU	7	7
April 2006	Århus Amt	7	7
Juni 2006	DMU	7	7
Oktober 2006	Århus Amt	7	7

Tabel 13 Tilstanden i Hadsten Lilleå op- og nedstrøms Løjstrup Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målingerne er foretaget af henholdsvis Århus Amt og DMU.

Ud over DVFI værdierne angivet ovenfor er der heller ikke ud fra en rent kvalitativ betragtning på baggrund af faunaens sammensætning nogen væsentlige tegn på påvirkning af tilstanden i Hadsten Lilleå som følge af dambrugets drift. Der var en del børsteorme *Oligochaeta* i prøverne i april 2005, men dette var tilfældet både op- og nedstrøms for dambruget.

11 Planter i grødefyldte bassiner

På baggrund af en foreløbig opmåling af de tre bassiner som udgør plantelagunen på Løjstrup Dambrug (øst) kan disse karakteriseres ved en række overordnede værdier, jvf. tabel 14. Ifølge miljøgodkendelsen er forudsat etablering af 4.500 m² plantelagune.

Løjstrup Dambrug (øst), Plantelagune	
Antal grødefyldte bassiner/kanaler	3 bassiner
Samlet areal	3.265 m ²
Gennemsnitsdybde	0,85 m
Samlet volumen	2.770 m ³
Gennemstrømning	36,6 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	21 timer

Tabel 14 Karakteristik af plantelagunerne på Løjstrup Dambrug (øst).

I alt 19 arter af vandplanter er registreret ved 5 prøvetagninger i perioden oktober 2005 til november 2006 i de tre bassiner. Der er gennem hele perioden registreret vandplanter i dammene, men i det store hele kun i en smal bræmme i bredzonen. Kun trådalger og andemad har i perioden haft begrænset kvantitativ betydning, og kun disse arter har udgjort mere end 5 % af dækningen i én eller flere af dammene. For perioden som helhed har den samlede dækningsgrad været under 5 % og bassiner var fra starten af 1. måleår uden vegetation. Den maksimale samlede dækningsgrad blev registreret i september 2006 og udgjorde 18 %. Egentlige rodfæstede vandplanter har ved afslutningen af 1. måleår kun i begrænset omfang etableret sig i bassinerne.

Biomassen (tørvægt) ved maksimal dækning i september 2006 kan på nuværende tidspunkt kun estimeres for andemad (ikke for trådalger). Samlet set udgør andemad i alt 19 kg for hele plantelagunen.

12 Diskussion

I dette kapitel er der en kort diskussion af nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det første måleår ved Løjstrup Dambrug (øst) som supplerer den diskussion, der er i de enkelte kapitler i statusrapporten. Det er ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden omkring en række resultater, dette sker senere i 2.årsrapporten og i den endelig rapport, der behandler måle- og dokumentationsprojektet fra alle 8 modeldambrug. Der foretages således heller ikke sammenligninger med resultaterne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen.

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

Vandforbrug, -flow og opholdstid

Der er i gennemsnit i det første måleår indtaget 37 l/s, hvilket er 18 % mindre end indvindingstilladelsen. Det interne flow har som gennemsnit for de to produktionsenheder været ca. 567 l/s og recirkuleringsgraden har været ca. 93 %. For et modeldambrug type III er forudsat en recirkuleringsgrad på mindst 95 %. Vandforbruget er med ca. 3.495 l vand pr. kg produceret fisk en faktor 10-15 lavere end i traditionelle gennemstrømningsanlæg.

Plantelagunen tilføres i gennemsnit 37 l/s og der måles 34 l/s i udløbet fra disse til vandløbet. Dette vandtab på ca. 8 % kan dels tilskrives måleusikkerhed samt en beskeden udsivning gennem plantelagunens bund, idet sedimentet i ådalen er præget af sand og grus. Vandtabet er nogenlunde konstant over måleåret (figur 5).

Det kan ikke uden nærmere, målrettede undersøgelser afklares hvor det mindre vandmængde som antages at nedsive fra plantelagunerne, ender. Disse undersøgelser ligger udenfor projektets formål og rammer. En andel af vandtabet indvindes formentlig i dræn og borer og bliver til indtagsvand. Noget omsættes i jordlagene under dambruget, mens resten siver til grundvand og/eller ud mod Hadsten Lilleå. Vandtabet er dog så beskeden at det ikke har nogen indflydelse på de resultater, der beregnes (hverken for udlederkontrol eller rensegrader), hvorfor der ikke tages yderligere højde for dette i rapporten.

Den hydrauliske belastning af plantelagunen på 0,011 l pr. m² plantelagune og dermed ca. halvdelen af den maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Dette vurderes ikke at være et problem ift. til hovedparten af de omsætningsprocesser, der er i plantelagunerne og det vil medvirke til øget sedimentation af partikler. Det er snarere plantelagunens udformning som tre søagtige damme med beskeden plantevækst der det første måleår har haft langt større betydning for tilbageholdelse/stofomsætning i plantelagunen.

Opholdstiden i det samlede produktionsanlæg har i gennemsnit været ca. 41 timer og for hele dambruget 62 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 september 2005 til september 2006 har Løjstrup Dambrug (øst) med anvendelse af 313,5 tons foder fuldt ud anvendt den årlige fodertildeling under forsøgsprojektet. Der er med en produktion på 330 tons opnået en foderkvotient på 0,95 inkl. døde fisk. Inden måleprogrammet officielt startede var der kun produceret fisk et par måneder. Dambruget producerer store fisk til udsætning i havbrug og har derfor en relativt stor vinter/forårsbestand af ret store fisk. Denne produktion medfører en lidt dårligere foderudnyttelse end produktionen af portionsfisk (300 g).

Produktionsbidraget er som ventet hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførselen med indtagsvandet udgør under 2 % for ammonium-N, 5 % for BI₅, 7 % for total-P, 15 % for COD og 26 % for total kvælstof af den samlede stoftilførsel.

Organisk stof og kvælstof

Når man sammenholder de tilførte (vandindtag og produktionsbidrag) mængder organisk stof med de fraførte mængder fra produktionsanlægget ses der en betydelig diskrepans, idet der fraføres noget større mængder især BI₅ men også COD end der tilføres. Der kan naturligvis dannes COD i anlægget ved f.eks. autotrof vækst ligesom noget af det svært omsættelige organiske stof kan blive bragt over til BI₅ via ophold- og aktivitet i biofiltrene, men formentlig slet ikke i en størrelsesorden som kan forklare den observerede forskel.

Det må derfor antages, at inputtet ikke er korrekt. En delforklaring kunne være periodevis indtrængen af organisk stof i indtagsvandet som så ikke skulle være målt ved den månedlige prøvetagning af indtagsvandet men den væsentligste forklaring antages at ligge i produktionsbidraget. Eksempelvis vil en forøgelse af foderspildet til 3½ % bringe balance i COD men ikke fuldt ud i BI₅. En ændring i BI₅/COD forholdet fra 0,3 til 0,4 vil også bringe balance i BI₅.

BI₅/COD forholdet er sat til 0,3 baseret på flere tidligere undersøgelser på kommercielle fodertyper. Der er dog ikke gennemført konkrete undersøgelser af dette forhold på den på Løjstrup Dambrug (øst) foretrukne fodertype, Aller Elips, som udgør 90 % af forbruget.

Endelig kan en/flere stofgruppers fordøjelighed hos dels så store fisk dels all-female som produceres på Løjstrup dambrug eventuelt tænkes at være lidt lavere end de fundne fordøjeligheder fra fisk på 50 – 200 gram.

Der vil til 2.årsrapporten blive foretaget undersøgelser af de ovennævnte forhold på foderet/Løjstrup Dambrug (øst).

Erfaringsmæssigt vil indholdet af kvælstof og til dels fosfor i store fisk være lavere end de 3 % h.h.v. 0,5 % der anvendes som "standard" i

dambrugsbekendtgørelsen. Dette vil betyde, at produktionsbidraget af kvælstof og til dels fosfor vil være underestimeret. Også dette forhold vil blive nærmere undersøgt og belyst i 2. årsrapport.

Stofkoncentrationer

I afløbet fra produktionsanlægget er der relativ stor variation i ammoniumkoncentrationen med høje værdier (6-7 mg/l ammonium-N) om vinteren og væsentligt lavere værdier om sommeren (1-3 mg/l). Denne værdi øges typisk med udfodringsniveauet og modsat temperaturen på dambruget. De høje vinterværdier indikerer lav bakteriel aktivitet/ammoniumomsætning samtidig med ret konstant udfodring på en stor fiskebestand gennem vinteren. BI₅-udledningen er mindre varieret henover måleperioden med en tendens til højere koncentration i vinterhalvåret.

Henover biofilteret viser BI₅ en mindre sæsonvariation, men er tilsyneladende lavest sidst på vinteren / først på foråret 2006. Dette skal sammenholdes med bestandens og udfodringens årsvariation, hvor havbrugs-sættefiskene typisk fjernes fra dambruget primo april.

Udlederkrav

I det første måleår har miljøgodkendelsens udlederkrav været overholdt for alle forurenende stoffer på nær for ammonium- og total-kvælstof som er overskredet. Ifølge miljøgodkendelsen kontrolleres udledningen af BI₅ og ammonium-kvælstof ved tilstandskontrol (dvs. på koncentrationsforøgelse over dambruget) mens de øvrige stoffer kontrolleres efter transportkontrol udtrykt som justerede nettodøgnudledninger (se kapitel 7). Ved fuld kompensation for det reducerede vandforbrug på modeldambruget ifh. til det gamle anlæg, ville alle udlederkrav på nær for total-N være opfyldt.

Udledningen af total-N fra Løjstrup Dambrug (øst) 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 under forsøgsordningen tildelte foderkvote.

Stofudledning pr kg. produceret fisk

Den målte netto stofudledning i g pr. kg fisk har for ammonium-N (10,8 g) og total kvælstof (24,1 g) været større end ved 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 (1,9 g) og BI₅ (14,2 g) på niveau med eller lavere 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 ligesom den specielle produktion af store sættefisk til havbrug på Løjstrup Dambrug begrundet forskelle.

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 gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med de på Løjstrup Dambrug målte (tabel 15). Tallene vedr. total fosfor og total kvælstof er ikke specielt imponerende, hvilket bl.a. kan hænge sammen med plantelagunen bundforhold og beskaffenhed, samt at arealet af plantelagunerne er næsten 30 % mindre end forudsat i miljøgodkendelsen.

Dambruget har været veldrevet og der har været særdeles godt styr på og god dokumentation for de forskellige produktionsforhold og for hvornår de forskellige driftstiltag som returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler har været foretaget.

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Løjstrup Dambrug (øst) i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit Danmark	Løjstrup Dambrug (øst) - 1. måleår	
Organisk stof (BI₅)	105,3	14,2	14
Total-N	38,0	24	62
Total-P	3,1	1,9	61

Tabel 15 Specifikke udledninger netto som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmarks (i 2003) og for Løjstrup Dambrug (øst) det første måleår: I sidste kolonne er de specifikke tab ved Løjstrup Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark.

Stoffjernelse, rensegrader og vandtab

Der er ret stor forskel på, hvor stor en del af de forskellige stoffer der tilføres dambruget som ender med at blive udledt til Hadsten Lilleå. Beregningerne fra det første måleår viser at 31 % af den samlede ammonium-N tilførsel løber ud i vandløbet, mens det for total kvælstof er 67 %. Endvidere udledes 25 % af BI₅, 37 % af COD-tilførslen samt 42 % til Hadsten Lilleå fra Løjstrup Dambrug (øst). Ca. 40 % af den fosfor som udledes findes på opløst og dermed biotilgængelig form.

I produktionsanlægget fjernes kun 30 - 38 % af det samlede tilførte organiske stof, når der er taget højde for det stof der efterfølgende tabes med klaringsvand fra slambassinerne. For ammonium-N og total fosfor fjernes henholdsvis 72 % og 62 % af den tilførte stofmængde, mens der kun fjernes 19 % af total-N over produktionsanlægget. Plantelagunen har størst betydning for stoffjernelse/-omsætning ift. samlet stoftilførsel til dambruget af organisk stof (46 % af BI₅ og 30 % af COD) og total kvælstof (20 %), men den ikke netto fjerner / omsætter ammonium-N og total fosfor.

Der kan være et lille tab af stoffer via nedsivning fra plantelagunerne, men af et omfang der ikke påvirker de samlede resultater og der er derfor heller ikke taget højde for det.

De opnåede nettorensesgrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) har været på 62 % for total fosfor, og henholdsvis 79 % og

74 % for BI_5 og COD og dermed næsten lig med forudsætningen for et modeldambrug af type III uden mikrosigter på 60 % for total fosfor og 75 % for BI_5 (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002*). Såfremt mikrosigter indgår ved beregning af tildelt foderforbrug er de forudsatte rensegrader på 65 % for total fosfor og 80 % for BI_5 , hvilket lige netop ikke er opnået i det første måleår på Løjstrup Dambrug (øst) for de to stoffer. For totalkvælstof har nettorenssegraden været 45 % og dermed noget over forudsætningerne i bekendtgørelsen, som med de miljøgodkendelsens forudsatte 4.500 m² plantelagune er på mindst 25 % (21 % uden mikrosigter).

Plantelagunen har ikke kunnet opfylde forudsætningerne for stoffjernelse pr. m² plantelagune for alle stoffer. For total kvælstof og organisk stof er stoffjernelsen noget højere end forudsat, mens den er for lav for ammonium-kvælstof og total fosfor. Der er etableret en plantelagune som er knap 30 % mindre end miljøgodkendelsens forudsætning, hvilket reducerer tilbageholdelsen/omsætningen i lagunen. Der har hertil kun været en beskedent plantedækning siden forsøgsstart i september 2005, og udformningen af de tre damme/søer er ikke nødvendigvis optimal ift. stoffjernelse/-omsætning heri. Endelig tyder meget på, at der sker en frigivelse af opløst fosfor fra sedimentet i plantelagunen, idet der måles en netto frigivelse af orthofosfat og en nettotilbageholdelse af partikelbundet fosfor over plantelagunen. Plantelagunen har således ikke fungeret optimalt i det første måleår.

Når der tages højde for stoftab med klaringsvandet til plantelagunerne, så fjernes/tilbageholdes der 70 % af ammonium og 58 % af total fosfor af produktionsbidraget over produktionsanlægget, mens tallene for total kvælstof og organisk stof er beskedne 14 – 3 %.

Generelt fjerner/omsætter renseforanstaltningerne (slamkegler, biofiltre og mikrosigter) meget fosfor (96 %), organisk stof (70-8 %) og ammonium-kvælstof (78 %) ift. stofinputtet på dambruget. Men meget af det stof, der er ført over i slambassinet via disse renseforanstaltninger udledes til plantelagunerne med klaringsvandet fra slambassinene, således at rensegraden for især total fosfor og organisk stof markant reduceres, idet der af tilført stof til slambassinet tabes 48 % af total fosfor, 35-42 % af organisk stof samt 65 % af total kvælstof til plantelagunen med klaringsvandet, og plantelagunen er ikke i stand til at fjerne/omsætte hele denne tilførsel. Målingerne viser endvidere, at slambassinet reelt er netto producent af ammonium-kvælstof. Samlet vil rensegraden over Løjstrup Dambrug (øst) forbedres, hvis stofudledningen med klaringsvand fra slambassinene reduceres. Det er u hensigtsmæssigt at stof, der reelt er fjernet og opsamlet i slambassinet ikke tilbageholdes bedre i denne.

Ses der på stoffjernelse/omsætning over produktionsanlægget før tab med klaringsvandet har mikrosigten med spulevand fjernet knap 50 % af ammonium-kvælstof og ca. 25-33 % af de øvrige stoffer. Slamkeglerne fjerner 50-70 % af suspenderet stof, total fosfor og organisk stof mens biofiltrene står for ca. 35 % af fjernelse/omsætning af total kvælstof, ca. 25 % af suspenderet stof og ammonium-kvælstof og 15 til godt 20 % for de resterende stoffer. Da stof, der er fjernet af en renseforanstaltning ikke kan fjernes af en nedstrøms beliggende foranstaltning er det vanskeligt at vurdere den indbyrdes betydning af disse. Men mikrosigten synes at kunne stabilisere biofiltrets funktionalitet og den er effektiv til at fjernes

mange partikler og tilknyttede stoffer hvorfor også returskylsnings hyppigheden kan nedsættes.

Især ved at mindske tabet med klaringsvandet fra slambassinet og optimere indretningen af plantelagunen (og øge overfladearealet) er der basis for at øge rensegraden hen over Løjstrup Dambrug (øst), som har været veldrevet med godt styr på renseforanstaltningerne. Koncentrationen af ammonium i selve produktionsanlægget har været relativt stabil og ikke kritisk høj på noget tidspunkt. Hen over biofiltret ser der ud til ske en oxidation af ammonium til nitrit og nitrat, men der sker ikke efterfølgende en tilstrækkelig denitrifikation af nitrat til frit kvælstof over anlægget, som ellers kunne nedbringe total-kvælstof koncentrationen. Disse forhold indikerer, at man kunne fokusere på systemets denitrifikationseffekt mhb. på at reducere dambrugets udledning af kvælstof. En efterbehandling af slamvandet kan anbefales f.eks. at reducere tabet af ammonium-kvælstof og øge omsætningen af kvælstof til frit kvælstof. Der er endvidere forskellige muligheder for at immobilisere (fælde) det fosfor, der føres over i slambassinerne og en optimeret plantelagune vil kunne fjerne mere fosfor og organisk stof.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Hadsten Lilleå op- og nedstrøms Løjstrup Dambrug er DVFI 5 med en optimal faunaklasse på 7. Det har været opfyldt ved alle vandløbsbedømmelser op- og nedstrøms dambruget i 2005 og 2006 med DFVI-værdien 7.

Der har der heller ikke ud fra en rent kvalitativ betragtning på baggrund af faunaens sammensætning været nogen væsentlige tegn på påvirkning af tilstanden i Hadsten Lilleå som følge af det samlede dambrugs drift.

13 Litteraturliste

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999). Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. 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.

Aarhus Amt (2004). Miljøgodkendelse og dispensation fra naturbeskyttelsesloven for Løjstrup Dambrug, 55s.

DFU-rapporter – index

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

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

Anders Koed og Dennis Søndergård Thomsen

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

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

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