



**VANDMILJØ**  
**Overvågning**

# **TYSTRUP SØ 2003**



**VANDMILJØ**  
**Overvågning**

**TYSTRUP SØ 2003**

Udarbejdet af Natur & Miljø  
Afdelingen for sø og hav  
Maj 2004

**Vestsjællands Amt, Natur og Miljø**  
**Alleen 15, 4180 Sorø • Tlf. 5787 2900 • Fax. 5787 2800 • e-mail: [n&m@vestamt.dk](mailto:n&m@vestamt.dk)**

# Indholdsfortegnelse

1	INDLEDNING.....	5
	1.1 Baggrund.....	5
	1.2 Generel karakteristik.....	7
2	KLIMATISKE FORHOLD.....	10
	2.1 Temperaturen.....	10
	2.2 Nedbøren.....	11
	2.3 Afstrømning.....	12
3	OPLANDSBESKRIVELSE.....	13
	3.1 Oplandskarakteristik og beskrivelse.....	13
	3.2 Kilder til næringsstofbelastningen.....	14
4	VAND- OG STOFBALANCER.....	19
	4.1 Vandbalance.....	19
	4.2 Fosforbalance.....	22
	4.3 Kvælstofbalance.....	23
	4.4 Jernbalance.....	24
5	UDVIKLING I MILJØTILSTANDEN.....	26
	5.1 Fosfor.....	27
	5.2 Kvælstof.....	29
	5.3 Øvrige vandkemiske og -fysiske parametre.....	31
	5.4 Klorofyl og sigtddybde.....	34
	5.5 Planteplankton.....	36
	5.6 Dyreplankton.....	39
	5.7 Samlet diskussion af plante- og dyreplankton.....	43
	5.7 Fiskeyngel.....	52
6	SØTILSTAND OG MÅLSÆTNING.....	53
	6.1 Søtilstand.....	53
	6.2 Målsætning.....	54
	6.3 Udvikling.....	55
7	SAMMENFATNING.....	56
8	BILAG.....	57



# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

I foråret 1987 vedtog Folketinget "Vandmiljøplanen", en handlingsplan hvis mål er at nedbringe næringssaltbelastningen af det danske vandmiljø.

Samtidigt iværksattes et landsdækkende overvågningsprogram omfattende alle dele af vandmiljøet, med det formål at dokumentere effekten af Vandmiljøplanen. Overvågningen af søer omfatter ud over registrering af ændringer i næringssaltbelastningen også generelle tilstandsundersøgelser i form af vandkemiske og biologiske analyser. Overvågningsprogrammet påbegyndtes i 1989 og er med mindre justeringer fortsat indtil 1997, hvor der blev foretaget en gennemgribende revision af hele overvågningsprogrammet. Det reviderede program trådte i kraft i 1998. For søernes vedkommende var den væsentligste ændring, at de biologiske undersøgelsesprogram blev udvidet med årlige fiskeyngelundersøgelser.

På landsplan indgår 37 søer i overvågningsprogrammet. Søerne er udvalgt, så de er repræsentative for danske søer og spænder fra de helt rene, klarvandede til søer, der er stærkt forurenede af spildevandsudledning. Samtidigt repræsenterer de såvel store og små som dybe og lavvandede søer. Overvågningen skulle således kunne give et nogenlunde dækkende billede af den generelle tilstand i de danske søer.

Tre af overvågnings søerne er beliggende i Vestsjællands Amt: Tissø, Tystrup Sø og Maglesø ved Brorfelde. Den geografiske placering fremgår af figur 1.1.1.

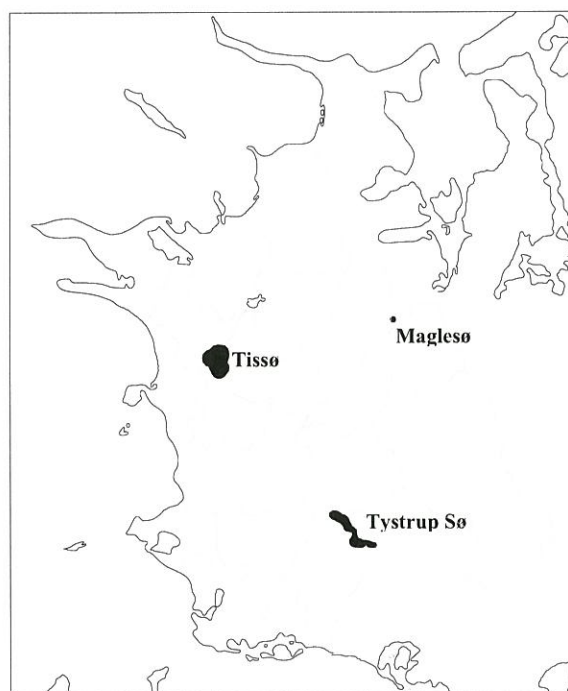
Tystrup Sø indgår i programmet som eksempel på en stor sø, der især er påvirket af spildevandsudledning. Tre af regionens større byer er beliggende inden for dens opland. Tissø er ligeledes udvalgt som eksempel på en stor sø, men påvirket overvejende af landbrugsdrift i oplandet. Overvågningen har imidlertid vist, at begge søer primært påvirkes af spildevand fra renseanlæg og sekundært af spildevand fra spredt bebyggelse, mens påvirkning fra landbruget ikke har kunne eftervises.

Maglesø indgår i programmet som eksempel på en sø, der i al væsentlighed er upåvirket af kulturbetingede aktiviteter. For Maglesøs vedkommende er det således ikke formålet med overvågningen at eftervise en evt. effekt af Vandmiljøplanen, men derimod at dokumentere forholdene i en upåvirket sø og give et billede af den naturbetingede variation fra år til år. Maglesø repræsenterer den normale søtype på Sjælland i forholdsvis uspoleret form og tjener således et vigtigt formål som *referencesø*, ved fastsættelse af målsætninger og vurdering af tilstande i de øvrige søer i amtet.

Overvågningen foretages efter de vejledninger og tekniske anvisninger for overvågningsprogrammet, som er udgivet af Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser - med enkelte mindre justeringer foretaget undervejs i forbindelse af med revidering af overvågningsprogrammet eller efter aftale på fagmøder.

Alle data fra overvågningen indberettes til fagdatacentret DMU i Silkeborg og afrapporteres årligt i henhold til paradigmaer, der aftales mellem amterne og Miljøstyrelsen. Rapporten giver en kortfattet præsentation af årets undersøgelsesresultater og en sammenligning med de foregående undersøgelsesår, med vægten på eventuelle udviklingstendenser eller på anden måde bemærkelsesværdige målinger eller iagttagelser. Rapporten giver således ikke en generel beskrivelse af søernes tilstand på baggrund af de samlede resultater fra hele overvågningsperioden.

Denne rapport, som beskriver resultaterne af undersøgelserne i Tystrup Sø i 2002, er udarbejdet af afdelingen for sø og hav, Natur & Miljø, Vestsjællands Amt. Planktonbearbejdningen er foretaget af Miljøbiologisk Laboratorium.



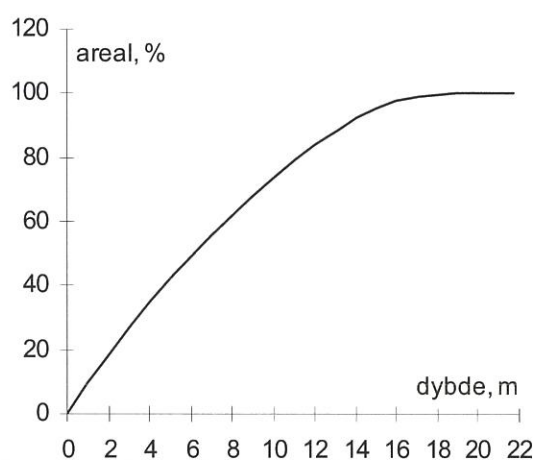
Figur 1.1.1 Beliggenheden af de tre overvågningsøer i Vestsjællands Amt.

## 1.2 Generel karakteristik

Tystrup Sø er beliggende 4 km syd for Sorø. Den danner grænse mellem Vestsjællands og Storstrøms Amter.

Søen, som gennemstrømmes af Sjællands største vandløb, Suså, ligger i en tunneldal og er derfor lang, smal og dyb og omgivet af relativt høje bakker.

Tystrup Sø udgøres af to ca. 20 m. dybe, ovale bassiner forbundet ved et smalt midterparti, figur 1.2. Ved overgangen fra dette midterparti til det sydlige bassin findes en lavvandet tærskel, hvor vanddybden kun overstiger 2 m i en snæver strømrønde, der på det smalleste sted ved Vinstrup Holme er under 50 m. bred. Mod øst er det sydlige bassin ved en smal rende gennem det lavtliggende Rejstrup Holme forbundet med Bavelse Sø. Tidligere blev det sydlige bassin regnet med til Bavelse Sø, i dag betragtes det som nævnt som en del af Tystrup Sø; men reelt er der altså tale om 3 sammenhængende søer. Overvågningen omfatter primært det nordlige af Tystrup Sø's to bassiner.

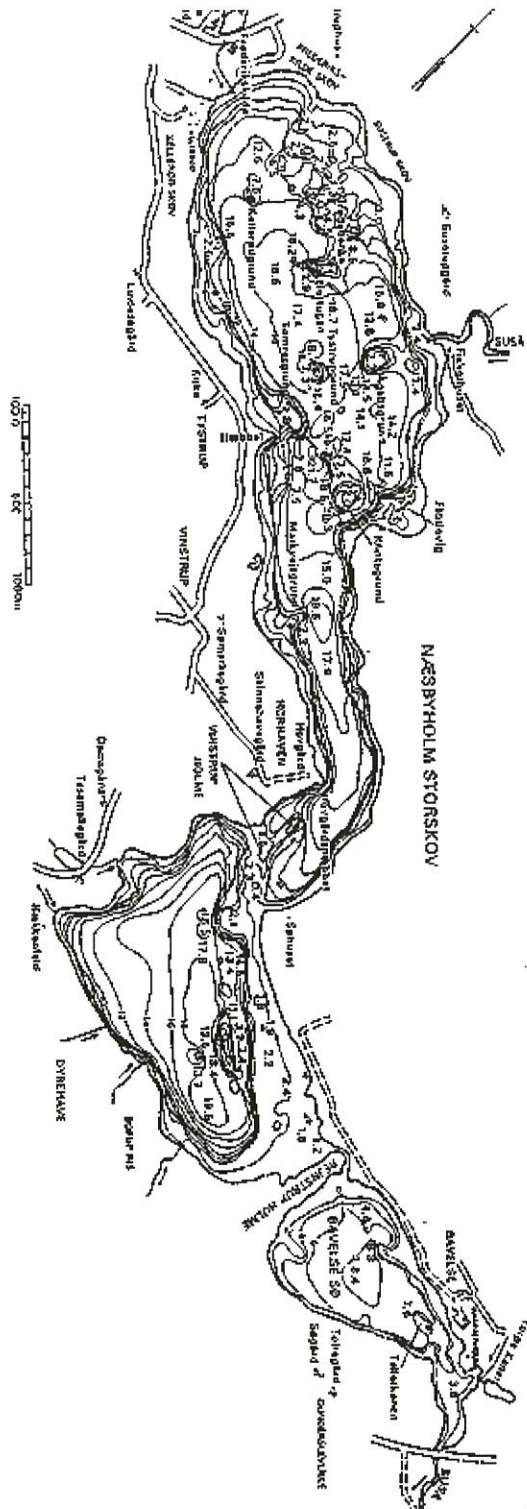


Figur 1.2.1. Tystrup Sø. Hypsograf der angiver den relative størrelse af de enkelte dybdeintervaller.

Dybdeforholdene fremgår af hypsografen, fig. 1.1 og kortet fig. 1.2. Søbunden i det nordlige bassin er stærkt kuperet med relativt lavvandede grunde vekslede med dybere partier. Relieffet antages at være udformet af jordklumper, der i slutningen af istiden dumpede gennem huller i den smeltende is. I søens smallere midterparti har bredderne karakter af stejle skrænter med vanddybder på over 15 meter kun 100 m fra land. Lavvandede områder med mulighed for undervandsvegetation findes som en relativt bred bræmme søen rundt. Ved nordkysten ud for Suserup Skov samt i den nordøstlige del af det sydlige bassin findes der større sammenhængende flader med vanddybder under 3 meter.

Søens vandspejl er beliggende ca. 7 m over DNN.

De vigtigste morfologiske data for Tystrup Sø fremgår af tabel 1.2.1



Figur 1.2.2. Kort over Tystrup og Bavelse Sø.



Tabel 1.2.1. Morfometriske data for Tystrup Sø.

	Nordlige bassin	Sydlig bassin	Hele søen
Oplandsareal			672 km <sup>2</sup>
Søareal	442 ha	219 ha	662 ha
Middeldybde	10.1 m	9.5 m	9.9 m
Max. dybde	21.7 m	19.5 m	
Søvolumen	44.8 mio. m <sup>3</sup>	20.9 mio. m <sup>3</sup>	65.7 mio. m <sup>3</sup>
Kystlængde			19 km
Hydr. opholdstid (03)			0.57

Suså, der er Tystrup Sø's eneste betydende tilløb er hovedvandløb i Sjællands største vandløbssystem, se figur 3.1.1. Suså er 87 km lang og har et samlet oplandsareal på 810 km<sup>2</sup>. Den udspringer i Tingerup Tykke nær Rønnede i Storstrøms Amt. Herfra løber den mod nordvest, drejer syd om Ringsted og løber mod sydvest gennem en meget markant tunneldal til udløbet i Tystrup Sø. Fra afløbet af Bavelse Sø løber Suså mod sydvest til udmundingen i Karrebæk Fjord ved Næstved. De vigtigste tilløb er Ringsted Å-systemet med bl.a. Gyrstinge- og Haraldsted søerne og Alsted Å med Sorø søerne.

Vandløbene i Suså-systemet har gennemgående moderat fald og er derfor ret langsomtflydende. De fleste er regulerede. Der findes imidlertid også en hel del upåvirkede småvandløb og kilder, især på det sidste stykke af Suså inden udløbet i Tystrup Sø og desuden med direkte udløb i selve søen. Vandløbene omkring Tystrup Sø er derfor generelt højt målsatte.

Øvre del af Suså er påvirket af vandindvinding fra Næstved mens Ringsted Å er påvirket af at Gyrstinge Sø og Haraldsted Sø anvendes af Københavns Vandforsyning til reguleringsmagasin.

Der er mange større og mindre søer i vandløbssystemet spændende fra nogen af amtets reneste som Hvidsø ved Jystrup og Ulse Sø ved Haslev til stærkt forurenede som f.eks. Haraldsted Sø ved Ringsted og Tuel Sø ved Sorø. I alt er der 19 søer (> 3 ha) i oplandet til Tystrup Sø. Tilsammen dækker de et areal på næsten 12 km<sup>2</sup>. Mulighederne for spredning af dyre- og plantearter til Tystrup Sø er derfor de bedst tænkelige.

## 2 Klimatiske forhold

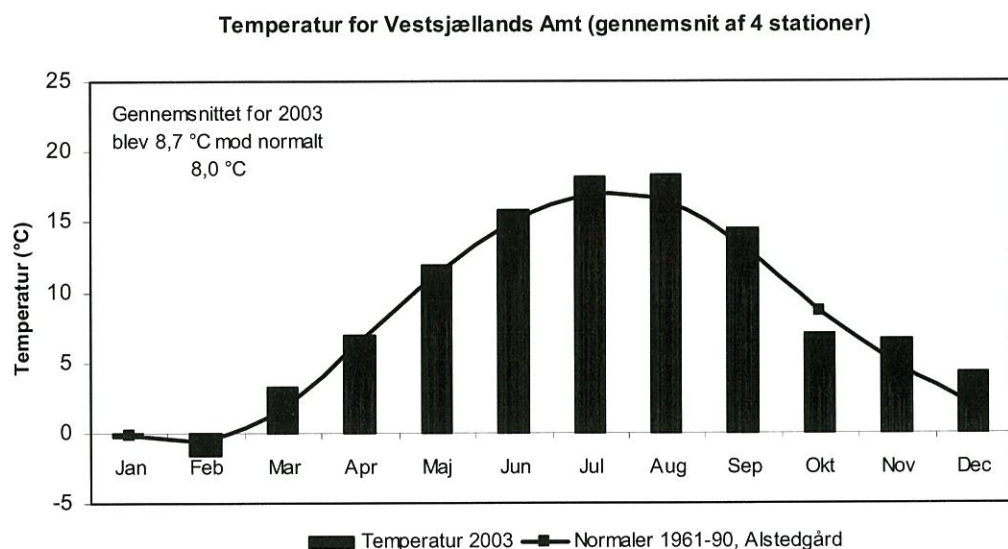
Under beskrivelse af klimaet er Tuse Å og oplandet til stationen ved Nybro udvalgt som repræsentativt for Vestsjællands Amt. Nedbøren til Tuse Å ved Nybro er beregnet ud fra følgende klimastationer:

$$0.34 \cdot 29199 (\text{Undløse}) + 0.43 \cdot 29062 (\text{Stigsbjergby}) + 0.23 \cdot 29040 (\text{Holbæk})$$

Nedbørsmængderne er korrigeret for målefejl som beskrevet af Allerup, P.; Madsen, H. og Vejen, F. (1998). Temperaturen er et gennemsnit af følgende tre stationer: Alstedgård, Flakkebjerg og Røsnæs.

### 2.1 Temperaturen

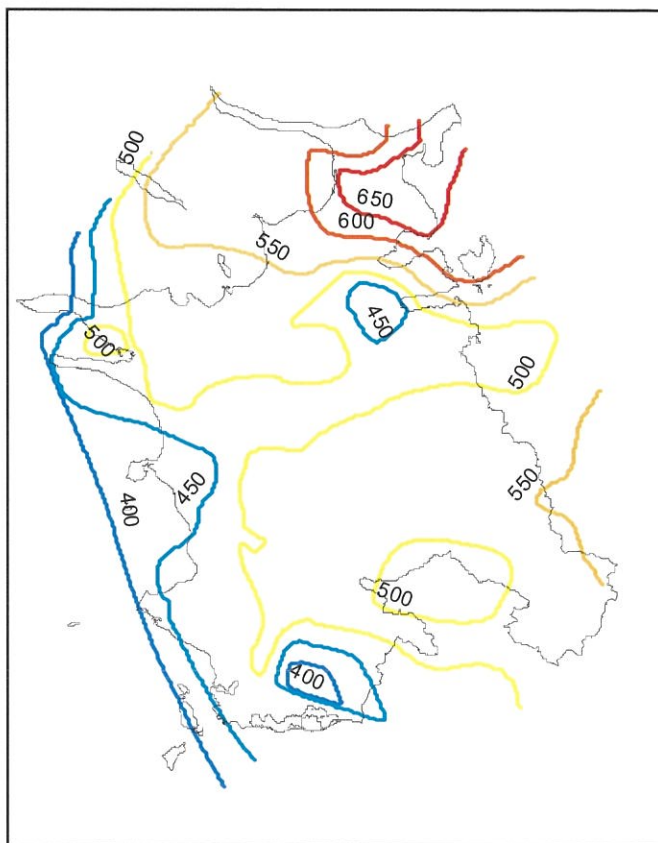
For året som helhed blev temperaturen ca. 0,7 grader højere end normalt. Kun i januar, februar og oktober lå temperaturen lavere end normalt, mens især august, november og december var varmere.



Figur 2.1. Temperaturforløbet som månedsgennemsnit

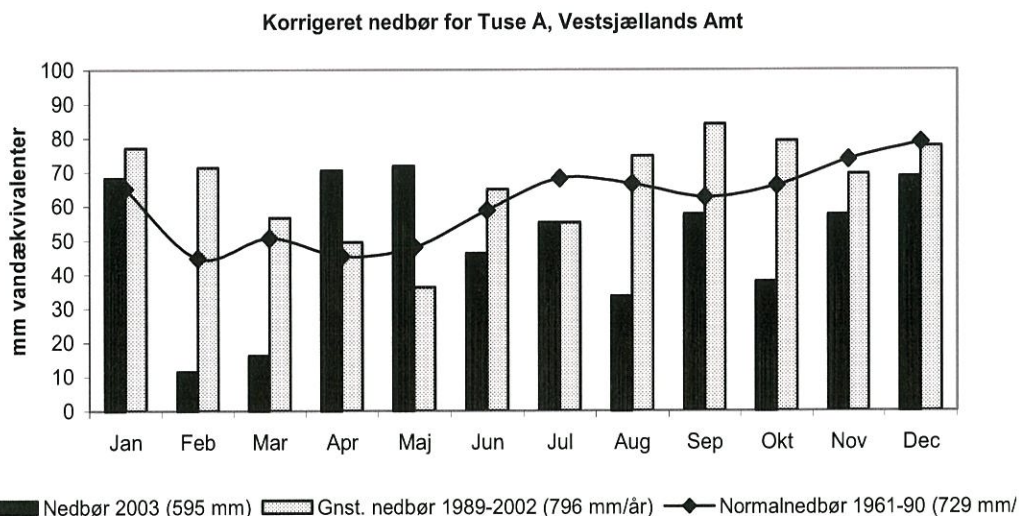
## 2.2 Nedbøren

I 2003 faldt der mindre nedbør end i året før, og også mindre end gennemsnittet for både normalperioden 1961-1990 samt gennemsnittet for perioden 1989-2002. I alt faldt der ca. 595 mm nedbør i oplandet til Tuse Å ved Nybro mod 729 mm for normalperioden 1961-90. Der kom generelt mest nedbør i den nordlige og østlige del af amtet (se Figur 2.2.1). Februar og marts var meget tørre både sammenlignet med normalperioden og perioden 1989-2002. Til gengæld faldt der mere nedbør i april og maj end i de 2 perioder (se Figur 2.2.2).



Figur 2. 2.1 Nedbør i Vestsjællands Amt i 2003 (ukorrigeret)

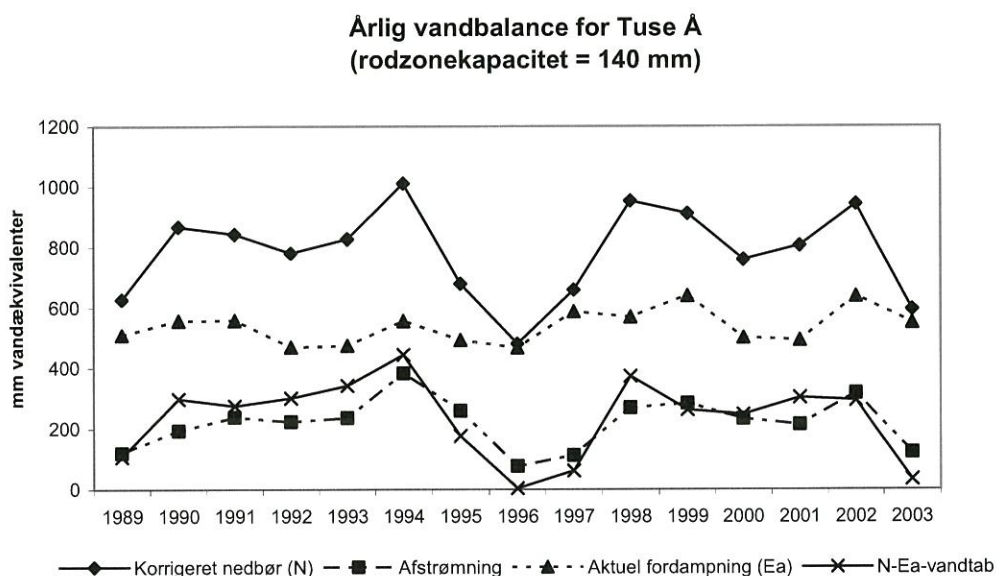
Den aktuelle fordampning ved Tuse Å blev for 2003 ca. 551 mm (beregnet ud fra en gennemsnitlig rodzonekapacitet på 140 mm og fordampningen ved Maglesø). Nettonedbøren var ca. 44 mm, og den overfladiske afstrømning for Tuse Å var ca. 123 mm for 2003.



Figur 2.2.2 Månedssummer af nedbøren

### 2.3 Afstrømning

Afstrømningen i 2003 var lav sammenlignet med 2002 og varierede fra 193 mm ved Lammefjord Søkanal til kun 65 mm ved Fladmose Å. Overordnet set var der en nord-sydgående gradient i afstrømningen med den laveste afstrømning i de sydlige dele af amtet. For amtet som gennemsnit var afstrømningen kun ca. halvt så stor som i 2002.

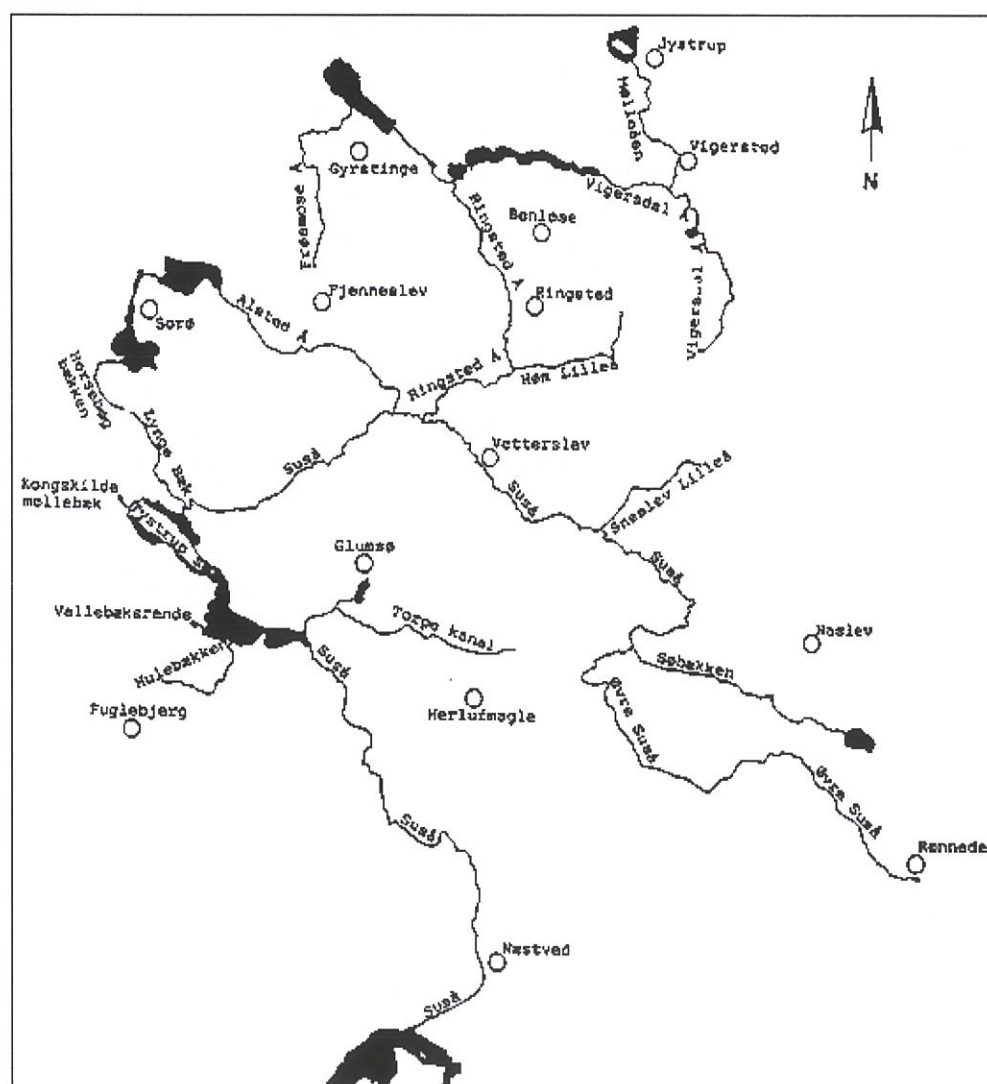


Figur 2.33 Vandbalancen opgjort som årssummer af nedbør, fordampning, afstrømning og nettonedbør i perioden 1989-2000.

## 3 Oplandsbeskrivelse

### 3.1 Oplandskarakteristik og beskrivelse

Oplandet til Tystrup Sø har et areal på 672 km<sup>2</sup>. Ca. 64 % af arealet er landbrugsjord (427 km<sup>2</sup>), men der er også en del skov (119 km<sup>2</sup>). Knap 11 % af arealet er bymæssig bebyggelse (76 km<sup>2</sup>), tabel 3.1.1. Der er tre middelstore byer inden for oplandet, Ringsted, Sorø og Haslev, samt en del småbyer hvilket betyder at spildevandsudledningen til vandsystemet er betydeligt. Der er i alt 16 renselanlæg inden for oplandet, heraf 4 som er større end 1000 PE.



Figur 3.1.1. Oversigt over Suså-vandsystemet

Tabel 3.1.1. Arealanvendelsen i oplandet til Tystrup Sø

	Ha	%
Landbrug	428	63.9
Byområder	76	11.3
Skov	120	17.9
Ferskvand	17	2.5
Andre typer	29	4.3
I alt	670	100

Den alt dominerende jordtype inden for den dyrkede del af oplandet er type 4, sandblandet ler, der er således generelt tale om frugtbar landbrugsjord, tabel 3.1.2.

Tabel 3.1.2 Jordtypefordeling i det dyrkede areal (efter ADK) af oplandet til Tystrup Sø

Jordtype	Areal (ha)	%
Type 2	33	0.1
Type 3	11400	21.5
Type 4	34700	65.5
Type 5	3940	7.4
Type 7	2930	5.5
I alt	53003	100

### 3.2 Kilder til næringsstofbelastningen

Hovedparten af stoftilførslen til Tystrup sø måles ved Suså, Næsby bro. Målestationen har et 610 km<sup>2</sup> stort opland, som indeholder tre af amtets større byer, Sorø, Ringsted og Haslev. To tredjedele af det samlede oplandsareal er opdyrket. Stationen har været i drift som stoftransportmålestation siden 1977 og er derved amtets ældste stoftransportstation.

I forbindelse med vandmiljøplanens ikrafttræden i 1989 etableredes målestationer i fire mindre tilløb til Tystrup sø. Af disse drives kun Hulebækken fortsat som målestation mens Vallebæksrenden ved Tase Møllebæk med et opland på 8.1 km<sup>2</sup>, Kongskilde Møllebæk med et opland på 6.8 km<sup>2</sup> og Lyngebæk ved Suserup med et opland på 4.8 km<sup>2</sup> er nedlagt.

Hulebækken ligger i et landbrugsopland, med et oplandsareal på 15,6 km<sup>2</sup>. Spildevandsbelastningen stammer hovedsageligt fra spredt bebyggelse, men vandløbet er i perioder belastet af regnvandsoverløb fra Fuglebjerg by.

Stofbelastningen fra de umålte oplande til Tystrup Sø, som udgør 47 km<sup>2</sup>, er hidtil blevet beregnet ved anvendelse af arealkoefficienter fra de målte oplande til søen, målt ved henh. Suså ved Næsby Bro og Hulebækken ved Hulebækhus. Fra og med 1998 bestemmes stoftransporterne ud fra vandføringsvægtede koncentrationer. Målinger fra de tre tidligere stationer i oplandet inddrages ligeledes.

For Vallebæksrenden ved Tase Møllegård er kvælstofkoncentrationerne bedst korreleret med koncentrationer fra Hulebækken med en korrelationskoefficient på 0.88 og følgende lineære sammenhæng:

$$N\text{-Vallebæksrenden} = 0.9 \times \text{Hulebæk}, \text{Hulebækshus} - 0.08 \quad (R^2=0.76)$$

For fosfor findes ingen signifikant sammenhæng med koncentrationer i de øvrige vandløb, mens vandføringen er korreleret med Hulebækken med en korrelationskoefficient på 0.99 og den lineære sammenhæng:

$$Q\text{-Vallebæksrenden} = 0.46 \times \text{Hulebæk}, \text{Hulebækshus} + 0.13 \quad (R^2=0.98)$$

For Kongskilde Møllebæk er kvælstofkoncentrationerne bedst korreleret med koncentrationerne fra Tuse Å ved Nybro med en korrelationskoefficient på 0.96 og følgende lineære sammenhæng:

$$N\text{-Kongskilde Møllebæk} = 1.4 \times \text{Tuse Å}, \text{Nybro} + 1.07 \quad (R^2=0.92)$$

For fosfor findes ingen god korrelation med de øvrige vandløb. Vandføringen bestemmes ud fra QQ-relation med Tuse Å ved Valbygård og Seerdrup Å ved Johannesdal eller 0.9 x Tude Å, Skrætholm.

Fra Lyngebæk ved Suserup findes kun målinger fra en periode, hvor der batchvis udledes spildevand fra et nu nedlagt biologisk renseanlæg i oplandet. Stoftransportberegningerne var derfor behæftet med stor usikkerhed. Desuden er vandløbet for en stor del grundvandsfødt, hvorfor det ikke har været muligt at finde en egnet referencestation for vandføring. P.g.a. af disse usikkerheder er relationer for Lyngebæk ikke inddraget ved bestemmelsen af stofbelastningen fra det umålte opland til Tystrup Sø.

Naturbidrag og bidrag fra atmosfærisk nedfald beregnes ved erfaringstal. Naturbidrag beregnes på baggrund af tilført vandmængde, der ganges med erfaringstal for koncentration (1.27 mg/l N og 0.043 mg/l P).

Bidrag fra landbrug beregnes som restprodukt af stoftilførsel (inklusive retention i søer), efter fradrag af spildevands- og naturlige bidrag.

Belastning til Tystrup Sø 2003 fordelte sig som anført i tabel 3.2.1.

*Tabel 3.2.1. Belastningen af Tystrup Sø med vand fosfor og kvælstof i 2003 fordelt på kilder.*

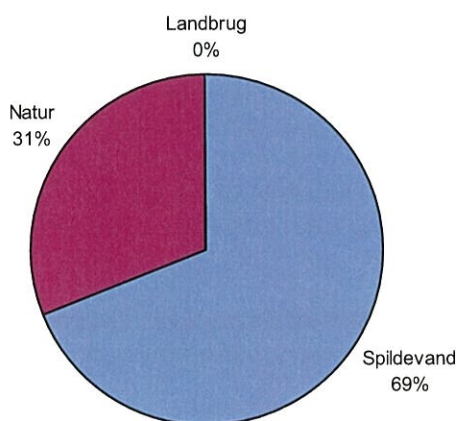
	Vand mio. m <sup>3</sup>	Total-P tons	Total-N tons
Samlet tilførsel	109.648	14.694	496.335
Renseanlæg		2.657	38.380
Regnvandsbetingede udløb		1.796	6.948
Industri		0.086	0.777
Spredt bebyggelse		6.413	27.941
Atm. deposition		0.186	27.905
Natur		4.769	117.632
Landbrug		-0.217	359.579
Søretention opstrøms		-0.006	-83.826
Beregnet fraførsel	88.742	10.252	468.919

Afstrømningen var i 2003 betydeligt mindre end året før og udgjorde kun omkring halvdelen af gennemsnittet for overvågningsperioden.

### Fosfor

Kilderne til næringsstofbelastningen af Tystrup Sø er spildevandsudledninger, udvaskning fra oplandsarealet og atmosfærisk deposition. Spildevands- og udvaskningsbidrag opgøres på delkilder hvis størrelser fremgår af tabel 3.3.1.

Som det fremgår af figur 3.2.1 er naturbidraget den væsentligste kilde til fosforbelastningen af Tystrup Sø. Spildevandsbelastningen er af næsten samme størrelse. Halvdelen af spildevandsbidraget stammer fra den spredte bebyggelse, mens renseanlæg og regnvandsbetingede udløb hver bidrager med ca. en fjerdedel.



Figur 3.2.1 Fosfortilførslen i 2003 til Tystrup Sø fordelt på kilder.

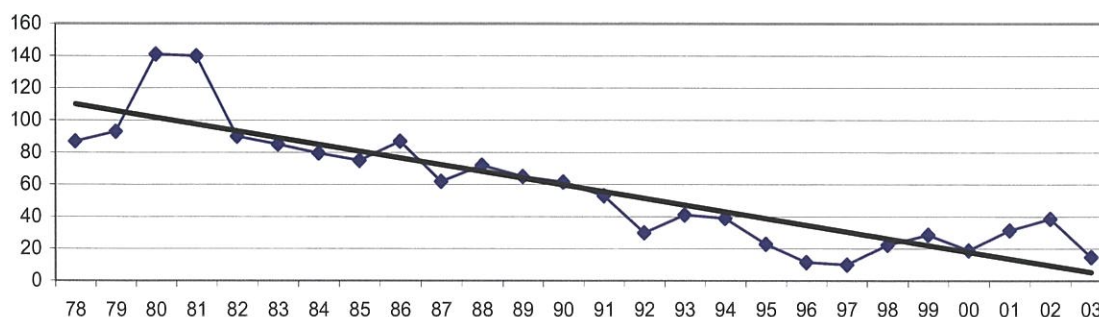
Det atmosfæriske bidrag på selve søarealet er ikke vist på figuren. I kraft af søens beskedne areal i forhold til oplandsarealet udgør det kun ca. 1 % af belastningen.

Størrelsen af de respektive bidrag er behæftet med betydelig usikkerhed; dels fordi naturbidraget er en teoretisk størrelse baseret på målinger andre steder, dels fordi spildevandsbelastningen fra den spredte bebyggelse kun kan opgøres temmelig groft. Endelig er målingen af fosfortransporten i vandløb, hvor på totalbelastningen er baseret, behæftet med en væsentlig fejlkilde.

Landbrugsbidraget beregnes som "resten" når alle øvrige målte og beregnede bidrag trækkes fra den målt totalmængde. Landbrugsbidraget er derfor i særdeles behæftet med usikkerhed; hvilket bl.a. giver sig udslag i, at det i opgørelserne svinger meget fra år til år. Nogle år beregnes det til at være negativt som i 2003, og sættes i så fald til 0, året før var det forholdsvis stort og tegnede sig for knap en fjerdedel af den samlede belastning. Fosforudvaskningen fra landbrugsarealer er korreleret med afstrømningen, og selv om den naturligvis ikke er negativ eller nul i tørre år, er den utvivlsomt af beskeden størrelse i år som 1996, 1997 eller 2003. Man må dog forvente at dette medfører en ophobning i jord og dræn m.v., som resulterer i en forhøjet fosforbelastning det efterfølgende år, hvis dette har en afstrømning omkring eller over middel.



Fosforbelastningen, der var forholdsvis beskednen i de to meget tørre år 1996 og 1997, steg markant i 1998 til 22.8 tons, og i 1999 yderligere til 28.6 tons, faldt i 2000 til 18.9 tons. I 2001 og igen i 2002 steg det til lidt over 1999 niveauet. I 2003 faldt det så igen til næsten samme lave niveau som i 1996-97. Set over såvel overvågningsperioden (1989-2003) som hele den periode, hvor fra der foreligger data, er der tale om et betydeligt - statistisk signifikant - fald i fosforbelastningen, fig. 3.3.2. Betragtes imidlertid kun de seneste 10 år ses imidlertid at udviklingen er stagneret



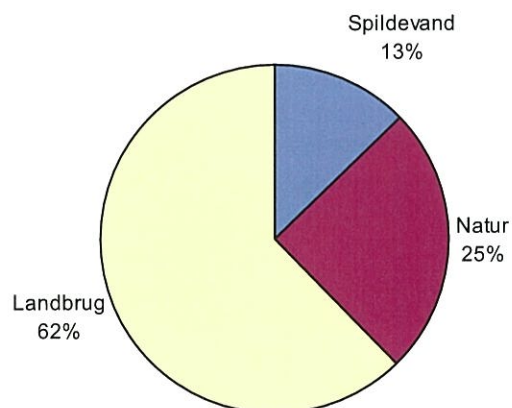
Figur 3.2.2. Belastningen af Tystrup Sø med fosfor og tendenslinje beregnet ved lineær regression 1978-2003. Total-P, tons.

### Kvælstof

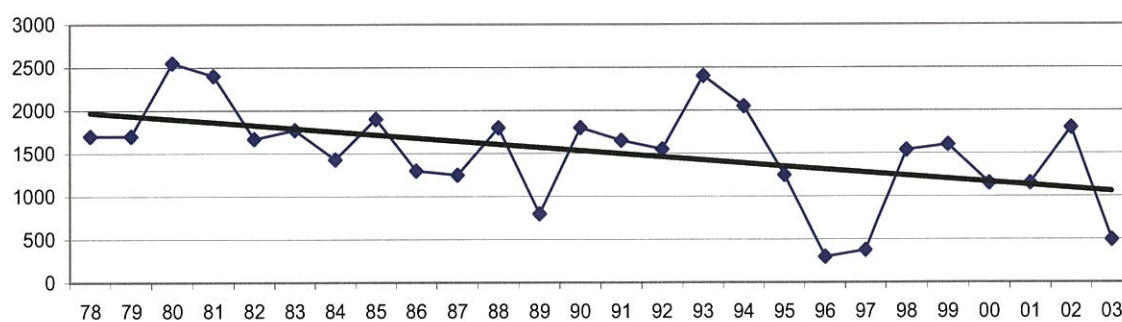
Kilderne til kvælstofbelastningen er de samme som for fosfor. Spildevandets andel er imidlertid af underordnet betydning, når det drejer sig om kvælstof. Den atmosfæriske afsætning, som skyldes ammoniakfordampning og kvælstofilter fra biler og forbrændingsanlæg, bidrager med en noget større andel end for fosfor vedkommende, men er dog stadig helt underordnet i forhold til udvaskningsbidraget; på figuren er denne kilde inkluderet i naturbidraget. Landbrugsbidraget er det absolut største idet det andrager ca. 2/3 af den samlede belastning.

Det samlede spildevandsbidrag (renseanlæg, industri, regnvandsbetingede udløb og spredt bebyggelse) udgjorde kun 13 % af den samlede belastning.

Kvælstofbelastningen, der i 1996-97 var ekstremt lav, steg i 1998 -2002 til et mere normalt niveau omkring 1500 t/år. I 2003 faldt den igen til næsten det samme lave niveau som i 1996-97. Set over hele den afbildede periode udviser kvælstoftilførslen en faldende tendens. Betragtes alene overvågningsperioden 1989-2003 er tendensen stadig faldende men lidt svagere. Da kvælstofbelastningen er styret af afstrømningen, som varierer stærkt fra år til år, kan en evt. udvikling ikke vurderes på baggrund af den samlede belastning, som er vist på figuren. Men en statistisk analyse af stoftransporten i Suså, som er Tystrup Sø's eneste betydende tilløb, korrigeret for varierende afstrømning viser, at den faldende tendens er statistisk signifikant. (Se rapport over stoftransport 2003). Der er i perioden indført kvælstoffjernelse på de største renseanlæg i oplandet, men dette har kun haft begrænset betydning, da den helt overvejende andel af kvælstof belastningen stammer fra landbruget. Det må derfor vurderes, at landbrugsbelastningen er faldet noget.



Figur 3.2.3. Kvælstoftilførslen til Tystrup Sø i 2003 fordelt på kilder.



Figur 3.2.4. Belastningen af Tystrup Sø med kvælstof og tendenslinje beregnet ved lineær regression 1978-2003. Total-N, tons

## 4 Vand- og stofbalancer

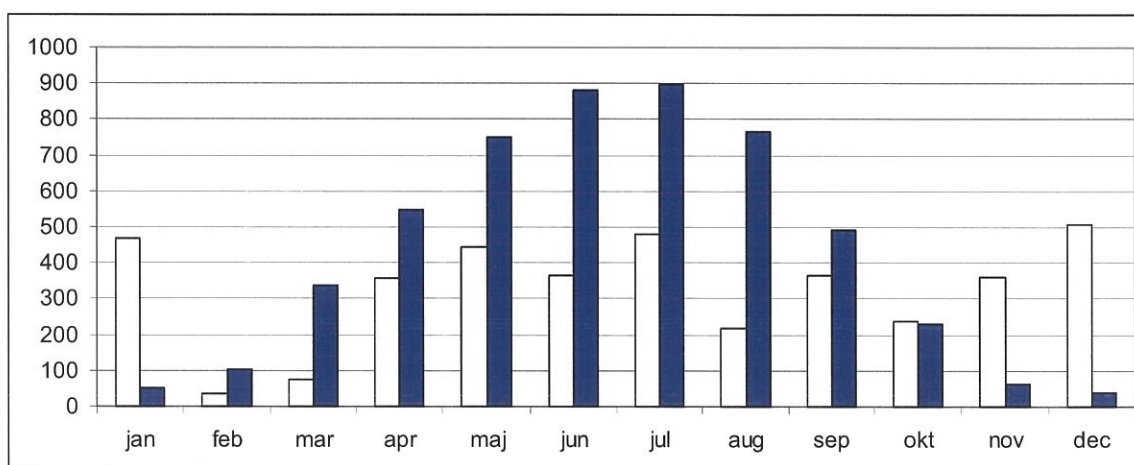
### 4.1 Vandbalance

#### Nedbør og fordampning

Nedbøren i 2003 var langt under gennemsnittet for overvågningsperioden. Kun i januar og igen i november-december oversteg nedbøren fordampningen.

Fordampningen, der primært er styret af indstrålingen, fulgte det sædvanlige sinusformede forløb med minima i januar og december og et maksimum i juni-juli.

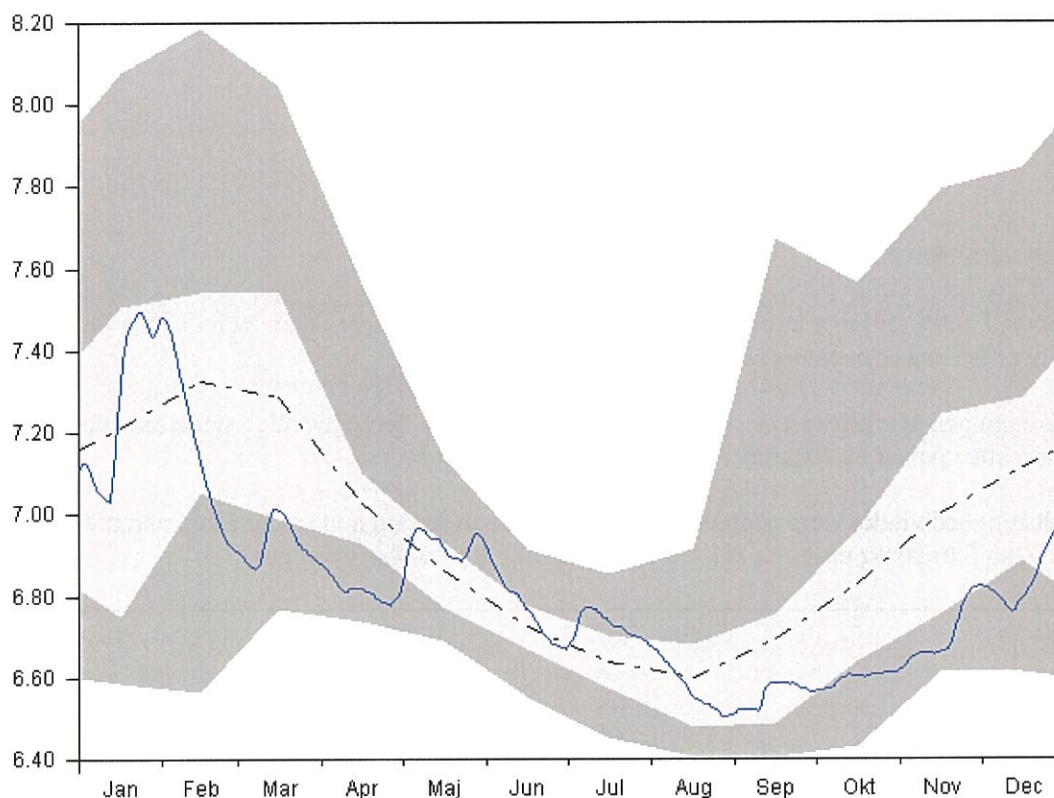
I almindelighed vil der være nedbørsoverskud i vinterhalvåret og underskud i sommerhalvåret, i 2003 skiller især februar og marts sig ud ved en usædvanlig lille nedbørsmængde



Figur 4.1.1 Nedbør (lyse søjler) og fordampning (mørke søjler) Tystrup Sø 2003, månedsværdier i 1000 m<sup>3</sup>.

#### Vandstand

Vandstanden lå ved årets start på de for overvågningsperioden gennemsnitlige forløb. Herefter faldt den brat som følge af den manglende nedbør i februar og marts. I april og maj var nedbørsmængden relativt stor, hvilket bragte vandstanden tilbage til det normale niveau, som blev fulgt hen over sommeren indtil sidst i august, hvor den ringe nedbør slog igennem på vandstanden. Året ud var vandstanden unormalt lav, selv om den i november og december hvor nedbørsforholdene var mere normale steg med den sædvanlige rate.



Figur 4.1.2 Vandstanden i Tystrup Sø 2003 målt ved søbredden ud for station 1, m DNN. Sammenlignet med månedsmiddelværdier for hele overvågningsperioden (stiplet)

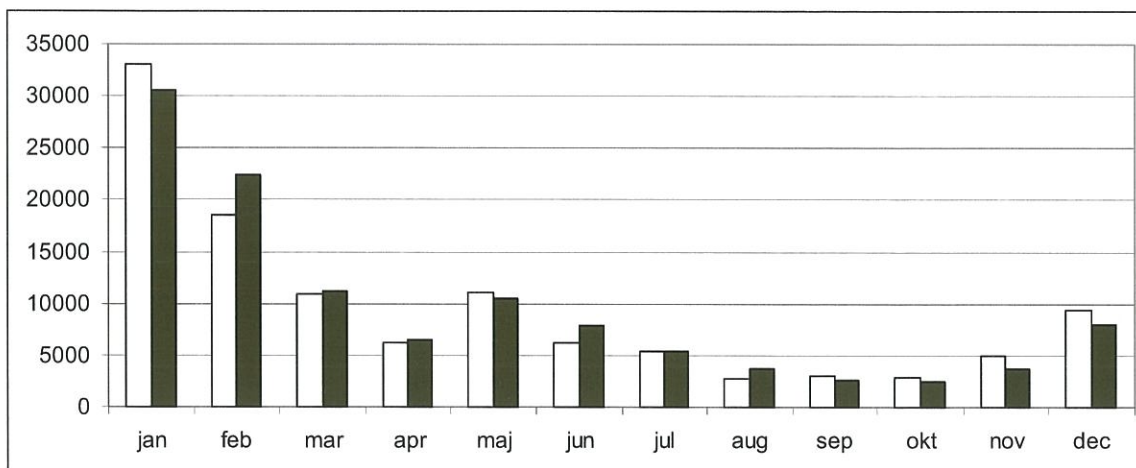
### Vandbalance

Der måles ikke direkte på afløbet fra Tystrup Sø. Det kan i praksis ikke lade sig gøre. Afløbsmængden er derfor beregnet på basis af målinger i afløbet fra Bavelse Sø med fradrag af øvrige tilførsler til denne.

Suså er Tystrup Sø's hovedtilløb og det eneste der har betydning for vandbalancen.

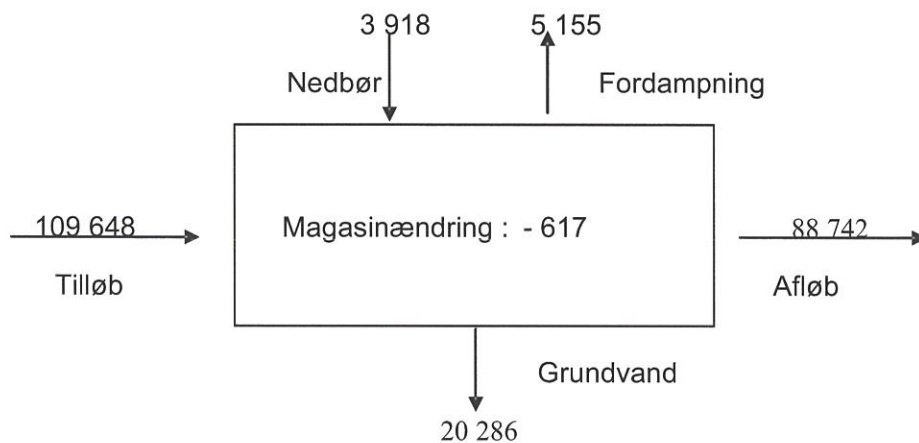
Den hydrauliske opholdstid i Tystrup Sø i 2003 beregnet ud fra afløbsmængde var 0.57 år for året som helhed, 2.17 for sommerperioden. Det er noget nært den langsomste vandudskiftning der er målt i overvågningsperioden.

Vandbalancen på månedsbasis er illustreret på figur 4.1.3. Der er tæt ved balance mellem til- og fraførsel i alle måneder. Der er således relativt små forskelle der skal til for at give den vandstandsvariation, der observeres i søen, dette afspejler - ved sammenligning med f.eks. Tissø - effekten af et meget større opland kombineret med et mindre søareal.



Figur 4.1.3 Vandbalance for Tystrup Sø 2003. Lyse søjler: vandtilførsel, mørke søjler: fraførsel, 1000 m<sup>3</sup>.

Vandbalancen for hele året er illustreret i figur 4.1.4. Nedbøren på selve søarealet er af helt underordnet betydning på grund af søens beskedne areal sammenlignet med oplandsarealet.



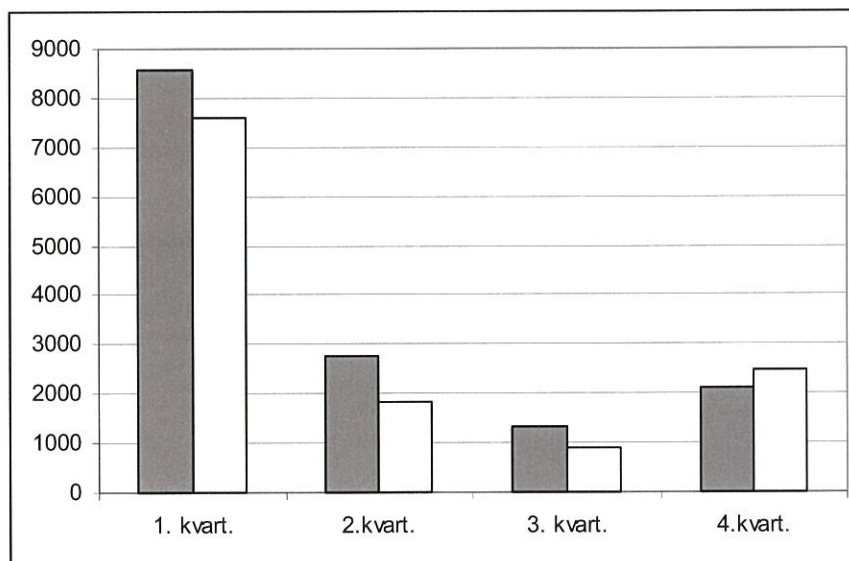
Figur 4.1.4. Vandbalance for Tystrup Sø 2003, 1000 m<sup>3</sup>.

Der er en betydelig udsivning til grundvandet svarende til 13 % af tilførslen. Der beregnes da også udsivning i alle måneder undtagen juli. En forventet indsivning i perioden med lav vandstand sidst på året fandt ikke sted. Det lave nedbør har formentlig også medført lav grundvandsstand omkring søen.

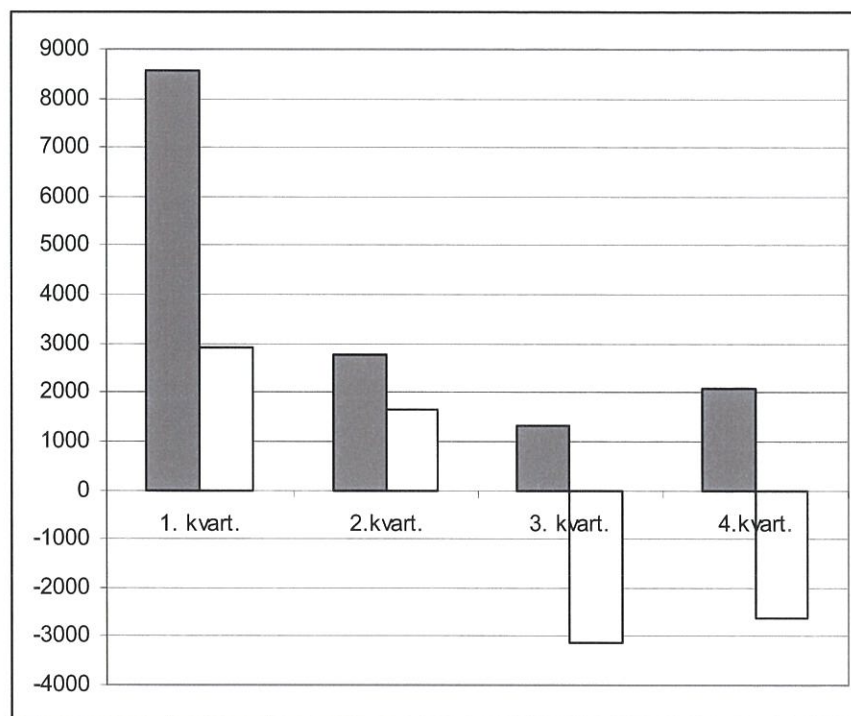
## 4.2 Fosforbalance

Transporten til Tystrup Sø måles og beregnes som beskrevet i afsnit 3. Stoftransporten ud af søen er derfor baseret på det beregnede afløb og søvandskoncentrationerne af kvælstof, fosfor og jern.

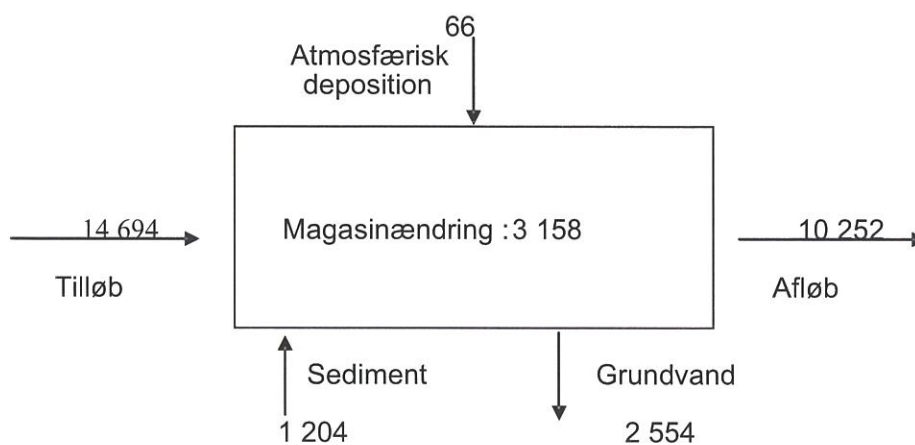
Fosforbalancen opgjort på kvartaler er illustreret på figur 4.2.1. Der var nettotilbageholdelse af fosfor i søen i 1. til 3. kvartal og et mindre afkast i 4. kvartal. Det normale mønster for Tystrup Sø har hidtil været præget af en meget stor fosforfrigivelse fra sedimentet i 3. kvartal (negativ retention) og en moderat fosforbinding resten af årets. På årsbasis har søen afkastet fosfor de seneste mange år bortset fra 2001 hvor der var en nettotilbageholdelse på 9 t. Det samme var tilfældet i 2003, hvor der var den sædvanlige nettoretention i 1. og 2. kvartal, og i 3. kvartal fosforfrigivelse; denne fortsatte dog i modsætning til den normale billedet ind i 4. kvartal. På årsbasis var der tale om en tilbageholdelse af fosfor på knap 4.4 t. Det skyldes imidlertid ikke at fosforbindingen på årsbasis oversteg frigivelsen fra sedimentet, idet der var en transport til grundvandet på ca. 2.5 t., samtidigt med at søvandsmagasinet voksede med mere end tre ton. Det er karakteristisk at søer med en faldende ekstern belastning afkaster fosfor. For Tystrup Sø ser det ud til at søen er ved at komme i balance med den reducerede belastning og fosforafkastet derfor er faldende.



Figur 4.2.1. Tystrup Sø, kvartalsvis opgørelse af den samlede eksterne P-tilførsel (mørke søjler) og fraførsel (lyse søjler) i 2003. Total-P i kg.



Figur 4.2.2. Tystrup Sø, kvartalsvis opgørelse af P-tilførslen (mørke søjler) og retentionen (lyse søjler) i 2003. Total-P i kg.

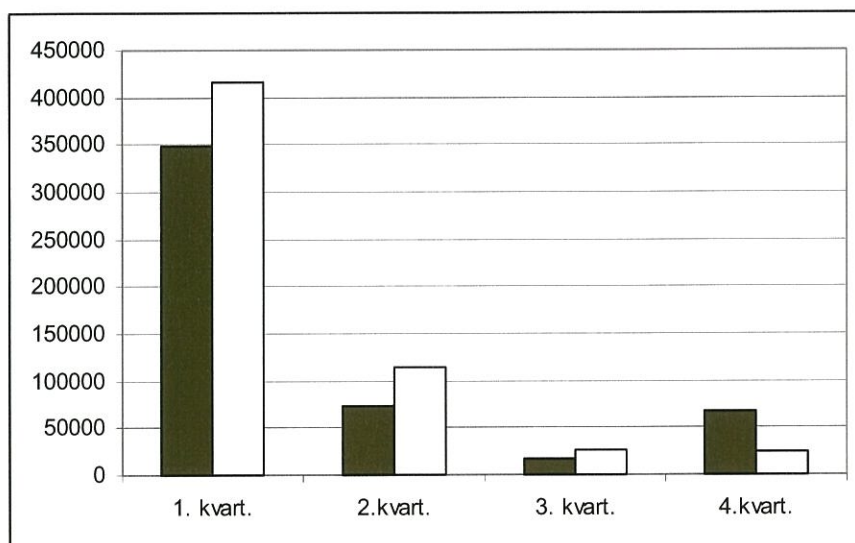


Figur 4.2.3 Fosforbalance for Tystrup Sø, 2003. Total-P i kg.

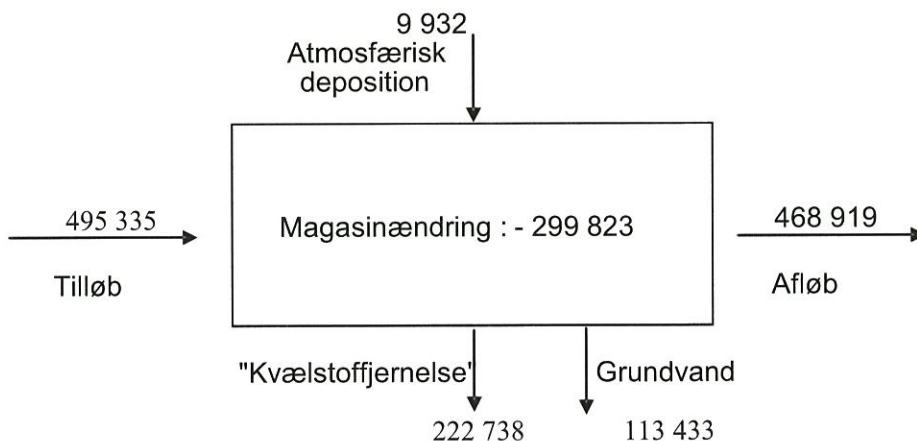
### 4.3 Kvælstofbalance

Den kvartalsvise kvælstofbalance er illustreret i figur 4.3.1. Tilførslen følger afstrømningsmønstreret. Tilførslen var i 1. 2. og 3. kvartal mindre end fraførslen, mens der 4. kvartal hvor nedbøren nærmede

sig det normale var en tilførsel som oversteg fraførslen. På årsbasis var der tale om en meget beskeden retention af kvælstof på ca. 26 tons svarende til godt 5 %, hvilket er langt under den retention, der de fleste år er målt i Tystrup Sø på 20 -30 %. Samtidigt blev der imidlertid fjernet 223 tons kvælstof fra søen ved denitrifikation og sedimentation og 113 tons er sivet til grundvandet. Det herved fjernede kvælstof er taget fra magasinet i søvandet som på årsbasis faldt med næsten 300 tons.



Figur 4.3.1 Kvartalsvis opgørelse af den samlede eksterne N-tilførsel (venstresøjler) og fraførsel (højresøjler) i 2003, kg.



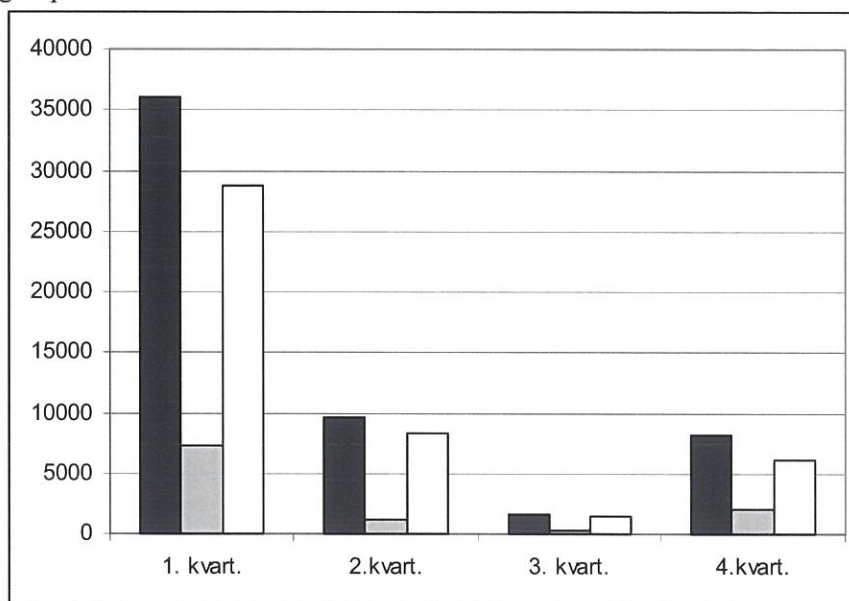
Figur 4.3.2 Kvælstofbalance for Tystrup Sø 2003. Total-N, kg

#### 4.4 Jernbalance

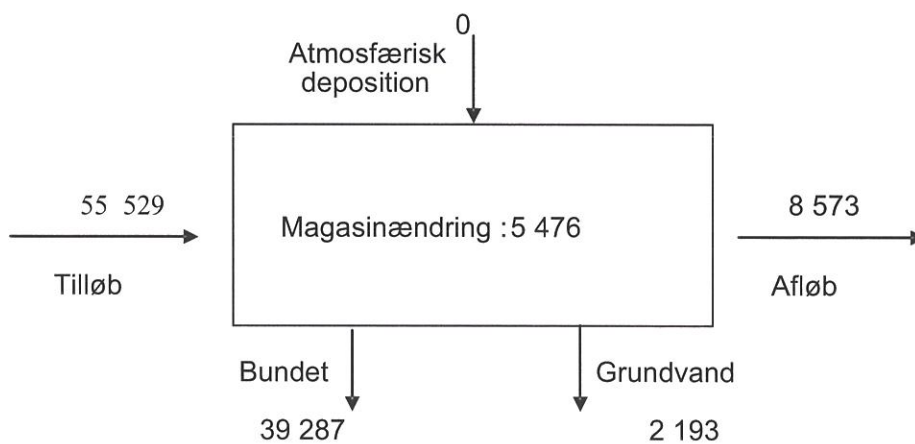
I figur 4.4.1 og 4.4.2 er illustreret den kvartalsvis opgjorte jernbalance. Jerntilførslen fulgte i store træk afstrømningen, og var således relativt stor i januar men relativt lav resten af året. I alle 4



kvartaler var der tale om stor netto retention. På årsbasis tilbageholdtes ca. 85 % af den tilførte jernmængde, hvilket er noget højere end i 2002, men af nogenlunde samme størrelse, som de foregående års retention. Det er betydelige jernmængder, der ender i sedimentet, som derfor har stor fosforbindingskapacitet under iltede forhold.



Figur 4.4.1 Kvartalsvis opgørelse af den samlede eksterne jern-tilførsel (sort), fraførsel (grå) og retention (hvid) i Tystrup Sø, 2003. Total-jern i kg.



Figur 4.4.2 Jernbalance for Tisø 2003, Total-Fe, kg.

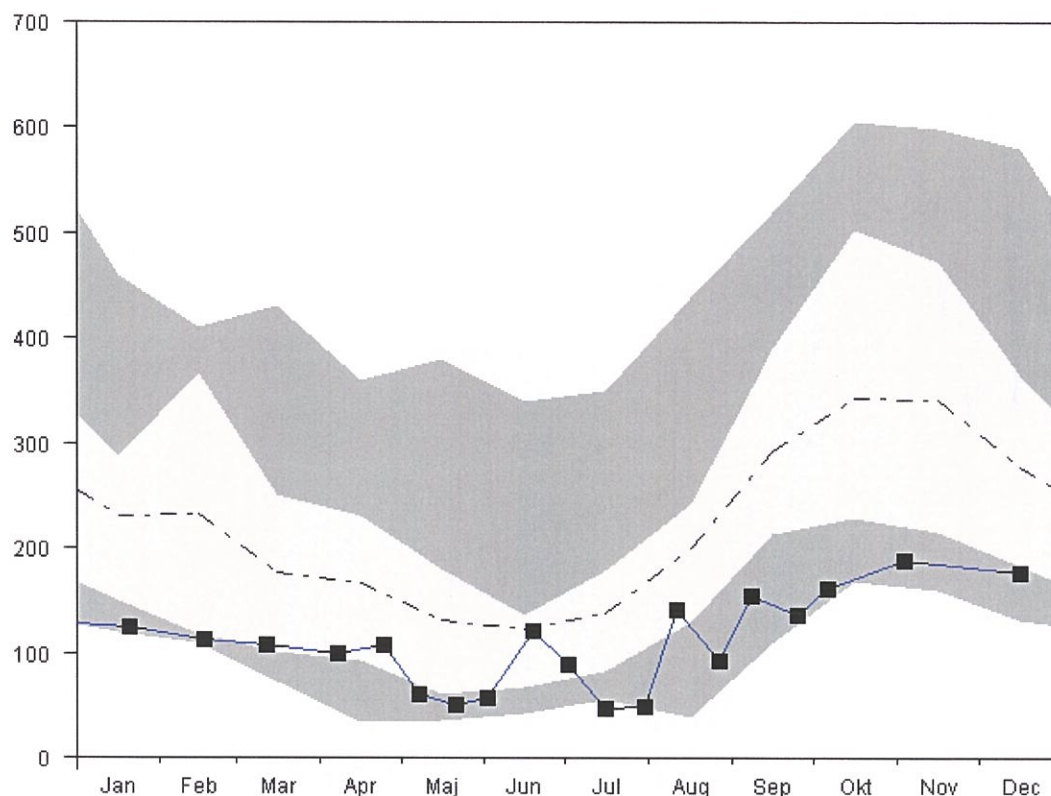
## 5 Udvikling i miljøtilstanden

Der er i 2003 fortaget tilsyn 18 gange på Tystrup Sø. Der er lavet profilmålinger og udtaget prøver til vandkemisk analyse på hovedstationen, dog ikke ved de første tilsyn i januar og februar, hvor søen var delvis isdækket; ved den lejlighed blev der blot taget en vandprøve ca. 10 m fra bredden. I tabel 5.1. er angivet tidsvægtede årsgennemsnit og sommergennemsnit (1.5. til 30.9.) af de målte parametre for 2003 sammenlignet med perioden 1989-2002.

*Tabel 5.1. Tidsvægtede års- og sommermiddelværdier af vandkemiske parametre og sigtdybde i Tystrup Sø 2003 sammenlignet med min, max. og median af middelværdierne for de øvrige overvågningsår. \* Måling af glødetab af suspenderet stof påbegyndtes i 1998. \*\*Måling af jern påbegyndtes i 1993.*

Parameter enhed	Tds.vgt. middelvrd.	1989-2002			2003
		min.	median	max	
Sigtdybde m	år	1.69	2.01	2.50	2.90
	sommer	1.25	1.59	2.20	2.73
pH -	år	8.26	8.40	8.47	8.37
	sommer	8.47	8.64	8.72	8.50
Klorofyl A mg/l	år	0.017	0.033	0.076	0.020
	sommer	0.032	0.066	0.164	0.037
Ammonium N mg/l	år	0.021	0.051	0.103	0.045
	sommer	0.019	0.040	0.107	0.031
Nitrat-N mg/l	år	1.34	3.96	7.55	2.953
	sommer	0.97	3.13	6.03	2.416
Total-N mg/l	år	2.31	5.10	8.80	4.00
	sommer	2.08	4.44	7.35	3.419
Orto-P mg/l	år	0.068	0.128	0.352	0.075
	sommer	0.008	0.072	0.271	0.030
Total-P mg/l	år	0.115	0.180	0.408	0.120
	sommer	0.082	0.153	0.350	0.092
Alkalinitet mmol/l	år	3.45	3.69	4.17	4.02
	sommer	3.20	3.50	4.06	3.92
Silicium mg/l	år	2.18	2.95	3.53	2.50
	sommer	0.57	1.18	1.96	2.10
Suspenderet stof mg/l	år	5.08	6.70	9.97	5.32
	sommer	5.81	9.18	18.67	6.79
Glødetab* mg/l	år	3.67	5.59	7.30	3.56
	sommer	6.04	10.37	13.61	4.84
Jern** mg/l	år	0.061	0.083	0.099	0.076
	sommer	0.036	0.057	0.068	0.034

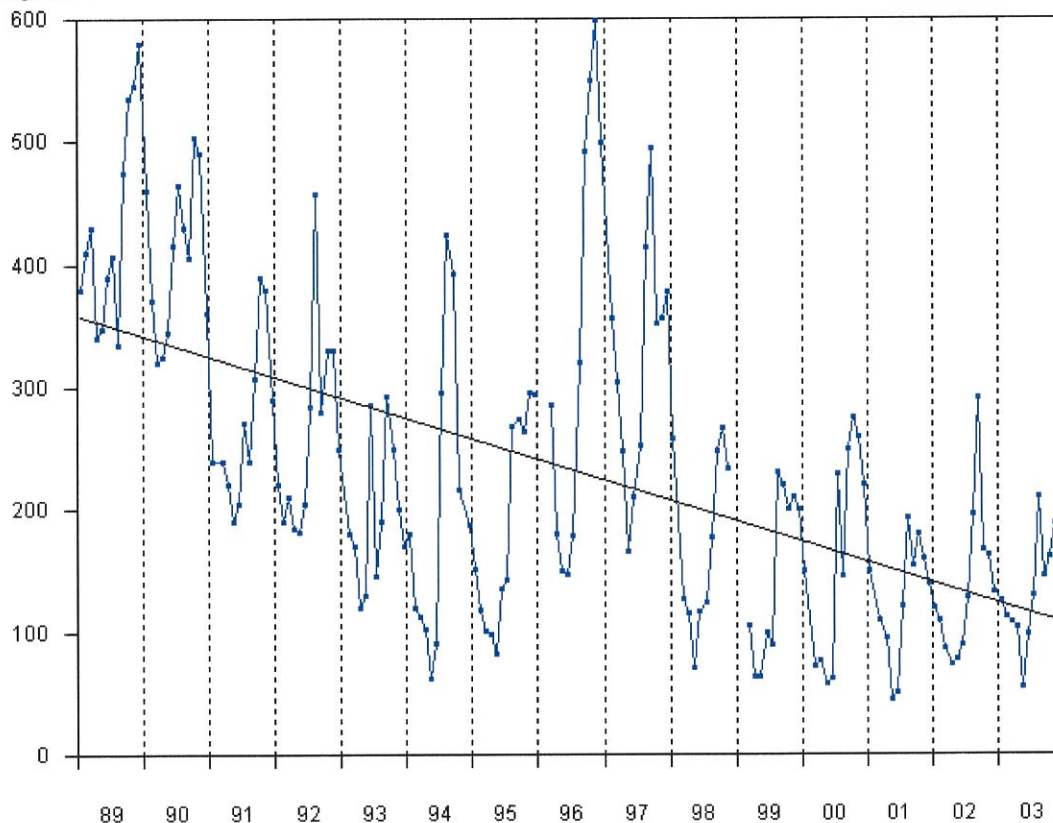
## 5.1 Fosfor



Figur 5.1.1. Koncentrationen af total-fosfor i Tystrup Sø 2003 (punkter) sammenlignet med månedsmiddelværdier (stiplet linje), max. og min. samt 25 og 75 % fraktiler for perioden 1989-2002, µg/l

Sæsonvariationen for fosfor (figur 5.1.1) er, som for de fleste parametre, i Tystrup Sø ens fra år til år, men niveauet har ændret sig betydeligt siden overvågningens start. Inden da, har der formentlig været tale om en støt faldende fosforkoncentration som følge af den stærkt forbedrede spildevandsrensning, der er foretaget i oplandet inden vandmiljøplanens ikrafttræden. Udviklingen er fortsat efter vandmiljøplanens start og især i perioden 1989 til 1994 sås en markant faldende søvandskoncentration af fosfor i Tystrup Sø. Sæsonforløbet er stærkt præget af en betydelig fosforfrigivelse i sensommeren. Det generelt faldende niveau (se figur 5.1.2) skyldes - ud over den aftagende eksterne belastning - formentlig, at den interne belastning også er for nedadgående og at søen følgelig er under aflastning. I 1995 begyndte niveauet imidlertid at stige og i 1996 lå det på det højeste niveau i overvågningsperioden. I 1995-97 var den interne belastning meget stor på grund af varme somre og deraf følgende dårlige iltforhold ved bunden. I 1997 og 1998 faldt det igen men har siden ligget nogenlunde konstant på ca. 125 µg/l som årsmiddelværdi. Sammenhold med belastningen viser forløbet at fosforkoncentrationen i søvandet er styret af interne processer i langt højere grad end af den eksterne belastning.

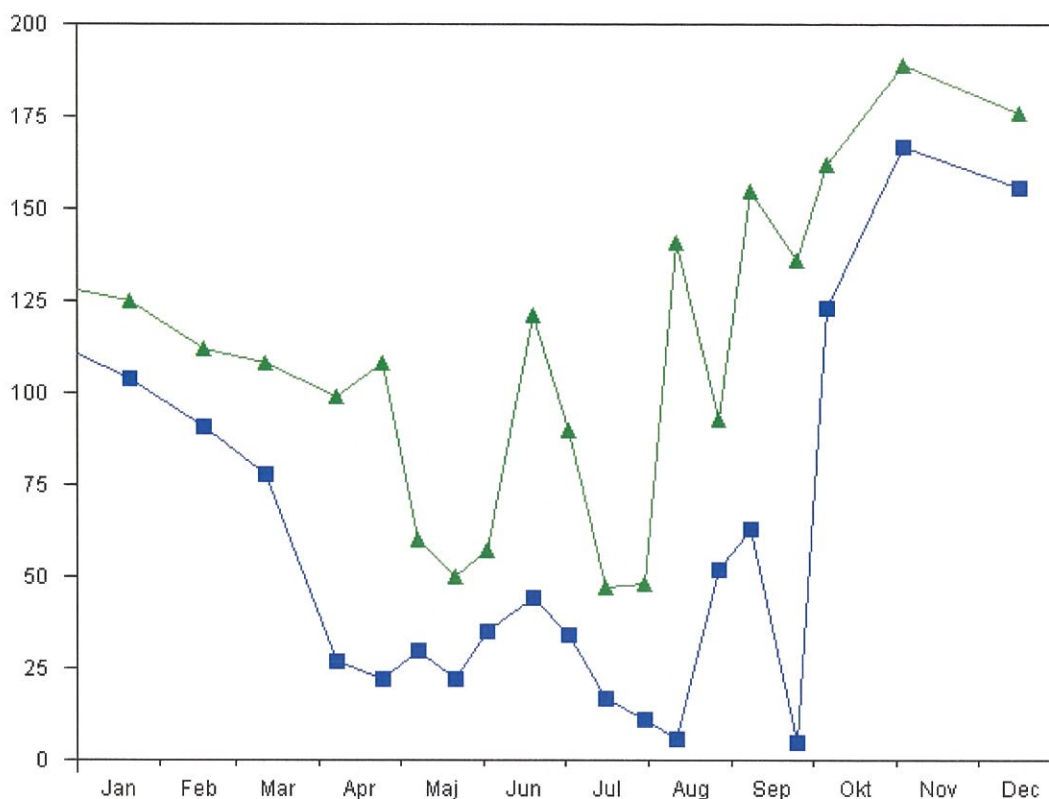
Set over hele overvågningsperioden er der stadig tale om en signifikant faldende tendens, men faldet er især sket i starten af perioden. Betragtes alene de seneste 10 år er der således ikke tale om et signifikant fald.



Figur 5.1.2 Koncentrationen af total-fosfor i Tystrup Sø 1989-2003 og tendenslinje beregnet ved lineær regression,  $\mu\text{g/l}$ . Hældningen er signifikant.

Ortofosfatkoncentrationen følger samme generelle årstidsforløb som totalfosforkoncentrationen, se figur 5.1.3. Forskellen der gennemgående er 20-50  $\mu\text{g/l}$  repræsenterer fosfor bundet i planteplanktonet og i mindre grad fosfor der indgår i opløst organisk stof. I juli og august lå ortofosfatkoncentrationen så lavt at planteplanktonproduktionen antageligt været fosforbegrænset i epilimnion. Dette har favoriseret furealgerne som er i stand til at hente fosfor i hypolimnion hvor fosfatkoncentrationen er høj sommeren igennem. Under opblomstringen af furealgerne i august målttes en totalfosforkoncentration i overfladen på ca. 130  $\mu\text{g/l}$  mod en ortofosfatkoncentration på kun 25  $\mu\text{g/l}$ .

Fosforbegrænsningen er altså kun begrænsende for alger uden evnen til vertikal vandring. Derfor er det lave ortofosfatniveau i epilimnion snare bestemmende for planteplanktonets arts sammensætning end for mængden. Perioden 1995-2002, hvor forholdene har favoriseret furealger, har da også været karakteriseret ved en gennemsnits planteplanktonbiomasse 2-3 gange større end de foregående 7 år hvor blågrønalger og kiselalger dominerede (se desuden afsnittet om planteplankton). Men i 2003 var planktonmængden af samme størrelsesorden som før 1995, selv om der stadig var kraftig dominans af furealger.



Figur 5.1.3. Koncentrationen af total-fosfor og ortofosfat-fosfor i Tystrup Sø 2003, µg/l.

## 5.2 Kvælstof

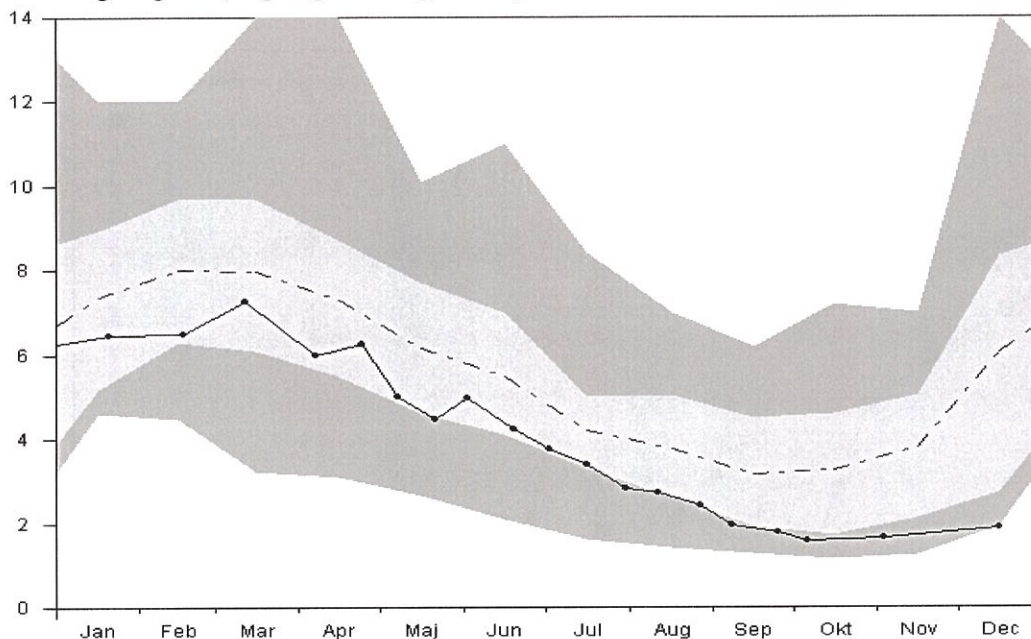
Årstidsvariationen for kvælstof i Tystrup Sø har nærmest det omvendte forløb af fosfor med maksimum i marts og minimum i september-oktober. I modsætning til fosfor afspejler kvælstofkoncentrationen i højere grad den eksterne belastning. I 2003 fulgte kvælstofkoncentrationen igennem stort set hele året 25 % fraktilen og lå således 1 – 2 mg/l lavere end gennemsnitskurven for den øvrige del af overvågningsperioden, figur 5.2.1.

Hovedparten af kvælstoffet i søvandet forekommer som nitrat, og på intet tidspunkt i 2003 lå nitrat+nitrit-koncentrationen under 1 mg/l, så planteplanktonproduktionen har formentlig på intet tidspunkt været kvælstofbegrænset.

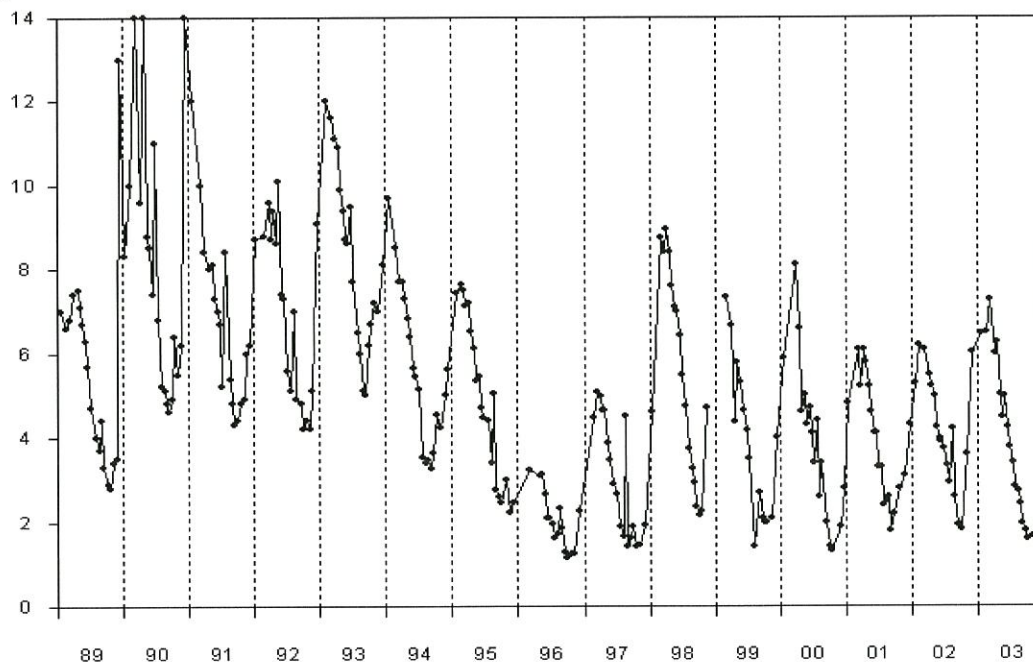
Kvælstofkoncentrationen, der de første 6 overvågningsår lå og svingede omkring 6-7 mg/l, er siden faldet og lå i 1996 og 97 på et betydeligt lavere niveau. Dette skyldes den på grund af lav afstrømning meget begrænsede belastning disse to år. Fra 1998 til 2002, der afstrømnings- og belastningsmæssigt lå nærmere det normale for overvågningsårene, har niveauet ligget lidt højere, men dog stadig under gennemsnittet for hele overvågningsperioden. Forløbet i 2003 lignede meget den nærmest foregående år, se figur 5.2.2.

Set over hele perioden 1989 – 2003 udviser kvælstofkoncentrationen i Tystrup Sø en signifikant faldende tendens, men ligesom for fosfor er det især i starten af overvågningsperioden, at der er sket

en ændring. Fra 1995 til 2003 har niveauet ligget mere stabilt omkring 4 mg/l. Tendensen over disse år er svagt stigende, stigningen er dog ikke signifikant.



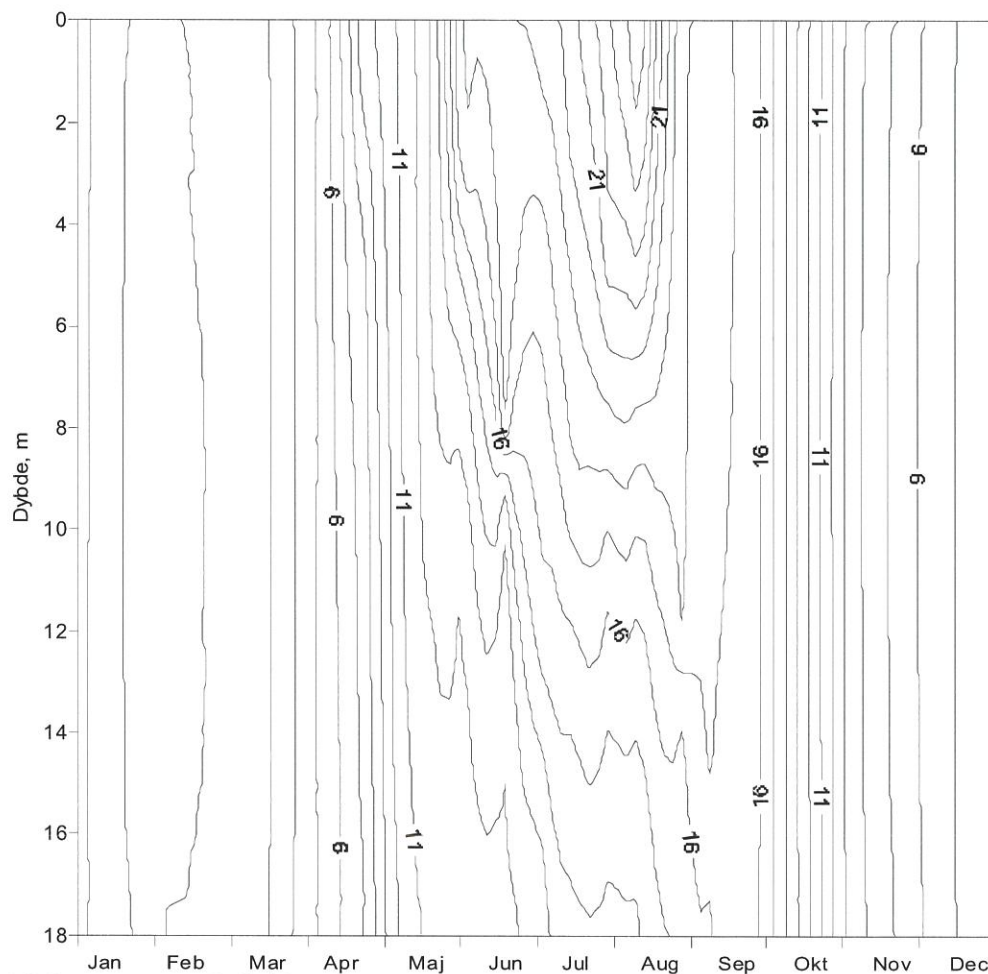
Figur 5.2.1. Koncentrationen af total-kvælstof i Tystrup Sø 2003 (punkter) sammenlignet med månedsmiddelværdier (stiplet linje), max. og min. samt 25 og 75 % fraktiler for perioden 1989-2002. mg/l.



Figur 5.2.2 Koncentrationen af total-kvælstof i Tystrup Sø 1989-2003, mg/l. Tendenslinje beregnet ved lineær regression.

### 5.3 Øvrige vandkemiske og -fysiske parametre

#### Temperatur



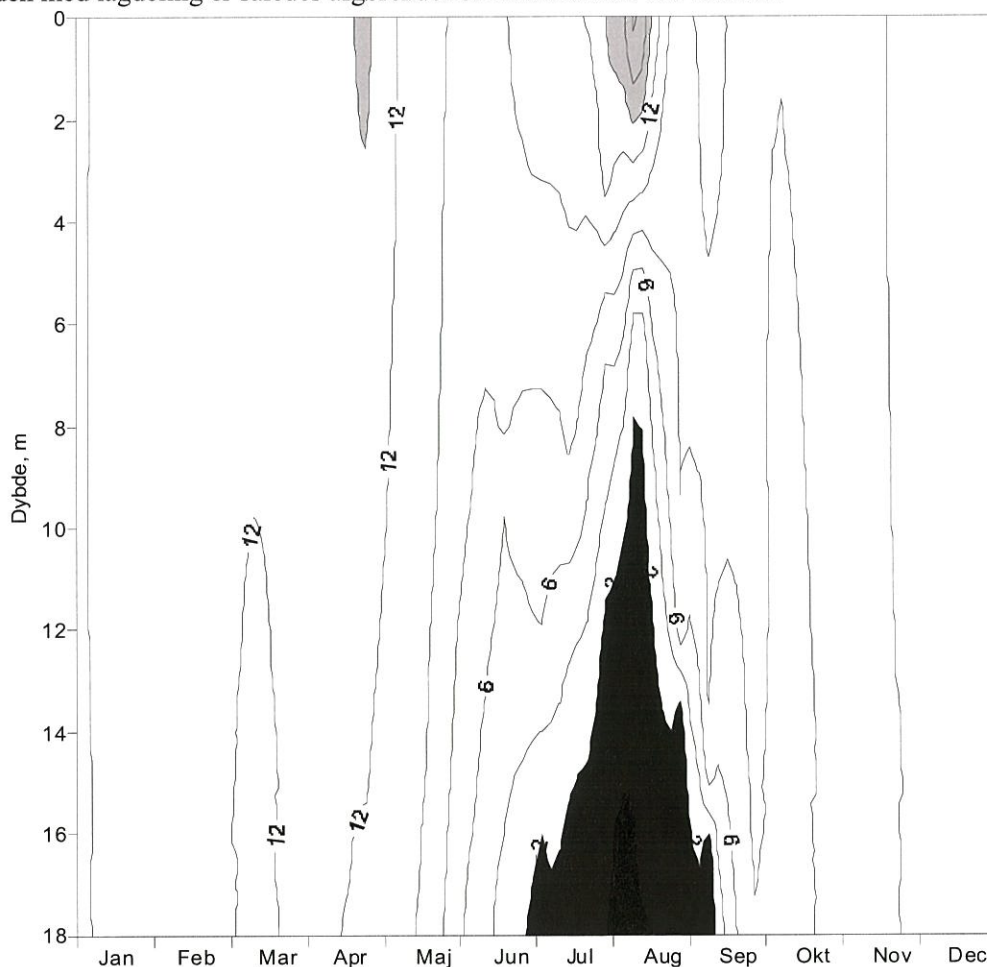
Figur 5.3.1. Temperaturforholdene i Tystrup Sø i 2003. °C.

Figur 5.3.1. viser hvordan temperaturforholdene har været ned gennem vandsøjlen i 2002. Fra årets start frem til maj og igen fra september til årets udgang var der stort set samme temperatur fra overflade til bund. I maj begyndte dannelsen af et springlag, som varede sommeren ud indtil totalopblanding i september. Temperaturforskellen steg over perioden og var ca. 7 °C, da den var størst sidst i august.

#### Ilt

En temperaturgradient ned gennem vandsøjlen stabiliserer vandmassen således at bundvandet er isoleres fra overfladen og derfor ikke tilføres ilt. Den iltmængde vandet indeholder når lagdelingen

indtræder er derfor alt, hvad der er til rådighed indtil efterårets totalopblanding. Varigheden af perioden med lagdeling er således afgørende for iltforholdene ved bunden.



Figur 5.3.2. Iltforholdene i Tystrup Sø 2003, mg/l. Sort <2mg/l. Grå >14 mg/l.

I 2003, hvor vandmassen var lagdelt fra maj til september var der dårlige iltforhold i dybden. I hele juli og august var iltindholdet under 2 mg/l på dybder over 16 m. I de øverste 9 meter af vandsøjlen var der imidlertid rimeligt gode iltforhold også i sommerperioden, hvilket vil sige at mere end halvdelen af søbunden og 2/3 af vandmassen ikke har haft iltmangel.

Normalt optræder en kraftig ilt-overmætning i overfladen om dagen i juli og august, som et resultat af stor planktonalgeproduktion. Dette observerede også i 2003 hvor iltindholdet nåede op på godt 18 mg/l først i august.

Generelt må det vurderes at iltforholdene ikke har nogen begrænsende effekt på forholdene i Tystrup Sø.



### Silicium

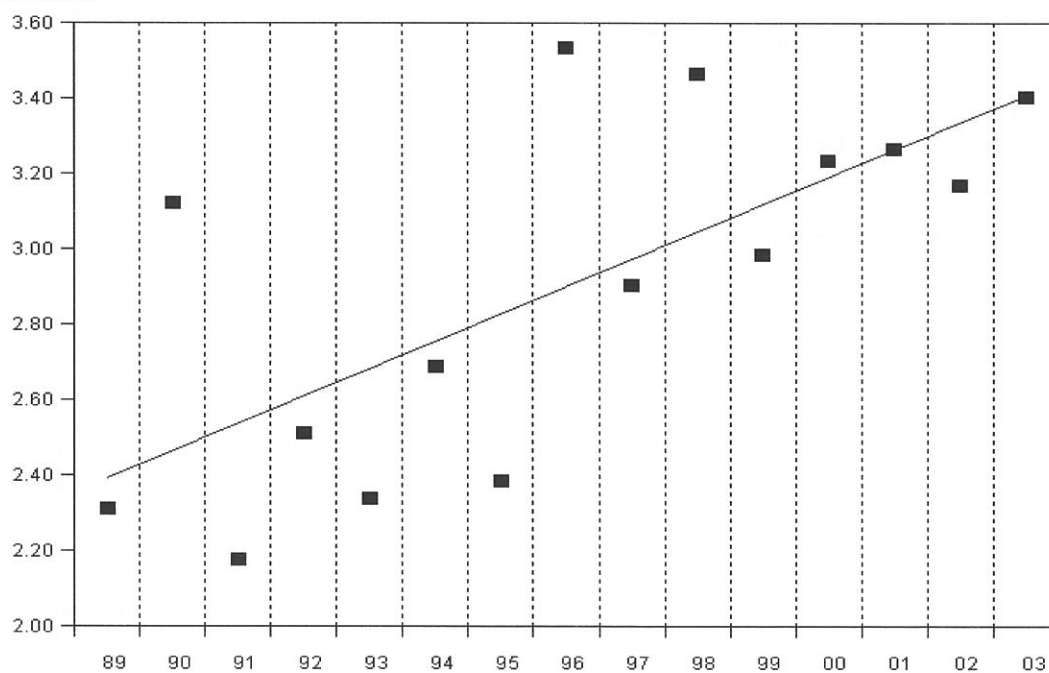
Siliciumkoncentrationen varierer stærkt med årstiden og er primært styret af kiselalgenes optagelse af kisel fra søvandet og regenerering af kisel fra døde kiselalger i sedimentet.

Den højeste koncentration af kisel optræder sidst på vinteren. Under kiselalgenes forårsmaksimum opbruges i reglen alt kisel, således at koncentrationen nærmer sig nul og bliver begrænsende for kiselalgenes vækst. I sommerperioden afhænger koncentrationen bl.a. af hvor stor kiselalgeproduktionen er.

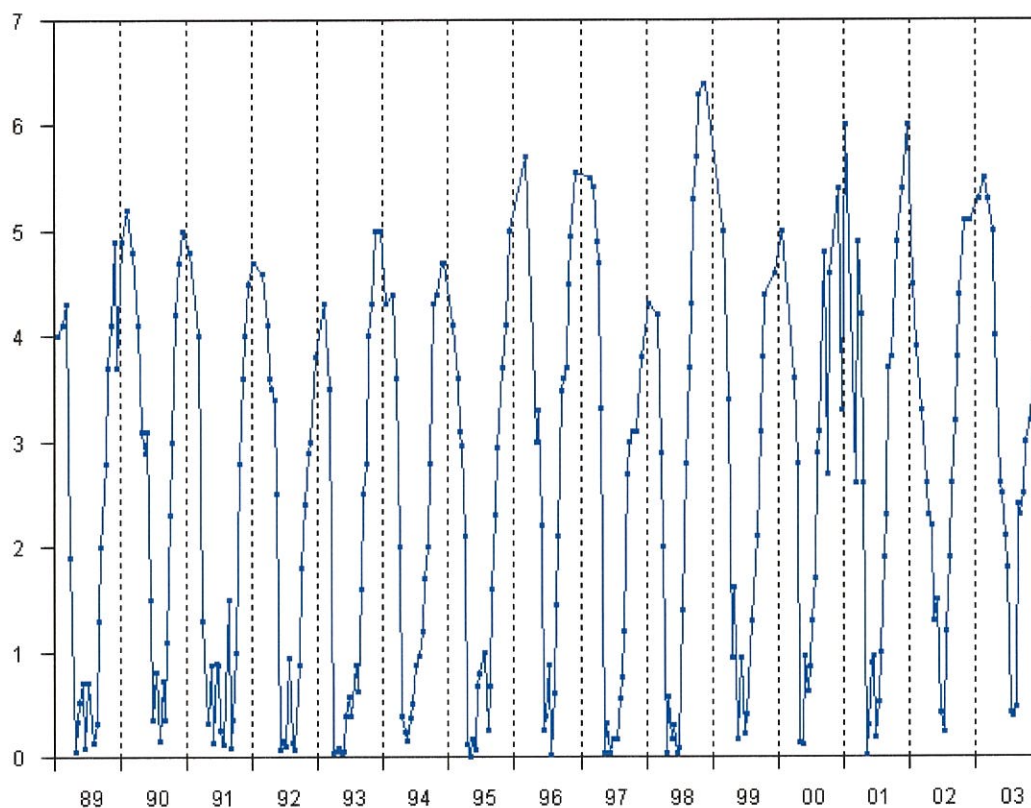
Siliciumkoncentrationen i Tystrup Sø har udvist en signifikant stigning gennem overvågningsperioden både på årsmiddelværdier og sommermiddelværdier, se figur 5.3.3. Imidlertid har det generelle niveau ikke ændret sig mærkbart, idet koncentrationen gennem hele overvågningsperioden har varieret mellem et vinterniveau på ca. 5 mg og et forsommer-niveau nær 0 mg/l. Derimod er varigheden af perioden med lav siliciumkoncentration, der følger kiselalgenes forårsmaksimum, blevet kortere som følge af, at søens sommerfytoplankton er ændret til næsten udelukkende at bestå af furealger.

I årene 89-94, hvor fytoplanktonet bestod af blågrønner og kiselalger, var der således en periode på gennemsnitligt 3.8 måneder med en siliciumkoncentration under 1 mg/l. I årene 95 til 2003, som helt var domineret af furealger, var samme periode reduceret til gennemsnitligt at vare 2.6 måneder.

Der er også en svag tendens til at minimumskoncentrationen er steget, men dette er dog ikke signifikant.



Figur 5.3.3 Årsmiddelmiddelværdier af silicium i Tystrup Sø 1989-2003, mg/l. Tendenslinje beregnet ved lineær regression. Stigningen er signifikant.



Figur 5.3.4 Siliciumkoncentrationen i Tystrup Sø 1989-2003, mg/l.

Højsommerniveauet for siliciumkoncentrationen er således blevet lidt højere, hvilket slår igennem på års- og sommerrmiddelkoncentrationerne, figur 5.3.4.

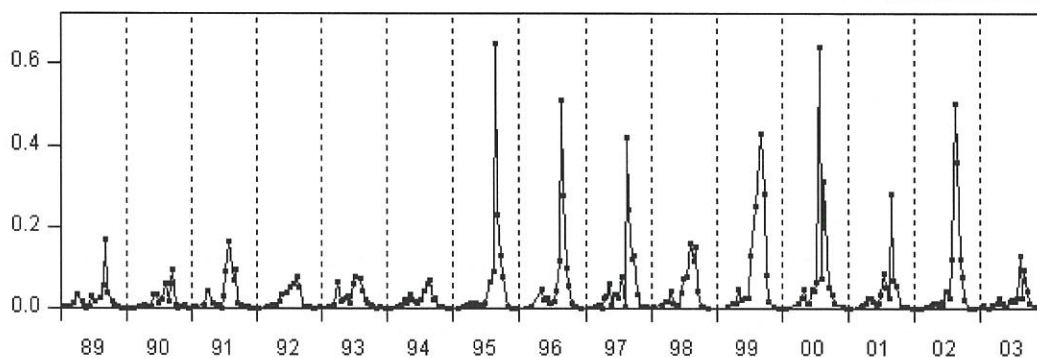
#### 5.4 Klorofyl og sigtddybde

Klorofylindholdet i sensommeren har vist et påfaldende forløb de seneste 8 overvågningsår. Fra et niveau under 100  $\mu\text{g/l}$  i den første del af overvågningsperioden målt i sensommeren 1995 en rekordhøj værdi på ca. 650  $\mu\text{g/l}$ . Denne "top" gentog sig i 96, 97, 99 og 2000-2002, og med noget lavere værdi i 98, fig.3.8. Indholdet af suspenderet stof har vist samme forløb gennem de 12 overvågningsår og glødetabsmålinger de seneste 3 år har vist at stort set alt det suspenderede stof er organisk. De høje koncentrationer af klorofyl og organisk stof skyldes kraftige opblomstringer af furealger, som de seneste 8 år fuldstændigt har domineret planteplanktonet i Tystrup Sø, hvor der tidligere var blågrønalgedominans på denne tid af året. Det ser ud til, at det faldende fosforniveau, som især viser sig ved et faldende ortofosfatniveau i epilimnion, har fremkaldt et skift i fytoplanktonsammensætningen fra blågrønalger til furealger som udnytter fosfor i hypolimnion. I 2003 var klorofylniveauet faldet næsten til niveauet før 95, men der var stadig dominans af furealger.

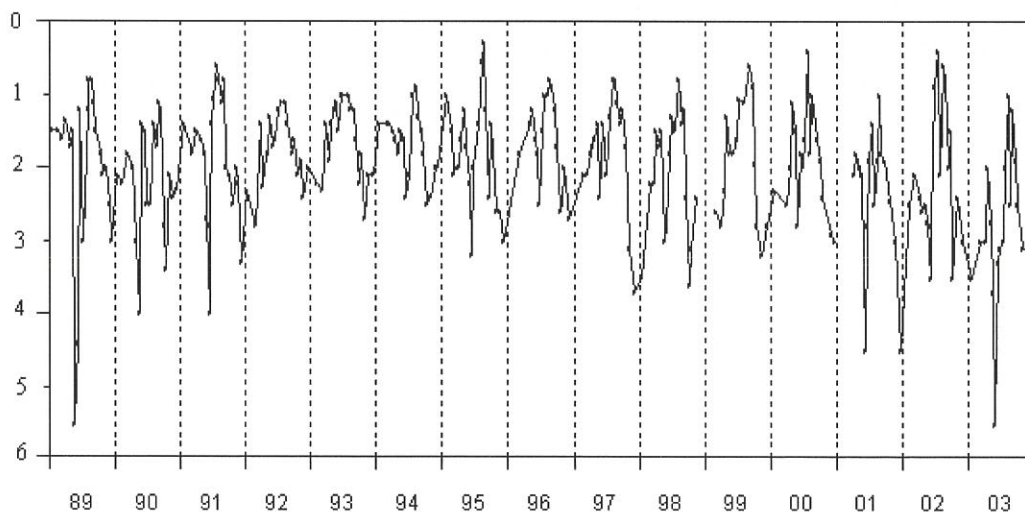
Sigtddybdevariationen har været forbavsende konstant gennem hele overvågningsperioden med årsmiddel omkring to en halv meter. Tidligere (d.v.s. før 1989) optrådte hvert år en markant

klarvandsperiode først på sommeren. Dette sås også de tre første overvågningsår, men er herefter udeblevet i 9 år med det resultat at sommer-middelsigdybden disse år blev lidt lavere. I 2001 sås igen en sådan klarvandsperiode med en sigtddybde på over 4 m. Dette gentog sig i 2003, hvor sigtddybden nåede helt op på 5.5 m.

Set over hele perioden er sigtddybden tiltaget lidt men jævnt. Stigningen er på årsmiddelværdier signifikant. På sommermiddelværdier kan ikke konstateres signifikant ændring.



Figur 5.4.1 Søvandets indhold af klorofyl-a i Tystrup Sø 1989-2003, mg/l.



Figur 5.4.2 Sigtdybden i Tystrup Sø 1989-2003, m.

## 5.5 Planteplankton

I løbet af 2003 er der indsamlet og undersøgt 16 planktonprøver, der er oparbejdet til artsliste, antal, biomasse ( $\text{mm}^3/\text{l}$ , mg våd vægt/l) samt kulstofbiomasse ( $\mu\text{g C/l}$ ). Beskrivelse af de anvendte oparbejdningsmetoder findes i bilag 1. Desuden er der 16. juli indsamlet en prøve under springlaget. Den er oparbejdet som de øvrige prøver, og resultaterne findes i bilagene.

Planteplanktonbiomasse og opdeling på grupper ses af figur 5.5.1 og bilag 2. De enkelte arters biomasse fremgår af bilag 3. Dominerende og subdominerende arter på de enkelte prøvedatoer fremgår af tabel 5.5.1.

Den totale planteplanktonbiomasse varierede mellem  $0,10 \text{ mm}^3/\text{l}$  i november og  $31 \text{ mm}^3/\text{l}$  midt i august. Gennemsnit fra perioden marts-oktober var  $4,7 \text{ mm}^3/\text{l}$ . Furealger (78%) og kiselalger (15%) dominerede. I maj-september var planteplanktons gennemsnitlige biomasse  $6,7 \text{ mm}^3/\text{l}$ , domineret af furealger (81%) og kiselalger (13%). Både den maksimale og den gennemsnitlige biomasse var væsentlig lavere i 2003 end i 2002, men de dominerende algegrupper var de samme.

Planteplanktonbiomassen var usædvanlig lav i hele forårsperioden,  $0,16\text{-}1,3 \text{ mm}^3/\text{l}$ , domineret af kiselalger og rekyalger. Sommer og efterår var biomassen domineret af furealger og i korte perioder også af kiselalger. Der fandtes to høje maksima i sensommeren, et midt i august ( $31 \text{ mm}^3/\text{l}$ ) og et i begyndelsen af september ( $16 \text{ mm}^3/\text{l}$ ), der begge næsten udelukkende bestod af furealgerne *Ceratium furcoides* og *Ceratium hirundinella*. Mellem disse to maksima fandtes en meget lav biomasse ( $1,6 \text{ mm}^3/\text{l}$ ). I november var biomassen meget lav ( $0,10 \text{ mm}^3/\text{l}$ ) og domineret af kiselalger.

Der blev fundet 91 arter/slægter i Tystrup Sø 2003, hvilket er på samme niveau som året før (94 arter). I 1994 var søen særligt artsrig (156 arter), de øvrige år blev der registreret 87-117 arter.

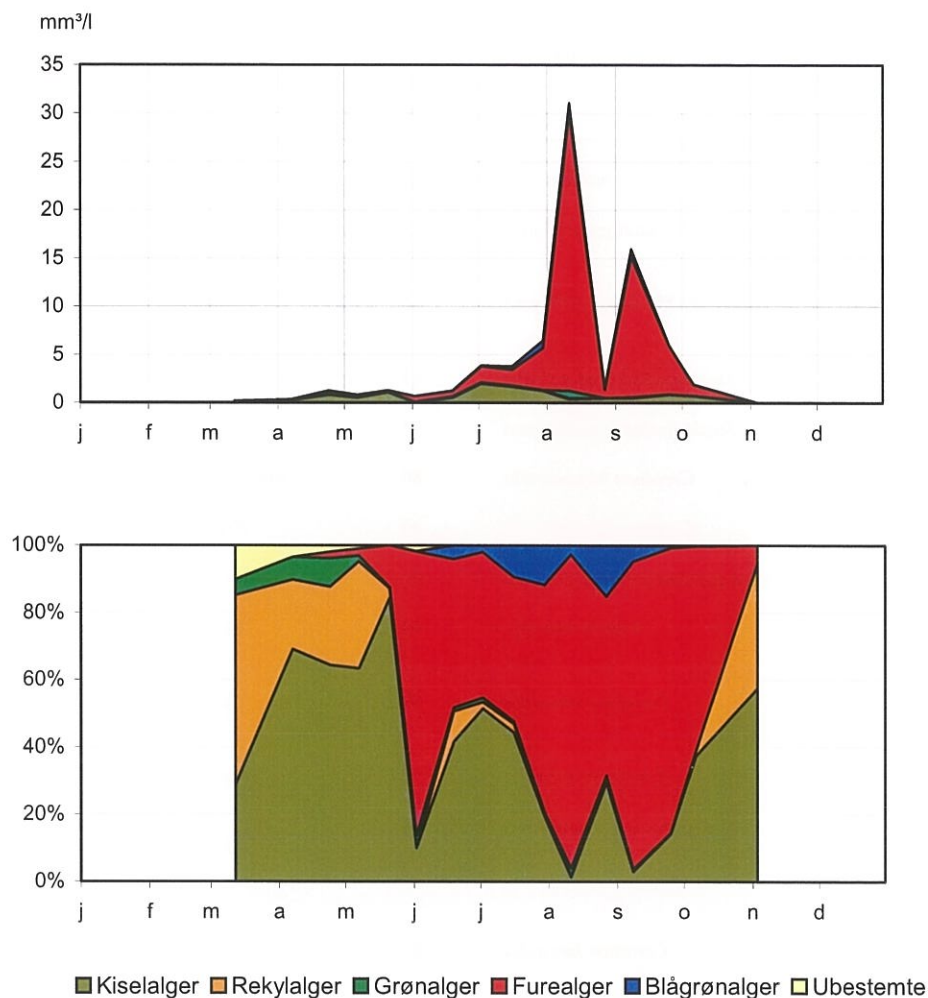
De fleste af de fundne arter/slægter tilhører grupper, der er karakteristiske for næringsrige, danske søer: 21 blågrønalger, 7 centriske kiselalger, 25 chlorococcale grønalger og 1 øjealge. 13 arter/slægter tilhørte grupper med hovedudbredelse i rene til svagt næringspåvirkede søer: 5 furealger, 4 gulalger og 4 koblingsalger.

Der blev i alt optalt 30 forskellige arter/slægter/grupper, hvoraf furealgerne *Ceratium furcoides* og *Ceratium hirundinella*, i kraft af høje sommerforekomster, var de kvantitativt vigtigste. De udgjorde henholdsvis 47% og 31% af den gennemsnitlige biomasse i marts-oktober og 48% og 32% i maj-september.

Den gennemsnitlige biomasse af blågrønalger var  $0,19 \text{ mm}^3/\text{l} = 4\%$  af den gennemsnitlige totale biomasse i perioden marts-oktober og  $0,29 \text{ mm}^3/\text{l} = 4\%$  i sommerperioden maj-september. De fandtes i juni-oktober, hvor de udgjorde 0-15% af den totale biomasse, og havde maksimum i august ( $0,86 \text{ mm}^3/\text{l}$ ).

De vigtigste blågrønalger var arter af den kolonidannende blågrønalgeslægt *Microcystis* (botrys +

flos-aquae + aeruginosa), der udgjorde 2-11% af den totale biomasse i juli-august, og Aphanizomenon spp., der udgjorde 1-5% i august-september.



Figur 5.5.1. Tystrup Sø 2003. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper.

Den gennemsnitlige biomasse af rekyalger var  $0,088 \text{ mm}^3/\text{l} = 2\%$  af den gennemsnitlige totale biomasse i perioden marts-oktober og  $0,080 \text{ mm}^3/\text{l} = 1\%$  i sommerperioden maj-september. Rekyalger fandtes hele året, men havde størst betydning i marts-april, begyndelsen af maj samt i november, hvor de udgjorde 21-56% af en relativ lav totale biomasse. Resten af året udgjorde de 0-9%. Maksima fandtes sidst i april ( $0,30 \text{ mm}^3/\text{l} = 23\%$ ). Den vigtigste art var Rhodomonas lacustris.

Den gennemsnitlige biomasse af furealger var  $3,6 \text{ mm}^3/\text{l} = 78\%$  af den gennemsnitlige totale biomasse i perioden marts-oktober og  $5,4 \text{ mm}^3/\text{l} = 81\%$  i sommerperioden maj-september. De dominerede fuldstændigt planteplanktonsamfundet i juni-oktober, hvor de udgjorde 53-93% af den totale biomasse, bortset fra midt i juni til midt i juli, hvor de kun udgjorde 43-44%. Furealgebiomassen havde to høje maksima, et i midt i august ( $29 \text{ mm}^3/\text{l}$ ) og et begyndelsen af september ( $15 \text{ mm}^3/\text{l}$ ).

Tabel 5.5.1 Tystrup Sø 2003. Planteplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale biomasse.

DATO:	Total biomasse mm <sup>3</sup> /l	Dominerende art	Andel af biomasse %	Subdominerende arter	Andel af biomasse %
12-mar	0,2	<i>Rhodomonas lacustris</i>	56	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	17
07-apr	0,4	Centriske kiselalger (<10 µm)	39	<i>Rhodomonas lacustris</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	21 21
24-apr	1,3	Centriske kiselalger (<10 µm)	36	<i>Rhodomonas lacustris</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	23 18
07-maj	0,8	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	41	<i>Rhodomonas lacustris</i>	32
21-maj	1,3	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	75	<i>Ceratium hirundinella</i>	12
02-jun	0,7	<i>Ceratium hirundinella</i>	80	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	7
19-jun	1,2	<i>Ceratium hirundinella</i>	40	<i>Fragilaria crotonensis</i>	39
02-jul	3,9	<i>Aulacoseira granulata</i> v. <i>angustissima</i>	44	<i>Ceratium hirundinella</i>	36
16-jul	3,8	<i>Aulacoseira</i> spp.	44	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Ceratium furcoides</i>	33 10
30-jul	6,5	<i>Ceratium furcoides</i>	39	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aulacoseira</i> spp.	29 18
11-aug	31,1	<i>Ceratium furcoides</i>	58	<i>Ceratium hirundinella</i>	35
27-aug	1,6	<i>Ceratium hirundinella</i>	34	<i>Ceratium furcoides</i> <i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira</i> spp. <i>Microcystis</i> spp.	19 16 13 11
08-sep	15,9	<i>Ceratium furcoides</i>	63	<i>Ceratium hirundinella</i>	29
25-sep	6,0	<i>Ceratium furcoides</i>	56	<i>Ceratium hirundinella</i>	28
06-okt	1,9	<i>Ceratium furcoides</i>	36	<i>Aulacoseira</i> spp. <i>Ceratium hirundinella</i>	33 25
03-nov	0,1	<i>Aulacoseira</i> spp.	44	<i>Rhodomonas lacustris</i>	37
Gsn. 12-mar - 31-okt	4,6	<i>Ceratium furcoides</i>	47	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aulacoseira</i> spp.	31 6
Gsn. 01-maj - 30-sep	6,7	<i>Ceratium furcoides</i>	48	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aulacoseira</i> spp.	32 5

Furealgebiomassen bestod kun af to arter, *Ceratium furcoides* og *Ceratium hirundinella*. *Ceratium hirundinella* dominerede i juni-juli og *Ceratium furcoides* i august-oktober.

Den gennemsnitlige biomasse af kiselalger var  $0,69 \text{ mm}^3/\text{l} = 15\%$  af den gennemsnitlige totale biomasse i perioden marts-oktober og  $0,84 \text{ mm}^3/\text{l} = 13\%$  i sommerperioden maj-september. Kiselalger fandtes hele året. De dominerede planteplanktonsamfundet i april-maj (63-83%), fra midt i juni til midt i juli (42-51%) samt i november (58%). Resten af året udgjorde kiselalger 1-30%. Kiselalgemaksima fandtes i maj ( $1,1 \text{ mm}^3/\text{l}$ ), i juli ( $2,0 \text{ mm}^3/\text{l}$ ) og i september ( $0,86 \text{ mm}^3/\text{l}$ ).

*Stephanodiscus neoastraea* og små centriske kiselalger ( $<10 \mu\text{m}$ ) var de vigtigste kiselalger i foråret og *Aulacoseira* spp. sommer og efterår.

Grønalger var den artsrigeste planteplanktongruppe, men havde ringe kvantitativ betydning ( $0,07\text{-}0,09 \text{ mm}^3 = 1\%$  af den gennemsnitlige biomasse i både marts-oktober og maj-september). De havde størst betydning i marts-april, hvor de udgjorde 5-8% af den totale biomasse. Resten af året udgjorde de 0-4%. Grønalgemaksimum fandtes under biomassemaksimum i august ( $0,75 \text{ mm}^3/\text{l} = 2\%$ ).

*Chlorella* sp./*Dictyosphaerium subsolitarium* og *Volvocales* spp. dominerede grønalgebiomassen i foråret, og *Carteria* spp. under grønalgemaksimum i august.

## 5.6 Dyreplankton

Dyreplanktonbiomasse og opdeling på grupper i løbet af 2003 ses af figur 5.6.1 samt af bilag 7. De enkelte arters biomasse fremgår af bilag 9.

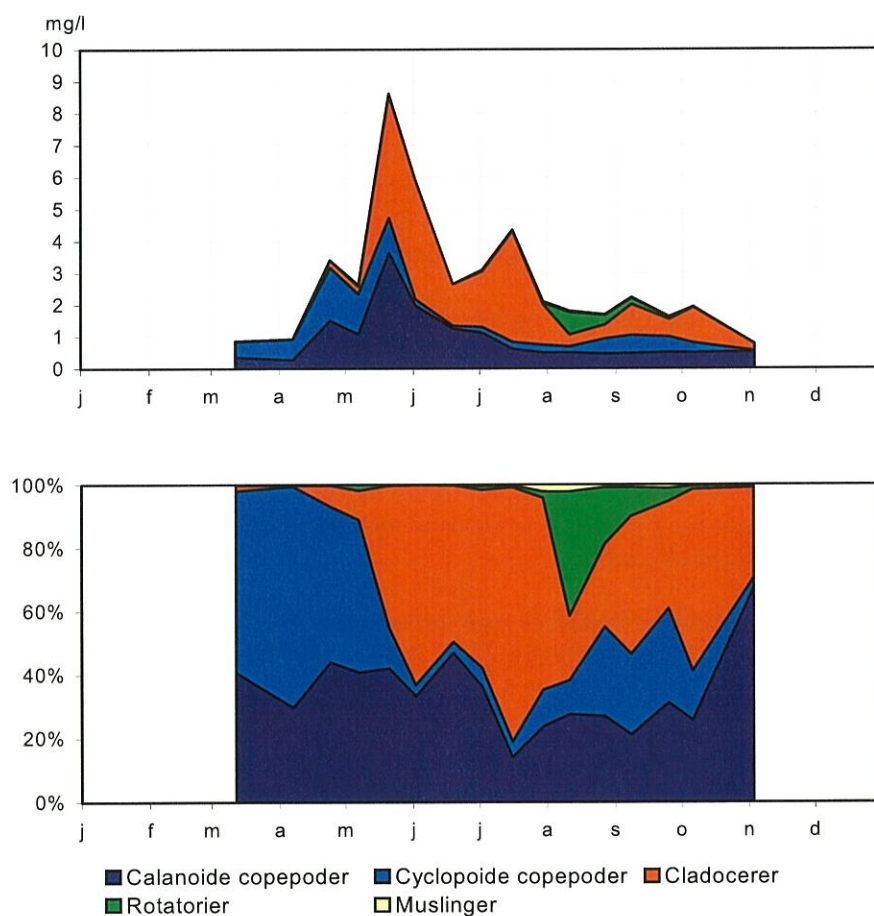
Dyreplanktonbiomassen varierede mellem  $0,78 \text{ mg/l}$  i november og  $8,6 \text{ mg/l}$  midt i maj. Den gennemsnitlige biomasse var  $2,7 \text{ mg/l}$  i perioden marts-oktober og  $3,3 \text{ mg/l}$  i sommerperioden maj-september. I marts-oktober bestod dyreplanktonets gennemsnitlige biomasse af copepoder (53%), cladocerer (44%) og rotatorier (3%). I maj-september var sammensætningen cladocerer (49%), copepoder (46%) og rotatorier (4%).

Dyreplanktonbiomassen steg fra  $0,86$  i marts til et forårsmaksimum sidst i april på  $3,4 \text{ mg/l}$  og var i denne periode domineret af copepoder (93-100%), især *Cyclops strenuus* og *Eudiaptomus graciloides*. Efter et mindre fald i begyndelsen af maj steg biomassen midt i maj til årsmaksimum ( $8,6 \text{ mg/l}$ ), der især bestod af calanoide copepoditer og den store cladocere *Daphnia hyalina*. Midt i juli fandtes et maksimum på  $4,4 \text{ mg/l}$ , der var domineret af de store cladocerer *Daphnia hyalina* og *Daphnia longispina*. I august-oktober fandtes et biomasseniveau på  $1,7\text{-}2,2 \text{ mg/l}$ . I denne periode bestod biomassen af en blanding af cladocerer (især *Daphnia hyalina*) og copepoder (især *Mesocyclops leuckarti* og *Eudiaptomus graciloides*), bortset fra i begyndelsen af august, hvor den store rotatorie *Asplanchna priodonta* dominerede. I november var biomassen lav ( $0,78 \text{ mg/l}$ ), domineret af copepoder (70%).

Dyreplanktonets artssammensætning fremgår af bilag 9 og 10. Der blev i alt fundet 38 arter/slægter af rotatorier, cladocerer, copepoder og muslinger i Tystrup Sø 2003. Dominerende og subdominerende arter/grupper på de enkelte prøvedatoer fremgår af tabel 5.6.1.

Rotatoriebiomassen varierede mellem 0,002 mg/l i marts-april og 0,71 mg/l i august. Rotatoriernes gennemsnitlige biomasse var 0,092 mg/l i marts-oktober og 0,14 mg/l i maj-september, hvilket svarer til 3-4% af den totale gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse.

Rotatorier havde størst biomasse og udgjorde den største andel af den totale biomasse i august (0,31-



0,71 mg/l = 18-39%), Resten af året udgjorde de 0-9%, med størst andel i efterårsperioden.

Figur 5.6.1. Tystrup Sø 2003. Dyreplanktonbiomasse (mg våd vægt/l) og procentvis fordeling på hovedgrupper.

Der blev fundet 24 arter af rotatorier. Rotatorier var således den artsrigeste dyreplanktongruppe, men de havde ringe kvantitativ betydning. *Asplanchna priodonta* var den vigtigste art. Den fandtes sommer og efterår og udgjorde næsten hele rotatoriebiomassen under rotatoriemaksimum i august. Ingen af de øvrige rotatorier havde betydning for den totale dyreplanktonbiomasse i prøvetagningsperioden.

Cladocernerne biomasse varierede mellem 0,003 mg/l i begyndelsen af april og 3,9 mg/l midt i maj. Den gennemsnitlige biomasse var 1,2 mg/l i marts-oktober og 1,6 mg/l i maj-september. Dette svarede til henholdsvis 44% og 49% af den samlede dyreplanktonbiomasse i de to perioder.



Cladocerer havde størst betydning fra midt i maj til sidst i juli (45-80%) og igen i september-oktober (34-57%). Resten af året udgjorde de 0-28%.

Der blev fundet 9 arter af cladocerer, hvoraf de vigtigste var *Daphnia hyalina* og *D. longispina*, der udgjorde henholdsvis 28% og 8% af den totale gennemsnitlige biomasse i marts-oktober. *Daphnia hyalina* fandtes hele året og dominerede dyreplanktonbiomassen fra midt i maj til sidst i juli (24-48%) samt på en dato i september og i oktober (23-46%). *Daphnia longispina* fandtes især i maj-august, hvor den udgjorde 4-26% af den totale biomasse. *Diaphanosoma brachyurum* udgjorde 2-19% af den totale biomasse i juli-november. *Daphnia galeata* fandtes i maj-juli (0-14%) og sporadisk i efteråret. *Chydorus sphaericus* udgjorde 1-4% i september-oktober.

Copepodernes biomasse varierede mellem 0,55 mg/l i november og 4,7 mg/l midt i maj. Gennemsnitligt var copepoders totale biomasse 1,4 mg/l i marts-oktober og 1,5 mg/l i maj-september. Dette svarede til henholdsvis 53% og 46% i de to perioder.

Tabel 5.6.1. Tystrup Sø 2003. Dyreplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale biomasse.

DATO:	Total bio-masse mg/l	Dominerende art	Andel af biomasse %	Subdominerende arter/grupper	Andel af biomasse %
12-mar	0,9	Cyclopoide copepoditer	48	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne <i>Cyclops</i> spp. hun	36 8
07-apr	0,9	<i>Cyclops strenuus</i> hun	30	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne <i>Cyclops</i> spp. hun Cyclopoide copepoditer	20 19 15
24-apr	3,4	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	29	Cyclopoide nauplier Calanoide nauplier Cyclopoide copepoditer <i>Cyclops strenuus</i> hun	25 15 12 9
07-maj	2,6	Cyclopoide copepoditer	39	Calanoide copepoditer Calanoide nauplier <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	15 14 12
21-maj	8,6	Calanoide copepoditer	36	<i>Daphnia hyalina</i> Cyclopoide copepoditer	32 11
02-jun	5,9	<i>Daphnia hyalina</i>	48	Calanoide copepoditer <i>Daphnia longispina</i>	30 14
19-jun	2,7	<i>Daphnia hyalina</i>	44	Calanoide copepoditer <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	35 10
02-jul	3,1	<i>Daphnia hyalina</i>	32	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Calanoide copepoditer <i>Daphnia galeata</i>	18 15 14
16-jul	4,4	<i>Daphnia hyalina</i>	39	<i>Daphnia longispina</i> <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	26 10
30-jul	2,1	<i>Daphnia hyalina</i>	24	<i>Daphnia longispina</i> <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	23 18 11

Tabellen fortsættes næste side

11-aug	1,8	<i>Asplanchna priodonta</i>	37	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	16
				<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	11
27-aug	1,7	<i>Asplanchna priodonta</i>	17	Cyclopoide nauplier	15
				<i>Daphnia hyalina</i>	14
				Calanoide copepoditer	10
				<i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne	10
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	8
08-sep	2,2	<i>Daphnia hyalina</i>	23	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	19
				Calanoide copepoditer	12
				<i>Meso-/Thermocyclops</i> copepoditer	8
				<i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne	8
25-sep	1,6	<i>Meso-/Thermocyclops</i> copepoditer	22	Calanoide copepoditer	20
				<i>Daphnia hyalina</i>	16
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	10
06-okt	1,9	<i>Daphnia hyalina</i>	46	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	15
				<i>Meso-/Thermocyclops</i> copepoditer	12
				Calanoide copepoditer	10
03-nov	0,8	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	61	<i>Daphnia hyalina</i>	13
				<i>Daphnia longispina</i>	9
Gsn. 12-mar - 31-okt	2,7	<i>Daphnia hyalina</i>	28	Calanoide copepoditer	18
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	13
				<i>Daphnia longispina</i>	8
Gsn. 01-maj - 31-okt	3,3	<i>Daphnia hyalina</i>	31	Calanoide copepoditer	21
				<i>Daphnia longispina</i>	10
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	9

Copepoder dominerede dyreplanktonsamfundet i store dele af året. I marts-maj udgjorde de 55-99%, midt i juni 50%, sidst i august til sidst i september 47-61% og i november 71%. Midt på sommeren og i korte perioder i efteråret, hvor andre dyregrupper dominerede udgjorde copepoder 19-41%. Cyclopoide copepoder dominerede copepodbiomassen i foråret, hvorimod calanoide copepoder dominerede sommer og efterår, bortset fra september, hvor cyclopoide og calanoide copepoder udgjorde næsten lige store andele af den samlede copepodbiomasse. I gennemsnit var den vigtigste gruppe calanoide copepoditer, der udgjorde 18% i marts-oktober og 21% i maj-september.

Der blev fundet 4 arter af copepoder, de calanoide arter *Eudiaptomus graciloides* og *E. gracilis*, samt de cyclopoide arter *Cyclops strenuus* og *Mesocyclops leuckarti*. Voksne individer af *Eudiaptomus graciloides* fandtes hele året med størst betydning marts-april (20-36%) og i november (61%). *Eudiaptomus gracilis* fandtes sporadisk sommer og efterår. Voksne individer af *Cyclops strenuus* (incl. *Cyclops* spp. han) forekom til gengæld kun i forårsperioden, hvor de udgjorde 9-49% af den totale biomasse i marts-april. Voksne *Mesocyclops leuckarti* fandtes især sensommer og efterår (2-10%).

Der blev fundet planktiske stadier af vandremuslingen *Dreissena polymorpha* i juni-oktober. *Dreissenas* andel af den samlede dyreplanktonbiomasse var i denne periode 0-2% og gennemsnitligt <1% i både marts-oktober og maj-september.

## 5.7 Samlet diskussion af plante- og dyreplankton

Planteplanktonsamfundet i Tystrup Sø 2003 var typisk for en dyb, klarvandet, eutrof sø med en årscyclus styret af næringsstoffernes koncentration og deres vertikale fordeling i vandsøjlen, dyreplanktons græsning og de meteorologiske forhold (gsn. dybde 9,9 m, årsgsn. i 2002: sigtddybde 2,4 m, pH 8,4, TN 4,5 mg/l, TP 0,12 mg/l uorg. P 0,07 mg/l).

I marts-maj var planteplanktonsamfundet domineret af græsningsfølsomme kiselalger og små rekylalger. Små centriske kiselalger er næringskrævende og hurtigtvoksende selv ved lave temperaturer. Da de er ubevægelige, kræver de cirkulation af vandmassen. Den større centriske kiselalge *Stephanodiscus neoaetna*, der især dominerede i maj, findes oftest i dybe søer, da den kan tåle de vekslende lysforhold ved vertikal transport mellem et lysmættet overfladelag og et lysbegrænset bundlag. Den lille rekylalge *Rhodomonas lacustris* findes ofte sammen med eller lige efter kiselalgemaksimum. Den er selvbevægelig og kan undgå udsynkning under midlertidig islagsdannelse i det tidlige forår.

Det er bemærkelsesværdigt, at der i 2003 (og i 2002) manglede et større forårsmaksimum af kiselalger. Planteplanktonbiomassen var relativt lav i hele forårsperioden. Siliciumkoncentrationen var høj og græsningstrykket relativt lavt, især i april og begyndelsen af maj, men samtidig var fosforkoncentrationen så lav, at den muligvis til tider har begrænset algernes vækst. En anden mulig forklaring kan være en højere grad af dybdeopblanding eller en hurtigere vandgennemstrømning og lavere opholdstid af vandet i søen end normalt for forårsperioden.

En kombination af et højt græsningstryk og en temperaturlagdeling af vandmassen sidst i maj og begyndelsen af juni medførte et skift i planteplanktonsamfundet fra kiselalger til græsningsresistente selvbevægelige furealger, *Ceratium hirundinella* og *Ceratium furcoides*. Disse arter har gode svømmeegenskaber, der gør dem i stand til at foretage vertikale vandringer mellem et lysmættet overfladelag og et næringsrigt springlag. De er mixotrofe og henter både uorganisk næring og bakterier ved springlaget. Hvis der er så god sigtddybde, at der er tilstrækkeligt lys lige over springlaget, kan *Ceratium* opbygge den største populationstæthed her.

*Ceratium* dominerede planteplanktonsamfundet i juni-oktober, bortset fra første halvdel af juli, hvor de store, ubevægelige, trådformede kiselalger *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* og *Aulacoseira* spp. dominerede. Dette tyder på, at søen i en periode i begyndelsen af juli har været dybdeopblandet. I begyndelsen af august, opbyggede *Ceratium* en høj biomasse. Høj vandtemperatur og en stabil temperaturlagdeling gav den gode vækstbetingelser på dette tidspunkt. Midt i august var uorganisk fosfor opbrugt i de øverste 8 meter, hvilket kan have medvirket til en kortvarig lav biomasse af *Ceratium* sidst i august.

Totalcirkulation og lav vandtemperatur i oktober bevirkede, at *Ceratium* forsvandt og blev erstattet af rekylalger og kiselalger, der dominerede den meget lave planteplanktonbiomasse i november.

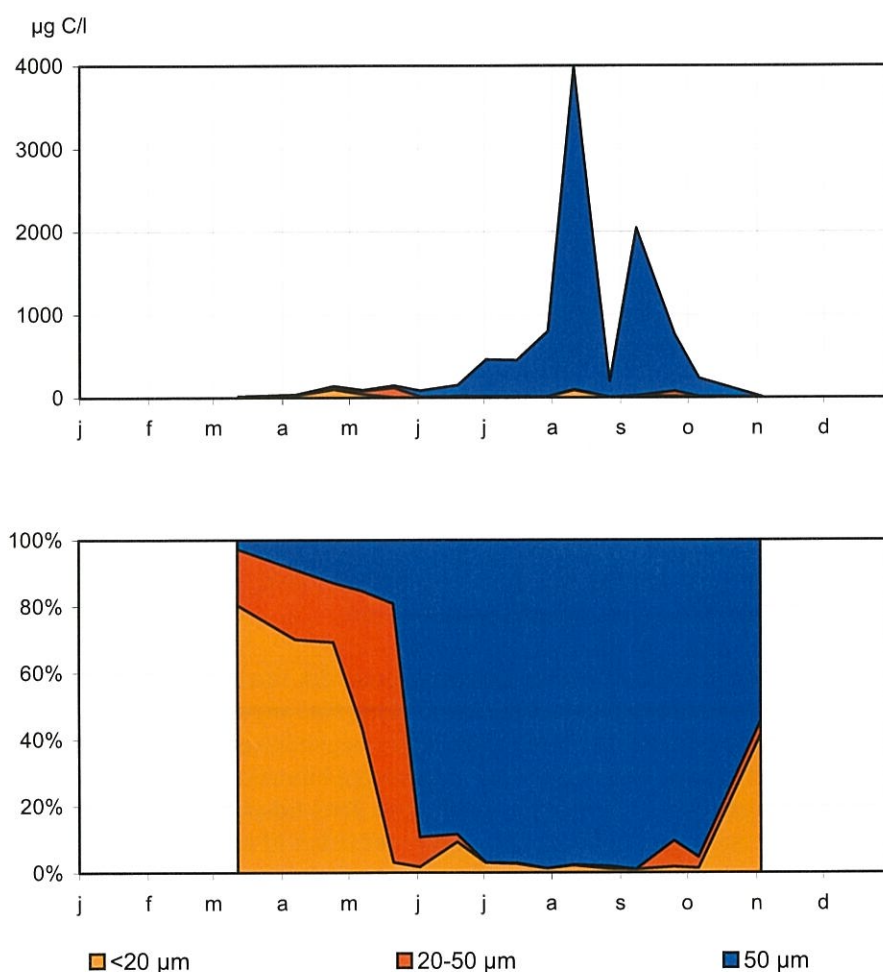
Størrelsesvariationen af planteplankton i 2003 ses af figur 5.7.1. Normalt regnes planteplankton <50 µm som tilgængeligt for dyreplankton.

I marts-maj var 81-97% af den tilstedeværende planteplanktonbiomasse størrelsesmæssigt tilgængelig for dyreplankton. Denne fraktion (<50 µm) bestod især af små og mellemstore kiselalger

samt rekyalger, der har en høj fødeværdi for dyreplankton. I hele perioden var biomassen dog så lav (<200  $\mu\text{g C/l}$ ), at dyreplankton var fødebegrænset.

I juni-oktober var den tilgængelige andel af planteplanktonbiomassen under 12%, og fødegrundlaget for dyreplankton var meget dårligt, oftest var under 25  $\mu\text{g C/l}$  og altid under 100  $\mu\text{g C/l}$  umiddelbart tilgængelig for dyreplankton. I juni-oktober var planteplanktonbiomassen domineret af store furealger (*Ceratium furcoides* og *Ceratium hirundinella*) og trådformede kiselalger.

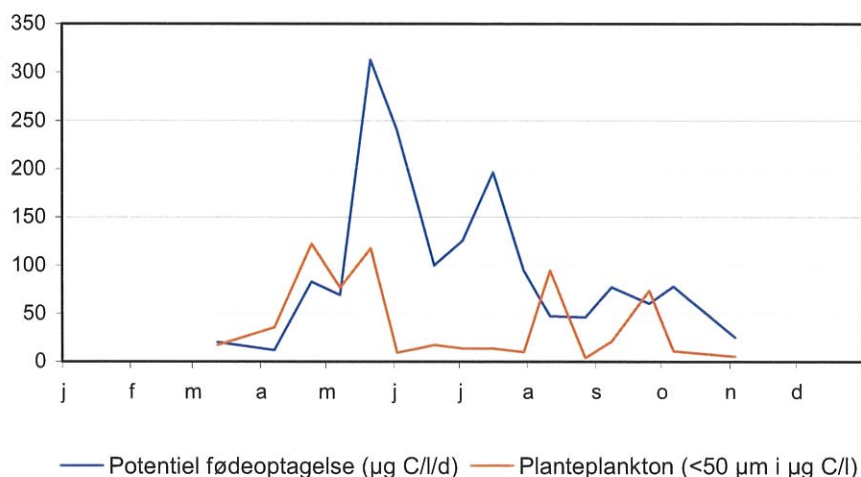
I november var 45% af en meget lav total biomasse (5,2  $\mu\text{g C/l}$ ) tilgængelig for dyreplankton.



Figur 5.7.1. Tystrup Sø 2003. Planteplanktons biomasse ( $\mu\text{g C/l}$ ) opdelt i størrelsesgrupper efter græsningsfølsomhed. <20  $\mu\text{m}$  stærkt græsningsfølsom, 20-50  $\mu\text{m}$  middel græsningsfølsom, >50  $\mu\text{m}$  græsningsresistent.

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse og græsningstryk, beregnet ud fra deres daglige fødebehov fremgår af bilag 8. Tabel 5.7.1 illustrerer dette, og figur 5.7.2 viser ligeledes relationen mellem

dyreplanktons fødeoptagelse (mg C/l/d) og det græsningsfølsomme planteplankton (<50  $\mu\text{m}$  i mg C/l).



Figur 5.7.2. Tystrup Sø 2003. Dyreplanktons græsning som potentiel fødeoptagelse (mg C/l/d) i relation til græsningsfølsom planteplanktonbiomasse (<50  $\mu\text{m}$ , mg C/l).

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse varierede mellem 12  $\mu\text{g C/l/d}$  i begyndelsen af april og 310  $\mu\text{g C/l/d}$  midt i maj. Den gennemsnitlige fødeoptagelse var 97  $\mu\text{g C/l/d}$  i perioden marts-oktober og 120  $\mu\text{g C/l/d}$  i sommerperioden maj-september. Disse gennemsnit svarede til et gennemsnitligt græsningstryk på henholdsvis 240% og 310%.

I april-maj var det græsningsfølsomme planteplankton (<50  $\mu\text{m}$ ) domineret af små og mellemstore kiselalger (centriske kiselalger <10  $\mu\text{m}$  og *Stephanodiscus neoastraea*) og små rekylalger (*Rhodomonas lacustris*), der alle er fortrinlige fødeemner for dyreplankton. Mængden var dog i hele perioden begrænsende for cladocerer (35-122 mg C/l). Dette resulterede i en relativ lav fødeoptagelse og et lavt græsningstryk på 34-90% frem til midt i maj, hvor dyreplankton havde sit maksimum. Fødeoptagelsen var domineret af effektive græssere, store cladocerer, og det samlede græsningstryk var på 2600%. I starten af juni er biomassen af det græsningsfølsomme planteplankton nede på 9 mg C/l. Det var sandsynligvis en medvirkende faktor til reduktionen af dyreplanktons biomasse og fødeoptagelse.

Sommer og efterår domineredes planteplanktonbiomassen af græsningsresistente furealger og trådformede kiselalger. Mængden af græsningsfølsomt planteplankton var meget lav (ofte 10-20  $\mu\text{g C/l}$ ), og dyreplankton var fødebegrænset. Trods dette opretholdt dyreplankton et højt græsningstryk (400-1400%) næsten hele sommeren og efteråret, hvilket tyder på, at alternative fødeemner, såsom ciliater, bakterier og detritus, var inde i billedet. Fødeoptagelsen var i denne periode domineret af store cladocerer (især *Daphnia hyalina*).

Dyreplankton var i stand til at regulere planteplanktonbiomassen i marts og omkring dyreplanktons årsmaksimum i maj og begyndelsen af juni, hvor copepoder og store filtrerende cladocerer dominerede.

Tabel 5.7.1. Tystrup Sø 2003. Relation mellem planteplankton og dyreplanktons fødeoptagelse i løbet af året, set som græsningstryk og potentiel græsningsrate i dage.

Dato	Planteplankton Total ( $\mu\text{g C/l}$ )	Planteplankton <50 $\mu\text{m}$ ( $\mu\text{g C/l}$ ) B	Dyreplankton potentielt fødeoptagelse ( $\mu\text{g C/l/d}$ ) I	Dyreplankton græsningstryk i procent $I/B*100\%$	Dyreplankton potentielt græsningsrate i dage B/I
12-mar	18	17	20	116	0,9
07-apr	39	35	12	34	2,9
24-apr	141	122	83	68	1,5
07-maj	91	77	69	90	1,1
21-maj	146	118	313	266	0,4
02-jun	87	9	241	2589	0,0
19-jun	148	17	100	583	0,2
02-jul	459	14	126	904	0,1
16-jul	450	14	196	1450	0,1
30-jul	797	10	95	945	0,1
11-aug	3999	94	47	50	2,0
27-aug	196	4	46	1200	0,1
08-sep	2045	21	77	365	0,3
25-sep	764	74	61	82	1,2
06-okt	232	11	78	714	0,1
03-nov	11	5	25	489	0,2
Gsn					
12-mar	585	40	97	243	0,4
31-okt					
Gsn					
01-maj	839	40	125	310	0,3
30-sep					

Sommer og efterår var græsningstrykket på planteplanktonbiomassen <50  $\mu\text{m}$  meget højt, men dyreplankton var ikke i stand til at forhindre opblomstring og dominans af store furealger og trådformede kiselalger. Planktonsamfundet er i sommerperioden i højere grad styret af meteorologiske forhold (temperaturlagdeling af søen) og fordeling af næringsstoffer i vandsøjlen.

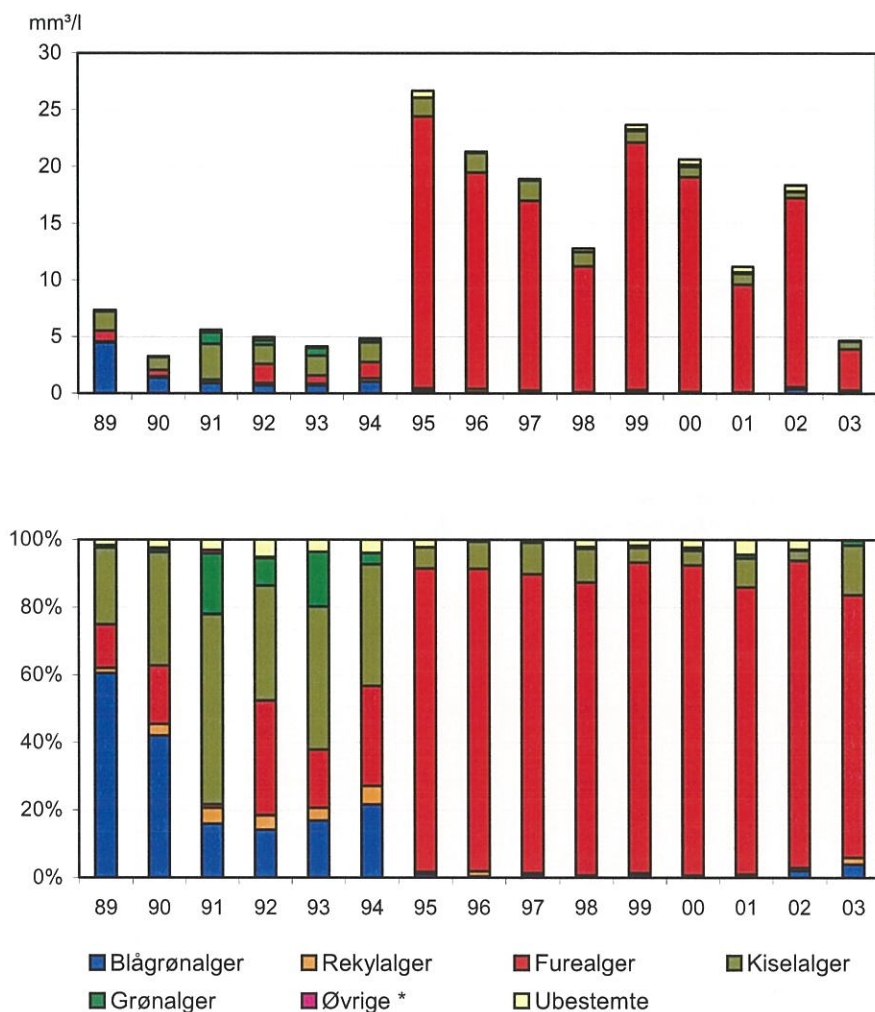
Planteplanktons biomasse og procentvise sammensætning som gennemsnit fra perioden marts-oktober fra årene 1989-2003 ses af figur 5.7.3 og bilag 12.1. Dominerende og subdominerende arter ses af tabel 5.7.2. Gennemsnitsværdier fra sommerperioden maj-september findes i bilag 12.2.

I 1989-94 lå den gennemsnitlige biomasse indenfor 3-7  $\text{mm}^3/\text{l}$ , men i 1995 steg den drastisk til 27  $\text{mm}^3/\text{l}$ . De efterfølgende 7 år (1996-2002) var den gennemsnitlige biomasse stadig høj, men med store udsving (11-24  $\text{mm}^3/\text{l}$ ). Denne periodes laveste værdi fandtes i 2001. I 2003 faldt den gennemsnitlige biomasse til 4,7  $\text{mm}^3/\text{l}$ .

I 1989-94, hvor den gennemsnitlige biomasse var relativt lav (3-7  $\text{mm}^3/\text{l}$ ), var planteplanktonsamfundet enten domineret af blågrønalger (1989-90), kiselalger (1991 og 1993) eller en blanding af kiselalger, furealger og blågrønalger (1992 og 1994).

De høje gennemsnitsværdier i 1995-2002 skyldes en meget høj sommerbiomasse af furealgerne *Ceratium hirundinella* og *Ceratium furcoides*, der disse år udgjorde 85-92% af den totale

gennemsnitlige biomasse i marts-oktober. I 1995-97, 1999-2000 samt 2002 fandtes ekstremt høje biomassemaksima (95-240 mm<sup>3</sup>/l), der næsten udelukkende bestod af Ceratium. I 1998 var biomassemaksimum 42 mm<sup>3</sup>/l og i 2001 53 mm<sup>3</sup>/l.



Figur 5.7.3. Tystrup Sø 2003. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper 1989-2003. Gennemsnit fra perioden marts-oktober. \* Øvrige = Gulalger + stilkalger + prasinophyceae .

I 2003, hvor den gennemsnitlige biomasse (4,7 mm<sup>3</sup>/l) var på samme niveau som i de tidlige undersøgelsesår, fandtes stadig dominans af furealger i sommerperioden, men biomassemaksimum var noget lavere (31 mm<sup>3</sup>/l) og der fandtes intet større forårsmaksimum af kiselalger.

Den gennemsnitlige blågrønalgebiomasse var højest i 1989-90 (1,4-4,5 mm<sup>3</sup>/l). I 1995-2003 var blågrønaler næsten var forsvundet (0,02-0,39 mm<sup>3</sup>/l). I 1989-97 og igen i 2002 var de vigtigste blågrønaler den kolonidannende slægt *Microcystis*, hvorimod det i 1998-2001 var slægten *Anabaena* og/eller slægten *Aphanizomenon*, der begge er trådformede og fikserer luftformigt frit kvælstof. I 2003 fandtes en blanding af *Microcystis* og *Aphanizomenon*.

Tabel 5.7.2. Tystrup Sø 2003. Gennemsnitlig planteplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale gennemsnitlige biomasse fra perioden marts-oktober fra årene 1989-2003.

År	Gsn. total biomasse mm <sup>3</sup> /l	Dominerende art	Andel af gsn biomasse %	Subdominerende arter	Andel af gsn biomasse %
1989	7,4	<i>Microcystis aerugi./botrys/flos-aquae</i>	57	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	13 13
1990	3,3	<i>Microcystis aerugi./botrys/flos-aquae</i>	39	<i>Aulacoseira gran.+v. angustissima</i> <i>Ceratium hirundinella</i>	33 17
1991	5,6	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	24	<i>Chlamydomonas</i> spp. <i>Aulacoseira gran.+v. angustissima</i> Centriske kiselalger (<10 µm) Centriske kiselalger (10-30 µm)	14 10 10 10
1992	4,9	<i>Ceratium hirundinella</i>	33	<i>Aulacoseira</i> spp. <i>Microcystis</i> spp.	23 12
1993	4,2	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Ceratium hirundinella</i>	15 15	<i>Aulacoseira</i> spp. <i>Chlorella</i> sp./ <i>Dic.subsolutarium</i> Centriske kiselalger (10-30 µm)	14 11 9
1994	4,9	<i>Ceratium hirundinella</i>	29	Centriske kiselalger (10-30 µm) <i>Microcystis aerugi./botrys/flos-aquae</i> Centriske kiselalger (<10 µm)	19 12 8
1995	26,7	<i>Ceratium furcoides</i>	68	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	22 4
1996	21,3	<i>Ceratium furcoides</i>	64	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	25 4
1997	18,9	<i>Ceratium hirundinella</i>	47	<i>Ceratium furcoides</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	42 7
1998	12,8	<i>Ceratium furcoides</i>	54	<i>Ceratium hirundinella</i> Centriske kiselalger (10-30 µm)	33 4
1999	23,7	<i>Ceratium furcoides</i>	66	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	26 2
2000	20,7	<i>Ceratium furcoides</i>	56	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aulacoseira gran.+v. angustissima</i>	36 2
2001	11,2	<i>Ceratium furcoides</i>	47	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Stephanodiscus neoastraea</i>	38 5
2002	18,4	<i>Ceratium furcoides</i>	63	<i>Ceratium hirundinella</i>	28
2003	6,7	<i>Ceratium furcoides</i>	47	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Aulacoseira</i> spp.	31 6

Den gennemsnitlige kiselalgebiomasse var meget stabil i hele undersøgelsesperioden (0,6-1,7 mm<sup>3</sup>/l) bortset fra 1991 (3,2 mm<sup>3</sup>/l), hvor kiselalger dominerede planteplanktonsamfundet. De vigtigste



kiselalger var oftest *Stephanodiscus neoastraea*, *Aulacoseira* spp. og/eller centriske kiselalger 10-30  $\mu\text{m}$ .

I løbet af undersøgelsesperioden fandtes der store svingninger i den gennemsnitlige furealgebiomasse. I 1989-94 svingede den mellem 0,06  $\text{mm}^3/\text{l}$  (1991) og 1,7  $\text{mm}^3/\text{l}$  (1992) og i 1995-2003 mellem 3,6  $\text{mm}^3/\text{l}$  (2003) og 24  $\text{mm}^3/\text{l}$  (1995). I 1989-94 var den vigtigste furealge *Ceratium hirundinella*, hvorimod der i 1995-2003 fandtes en blanding af *Ceratium hirundinella* og *Ceratium furcoides*.

Størrelsesmæssigt dominerede arter  $<20 \mu\text{m}$  i 1989-91 (42-53%) og arter  $>50 \mu\text{m}$  i resten af undersøgelsesperioden, hvor de udgjorde 44-62% i 1992-94 og 88-95% i 1995-2003.

Planteplanktonsamfundet var alle år domineret af arter, der er typiske for næringsrige søer med temperaturspringlag. År med dominans af kiselalger tyder på ustabil springlagsdannelse.

Dyreplanktons biomasse og gruppernes procentvise fordeling som gennemsnit fra perioden marts-oktober fra årene 1989-2003 ses af figur 5.7.4 og bilag 12.3. Dominerende og subdominerende arter ses af tabel 5.7.3 Gennemsnitsværdier fra sommerperioden maj-september findes i bilag 12.4.

I marts-oktober 2003 var den gennemsnitlige biomasse 2,7  $\text{mg/l}$ , hvilket er lidt højere end i 2002, hvor den var 2,0  $\text{mg/l}$ . Den laveste gennemsnitlige biomasse fandtes tilbage i 1989 (1,3  $\text{mg/l}$ ) og den hidtil højeste i 1990 (3,9  $\text{mg/l}$ ). De øvrige år svingede den mellem 1,9 og 3,0  $\text{mg/l}$ . I sommerperioden kunne samme mønster iagttages, men den gennemsnitlige biomasse var generelt lidt højere og med større udsving i sommerperioden end i marts-oktober. Den maksimale biomasse i sommerperioden var 2,8  $\text{mg/l}$  i 1989, 16  $\text{mg/l}$  i 1990 og 3,8-8,6  $\text{mg/l}$  i de øvrige år.

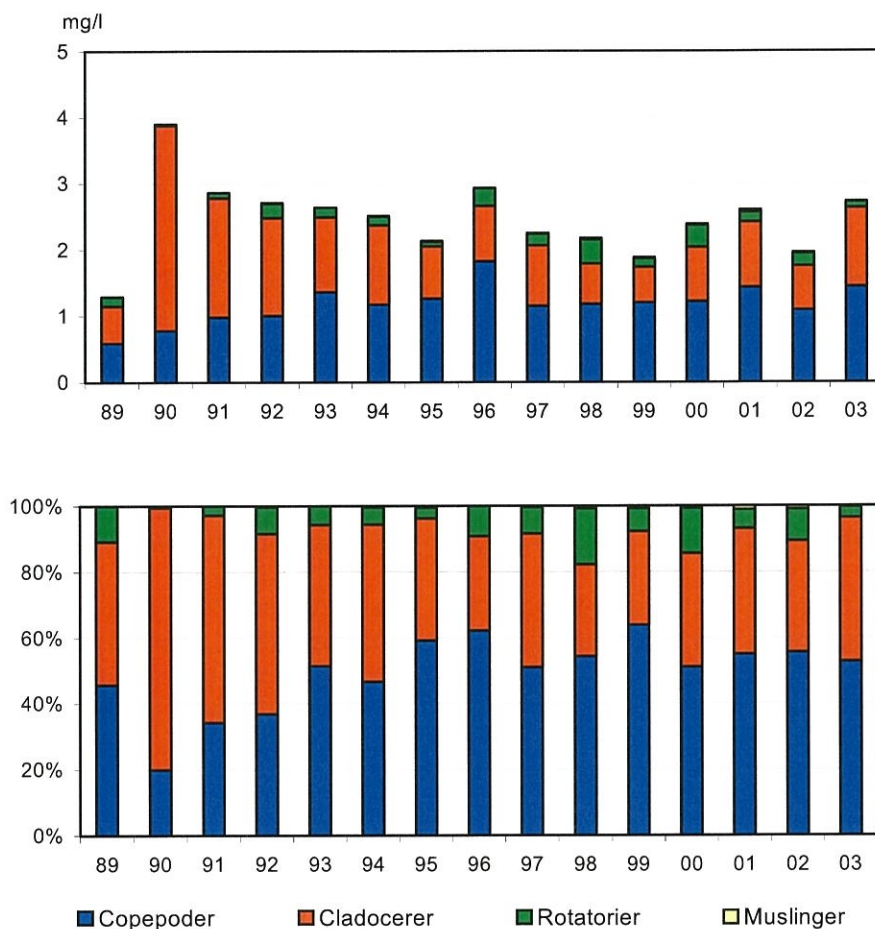
Cladocerer og copepoder var de mest udbredte dyreplanktongrupper i hele undersøgelsesperioden. Copepoders gennemsnitlige biomasse i perioden marts-oktober har ikke vist store udsving, men er steget jævnt fra 0,6  $\text{mg/l}$  i 1989 til et niveau omkring 1,0-1,8  $\text{mg/l}$  i årene 1991-2002. Copepoder havde størst betydning i 1989 og 1993-2003, hvor de udgjorde 46-63% af den totale gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse. Et større udsving gør sig gældende i den gennemsnitlige cladocerbiomasse, der steg fra 0,6  $\text{mg/l}$  i 1989 til 3,1  $\text{mg/l}$  i 1990 for derpå at falde jævnt til 0,6-1,2  $\text{mg/l}$  i perioden 1993-2003. Cladocerer dominerede dyreplanktonsamfundet i 1990-92, hvor de udgjorde 55-78%. De øvrige år udgjorde de 28-48%. Disse ændringer har muligvis en sammenhæng med ændringer i størrelsesfordelingen af planteplankton fra dominans af små arter  $<20 \mu\text{m}$  i 1989-1991 til store arter i 1992-2003.

Copepodbiomassen har i alle år været domineret af voksne individer af *Eudiaptomus graciloides*, samt juvenile stadier af calanoide og cyclopoide copepoder.

De vigtigste cladocerer var i alle år *Daphnia galeata* og/eller *Daphnia hyalina*. I 1989-93 samt i 1996 var *Daphnia galeata* den vigtigste cladocer, og i 1994-95 samt i årene 1997-2003 var *Daphnia hyalina* den almindeligste.

Rotatorier havde størst relativ betydning i 1998 og 2000, hvor de udgjorde 14-17% af den samlede dyreplanktonbiomasse. De øvrige undersøgte år 1-11%. Ciliater blev kun oparbejdet i 1990-1991, hvor de udgjorde 1-4% af den totale gennemsnitlige biomasse for perioden marts-oktober.

Muslinger udgjorde 0-1% af den samlede dyreplanktonbiomasse.



Figur 5.7.4. Tystrup Sø 2003. Dyreplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper 1987 og 1989-2003. Gennemsnit fra perioden marts-oktober. 2001: perioden april-oktober (se bilag 12.3).

Tabel 5.7.3. Tystrup Sø 2003. Gennemsnitlig dyreplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale biomasse fra perioden marts-oktober fra årene 1989-2003. 2001: perioden april-oktober.

ÅR	Total bio- masse mg/l	Dominerende art	Andel af gsn. biomasse %	Subdominerende arter/grupper	Andel af gsn. biomasse %
1989	1,3	<i>Daphnia galeata</i>	43	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Calanoide copepoditer	15 15
1990	3,9	<i>Daphnia galeata</i>	73	Calanoide copepoditer	5
1991	3,0	<i>Daphnia galeata</i>	56	Calanoide copepoditer	13
1992	2,7	<i>Daphnia galeata</i>	22	<i>Daphnia hyalina</i>	16

Tabellen fortsættes næste side

				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	11
				Calanoide copepoditer	10
				<i>Bosmina coregoni</i>	10
1993	2,6	<i>Daphnia galeata</i>	21	Calanoide copepoditer	17
				<i>Daphnia hyalina</i>	14
				Cyclopoide copepoditer	14
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	11
1994	2,5	<i>Daphnia hyalina</i>	21	Cyclopoide copepoditer	20
				<i>Daphnia galeata</i>	13
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	9
				Calanoide copepoditer	8
1995	2,1	Cyclopoide copepoditer	20	<i>Daphnia hyalina</i>	15
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	15
				Calanoide copepoditer	13
				<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	11
1996	2,9	Calanoide copepoditer	18	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	15
				Cyclopoide copepoditer	15
				<i>Daphnia galeata</i>	14
				<i>Asplanchna priodonta</i>	8
1997	2,3	<i>Daphnia hyalina</i>	20	Calanoide copepoditer	15
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	11
				Cyclopoide copepoditer	9
				<i>Daphnia galeata</i>	7
1998	2,2	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	14	Calanoide copepoditer	12
				<i>Asplanchna priodonta</i>	12
				<i>Daphnia hyalina</i>	10
				Cyclopoide nauplier	9
1999	1,9	Calanoide copepoditer	18	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	16
				<i>Daphnia hyalina</i>	12
				Cyclopoide copepoditer	11
				<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	5
2000	2,4	<i>Daphnia hyalina</i>	16	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	15
				<i>Asplanchna priodonta</i>	10
				Calanoide copepoditer	9
				Cyclopoide nauplier	8
2001	2,6	<i>Daphnia hyalina</i>	28	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	14
				Calanoide copepoditer	13
				Cyclopoide nauplier	9
				<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	7
2002	2,0	Calanoide copepoditer	16	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	12
				<i>Daphnia hyalina</i>	11
				<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	9
				Cyclopoide nauplier	8
2003	2,7	<i>Daphnia hyalina</i>	28	Calanoide copepoditer	18
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	13
				<i>Daphnia longispina</i>	8

## 5.7 Fiskeyngel

Siden 1998 er der årligt lavet undersøgelser af fiskeynglen i Tystrup Sø. I 2003 blev undersøgelsen udført natten mellem 4.- 5. juli i overensstemmelse med anvisningen fra DMU med yngeltræk i 6 transekter i littoralen og 12 transekter i pelagiet af ca. 1-2 minutters varighed..

Der blev konstateret yngel fra skalle, aborre og brasen i fangsten.

Den samlede yngeltæthed var 1,07 pr. m<sup>3</sup> i littoralen og 0,15 pr. m<sup>3</sup> i pelagiet, hvilket var væsentligt mindre end i de foregående tre år. Samlet var niveauet således omtrent uændret. Vægtmæssigt var tætheden 0,16 g vådvægt pr. m<sup>3</sup> i littoralen og 0,05 g pr. m<sup>3</sup> i pelagiet. Skalleynglen var antalmæssigt dominerende i littoralen, mens aborreynglen dominerede i pelagiet.

Sammenlignet med 16 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser de fem seneste år, var tætheden af både karpefiskeyngel og aborrefiske yngel i 2003 væsentligt under medianen.

Både skalleynglen, aborreynglen og brasenynglen var forholdsvis lille for tidspunktet i Tystrup Sø, hvilket den ligeledes har været ved de foregående undersøgelser.

Der er generelt store variationer i årgangsstyrken hos de respektive arter, hvoraf især de sent gydende arter som bl.a. brasener er følsomme for klimatiske udsving forår og sommer. I 2003 var middeltætheden af karpefiskeyngel i de dybe søer moderat, mens aborreynglen generelt forekom mindre talrigt end i 2002.

I Tystrup Sø er der hovedsageligt registreret skalleyngel og aborreyngel gennem perioden, og for begge var rekrutteringen ringe i 1998 og 1999 og god i de tre efterfølgende år, men en efterfølgende aftaget til et moderat niveau hos begge arter i 2003.

Ynglens fordeling i de undersøgte søer viste en forkærlighed hos karpefiskeynglen for de lavvandede områder, og kun i de uklare og lavvandede søer fandtes karpefiskeyngel i pelagiet. Aborrefiskeynglen var generelt mere pelagisk, dog med generelt aftagende mængder med øget dybde og sigtdybde. Fiskeynglens sammensætning i Tystrup Sø i juli 2003 er i overensstemmelse med søens status som dyb og moderat klarvandet med største yngeltætheder i littoralen.

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate (inklusive etårige skaller) omkring 1. juli var med ca. 3 mg tv/m<sup>3</sup>/d under medianen blandt referencesøerne og større end i de forudgående år, og fiskeynglen har næppe alene kunne begrænse søens dyreplankton. Som følge af prædation fra søens ældre fisk kan fiskenes samlede prædationstryk på dyreplanktonet dog have været betydeligt. Som i andre mere klarvandede søer kan mængden af dyreplankton over sommeren dog omvendt have været begrænsende for mængden af fiskeyngel..

## 6 Søtilstand og målsætning

### 6.1 Søtilstand

Belastningen til Tystrup Sø med næringsalte er stor. Oplandet omfatter bl.a. tre relativt store byer, som efter rensning udleder alt spildevand til Suså-systemet og dermed til Tystrup Sø. Hertil kommer spildevandsbelastningen fra den spredte bebyggelse i det over 600 km<sup>2</sup> store opland. Oplandet er overvejende intensivt dyrket, og derfor er også udvaskningsbidraget, som tegner sig for den væsentligste del af kvælstoftilførslen, stort.

Sedimentet er næringsrigt og indeholder en betydelig pulje af udveksleligt fosfor, som i en lang periode vil kunne bidrage med en intern fosforbelastning til søen.

Næringssaltniveauet i Tystrup Sø er forholdsvis højt med en årsmiddelværdi for totalfosfor på 211 µg/l i gennemsnit for overvågningsperioden 1989 - 2003 og for totalkvælstof tilsvarende på 5.4 mg/l. Planteplanktonet er i overensstemmelse hermed domineret af arter, der er karakteristiske for næringsrige søer som blågrønalgen *Microcystis aeruginosa*, furealgerne *Ceratium hirundinella* og *C. furcoides*, kiselalgerne *Stephanodiscus neoastraea* og *Fragilaria crotonensis* samt diverse chlorococcale- og volvocale grønalger. Algebiomassen er høj med en sommermiddelværdi, der som gennemsnit for hele perioden ligger på over 19 mm<sup>3</sup>/l, men som varierer meget fra år til år med 3.5 mm<sup>3</sup>/l som laveste værdi (1990) og 27 mm<sup>3</sup>/l som den højeste (1995). Den højeste algetæthed, som er målt lå på 240 mm<sup>3</sup>/l, den blev målt i 1995 under et maksimum af furealger.

Dyreplanktonet er relativt rigt udviklet og forekommer i større mængde, end man umiddelbart ville forvente ved det høje næringsaltniveau. Det er til en hvis grad i stand til at regulere mængden af planteplankton. Dette på trods af, at de fysiske betingelse for dyreplankton ikke synes særligt gode, bl.a. er undervandsvegetationen meget svagt udviklet. Imidlertid er prædationstrykket fra fisk mindre, end det oftest er tilfældet i stærkt spildevandsbelastede søer, på grund af en gunstigt sammensat fiskebestand.

Undervandsvegetationen har kun ringe udbredelse i søen på trods af, at sigtddybden er rimeligt god med et gennemsnit for sommerperioden for hele overvågningsperioden på 1.65 m. Det skyldes bl.a. dybdeforholdene. Der er kun en smal bræmme søen rundt, hvor dybden er tilstrækkeligt lille til, at der er mulighed for vegetation. Mange steder er denne bræmme dækket af rørskov. Dybdegrænsen for vegetation er 2.5 m. Den eneste makrofyte, der kan betegnes som meget almindelig, er trådalgen *Cladophora* sp. Vegetationen er ikke blevet nærmere undersøgt siden 1989.

Fiskebestanden er blevet undersøgt i 1991, 1996 og 2000. Bestanden er varieret og meget artsrig. I alt er der registreret 24 arter, hvilket praktisk taget er alle arter, der findes i søer i Danmark. De vigtigste arter er de typiske for eutrofierede søer: skalle (40 %), aborre (31 %), brasen (18 %) og gedde (7 %). Tallene i parentes angiver arternes vægtmæssige andel af den samlede bestand i gennemsnit for de tre undersøgelser. Gennemgående er vækst og konditionsforhold gode for de almindelige arter.

Aborrebestanden var forøget radikalt ved den seneste undersøgelse. Den er præget af relativt mange fisk i mellemstørrelse (20-30 cm), hvilket betyder at fiskeyngelen i søen er udsat for et ret højt græsningstryk. Resultatet er at fiskebestanden præges af forholdsvis mange store fisk, der er uafhængige af dyreplankton som fødekilde. At fiskebestanden har formået at fastholde en gunstig sammensætning, i stedet for at gro til med småfisk, især i perioden med et højere næringsniveau end det aktuelle, er en væsentlig årsag til, at vandkvaliteten i Tystrup Sø er bedre end forventet.

Belastningen til Tystrup Sø i 2003 med såvel fosfor som kvælstof lå nær minimum for overvågningsperioden. Søvandskoncentrationerne fulgte for begge parametre vedkommende nær ved 25 % fraktilen for overvågningsperioden, men fulgte i øvrigt det sædvanlige årstidsmønster.

Fosforfrigivelsen er sammenfaldende med masseopblomstring af furealger, som kan være medvirkende til at give høj fosforkoncentration, idet de er i stand til at passere springlaget og hente næring fra bundvandet op til overfladevandet.

Fytoplanktonudviklingen i 2003 lignede forholdene i 1995 - 2002. Gennemsnitsalgekoncentrationen og maksimalkoncentrationen var dog under gennemsnittet for overvågningsperioden, men lige som de fem foregående år var der dominans og opblomstring i sensommeren af furealger. Algesammensætningen var i øvrigt karakteristisk ved at blågrønalger stort set var fraværende. Tilsyneladende ses en udvikling i algesammensætningen. Årene 89 og 90 var domineret af blågrønalger. I 1992 til 94 var der nogenlunde ligelig forekomst af blågrønalger og furealger, mens de seneste 9 år, 1995-2003, har været kraftigt domineret af furealger. 1991 var, som det hidtil eneste år, domineret af kiselalger, som de øvrige år har udgjort fra 10-40 % af algebiomassen. Blågrønalgerne vigende betydning er formentlig et respons på den aftagende fosforbelastning.

## 6.2 Målsætning

Tystrup Sø har i amtets regionplan skærpet målsætning, dels som *naturvidenskabeligt interesseområde* dels som *egnet til badning*. Målsætningen som naturvidenskabeligt interesseområde er især begrundet i søens og omgivelsernes store betydning som fuglelokalitet, men også i den meget artsrige fiskebestand. Søen har desuden stor landskabelig værdi. Målsætningen indebærer, at søen skal have et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv.

Målsætningen anses ikke for opfyldt blandt andet på grund af den dårligt udviklede undervandsvegetation og den store planteplanktonproduktion/biomasse.

Badevandsmålsætningen er ligeledes uopfyldt. Vandet overholder de bakteriologiske krav til badevand i henhold til badevandsbekendtgørelsen. Men kravet om en sigtddybe på mindst 1 meter har bortset fra i 2003 ikke været opfyldt i perioder med algeopblomstring. I 2003 var algemængden under opblomstringen betydeligt mindre end de foregående år, hvilket dog især må tilskrives den ringe nedbør og der af følgende lave belastning. Skiftet fra blågrønalge- til furealgedominans i højsommeren har dog medført en generel bedre badevandskvalitet de seneste 9 år end i starten af overvågningsperioden. Skønt der under furealgeopblomstringerne opbygges langt højere biomasser end tilfældet var under de tidligere blågrønalgeopblomstringer er den negative effekt på badevandet mindre, idet furealgerne ikke i samme grad som blågrønalger har tendens til at danne uæstetiske, ildelugtende flydelag langs søens bredder.

### 6.3 Udvikling

Tilstanden i Tystrup Sø er i det store hele ikke ændret i perioden 1989-2003.

Fosforbelastningen er faldet radikalt på grund af forbedret spildevandsrensning i oplandet især på de større spildevandsanlæg. Fosforkoncentrationen i søvandet er som følge heraf faldet markant set over hele perioden, selv om den de sidste år har ligget relativt højt. Selv om fosforbelastningen på langt sigt er afgørende for søens fosforniveau, er forholdene i den enkelte sæson i langt højere grad styret af interne processer i søen.

På trods af det faldende fosforniveau kan der kun konstateres små ændringer i søens øvrige forhold, som direkte kan relateres til faldet. Sigtdybden er forbedret lidt men jævnt gennem perioden.

Planteplanktonets sammensætning er ændret markant, idet blågrønalger, fra i 1989 at være den dominerende gruppe, har udvist et jævnt fald og i 1995-2003 har spillet en helt underordnet rolle. Den samlede algemængde er imidlertid steget kraftigt på grund af årlige masseforekomster af furealger.

Ændringen i algesammensætning er til dels modsvaret af en ændring af zooplanktonets sammensætningen. Copepodernes andel er steget jævnt gennem hele perioden, mens cladocerernes modsat er faldet. Den samlede mængde er af uændret størrelsesorden.

Desuden er der sket en gunstig ændring i fiskebestanden. Mængden af rovfisk er steget markant på bekostning af fredfisk, hvilket har en positiv effekt på planktonet og dermed søens generelle miljøtilstand.

Tilstanden i Tystrup Sø er overordnet styret af fosforkoncentrationen, og selv om denne er faldet meget gennem en årrække, er den stadig for høj til at de ændringer, der skal til, for at søen kan opfylde målsætningen, kan indtræde spontant.

For at opfylde målsætningen skal planteplanktonmængden reduceres og sigtdybden øges til mindst 2.5 m (sommerrmiddelværdi) også i år med en afstrømning af middelstørrelse. (Sommersigtdybden i 2003 lå på 2.70 men så sent som i 2002 var den under 1.75.) Undervandsplanternes dybdegrænse skal øges til 4-5 meter og vegetationens tæthed skal øges betydeligt

For at opnå dette skal fosforbelastningen til søen reduceres yderligere og søvandets koncentration af totalfosfor skal nedbringes til en årsmiddelværdi på ca. 50 µg/l. Der er derfor stillet krav om vidtgående fosforfjernelse på alle renselanlæg i oplandet til søen. Der skal desuden sættes ind overfor spildevandsbelastningen fra den spredte bebyggelse.

## 7 Sammenfatning

Tystrup Sø er en relativt stor og ret dyb sø med et opland på 670 km<sup>2</sup>; den gennemløbes af Suså.

I 2003 lå fosforbelastningen på 14.7 t hvoraf 69 % stammede fra spildevand. Kvælstofbelastningen på 496 t kom for 62 %'s vedkommende fra landbruget.

Belastningen var lavere end de foregående 3 år; nogenlunde på niveau med de ligeledes nedbørsfattige år 1996-97. Fosforbelastningen har vist et kraftigt faldende niveau siden 80-erne. På årsbasis afkaster søen de fleste år en hel del fosfor, dog ikke i 2003, hvor var der tale om en nettoretention på 31 %. Kvælstofbelastningen er faldet svagt over perioden.

De fysiske og vandkemiske forhold i 2003 afveg ikke markant fra det gennemsnitlige for overvågningsperioden, bortset fra at koncentrationerne af fosfor og kvælstof lå noget lavere end gennemsnittet. Sigtdybden er forbedret siden overvågningens start.

Planteplanktonbiomassen var som de foregående 8 år domineret af furealger. Blågrønalger, som sammen med kiselalger dominerede de første 6 overvågningsår er gået stærkt tilbage. Biomassen, der de første 6 år lå omkring 5 mm<sup>3</sup>/l, steg i forbindelse med skiftet til furealger kraftigt og lå i otteårsperioden i 1995-2002 på 19 mm<sup>3</sup>/l. I 2003 var biomassen faldet til samme lavere niveau som i starten af overvågningsperioden.

Mængden af dyreplanktonet lå i 2003 over middel og var som sædvanligt domineret af copepoder.

Fiskebestanden har ændret sig og er nu stærkt domineret af store aborrer hvor den tidligere var domineret af skalle og brasen.

Sammenfattende må Tystrup Sø karakteriseres som stærkt eutrofieret, men med tydelige tegn på forbedring. Den er målsat som naturvidenskabeligt interesseområde og som "badevand". Målsætningen er ikke opfyldt. Der er derfor krav om yderligere nedbringelse af fosforbelastningen fra såvel renselanlæg som fra spredt bebyggelse i oplandet.



## **8 Bilag**

- A: Rapportoversigt
- B: Vand- og stofbalancer
- C: Profilmålinger
- D: Vandkemi og sigtddybde
- E: Planktonundersøgelser
- F: Fiskeyngel

Bilagene findes i særskilt rapport

