



Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

# Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug

Statusrapport for 1. måleår

*Arbejdsrapport fra DMU, nr. 150*

*[Tom side]*



Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

---

# Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug

Statusrapport for 1. måleår

*Arbejdsrapport fra DMU, nr. 150  
2001*

*Carsten Fjorback  
Søren Erik Larsen  
Jens Skriver*  
Afdeling for Vandløbsøkologi

*Lars M. Svendsen*  
Overvågningssektionen

*Peder Nielsen*  
Dansk Dambrugerforening

*Jørgen Riis-Vestergaard*  
Danmarks Fiskeriundersøgelser

# Datablad

Titel:	Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug
Undertitel:	Statusrapport for 1. måleår
Forfattere:	Carsten Fjorback <sup>1</sup> , Søren Erik Larsen <sup>1</sup> , Jens Skriver <sup>1</sup> , Lars M. Svendsen <sup>2</sup> , Peder Nielsen <sup>2</sup> , Jørgen Riis-Vestergaard <sup>4</sup>
Afdelinger:	<sup>1</sup> Afdeling for Vandløbsøkologi <sup>2</sup> Overvågningssektionen <sup>3</sup> Dansk Dambrugerforening <sup>4</sup> Danmarks Fiskeriundersøgelser
Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 150
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
Udgivelsestidspunkt:	December 2001
Finansiel støtte:	Rådets forordning (EU) nr. 3699193 og 3792/1999 (50%) og Bekendtgørelse 1.3.71.1996 og 10/2001 fra Direktoratet for FødevarerErhverv.
Bedes citeret:	Fjorback, C., Larsen, S.E., Skriver, J., Svendsen, L.M., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. 2001: Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Statusrapport for 1. måleår. Danmarks Miljøundersøgelser. 93 sider - Arbejdsrapport fra DMU nr. 150.  Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Frie emneord:	Dambrug, kvælstof, fosfor, organisk stof, tilstandskontrol, transportkontrol, udledninger, miljøtilstand, plantelaguner.
Layout: Tegninger/fotos:	Karin Balle Madsen Grafisk Værksted, Silkeborg
ISSN (trykt): ISSN (elektronisk):	1395-5675 1399-9346
Papirkvalitet: Tryk:	Cyclus Print Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084
Sideantal: Oplag:	93 300
Pris:	kr. 75,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
Internet-version:	Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside <a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Købes i boghandelen eller hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Postboks 314 Vejsøvej 25 DK-8600 Silkeborg Tlf.: 89 20 14 00 Fax: 89 20 14 14

# Indhold

## Forord 5

## 1 Formål, dambrugets indretning og projektindhold 8

- 1.1 Baggrund for projektet 8
- 1.2 Projektets formål 8
- 1.3 Beskrivelse af forsøgsanlægget 9

## 2 Drift, produktion og måleprogrammer 14

- 2.1 Vilkår måleprogrammer 14
- 2.2 Bestand og foderforbrug 15
- 2.3 Danmarks Miljøundersøgelsers (DMU's) undersøgelsesaktiviteter 20
- 2.4 Danmarks Fiskeriundersøgelsers (DFU's) måle- og beregningsprogram 25

## 3 Planteforekomst i lagunerne i perioden april 2000 til april 2001 27

- 3.1 Indledning 27
- 3.2 Målemetode 27
- 3.3 Planteforekomster og dækningsgrader 28
- 3.4 Plantebiomasse 29

## 4 Kemiske analyser 31

- 4.1 Kontrolvariablers koncentrationsudvikling 31
- 4.2 Produktionsafsnit/anlæg 35
- 4.3 Stoffjernelse i bundfældningsanlæg 37
- 4.4 Plantelaguner 38
- 4.5 Stofomsætning i plantelagunerne 43
- 4.6 Stofbalance for Døstrup forsøgsdambrug 44
  - 4.6.1 Stofbalance beregninger 44
  - 4.6.2 Udledt stofmængde i forhold til foderforbrug og fisketilvækst 47

## 5 Vejledende udlederkrav og tilstandskontrol for kontrolvariable 49

- 5.1 Indledning 49
- 5.2 Vandføring og vandbalanceberegninger 49
  - 5.2.1 Vandstand-H og vandføring-Q 49
  - 5.2.2 Vandføringsserier 50
  - 5.2.3 Beregning af st. 20's vandføringsserie 51
  - 5.2.4 Vandforbrug i Døstrup dambrug 51
- 5.3 Vandbalanceusikkerhed 52
- 5.4 Udlederkrav 53
- 5.5 Statistiske metoder 55
- 5.6 Analyse af overholdelse af udlederkrav 56
- 5.7 Produktionsanlæg med bundfældningsbassin og uden plantelaguner 58
- 5.8 Overholdelse af iltkrav 59

5.8.1	Iltkraft	59
5.8.2	Plantelagunernes påvirkning af vandets iltkoncentration	62
5.8.3	Beluftningskasser/vandrecirkulation	63
5.9	Konklusion	64

## **6 Faunatilstand i Døstrup Bæk 66**

6.1	Indsamlingslokaliteterne i Døstrup Bæk	66
6.2	Lokaliteternes fysiske forhold	67
6.3	Tilstanden i Døstrup Bæk i perioden marts 1998 til april 2001	67
6.4	Generel karakterisering af faunaen i Døstrup Bæk	68

## **7 Diskussion og sammenfatning 70**

## **8 Referencer 83**

Appendiks 1:	Formler for beregning af forskel i koncentrationen i udløbet og i indløbet samt formler for beregning af gennemsnit, standard afvigelse og varianskoefficient.	84
Bilag 1:	Miljøgodkendelsens tabel med justeringsfaktorer $k(n)$ for antallet af stikprøver $n$ i intervallet fra 6 til 52.	85
Bilag 2:	Tilstand- og transportkontrol	86
Bilag 3:	Konc. og stofmængder; gennemsnit, std. afv. for balancen: $\frac{510 + 520 + 530 - (20 + 30)}{5}$	88
Bilag 4:	Figurer med den tidlige udvikling i de samlede, udledte stofmængder ( $\text{mg s}^{-1}$ ) og for forskelle i koncentrationer ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for alle 5 kontrolvariable. Alle fig. er baseret på balancen: (st. 510+520+530) - (st. 020+030) (se afsnit 7.2)	90

# Forord

Denne statusrapport omhandler opstart (fase 1) og 1. måleår (fase 2 og 3) af "Forsøgsprojektet Døstrup Dambrug". Projektet startede 20. august 1997, mens det første måleår blev gennemført i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001.

Projektet var oprindeligt planlagt til opstart af målinger i sommeren 1998, hvor anlægget var bygget og hele forsøgsopstillingen var klar. Nordjyllands Amt gav i skrivelse af 16. april 1997 miljøgodkendelse til forsøgsprojektet, godkendelsen blev anket af Danmarks Sportsfiskerforbund først til Miljøstyrelsen (siden overgik sagen til Skov- og Naturstyrelsen) og siden til Miljøklagenævnet. Miljøklagenævnet stadfæstede herefter i skrivelse af 11. november 1999 Nordjyllands Amts godkendelse med en række vilkårsændringer.

Der skulle efterfølgende ske nogle justeringer af både anlæg og måleprogram samt foretages en genkalibrering af de opstillede instrumenter.

Denne statusrapport beskriver forsøgsanlægget og det måleprogram, der gennemføres. Endvidere gennemgås måleresultater fra det 1. måleår. Der er endvidere medtaget nogle få efterfølgende resultater for at perspektivere og uddybe det første års målinger.

Det skal understreges, at denne statusrapport ikke har mulighed for at gennemgå samtlige målt data i det første måleår og kombinationer heraf. Der er behandlet alle kemiske målinger og målinger af vandmængder, planteundersøgelser i laguner, biologisk tilstand i vandløbet samt en række iltmålinger mv. Statusrapporten introducere projektet og væsentlige vilkår for det, beskrive dambrugets indretning og instrumentering, give en oversigt over måleprogrammet samt en række resultater for det første måleår. Der ses på en række forhold som:

- er der styr på vand- og stofbalancerne i dambruget?
- hvordan har udledninger fra dambruget været i relation til de vejledende udlederkrav?
- hvordan har iltforholdene været op- og nedstrøms dambruget og i produktionsanlægget?
- hvordan har det set ud med den biologiske vandløbstilstand i vandløbet?
- hvordan har produktionsforholdene været, herunder foderkoefficienter, forbrug af medicin og hjælpestoffer m.v.?
- hvad har stoftilbageholdelsen været over forskellige dele af dambruget herunder slamkegler, bundfældningsanlægget, de tre plantelaguner og for dambruget som helhed?
- hvordan har plantelagunerne virket i løbet af det første måleår?
- er der forskelle over tid for udledninger, stoftilbageholdelse og stofomsætning mv. og kan disse forskelle forklares?

Der gives en række konklusioner baseret på det førte måleårs resultater. Måleprogrammet er meget omfattende og resultaterne vurderes derfor at give et godt billede af forholdene for det første måleår for Døstrup Dambrug. Det andet måleår vil så vise, hvad dels klimatiske forhold, øget foderforbrug, udvikling i plantelaguner, reduceret vandindtag og andre forhold, der justeres på har af betydning for resultater og konklusioner for det samlede projekt.

Hovedparten af denne rapport er skrevet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), der har ansvaret for de hovedparten af målingerne. DMU har stået for stofkoncentrationer, vandføring, stofbalancer, udlederkontrol, beregning af stoftilbageholdelse i slamkegler, bundfældningsbassin og plantelaguner, iltforhold, målingerne i plantelagunerne samt faunaforholdene i vandløbet. Dansk Dambrugerforening har redegjort for foderforbrug, forbrug af medicin- og hjælpestoffer og andre driftstekniske forhold. Danmarks Fiskeundersøgelses står bl.a. for kemiske analyser af producerede fisk. Dette er først målt i fase 4 grundet uafklarede finansieringsforhold og vil derfor først blive behandlet ved rapportering af det samlede projekt.

Følgende organisationer og institutioner deltager i projektet.:

**Projektansvarlig**

Dansk Dambrugerforening (DDF)  
Vejsøvej 51  
8600 Silkeborg

**Projektdeltagere**

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)  
Afd. for Ferskvandsøkologi  
Vejsøvej  
8600 Silkeborg

Døstrup Dambrug (DDa)  
Døstrupvej 135 A  
9500 Hobro

**Faglig underleverandør til projektet.:**

Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU)  
Nordsøcentret  
9850 Hirtshals

**Observatør**

Nordjyllands Amt (NJA)  
Niels Bohrsvej 30  
9220 Aalborg Ø

Ansvaret for driften af projektet har siden igangsætningen 5. april 2000 været varetaget af en projektgruppe bestående af repræsentanter fra ovenstående organisationer og institutioner. Indtil da har projektgruppen ikke haft noget ansvar for driften på dambruget. Projektgruppen har i driftsperioden afholdt møder ca. 1 gang pr. måned.



Medlemmer af projektgruppen er:

Peder Nielsen (DDF)  
Lars M. Svendsen (DMU)  
Erik Ugilt Hansen (DDa)  
Jørgen Riis-Vestergaard (DFU)

Observatør/konsulenter, der deltager i projektgruppemøderne:

Ann Amitzbo (NJA)  
Carsten Fjorback (DMU)  
Bjarne Jensen (DDa)  
Jens Kristian Nielsen, konsulent (DDa)

Projektets to første faser har i medfør af Rfo. 3699/93 og bekendtgørelse nr. 1137/1996 været finansieret af Strukturdirektoratet (Det nuværende Direktoratet for FødevarerErhverv) som takkes for støtten. Finansieringsforholdene for perioden fra efter august 2000 blev afklaret i oktober 2001. Der er givet finansiering i medfør af Rådets Forordning nr. 2792/1999 og i medfør af bekendtgørelse nr. 10/2001af Direktoratet for FødevarerErhverv. Der takkes også for denne støtte.

# 1 Formål, dambrugets indretning og projektindhold

## 1.1 Baggrund for projektet

Danske ferskvandsdambrug består hovedsagelig af ca. 400 traditionelle brug der er etableret som jorddamme eller kanaler. Mange af disse anlæg er etableret for 30 – 50 år siden og baserer sig hovedsagelig på anvendelse af den energi der kan genereres ved en opstemning i de vandløb som dambrugene er placeret ved. Mange af disse anlæg er efterhånden ved at være nedslidte og en implementering af mere tidssvarende teknologier er nødvendig for erhvervets fremtidige udviklingsmuligheder. For at udnytte udviklingspotentialer i de danske ferskvandsdambrug er det nødvendigt at forbedre den videnskabelige dokumentation af miljømæssige effekter for de teknologier der ønskes implementeret.

## 1.2 Projektets formål

Forsøgsprojektet Døstrup Dambrug har til formål at afdække nogle af de behov og anbefalinger der er nævnt i "Perspektivplan for akvakultur i Danmark" (*Hassager og Prince, 1997*). Fra projektbeskrivelsen kan fremhæves:

De miljømæssige og renere teknologimål :

- At sikre recipientmålsætninger for søer og vandløb
- At minimere ressourceforbruget pr. kg produceret fisk
- At fremskaffe dokumentation for effekten af direkte opsamling af fækalier
- At fremskaffe dokumentation for effekten af lavteknologiske renseforanstaltninger
- At fremskaffe dokumentation for slamhåndtering
- At fremskaffe dokumentation for efterbehandling af slamvand.

De produktionsmæssige mål er følgende:

- At udvikle et opdrætssystem der sikrer en rentabel drift af de mindre og mellemstore dambrug
- At kunne øge produktionen og dermed eksporten af danske ørreder
- At minimere omkostningerne til mandtimer pr. kg produceret fisk
- At minimere omkostningerne og ressourceforbruget pr. kg produceret fisk
- At sikre miljømæssig optimale opdrætsbetingelser i anlægget
- At minimere forbruget af medicin og hjælpestoffer til produktionen
- At sikre optimal foderudnyttelse

- At projektet kan danne baggrund for udarbejdelse af en beregningsmodel for 3 forskellige typer af dambrugsproduktioner, yngelanlæg, sættefiskeanlæg og konsumfiskeanlæg.

Herudover giver projektet med det omfattende måleprogram et overordentligt godt materiale til statistiske analyser af udledninger, for effekt af bundfældningsanlægget og af tre typer af plantelaguner. Der måles så hyppigt, at den statistiske usikkerhed minimeres og materialet kan danne grundlag for optimering af prøvetagningsprogrammer for kontrol af dambrugsudledninger. Der skaffes et dokumentationsgrundlag, der kan danne basis for generalisering til andre dambrug.

### 1.3 Beskrivelse af forsøgsanlægget

En skitse af hele dambruget og af produktionsanlægget fremgår af figur 1.1 og 1.2.

Forsøgsanlæggets produktionsafsnit er inddelt i 3 sektioner (produktionsenheder) og indløbsvandet kan indretningsmæssigt ledes direkte til de enkelte sektioner. Under normale driftsforhold ledes hele den indtagne vandmængde fra åen og omfangsdrænen til sektion 1 med 40 kummer til yngelopdræt. Efter gennemløb af sektion 1 ledes vandet til geniltning i 5,4 m dybe beluftningssektioner, hvorefter en delmængde af vandet recirkuleres ved hjælp af en mammutpumpe, mens resten af vandet fra sektion 1 genanvendes i sektion 2 og efterfølgende i sektion 3 efter samme princip som i sektion 1. Efter vandets passage af sektion 3 ledes vandet til et centralt bundfældningsbassin. Sektion 2 har 20 kummer og er beregnet til sættefisk mens sektion 3 med 10 kummer er beregnet til konsumfisk.

For perioden 5. april 2000 til 4. april 2001 er det ikke alle kummer i produktionsafsnittet der har været i brug. For sektion 1, 2 og 3 har der i gennemsnit været henholdsvis 24, 13 og 7 kummer i brug.

Den interne vandtransport på produktionsanlægget (se fig. 1.2) sker ved gravitation og ved at benytte beluftningssystemets udformning. Pumpemetoden integrerer således to processer, pumpning og beluftning. Metoden er energiøkonomisk optimal ved løftehøjder op til ca. 0,5 m.

Renseforanstaltningerne i de enkelte sektioner består af sedimentationskegler (slamfælder) i de enkelte produktionskummer. Slamkeglerne er placeret i produktionskummernes udløbssende umiddelbart inden vandet ledes til den aktuelle sektionens bagkanal/afløbskanal. Der er en sedimentationskegler pr. kumme i sektion 1, to styk i sektion 2 og fire styk i sektion 3. Tømning af sedimentationskeglerne sker ved bundudtræk til et rørsystem, der er direkte forbundet til en central pumpeump. Herfra ledes slamperkulatet til separate betonslamdepoter for de tre produktionsenheder (figur 1.1, st. 150, 250 og 350). Efter sedimentation i slamdepoterne ledes det klarede overfladevand tilbage i tilløbskanalen til det centrale bundfældningsbassin (st. 410).

Tømningshyppigheden for sedimentationskeglerne i de enkelte sektioner har i perioden 1. april-1. august 2000, været mindst to gange pr. uge.

Efter vandets passage af sektion 3 ledes afløbsvandet (st. 400) til et centralt bundfældningsbassin, der er etableret med selvkørende slampumpe. Det oppumpede slamperkulat ledes direkte til separat slamdepot (st. 430).

Nedstrøms bundfældningsbassinet (st. 450) ledes vandet til efterpolering i 3 forskellige lagunesystemer. System længst opstrøms (kaldet vandløbssystem) består af 7 af det tidligere dambrugs jorddamme, der er serielt forbundne. Det andet og tredje system (kaldet søsystemerne) består hver af 6 af de tidligere jorddamme hvortil vandstrømmen tilledes parallelt, dvs. 1/6 af den tilledte vandmængde til systemet pr. dam. I hver af de tre systemer indvandrer planter. Fordelingen af afløbsvandet sker ved hjælp af et rørsystem, der er dimensioneret således, at hvert af de tre systemer modtager ca. 1/3 af den samlede afledte vandmængde.

I tilknytning til slamdepoterne er der etableret separat depot til henfaldende planter fra lagunesystemerne.

Efter vandets passage fra lagunesystemerne via st. 510, 520 og 530 ledes det via rislefiltre for beluftning tilbage til recipienten (st. 600).

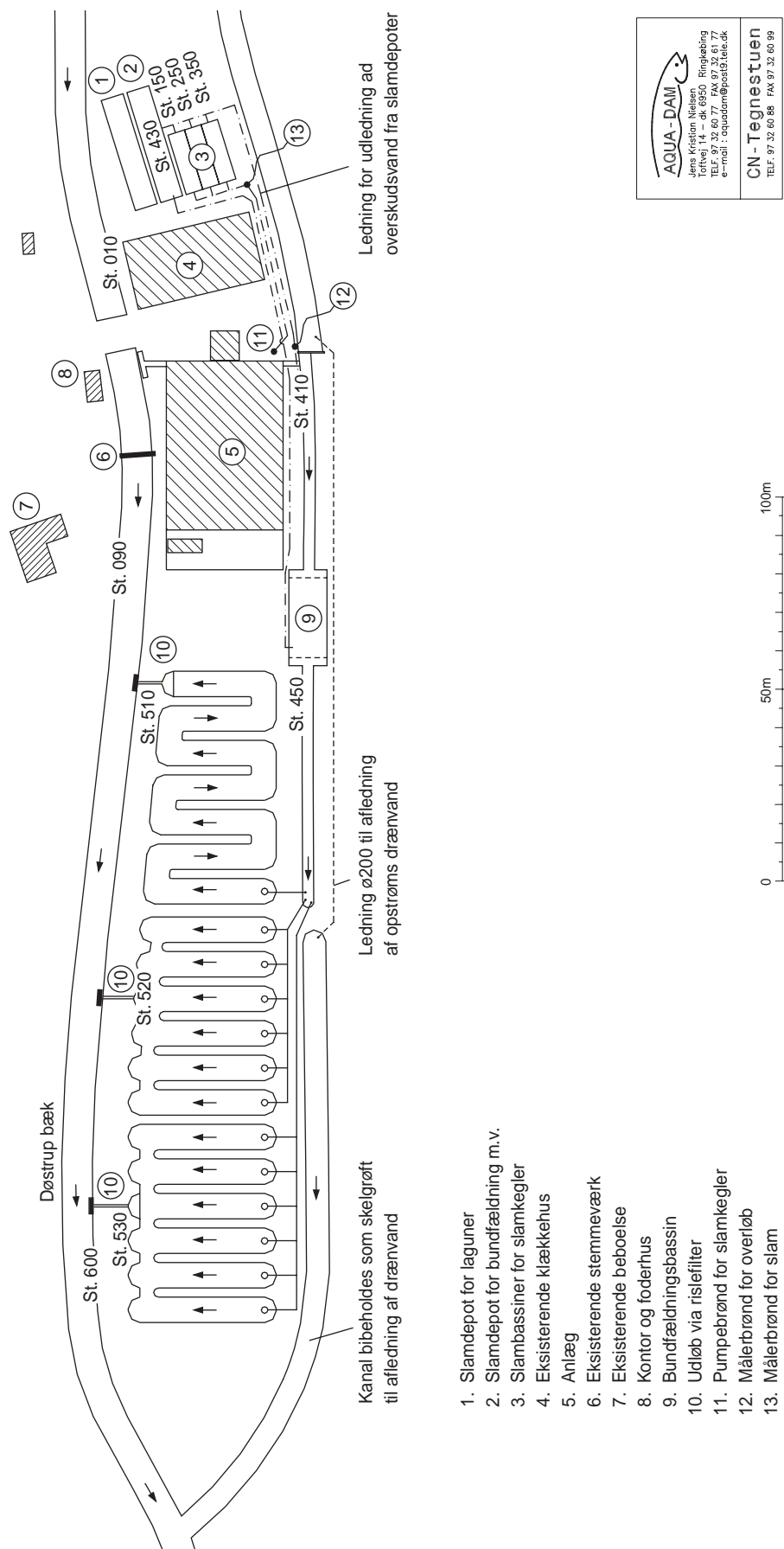
De enkelte produktionskummer er etableret med central udfiskning, der via et rørsystem leder fiskene til et udsorteringsbassin, hvorfra videre håndtering og sortering foregår. Distributionen af fisk fra udfiskningsbassinet foregår med vakuumpumpe.

For fiskene betyder dette, at den tid hvor fiskene er ude af vandet under sortering minimeres med en nedsat stress påvirkning til følge.

Det samlede vandvolumen i hele dambruget er godt 5.000 m<sup>3</sup> ved en gennemsnitlig opholdstid på ca. 13 timer (tabel 1.1). I produktionsanlægget er der et volumen på knap 1.000 m<sup>3</sup> og i bundfældningsanlægget 1.258m<sup>3</sup>. For hele dambruget opholder vandet sig hovedparten af tiden i plantelagunerne.

**Tabel 1.1** Fysiske rammer for produktionsanlægget Døstrup dambrug, samt interval for opholdstider for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. Opholdstidsintervallet er beregnet for en minimum og maksimum vandføring bestemt som gennemsnitsvandføringen ± standard afvigelsen.

Enhed	Antal kummer/damme	Dimensioner Meter	Volumen m <sup>3</sup>	Opholdstid timer og minutter	Maksimalt vand flow
Sektion 1	40	L: 7,00. B: 0,88. D: 1,00	Ca. 246	12-17 min.	250 l s <sup>-1</sup>
Sektion 2	20	L: 7,00. B: 1,88. D: 1,00	Ca. 263	15-21 min.	350 l s <sup>-1</sup>
Sektion 3	10	L: 8,00. B: 3,88. D: 1,00	Ca. 310	15-19 min.	450 l s <sup>-1</sup>
<b>I alt</b>			<b>Ca. 819</b>	<b>42-57 min.</b>	
Fødekanaler	3	L: 40,00 B: 0,80 D: 1,00	Ca. 96	8-12 min.	
Bagkanaler	3	L: 40,00 B: 0,80 D: 0,80	Ca. 77	6-9 min.	
<b>I alt</b>			Ca. 992	56-78 min.	
Belufterenhed	1	L:32 ,00 B: 1,60 D: 5,00-5,40	Ca. 266	22-32 min.	
<b>I alt</b>			<b>Ca. 1.258</b>	<b>78-110 min</b>	
Bagkanal (før og efter bundfældningsbassin)		L:100 B:2,5 D:0,5	ca.125	18-24 min.	
Bundfældningsbassin	1	L:28 30 B: 10,00 D: 1,00	283	39 – 54 min.	
Plantelagune 510	7	L:32,5 B: 7,2 D: 0,56	917	6t 22 min. - 8t 29 min.	
Plantelagune 520	6	L:36,5 B: 7,9 D: 0,70	1211	8t 19 min. - 12t 12 min.	
Plantelagune 530	6	L:39,0 B: 8,0 D: 0,73	1367	10t - 14t 30 min.	
<b>Total</b>			<b>ca. 5.151</b>	<b>10t35min.- 14t53min.</b>	



**AQUA - DAM**

Jens Kristian Nielsen, Røndevej 10  
8260 Århus N  
TELEFON : 87 32 60 99 FAX : 87 32 60 97  
E-MAIL : aquadam@post19.tele.dk

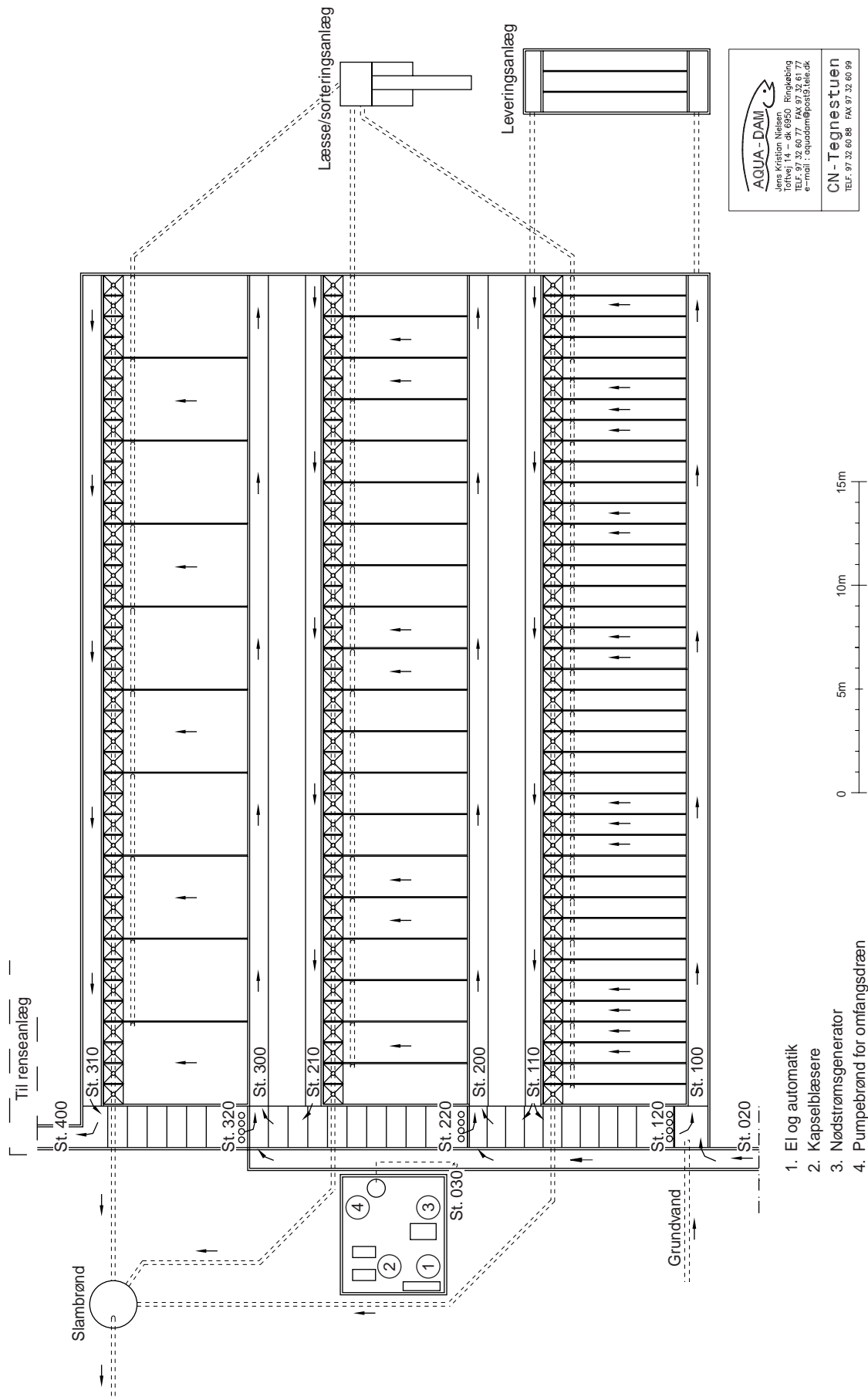
---

**CN - Tegnestuen**

TELEFON : 87 32 60 88 FAX : 87 32 60 99

1. Slamdepot for laguner
2. Slamdepot for bundfældning m.v.
3. Slambassiner for slamkegler
4. Eksisterende klækkehus
5. Anlæg
6. Eksisterende stemmeyerk
7. Eksisterende beboelse
8. Kontor og foderhus
9. Bundfældningsbassin
10. Udløb via rislefilter
11. Pumpebrønd for slamkegler
12. Målerbrønd for overløb
13. Målerbrønd for slam

Fig. 1.1 Oversigt over hele dambruget.



**AQUA - DAM**  
 Jens Kristian Nielsen, Ringkøbing  
 TEL: 97 32 60 77 FAX: 97 32 61 77  
 e-mail: aquadam@post6.tele.dk

**CN - Tegnestuen**  
 TEL: 97 32 60 88 FAX: 97 32 60 99

Fig. 1.2 Oversigt over produktionsanlægget.

## 2 Drift, produktion og måleprogrammer

### 2.1 Vilkår måleprogrammer

Miljøgodkendelsen indebærer bl.a. en skærpelse af Dambrugsbekendtgørelsens generelle udlederkrav, idet udlederkravene skal kontrolleres i forhold til en vandmængde på  $107,7 \text{ l s}^{-1}$ , hvor Dambrugsbekendtgørelsen sædvanlige kontrolregler bygger på den dimensionerede og udledte vandmængde. Endvidere er koncentrationskravene for ammoniumkvælstof og  $\text{BI}_5$  også skærpet i forhold til Dambrugsbekendtgørelsen. Forsøgsprojektets vejledende udlederkravværdier er i tabel 2.1 sammenlignet med Dambrugsbekendtgørelsens kravværdier. Dambrugsbekendtgørelsen kravværdier er beregnet for Døstrup forsøgsdambrug på basis af den faktiske målte sommervandføring på  $225 \text{ l s}^{-1}$  i perioden april - august 2000 (som afstrømningsmæssigt var en nogenlunde gennemsnitlig sommer). Her ses at miljøgodkendelsens krav er skærpet op til 3 gange sammenlignet med Dambrugsbekendtgørelsens almindelige kravværdier (tabel 2.1).

*Tabel 2.1* Oversigt over Miljøgodkendelsens vejledende kravværdier sammenlignet med Dambrugsbekendtgørelsens kravværdier. Til beregning af stofmængder er der for Miljøgodkendelsens vejledende kravværdier brugt  $107 \text{ l s}^{-1}$  og for Dambrugsbekendtgørelsens kravværdier  $225 \text{ l s}^{-1}$  som er den gennemsnitlige målte sommervandføring for perioden april-september 2000.

Parameter	Miljøgodkendelsens	Dambrugsbekendtgørelsens
	Kravværdier	Kravværdier
Suspenderet stof (SS)	$3 \text{ mg l}^{-1}$	$3 \text{ mg l}^{-1}$
	$325 \text{ mg s}^{-1}$	$675 \text{ mg s}^{-1}$
Modificeret $\text{BI}_5$	$0,7 \text{ mg l}^{-1}$	$1 \text{ mg l}^{-1}$
	$75 \text{ mg s}^{-1}$	$225 \text{ mg s}^{-1}$
Ammoniumkvælstof ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$ )	$0,3 \text{ mg l}^{-1}$	$0,4 \text{ mg l}^{-1}$
	$32 \text{ mg s}^{-1}$	$90 \text{ mg s}^{-1}$
Total kvælstof (TN)	$0,6 \text{ mg l}^{-1}$	$0,6 \text{ mg l}^{-1}$
	$65 \text{ mg s}^{-1}$	$135 \text{ mg s}^{-1}$
Total fosfor (TP)	$0,05 \text{ mg l}^{-1}$	$0,05 \text{ mg l}^{-1}$
	$5,4 \text{ mg s}^{-1}$	$11,25 \text{ mg s}^{-1}$

Der er stillet et vejledende krav om at iltkoncentrationen op- og nedstrøms dambruget skal være mindst  $7 \text{ mg l}^{-1}$ , og det er et krav at iltkoncentrationen altid skal være mindst  $6 \text{ mg l}^{-1}$ . Det er også et krav, at 50% af de daglige minimumsværdier ved såvel st. 20 som ved st. 600 skal være mindst  $9 \text{ mg l}^{-1}$ .



## 2.2 Bestand og foderforbrug

For at tilnærme driften en normal driftssituation med den givne foderfordeling, har projektgruppen valgt kun at besætte en del af kummerne med fisk. Det har medført, at især ved minimums- og middelbesætning af dambruget har flere kummer i de enkelte sektioner ikke været i anvendelse, mens stort set alle kummer har været i drift ved maksimal besætning. Den maksimale bestand har for hele anlægget været på 26.955 kg, svarende til ca. 33 kg fisk /m<sup>3</sup>. I det første måleår (april 2000 – april 2001) har der i middel været en stående bestand på 18.617 kg fisk. Kummer ude af drift er ikke blevet tilledt vand.

Erfaringen fra det første måleår viser, at såfremt belufts kapaciteten og recirkulering udnyttes fuldt ud vil den samlede maksimale stående bestand i produktionsanlægget som minimum kunne være ca. 45 tons fisk uden negativ påvirkning af vækst, foderkoefficient eller iltniveauet ud af produktionsanlægget. Bestandens størrelse i de enkelte sektioner er løbende blevet tilpasset de aktuelle klimatiske forhold, for at sikre en optimal indfodring og under hensyntagen til foderfordelingen mellem sommer og vinter halvåret.

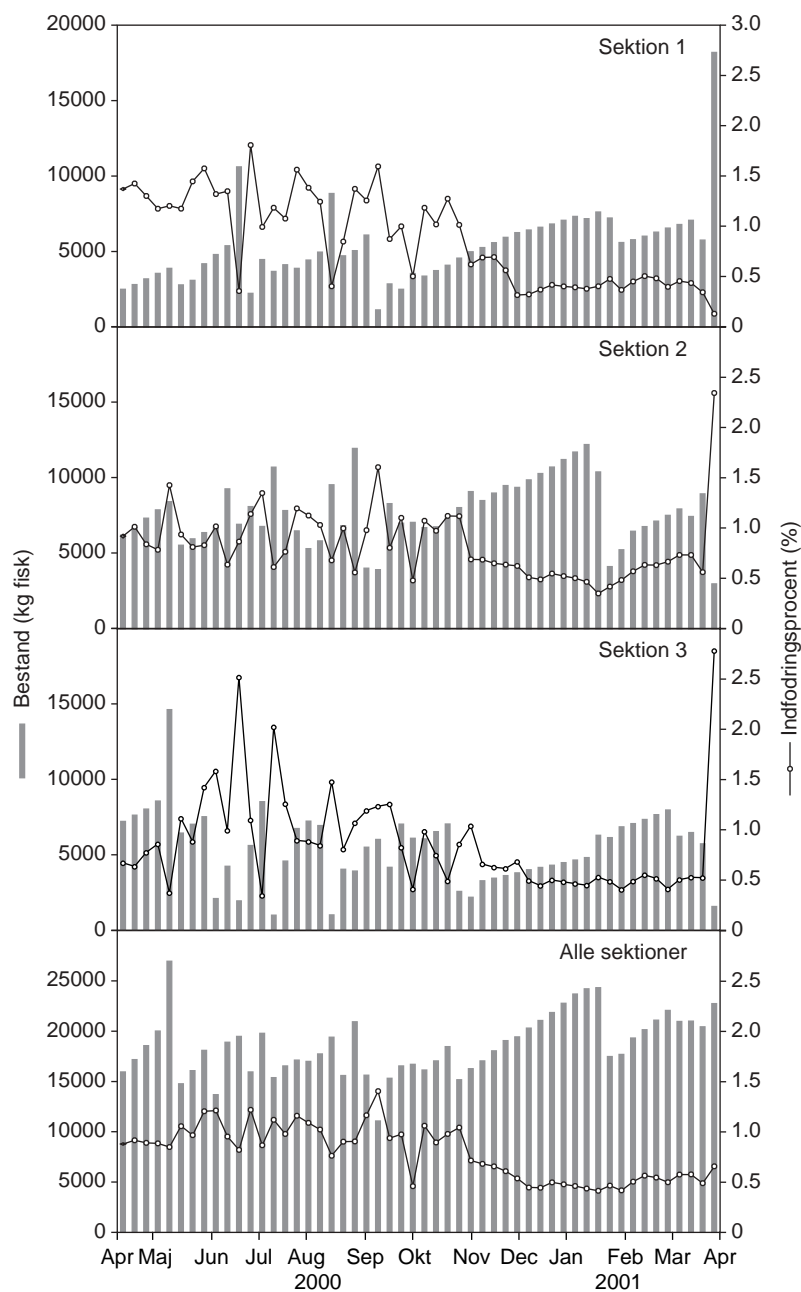
De daglige driftsparametre herunder fodring og tilvækst er registreret og styret af driftsstyringsprogrammet D-Journal. Fodringen styres af fiskestørrelse og vandtemperatur. Ud fra disse variabler er der dagligt udarbejdet en vejledende foderplan.

Den ugentlige fodermængde er beregnet procentuelt i forhold til den stående bestand i de enkelte sektioner (figur 2.1). Denne størrelse kaldes indfodringsprocenten, og den er som ventet lavest og mest stabil i vinterhalvåret.

Størrelsessammensætningen har som følge af en forsinket opstart af projektet afvejet fra det oprindeligt planlagte, men den har generelt været inden for de i tabel 2.2 angivne intervaller.

*Tabel 2.2 Størrelsessammensætning af fisk i de enkelte sektioner af produktionsanlægget.*

Sektion	Minimumsstørrelse	Maksimumstørrelse
1	0,5 g	50 g
2	20 g	200 g
3	50 g	2000 g



*Fig. 2.1* Den ugentlige indfodringskoefficient (ugentlige anvendt foder-mængde i procent af den stående fiskebestand) i Døstrup Dambrug i perio-den april 2000 til april 2001.

Det samlede foderforbrug afspejler at 60% af foderkvoten på 50 tons er brugt i sommerhalvåret (figur 2.2), hvilket også er et af vilkårene i den midlertidige miljøgodkendelse.

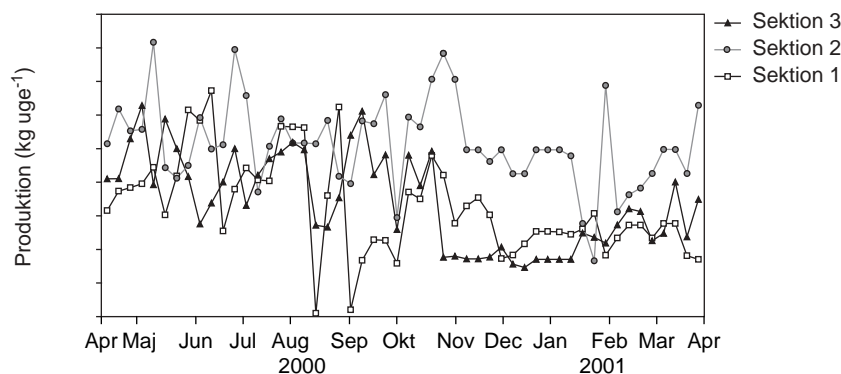


Fig. 2.2 Produktion (kg fisk uge<sup>-1</sup>) for de enkelte sektioner.

Der har været anvendt tre typer foder i det første måleår på dambruget, alle tre produceret af Dana Feed (tabel 2.3). I forhold til deklarationen for foderet har det efterfølgende vist sig, at indholdet af fosfor har været højere end den deklarerede procentandel på fodersækkene. Der er for hver batch udtaget prøver, som er analyseret af akkrediteret laboratorium. Baseret på opgørelse af forbruget af de enkelte foderleveringer er der efterfølgende beregnet indhold og fosfor (efter anvisningerne i Dambrugsbekendtgørelsen (tabel 2.3). Foderet har i alt indeholdt 3.919 kg kvælstof og 592 kg fosfor.

Tabel 2.3. Oversigt over anvendte fodertyper i det første måleår (5. april 2000 til 4. april 2001). Type 16/56 er fedt/proteinbalancen, dvs. at foderet består af 16% fedt og 56% protein.

Producent	Type	Pille størrelser	Mængde kg	Kvælstof indhold (%)	Fosfor indhold (%)	Kvælstof indhold (kg)	Fosfor indhold (kg)
Dana Feed	16/56	GR 1,3 - 1,8 mm	10.400	8,89	1,51	924	157
Dana Feed	30/45*	2, 3 & 4 mm	27.125	7,41	1,09	2.011	297
Dana Feed	30/44**	2, 3 & 4 mm	13.645	7,03	0,99	984	138

\* Fodertypen indeholder blodmel.

\*\* Fodertypen indeholder ikke blodmel.

### Produktion og sammendrag af driftsdata

Produktionsdata indsamles og lagres i dambrugets driftsstyringsprogram, og består af både beregnede og målte værdier. Individvægten af fiskene beregnes således først og kontrolleres derefter ved prøvevejninger eller udfiskning af de enkelte kummer. Herefter korrigeres de beregningsmæssige forudsætninger i programmet. Der vil derfor kunne opstå en difference mellem den beregnede og den faktiske mængde fisk. I figur 2.2 er de afvigende værdier i den ugentlige produktion således udtrykt for, at der ved udfiskning (kontrol) har været enten flere eller færre fisk i den pågældende kumme eller sektion end beregnet ud fra de forudsætninger i driftsstyringsprogrammet.

En summeret oversigt over produktionsdata for de enkelte sektioner fremgår af tabel 2.4. En beregning af det teoretiske produktionsbidrag baseret på den angivne foderforbrug og den producerede fiske-mængde giver 2.110 kg kvælstof, 293 kg fosfor og mellem 8342 og 9184 kg organisk stof (udtrykt som COD). Der er antaget et indhold i fiskene på henholdsvis 3% kvælstof og 0,5% fosfor. Intervallet for or-

ganisk stof refererer til henholdsvis et foderspild på 0% og på 1%. I de relativt små fisk, som der produceres i Døstrup er et mere realistisk kvælstof indhold i fisk 2,72% hvilket vil give en teoretisk produktionsbidrag på 2.282 kg kvælstof (pers. oplysning Per Bovbjerg, DFU). Fiskeproduktionens teoretiske bidrag af organisk stof (COD) er beregnet ud fra en teoretisk formel, der tager hensyn til den konkrete fodertype og standard energifordøjeligheder af råprotein (92%), råfedt (94%), kulhydrat (78%) og af træstof (0%) (pers. oplysning, Per Bovbjerg, DFU). Der er tale om en konservativ beregning, som skønnes at give et mindste estimat for fiskeproduktionens bidrag af COD.

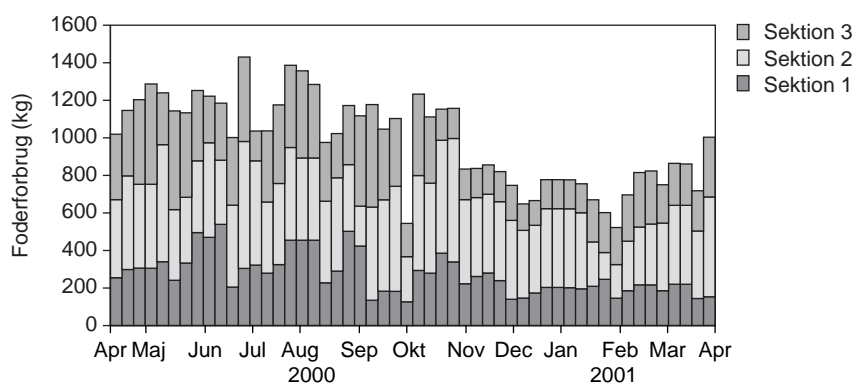


Fig. 2.3. Ugentlig foderforbrug fordelt på de tre produktionssektioner.

Table 2.4. Produktionsdata for fase 2 og 3 fordelt på de enkelte sektioner. FCR = biologiske foderkoefficient.

	Foderforbrug i kg	Produktion inkl. døde fisk kg	Døde fisk kg	FCR	FCR jv. miljøgodkendelse	Bestand i kg			Gens. tæthed i kg/m <sup>3</sup>	Omsætnings-hastighed ud fra gens. bestand
						Min.	Mid.	Maks.		
Sektion 1	14.170,7	17.014,6	706,8	0,833	< 0,7	1.125:	<b>5.332:</b>	18.196	21,68	3,17
Sektion 2	21.821,3	26.741,8	979,1	0,816	< 0,85	2.972:	<b>7.734:</b>	12.684	29,41	3,46
Sektion 3	15.178,2	17.826,1	310,3	0,851	< 0,9	1.000:	<b>5.551:</b>	14.660	17,91	3,21
<b>Samlet</b>	<b>51.170,2</b>	<b>61.582,5</b>	<b>1996,2</b>	<b>0,831</b>				<b>18.617</b>	<b>22,73</b>	<b>3,31</b>

Miljøgodkendelsens krav til foderkoefficienterne er overholdt for sektion 2 & 3. Foderkoefficienten i sektion 1 er meget afhængig af hvilken størrelse fisk, der anvendes. Fiskene i sektion 1 har gennemsnitlig været en del større end forudsat, hvilket har givet en højere foderkoefficient i sektion 1 end miljøgodkendelsens krav.

Generelt har foderkonverteringen under fase 2 og 3 af projektet været bedre end forventet og har resulteret i en samlet foderkoefficient for hele anlægget på 0,831 kg foder/kg produceret fisk.

Energiforbruget til kapselblæser og pumpen til omfangsdrænet er løbende blevet målt. For det øvrige driftsmateriel er driftstiden ret kortvarigt og af et sådant omfang, at det ingen betydning har for det samlede forbrug. Forbruget er derfor kun opgjort som:

Kapselblæser	127.020 kWh
Pumpe til omfangsdræn	13.140 kWh
Total	140.160 kWh $\approx$ 2,28 kWh/kg fisk

Den højeste bestandstæthed i de enkelte sektioner har for sektion 1 været mellem 28 marts og 4 april 2001, for sektion 2 mellem 10 og 16 januar 2001 og for sektion 3 mellem 3 og 9 maj 2000. For alle tre sektioners vedkommende har der således været tale om en driftssituation med moderate vandtemperaturer. Der har dog som tidligere nævnt ikke været indikationer af, at bestanden i nogen af sektionerne har været på et kritisk niveau.

Vandflowet i de enkelte sektioner er blevet justeret med henblik på tilpasning til bestandens størrelse og det aktuelle iltforbrug.

Anvendes den gennemsnitsomsætningshastighed, der er beregnet for det første måleår, og forudsættes alle sektioner besat med en gennemsnitlig besætning svarende til den maksimale bestand der har været i måleperioden bliver produktionskapaciteten for anlægget:

$$3,31 * 45.540 \text{ kg fisk} = 150.737 \text{ kg årlig produktion}$$

Ud fra de opnåede foderkoefficienter vil en sådan produktion medføre, at der anvendes ca.  $150.737 \text{ kg fisk} * 0,831 = \text{ca. } 125 \text{ tons foder}$ .

Ved en fuld udnyttelse af produktionskapaciteten estimeres det ud fra driftserfaringerne, at energiforbruget til kapselblæseren vil stige med ca. 45 - 50 %, således at det basale energiforbrug ved fuld udnyttelse vil andrage :

Kapselblæser	190.530 kWh
Pumpe til omfangsdræn	13.140 kWh
Total	203.670 kWh

Ved en produktion på 150.737 kg fisk vil energiforbruget pr kg fisk andrage 1,35 kWh

### Medicin og hjælpestoffer

Der er udelukkende udsat vaccinerede fisk i produktionsanlægget. Det har dog i løbet af det første måleår været nødvendigt at behandle i sektion 1 og 2 for ERM (rødmundssyge) som der vaccineres mod. I sektion 1 er der behandlet en gang mod YDS (yngel dødelighedssyndrom) som der ikke for nuværende kan vaccineres mod.

Det har også været nødvendigt at behandle for hudsnyltere og bakteriel gælleinfektion i alle tre sektioner.

I tabel 2.5 er en oversigt over sygdomme og behandling.

*Tabel 2.5.* Oversigt over anvendt medicin og hjælpestoffer i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. ERM = rødmundssyge. YDS = yngel dødelighedssyndrom.

Medikament	Behandlet mod	Anvendt mængde
Branzil	ERM	1140 g aktivt stof i foderet
Florfenicol	YDS	160 g aktivt stof i foderet
Kloramin-T	Bakteriel gælleinfektion	650 mg Kloramin-T
Formalin 24%	Hudsnyltere	124 l fordelt over 3 behandlinger
Detarox	Hudsnyltere	36 l

Periode	Kumme nr.	Behandlet mod	Medikament	Anvendt mængde
19/04/00-26/04/00	18 - 40	ERM	Oxolinsyre (Branzil)	240 g
27/04/00	20 - 26	Bakteriel gælleinfektion	Kloramin-T	650 mg
01/05/00-08/05/00	18 - 40	YDS	Florfenicol	160 g
14/05/00	18 - 40	Hudsnyltere	24% formalin	46 l
20/06/00	9 - 16	Hudsnyltere	24% formalin	18 l
27/07/00	9 - 40	Hudsnyltere	24% formalin	60 l
16/08/00 & 18/08/00	12 - 40	Hudsnyltere	Detarox	36 l
24/09/00 – 29/09/00	18 - 40	ERM	Oxolinsyre (Branzil)	900 g
17/11/00	0 – 40	Hudsnyltere	Detarox	14 l

Detarox som er en vandig opløsning af  $H_2O_2$  og eddikeperoxydsyre fungerer som oxidationsmiddel. Der var ikke i den oprindelige godkendelse givet tilladelse til brug af dette stof, men tilladelse er efterfølgende indhentet ved godkendelsesmyndigheden. Erfaringerne med Detarox har været så gode, at der ikke har været anvendt Formalin eller kloramin-T til behandling af hudsnyltere og gælleinfektion efterfølgende.

### 2.3 Danmarks Miljøundersøgelsers (DMU's) undersøgelsesaktiviteter

DMU's undersøgelsesprogram og øvrige aktiviteter består af følgende elementer:

1. måling af parametre, der er nødvendige for dambrugsdriften men som også anvendes i selve undersøgelsesprogrammet
2. måling af vandstand og vandføring samt klimatiske parametre
3. vandkemiske målinger
4. slamkemiske målinger
5. faunaprøver
6. bestemmelse af plantedækningsgrad i plantelaguner
7. opbygning, drift og vedligeholdelse af online datasystem og dataoverførsel
8. beregning af vandføringer, stoftransporter, stofudledninger, massebalancer og kontrolværdier.
9. koordinering og mødedeltagelse, formidling, rapportering m.v.

Undersøgelsesprogrammet fremgår af tabel 2.6 og tabel 2.7 og de stationsnumre, der refereres til fremgår af figur 1.1 og 1.2.

Der er i projektet lagt stor vægt på datasikkerhed. Der er lagt strøm (220V) ud til alle instrumenter og dataloggerne som indbyrdes er koblet sammen. Der er trukket adskillige kilometre kabel (strøm og instrumentledninger i alt 5-6 km) til de 50 måleinstrumenter og 14 vandprøvetagere.

Tabel 2.6 Oversigt over målepositioner og målefrekvenser af de vandkemiske og fysiske parametre DMU måler.

	DMU	Kort nr.	Ilt-temperatur	Vandstand	pH	Kemiprogram	Klima	Vandførings (1)
QH station opstr. dambrug	171010	10		kont. + 10 min. (2)				12-18 pr. år
Indløb dambrug	171020	20	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)	kont. + 10 min.	A: 52 pr. år C: 6 pr. år		12-18 pr. år
Grundvand	171030	30						kontinuert (døgn)
Klimamast	171050	50					kontinuert + 10. min	
Nedstrøms stemmeværk	171090	90		kont. + 10 min. (2)				12-18 pr. år
Bağkanal sektion 1	171110	110	kont. + 10 min.			A: 52 pr. år		
Efter luft bağkanal 1	171120	120		kont. + 10 min. (2)		B: 13 gange 1 år D: 26 pr. År + ekstra D: ved tømming		12-18 pr. år mængde*
Slamperkulat sektion 1	171150	150		kont. + 10 min. (3)				
Slamdepot 1	171155	155						
Forkanal sektion 2	171200	200	kont. + 10 min.			A: 52 pr. år		
Bağkanal sektion 2	171210	210	kont. + 10 min.			B: 13 gange 1 år D: 26 pr. År + ekstra D: ved tømming		12-18 pr. år mængde*
Efter luft bağkanal 2	171220	220		kont. + 10 min. (2)				
Slamperkulat sektion 2	171250	250		kont. + 10 min. (3)				
Slamdepot 2	171255	255	kont. + 10 min.					
Forkanal sektion 3	171300	300	kont. + 10 min.					
Bağkanal sektion 3	171310	310	kont. + 10 min.			B: 13 gange 1 år D: 26 pr. År + ekstra D: ved tømming		12-18 pr. år mængde*
Efter luft bağkanal 3	171320	320		kont. + 10 min. (2)				
Slamperkulat sektion 3	171350	350		kont. + 10 min. (3)				
Slamdepot 3	171355	355	kont. + 10 min.					
Udløb produktion anlæg	171400	400	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)	kont. + 10 min.	A: 52 pr. år A: 52 pr. år D: 26 pr. År + ekstra		12-18 pr. år mængde*
Afdrænet slamvand fra slambede	171410	410						
Bassin slam bundfældningsbassin	171430	430	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)				mængde*
Indløb til 3 efterpoleringssektioner	171450	450	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Udløb 1. Efterpoleringssektion	171510	510	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Udløb 2. Efterpoleringssektion	171520	520	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
Udløb 3. Efterpoleringssektion	171530	530	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)		A: 52 pr. år		12-18 pr. år
20 m nedstr. 3. efterbh.	171600	600	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)	kont. + 10 min.	A: 52 pr. år		12-18 pr. år
950 m nedstrøms dambrug	171990	990	kont. + 10 min.	kont. + 10 min. (2)	kont. + 10 min.			12-18 pr. år

(1) Der måles vandføringer 12-26 gange pr. år. Ud fra en relation mellem vandstand og vandføring beregnes en kontinuert vandføring

(2) Med tryktransducer

(3) Med vandstandsskriver

\* de afledte volumener mængde estimeres ved hver eneste tømming

kont. = kontinuert

Ilt, vandtemperatur og vandstand måles kontinuert og opsamles på datalogger. Data midles over ti minutter og sendes til opsamling på computer i kontorbbygning.

Klimaparametre (vindhastighed, global stråling, lufttemperatur, relativ luftfugtighed, nedbør) måles kontinuert på datalogger, 10minutters værdier overføres til computer.

Vandprøver til kemiprogram (på nær for slam) udtages med ISCO-vandprøvetager, 1 delprøve i timen døgnet rundt, puljes til en ugeprøve eller døgngprøve (B15, ammoniak, orthofosfat)

Vandprøver til kemiprogram står mørkt og koldt (3-5°C) i ISCO-vandprøvetageren

**Kemi A = Tot N, nitrat, ammoniak, Tot P, opløst P, BI, og tørstof/glødetab (uge eller døgn puljet, afhængig af parameter og prøvetype)**

**Kemi B = Tot N, ammoniak, Tot P, BI, (uge eller døgn puljet afhængig af parameter)**

**Kemi C = Tot N, ammoniak, nitrat, Tot P, opløst P (øjebliksprøve)**

**Kemi D = Tot N, Tot P, BI, samt tørstof/glødetab (øjebliksprøve)**

**Klimamast: lufttemperatur, globalstråling, relativ luftfugtighed, vindhastighed og nedbør**

Der overføres en øjebliksværdi af luft- og vandtemperatur, vandstand, ilt, pH, relativ luftfugtighed, globalstråling, vindhastighed og nedbør fra de fire dataloggere som instrumenterne er forbundet til over til en PC'er, der står på Døstrup Dambrug. Fra en femte datalogger placeret ca. 950 m nedstrøms dambruget sendes data fra st. 990" instrumenter via GSM nettet til DMU Silkeborg en gang i døgnet. DMU kan fra Silkeborg også gå ind og se øjebliksværdier på PC'eren i Døstrup og se om der er driftsproblemer. Data lagres hos DMU i databaser gennem en daglig overførsel af data fra dataloggerne og dambrugets PC'er.

På dambrugets PC'er kan data løbende ses som plot på skærm eller via udskrift på en printer ved PC'en.

DMU laver også backup af foder- og driftsprogrammet (D-journal) og af den logbog, der føres på PC'eren.

Iltværdier kan på dambruget desuden læses direkte på en instrumentkasse og de er tilsluttet alarmer, hvilket også gælder for udvalgte vandstandsmålere.

Tabel 2.7. Oversigt over hvilke kemiske parametre der udtages ved Døstrup Dambrug

	Vandprøver	Ekstra Vandprøver	Slamvand	Pejlerør	Grundvand	Slamperculat og slam
SS	x		x			x
GR	x		x			x
NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	x	x	x	x	x	
NO <sub>23</sub> -N	x		x	x	x	
TN	x	x	x	x	x	x
PO <sub>4</sub> -P	x		x	x	x	
TP	x	x	x	x	x	x
Registrering	x	x	x	x	x	x
BI <sub>5</sub>	x	x	x			x
antal pr. gang	9	3	1	2	1	4
hyppighed	hver uge	efter 1.8.2000 6-7 uger sep-okt 2001 6-7 uger forår 2002	hver uge i intensiv perioder delt i prøver fra hvert slambed	hver anden måned ultimo lige måneder	hver anden måned ultimo lige måneder	hver anden uge plus hver gang i intensiv perioder plus nogle ekstra
Start:	Uge 14 2000	September 2001	Uge 16 2000	Uge 17 2000	Uge 17 2000	Uge 16 2000

Det samlede måleprogram er på højde med hvad et middelstort amt måler under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (NOVA-2003) i vandløb. Alene dataloggermåling hvert 10. minut for 50 forskellige instrumenter giver en uhyre stor datamængde, ligesom der indsamles en meget stor mængde vandkemiske data. Det har derfor været et



omfattende arbejde at konstruere, opstille, teste og vedligeholde hele målesystemet.

### **Måling af fysiske parametre**

Måling af en række parametre i tabel 2.6 på nær vandføring sker ved kontinuert målinger af:

- ilt og vandtemperatur 13 steder
- vandstand 16 steder
- pH 3 steder
- vindhastighed, lufttemperatur, globalstråling, nedbør og relativ luftfugtighed 1 sted.

Af fysiske parametre måles vejrforhold (nedbør, lufttemperatur, vindhastighed, global stråling og relativ luftfugtighed) samt vandstand, vandtemperatur, vandets iltkoncentration og pH. Hvor de forskellige parametre måles på Døstrup Dambrug fremgår af tabel 2.6 samt fig. 1.1 og fig. 1.2. Instrumenterne til måling af de fysiske parametre er koblet på dataloggere, som der er 5 af i alt. Nedbøren akkumuleres over 10 minutter, vindhastigheden er et middel over 10 minutter, mens resten af parametrene måles hver 10. sekund og midles for hvert 10. minut som en værdi der kaldes øjebliksværdi. Øjebliksværdierne registreres på den datalogger de enkelte instrumenter er tilsluttet.

På DMU foretages den videre bearbejdning af data. Kalibrering af de forskellige måleinstrumenter sker ved direkte manuelle feltmålinger og hyppigheden varierer afhængig af måleparameter. Generelt gennemføres der kalibreringsmålinger for stationernes vandstande hver uge mens ilt, pH, vandtemperatur og vejrparametrene kalibreres ca. en gang om måneden. Måleinstrumenterne tilses hver uge og iltelektroder renses generelt 2 til 3 gange om ugen.

Vandføringsmålinger foretages på dambruget og i Døstrup Bæk. I begyndelsen af projektet foretages hyppige målinger (2-4 gange pr. måned) indtil der er etableret en god sammenhæng mellem vandstand og vandføring. Vandstand og vandføring (afsnit 5.1 og 5.2) måles ved 17 stationer (se tabel 2.6). Der er etableret overfald ved st. 400, 510, 520 og 530. Vandføringsfrekvens reduceres i det 2. måleår til ca. 1 gang pr. måned.

De målte vandføringer lægges i DMU's database for hydrometriske målinger. Forinden behandles data med programmet HYMER der bl.a. kan udføre hydrometriske beregninger.

### **Måling af vand- og slamkemiske stoffer**

For at overvåge og kontrollere udviklingen af kritiske driftsparametre samt koncentrationer og mængder i udledningen af essentielle stoffer, er der placeret 27 målestationer på Døstrup Dambrug samt en målestation 1 km nedstrøms dambruget (se tabel 2.6 og figur 1.1 og 1.2).

Til fastlæggelse af koncentration af forskellige stoffer og beregning af stoftransport og – balancer for disse stoffer, udtages der automatisk vand hver time gennem hele døgnet ved de stationer, hvor der tages vandkemiske prøver (se tabel 2.6). De automatiske vandprøvetagere, er anbragt i termostaterede skabe hvor prøverne opbevares køligt (4-6 °C) og mørkt.

På en uge udtages 168 (7 dage \* 24 timer) delprøver i 21 flasker pr. station. Fra hver af en stations 21 flasker udtages lige store delmængder, der puljes til en 2 liters prøve og som analyseres for TN, TP, SS og glødetab. Fra de sidste 3 flasker (sidste prøvetagningsdøgn) udtages i alt 2 liter prøve pr. station til en puljet prøve som analyseres for  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  og  $\text{BI}_5$ . Der udtages prøver 52 gange pr. år gennem to måleår.

Vandprøverne undersøges for fem kontrolvariabler:  $\text{BI}_5$ , ammoniumkvælstof ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), totalkvælstof (TN), totalfosfor (TP) og suspenderet stof (SS) og desuden for glødetab, nitrat ( $\text{NO}_{23}\text{-N}$ ) og orthofosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) (se kapitel 4 og 5). De kemiske undersøgelser er udført af akkrediteret laboratorium, DMU validerer analyseresultaterne, laver kontrolberegninger og indlægger resultaterne i en database på en server.

De vandkemiske målinger gennemføres som en del af kontrolprogrammet, for at opstille massebalancer over de forskellige renseforanstaltninger og hele dambruget samt som input til DFU's massebalanceberegninger over produktionsafsnittet.

Der udtages som minimum hver fjortende dag en flowproportional prøve ved tømning af slamkegler i hver produktionssektion.

Der udtages en tidsproportional prøve på st. 410 ved afdræning af slamvand fra de tre slambed (st. 150, 250 og 350). I de intensive perioder udtages en separat prøve fra hver af slambedene ellers en puljet for de tre slambede.

Ved tømning af bundfældningsbassinet (hver 14. dag) udtages der med automatiske vandprøvetager flow/tidsproportionale prøver, der puljes til en repræsentativ prøve.

Ved oprensning af slambede udtages slamprøver til analyse.

### **Plantedækningsgrad i lagunerne**

En gang om måneden måles plantedækningsgrad og plantearter bestemmes i de tre lagunesystemer. For hver dam måles 5 tværprofiler, hvor der for hver 50 cm bestemmes dækningsgrad og plantearter (svarende til at der opmåles knap 1400 felter). Oplysninger puljes for hver af de tre systemer så dækningsgrad og plantearter kan sammenlignes. Endvidere fås en indikation af variation i dækningsgrad mellem de enkelte damme.

Ved enkelte lejligheder udtages prøver til biomassebestemmelse og der analyseres for indhold af total kvælstof og fosfor i de mest udbredte plantearter.

### **Faunaprøver**

DMU udtager faunaprøver 4 gange om året til bestemmelse af faunaindeks efter DVFI (Dansk VandløbsFauna Indeks) på en station opstrøms og en station umiddelbart nedstrøms Døstrup Dambrug samt ved st. 990 knap 1 km nedstrøms dambruget. Prøver udtages ultimo marts, ultimo juni, ultimo september og ultimo december. Nordjyllands Amt supplerer med at udtage faunaprøver, de samme steder 4 gange om året mellem DMU's målinger.

### **Beregninger m.v.**

Hver uge beregnes vandføringen ved de forskellige målepunkter, der etableres vandstands-vandføringsrelationer (Q-H relation), hvorfra døgnmiddelvandføringer kan beregnes for de forskellige målepunkter. De kemiske analyseresultater anvendes herefter til beregning af udledte mængder, kontrol af om udlederkrav er overholdt mv. Dette beregnes også ca. en gang pr. uge.

Med jævne mellemrum beregnes stoffluxe ved de forskellige stationer, hvor der udtages vandkemiske prøver, så der efterfølgende i samarbejde med DFU kan beregnes stofbalancer over de tre produktionsenheder, over bundfældningsbassinet, for hver af de tre plantelaguner, og for hele dambruget. Endvidere beregnes hvor meget stof, der fjernes med slamkegler.

Fordampningen beregnes ud fra de målte klimatiske parametre.

Måleresultater og stofberegninger leveres til DFU til deres videre beregninger i relation til produktion, fodertildeling, tilvækst af fiskebiomasse og stofstrømme i produktionsafsnittet.

Beregne vandføringer og stoftransporter lagres ligeledes i en database.

## **2.4 Danmarks Fiskeriundersøgelsers (DFU's) måle- og beregningsprogram**

DFU bidrager til måleprogrammet ved at varetage kemisk analyse af producerede fisk (vådvægt, tørvægt, askevægt samt indhold af energi, protein og lipid) og af slam fjernet fra produktionsafsnittet (energi).

DFU varetager beregninger af stofstrømme og massebalancer separat for hvert kummesektion og for produktionsafsnittet i sin helhed, hvor massebalancerne fokuseres på parametrene TN (total kvælstof), TP (total fosfor) og E (energi bundet i organisk stof). Princippet i massebalancen kan illustreres ved:

$$\begin{aligned}
& \text{Stof i indstrømmende vand} \\
& + \text{Stof tilført med foder} \\
& - \text{Stof indbygget i fisk} \\
& - \text{Stof forbrugt ved fiskenes stofskifte} \\
& - \text{Stof fjernet med slam} \\
& - \text{Stof fjernet ved 'egenomsætning'} \\
& - \text{Stof i udstrømmende vand} \\
& = 0
\end{aligned}$$

Ikke alle led er direkte målbare, men må kvantificeres som restled, hvis størrelse og usikkerhed påvirkes af usikkerheden på de øvrige led.

Fiskenes stofskifte påvirker kun en af ovennævnte parametre, energi som fjernes ved 'forbrænding' af organisk stof.

'Egenomsætningen' i traditionelle jorddamme består af

- stof fra fiskeproduktion og indløbsvand, som bundfældes og senere fjernes ved oprensning
- stof fra fiskeproduktion og indløbsvand, som fjernes ved mikrobiel omsætning.

Dette er normalt ikke direkte målbart, hvorved 'egenomsætningen' fremkommer som en beregningsmæssig udligning. I forsøgsprojektet Døstrup Dambrug sker der en direkte kvantificering af slam fanget i slamfælderne. 'Egenomsætningen' vil derfor kun omfatte den mikrobielle omsætning.

TP forbruges ikke ved fiskenes stofskifte, fjernes ikke ved mikrobiel omsætning og bundfældes næppe heller i betonkummer med høj fisketæthed og høj vandgennemstrømning. Øvrige led i massebalancen er direkte målbare, hvorfor TP kan anvendes til datavalidering og til skøn over den samlede usikkerhed på massebalancerne.

TN påvirkes ikke af fiskenes stofskifte. 'Egenomsætning' kan ske ved denitrificering, som forventes at være betydningsløs i et betonkummeanlæg, og ved afluftning af  $\text{NH}_3$  i beluftningsenhederne. Afluftningen søges direkte kvantificeret i to særligt intensive måleperioder (planlagt til efterår 2001, evt. forår 2002), hvor også egenomsætning af energi (målt som  $\text{BI}_5$ ) vil være i fokus.

Foderkonverteringen (foderkvotienten) beregnes traditionelt på vægtbasis. Det er imidlertid også relevant at beregne den på energibasis, og af hensyn til de miljømæssige aspekter er det interessant at kende konverteringen (% tilbageholdelse) af kvælstof og fosfor. Derfor vil der ved start og slut af de særligt intensive måleperioder blive udtaget og analyseret prøver af fisk, hvorefter man for den samlede periode kan beregne 'Stof tilført med foder' og 'Stof indbygget i fisk' og dermed konvertering, tilbageholdelse og potentiel (brutto-) miljøbelastning med kvælstof og fosfor.

# 3 Planteforekomst i lagunerne i perioden april 2000 til april 2001

## 3.1 Indledning

Plantelagunerne blev umiddelbart inden opstarten af forsøgsprojektet oprenset. Alle planter blev fjernet sammen med eventuelle slamaflejringer. Den 1. april 2000 fremstod plantelagunerne derfor som nøgne jorddamme, dvs. fri for vegetation i bund og på siderne. Denne oprensning blev foretaget i henhold til vilkårene for Miljøklagenævnets midlertidige godkendelse.

## 3.2 Målemetode

Planteforekomst og dækningsgrader i de tre lagunesystemer er siden april 2000 blevet bestemt hver måned. Hvert af de to søsystemer består af 6 tidligere fiskedamme (jorddamme) og vandløbssystemet af 7 damme. De tre lagunesystemer er alle fysisk nogenlunde ens (tabel 3.1). For hver dam er der blevet målt i 5 faste tværprofiler, hvor der for hver 0,5 m<sup>2</sup> felt er blevet bestemt planteart samt dækningsgrad på en skala fra 1 til 5 modificeret efter Braun-Blanquets metode til dækningsgradsanalyse (Braun-Blanquet 1964). Der er således opmålt mindst 450 felter per system hver måned, hvilket svarer til at 11% af arealet er blevet undersøgt.

*Tabel 3.1.* Dimensionerne af de tre lagunesystemer, med angivelse af den beregnede gennemsnitlige vandføring og opholdstid for de tre systemer i perioden 5.april 2000 til 4. april 2001. Gennemsnit  $\pm$  standardafvigelsen er angivet.

	Vandløbssystem (510)	Søsystem 1 (520)	Søsystem 2 (530)
Længde	7 damme af 32,5m	6 damme af 36,5m	6 damme af 39,0m
Bredde (m)	7,2 $\pm$ 0,3	7,9 $\pm$ 0,4	8,0 $\pm$ 0,2
Dybde (m)	0,56 $\pm$ 0,06	0,70 $\pm$ 0,04	0,73 $\pm$ 0,03
Vandføring, udløb (l s <sup>-1</sup> )	34,9 $\pm$ 5,1	35,3 $\pm$ 5,1	32,1 $\pm$ 5,9
Opholdstid (timer)	7,3	9,5	11,8

I august 2000 blev der desuden målt dybder i hvert felt. Oplysninger for hver enkelt system blev puljet og der kunne findes et gennemsnitligt mål for plantehyppigheder og dækningsgrader samt variationen af disse.

I september 2000 blev de to dækningsmæssigt mest betydende planter analyseret for biomasse og næringsstofindhold (tabel 3.2)

### 3.3 Planteforekomster og dækningsgrader

Gennem hele perioden er der i alt blevet fundet 24 plantearter i lagunesystemerne. Andemad, Brøndkarse og Trådalger har været klart dominerende, og har udgjort 80-100% af observationerne. Det skal bemærkes, at den samlede dækningsgrad af alle de tilstedeværende plantearter på den enkelte prøvetagningsdato godt kan overstige 100%. Årsagen hertil er, at Andemad der udelukkende ligger i overfladen, f.eks. kan have en dækningsgrad på 50%, mens Brøndkarse der står i hele vandsøjlen samtidigt godt kan have en dækningsgrad på 80%, idet den kan stå umiddelbart nede under Andemaden.

Der er sket en ændring i plantesamfundet gennem perioden (figur 3.1). Trådalger dominerede i de nyligt opgravede damme i de første måneder, hvor de i maj/juni havde en dækningsgrad på 50-100%. Herefter faldt dækningsgraden i resten af perioden til nær nul. Fra juli og resten af sæsonen domineredes plantelagunerne af Andemad og Brøndkarse, som næsten helt lukkede overfladen på en del af dammene.

Andemad havde hen gennem sommeren og efteråret en dækningsgrad på 40-60% i Vandløbssystemet, mens dækningsgraden i de to Søsystemer var på 60-90%. Fra januar faldt dækningsgraden af Andemad gradvist i alle tre lagunesystemer, og udgjorde i april 2001 henholdsvis 0,1% i Vandløbssystemet og 4-7% i de to Søsystemer.

Brøndkarse havde i hele perioden august til februar en dækningsgrad på 60-80% i Vandløbssystemet og tilsvarende en dækningsgrad på 40-60% i de to Søsystemer. I marts/april var dækningsgraden af Brøndkarse faldet til 11-13% i Vandløbssystemet. I Søsystemerne blev dækningsgraden ikke registreret i marts på grund af isdække, men udgjorde i april kun 0,9-1,5% i de to Søsystemer.

Samlet set havde ændringerne i planteforekomsterne i Vandløbssystemet og i de to Søsystemer den samme karakter, men dog således at Brøndkarse var mere hyppig i Vandløbssystemet end i Søsystemerne. Nedgangen i forekomsten af Brøndkarse i vinteren 2001 faldt sammen med perioden med hård frost og isdække af dammene. Andemad havde i modsætning til Brøndkarse sin største forekomst i Søsystemerne.

Ved periodens afslutning i april 2001 var vegetationen i lagunesystemerne næsten helt væk i de to Søsystemer, mens den i Vandløbssystemet var reduceret til mindre end en femtedel af niveauet i efterårs- og vinterperioden.

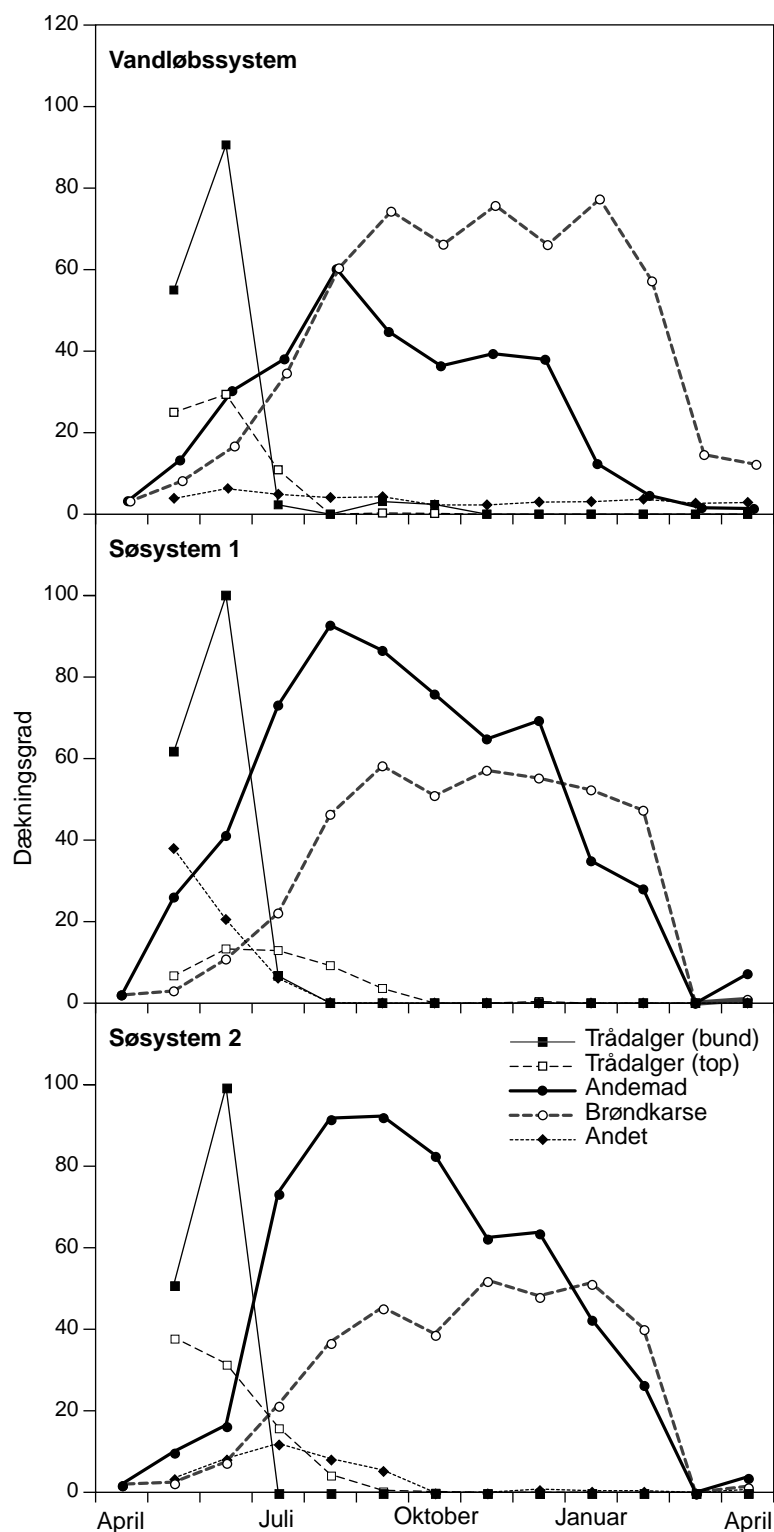


Fig. 3.1. Plantedækningsgrad i de tre lagunesystemer i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. Kun de kvantitativt vigtigste arter er medtaget. En nærmere forklaring på dækningsgradsanalysen findes i teksten.

### 3.4 Plantebiomasse

Vurderet ud fra planternes dækningsgrader ser plantebiomassen ud til at nå sit maksimale niveau i september. Dækningsgraderne er herefter relativt stabile resten af efteråret og begyndelsen af vinteren. For at få et estimat for den totale plantebiomasse og planternes nærings-

stofindhold blev der i september 2000 foretaget en indsamling af plantemateriale. Ved indsamling og analyse af den totale plantebiomasse (stængel + rødder) samt næringsstofindholdet i 6 tilfældige kvadrater med Brøndkarse og Andemad med en varierende dækning, kunne den totale dækning af planterne således omregnes til den totale biomasse for systemerne (tabel 3.2).

*Tabel 3.2.* Plantebiomassen og næringsstofindholdet i de tre lagunesystemer i september 2000 ved maksimal dækningsgrad af vegetationen. Biomassen blev fundet via sammenhæng mellem dækning og biomasse og er opgjort som g tørvægt per m<sup>2</sup>. Gennemsnit ± standardafvigelsen er angivet.

	Vandløbssystem (st. 510)	Søsystem 1 (st. 520)	Søsystem 2 (st. 530)
Biomasse (g/m <sup>2</sup> )	354 ± 64	305 ± 21	247 ± 77
N indhold (g/m <sup>2</sup> )	15,6 ± 2,9	13,1 ± 0,9	10,5 ± 3,5
P indhold (g/m <sup>2</sup> )	2,5 ± 0,5	2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,6
Totale biomasse (kg)	601	548	448
Samlede N indhold (kg)	26,5	23,6	19,0
Samlede P indhold (kg)	4,3	3,9	3,2



## 4 Kemiske analyser

Nærværende kapitel omhandler stofinput og stoffjernelse for forskellige enheder i produktionsanlægget på Døstrup forsøgsdambrug, aktiv stoffjernelse i sedimentationskegler og bundfældningsanlæg og stofomsætning/stoftilbageholdelse i plantelaguner. Til sidst gennemføres en kvantificering af det samlede stofinput og den samlede stoffjernelse.

Først gennemgås de kemiske analyser for kontrolvariablers koncentrationsudvikling for de stationer der indgår i kontrolberegningen (afsnit 5.4 og 5.5).

### 4.1 Kontrolvariablers koncentrationsudvikling

Der måles stofkoncentrationer i puljede døgnprøver for  $BI_5$  og ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ ) og i ugepuljede prøver for totalkvælstof (TN), totalfosfor (TP), glødetab og suspenderet stof (SS) (se kap. 2.3).

I de følgende afsnit gennemgås koncentrationsudviklingen for de stationer der indgår i kontrolberegningen. Det sker for de fem kontrolvariabler  $BI_5$ , ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ ), totalkvælstof (TN), totalfosfor (TP) og suspenderet stof (SS) i perioden 5. april 2000 – 4. april 2001.

$BI_5$  er et mål for hvor meget organisk materiale der kan omsættes på 5 dage målt som et iltforbrug og er dermed et mål for let omsætteligt organisk stof. I de første tre måneder april, maj og juni 2000 er der meget store variationer i  $BI_5$  koncentrationen fra de tre lagunesystemer (figur 4.1). I denne periode er der en stor produktion af organisk materiale som trådalger i plantelagunerne, der i klumper driver ud af disse. Der produceres netto  $BI_5$  i plantelagunerne. Sammenfaldende med at der kommer markant flere planter i lagunerne i juni/juli, reduceres og stabiliseres  $BI_5$  udledningen. Plantebiomassen bliver stadig større i sommeren 2000 (jvf. kapitel 3), mens trådalgerne henfalder.

På planterne dannes en biofilm, hvori organismer omsætter  $BI_5$  og ammoniak under forbrug af ilt (afsnit 5.6.2). Planterne selv optager nitrat og orthofosfat. Endvidere virker planternes rødder som et filter for partikler, der ud over at fanges mellem rødderne, hvor strømhastigheden er stærkt reduceret, også synker ned og aflejres på bunden af lagunerne.

Det skal bemærkes, at  $BI_5$  fra september 2000 til februar 2001 er større i indløbsvandet ved st. 20 end ved udløbet af dambruget ved de to søsystemer st. 520 og 530. Denne tendens findes også for vandløbssystemet (st. 510), dog er 4 målinger i den nævnte periode større ved st. 510 end ved st. 20. Samlet er der fra september 2000 til februar 2001 en netto tilbageholdelse af  $BI_5$  over hele dambruget. Fra februar 2001 er der en svag koncentrationsstigning både for indløbsvand (st. 20) og udløbsvandet (st. 510, 520 og 530).

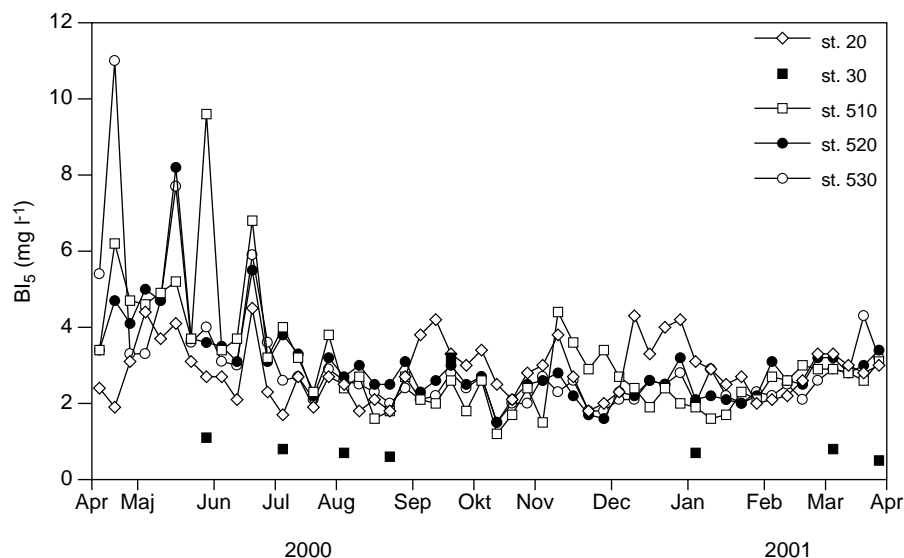


Fig. 4.1.  $BI_5$  koncentration ( $mg\ l^{-1}$ ) for perioden april 2000 – april 2001 for st. 20, 30, 510, 520 og 530.

**Ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ ):** Koncentrationen af  $NH_3+NH_4^+-N$  er væsentligt højere i udløbsvandet ved de tre stationer 510, 520 og 530 end i det vand, der tages fra Døstrup Bæk til dambruget (figur 4.2). St. 20's koncentration er rimelig stabil hele året modsat de tre udløb. Koncentrationen i udløbsvandet er generelt faldende fra august-/september 2000 til januar 2001 hvorefter der er tendens til en svag stigning. Alle  $NH_3+NH_4^+-N$  koncentrationer er dog under den koncentrationsforøgelse på  $0,30\ mg\ l^{-1}$  som er fastlagt i beregningen af vejledende krav for udledte stofmængder (afsnit 5.4). I vandløbssystemet (st. 510) er der generelt en lavere stofkoncentration end i søsystemerne (st. 520 og 530), hvilket kan hænge sammen med en lavere omsætning af  $BI_5$  i vandløbssystemet på grund af en kortere opholdstid (se tabel 3.1).

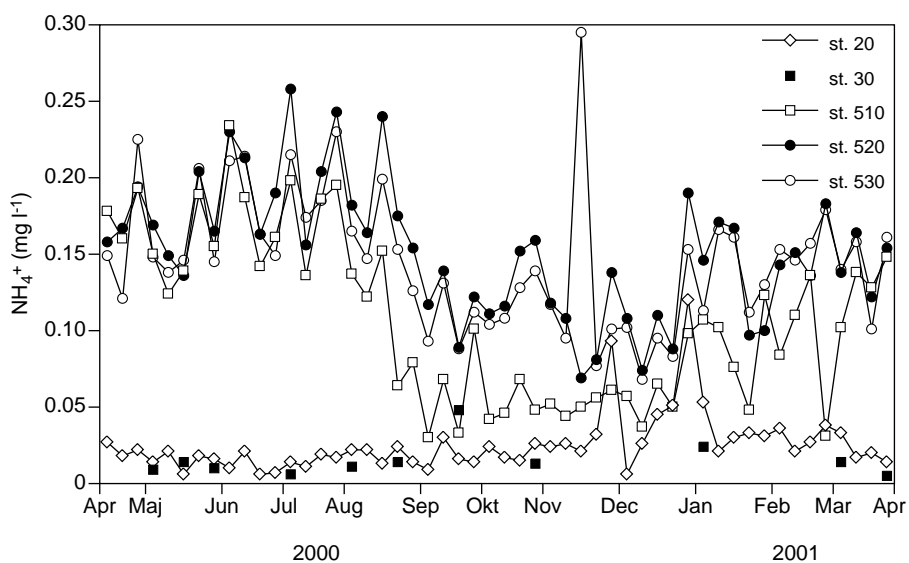


Fig. 4.2.  $NH_3+NH_4^+-N$  koncentration ( $mg\ l^{-1}$ ) for perioden april 2000 – april 2001 for st. 20, 30, 510, 520 og 530.

**Total kvælstof (TN):** Koncentrationen af total kvælstof er ca.  $1 \text{ mg l}^{-1}$  større i udløbsvandet (st. 510, 520 og 530) end i indløbsvandet (st. 20), mens indholdet af total kvælstof i det oppumpede grundvand (st. 30), der ledes ind i dambruget, er  $1-2 \text{ mg l}^{-1}$  højere end i udløbsvandet (figur 4.3). Der er en svag tendens til at koncentrationen ved alle stationer stiger fra april til september 2000. Derefter svinger koncentrationen af total kvælstof hen over vinteren.

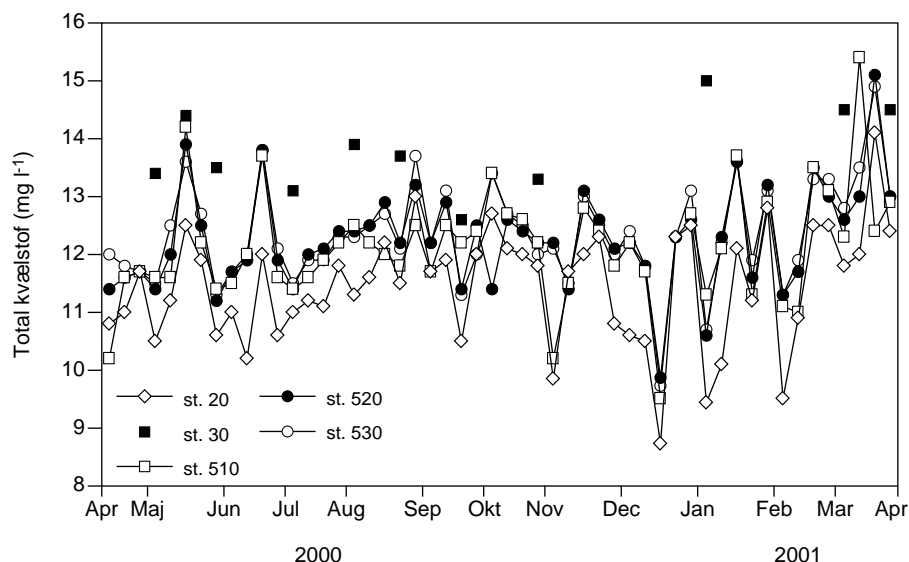


Fig. 4.3. Total kvælstof koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden april 2000 – april 2001 for st. 20, 30, 510, 520 og 530.

**Total fosfor (TP):** Koncentrationen af total fosfor er generel lidt højere i det vand som løber ud af dambruget gennem de tre laguner end i indløbsvandet (st. 510, 520 og 530) (figur 4.4). Ved nogle få målinger har en plantelagune givet meget store koncentrationer af total fosfor, som kan hænge sammen med at vandprøvetageren har suget klumper af plantedele med slam op. Der er ikke belæg for at antage, at nogle af analyseresultaterne har været forkerte.

Fra oktober/november 2000 stiger koncentrationen og har sit maksimum omkring januar 2001, hvorefter den aftager på alle stationer til nogenlunde samme niveau som ved opstarten i april 2000. I modsætning til total kvælstof (TN) er koncentrationsudviklingen for total fosfor mere jævn, hvor TN koncentrationen varierer en del fra uge til uge (fig. 4.3 og 4.4).

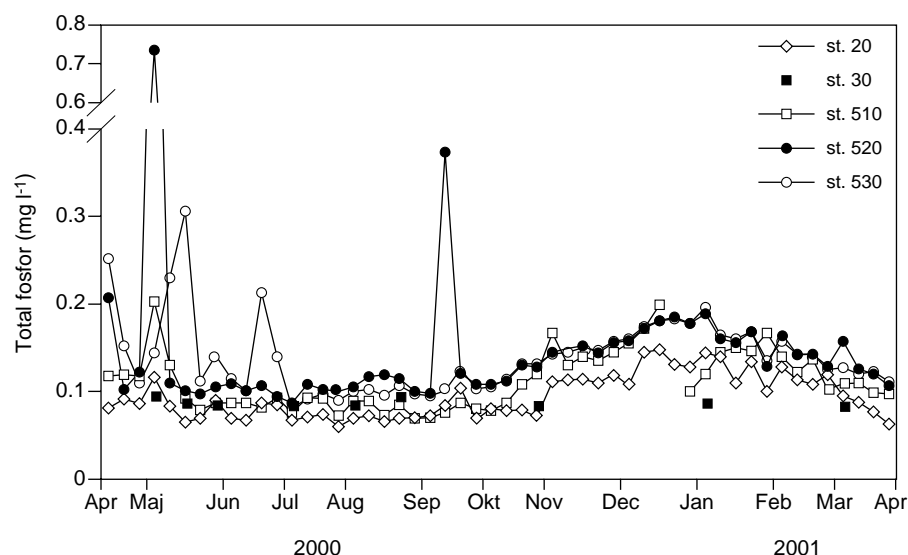


Fig. 4.4. Total fosfor koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden april 2000 – april 2001 for st. 20, 30, 510, 520 og 530.

**Suspenderet stof (SS):** Som for  $\text{BI}_5$ , TN og TP er der en mere ensartet koncentrationsudvikling efter juni 2000 på grund af større plantebiomasse i lagunerne (kapitel 3). Der er med enkelte undtagelser lavere koncentrationer i udløbsvandet end i indløbsvandet frem til marts 2001, hvor indholdet af suspenderet stof i udløbsvandet i et par tilfælde er større ind i indløbsvandet. Samlet er der en stor netto tilbageholdelse af suspenderet stof over dambruget.

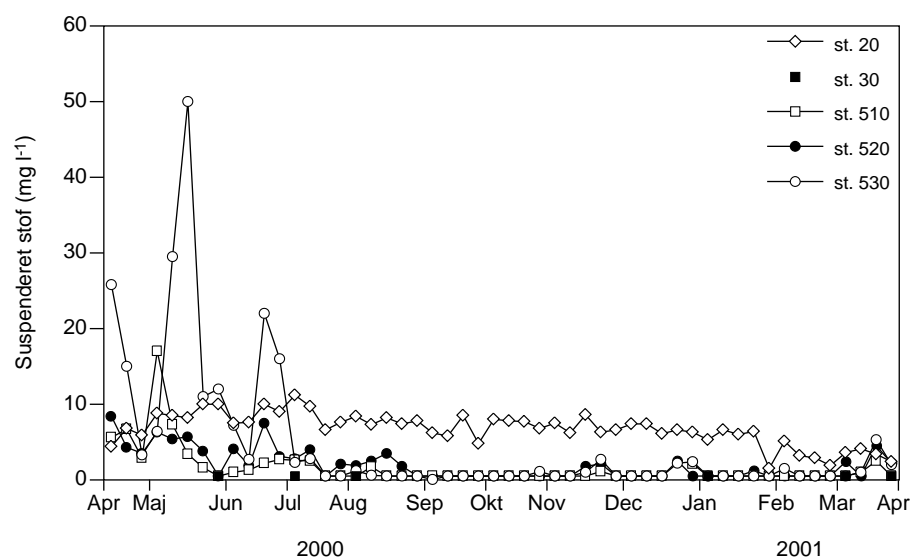


Fig. 4.5. Suspenderet stof koncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for perioden april 2000 – april 2001 for st. 20, 30, 510, 520 og 530.

### Sammenfatning af kontrolvariablers koncentrationsudvikling

Generelt varierer koncentrationen af de fem kontrolvariable mindre efter juni 2000, hvilket falder sammen med planternes fremvækst i lagunerne, hvor tilbageholdelse og for nogle parametre også omsætning af stof begynder at få større betydning. Samtidig har det reducerede vandindtag (fig. 5.1) og den øgede recirkulering på produktionsanlægget samt øget opholdstid i plantelagunerne også en betydning

for stabiliseringen af koncentrationerne. Selv over vinteren hvor biomassen reduceres er plantelagunerne i stand til at tilbageholde og omsætte stof. Perioden med hård frost i marts 2001 medfører dog så stor reduktion i plantebiomasse, at plantelagunerne evne til at tilbageholde og omsætte stof reduceres væsentligt.

## 4.2 Produktionsafsnit/anlæg

Vandet til produktion af fisk tages fra Døstrup Bæk ved st. 20 og som oppumpet grundvand fra st. 30. Fiskeproduktionens stofbidrag findes som stofkoncentrationen i produktionsanlæggets udløbsvand (st. 400) minus indløbsvandet (st. 20 + 30) plus den mængde stof, der fjernes i sedimentationskeglerne (summen af st. 150, 250 og 350).

For stofferne  $Bi_5$ ,  $NH_3+NH_4^+-N$ , TP og TN sker der en koncentrationsforøgelse mens suspenderet stof reduceres gennem produktionsanlægget (tabel 4.1). Forholdet mellem vandmængden ved st. 20 og st. 30, som er det vand der tages ind på dambruget, har varieret mellem 2:1 og 4:1 (afsnit 5.2.2) hvorfor beregningen af stofbalancen st. 400 – (st. 20 + 30) er vandføringsvægtet. Det skal bemærkes, at stoftilvæksten for suspenderet stof er negativ, der er med andre ord en netto stoftilbageholdelse i selve produktionsanlægget.

*Tabel 4.1* Gennemsnitlige stofkoncentrationer ( $mg\ l^{-1}$ ) af  $Bi_5$ ,  $NH_3+NH_4^+-N$ , suspenderet stof, TP og TN i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001 for indløbsvandet (st. 20 og 30) og udløbsvandet (st. 400) samt gennemsnitlig vandføringsvægtet koncentrationsændring over produktionsanlægget for balancen: koncentration st. 400 – (koncentration st. 20 + 30).

	station			tilvækst over dambruget (udløb – indløb) $mg\ l^{-1}$
	st. 20 $mg\ l^{-1}$	st. 30 $mg\ l^{-1}$	st. 400 $mg\ l^{-1}$	
$Bi_5$	2,9	0,7	4,1	1,8
$NH_3+NH_4^+-N$	0,025	0,015	0,24	0,2
SS	6,7	0,5	4,4	- 0,8
TP	0,094	0,086	0,155	0,063
TN	11,5	13,8	12,8	0,7

I mellem indløbsvandet (st. 20 + 30) og udløbsvandet (st. 400) på produktionsanlægget sker der en partikelfældning i sedimentationskeglerne (st. 150, 250 og 350) som fjerner en del af fiskeproduktionens stofbidrag og af de partikler, der er kommet ind med indløbsvandet. Dette rensesystem og stofmængder gennemgås efterfølgende.

### Sedimentationskegler (st. 150, 250 og 350)

Ved aktiv stoffjernelse forstås her stof der fjernes som følge af menneskelig proces ved to forskellige indgreb, henholdsvis ved sedimentationskegler i produktionsafsnittet (afsnit 4.2) og et efterfølgende bundfældningsbassin (afsnit 4.3). Produktionsafsnittet er inddelt i 3 sektioner (se tabel 1.1 og fig. 1.1 - 1.2), hvor kummerne i hver sektion har sin egen rensesystem i form af sedimentationskegler/-

slamfælder, der tømmes over i betonslamdepoter (st. 150, 250 og 350) for hver af de 3 sektioner (se afsnit 1.3). Dette sker normalt 2 gange om ugen og med maksimalt 5 dages mellemrum. Slamperkulatet henstår så længe at partiklerne når at sedimenteres i slamdepoterne.

Vand afdrænes en gang om ugen fra slamdepoterne (st. 410) nedstrøms produktionsanlægget (st. 400) men opstrøms bundfældningsanlægget (fig. 1.1). Vandstanden i de 3 betonslamdepoter registreres kontinuerligt så mængden (l) af slamperkulat, der tilføres (st. 150, 250 og 350), og slamvand der afdrænes (st. 410) depoterne kan beregnes.

Stofmængden (kg) der tilledes og afdrænes slamdepoterne bestemmes ved multiplikation af målt stofkoncentration og vandmængde (l). Stoftilbageholdelsen i de tre slambassiner bestemmes derefter som stofmængdedifferencen mellem tilført slamvand (st. 150, 250 og 350) minus afdrænet slamvand (st. 410) (tabel 4.2).

*Tabel 4.2* Netto stoftilbageholdelse af TN, TP, suspenderet stof (SS), glødetab og  $BI_5$  i kg og den gennemsnitlige procentuelle tilbageholdelse i slambassiner (st. 150, 250 og 350) af tilført stof i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001.

	TN	TP	SS	Glødetab	$BI_5$
Netto tilbageholdelse kg	158	83	4.588	2.474	1.881
Tilbageholdt i slamdepot %	83	87	97	95	94

De tre slambassiner imellem varierer med nogle få procent m.h.t. stoftilbageholdelse. Tabellen viser, at det afdrænedes slamvand fra slambassinerne kun indeholder ganske få partikler.

Hovedparten af det slam som er opsamlet i sedimentationskegler i de enkelte damme i produktionsenheden og ført over i betonslambassiner er blevet i disse, dvs. har været partikulært bundet idet 82-97 % af den stofmængde, der er overført i slambassinerne bliver i disse. Samtidig viser resultaterne, at det afdrænedes slamvand fra slambassinerne kun indeholder ganske få partikler.

Efter 14 måneder, april 2000 til juni 2001 er deponeringskapaciteten i slambassinerne næsten opbrugt hvorefter bassinerne er blevet tømt og slammet kørt til spredning på landbrugsarealer som gødningsbidrag eller deponeret.

Det samlede stofbidrag fra fiskeproduktion kan herefter beregnes som mængden af stof i udløbsvandet (st. 400) minus stofmængden i indløbsvandet (st. 20 + 30) plus den brutto stofmængde, der fanges i sedimentationskeglerne (tabel 4.3). Den samlede stofmængde er beregnet for et år fra 5. april 2000 til 4. april 2001 og er også omregnet til mg/s.

*Tabel 4.3.* Fiskeproduktionens stofbidrag (kg/år) og (mg/s) beregnet som udløbsvand st. 400 minus indløbsvandet (st. 20 + 30) plus stof tilbageholdt i sedimentationskegler for stofferne TN, TP, suspenderet stof (SS), glødetab og  $BI_5$  i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. Det teoretisk beregnede bidrag fra fiskeproduktionen fra kapitel 2.2 er angivet. Endeligt er fiskeproduktionens bidrag udtrykt pr. kg. produceret fisk for henholdsvis det målte og det beregnede bidrag. Det teoretisk bidrag fra fiskeproduktionen af organisk stof, som beregnes som COD er omregnet til  $BI_5$  under antagelse af at  $BI_5$  udgør 78% af COD.

Fiskeproduktionens stofbidrag	TN	TP	SS	Glødetab	$BI_5$
kg år <sup>-1</sup>	2.503	306	2.371	3.108	8.463
mg sec <sup>-1</sup>	78	9,6	71	95	250
kg år <sup>-1</sup> (beregnet, kap. 2)	2.282	293	-	-	6507 7163
g år <sup>-1</sup> pr. kg fisk (målt)	40,6	5,0	-	-	137
g år <sup>-1</sup> pr. kg fisk (beregnet, kap. 2)	37,1	4,76	-	-	106 114

Over produktionsanlægget (st. 400 - (st. 20 + 30)) fjernes der netto 2.476 kg år<sup>-1</sup> suspenderet stof hvorimod der er en mindre tilvækst af glødetab på 508 kg år<sup>-1</sup>. Suspenderet stof skifter karakter undervejs fra at indløbsvandet fra Døstrup Bæk indeholder mange fine sandpartikler med et lille indhold af organisk materiale som aflejres i sedimentationskeglerne til, at det i udløbsvandet er rigt på organisk materiale, d.v.s har et højt glødetab (tabel 4.2 og 4.3).

Det målte kvælstofbidrag fra fiskeproduktionen er ca. 9% større end det teoretisk fundne i kapitel 2.2. Tilsvarende er det målte fosforbidrag 5% større. Dette er en ganske flot overensstemmelse, da alle måleusikkerheder er akkumuleret i det målte bidrag fra fiskeproduktionen. Endvidere er der i den teoretiske bidrag ikke taget højde for et eventuelt foderspil, som vil øge den teoretiske værdi. De anvendte fordøjeligheder stammer fra en række undersøgelser, men vil i det andet måleår blive bestemt specifikt for Døstrup Dambrug. Der er en tilsyneladende større afvigelse mellem den teoretisk beregnede mængde organisk stof fra fiskeproduktionen og den målte, hvor sidstnævnte er 19 til 30% større. Der er dog en række usikkerheder knyttet til den teoretiske beregning. For det første er der anvendt konservative forudsætninger, der betyder, at det teoretiske bidrag skal være højere. Desuden skal man kende forholdet mellem  $BI_5$  og COD, der erfaringsmæssigt er 7 til 9 i spildevand. Dette er dog ikke undersøgt for fiskefækalier, hvor forholdet snarere er 9 til 10 eller højere. Hvis  $BI_5$  udgør 90% af COD vil det teoretisk  $BI_5$  bidrag i tabel 4.3 ændres til mellem 7.508 til 8.266 kg  $BI_5$  eller 2 til 11 % lavere end det målte bidrag. Forholdet mellem COD og  $BI_5$  i fiskefækalier vil også blive undersøgt i det andet måleår.

### 4.3 Stoffjernelse i bundfældningsanlæg

Afløbsvand fra produktionsafsnittet (st. 400) ledes til et centralt bundfældningsbassin med en gennemsnitlig opholdstid på 45 minutter for vandføringen i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001 (tabel

1.1). Efter passage af bundfældningsbassinet løber vandet videre til plantelagunerne. Hver anden uge suges akkumuleret slam med en støvsuger op fra bundfældningsbassinet og pumpes direkte over i et separat slamdepot (st. 430) (se afsnit 1.3). Fra 5. april 2000 til 4. april 2001 er bundfældningsbassinet blevet pumpet rent 20 gange (ca. hver 14. dag). Der har været en del startproblemer med pumpen. Usikkerheden anslås til  $\pm 20\%$  på de beregnede stofmængder, der er fjernet fra bundfældningsbassinet (tabel 4.4).

Pumpeeffekten er målt til  $5 \text{ l s}^{-1}$  og oppumpet stofmængde (kg) findes ud fra koncentration multipliceret med pumpeeffekten (l/s) og tidsforbrug (s) (tabel 4.4). Sammenlignet med stof fjernet i slamkegler, d.v.s. stoftilbageholdelse i slambassinerne, så er tilbageholdelsen i bundfældningsanlægget mellem 10 og 23 % af den samlede aktive stoftilbageholdelse højest for suspenderet stof. (tabel 4.4)

*Tabel 4.4.* Totale mængde stof fordelt på kg fjernet stof fra bundfældningsbassin (st. 430) og fra sedimentationskegler (st. 150, 250 og 350) for april 2000 til april 2001.

	TN	TP	SS	Glødetab	BI <sub>5</sub>
Kg bundfældet stof i alt (=100%)	194	92	5.979	3.034	2.095
Kg stof i slamkegler (tabel 4.2)	158 (81%)	83 (90%)	4.588 (77%)	2.474 (82%)	1.881 (90%)
Kg stof i bundfældningsbassin	36 (19%)	9 (10%)	1.391 (23%)	560 (18%)	214 (10%)

## 4.4 Plantelaguner

Efter at vandet har passeret bundfældningsanlægget fordeles vandet ligeligt i tre plantelagune systemer (tabel 3.1) hvorfra vandet strømmer tilbage i recipienten Døstrup Bæk ved st. 510, 520 og 530.

Stofbalancen i plantelagunerne er her opgjort som kg/uge for statusperioden 5. april 2000 til 4. april 2001, i alt 52 uger. En stoftilbageholdelse betyder, at der en uge udledes mindre stof fra de tre lagunesystemer (st. 510, 520 og 530) i forhold til hvad der kommer ind i lagunerne (st. 450). Ved stofudledning menes, at der i den pågældende uge er udledt mere stof fra lagunerne end der er tilført disse. I tabel 4.5 til 4.9 vil summen af antal uger for stoftilbageholdelse og -udledning for en given station ikke altid vil være 52 uger, da der er uger uden forskel mellem koncentrationen af indløbsvand til og udløbsvand fra lagunerne. Ved netto tilbageholdelse forstås forskellen mellem stoftilbageholdelse og -udledning over en periode, hvor en negativ netto stoftilbageholdelse betyder, at der har været en netto udledning i perioden. Den gennemsnitlige nettotilbageholdelsesprocent er tilbageholdelsen i forhold til tilførelsen til lagunesystemet.

### BI<sub>5</sub>

I maj og juni 2000 er der både uger med stoftilbageholdelse og -udledning. Fra august 2000 til april 2001 er der med en enkelt undtagelse

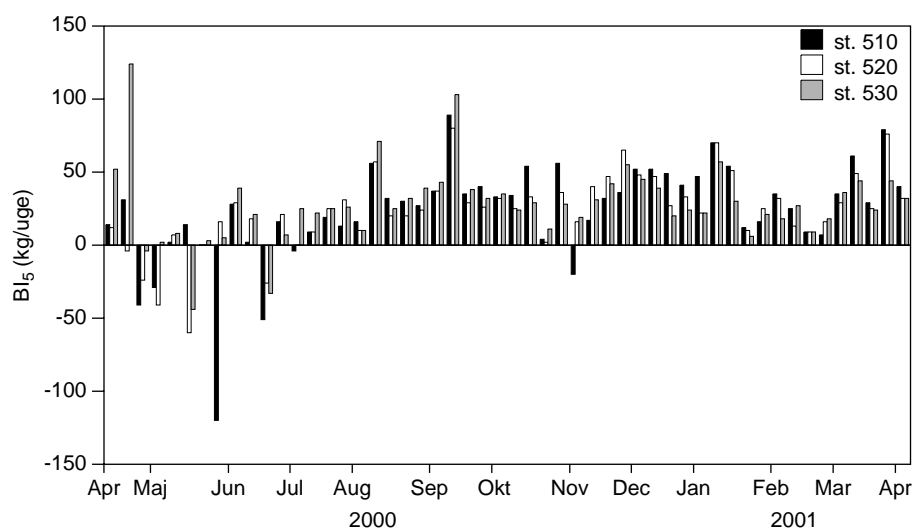


se udelukkende tilbageholdelse, men herefter har der igen været uger med  $BI_5$  udledning fra plantelagunerne (ses ikke på fig. 4.6, da det ligger uden for den periode nærværende statusrapport dækker). De tre lagunesystemer er set over hele perioden ret ens med hensyn til nettotilbageholdelse af  $BI_5$  på nær af opstarts fasen (tabel 4.5).

*Tabel 4.5.* Samlet tilbageholdelse og udledning samt netto tilbageholdelsen af  $BI_5$  (kg) for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001 (52 uger). Antal uger angives i parentes. Gennemsnitlige nettotilbageholdelse i procent af tilførelsen regnet for april 2000 til april 2001.

$BI_5$	Tilbageholdelse kg	Udledning kg	Netto tilbageholdelse kg	Gennemsnitlige netto tilbageholdelse %
st. 510	1.492 (45)	262 (5)	1.230	25
st. 520	1.380 (45)	155 (5)	1.225	26
st. 530	1.545 (49)	81 (3)	1.464	26

\* samlet nettotilbageholdelse for  $BI_5$  på 3.919 kg svarende til 70 kg uge<sup>-1</sup>



*Fig. 4.6.*  $BI_5$  tilbageholdelse og -udledning (kg/uge), henholdsvis positive og negative værdier, for tre lagunesystemer (st. 510, 520 og 530).

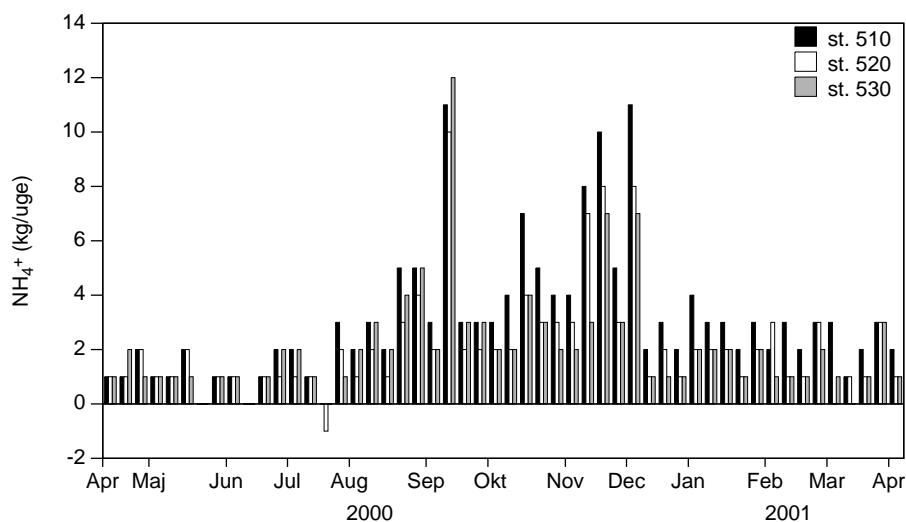
### Ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ )

"Vandløbssystemet" st. 510 er det mest effektive til tilbageholdelse/-omsætning af ammoniumkvælstof (fig. 4.7 og tabel 4.6). Fra september til og med november 2000 findes de største absolutte stoftilbageholdelser (fig. 4.7).

**Table 4.6.** Samlet tilbageholdelse og udledning samt netto tilbageholdelsen af  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  (kg) for perioden 5. april 2000 til 4.april 2001 (52 uger). Antal uger angives i parentes. Gennemsnitlige netto tilbageholdelse i procent af tilførelsen regnet for april 2000 til april 2001.

$\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$	Tilbageholdelse	Udledning	Netto tilbageholdelse	Gennemsnitlige netto tilbageholdelse
	kg	kg	kg	%
st. 510	160 (49)	- -	160	57
st. 520	113 (49)	1 (3)	112	40
st. 530	111 (49)	1 (2)	110	43

\* samlet nettotilbageholdelse for  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  på 372 kg svarende til  $7,2 \text{ kg uge}^{-1}$



**Fig. 4.7.**  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$  tilbageholdelse og -udledning (kg/uge), henholdsvis positive og negative værdier, for tre lagunesystemer (st. 510, 520 og 530).

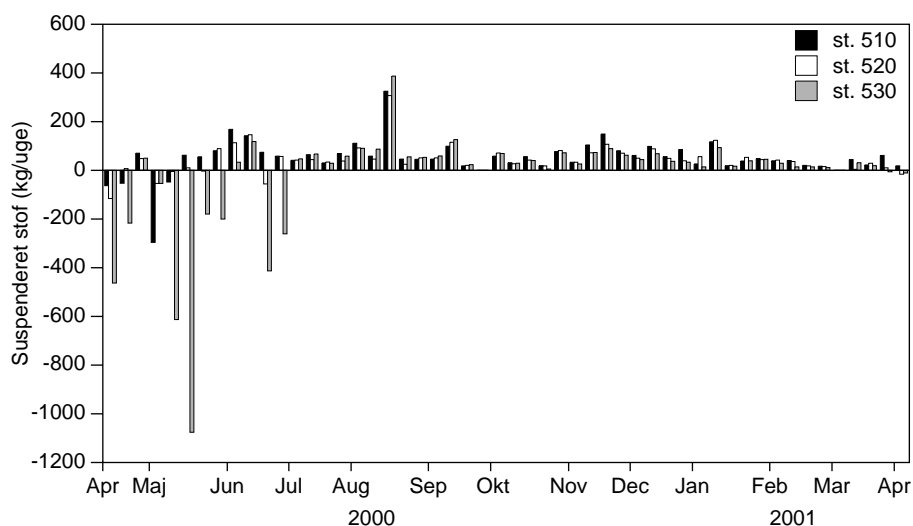
### Suspenderet stof - SS

Generelt bliver der tilbageholdt suspenderet stof i de tre laguner i de fleste uger fra april 2000 til april 2001 (fig. 4.8). I april til juni 2000, hvor planterne begynder at vokse frem i lagunerne, er der uger hvor der samlet er udledning fra lagunerne, men derefter tilbageholdes suspenderet stof i alle tre laguner. System 530 skiller sig ud ved at have en markant større udledning af suspenderet stof i sommeren 2000.

*Table 4.7.* Samlet tilbageholdelse og udledning samt netto tilbageholdelsen af suspenderet stof SS (kg) for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001 (52 uger). Antal uger angives i parentes. Gennemsnitlige netto tilbageholdelse i procent af tilførelsen regnet for april 2000 til april 2001.

SS	Tilbageholdelse	Udledning	Netto tilbageholdelse	Gennemsnitlige netto tilbageholdelse
	kg	kg	kg	%
st. 510	3074 (46)	461 (4)	2614	59%
st. 520	2529 (44)	250 (6)	2283	49%
st. 530	2255 (39)	3493 (11)	- 1238	- 29%

\* samlet nettotilbageholdelse for suspenderet stof på 3.659 kg svarende til 70 kg uge<sup>-1</sup>



*Fig. 4.8.* Tilbageholdelse og -udledning (kg/uge) af suspenderet stof, henholdsvis positive og negative værdier, for tre lagunesystemer (st. 510, 520 og 530).

Det bør bemærkes at netto tilbageholdelsen i søsystem 2 (st. 530) er negativ, dvs. en netto udledning på 1238 kg fra dette system over hele måleperioden. Søsystem 2 har haft 2-3 gange flere uger med udledninger end de to andre lagunesystemer st. 510 og st. 520. I perioden april til juni 2000 var brinkerne nøgne, og i søsystem 2 var der lokalt små brinks kred, der kan have medvirket til at øge udledninger af suspenderet stof i denne periode. Samlet har der fra søsystem 2 været en ca. 10 gange større udledning af suspenderet stof til recipienten, Døstrup bæk fra st. 530 end fra st. 510 og st. 520 tilsammen. Samlet for de tre laguner er der netto tilbageholdt over 3,5 tons suspenderet stof for hele statusperioden. Dog er der registreret en netto udledning fra alle tre laguner i april og maj 2000 i forbindelse med de store mængder trådalger fra plantelagunerne (afsnit 3.3).

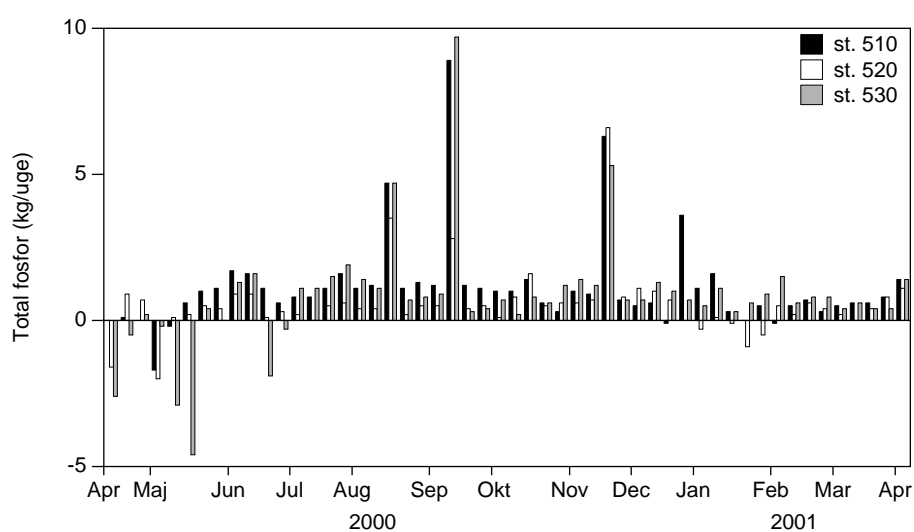
## Total fosfor

Vandløbssystemet st. 510 tilbageholder en større andel total fosfor end de to sø systemer st. 520 og st. 530 (tabel 4.8 og fig. 4.9). Den største tilbageholdelse sker i perioden august til november 2000. Fra juli 2000 er der med få undtagelser tilbageholdelse af total fosfor i plantelagunerne.

*Tabel 4.8.* Samlet tilbageholdelse og udledning samt netto tilbageholdelsen af total fosfor (kg) for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001 (52 uger). Antal uger angives i parentes. Gennemsnitlige nettotilbageholdelse i procent af tilførelsen regnet for april 2000 til april 2001.

TP	Tilbageholdelse	Udledning	Netto tilbageholdelse	Gennemsnitlige netto tilbageholdelse
	kg	kg	kg	%
st. 510	52 (45)	2 (4)	50	30%
st. 520	35 (43)	5 (6)	30	18%
st. 530	40 (39)	15 (12)	25	13%

\* samlet nettotilbageholdelse for total fosfor på 111 kg svarende til 2,1 kg uge<sup>-1</sup>



*Fig. 4.9.* Total fosfors tilbageholdelse og -udledning (kg/uge), henholdsvis positive og negative værdier, for tre lagunesystemer (st. 510, 520 og 530).

## Total kvælstof

St. 510 har den største tilbageholdelse af total kvælstof. Variationen mellem de tre systemers gennemsnitlige nettotilbageholdelse af total kvælstof over perioden ligner dem der er fundet for  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$ , dog er der i vintermånederne visse uger med udledning af TN (tabel 4.6 og fig. 4.10).

Tabel 4.9. Samlet tilbageholdelse og udledning samt nettotilbageholdelsen af total kvælstof (kg) for perioden 5. april 2000 til 4.april 2001 (52 uger). Antal uger angives i parentes. Gennemsnitlige nettotilbageholdelse i procent af tilførelsen regnet for april 2000 til april 2001.

TN	Tilbageholdelse	Udledning	Netto tilbageholdelse	Gennemsnitlige netto tilbageholdelse
	kg	kg	kg	%
st. 510	798 (42)	104 (7)	694	5%
st. 520	622 (42)	68 (7)	554	4%
st. 530	549 (41)	112 (9)	437	3%

\* samlet nettotilbageholdelse for total kvælstof på 1.685 kg svarende til 32 kg uge<sup>-1</sup>

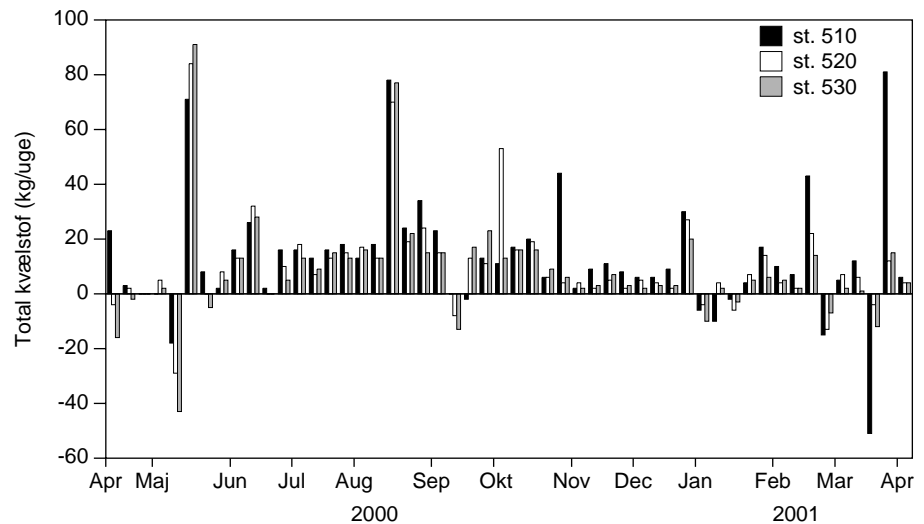


Fig. 4.10. Total kvælstofs tilbageholdelse og -udledning (kg/uge), henholdsvis positive og negative værdier, for tre lagunesystemer (st. 510, 520 og 530).

## 4.5 Stofomsætning i plantelagunerne

Generelt varierer stofbalancen over plantelagunerne mindre fra uge til uge fra juni 2000 ind i efteråret 2000 samtidig med at tilbageholdelsen generelt stiger markant (afsnit 4.4). Det falder sammen med at planterne vokser frem i lagunerne og der begynder en omsætning og tilbageholdelse af stof. Det reducerede vandindtag og dermed den øgede recirkulering har også en betydning for stofkoncentrationernes stabilisering.

Vandløbssystemet (st. 510) har en højere gennemsnitlig tilbageholdelses procent end søsystemerne ved st. 520 og 530, hvilket hænger godt sammen med, at der i vandløbssystemet er observeret en betydelig større dækningsgrad af brøndkarse (fig. 3.1 – 3.3). Selv om vandets

opholdstid er mindre i vandløbssystemet (tabel 3.1) så har den højere plantedækningsgrad generelt kunnet omsætte og tilbageholde mere stof end i de to søsystemer (tabel 4.5 – 4.10). For  $BI_5$  synes den større opholdstid i de to søsystemer dog at spille en betydende rolle, da der er den samme procentuelle omsætningen/tilbageholdelsen af  $BI_5$  i de tre plantelaguner.

Arealomsætningen i plantelagunerne, udtrykt som gram stof ( $BI_5$ ,  $NH_3+NH_4^+-N$ , TP og TN) omsat pr.  $m^2$  pr. døgn, viser samme mønster som tidligere omtalt med en større  $BI_5$ ,  $NH_3+NH_4^+-N$  og TP omsætning efter vegetationen af specielt brøndkarse bliver dominerende (tabel 4.10).

**Tabel 4.10** Arealomsætning i gram pr.  $m^2$  pr. dag i plantelaguerne for stofferne  $BI_5$  og  $NH_3-NH_4^+-N$  for hele perioden 5. april 2000 – 4. april 2001 samt for to delperioder 5. april – 1. august 2000 og 2. august 2000 – 4. april 2001

		5. april 2000 - 4. april 2001	5. april – 1. august 2000	2. august 2000 – 4. april 2001
		g/m <sup>2</sup> /døgn	g/m <sup>2</sup> /døgn	g/m <sup>2</sup> /døgn
$BI_5$	st. 510	2,1	-0,4	3,2
	st. 520	1,9	0,1	2,8
	st. 530	2,1	1,3	2,5
$NH_3+NH_4^+-N$	st. 510	0,27	0,11	0,35
	st. 520	0,18	0,07	0,23
	st. 530	0,16	0,08	0,2
TP	st. 510	0,09	0,06	0,11
	st. 520	0,05	0,04	0,06
	st. 530	0,04	-0,03	0,07
TN	st. 510	1,2	1,2	1,2
	st. 520	0,9	0,9	0,8
	st. 530	0,6	0,7	0,6

## 4.6 Stofbalance for Døstrup forsøgsdambrug

### 4.6.1 Stofbalance beregninger

For de ovenfor gennemgåede dele af Døstrup Dambrug sammenfattes stofbalancen for kontrolvariablerne,  $BI_5$ , SS, TP og TN for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001, altså præcist 1 år.

$NH_3+NH_4^+-N$  gennemgås ikke, da der ikke er blevet målt  $NH_3+NH_4^+-N$  i det slamvand, der aktivt fjernes, dvs. vand der kommer fra produktionsanlægget ind i slambassinerne og vand/stof der pumpes op fra bundfældningsbassinet. Der er heller ikke problemer med at overholde de vejledende udlederkravene for  $NH_3+NH_4^+-N$ .

De foregående afsnit er sammenfattet i tabel 4.11, der viser fiskeproduktionens stofbidrag og stoftilbageholdelse over de forskellige enheder på Døstrup Dambrug, hvor det totale bidrag, der fremkommer af fiskeproduktionen angives i kg for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. Denne mængde sættes til 100 % og nettotilbageholdelse i henholdsvis slambassiner, bundfældningsanlæg og plantelaguner er angivet som kg og procent af det fiskeproduktions relaterede bidrag. Endeligt beregnes mængden af stof der tilføres recipienten, Døstrup Bæk på grund af fiskeproduktion. Denne mængde er også udtrykt som procent af fiskeproduktionens stofbidrag.

I tabel 4.11 er stof tilført Døstrup Bæk beregnet dels ved balancen st. 510+ st. 520+ st. 530 minus (st. 20+ st. 30) og dels som de målte bidrag fra fiskeproduktion minus den målte stoftilbageholdelse i dambruget. Der er en generet god overensstemmelse mellem de to beregninger.

*Tabel 4.11. Stofbidrag fra fiskeproduktion (= 100%), og nettostoftilbageholdelser for forskellige dele af Døstrup Dambrug samt fiskeproduktions stofbidrag til Døstrup Bæk. Desuden opgives stof tilført Døstrup bæk beregnet for balancen st. 510 + st. 520 + st. 530 – (st. 20 + st.30) samt den samlede stofmængde, der er taget ind via indløbsvandet ved st. 20 og via grundvand st. 30. Alle tal er opgjort for perioden 5. april 2000 til 4. april 2001.*

	Stoftilbageholdelse				Stof tilført Døstrup Bæk: fiskeproduktion minus stoftilbageholdelsesforanstaltninger	Stof tilført Døstrup Bæk: ud fra balancen st. 510 + st. 520 + st. 530 – (st. 20 + st.30)	Stofmængde i indløbsvand st. 20	Stofmængde i grundvand st. 30
	Fiskeproduktionens stofbidrag	Slamkegler	Bundfældningsanlæg	Plantelaguner				
	kg (=100%)	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
BI <sub>s</sub>	8.463 (100%)	1.881 (22%)	214 (3%)	3.919 (46%)	2.449 (29%)	2.619	6.831	612
SS	2.371 (100%)	4.588 (193%)	1.391 (59%)	3.659 (154%)	- (0%)	0	16.399	406
TP	306 (100%)	83 (27%)	9 (3%)	111 (36%)	103 (34%)	133	220	68
TN	2.503 (100%)	158 (6%)	36 (1%)	1.685 (67%)	624 (26%)	686	27.355	11.097

Det er bemærkelsesværdigt, hvor stor en betydning grundvandsindtaget har for kvælstof og fosfor. Det skyldes, at koncentrationerne af nitrat og orthofosfat er høje i grundvandet. For nitrat er der tale om højere koncentrationerne i grundvandet end i vandløbsvandet.

Ved omtale af stoftilbageholdelse kan der ikke skelnes mellem om det tilbageholdte stof er fremkommet ved fiskeproduktionen, eller om det er stof, der er kommet med indløbsvandet fra st. 20 og 30. Derfor

vil der i tabel 4.11 under stoftilbageholdelse både være bidrag fra stof i indløbsvandet og fra fiskeproduktionen. Man må antage at specielt vedrørende suspenderet stof og partikulært bundet fosfor vil en del af det der er kommet med indløbsvandet blive fanget i slamkegler og bundfældningsbassinet.

71 % af tilført  $BI_5$  grundet fiskeproduktion tilbageholdes/omsættes og 2.449 kg  $BI_5$  tilføres Døstrup Bæk for den undersøgte periode på 1 år svarende til 60 mg/s. Det må antages, at hovedparten af det  $BI_5$ , der kommer med indløbsvandet er betydeligt langsommere omsætteligt end det frisk producerede  $BI_5$  fra fiskeproduktionen. Nogle forsøg fra Døstrup Dambrug i efteråret 2001 viser at op til 70% af  $BI_5$  kan omsættes på 10 timer (den gennemsnitlige opholdstid i plantelagunerne) ved høje vandtemperaturer og hvis der er ilt nok tilstede.

68 % af tilført TP grundet fiskeproduktion tilbageholdes og 97 kg TP tilføres Døstrup Bæk for den undersøgte periode på 1 år svarende til 3,0 mg/s. En del af fosfor med indtagsvand fanges i slamkegler og bundfældningsanlægget.

74% af tilført TN grundet fiskeproduktion tilbageholdes og 624 kg TN tilføres Døstrup Bæk for den undersøgte periode på 1 år, svarende til 19 mg/s. Det nitrat der fjernes er ligegyldigt om stammer fra indtagsvand eller fiskeproduktion, processerne er de samme, og det gælder også effekten.

Beregnes tilbageholdelsen i forhold til den samlede stoftilførsel, dvs. fra det indtagne vand i vandløbet, fra grundvand og fra fiskeproduktion kan den samlede tilbageholdelse beregnes til (se tabel 7.2):

50 % for suspenderet stof

5 % for total kvælstof

34 % for total fosfor

38 % for  $BI_5$

Den procentuelle tilbageholdelse af TP i slambassinerne er 4-5 gange større end for TN. Det skyldes, at fosfor primært er partikulært bundet og derved sedimenters, hvorimod hovedparten af kvælstof forekommer på opløst form. Omvendt er kvælstoftilbageholdelsen i plantelagunerne større end for fosfor da planter og mikroorganismer her i højere grad optager og omsætter kvælstof. Hen over dambruget sker der en ændring af fosforets sammensætning, således at andel af opløst fosfor af TP er noget større i udledningerne fra Døstrup Dambrug end i det vand der tages ind. Omvendt er andelen af partikulært bundet kvælstof større i udledningerne til Døstrup Bæk end i det vand der tages ind fra bækken.

Der tilbageholdes en mængde suspenderet stof, der er større end det fiskeproduktionen bidrager med i Døstrup Dambrug. Herved tilbageholdes yderligere 7.394 kg SS svarende til 44% af det suspenderede stof, som blev tilført med indløbsvandet.

Hvis tilbageholdelsen alene tillægges fiskeproduktionen vil mellem  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{1}{3}$  af  $BI_5$ -, TP- og TN-bidragene fra Døstrup Dambrugs fiskepro-



duktion ender i recipienten Døstrup Bæk. Uanset om det der tilbageholdes er fra vandløbsindtag, grundvand eller fiskeproduktion, så er det fjernet fra recipienten.

Fiskeproduktionens stofbidrag (tabel 4.11) kan også udtrykkes i forhold til foderforbrug (tabel 2.4) og her fås 165 g BI<sub>5</sub> per kg foder, 5,9 g TP per kg foder og 49 g TN per kg foder.

#### 4.6.2 Udledt stofmængde i forhold til foderforbrug og fisketilvækst

De udledte stofmængder for balancen (st. 510 + st. 520 +st. 530 – (st. 20 + st. 30)) er sat i forhold til både den forbrugte fodermængde samt tilvæksten af fisk (tabel 4.12). Da perioden april – juli var præget af indkøringsvanskeligheder med hensyn til plantelagunerne så er udledte stofmængder i.f.t. foder og fisketilvækst også beregnet for to perioder, der henholdsvis dækker de første ustabile indkøringsmåneder og den efterfølgende perioden hvor plantelagunerne var stabile i deres stoftilbageholdelsesmønster (tabel 4.13).

*Tabel 4.12.* Fem kontrolvariabler beregnet ved balancen: st. 510 + st. 520 +st. 530 – (st. 20 + st. 30) for gram stof udledt i forhold til kg brugt foder og kg fisk for perioden 5/4/00 – 4/4/01. Minimum og maksimum for 52 uger i perioden 5/4/00 – 4/4/01 er angivet i parentes.

	g / kg foder	g / kg fisk tilvækst
BI <sub>5</sub>	<b>51</b> (-88; 316)	<b>43</b> (-74; 258)
NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	<b>7</b> (1,8; 13,2)	<b>6</b> (1,6; 13,6)
SS	<b>-150</b> (-142; 103)	<b>-123</b> (-413; 730)
TN	<b>13</b> (-52; 103)	<b>11</b> (-38; 88)
TP	<b>2,6</b> (0,26; 14,3)	<b>2,2</b> (0,23; 11,6)

Der store forskel mellem minimum og maksimum værdier i tabel 4.12 er udtryk for bl.a. udfiskning og sæsonvariation (tabel 4.13). For BI<sub>5</sub> er der en markant reduktion fra den første ustabile perioden (5. april – 1. aug. 2000) til den anden perioden fra 2. august 2000 og frem til undersøgelsesperiodens afslutning 4. april 2001, hvilket er udtryk for fremvækst og stabilisering af plantesamfundet i plantelagunerne (tabel 4.13).

*Table 4.13.* Fem kontrolvariabler beregnet som ved balancen: st. 510 + st. 520 + st. 530 – (st. 20 + st. 30) for gram stof udledt i forhold til kg brugt foder og kg fisk pr. uge. Beregningen er lavet som gennemsnit for perioderne 5. april 2000 til 1. aug. 2000 og 2. aug. 2000 til 4. april 2001.

	g / kg foder		g / kg fisk tilvækst	
	5/4/00-1/8/00	2/8/00-4/4/01	5/4/00-1/8/00	2/8/00-4/4/01
BI <sub>5</sub>	111	12	92	10
NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	9	6	8	5
SS	-26	-232	-21	-194
TN	19	10	15	8
TP	2,9	2,4	2,4	2,0

## 5 Vejledende udlederkrav og tilstandskontrol for kontrolvariable

### 5.1 Indledning

Der er i miljøgodkendelsen for Forsøgsprojektet Døstrup Dambrug fastlagt en række vejledende krav til den udledte mængde af  $\text{BI}_5$ , suspenderet stof, totalkvælstof, ammoniumkvælstof og totalfosfor. Kravene på disse kontrolvariable relaterer sig til de samlede, udledte stofmængder, og er skrevet op i afsnit 5.4. Dette afsnit definerer også præcist hvilke målinger kontrollen skal udføres på. Derudover indeholder kapitlet en analyse af overholdelsen af udlederkravene sammen med en kort beskrivelse af den anvendte statistiske metode. Døstrup Dambrug skal endvidere overholde krav til mængden af ilt i vandløbet umiddelbart nedstrøms dambruget. Iltkrauet analyseres i afsnit 5.8, som til sidst indeholder en konklusion på de fundne resultater.

Først præsenteres det hydrometriske måleprogram for Døstrup Dambrug, hvordan der måles og beregnes vandføringer ved dambrugets forskellige målestationer, og hvilke usikkerheder der er på de enkelte vandføringsserier og vandbalanceligninger.

### 5.2 Vandføring og vandbalanceberegninger

Vandføringen er essentiel i beregningen af vand- og stofbalancer i Døstrup dambrug. For at bestemme de mængder vand, der bruges forskellige steder i dambruget, er der opsat vandstandsmålere, der kontinuerligt registrerer vandstanden og 1-3 gange om måneden foretages vandføringsmålinger på disse stationer (tabel 2.6).

#### 5.2.1 Vandstand-H og vandføring-Q

Vandstanden-H måles ved brug af en tryktransducer, der omsætter målte tryk til en vandstand. Vandstanden registreres som en øjebliksvandstand hvert 10. minut. Ved den efterfølgende databehandling kontrolleres de registrerede vandstandsserier ved at sammenligne de registreret øjebliksvandstande med manuelt aflæste vandstandsmålinger en gang om uge. Er der forskel justeres målingerne.

Vandføringen-Q er den mængde vand der pr. tidsenhed passerer et givet tværsnitsareal vinkelret på vandstrømningens retning. Vandføringen er målt med et vingeinstrument, hvor antallet af omdrejninger en propel drejer i løbet af 30 sek. omsættes til en hastighed i det målte punkt. Der måles typisk fra 12 til 40 punkter i et profil på tværs af vandets strømning. Vandføringen er opgivet i  $\text{l s}^{-1}$ . Fra marts 2000 til april 2001 er der foretaget mellem 23 og 27 enkelte vandføringsmålinger pr. station (tabel 5.1). Normalt regnes der med en usikkerhed på 5-10% for den enkelte vandføringsmåling i et tværprofil i naturlige vandløb afhængig af givne forhold. Hovedparten af målestationerne

på Døstrup Dambrug har et fast måletværsnit, da de er støbt i beton eller lavet i støbejern og er desuden uden påvirkning af grøde eller sandvandring. Derfor er usikkerheden på de enkelte vandføringsmålinger vurderet til 5%.

### 5.2.2 Vandføringsserier

QH-relasjonen er betegnelsen for sammenhængen mellem vandføringen (Q) og vandstanden (H) for en målestation i et givet tværprofil. QH-relationer for hver enkelt station på Døstrup dambrug er etableret ved brug af vandføringsberegningssystemet Hymer, som er udviklet af Hedeselskab A/S. Ud fra en QH-relations matematiske funktionssammenhæng kan den enkelte stations vandstandsserie omregnes til en kontinuerlig vandføringsserie med øjebliksværdier ( $l s^{-1}$ ) for hvert 10. minut. Disse øjebliksvandføringer omregnes til en døgnmiddelvandføring og en ugemiddelvandføring, der anvendes i beregningerne af stoftransport og -balance (kap. 4 og 5.5). Usikkerheden på de enkelte vandføringsserier af døgnmiddelværdier fastsættes til 6%.

Den oppumpede mængde grundvand, som tilføres produktionsanlægget ved st. 30 måles med et kvalitets grundvandsur, der har en opgivet usikkerhed på 2%.

Til at undersøge kvaliteten af de beregnede vandføringsserier, sammenlignes de målte vandføringer med de tilsvarende øjebliksvandføringer fra den beregnede vandføringsserie. Gennemsnittet af de numeriske procentuelle afvigelser for de enkelte målestationer i tabel 5.1 er beregnet efter formlen:

$$\% \text{ afvig.} = \frac{\sum_{i=1}^n 100 \left| \frac{x_{\text{målt}} \div x_{\text{beregnet}}}{x_{\text{målt}}} \right|}{n}$$

hvor, % afvig. = gennemsnitlige afvigelse i % mellem målte og beregnede vandføringer for en station

n = antal observationer

$x_{\text{målt}}$  = målt vandføring ( $l s^{-1}$ )

$x_{\text{beregnet}}$  = beregnet vandføring ( $l s^{-1}$ ).

De gennemsnitlige afvigelser er 2 til 10% mellem de målte- og beregnede vandføringer afhængig af målestation (tabel 5.1). Det vurderes som et tilfredsstillende resultat, da alle stationer med undtagelse af st. 20 er indenfor den samlede måleusikkerhed på 7% beregnet efter:

$$\sigma_{\text{samlet}} = \sqrt{\sigma_{\text{målt vandføring}}^2 + \sigma_{\text{beregnet vandføring}}^2}$$

hvor  $\sigma_{\text{samlet}}$  er den samlede måleusikkerhed i procent mellem den målt vandføring og den beregnede vandføring.  $\sigma_x$  er usikkerhed i % for henholdsvis målt (5%) og beregnet vandføring (5%).

*Tabel 5.1.* Gennemsnitlig afvigelser (%) mellem målte- og beregnede vandføringer for statusperioden 5.april 2000 – 4.april 2001.

station	10	20	90	400	510	520	530	600
antal observationer	21	28	16	18	20	21	21	17
afvigelse mellem målt-beregnet vandføringer	4%	10%	4%	4%	4%	6%	5%	2%

### 5.2.3 Beregning af st. 20's vandføringsserie

Vandindtaget til dambruget fra Døstrup Bæk (st. 20) indgår i stofbalceberegningen på Døstrup dambruget (kap. 4 og afsnit 5.5), så kvaliteten af stationens vandføringsserie er derfor vigtig. Den fysiske placeringen af st. 20 betyder, at det ikke umiddelbart er muligt at etablere en god relation mellem vandstand og vandføring. Det skyldes grundvandstilførslen, der gennem stuvning og eventuelle hvirvelstrømning påvirker stationens måleprofil og dermed har indflydelse på de enkelte vandføringsmålinger. Længden af vandindtagets kanal gør det ikke muligt at flytte stationen til et bedre måleprofil. St. 20's vandføringsserie etableres derfor ud fra st. 400 (udløbet fra produktionsenheden) minus st. 30, der er oppumpet grundvand som tilledes produktionsanlægget. Afvigelsen mellem st. 20's målte- og beregnede vandføringer er bestemt til 10% (se tabel 5.1). Da den samlede måleusikkerhed fra en vandføringsserie og enkelte vandføringsmålinger er bestemt til 7% er afvigelsen mellem målte og beregnede vandføringer tilfredsstillende. Ved at trække beregnede vandføringer ved st. 90 fra tilsvarende ved st. 10 fås en anden kontrol af vandføringen ved st. 20. Dette giver en gennemsnitlig afvigelse er 13%. Grunden til at denne afvigelse er lidt højere end ved beregningen af st. 20 ud fra st. 400 og st. 30, er at de absolutte vandføringer ved st. 10 er 2½ gange større end ved st. 400. Derfor vil den absolutte vandføringsusikkerhed også blive større og dermed give en større forskel mellem de beregnede (st. 10 minus st. 90) og de målte vandføringer for st. 20.

### 5.2.4 Vandforbrug i Døstrup dambrug

St. 10 er målestation for vandføringen i Døstrup Bæk før indtaget til Døstrup Dambrug. Grundet påvirkning af st. 10's vandstandslogger fra det stemmeværk, der reguler et konstant vandindtag til dambruget (st. 20) etableres st. 10's vandføring serie ud fra en QQ-relation mellem st. 10 og st. 600. Der er en korrelation på  $r^2=0,90$  for en lineær sammenhæng mellem de to stationer baseret på 17 vandførings målinger.

Den gennemsnitlige vandføring i Døstrup Bæk er  $238 \text{ l s}^{-1}$  (min.  $188 \text{ l s}^{-1}$  og max.  $372 \text{ l s}^{-1}$ ) for statusperioden april 2000 til april 2001 (figur 5.1). Der er i gennemsnit taget 32% (min. 18% og max. 48%) svarende til  $77 \text{ l s}^{-1}$  af vandet i Døstrup Bæk til produktion i dambruget. I gennemsnit er der oppumpet  $26 \text{ l s}^{-1}$  (min.  $24 \text{ l s}^{-1}$  og max.  $30 \text{ l s}^{-1}$ ) grundvand.

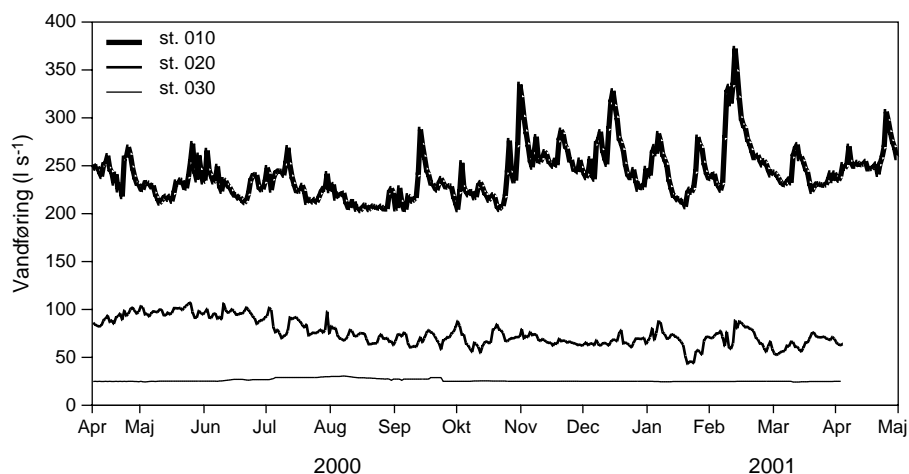


Fig.5.1 Døstrup Dambrug – vandindtag fra Døstrup Bæk (st. 20) sammen med indtag af grundvand (st. 30) og vandindføring i Døstrup Bæk opstrøms Døstrup dambrug (st.10).

### 5.3 Vandbalanceusikkerhed

Ved "samlede udledte stofmængder" (kap. 5.5) forstås den samlede stofmængde i udløbet fra de tre lagunesystemer/efterbehandlingssektioner før iltning (summen af st. 510, 520 og 530) minus summen af den samlede stofmængde i vandindtaget som er åvand (st. 20) og oppumpet grundvand (st. 30). I vandbalancen, der bruges i beregningen af de samlede udledte stofmængde, indgår således fem forskellige vandføringsstationer, hvor den teoretiske usikkerhed fra hver enkelt vandføringsserie er 6% for st. 20, 510, 520 og 530 samt 2% for st. 30, der er oppumpet grundvand. Den samlede måleusikkerhed for vandbalancen beregnes efter følgende formel:

$$X \text{ l s}^{-1} = \sqrt{\sigma_{st.020}^2 + \sigma_{st.030}^2 + \sigma_{st.510}^2 + \sigma_{st.520}^2 + \sigma_{st.530}^2}$$

hvor X er den samlede måleusikkerhed på vandbalancen i  $\text{l s}^{-1}$  og  $\sigma$  er måleusikkerheden i  $\text{l s}^{-1}$  på den enkelte stations gennemsnitlige vandføring i perioden april 2000 til april 2001.

Usikkerheden på den samlede vandbalance grundet måle- og beregningsusikkerhed bliver derfor i gennemsnit på  $7 \text{ l s}^{-1}$ . Vandbalancen for summen af st. 510, 520 og 530 minus summen af vandindtaget af åvand (st. 020) og oppumpet grundvand (st. 030) ses i figur 5.2. 66 % af tiden er vandbalancen afstemt inden for måleusikkerheden. Når den afstemte vandbalance ligger udenfor måleusikkerheden, hvilket den gør 34% af tiden, så er den gennemsnitlige afvigelse på  $3 \text{ l s}^{-1}$  (min  $0,02 \text{ l s}^{-1}$  max.  $12 \text{ l s}^{-1}$ ).

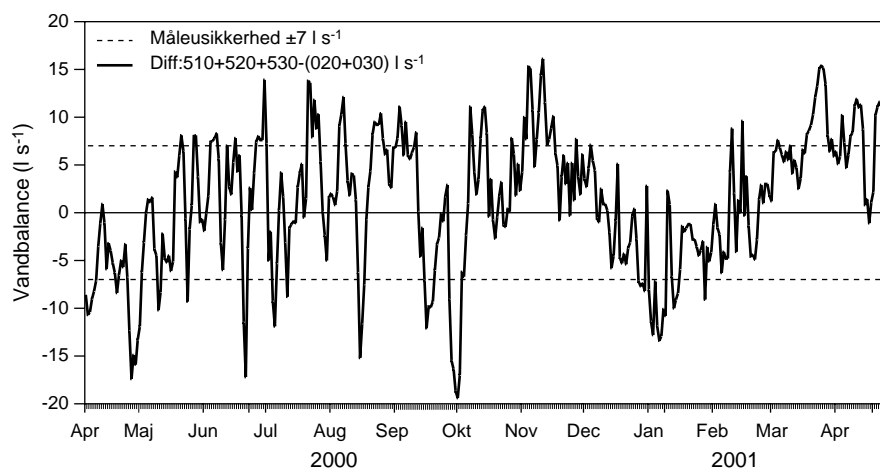


Fig. 5.2. Vandbalance ( $l s^{-1}$ ): (st. 510 + 520 + 530) – (st. 020 + 030).

Fra st. 20 og 30 til de tre 500'er stationer antages, at der kommer et mindre grundvandsbidrag. At vandbalancen går fra negativ til positiv (fig. 5.2) fra januar 2001 til april 2001 formodes at være et stigende grundvandsbidrag der kommer fra et stigende grundvandspejl i løbet af vinteren og foråret.

De vandføringsserier, der bruges i udregningen af stofbalancerne (kap.5.5), er afstemt for eventuelle afvigelser i den samlede vandføring mellem det vand der tages ind (summen af st. 020 og st. 030) i dambruget og det som løber ud af de tre laguner (summen af st. 510, 520 og 530). Hvis der for eksempel samlet er mere vand ved de tre stationer 510, 520 og 530 end summen af st. 20 og st. 30, så vil differencen mellem vandet ind og ud af dambruget blive delt så halvdelen bruges til at trække lige store mængder ( $1/3$  til hver station) vand fra de tre stationer 510, 520 og 530, mens den anden halvdel af vandbalancedifferencen lægges til st. 10 og st. 30 fordelt med henholdsvis  $3/4$  og  $1/4$ . Ved denne fremgangsmåde er der etableret en procedure, der sikrer at eventuelle differencer i vandbalancen ikke får betydning, når beregningen af stofmængder ved de forskellige stationer skal sammenholdes i forbindelse med vurdering af overholdelse af udlederkrav.

## 5.4 Udlederkrav

I henhold til miljøgodkendelsen er der fastsat følgende vejledende krav til de samlede, udledte stofmængder fra dambruget (se ligeledes tabel 2.1):

$BI_5$	$0,70 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 75 \text{ mg s}^{-1}$
Suspenderet stof (SS)	$3,00 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 325 \text{ mg s}^{-1}$
Total kvælstof (TN)	$0,60 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 65 \text{ mg s}^{-1}$
Ammoniumkvælstof ( $NH_3+NH_4^+-N$ )	$0,30 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 32 \text{ mg s}^{-1}$
Total fosfor (TP)	$0,05 \text{ mg l}^{-1} \cdot 107,7 \text{ l s}^{-1} = 5,4 \text{ mg s}^{-1}$

Kravene er vejledende idet der har hersket stor usikkerhed omkring vandføringer under medianminimum både med hensyn til varighed og til hyppighed.

Ved den samlede, udledte stofmængde forstår man forskellen mellem den samlede stofmængde i udløbet fra de 3 efterbehandlingssektioner før iltning (st. 510, 520, 530) minus den samlede stofmængde i vandindtaget (åvand – st. 20 plus oppumpet grundvand – st. 30). Grundlaget for beregningen af vandmængden i de fastsatte krav er følgende: 27,7 l s<sup>-1</sup> fra oppumpet grundvand og 80 l s<sup>-1</sup> fra Døstrup Bæk (medianminimumsvandføringen), dvs. i alt 107,7 l s<sup>-1</sup>. Der må maksimalt udledes 170 l s<sup>-1</sup> fra dambruget hvilket aldrig har været overskredet.

Afløbskontrollen af forsøgsprojektet for Døstrup Dambrug baseres på målinger af koncentrationen i puljede døgnprøver for kontrolvariablene BI<sub>5</sub> og NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N samt i ugepuljede prøver for TN, TP og SS. I alt udtages 104 sæt (52 stk. år<sup>-1</sup>) over den to-årige forsøgsperiode. Kontrolperioden er variabel og kontrolperioden i nærværende analyse dækker perioden april 2000 - april 2001 dvs. i alt 52 uger.

Forskellen i den samlede stofmængde mellem udløbet og indløbet beregnes som

$$x_i = x_{ud_i} - x_{ind_i},$$

hvor

$$x_{ind_i} = \frac{c_{1i} \cdot q_{1i} + c_{2i} \cdot q_{2i}}{T_i},$$

$$x_{ud_i} = \frac{c_{3i} \cdot q_{3i} + c_{4i} \cdot q_{4i} + c_{5i} \cdot q_{5i}}{T_i}$$

med

$c_{ji}$  : koncentrationen af kontrolvariablen ved station  $j$  og i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$q_{ji}$  : opsummerede vandmængde ved station  $j$  og i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$T_i$  : antallet af sekunder i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$i$  : angiver prøvetagningsperiode (uge, døgn) og  $i = 1, 2, \dots, 52$ ,

$j$  : angiver stationsnummer,  $j = 1$  (åvand = st. 20), 2 (grundvand = st. 30), 3 (udløb lagune 1 = st. 510), 4 (udløb lagune 2 = st. 520), 5 (udløb lagune 3 = st. 530).

Kontrolvariablene BI<sub>5</sub> og NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N måles i det sidste døgn i en ugeperiode, så derfor er der ligeledes 52 målinger i kontrolperioden. Der er for disse parametre anvendt døgnvandsføringer over det døgn prøverne er taget og ganget op til ugebasis.



## 5.5 Statistiske metoder

Overholdelsen af de nævnte udleder krav skal i følge miljøgodkendelsen kontrolleres ved at beregne kontrolstørrelsen  $C$ , som er defineret ved

$$C = \bar{x} + k(n) \cdot s,$$

hvor  $\bar{x}$  angiver gennemsnittet af de målte samlede udledninger,  $s$  spredningen på de målte samlede udledninger ( $x_i$ ) og  $k(n)$  justeringsfaktoren, som afhænger af antallet af målinger  $n$  (antal stikprøver). Værdien af justeringsfaktoren  $k(n)$  for  $n$  i intervallet fra 6 til 52 er givet i bilag 1. Hvis

$$C < K,$$

så er udlederkravet  $K$  overholdt. Miljøgodkendelsens statistiske metode har udgangspunkt i den statistiske kontrolteori (Wetherill og Brown, 1991; Larsen og Svendsen, 1998).

Miljøgodkendelsens justeringsfaktorer er beregnet under den forudsætning, at ved en kritisk fraktion på 5 % skal sandsynligheden for at godkende en udledning, som i virkeligheden er overholder være lig 99 %. Den kritiske fraktion betyder andelen af stikprøver, der højst må være større end kravværdien. Med andre ord må højst 5 % af alle de samlede udledninger i kontrolperioden være større end det fastsatte krav. Denne forudsætning betyder, at man udfører en såkaldt tilstandskontrol (Larsen og Svendsen, 1998) som i princippet er bedst egnet til en kontrol af udledte koncentrationer af stoffer, der kan forværre vandkvaliteten i vandløbet. Det drejer sig især om  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$ , som ved høje koncentrationer bruger noget ilt ( $\text{BI}_5$ ) eller har en toksisk virkning ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$ ) og derfor må kun få koncentrationer være over en grænseværdi (kravværdien). Begrebet transportkontrol anvendes i stedet i de tilfælde, hvor det er den samlede udledte stofmængde, som kan skabe problemer i recipienterne. Kravet i en transportkontrol er normalt at højst 50 % af udledningerne må være over det fastsatte krav, dvs. man hæfter sig ved den gennemsnitlige udledte stofmængde (Larsen og Svendsen, 1998).

I Svendsen *et al.* (2000) er der en kritisk gennemgang af miljøgodkendelsens kontrolprocedure og fremlagt alternative metoder til kontrollen, som bygger på en tilstandskontrol af  $\text{BI}_5$  og  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$  samt en transportkontrol af TN, TP og SS. De to alternative metoder er her benævnt med 1 og 2. For tilstandskontrol er de to metoder defineret som:

1. Ved en kritisk fraktion på 5 %, skal der være 99 % sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.
2. Ved en kritisk fraktion på 20 %, skal der være 95 % sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.

Justeringsfaktorer for antallet af stikprøver i intervallet 6-52 er givet i bilag 2 tabel 1 for de to forskellige metoder. Den anden metode er mere streng over for udlederen end nummer 1, hvilket man kan se ud fra justeringsfaktorerne i bilaget. Metode 1 svarer til miljøgodkendelsens kontrol regel når den anvendes på koncentrationer.

Med hensyn til transportkontrol så er de to metoder defineret som:

1. Ved en kritisk fraktion på 50 %, skal der være 99 % sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.
2. Ved en kritisk fraktion på 50 %, skal der være 95 % sandsynlighed for at godkende en udledning, der i virkeligheden overholder kravet.

Justeringsfaktorer for de to metoder og for antallet af stikprøver i intervallet fra 6-52 er givet i bilag 2 tabel 2

Både metoden i henhold til miljøgodkendelsen og de alternative metoder fra Svendsen *et al.* (2000) er anvendt i den følgende analyse. Metoden i miljøgodkendelsen er anvendt for både transport og koncentrationer (tilstandskontrol) jvf. de første to rækker tabellerne 5.2 til 5.7. Tilstandskontrollen af  $BI_5$  og  $NH_3+NH_4^+-N$  foretages på forskellen i koncentrationer mellem udløbet og indløbet. I Appendiks 1 har vi angivet, hvordan disse koncentrationsforskelle er beregnet. Desuden har vi også i den statistiske analyse anvendt miljøgodkendelsens kontrolregler på disse koncentrationsforskelle i stedet for på mængdeforskelle. Kravværdier for koncentrationsforskelle er de i miljøgodkendelsen anvendte koncentrationer, som bruges til at beregne mængdekravet (se øverst dette afsnit).

Vi vil ikke komme ind på, hvorfor man i Miljøklagenævnet har anvist en anvendelse af tilstandskontrol på mængder (som egentlig fordrer en transportkontrol), men henviser i stedet for til miljøgodkendelsen.

## 5.6 Analyse af overholdelse af udlederkrav

Afløbskontrollen er gennemført dels for den samlede periode på 52 uger og dels for to adskilte perioder, som er defineret ved de første 26 uger (050400-041000, en sommerperiode) og de sidste 26 uger (051000-110401, en vinterperiode).

For suspenderet stof var der en del målinger angivet som " $<1,0$ " (betyder under detektionsgrænsen på 1,0), disse er i den statistiske analyse erstattet med 0,5. For st. 30, oppumpet grundvand, er der kun taget 12 prøver igennem hele året. I kontrolberegningerne for denne station er median værdien for de 12 prøver anvendt i de uger, hvor der ikke forefindes data.

Det fremgår af beskrivelsen af den statistiske metode, at det er nødvendigt at beregne den gennemsnitlige udledning  $\bar{x}$  og standardafvigelsen  $s$  på udledningerne. Sammen med minimum, maximum og va-

rianskoefficienten er disse givet i bilag 3 tabel 1 til 3. Matematiske definitioner af  $\bar{x}$ ,  $s$  og varianskoefficienten er givet i Appendiks 1.

Tabellerne (bilag 3 tabel 1- 3) viser, at TN, SS og  $BI_5$  har forholdsvis store standard afvigelser (variationer). Udledningen af TN ligger i middel under kravværdien og for TP lige under kravværdien. SS har primært negative udledninger, dvs. der sker en netto tilbageholdelse af suspenderet stof i dambruget. Desuden er udledningen af  $BI_5$  i sommerperioden det dobbelte af kravværdien og for hele perioden omtrent lig kravværdien. Endelig gælder det for  $NH_3+NH_4^+-N$ , at der er en lille variation i udledningerne og de ligger under kravværdien.

I bilag 4 har vi vist den tidlige udvikling i udledningen af de 5 kontrolstoffer sammenholdt med kravværdien. Der er figurer både for de samlede, udledte stofmængder og for forskelle i koncentrationer. Figurerne viser de relativt store uge til uge variationer, der er i udledningerne af TN, SS og  $BI_5$ .

I tabel 5.2 – 5.4 har vi givet resultaterne af kontrolberegningerne for de 5 stoffer. Som nævnt ovenfor er beregningerne udført både for miljøgodkendelsens metode som for alternative metoder.

**Tabel 5.2.** Kontrol af udledninger fra Døstrup i hele perioden fra 050400 til 110401. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	$BI_5$	$NH_3+NH_4^+-N$
Kontrol på udledte stofmængder efter miljøgodkendelse	<b>98,0</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>9,50</b> mg s <sup>-1</sup>	236 mg s <sup>-1</sup>	<b>237</b> mg s <sup>-1</sup>	19,1 mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter miljøgodkendelse	<b>0,965</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,087</b> mg l <sup>-1</sup>	1,86 mg l <sup>-1</sup>	<b>2,13</b> mg l <sup>-1</sup>	0,171 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i Svendsen et al. (2000) (1)	-4,65 mg s <sup>-1</sup>	2,91 mg s <sup>-1</sup>	-375 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,13</b> mg l <sup>-1</sup>	0,171 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i Svendsen et al. (2000) (2)	1,97 mg s <sup>-1</sup>	3,33 mg s <sup>-1</sup>	-335 mg s <sup>-1</sup>	<b>1,40</b> mg l <sup>-1</sup>	0,141 mg l <sup>-1</sup>

**Tabel 5.3** Kontrol af udledninger fra Døstrup i perioden 050400-041000. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	$BI_5$	$NH_3+NH_4^+-N$
Kontrol på udledte stofmængder efter miljøgodkendelse	<b>102</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>11,2</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>384</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>306</b> mg s <sup>-1</sup>	21,8 mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter miljøgodkendelse	<b>0,927</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,098</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>3,26</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>2,71</b> mg l <sup>-1</sup>	0,188 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i Svendsen et al. (2000) (1)	-26,6 mg s <sup>-1</sup>	1,92 mg s <sup>-1</sup>	-449 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,71</b> mg l <sup>-1</sup>	0,188 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i Svendsen et al. (2000) (2)	-14,4 mg s <sup>-1</sup>	2,81 mg s <sup>-1</sup>	-369 mg s <sup>-1</sup>	<b>1,90</b> mg l <sup>-1</sup>	0,163 mg l <sup>-1</sup>

**Tabel 5.4.** Kontrol af udledninger fra Døstrup i perioden 051000-110401. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stofmængder efter miljøgodkendelse	<b>72,4</b> mg s <sup>-1</sup>	4,96 mg s <sup>-1</sup>	-116 mg s <sup>-1</sup>	<b>75,8</b> mg s <sup>-1</sup>	11,1 mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter miljøgodkendelse	<b>0,795</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,054</b> mg l <sup>-1</sup>	-1,32 mg l <sup>-1</sup>	<b>0,80</b> mg l <sup>-1</sup>	0,120 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i Svendsen et al. (2000) (1)	-2,21 mg s <sup>-1</sup>	3,26 mg s <sup>-1</sup>	-384 mg s <sup>-1</sup>	<b>0,80</b> mg l <sup>-1</sup>	0,120 mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i Svendsen et al. (2000) (2)	4,91 mg s <sup>-1</sup>	3,42 mg s <sup>-1</sup>	-359 mg s <sup>-1</sup>	0,47 mg l <sup>-1</sup>	0,101 mg l <sup>-1</sup>

Kontrolberegningerne for de 5 kontrolstoffer viser at ved anvendelse af de kontrolregler, der er angivet i miljøgodkendelsen så er det kun udledninger af NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N som kan accepteres. Alle de andre stoffer overskrider kravværdien. Dog kan udledningen af TP og SS accepteres i delperioden 051000-110401, ligeledes kan udledningen af SS accepteres for perioden på 52 uger. Ser man på BI<sub>5</sub> så kan udledninger af dette stof heller ikke accepteres ved anvendelse af de alternative kontrolregler nævnt i Svendsen *et al.* (2000), med en enkelt undtagelse i vinterperioden. Udledningen af BI<sub>5</sub> var lav i vinterperioden, men på grund af stor spredning på målingerne så afvises udledningen. Anvender man transportkontrol på TN, TP og SS så kan man acceptere udledningerne både i hele perioden og i de to delperioder.

Resultaterne for første delperiode samt for hele perioden påvirkes stærkt af målinger fra perioden april til juni 2000, som ligger i projektets start. Disse målinger varierede meget (se bilag 4) og generelt mere end senere i det analyserede måleår.

## 5.7 Produktionsanlæg med bundfædningsbassin og uden plantelaguner

Der er ligeledes gennemført analyser af udledningen ved st. 450, som er målt lige efter bundfædningsbassinet, minus indløbsvandet (st. 20 + 30) (tabel 5.5, 5.6 og 5.7). Dette gøres for at undersøge, hvilke udlederkrav der var overholdt, hvis der ikke var plantelaguner. Analyserne er udført lig den egentlige kontrol af udledningen fra hele dambruget og der er anvendt de samme udlederkrav. Forskellen i koncentrationer og i døgntransport mellem st. 450 og indløbene er beregnet på tilsvarende måde som for udledningen fra hele dambruget (se afsnit 5.4 samt appendiks 1).

Generelt er niveauet for udledningen større end udledningen for hele dambruget. Det betyder, at det bliver sværere at overholde udlederkravene. Dette bevirker, at udledningen af NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N ikke overholder kravet. Med hensyn til SS er der ikke nogen netto tilbageholdelse, men en stor variation medfører at kravet er overholdt på trods af en større udledning end for hele dambruget. For de andre kontrolparametre ser vi det samme billede som for hele dambruget.

Det betyder, at uden plantelagunerne ville udlederkravene ofte det første målear være overholdt for SS, men også for TN hvis man anvendte de af Svendsen *et al.* (2000) anbefalede kontrolregler.

**Table 5.5.** Kontrol af udledninger fra Døstrup i hele perioden fra 050400 til 110401. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stofmængder efter godkendelse	<b>210</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>16,9</b> mg s <sup>-1</sup>	235 mg s <sup>-1</sup>	<b>308</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>36,1</b> mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter godkendelse	<b>1,96</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,172</b> mg l <sup>-1</sup>	2,24 mg l <sup>-1</sup>	<b>3,08</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,369</b> mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 7.2 (1)	33,8 mg s <sup>-1</sup>	5,10 mg s <sup>-1</sup>	-189 mg s <sup>-1</sup>	<b>3,08</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,369</b> mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 7.2 (2)	45,2 mg s <sup>-1</sup>	<b>5,86</b> mg s <sup>-1</sup>	-162 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,46</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,301</b> mg l <sup>-1</sup>

**Table 5.6.** Kontrol af udledninger fra Døstrup i perioden 050400-041000. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stofmængder efter godkendelse	<b>251</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>18,8</b> mg s <sup>-1</sup>	260 mg s <sup>-1</sup>	<b>304</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>36,2</b> mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter godkendelse	<b>2,27</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,186</b> mg l <sup>-1</sup>	2,49 mg l <sup>-1</sup>	<b>2,86</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,356</b> mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 7.2 (1)	14,2 mg s <sup>-1</sup>	3,90 mg s <sup>-1</sup>	-290 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,86</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,356</b> mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 7.2 (2)	36,8 mg s <sup>-1</sup>	5,32 mg s <sup>-1</sup>	-238 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,29</b> mg l <sup>-1</sup>	0,288 mg l <sup>-1</sup>

**Table 5.7** Kontrol af udledninger fra Døstrup i perioden 051000-110401. Tal angivet med fed skrifttype overskrider kravværdien.

Kontrolregel	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Kontrol på udledte stof-mængder efter godkendelse	<b>115</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>12,3</b> mg s <sup>-1</sup>	105 mg s <sup>-1</sup>	<b>286</b> mg s <sup>-1</sup>	<b>33,1</b> mg s <sup>-1</sup>
Kontrol på koncentrationer efter godkendelse	<b>1,21</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,131</b> mg l <sup>-1</sup>	1,08 mg l <sup>-1</sup>	<b>3,03</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,354</b> mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 7.2 (1)	27,3 mg s <sup>-1</sup>	4,14 mg s <sup>-1</sup>	-162 mg s <sup>-1</sup>	<b>3,03</b> mg l <sup>-1</sup>	<b>0,354</b> mg l <sup>-1</sup>
Kontrol efter forslag i bilag 7.2 (2)	35,7 mg s <sup>-1</sup>	4,92 mg s <sup>-1</sup>	-137 mg s <sup>-1</sup>	<b>2,45</b> mg l <sup>-1</sup>	0,293 mg l <sup>-1</sup>

## 5.8 Overholdelse af iltkrav

Iltkoncentrationen i vandet er af fundamental betydning for fisk, bunddyr og planter i vandløb. Der er opsat vejledende krav til vandets iltkoncentration ved Døstrup dambrug som gennemgås i det efterfølgende.

### 5.8.1 Iltkrav

Mængden af ilt i vandet er målt i mg l<sup>-1</sup>. I følge Miljøklagenævnets afgørelse skal den vejledende iltkoncentration i 100% af tiden være ≥

7 mg l<sup>-1</sup> såvel opstrøms som nedstrøms dambruget, henholdsvis st. 20 (opstrøms), st. 600 (lige nedstrøms) og st. 990 (1 km nedstrøms dambruget). Dette krav er med nogle få undtagelser, der kan skyldes måleusikkerhed overholdt ved iltkoncentrationer for st. 20 og st. 990, henholdsvis vandindtaget fra Døstrup Bæk til dambruget og omkring 1 km nedstrøms dambruget (fig. 5.3). Lige nedstrøms dambruget ved st. 600 er kravet også opfyldt med undtagelse af en kortere periode (20. juli til 5. august 2000), hvor iltkoncentrationen om natten kommer under 7 mg l<sup>-1</sup>, hvilket formodentligt kan henføres til at iltmåleren til tider stod dækket af grøde, således at det faktiske iltindhold var større end 7 mg l<sup>-1</sup>.

Iltkoncentration i mg l<sup>-1</sup> kan regnes om til en iltmætningsprocent som er temperaturafhængig ved formlen:

$$ilt\% = \left( \frac{ilt(mg/l)}{14,423 * \exp.(-0,024 * vandtemp.(celcius))} \right) * 100$$

Umiddelbart nedstrøms dambruget skal iltmætningen altid være større end 70%, jvf. Miljøklagenævnets afgørelse. St. 600 ligger placeret ca. 10 meter nedstrøms dambruget, hvor vandet fra lagunesystemet er løbet sammen med det åvand, der løber uden om dambruget. På st. 600 fra 5. april 2000 til 4. april 2001 (N=8785 observationer) er iltmætningsprocenten mindre end 70 i 6% af tiden. Af disse 6% er 1% sammenfaldende med en iltmætning under 70% opstrøms dambruget på st. 20 og de resterende 5% af målingerne på st. 600 har en gennemsnitlig iltmætningsprocent på 67 (N=488 observationer) med minimum og maksimum på henholdsvis 50 og 69 %.

Endeligt er der stillet krav om, at 50% af de daglige minimumsværdier ved såvel st. 20 som ved st. 600 skal være mindst 9 mg l<sup>-1</sup>. For måleperioden 5. april 2000 til 4. april 2001 (N=367) har det daglige minimum iltindhold (som forekommer om natten) været under 9 mg l<sup>-1</sup> i henholdsvis 52% og 44% døgn i perioden ved stationerne 20 og 600 (figur 5.3).

For måleåret som helhed gælder, at vandet fra lagunesystemerne i selve udløbet har et minimum iltindhold, der er lavere end minimum indholdet i Døstrup Bæk både opstrøms og nedstrøms for dambruget.

Svingningerne med høje værdier for iltindhold om dagen og lave værdier om natten skyldes biologisk aktivitet af iltproducerende og iltforbrugende organismer. Ud over de biologiske processer medvirker der også nogle rent fysiske processer, hvor der dels foregår en ilt-optagelse fra luften når vandets iltindhold er under 100% mætning, og dels en iltafgivelse til luften når vandets iltindhold er større end 100% som følge af planternes iltproducerende processer. En urolig og turbulent vandoverflade fremmer begge disse processer. Dette er således specielt tilfældet i Døstrup Bæk i stryget opstrøms for udledningerne fra lagunesystemerne, samt ved selve udløbene fra de tre lagunesystemer, hvor vandet falder ned i bækken. Endvidere har temperaturen en indflydelse, idet der rent fysisk kan opløses mere ilt i vandet ved lave temperaturer end ved højere temperaturer. Dette bety-

der, at vandets iltindhold i  $\text{mg l}^{-1}$  naturligt vil være lavere om sommeren end om vinteren.

De biologiske processer i både Døstrup Bæk og i lagunesystemerne tillige med de fysiske processer styrer således iltindholdet i Døstrup Bæk nedstrøms for dambruget.

I en periode fra midten af maj til midten af juli var både det minimale iltindhold om natten, men også det maksimale iltindhold om dagen højere på st. 600 nedstrøms dambruget end på st. 20 opstrøms for dambruget. Det minimale iltindhold var typisk  $1-2 \text{ mg l}^{-1}$  højere på nedstrøms stationen. Det er især i denne periode, at iltkravet om mindst  $9 \text{ mg l}^{-1}$  ikke er opfyldt opstrøms for dambruget, hvorimod det er opfyldt nedstrøms for dambruget.

Det højere iltindhold nedstrøms dambruget i minimumssituationen (om natten) kan kun forklares ved at der foregår en ren fysisk iltoptagelse i stryget i bækken samt ved udløbene fra lagunesystemerne, idet iltindholdet i vandet fra lagunesystemerne om natten var flere  $\text{mg}$  lavere end på stationen opstrøms for dambruget. Det er imidlertid ikke muligt at afgøre, om det er stryget i vandløbet eller vandets fald fra lagunesystemerne der har størst betydning for geniltningen af bækkens vand i denne periode.

Kravet om en minimumsværdi større end  $9 \text{ mg l}^{-1}$  i 50% af tiden er i det store og hele ikke opfyldt for perioden juli-oktober 2000 på hverken st. 20 opstrøms for dambruget eller på st. 600 nedstrøms for dambruget. Fra medio juli til ultimo oktober er det minimale iltindhold  $0,3-1,0 \text{ mg l}^{-1}$  lavere på st. 600 nedstrøms dambruget sammenlignet med st. 20 opstrøms for dambruget. Da vandet i Døstrup Bæk opstrøms for dambruget ikke er overmættet med ilt er konklusionen, at det lavere iltindhold i bækken nedstrøms for dambruget skyldes det lave iltindhold i vandet fra lagunerne som i udledningspunktet i minimumssituationen har et iltindhold på  $2-4 \text{ mg l}^{-1}$ . Geniltningen ved faldet ned i bækken kompenserer således ikke for det meget lave iltindhold i lagunerne. Dette forhold gælder ikke blot om natten, men også om dagen.

Fra omkring 1. november er kravet om mindst  $9 \text{ mg l}^{-1}$  overholdt på både stationen opstrøms og stationen nedstrøms for dambruget.

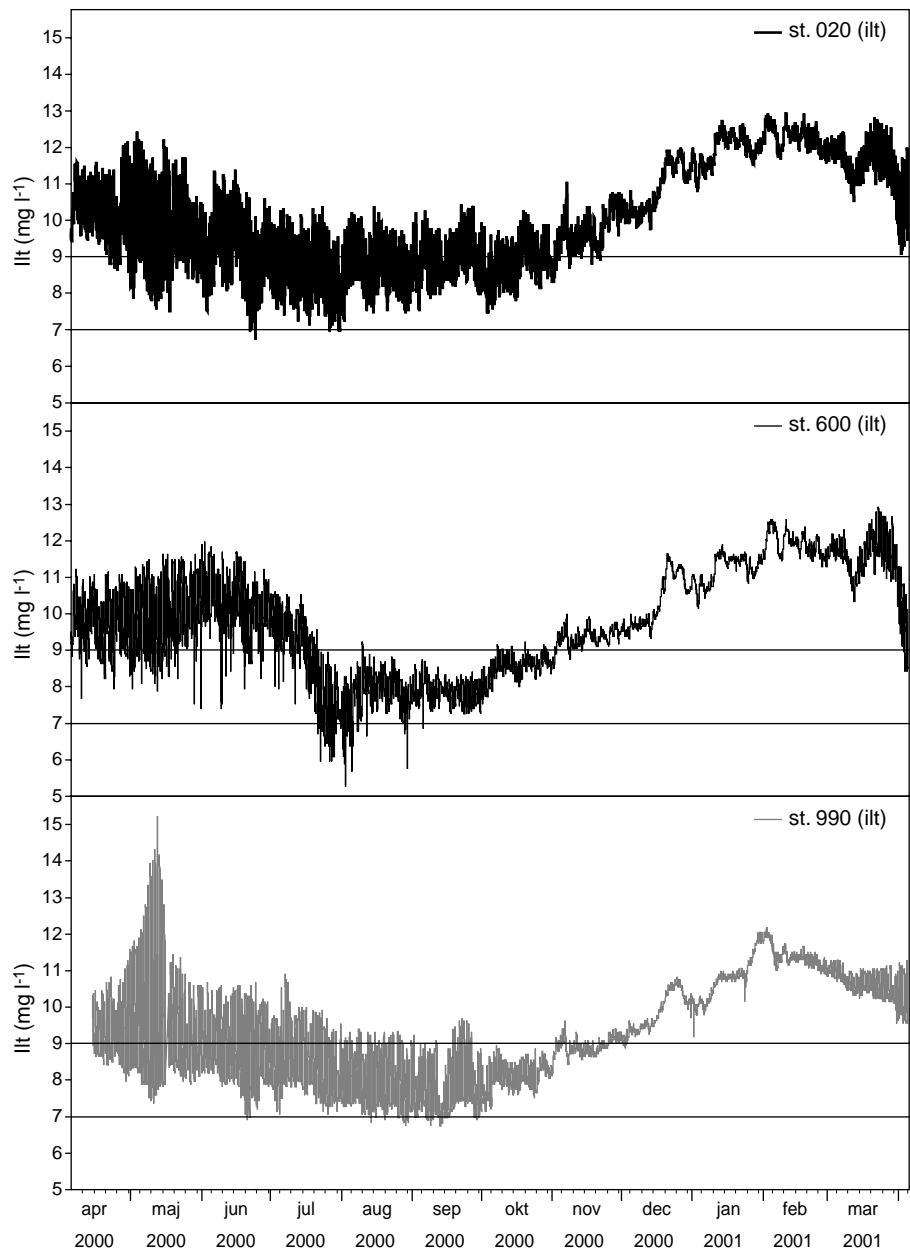


Fig. 5.3. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) i Døstrup Bæk opstrøms Døstrup dambrug ved st. 20 og lige nedstrøms dambruget ved st. 600 samt 1 km nedstrøms dambruget ved st. 990 i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001.

### 5.8.2 Plantelagunernes påvirkning af vandets iltkoncentration

Når vandet har passeret bundfældningsbassinet (st. 450) fordeles det ligeligt i de tre lagunesystemer (se tabel 3.1), hvor hvert system har udløb tilbage til Døstrup Bæk fra hver sin afstrømningskanal. I april, maj og juni 2000 skete der ikke nogen væsentlig ændring af vandets iltkoncentration igennem lagunerne, men fra juli starter en markant reduktion i iltmængden i de tre laguner og det fortsætter i august og september (figur 5.4 og 5.5).

Fra juni 2000 var der mange trådalger som producerer ilt i dagtimerne, men ikke betinger nogen stofomsætning af f.eks.  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$  og  $\text{BI}_5$ . I løbet af juni kommer der gradvist planter som brøndkarse og andemad (kap. 3). På disse etableres en biofilm, som f.eks. omsætter orga-



nisk stof og  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$  under forbrug af ilt, hvilket tydeligt påvirker udledningen af bl.a.  $\text{BI}_5$  i faldende retning.

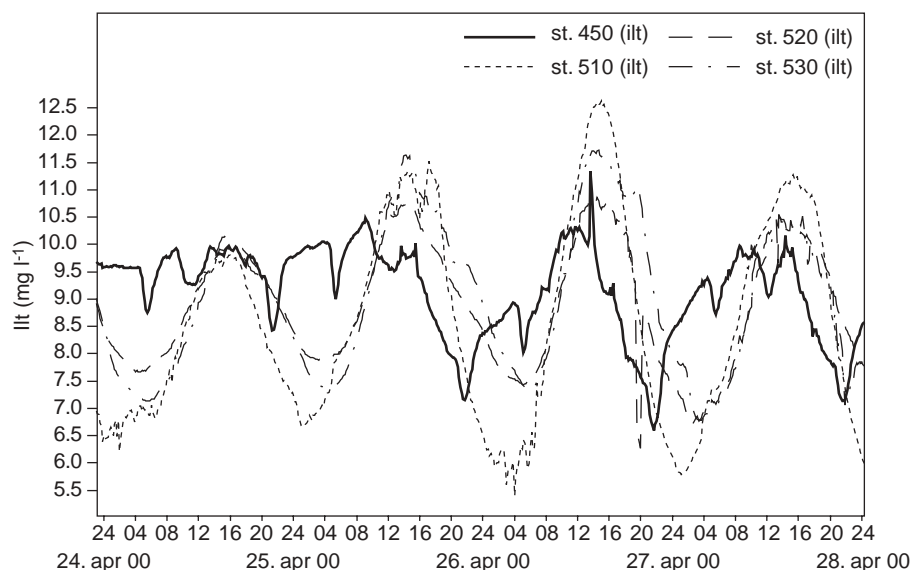


Fig. 5.4. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) før (st. 450) og efter (st. 510, 520 og 530) plantelaguner, 24.-28. april 2000.

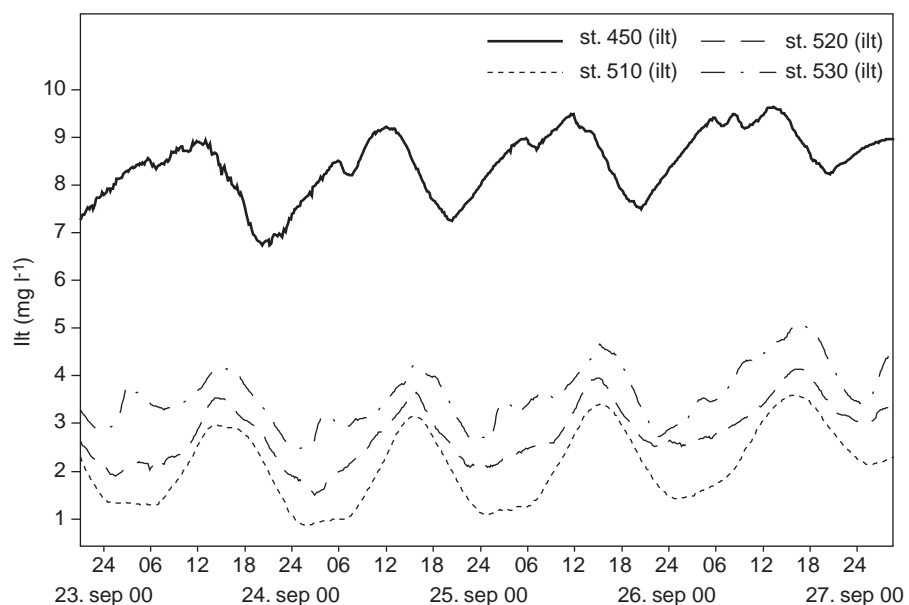


Fig. 5.5. Iltkoncentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) før (st. 450) og efter (st. 510, 520 og 530) plantelaguner, 23.-27. september 2000.

### 5.8.3 Beluftningskasser/vandrecirkulation

Vandet i fødekanalerne i de tre produktionssektioner er en blanding af vand, der kommer fra den foregående sektionens udløb, og vand der recirkuleres fra egen sektion (afsnit 1.3). Vandet i sektion 3 er i gennemsnit tilført  $2 \text{ mg l}^{-1}$  i beluftningskasse 320 (fig. 5.6). Ved at øge recirkulationen øges ilttilførelsen ved en ligefrem proportional sammenhæng (se fig. 5.3)

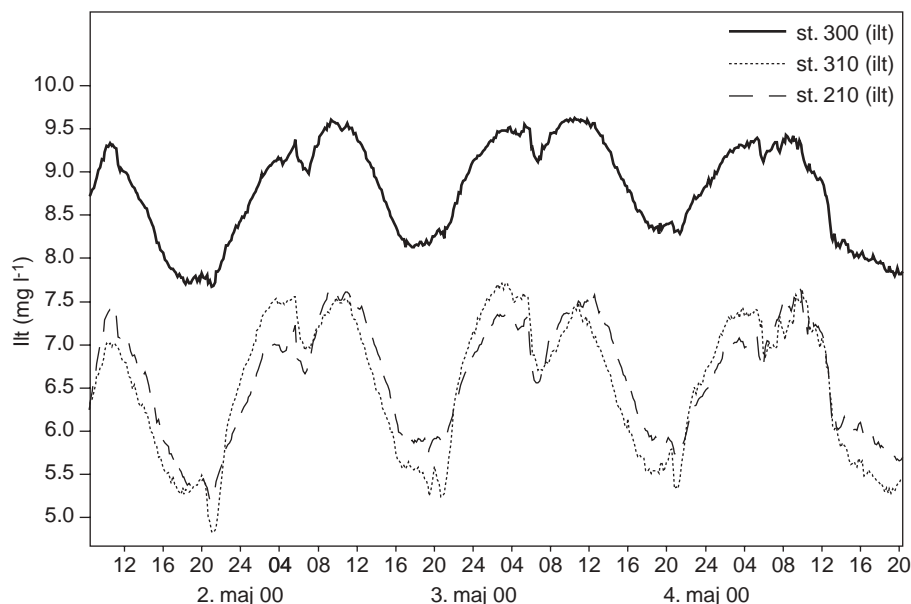


Fig. 5.6. Iltkonsentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) over beslutningskasse 171320. St. 300 er efter og st. 210 og st. 310 er før beluftsingskassen.

## 5.9 Konklusion

Analysen af overholdelsen af udlederkrav for de 5 kontrolstoffer giver som resultat, at kun udledningen af  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$  samt SS kan accepteres i hele perioden på 52 uger ved anvendelse af miljøgodkendelsens kontrolregler. Ved anvendelse af de alternative kontrolmetoder fremlagt i Svendsen *et al.* (2000) er det kun udledningen af  $\text{BI}_5$  som ikke kan accepteres.

Deles hele måleperioden op i to delperioder på hver 26 uger forefindes de største problemer med udledningerne i den første delperiode. Således er det kun udledningen af  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ - \text{N}$  som kan accepteres efter miljøgodkendelsens regler. Derimod kan alle stoffer undtagen  $\text{BI}_5$  accepteres ved anvendelse af de alternative metoder. Årsagen til de mange afvisninger både i hele perioden på de 52 uger samt i første delperiode skal hovedsageligt findes i store og meget variable udledninger i perioden fra april til juni 2000.

I den sidste delperiode (vinterhalvåret 2000/2001) er udledningerne generelt mindre og det er kun udledningerne af TN og  $\text{BI}_5$  som ikke kan accepteres ved anvendelse af miljøgodkendelsens regler. Ved brug af alternativ metode 2 kan alle udledninger accepteres.

Kravet om iltmætning større end  $7 \text{ mg l}^{-1}$  i 100 % af tiden er overholdt med nogle få undtagelser for st. 20 og 990, mens det for st. 600 lige nedstrøms dambruget er opfyldt med undtagelse af 2 uger i juli/-august, hvor iltkoncentrationen om natten var under  $7 \text{ mg l}^{-1}$ . Overtrædelserne kan formodentlig henføres at iltmålerne i disse perioder var dækket til af grøde/vandløbsvegetation.

Kravet om en iltmætningsprocent større end 70% ved st. 600 lige nedstrøms dambruget er overholdt i 94% af perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. I de 6% af tiden, hvor dette krav ikke er overholdt, er 1%

sammenfaldende med at vandet der tages ind på Døstrup Dambrug fra Døstrup Bæk også havde en iltmætningsprocent under 70.

Kravet om 50% af de daglige minimums iltværdier skal være mindst  $9 \text{ mg l}^{-1}$  ved st. 20 og 600 henholdsvis lige opstrøm og nedstrøms dambruget er overholdt ved st. 600, mens det for indløbsvandet fra Døstrup Bæk er overtrådt 6% af tiden i perioden 5. april 2000 til 4. april 2001. Overholdelsen sker typisk i vinterhalvåret, men der i månederne juli til oktober generelt er minimumsværdier på under  $9 \text{ mg/l}$ .

## 6 Faunatilstand i Døstrup Bæk

Der er foretaget indsamlinger af faunaen i Døstrup Bæk 15 gange i perioden fra marts 1998 til april 2001 (tabel 6.1). Indsamling af faunaprøver er foretaget dels af DMU (9 gange) og dels af Nordjyllands Amt (6 gange). Faunaen er samlet semikvantitativt ved hjælp af et håndnet, og dyrene er efterfølgende udsorteret og identificeret i laboratoriet med henblik på fastsættelse af Dansk Vandløbsfaunaindeks (Miljøstyrelsen 1998).

Tabel 6.1. DVFI faunaklasser i Døstrup Bæk op- og nedstrøms for Døstrup Dambrug i perioden marts 1998 til april 2001.

Bearbejdning foretaget af	Dato	DVFI faunaklasser i Døstrup Bæk			
		St.1 (opstrøms)	St. 2a (200 m nedstrøms)	St. 2b (100 m nedstrøms)	St. 3 (990 m nedstrøms)
DMU	Marts 1998	6	4	-	-
DMU	August 1998	5	4	-	-
Nordjyllands Amt	November 1998	5	-	4	-
Nordjyllands Amt	Marts 1999	5	-	4	-
DMU	Juni 1999	5	4	-	-
Nordjyllands Amt	Februar 2000	6	-	4	4
DMU	Marts 2000	5	-	4	5
DMU	Juli 2000	5	-	4	5
Nordjyllands Amt	August 2000	5	-	4	4
DMU	Oktober 2000	5	-	5	4
Nordjyllands Amt	Oktober 2000	5	-	5	5
DMU	December 2000	6	-	4	4
DMU	Februar 2001	6	-	5	4
Nordjyllands Amt	Februar 2001	7	-	4	5
DMU	April 2001	6	-	4	5

### 6.1 Indsamlingslokaliteterne i Døstrup Bæk

I 1998 og 1999 er der blevet indsamlet faunaprøver på 2 stationer, hvoraf den ene var placeret opstrøms henholdsvis nedstrøms for dambruget. Stationen opstrøms for dambruget var placeret ca. 50 m nedstrøms for vejbroen i Døstrup (station 1), mens nedstrøms stationen var placeret ca. 100-200 m nedstrøms for dambruget et stykke inden Døstrup Bæk's passage under motorvej A10 (station 2a eller 2b).

I 2000 (og fremover) er indsamlinger af faunaen foretaget på 3 stationer. Der er dels indsamlet på opstrøms stationen som ligger neden for vejbroen i Døstrup (station 1), og derudover indsamlet på en sta-

tion mellem dambruget og motorvej A10 (station 2b). Station 2b er beliggende ca. 100 m opstrøms for station 2a. Begge stationerne 2a og 2b repræsenterer tilstanden i Døstrup Bæk umiddelbart nedstrøms for Døstrup Dambrug. Årsagen til skiftet i faunastationens placering i vandløbet er ombygningen af dambruget. Herved blev udledningen fra dambruget flyttet ca. 100 m opstrøms i Døstrup Bæk. Fra og med 2000 er der som angivet i Miljøklagenævnets midlertidige godkendelse endvidere foretaget indsamling på en tredje lokalitet (station 3) beliggende ca. 990 m nedstrøms for dambruget ca. 150-200 meter opstrøms for, hvor Døstrup Bæk løber ud i Simsted Å.

## 6.2 Lokalteternes fysiske forhold

Der er den 3. april 2001 foretaget en registrering af bundsubstrat, bredde og dybde på de tre indsamlingslokaliteter (tabel 6.2). Bundsubstratet er karakteriseret til en af følgende kategorier: sten, groft grus, fint grus, sand, mudder og tørv (Danmarks Miljøundersøgelser 1999), idet der pr. station er registreret i 40-55 punkter.

*Tabel 6.2.* Bundsubstrat (%), bredde og dybde på de tre indsamlingslokaliteter i Døstrup Bæk.

	Station 1 (opstr. dambrug)	Station 2 (100 m nedstr. dambrug)	Station 3 (990 m nedstr. dambrug)
Sten	3	4	-
Groft grus	20	18	2
Fint grus	8	23	4
Sand	67	53	71
Mudder	3	2	15
Tørv	-	-	7
Bredde	4,90 m	3,52 m	3,89 m
Dybde	18 ± 2 cm	23 ± 2 cm	27 ± 2 cm

Bundsubstratet er mest ens på stationerne 1 og 2, idet der her tilsammen er registreret henholdsvis 23% og 22% af de to groveste substrater: sten og grus. I modsætning hertil er der kun registreret 2% af de tilsvarende substrater på station 3. På denne station udgør sand, mudder og tørv tilsammen 93% af bundsubstratet.

Der vil senere endvidere blive foretaget en vurdering af hastighedsforhold og hydrauliske forhold ved de tre stationer.

## 6.3 Tilstanden i Døstrup Bæk i perioden marts 1998 til april 2001

På baggrund af faunaprøverne er der foretaget en beregning af DVFI faunaklassen (Miljøstyrelsen 1998). Resultater for perioden marts

1998 til april 2001 er vist i tabel 6.1. De beregnede DVFI'er anvendes i det følgende til en vurdering af tilstande i Døstrup Bæk op- og nedstrøms dambruget.

Tilstanden i Døstrup Bæk opstrøms for dambruget (station 1) har været 5, 6 eller 7 gennem hele perioden. Vandløbets målsætningsklasse er fastsat af Nordjyllands Amt til faunaklasse 5. Målsætningen for vandløbet er derfor opfyldt for dambruget gennem hele perioden.

Tilstanden umiddelbart nedstrøms for dambruget (station 2a og 2b) har været faunaklasse 4 til og med august 2000. Herefter har tilstanden svinget mellem faunaklasse 4 og 5. Målsætningen for vandløbet var derfor ikke opfyldt ved de første 9 prøvetagninger, men har siden oktober 2000 været opfyldt i 3 tilfælde. I andre 3 tilfælde har målsætningen dog ikke været opfyldt. Ved den seneste faunaprøve indsamlet af DMU medio juni 2001 var der målsætningsopfyldelse på stationen (DVFI=5).

På st. 990 m nedstrøms for dambruget (station 3) har tilstanden i perioden siden februar 2000 været faunaklasse 4 i 5 tilfælde og faunaklasse 5 i 5 tilfælde. På samme måde som for stationen umiddelbart nedstrøms for dambruget gælder således, at målsætningen for station 3 ligger i en overgangszon mellem at være opfyldt og ikke at være opfyldt. Ved den seneste faunaprøve indsamlet medio juni 2001 var der målsætningsopfyldelse på stationen (DVFI=5).

## 6.4 Generel karakterisering af faunaen i Døstrup Bæk

Smådyrfaunaen i Døstrup Bæk består af arter der er almindelige og vidt udbredte i Danmark. De kvantitativt hyppigste arter i bækken er ferskvandstangloppen *Gammarus pulex*, døgnfluerne *Baëtis rhodani* og *Ephemerella ignita*, kvægmyg Simuliidae og en række forskellige dansemyg Chironomidae.

En række forskellige rentvandsformer forekommer i bækken, men er typisk ikke så talrigt forekommende: fimreormen *Dugesia gonocephala*, huesneglen *Ancylus fluviatilis*, døgnfluen *Paraleptophlebia submarginata*, slørvingen *Amphinemura standfussi*, billerne *Elmis aenea* og *Elodes minuta* grp. samt vårfluerne *Rhyacophila fasciata*, *Plectrocnemia conspersa*, *Ecclisopteryx dalecarlica*, *Silo nigricornis* og *Beraea maurus*.

Visse mere rentvandskrævende smådyrarter er endvidere fundet i Døstrup Bæk, men næsten udelukkende på stationen opstrøms for dambruget (station 1). Det drejer sig om de såkaldte NG1 taxa *Limnius volckmari*, *Agapetus* sp. og *Sericostoma personatum*. Det er tilstedeværelsen af disse faunaelementer der betinger, at faunaklassen på station 1 i en del tilfælde har været 6 eller 7. En fortsat stabil tilstedeværelse af *Limnius* på denne station vil indebære, at faunaklassen næppe bliver lavere end 5.

Tre elementer i smådyrfaunaens forekomst har været afgørende for, at faunaklassen har varieret mellem 4 og 5 på de to stationer ned-

strøms for Døstrup Dambrug (station 2 og 3). For det første har de mest krævende faunaelementer endnu ikke kunnet etablere sig permanent på strækningen nedstrøms for dambruget. Dette endda til trods for at *Limnius* har forekommet relativt talrigt opstrøms for dambruget i hele perioden siden undersøgelserne blev påbegyndt i 1998 (tabel 6.3). Derudover har forekomsten af *Asellus* i 5 eller flere individer i en række tilfælde betydet, at NG2 i Dansk Vandløbs Fauna Indeks ikke kan anvendes, og at faunaklasse 4 derfor er den højeste faunaklasse der kan opnås. Og endelig har det i en række tilfælde vist sig, at den samlede diversitet (positive minus negative grupper) har været for lav til at opnå faunaklasse 5 (tabel 6.3). Samlet betyder ovenstående, at faunasammensætningen og dermed faunaklassen på nuværende tidspunkt er i en overgangszone mellem 4 og 5.

Umiddelbart synes mulighederne for en permanent målpopfyldelse nedstrøms for dambruget at være til stede især på station 2. De fysiske forhold er her sammenlignelige med forholdene på stationen opstrøms for dambruget, idet der her er den samme variation med tilstedeværelse af en del grus og sten som betinger forekomsten af mange af de rentvandskrævende smådyrarter. Derimod er den fysiske variation meget mindre på station 3 som ligger i de flade arealer umiddelbart inden Døstrup Bæks udløb i Simested Å. Med udgangspunkt i de fysiske forhold vil en permanent målpopfyldelse på denne lokalitet derfor være mere usikker.

*Tabel 6.3.* Forekomsten af de to NG1 taxa *Limnius* og *Agapetus* i Døstrup Bæk i prøver foretaget af DMU i perioden marts 1998 til april 2001. Diversiteten udtrykt som positive minus negative grupper (Miljøstyrelsen 1998) er endvidere vist.

	Forekomst af NG1 taxa						Diversitet (pos. – neg.)		
	Limnius			Agapetus			St. 1	St. 2	St. 3
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 1	St. 2	St. 3	St. 1	St. 2	St. 3
Marts 1998	550	0	-	0	0	-	4	3	-
August 1998	106	0	-	0	0	-	4	3	-
Juni 1999	132	0	-	0	0	-	8	6	-
Marts 2000	11	0	0	0	0	0	5	2	4
Juli 2000	18	0	0	0	0	0	8	1	5
Oktober 2000	84	1	0	0	0	0	7	8	3
December 2000	88	0	1	5	0	0	7	4	8
Februar 2001	53	0	0	4	0	0	7	7	5
April 2001	300	0	0	3	0	0	7	3	4

## 7 Diskussion og sammenfatning

### Statusrapportens formål

Denne rapport omhandler opstarten (fase 1) og gør status for måleresultater fra det første måleår (fase 2 og 3) for forsøgsprojektet ved Døstrup Dambrug. Fase 1 har omfattet anlæggelse og senere modificering af anlægget, modificering og udvidelse af projektplaner iht. Miljøklagenævnets godkendelse, opstilling og kalibrering af forsøgsopstillingen og senere modifikationer heraf. Fase 2 og 3 har omfattet de første 12 måneders drift af anlægget og gennemførelse af det tilhørende måleprogram. Fase 1 startede i august 1997 og fase 2 startede 5. april 2000 og fase 3 startede i august 2000 og blev afsluttet 4. april 2001. Der er inddraget enkelte resultater efter april 2001.

Der rapporteres første år af en samlet forsøgsperiode på 2 år. Heri indgår en indkøringsfase (fase 2), hvor plantelagunerne først skulle vokse til med planter. Det betyder, at på trods af et meget omfattende måleprogram kan resultater fra det 2. måleår medføre, at der kommer justerede konklusioner i forhold til, hvad der konkluderes ud fra 1. års måleresultater. Da der er tale om en statusrapport er der heller ikke en gennemgang af samtlige måleresultater, det vil ske i slutrapporten. Det omfattende datamateriale muliggør en lang række kombinationer af data. I denne statusrapport er der fokuseret på produktionen (foderkoefficienter), præcision af måleprogrammet, hvordan har de forskellige renseforanstaltninger herunder plantelagunerne fungeret, er de vejledende udlederkrav overholdt, har der været målsætningsopfyldelse mv. Mange resultater er beskrevet på ugebasis, mens hovedresultaterne generelt er samlet for hele måleåret og for en sommer- og en vinterperiode.

### Måleprogram

Der udtages vandprøver til kemiske analyser hver time op til 15 steder på dambruget og tages yderligere vandprøver i op til 5 ekstra punkter. Der måles ilt og temperatur kontinuerligt 13 steder, vandstand kontinuerligt 16 steder og måles og beregnes vandføringer 17 steder (tabel 2.6). Der er etableret stor datasikkerhed, da målinger af vandstand, ilt, vand og lufttemperatur, pH, vindhastighed, nedbør og relativ luftfugtighed lagres kontinuert på 5 dataloggere. Efterfølgende overføres data til en computer på dambruget hvert tiende minut og til Danmarks Miljøundersøgelser en gang i døgnet. Endvidere opmåles dækningsgraden af planter i lagunen en gang om måneden.

### Vandføring

Under fase 2 er der gjort en stor indsats for at få etableret sammenhænge mellem vandstand og vandføring på de mange målestationer, da præcise data for vandføring er afgørende for at kunne beregne stoftransporten ved stationerne med størst mulig sikkerhed. Stoftransporten anvendes når forskellige processer skal vurderes i de forskellige dele af produktionsanlægget og ved opstilling af massebalancer. Endvidere anvendes de i forbindelse med kontrol af de vejledende udlederkrav. Det er lykkedes at bestemme vandføringer og vandbalancer med så stor en præcision, at de generelt ligger indenfor



den usikkerhed, der alene betinges af en konservativt sat måleusikkerhed på ca. 7%. Denne usikkerhed kommer fra selve vandstands- og vandføringsmålinger. Dette giver derfor grundlag for en sikker bestemmelse af stoftransporten i de forskellige dele af dambruget.

Vandindtaget fra Døstrup Bæk til produktionsanlægget er gradvist blevet reduceret gennem det første måleår fra ca. 80-100 l s<sup>-1</sup> til ca. 50-70 l s<sup>-1</sup>. I gennemsnit er der taget 32% af vandføringen i Døstrup Bæk (min. 18% og max. 48%) svarende til 77 l s<sup>-1</sup>. Medianminimum skønnes at være lidt under 200 l s<sup>-1</sup>, hvilket er noget højere end de 80 l s<sup>-1</sup>, der som udgangspunkt er anvendt i den midlertidige miljøgodkendelse. Der er oppumpet  $26 \pm 2$  l s<sup>-1</sup> grundvand til produktionen.

### **Produktion**

Produktionen har været tilrettelagt således at 60% af det samlede tilladte foderforbrug på 50 tons er anvendt i sommerhalvåret (april 2000 til og med september 2000), resten i den anden halvdel af året. I det første måleår er der anvendt godt 51 tons foder med en resulterende foderkoefficient på 0,831 (tabel 2.4). Døde fisk, som udgjorde 3,2% af den samlede produktion, er medtaget ved beregning af foderkoefficient. Der er for de større fisk tale om en pæn foderkoefficient. For yngel er der tale om en overskridelse af den fastsatte foderkoefficient på 0,7, hvilket primært antages begrundet af at fiskene i yngelsektionen har været noget større end forudsat i den midlertidige miljøgodkendelse.

Gennemsnitstætheden har været knap 23 kg pr. m<sup>3</sup>. For at anvende produktionsanlægget optimalt bl.a. i forhold til renseforanstaltningerne har kun ca. halvdelen af kummerne i produktionsanlægget været i brug samtidigt. Energiforbruget er opgjort til 2,28 kW per kilo produceret fisk.

### **Foder**

De faktuelle oplysninger fremgår af kapitel 2 i denne rapport.

Det er vigtigt for projektets faglige resultater, at der anvendes så få fodertyper som muligt. Der er anvendt standardfoder fra én anerkendt leverandør, som har ladet et uafhængigt laboratorium udtage og analysere prøver af hver leverance. Det har efterfølgende vist sig, at det faktiske indhold af fosfor overstiger det deklarerede, dog ligger det inden for de ret vide tolerancer, som er tilladt i henhold til gældende regler for dyrefoder. Der er på det foreliggende grundlag ikke belæg for at antage, at det anvendte foder ikke er repræsentativt for ørredfoder anvendt generelt her i landet. Der er ikke belæg for at antage, at de fosforrelaterede resultater derfor ikke skulle være anvendelige som vejledende værdier i andre relevante sammenhænge.

### **Medicin og hjælpestoffer**

Der er udelukkende udsat vaccinerede fisk i produktionsanlægget. Der har generelt været meget lidt sygdom i det første måleår, men det har været nødvendigt at behandle yngel- og sættefisksektionerne for rødmundsyge (ERM). I yngelsektionen (sektion) 1 er der én gang behandlet for yngel dødelighedssyndrom (YDS). Det samlede forbrug af medicin og hjælpestoffer fremgår af (tabel 2.5).

### **Plantelaguner: dækningsgrad og biomasse**

De tre sektioner af plantelagunerne, hvor en af sektionerne er udformet som en vandløbssystem og de to andre som serielt forbundne søer, blev umiddelbart før starten af fase 2 oprenset jævnfør Miljøklagenævnets miljøgodkendelse. De fremstod derfor fuldstændigt nøgne uden vegetation ved starten af det første måleår. Det gav anledning til en kraftig opblomstring af trådlager, der i totter drev ud af lagunerne. Dermed blev lagunerne i perioden til netto producenter af bl.a.  $BI_5$ , og de virkede ikke efter hensigten.

I løbet af juni og starten af juli etableredes en stadig større biomasse af planter (Brøndkarse og Andemad). I august og september var lagunerne stort set tilgroet og biomassen var i gennemsnit ca.  $275 \text{ g/m}^2$  i de to søsystemer og godt  $350 \text{ g/m}^2$  i den plantelagune, der er udformet som et vandløbssystem. Dækningsgraden og biomassen i lagunerne forblev høj gennem efteråret 2000 og først i løbet af slutningen af december og i januar måned efter noget frost faldt dækningsgrad og biomasse i større omfang. I marts var lagunerne uden planter i overfladen og med kun få planter på bunden. Brøndkarsens tilstedeværelse i efteråret og vinteren synes primært styret af temperaturen. Da den første frost først forekom i midten af december har Brøndkarsen haft favorable betingelser for at forblive længe i plantelagunerne. Da Brøndkarsen har etableret et rodnet i plantelagunerne vil den hurtigere kunne vokse frem i 2001 og registreringer fra foråret 2001 viser, at der ikke kom trådalger af nævneværdigt omfang i plantelagunerne i foråret 2001.

Der er fundet i alt 24 plantearter i lagunerne, men hvor trådalger klart dominerede i begyndelsen af måleperioden så har det været Brøndkarse og Andemad, der har været de helt dominerende planter efter slutningen af juni 2000.

Planterne danner overflade for en biofilm, hvorpå organismer omsætter bl.a.  $BI_5$  under forbrug af ilt. Endvidere vil vandhastigheden imellem planterne og omkring rødderne af disse være reduceret, så der sker en aflejring af partikler mellem planternes rødder og på bunden af plantelagunerne. Der sker desuden en omsætning af  $BI_5$  i vandfasen. Opholdstiden i plantelagunerne har i gennemsnit været knap 10 timer. Forsøg fra Døstrup har efterfølgende vist, at på 10 timer kan en stor del af  $BI_5$  blive omsat (op til 75%, hvis vandtemperaturen er høj og der er ilt nok tilstede). Nogle få målinger i efteråret 2001 af iltforholdene i plantelagunerne viser, at hovedparten af ilten bruges i den forreste del af disse, så iltniveauet er lavt i det meste af plantelagunerne. Hvis der blev tilsat ilt i plantelagunerne ville dette givet kunne øge omsætningen af  $BI_5$ .

I plantelagunerne foregår der også en denitrifikation i bunden af dammene og en vis ammoniakomsætning i vandfasen.

Fra april 2001 til september 2001 har planterne i lagunerne optaget ca. 70 kg kvælstof og over 10 kg fosfor, hvor hovedparten er optaget som opløst kvælstof og fosfor fra vandfasen. Heraf skønnes at i perioden frem til september 2000 er ca. 9% af det tilbageholdte kvælstof og

knap 30% af det tilbageholdte fosfor blevet bundet i plantebiomassen. Da biomassen herefter ikke opbygges, men forbliver stabil (dvs. opbygning af ny biomasse svarer til tab af biomasse) vil betydningen af planteoptaget falde, når der betragtes en længere periode. En afhøstning og fjernelse af en del af plantemateriale i sommerens løb fra fuldt tilgroede laguner vil kunne bidrage til at optimere deres virkning, men udarbejdelse af driftsvejledning for plantelaguner ligger uden for dette projekts rammer.

Såfremt der gennem indvandring eller kunstigt etableres overvintrende planter vil det medvirke til at lagunernes potentiale for tilbageholdelse og omsætning af næringsstoffer og  $BI_5$  ville kunne øges om vinteren/det tidligere forår.

Der har ikke det første måleår været nødvendigt af oprense plantelagunerne. Hovedparten af planterne er henfaldet i lagunerne i løbet af vinteren, så det ikke har været nødvendigt at opsamle planterester, men der er ikke noget kvantificering af hvor meget, der er henfaldet i lagunerne. Kun trådalger og noget andemad er drevet ud af plantelagunerne og endt i Døstrup Bæk.

#### **Stofkoncentrationer af kontrolparametre**

Frem til slutningen af juni er der stor variation i koncentrationerne af suspenderet stof, fosfor, ammoniumkvælstof og  $BI_5$  i udledningerne fra dambruget. Med fremvæksten af planter i lagunerne sker en gradvis stabilisering fra slutningen af juni og i august og september er variationen i koncentrationerne fra uge til uge beskedne for de fleste parametre på nær ammoniumkvælstof og til dels kvælstof. Samtidigt øges recirkuleringen så indflydelsen fra det vand, der tages ind fra Døstrup Bæk mindskes. Dette mønster holder hele efteråret og vinteren.

Fosforkoncentrationerne stiger lidt i indløb og udløb i perioden oktober 2000 til januar 2001, hvilket primært kan tilskrives øget vandføring og fosfortransport i Døstrup Bæk. Koncentrationen af suspenderet stof er stabil og lav gennem hele efteråret og vinteren. Den stiger ikke i marts 2001 trods fravær af planter i lagunerne, hvilket skyldes at vandføringen i Døstrup Bæk i længere perioder er stabil med lave koncentrationer af suspenderet stof.

Koncentrationen af kvælstof synes at variere cyklisk såvel i indløb til som i udløb fra dambruget. Da de analyserede prøver er ugepuljede er der tale om en længerevarende cyklus, men der kan ikke umiddelbart gives nogen forklaring på fænomenet. Der ses i udløbet fra dambruget også cykliske mønstre i ammoniumkvælstof koncentrationen, men dette mønster vil blandt andet være påvirket af stående fiskebestand, udfordring m.v. Ammonium-N koncentrationerne er ret lave idet de generelt ikke når over  $0,25 \text{ mg l}^{-1}$ .

$BI_5$  koncentrationen i udløbet fra plantelagunerne varierer kun lidt fra uge til uge i efteråret 2000 og frem til april 2001. Med reduktion i plantebiomassen/-dækningsgraden i perioden januar til marts 2001 stiger disse  $BI_5$  koncentrationer gradvist. Det er tydeligt at efter indkøringsfasen og problemet med trådalger, så varierer  $BI_5$  i det vand,

der tages ind fra Døstrup Bæk væsentligt mere end i det vand, der løber ud af plantelagunerne.

Både variationer i koncentrationer i det vand der tages ind fra Døstrup Bæk, tilstedeværelse af trådalger og planter i lagunerne, øget recirkulering, tildelt foder/stående bestand og biologiske processer i lagunerne er med til at kunne forklare de variationer i koncentrationer, der er målt. Endvidere kan også et reduceret vandforbrug med øget recirkulering reducere variationen i stoffkoncentrationerne af det vand, der ledes ind i plantelagunerne.

### **Overholdelse af udlederkrav**

I godkendelsen er opstillet vejledende udlederkrav, som er fundet ud fra kravværdier for 5 kontrolvariable TN, TP, SS,  $BI_5$  og  $NH_3+NH_4^+-N$ . Nogle af disse er skærpede i forhold til Dambrugsbekendtgørelsen. Endvidere er der ved beregning af de vejledende udlederkrav anvendt et vandindtag svarende til det estimerede medianminimum fra vandløbet på  $80 \text{ l s}^{-1}$  og  $27,7 \text{ l s}^{-1}$  grundvand. Der tillades udledninger på max.  $170 \text{ l s}^{-1}$ , men den maksimale udledning har ikke været over ca.  $125 \text{ l s}^{-1}$ . Samlet er nogle af de vejledende udleder krav således skærpet med op til en faktor 3 sammenlignet med Dambrugsbekendtgørelsens almindelige kravværdier.

I miljøgodkendelsen angives, at der skal anvendes tilstandskontrol på de vejledende udlederkrav. Tilstandskontrol forudsætter rent statistisk, at det er koncentrationsforøgelser i udledninger, der skal kontrolleres, hvor udlederkraver er mængder. Der henvises til den midlertidige miljøgodkendelse for en forklaring på hvorfor der er anvist anvendelse af tilstandskontrol på mængder. Som alternativt til miljøgodkendelsens kontrolprocedure er der også anvendt to andre metoder til kontrollen. De bygger på en tilstandskontrol af  $BI_5$  og ammonium-N og en transportkontrol (mængdekontrol) af total kvælstof, total fosfor og af suspenderet stof med de tilhørende statistiske kontrolmetoder (se Larsen og Svendsen, 1998 og Svendsen *et al.*, 2000).

Anvendes miljøgodkendelsens regler for det første måleår er det kun udledningen af ammonium-N samt suspenderet stof der har overholdt de vejledende udlederkrav. Anvendes de alternative og statistisk korrekte kontrolmetoder beskrevet i Svendsen *et al.* (2000) er der kun udledningen af  $BI_5$ , der ikke overholder kravene. Overskridelsen er dog hårfin.

Deles det første måleår op i to perioder på 26 uger, primo april til primo oktober 2000 henholdsvis primo oktober 2000 til primo april 2001, så sker overskridelsen af kravværdierne primært i den første periode. Dette skyldes de store variationer fra uge til uge i udledningerne fra plantelagunerne grundet manglende plantevækst og opblomstring af trådalger. I den sidste periode er det kun udledningen af total kvælstof og  $BI_5$ , der med kontrolmetoden i miljøgodkendelsen overskrider de vejledende udlederkrav. Ved en af de alternative kontrolmetoder overholdes de vejledende udlederkrav for alle 5 kontrolparametre.

Med miljøgodkendelsens kontrolmetode vil store variationer i udledninger kunne medføre at kontrollen viser at de vejledende udlederkrav er overskredet selv om næsten alle ugeværdier ligger under udlederkravet. For suspenderet stof, ammonium-N og generelt også for  $BI_5$  har udledningerne fra juli eller august 2000 uge efter uge ligget under de vejledende udlederkrav. For total kvælstof og fosfor har der været nogle uger i vinterhalvåret 2000/2001, hvor der har været overskridelser.

Med de stabiliserede udledninger der må antages at være i andet måleår, forventes alle parametre at kunne overholde de vejledende udlederkrav kontrolleret med de alternative kontrolmetoder og sandsynligvis også efter metoden i miljøgodkendelsen. Der skal dog tages et vist forbehold for, at der fra juni 2001 er sket en øget fodertildeling til dambruget og især for hvordan plantelagunerne virker, hvis vi f.eks. får en kold vinter.

Var der stillet udlederkrav efter de almindelige kravværdier i Dambrugsbekendtgørelsen ville udlederkravene i det første måleår have været opfyldt for de 5 kontrolparametre med alle kontrolmetoder, og for alle parametre på nær for  $BI_5$  med miljøgodkendelsens kontrolmetode.

### Stofbalance for Døstrup Dambrug

#### *Fiskeproduktionens stofbidrag*

Med anvendelse af analyserne af de enkelte foderleveringer og den mængde foder fra hver levering, der er anvendt, er det beregnet, at de 51,1 tons foder har indholdet 3.919 kg kvælstof og 592 kg fosfor. Der kan heraf beregnes et teoretisk produktionsbidrag under antagelse om et indhold i fisk på 2,72% kvælstof (relativt små fisk i Døstrup Dambrug) og 0,5% fosfor. Endvidere er det teoretiske produktionsbidrag af COD (et mål for organisk stof) beregnet med en ny metode, der i modsætning til Dambrugsbekendtgørelsens beregningsmåde for vejledendeudlederkrav for  $BI_5$  tager højde for anvendte fodertyper, energifordøjeligheder af råprotein, råfedt og kulhydrat samt for træstof i foder. Heraf findes det teoretiske foderbidrag (som er et minimumsskøn), som i tabel 7.1 er sammenlignet med det målte foderbidrag. COD er omregnet til  $BI_5$ , idet det ud fra litteraturværdier er antaget, at  $BI_5$  udgør 90% af den samlede COD i fækalier (pers. oplysning Per Bovbjerg, DFU).

*Tabel 7.1* Bidrag fra fiskeproduktion beregnet og målt. Der er angivet et interval for det teoretiske bidrag, hvor det mindste tal angiver 0% foderspild og det største 1% foderspild.

	Kvælstof	Fosfor	$BI_5$
Teoretisk bidrag (T)	2.282 – 2.323	293 – 299	7.508 – 8.266
Målt bidrag (M)	2.503	306	8.463
Forskel (M-T/M) i %	7-9%	2-4%	2-11

Forskellen mellem det målte og det teoretiske bidrag fra fiskeproduktionen må anses for er yderst beskedent eftersom det målte bidrag er baseret på forskellen mellem en række værdier, der hver især er behæftet med en usikkerhed. Pr. kg produceret fisk svarer det målte bidrag fra fiskeproduktionen til godt 40,6 gram kvælstof, 5 gram fos-

for og 137 gram  $BI_5$ . Det relativt høje tal for fosfor skyldes, de tidligere omtalte høje fosforindhold især i foderet til yngel.

#### *Slamkegler og bundfældningsbassin*

Der er gennem det omfattende måleprogram lavet beregning af hvor meget enkeltkomponenter tilbageholder af suspenderet stof, kvælstof, fosfor og organisk stof. Der kan ikke umiddelbart skelnes mellem vandløbsbidragets og produktionsbidragets andel af det tilbageholdte stof. For  $BI_5$  vil den hurtigt omsættelige del overvejende stamme fra fiskeproduktionen. For nitrat er det ikke afgørende om det kommer fra vandløbet, grundvand eller fiskeproduktionen for at vurdere anlæggets kapacitet til at omsætte dette. Det er primært i forhold til partikler, at der kan være forskel i forhold til om de kommer med vandløbsvandet eller fra fiskeproduktionen. Partikler fra fiskene (fækalier mv.) vil generelt have et større indhold af især fosfor pr. vægtenhed end partiklerne fra vandløbsvandet.

Resultaterne af det første års målinger viser at slamkeglerne (efter afdræning af slamvand) har tilbageholdt væsentlig større stofmængder end bundfældningsbassinet. I slamkeglerne er tilbageholdt 6 gange så meget  $BI_5$  og total kvælstof som i bundfældningsbassinet. De tilsvarende tal for suspenderet stof og fosfor er henholdsvis godt 3 og 9 (tabel 7.2).

Slamkeglerne er derfor en hurtig og ret effektiv måde at fjerne en stor del af de større partikler, således at der ikke er mange yderligere partikler, der kan fjernes i bundfældningsbassinet. På den anden side har etablering af et bundfældningsbassin nedstrøms slamkeglerne øget tilbageholdelsen med 16% for  $BI_5$  og total kvælstof, 30% for suspenderet stof og 11% for fosfor sammenlignet med, at der kun havde været slamkegler og disse stofmængder ville i modsat fald være blevet transporteret videre til plantelagunerne. Havde der ikke været slamkegler ville bundfældningsbassinet havde fanget flere partikler. Den hurtige sedimentation i slamkegler betyder, at der er et mindre tab af næringsstoffer og  $BI_5$  (bl.a. på opløst form) fra fækalier sammenlignet med at fækalierne opholdt sig længere tid i damme, bagkanal eller bundfældningsbassin før de blev fjernet.

Slamkeglerne tømmes 2 gange om ugen over i tre slambassiner, en for hver produktionssektion. Herfra drænes overskudsvand som uledes opstrøms bundfældningsbassinet. Med slamvandet fjernes beskudne ca. 5% af suspenderet stof og  $BI_5$  og ca. 15% af total kvælstof og total fosfor, der var opsamlet i slamkeglerne. Dette skyldes bl.a., at mens slamvandet klares i slambassinerne vil der fra partiklerne ske en tilførsel af opløst kvælstof, fosfor og  $BI_5$ , og endvidere vil nogle meget små partikler samt alger mv. ikke bundfældes i slambassinerne.

#### *Plantelaguner*

Som omtalt tidligere fungerede plantelagunerne ikke efter hensigten fra starten af måleperioden (april 2001) til hen på sommeren (ultimo juni 2000). Ud over at der gradvist kom vandplanter i lagunerne kom der en opblomstring af trådalger. Det medførte store svingninger uge

for uge i tilbageholdelsen af f.eks. suspenderet stof og  $BI_5$  og gav i nogle uge nogle større netto udledninger.

Overordnet set er der en tilbageholdelse for hver af de tre plantelaguner de fleste uger for alle parametre fra juli 2000 til frem til slutningen af vinteren 2001 med kun ganske få uger med netto udledning. Tilbageholdelsen har generelt være højest i perioden juli til oktober/november 2000, men for  $BI_5$  har den også været høj i løbet af vinteren. Der ses ikke nogen direkte sammenhæng mellem den mængde stof, der kommer ind med vandløbsvandet i dambruget og tilbageholdelsen i plantelagunerne. For  $BI_5$  kan der ses en vis sammenhæng mellem koncentrationen i vandløbsvandet og den tilbageholdte mængde i plantelagunerne specielt i vinterperioden. Dette kan bl.a. tilskrives, at højere  $BI_5$  koncentrationer i vandløbsvandet kommer i forbindelse med regn som om vinteren hænger sammen med mildere vejr, så der også fodres mere.

Af den samlede tilførsel til plantelagunerne (som er en blanding af bidrag fra det indtagne vandløbsvand og bidrag fra fiskeproduktionen) har disse i det første måleår tilbageholdt henholdsvis 27% suspenderet stof, 4% total kvælstof, 46% ammonium-N, 21% total fosfor samt 26%  $BI_5$ .

Plantelagunerne, der er lavet som vandløb, har haft de højest tilbageholdelsesprocenter, selv om de tre lagunesystemer har været belastet stort set lige meget.

Hvis omsætningen/tilbageholdelsen i plantelagunerne omregnes til en arealomsætning (pr. overfladeareal i plantelagunerne) finder man som et gennemsnit for hele måleåret:

$$\begin{aligned} &1,0 \text{ g kvælstof m}^{-2} \text{ døgn}^{-1} \\ &0,06 \text{ g fosfor m}^{-2} \text{ døgn}^{-1} \\ &2,0 \text{ g } BI_5 \text{ m}^{-2} \text{ døgn}^{-1} \end{aligned}$$

Da der i beregningerne indgår de første tre måneder, hvor plantelagunerne ikke fungerede efter hensigten, skønnes de angivne arealomsætninger at være minimumsestimater for arealomsætningen i plantelagunerne. Arealomsætningen har generelt også været højere end de angivne værdier, hvis man kun anvender resultater for perioden august 2000 til april 2001.

#### *Samlet stofbalance*

Ud over stofbalancer for de enkelte rensekomponenter og for plantelagunerne er der lavet en samlet stofbalance over hele dambruget. Det er således muligt at sammenligne to beregninger af stoftilførsel til Døstrup Bæk grundet fiskeproduktionen. De to beregningsmetoder er i særdeles god overensstemmelse med hinanden (tabel 4.11), hvor den største afvigelse er for total fosfor (23%), mens forskellen for  $BI_5$  og total kvælstof er henholdsvis 9 og 6%.

Stoftilbageholdelsen i slamkegler, bundfældningsbassinet og i plantelagunerne er i tabel 7.2 sammenlignet med henholdsvis bidrag fra fiskeproduktionen og det samlede bidrag fra det indtagne vandløbs-

vand, grundvand og fiskeproduktionen. I forhold til fiskeproduktionen fjernes alt suspenderet stof. Det viser, at renseforanstaltningerne og plantelagunerne tilsammen fjerner mere suspenderet stof end det fiskeproduktionen betinger. Dette skyldes, at der også fjernes partikler (både organiske og minerogene) fra det indtagne vandløbsvand, og nettoudledningen af suspenderet stof fra dambruget er derfor negativ.

*Tabel 7.2 Sammenstilling af måleresultater fra Døstrup Dambrug for det første måleår 5. april 2000 til 4. april 2001. Der er angivet det målte vandløbsbidrag, bidrag fra indtagne grundvand og bidrag fra fiskeproduktionen. Stof fjernelsen i slamkegler, bundfældningsanlæg og i plantelagunerne er angivet i % af henholdsvis bidrag fra fiskeproduktionen (står efter "/") og af den samlede stoftilførsel til dambruget (står før "/").*

	Susp. stof (SS)	Total kvælstof	Total fosfor	BI <sub>5</sub>
Tilført dambrug fra vandløb (kg)	16.399	27.355	220	6.831
Tilført dambrug grundvand (kg)	406	11.007	68	612
Tilført fra fiskeproduktionen (kg)	2.371	2.503	306	8.463
Tilført dambrug i alt (kg)	19.176	40.865	594	15.906
Fjernelse slamkegler (%)	24/193	0/6	14/27	12/22
Fjernelse bundfældningsbassin (%)	7/59	0/1	2/3	1/3
Fjernelse i plantelaguner (%)	19/154	4/67	19/36	25/46
Fjernet i alt (%)	50/100	5/74	34/66	38/71
Tilført vandløb fiskeprodukt. (kg)	0	624	103	2.449
Tilført vandløb i alt (kg)	9.538	38.986	391	9.892

For BI<sub>5</sub> fjernes i alt 71% sammenlignet med bidraget fra fiskeproduktionen og 39% af den samlede tilførsel til dambruget. Kun for total kvælstof, hvor vandløbs- og grundvandsbidraget er langt større end bidraget fra produktionen, er fjernelse lav i forhold til de samlede tilførsler.

Det er tydeligt, at der sker den største fjernelse af især total kvælstof og BI<sub>5</sub> i plantelagunerne, mens fjernelse af suspenderet stof og fosfor er af samme størrelse i plantelagunerne som i slamkegler plus bundfældningsbassinet. En stor del af BI<sub>5</sub> fjernes grundet den lange opholdstid i plantelagunerne. Blev den yderligere øget og der blev tilsat ilt ville omsætningen af BI<sub>5</sub> kunne øges yderligere.

Det er værd at bemærke, hvor stor betydning grundvandsbidraget har i relation til kvælstof og fosfor. Det skyldes at der er høje nitrat- og orthofosfatkoncentrationer i grundvandet.

#### *Udledte stofmængde i forhold til foderforbrug og fisketilvækst*

De udledte stofmængder kan også relateres til anvendt mængde foder og fiskeproduktionen. Der er målt følgende udledninger pr. kg fiskeproduktion:



11 g total kvælstof pr. kg fisk  
6 g ammonium-kvælstof pr. kg fisk  
2,2 g total fosfor pr. kg fisk  
43 g BI<sub>5</sub> pr. kg fisk

Fosfortallet er ret højt grundet foderets relativt høje fosforindhold og dette tal er derfor ikke retningsgivende for, hvad der ville være målt med et fosforindhold i foderet, der svarede til det deklarerede.

### **Iltforhold**

Vilkåret om en iltmætning større end 7 mg l<sup>-1</sup> i 100% af tiden er tilfredsstillende opstrøms dambruget (station 020) og 1 km nedstrøms Døstrup dambrug (station 990). Lige nedstrøms Døstrup Dambrug var kravet ikke opfyldt om natten i to uger i juli og august, som kan henføres til at iltmåleren i perioder stod dækket til i grøde og dermed ikke målte de faktiske forhold i vandløbsvandet.

Vilkåret om at iltmætningsprocenten altid skal være større end 70% er overholdt i 94% af tiden i det første måleår. I de 6% af tiden hvor kravet var overtrådt er 1% sammenfaldende med at iltmætning også har været under 70% i det vand som tages ind i dambruget fra Døstrup Bæk.

Vilkåret i miljøgodkendelsen om at 50% af de daglige minimumsværdier for iltkoncentrationen skal være 9 mg l<sup>-1</sup> både opstrøms og nedstrøms dambruget har set over hele det første måleår været opfyldt umiddelbart nedstrøms dambruget, mens det ikke har været opfyldt i 6% af perioden i indløbsvandet til dambruget. Deles perioden op i sommer- og vinterhalvår er der ingen problemer i vinterhalvåret, mens der i perioden juli til oktober 2000 generelt er minimumsværdier på under 9 mg l<sup>-1</sup> både i indløbsvandet og umiddelbart nedstrøms dambruget.

Der er et stort iltforbrug i plantelagunerne (iltkoncentrationerne når periodisk ned på under 2 mg l<sup>-1</sup>), og i sommerhalvåret nogle meget store døgnsvingninger i iltkoncentrationen. Alligevel bevirker de beluftningskasser som vandet fra plantelagunerne løber igennem før det når Døstrup Bæk, at iltforholdene umiddelbart nedstrøms dambruget er mindst ligeså gode som opstrøms og overordnet set overholder de stillede vilkår.

### **Overholdelse af målsætning i Døstrup Bæk**

Målsætningen i Døstrup Bæk er alene baseret på Nordjyllands Amts og DMU's bedømmelser af faunaindekset efter DanskVandløbsfaunaIndeks DVFI (Miljøstyrelsen, 1998) jvf. tabel 6.1. Målsætning i Døstrup Bæk op- og nedstrøms Døstrup Dambrug er en DVFI på 5. En målerunde viser, at bundsubstratet på stationen umiddelbart nedstrøms dambruget er mindst lige så varieret som opstrøms. Der er på begge stationer godt 20% groft substrat (sten og groft grus). På en station 990 meter nedstrøms dambruget, hvor der også er taget faunaprøver, udgør groft substrat kun 2%. Her udgør sand, mudder og tørv 93% af substratet. I andet måleår vil hastighedsforholdene på de tre målestationer også blive undersøgt.

I perioden marts 1998 til april 2001 er der foretaget faunabestemmelse 15 gange opstrøms og umiddelbart nedstrøms dambruget. Der har hver gang været målsætningsopfyldelse opstrøms (faunaklassen 5 ni gange, faunaklasse 6 fem gange og faunaklasse 7 en gang). I perioden marts 1998 til august 2000 har der ikke været målsætningsopfyldelse umiddelbart nedstrøms dambruget, da faunaklassen ni gange har været 4. Til gengæld har der været faunaklasse 5 i tre ud af seks tilfælde i perioden oktober 2000 til april 2001. De efterfølgende 4 målinger i sommeren og efteråret 2001 har alle givet en faunaklasse 5 umiddelbart nedstrøms dambruget og dermed målsætningsopfyldelse ud fra DVFI. For stationen 990 m nedstrøms har faunaklassen også balanceret mellem 4 og 5 i perioden marts 2000 til april 2001, og efterfølgende været 5 ved 6 på hinanden følgende prøvetagninger.

Der er tre forhold i smådyrenes forekomst der har været afgørende for, at faunaklassen varierer mellem 4 og 5 på de to stationer nedstrøms Døstrup Dambrug. De mest rentvandskrævende arter som *Limnius* har endnu ikke etableret sig på trods af den er talrig opstrøms dambruget. Forekomsten af *Asellus* i 5 eller flere individer betyder i en række tilfælde, at faunaklassen ikke kan blive højere end 4. Antallet af *Asellus* har i flere tilfældet ligget mellem 2 og 7. Det tredje forhold, der påvirker faunabedømmelsen er den samlede artsdiversitet, hvor man ser på forskellen mellem arter, der regnes for positive og arter, der regnes som negativ. Diversiteten har i flere tilfældet også afgjort om faunaklassen er blevet 4 eller 5. Faunaklassen nedstrøms dambruget ligger således og balancerer i en overgangszone omkring målsætningsopfyldelse og ikke målsætningsopfyldelse men med en tendens til at der oftere er målsætningsopfyldelse i den senere del af måleperioden. En mulig forklaring kan være, at udledningerne af f.eks. BI<sub>5</sub> fra dambruget i det første måleår er reduceret i forhold til perioden før april 2000.

Umiddelbart synes mulighederne for permanent målsætningsopfyldelse at være tilstede på stationen umiddelbart nedstrøms Døstrup Dambrug med de udledninger, der har været det første måleår. Bundsubstratet giver basis for etablering af de rentvandsarter, der forekommer opstrøms. Det er derfor umiddelbart positivt, at trods det tilladte øgede foderforbrug fra juni 2001, så har der været bestemt faunaklasse 5 i de efterfølgende faunabedømmelser nedstrøms dambruget i sommeren og efteråret 2001.

Den manglende målsætningsopfyldelse i begyndelsen af måleperioden kan blandt andet tilskrives, at vandløbet har været forstyrret i forbindelse med anlægsarbejdet, og at der inden fase 2 startede og projektgruppen havde ansvar for projektet, har været et foderforbrug væsentligt højere end 50 tons pr. år. Samtidig har udledninger varieret meget i de først 2-3 måneder af fase 2 fordi lagunerne blev total oprenset i marts 2000 og efterfølgende tæt begroet af trådalger. Det vurderes at en drænudledning opstrøms faunastationen og nedstrøms dambruget ikke umiddelbart påvirker smådyrsfaunaen.

For stationen 990 m nedstrøms Døstrup Dambrug er de fysiske forhold mindre favorable, således at en permanent målsætningsopfyldelse på denne lokalitet er mere usikker. Endvidere er der en belast-

ning fra et overløbsbygværk fra en motorvej opstrøms denne station, men det kan ikke vurderes om udledningerne herfra har indflydelsen på vandløbets smådyrsfauna.

### **Overordnet sammenfatning**

Det store måleprogram har vist sig at give meget præcise tal. Der foreligger allerede efter et år et meget omfattende dokumentationsmateriale, men et års ekstra målinger er nødvendige for bl.a., at:

- dokumentere effekten af klimatiske forhold
- dokumentere effekten af øget foderforbrug for de forskellige renseforanstaltninger og for plantelagunerne og fra påvirkningen af smådyrsfaunaen i vandløbet nedstrøms dambruget
- følge udviklingen i plantelagunerne tilsyneladende gode egenskaber overfor tilbageholdelse af  $BI_5$ , kvælstof og fosfor
- se på effekten af øget recirkulering
- gennemføre en periode med intensive målinger i produktionsanlægget.

De vejledende udlederkrav for det første måleår har ikke kunnet opfyldes med den kontrolmetode miljøgodkendelsen angiver på nær for ammonium-N og suspenderet stof. Dette skyldes både de ret strenge udlederkrav, at plantelagunerne ikke virkede de første to-tre måneder grundet manglende/sparsomt vandplantedække med en stor trådalgeopblomstring til følge samt kontrolmetoden. Ved anvendelse af sædvanlige kontrolregler er der kun problemer med  $BI_5$ , som da lige netop overskrider de vejledende udlederkrav.

Såvel slamkeglerne som plantelagunerne har vist sig gode til at fjerne/tilbageholde stof, og der er nu skaffet dokumentation, der kan anvendes som vejledning for deres effektivitet. Et års yderligere målinger vil kunne vise hvordan denne effektivitet ændres med øget foderforbrug, større recirkulering, andet vejrlig mv. Såfremt der ikke var plantelaguner på Døstrup Dambrug skulle der være andre renseforanstaltninger for at fjerne især  $BI_5$  og forskellige kvælstoffraktioner. Der kan forventes en yderligere omsætning af  $BI_5$  i plantelagunerne ved at øge opholdstiden og tilsætte ilt, når iltniveauet bliver for lavt i disse. Endvidere bør der sikres tilstedeværelse af planter i vinterperioden.

Iltkravene er med få undtagelser overholdt nedstrøms dambruget.

Faunaklassen bestemt som DVFI umiddelbart nedstrøms dambruget har i måleåret balanceret mellem 4 og 5, dvs. der skiftevis har været og ikke har været målsætningsopfyldelse. For de 4 målinger der efterfølgende er foretaget frem til slutningen af efteråret 2001 har DVFI været 5, og potentialet er derfor til stede for målsætningsopfyldelse under de produktionsforhold, der har været målt ved i det første måleår.

Det er for tidligt at vurdere produktionssystemet som sådan. Der har været en pæn foderkoefficient som dog ikke overholdt miljøgodkendelsens krav i yngelsektionen, da der blev anvendt større fisk end forudsat. Anlægget kræver kun lidt pasning og giver gode arbejdsforhold. Under 50% af den skønnede kapacitet i selve anlægget har væ-

ret udnyttet i det første måleår. I praksis er under halvdelen af produktionsdammene anvendt samtidigt for at søge optimering af driftsforholdene, f.eks. vedrørende bestandstæthed i dammene og af stofkoncentrationer i produktionsvandet, der skal sikre at bl.a. slamkeglerne virker mere effektivt. I det andet måleår øges fodertildelingen fra 50 til 74 tons, hvilket stadig kun er ca. 60% af den skønnede produktionskapacitet selve anlægget er bygget til. Det er ikke muligt baseret på første års målinger, at vurdere hvor stor en del af denne produktionskapacitet, der kan udnyttes med samtidig overholdelse af udlederkrav og målsætninger nedstrøms dambruget.

Resultaterne fra denne statusrapport skal naturligvis anvendes med de forbehold, der bør tages, når de overføres til andre systemer, forhold og forudsætninger. Det skal også understreges, at selv om fosforindholdet i foderet var højere end deklareret, så er der ikke belæg for at antage, at de fosforrelaterede resultater ikke også skulle være anvendelige som vejledende værdier i andre relevante sammenhænge.

## 8 Referencer

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziozoologie. Grundzüge der Vegetationskunde, ed. 3. – Springer, Wien.

Danmarks Miljøundersøgelser (1999): Biologisk bedømmelse af vandløb 1998-2003 (NOVA 2003). Teknisk anvisning fra DMU, nr. 16. 40 p.

Hassager, T.K. og Prince, P.S. (1997): Perspektivplan for akvakultur i Danmark 1997. Danmarks Fiskeriundersøgelser. 124 p.

Larsen, S.E. og Svendsen, L.M. (1998): Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 p. – Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Miljøstyrelsen (1998): Biologisk vandløbskvalitet. Vejledning nr. 5/1998. Miljø- og Energiministeriet. 39 pp.

Svendsen, L.M., Fjorback, C., Larsen, S.E., Thomsen, A.G., Skriver, J., Pedersen, M.L., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2000): Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Statusrapport for fase 1 og 2. Danmarks Miljøundersøgelser. 68 p. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 138.

Wetherill og Brown (1991): Statistical Process Control. Theory and Practice. Chapman and Hall. 400 p.

## Appendiks 1: Formler for beregning af forskel i koncentrationen i udløbet og i indløbet samt formler for beregning af gennemsnit, standard afvigelse og varianskoefficient.

Forskellen i koncentrationen mellem udløbet og indløbet beregnes som

$$x_i = x_{ud_i} - x_{ind_i},$$

hvor

$$x_{ind_i} = \frac{c_{1i} \cdot q_{1i} + c_{2i} \cdot q_{2i}}{(q_{1i} + q_{2i}) \cdot T_i},$$

$$x_{ud_i} = \frac{c_{3i} \cdot q_{3i} + c_{4i} \cdot q_{4i} + c_{5i} \cdot q_{5i}}{(q_{3i} + q_{4i} + q_{5i}) \cdot T_i}$$

med

$c_{ji}$  : koncentrationen af kontrolvariablen ved station  $j$  og i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$q_{ji}$  : opsummerede vandmængde ved station  $j$  og i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$T_i$  : antallet af sekunder i prøvetagningsperiode  $i$ ,

$i$  : angiver prøvetagningsperiode (uge, døgn) og  $i = 1, 2, \dots, 52$ ,

$j$  : angiver stationsnummer,  $j = 1$  (åvand = st. 20),  $2$  (grundvand = st. 30),  $3$  (udløb lagune 1 = st. 510),  $4$  (udløb lagune 2 = st. 520),  $5$  (udløb lagune 3 = st. 530).

Beregning af gennemsnit:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

hvor  $n$  kan antage værdierne fra 6 til 52 alt efter længden af den periode man beregner gennemsnit over.

Standard afvigelse:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Varianskoefficient:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}.$$

**Bilag 1: Miljøgodkendelsens tabel med  
justeringsfaktorer  $k(n)$  for antallet af  
stikprøver  $n$  i intervallet fra 6 til 52.**

Antallet af stikprøver	Justeringsfaktor $k(n)$
6	0,62
7	0,68
8	0,73
9	0,77
10	0,81
11	0,84
12	0,87
13	0,89
14	0,91
15	0,93
16	0,95
17	0,97
18	0,98
19	1,00
20	1,01
21	1,03
22	1,04
23	1,05
24	1,06
25	1,07
26	1,08
27	1,09
28	1,10
29	1,10
30	1,11
30	1,12
32	1,13
33	1,13
34	1,14
35	1,14
36	1,15
37	1,16
38	1,16
39	1,17
40	1,17
41	1,18
42	1,18
43	1,19
44	1,19
45	1,20
46	1,20
47	1,20
48	1,21
49	1,21
50	1,22
51	1,22
52	1,22

## Bilag 2: Tilstand- og transportkontrol

Table 1: Tilstandskontrol. Justeringsfaktorer for de to forskellige forudsætninger.

Forudsætning 1		Forudsætning 2	
<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>
6	0,6218	6	0,1728
7	0,6819	7	0,2204
8	0,7312	8	0,2583
9	0,7727	9	0,2896
10	0,8084	10	0,3160
11	0,8396	11	0,3387
12	0,8671	12	0,3586
13	0,8917	13	0,3761
14	0,9138	14	0,3917
15	0,9339	15	0,4058
16	0,9523	16	0,4186
17	0,9692	17	0,4303
18	0,9848	18	0,4409
19	0,9992	19	0,4508
20	1,0127	20	0,4599
21	1,0253	21	0,4684
22	1,0371	22	0,4764
23	1,0481	23	0,4838
24	1,0586	24	0,4907
25	1,0685	25	0,4973
26	1,0778	26	0,5035
27	1,0867	27	0,5093
28	1,0951	28	0,5149
29	1,1031	29	0,5201
30	1,1108	30	0,5251
31	1,1181	31	0,5299
32	1,1251	32	0,5345
33	1,1318	33	0,5388
34	1,1383	34	0,5430
35	1,1445	35	0,5470
36	1,1504	36	0,5508
37	1,1562	37	0,5545
38	1,1617	38	0,5580
39	1,1670	39	0,5614
40	1,1721	40	0,5647
41	1,1771	41	0,5679
42	1,1819	42	0,5709
43	1,1866	43	0,5739
44	1,1911	44	0,5767
45	1,1954	45	0,5795
46	1,1996	46	0,5822
47	1,2038	47	0,5848
48	1,2077	48	0,5873
49	1,2116	49	0,5897
50	1,2154	50	0,5921
51	1,2190	51	0,5944
52	1,2226	52	0,5966



Tabel 2: Transportkontrol. Justeringsfaktorer for de to forskellige forudsætninger.

Forudsætning 1		Forudsætning 2	
<i>n</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>k</i>
6	-1,5800	6	-0,8447
7	-1,2861	7	-0,7468
8	-1,1159	8	-0,6776
9	-1,0009	9	-0,6251
10	-0,9163	10	-0,5834
11	-0,8506	11	-0,5492
12	-0,7975	12	-0,5205
13	-0,7535	13	-0,4960
14	-0,7161	14	-0,4746
15	-0,6839	15	-0,4559
16	-0,6558	16	-0,4392
17	-0,6309	17	-0,4242
18	-0,6086	18	-0,4107
19	-0,5886	19	-0,3984
20	-0,5705	20	-0,3871
21	-0,5539	21	-0,3768
22	-0,5388	22	-0,3672
23	-0,5248	23	-0,3584
24	-0,5118	24	-0,3501
25	-0,4998	25	-0,3424
26	-0,4886	26	-0,3352
27	-0,4781	27	-0,3285
28	-0,4683	28	-0,3221
29	-0,4591	29	-0,3161
30	-0,4503	30	-0,3104
31	-0,4421	31	-0,3050
32	-0,4343	32	-0,2999
33	-0,4269	33	-0,2950
34	-0,4199	34	-0,2904
35	-0,4132	35	-0,2859
36	-0,4068	36	-0,2817
37	-0,4007	37	-0,2776
38	-0,3949	38	-0,2738
39	-0,3893	39	-0,2700
40	-0,3839	40	-0,2665
41	-0,3788	41	-0,2630
42	-0,3739	42	-0,2597
43	-0,3691	43	-0,2566
44	-0,3646	44	-0,2535
45	-0,3602	45	-0,2505
46	-0,3559	46	-0,2477
47	-0,3518	47	-0,2449
48	-0,3478	48	-0,2422
49	-0,3440	49	-0,2396
50	-0,3403	50	-0,2371
51	-0,3367	51	-0,2347
52	-0,3332	52	-0,2324

**Bilag 3: Konc. og stofmængder; gennemsnit, std. afv. for balancen: 510 + 520 + 530 – (20 + 30)**

*Table 1* Gennemsnit, standard afvigelser, varianskoeficienter, minimum og maximum for de 5 kontrolvariable beregnet for hele perioden 050400-110401.

	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Gennemsnit (stof) – mg s <sup>-1</sup>	17,2	4,31	-245	77,3	11,7
Standardafvigelse (stof) – mg s <sup>-1</sup>	66,2	4,25	394	131	6,03
Gennemsnit (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	0,159	0,042	-2,55	0,689	0,112
Standardafvigelse (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	0,660	0,037	3,61	1,18	0,048
Varianskoeficient (stof) – mg s <sup>-1</sup>	385	99	-161	169	51
Varianskoeficient (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	414	88	-142	171	43
Minimum (stof) – mg s <sup>-1</sup>	-306	0,829	-722	-94,1	2,53
Maximum (stof) – mg s <sup>-1</sup>	173	30,2	1599	598	26,7
Minimum (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	-3,159	0,010	-6,14	-1,053	0,028
Maximum (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	1,547	0,256	13,4	5,59	0,214

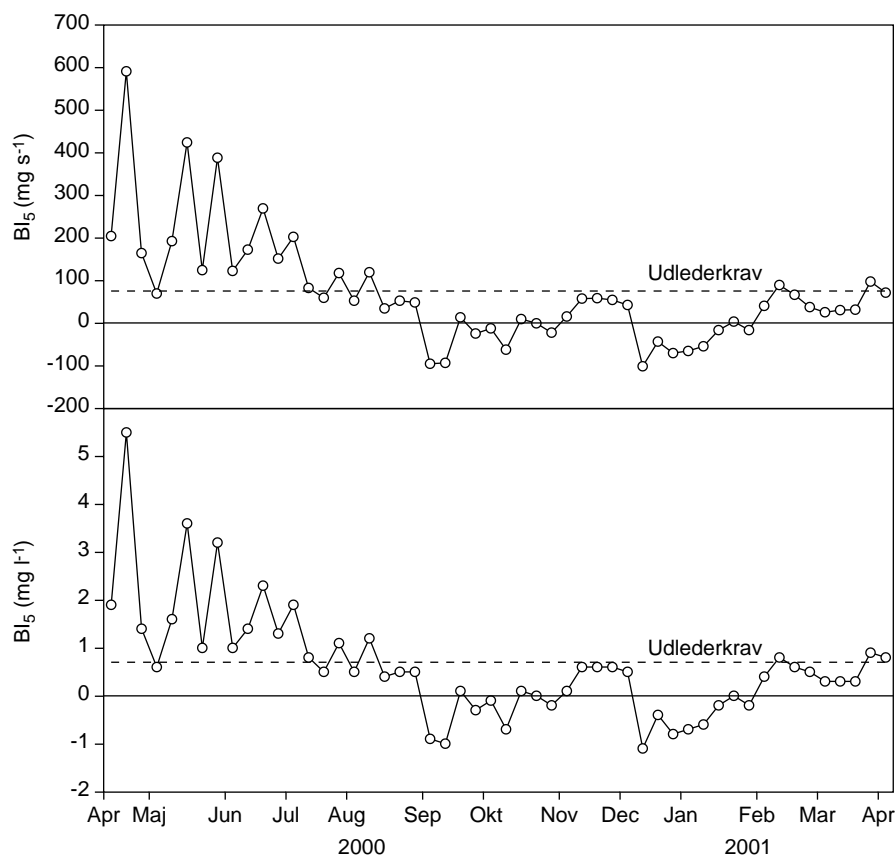
*Table 2* Gennemsnit, standard afvigelser, varianskoeficienter, minimum og maximum for de 5 kontrolvariable beregnet for perioden 050400-041000.

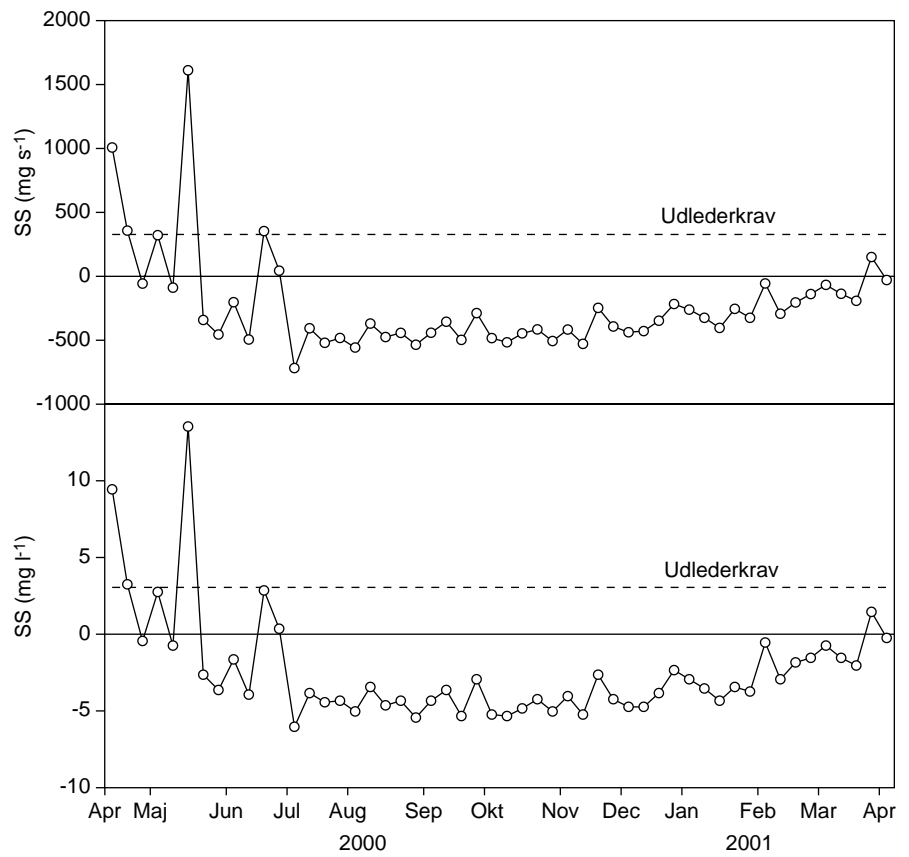
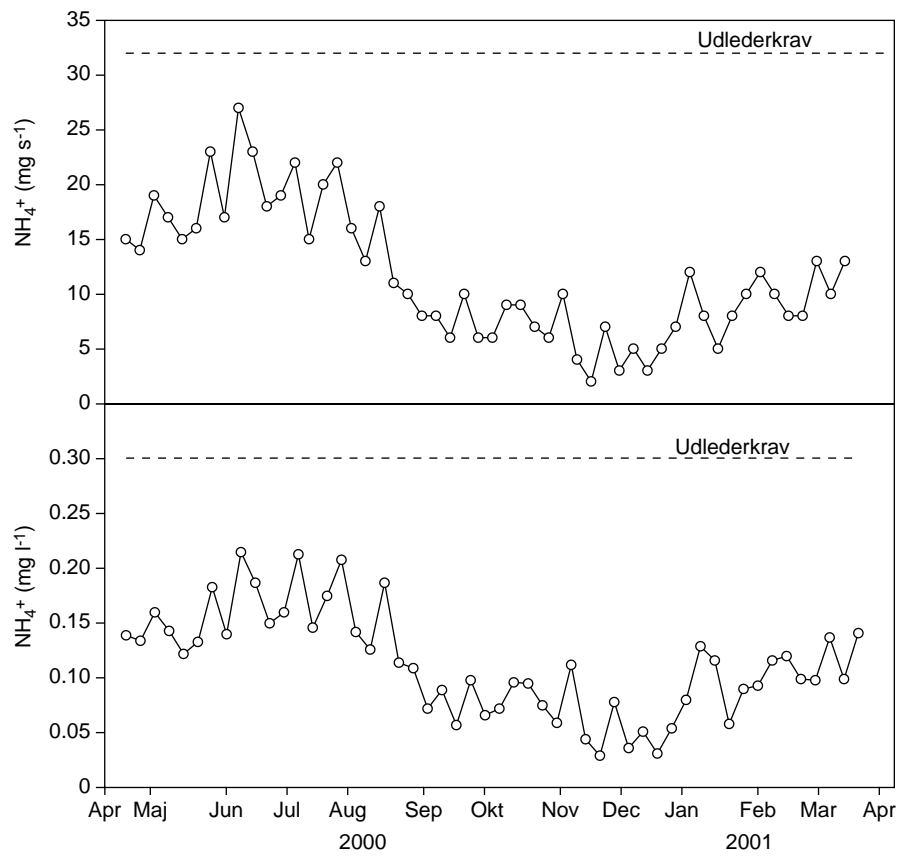
	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Gennemsnit (stof) – mg s <sup>-1</sup>	13,4	4,83	-189	137	15,7
Standardafvigelse (stof) – mg s <sup>-1</sup>	81,6	5,93	530	157	5,72
Gennemsnit (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	0,084	0,043	-1,85	1,19	0,140
Standardafvigelse (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	0,780	0,051	4,73	1,41	0,044
Varianskoeficient (stof) – mg s <sup>-1</sup>	611	123	-281	115	37
Varianskoeficient (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	929	119	-650	118	32
Minimum (stof) – mg s <sup>-1</sup>	-306	1,30	-722	-87,6	4,65
Maximum (stof) – mg s <sup>-1</sup>	173	30,2	1599	598	26,7
Minimum (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	-3,159	0,011	-6,14	-0,926	0,047
Maximum (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	1,401	0,256	13,4	5,59	0,214

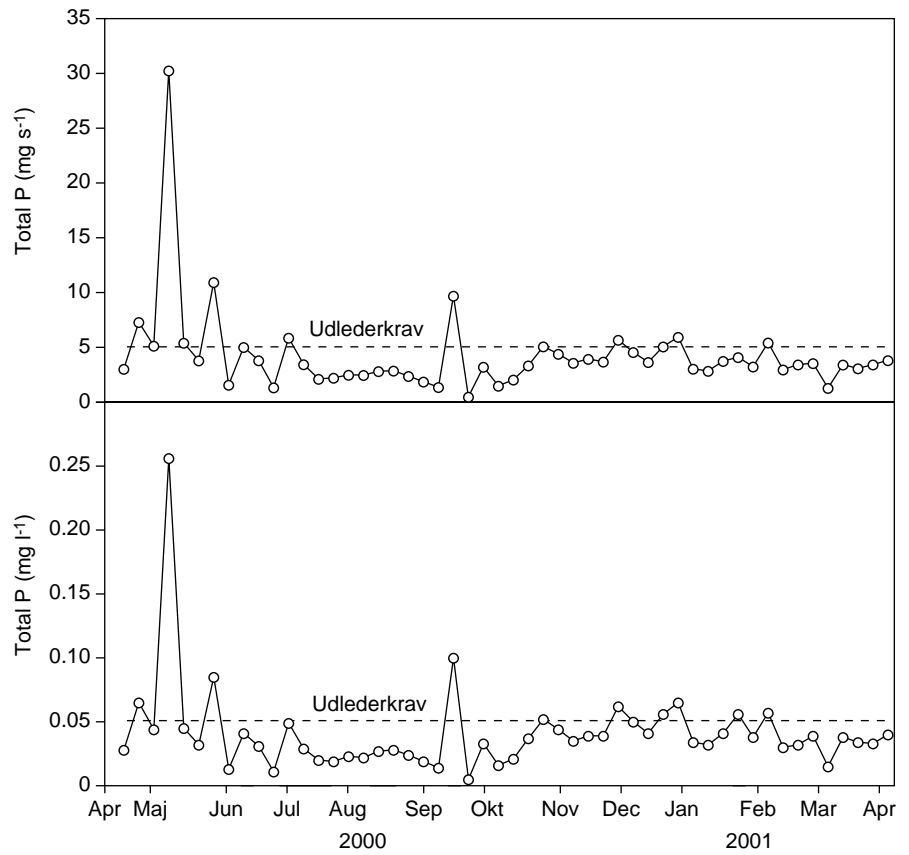
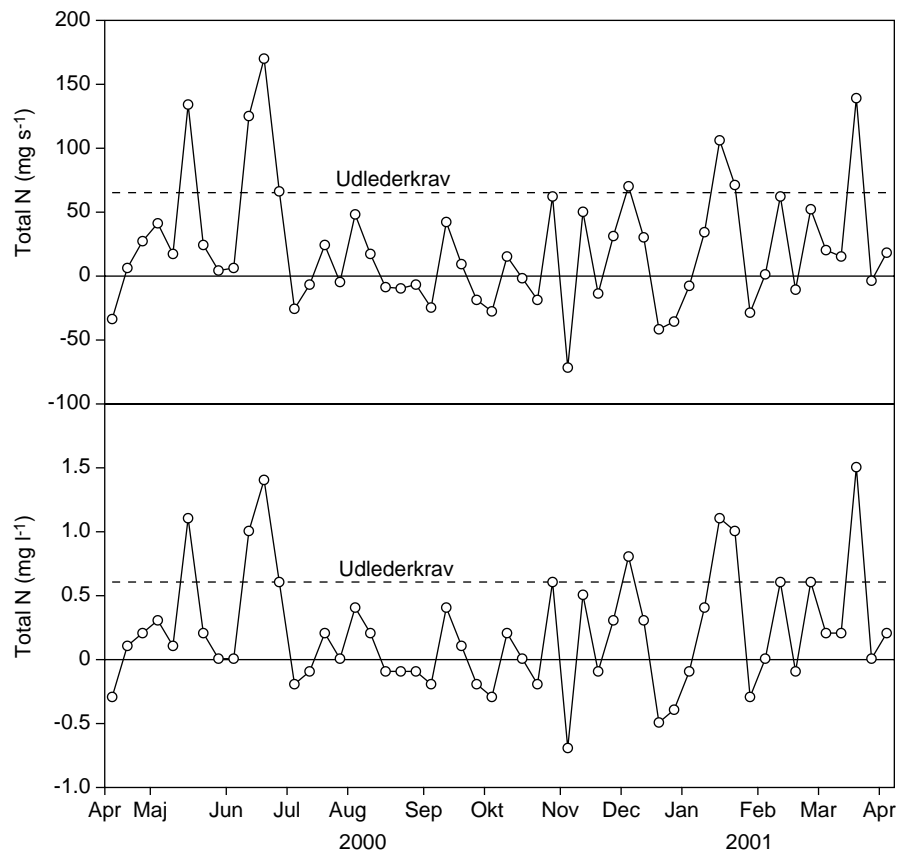
**Table 3** Gennemsnit, standard afvigelser, varianskoeficienter, minimum og maximum for de 5 kontrolvariable beregnet for perioden 051000-110401.

	TN	TP	SS	BI <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
Gennemsnit (stof) – mg s <sup>-1</sup>	21,1	3,79	-300	17,9	7,80
Standardafvigelse (stof) – mg s <sup>-1</sup>	47,5	1,086	171	53,6	3,03
Gennemsnit (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	0,235	0,041	-3,24	0,185	0,084
Standardafvigelse (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	0,519	0,012	1,78	0,566	0,033
Varianskoeficient (stof) – mg s <sup>-1</sup>	226	29	-57	299	39
Varianskoeficient (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	221	30	-55	307	39
Minimum (stof) – mg s <sup>-1</sup>	-69,6	0,829	-545	-94,1	2,53
Maximum (stof) – mg s <sup>-1</sup>	141	5,99	135	105	13,5
Minimum (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	-0,680	0,010	-5,51	-1,05	0,028
Maximum (konc.) – mg l <sup>-1</sup>	1,547	0,066	1,30	1,02	0,142

**Bilag 4: Figurer med den tidslige udvikling i de samlede, udledte stofmængder ( $\text{mg s}^{-1}$ ) og for forskelle i koncentrationer ( $\text{mg l}^{-1}$ ) for alle 5 kontrolvariable. Alle fig. er baseret på balancen: (st. 510+520+530) – (st. 020+030) (se afsnit 7.2)**







# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Havmiljø*  
*Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*  
*Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejsløvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Overvågningssektionen*  
*Afd. for Sø- og Fjordøkologi*  
*Afd. for Terrestrisk Økologi*  
*Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12-14, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 15

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.