

R o s k i l d e

A m t



Gundsømagle Sø 1989-2001



Teknisk
Forvaltning

 **VANDMILJØ**
overvågning

VANDMILJØovervågning

Gundsømagle Sø

1989-2001

Titel: VANDMILJØovervågning. Gundsømagle Sø 1989-2001

Udarbejdet af: Roskilde Amt, Teknisk Forvaltning

Tekst og figurer: Per Helmgård

Kortmateriale: Udsnit af kort- og Matrikelstyrelsens kort er gengivet med copyright Kort- og Matrikelstyrelsens tilladelse. Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1035.

Tryk: 1. oplag

ISBN: 87-7800-528-0

Købes hos: Roskilde Amt, Biblioteket, Køgevej 80, 4000 Roskilde, tlf.: 46 30 35 52

Pris:

Indholdsfortegnelse

1.	Sammenfatning	5
2.	Indledning	8
3.	Klimatiske forhold	9
4.	Sø- og oplandsbeskrivelse samt målsætning	11
5.	Søtilløb - vandføring og stofkoncentrationer	13
5.1	Vandføring	13
5.2	Fosfor	13
5.3	Kvælstof	14
6.	Vandbalance	15
7.	Stofbalance	17
7.1	Fosfor	17
7.2	Kvælstof	19
7.3	Jern	21
8.	Fysisk-kemiske målinger i søen	22
8.1	Næringsstoffer	22
8.2	Øvrige målinger i søvandet	25
9.	Biologiske målinger i søen	27
9.1	Planteplankton	27
9.2	Dyreplankton	28
9.3	Fiskebestand	30
9.4	Samspillet mellem stofkoncentrationer, plankton og fiskebestand	33
10.	Konklusion	34
11.	Referencer	35
12.	Bilagsfortegnelse	36

Forord

I 1987 vedtog Folketinget Vandmiljøplanen, hvis formål er at reducere udledningen af næringsstoffer til vandmiljøet. For at kunne følge effekterne af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen, blev der i efteråret 1988 iværksat et intensivt overvågningsprogram af grundvand, spildevand, overfladevand og atmosfæren.

Som en del af dette program blev 37 søer udpeget som overvåkningssøer. Søerne blev udvalgt således, at de er repræsentative for de øvrige danske søer. I Roskilde Amt er udvalgt to overvåkningssøer, Gundsømagle Sø og Borup Sø. Antallet af overvåkningssøer er senere reduceret til 31.

Ved revisionen af overvågningsprogrammet i 1998 ændredes overvågningen fra specifikt at være rettet mod at opgøre effekterne af de reduktionsmål, der bl.a. blev opstillet i Vandmiljøplanen, til at omfatte vandmiljøets tilstand i en bredere forstand. Eksempelvis er overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer nu integreret i overvågningsprogrammet. Samtidig ændrede overvågningsprogrammet navn fra "Vandmiljøplanens Overvågningsprogram" til "Nationalt Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003", i daglig tale blot NOVA-2003. Hele NOVA 2003 overvågningsprogrammet er beskrevet i /1/.

Som regionale myndigheder er det amternes opgave at føre tilsynet med overvåkningssøerne. Amterne behandler de indsamlede data og udgiver årligt rapporter om tilstanden og udviklingen i de enkelte overvåkningssøer. De indsamlede data overføres endvidere til DMU, der på baggrund af disse data og amternes rapporter sammenfatter resultaterne fra alle søerne i en årlig statusrapport.

1. Sammenfatning

Vandtilførslen var i 2001 med 7,8 mill. m³ vand lidt mindre end året før, men stadig over gennemsnittet for hele overvågningsperioden.

Fosfortilførslen var med godt 1,6 ton den største siden 1994, men tilførslen er dog stadig markant mindre end i starten af overvågningsperioden. Sammenlignet med fosfortilførslen i 1989, er der frem til 2001 sket en reduktion i tilførslen på 85-90%. Årsagen til dette markante fald i fosfortilførslen er en kraftig reduktion i fosforudledningen fra punktkilder i oplandet. Som følge af en centralisering af spildevandsrensningen i oplandet, er Kallerup renseanlæg nu det eneste tilbageværende renseanlæg i oplandet til søen. Renseanlægget er i perioden ombygget og fungerer nu med udvidet biologisk rensning samt rensning for såvel fosfor som kvælstof.

Til og med 1991 tilbageholdte søen anseelige fosformængder hvert år, men efter den kraftige reduktion i fosfortilførslen i 1992, har fraførslen været større end tilførslen. Der har imidlertid været en klart aftagende tendens i nettofraførslen og i 2001 tilbageholdte søen igen fosfor for første gang siden 1991. Fosfortilbageholdelsen i 2001 er beregnet til ca. 370 kg.

Kvælstoftilførslen var med godt 47 ton noget under gennemsnittet for de foregående år, men set for hele perioden 1989-2001 kan der ikke påvises en reduktion i kvælstoftilførslen til søen.

Både års- og sommermiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet har været signifikant faldende i perioden 1989-2001. I 2001 var årsmidlen med 0,248 mg P/l overvågningsperiodens hidtil laveste og sammenlignet med årsmidlen i 1989 er der tale om et fald i årsmiddelkoncentrationen på godt 80%. Sommermiddelkoncentrationen udviser ikke helt samme markante fald som følge af den årligt tilbagevendende fosforfrigivelse fra sedimentet i sommerperioden, men er dog faldet fra 1,314 mg P/l i 1989 til 0,420 mg P/l i 2001. Årsagen til det faldende fosforniveau i søen er den kraftige reduktion i fosfortilførslen, men efterfølgende har fosforfrigivelsen fra sedimentet fået større og større betydning for søvandets indhold af fosfor i sommerperioden.

Årsmiddelkoncentrationen af kvælstof i søvandet var med 3,66 mg N/l overvågningsperiodens hidtil laveste, hvilket også var tilfældet for sommermiddelkoncentrationen på 2,63 mg N/l.

Som det har været tilfældet i samtlige overvågningsår var sommermiddelsigt dybden også i 2001 med 0,48 m meget ringe. Den faldende søvandskoncentration af fosfor har altså endnu ikke ført til en markant forbedring af sigt dybden.

Årets sommermiddelbiomasse af planteplankton steg for tredje år i træk og var med 33,1 mm³/l i niveau med biomassen i 1998.

I takt med at næringsstofftilførslen til søen er blevet reduceret er søens algesamfund som forventet gået fra grønalge- til blågrønalgedominans.

Også i 2001 dominerede blågrønalger med omkring 75% af planteplanktonets sommermiddelbiomasse.

Sommermiddelbiomassen af dyreplankton faldt for tredje år i træk og nåede med 868 µg tv/l ned på det hidtil laveste niveau i overvågningsperioden. Den lave dyreplanktonbiomasse skyldtes en kraftig nedgang i dafniebiomassen antageligt primært som følge af blågrønalgernes fornyede fremgang.

Den kortvarige stigning i dafniernes forekomst der kunne iagttages i 1999 hang utvivlsomt sammen med dette års mindre forekomst af blågrønalger. Gennem overvågningsperioden har der således været en signifikant negativ sammenhæng mellem blågrønalgernes og dafniernes forekomst i søen.

Antallet af fiskeyngel i juli 2001 var med 6,6 pr. m³ i bredzonen og 5,3 pr. m³ på åbent vand væsentlig større end i 2000 og tætheden af fiskeyngel i søen har været konstant stigende siden den første yngelundersøgelse i 1998.

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate (inklusive etårige fisk) omkring 1. juli var med 96 mg tv/m³/d lidt større end i 2000 og markant større end i 1998-99. Sammenlignet med de øvrige søer er fiskeynglens mulige prædation på dyreplanktonet i Gundsømagle Sø markant stor.

Ved fiskeundersøgelsen i efteråret 2001 blev der registreret 8 arter i søen: skalle, aborre, karusse, suder, gedde, regnløje, rudskalle og ål.

Antalsmæssigt var garnfangsten af småfisk større end i 1996 - og dermed betydelig, som det oftest er tilfældet i denne søtype. Fangsten af større fisk var derimod beskeden, som det også var tilfældet i 1996.

Fiskebestanden er domineret af karusser, suder, ål og skaller samt en imponerende geddebestand. Overordnet har fiskebestanden ikke undergået de store forandringer siden den første fiskeundersøgelse i 1990, men både karusse- og suderbestanden ser ud til at være på retur som følge af svigten- de rekruttering. Begge arter forekommer dog endnu i et antal, der er større end normalt i danske søer.

Betragtes de større fisk i søen, har geddernes prædation og den manglende rekruttering blandt røsumpsfiskene i de senere år sandsynligvis medført et formindsket prædationstryk på dyreplanktonet.

Selv om fiskebestanden samlet set påvirker dyreplanktonet gennem et betydeligt prædations- tryk, er fiskebestanden næppe hovedansvarlig for nedgangen i dyreplanktonets mængde gennem årene, der snarere skyldes skiftet fra grønalgedomi- nans til blågrønalgedominans.

Før søvandets fosforkoncentration yderligere re- duceres markant vil søens planteplankton være domineret af blågrønalger, og vandets sigtbarhed vil ikke forbedres væsentligt.

Den afgørende betingelse for, at søen kan komme ned på et lavere fosforniveau afhænger alene af indløbskoncentrationen af fosfor i søens tilløb og dermed af en tilstrækkelig reduktion af den ekster- ne fosfortilførsel. Hvornår søen derefter kommer ned på det nødvendige lave fosforniveau i søvan- det, afhænger af hvor hurtigt den potentielt frigiveli- ge fosforpulje i søsedimentet bliver reduceret.

Trods en betydelig fosforfrigivelse fra sedimentet siden 1992, er frigivelsen år for år blevet mindre og i 2001 tilbageholdte søen igen fosfor.

Udviklingen gennem hele overvågningsperioden for udvalgte nøgleparametre er summarisk angivet i tabel 1. Eventuelle udviklingstendenser *for hele perioden 1989-2001* er undersøgt ved hjælp af lineær regressionsanalyse og resultaterne af denne analyse er angivet ved hjælp af symboler. Det skal bemærkes, at da den foretagne analyse som nævnt er baseret på hele overvågningsperioden, vil en eventuel ny udvikling inden for de sidst par år ikke nødvendigvis statistisk slå igennem.

Tabel 1. Nøgleparametre i 2001 samt udvikling i 1989-2001 i belastningsforhold, vandkemi og biologiske parametre. Evt. statistisk signifikante ændringer er undersøgt vha. lineær regressionsanalyse. +/-, +/- -, +/+/- og +/+/- - - - svarer til en stigning/reduktion på henholdsvis 10%, 5%, 1% og 0,1% signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

Parameter	Enhed	2001	Gns. 1989-2000	Udvikling
Opholdstid	år	0,051	0,088	0
Fosforbelastning	t/år	1,639	3,412	----
	mg/m ² /dag	14,03	29,21	----
Indløbskoncentration (Q-vægtet)	mg P/l	0,215	0,736	---
P-retention (excl. magasin)	mg/m ² /dag	3,146	3,802	--
	%	22,4	-21,6	
Kvælstofbelastning	t/år	47,248	61,275	0
	mg/m ² /dag	404,52	524,62	0
Indløbskoncentration (Q-vægtet)	mg N/l	5,96	9,13	----
N-retention (excl. magasin)	mg/m ² /dag	121,46	155,13	--
	%	30,0	31,9	
Sediment PTOT (0-2 cm dybde)	mg P/g tv	4,10		
Sediment NTOT (0-2 cm dybde)	mg N/g tv			
Fe:P (0-2 cm dybde)		3,5		
P total år	mg P/l	0,248	0,681	----
P total sommer	mg P/l	0,420	0,851	----
PO ₄ -P år	mg P/l	0,064	0,107	----
PO ₄ -P sommer	mg P/l	0,338	0,329	---
N total år	mg N/l	3,66	5,25	--
N total sommer	mg N/l	2,63	3,76	--
Uorganisk N år	mg N/l	1,904	2,546	0
Uorganisk N sommer	mg N/l	0,086	0,243	0
pH år		8,3	8,6	----
pH sommer		8,7	9,0	----
Sigtdybde år	m	0,77	0,70	++
Sigtdybde sommer	m	0,48	0,42	+
Klorofyl år	µg/l	97	181	---
Klorofyl sommer	µg/l	176	249	-
Suspenderet stof år	mg SS/l	21,3	28,4	---
Suspenderet stof sommer	mg SS/l	35,2	42,0	-
Planteplanktonbiomasse år	mm ³ /l	18,62	23,80	0
Planteplanktonbiomasse sommer	mm ³ /l	33,08	37,37	0
% blågrønalger sommer	%	74,7	40,6	+++
% kiselalger sommer	%	1,4	6,4	0
% grønalger sommer	%	17,3	45,4	---
Dyreplanktonbiomasse år	µg TV/l	521	964	--
Dyreplanktonbiomasse sommer	µg TV/l	868	1668	--
% hjuldyr sommer	%	2,3	4,3	0
% vandlopper sommer	%	78,1	55,2	0
% cladoceer sommer	%	19,6	40,6	-
% Daphnia af cladoceer	%			
Græsningstryk sommer				
Pot. græsning				
% af planteplanktonbiomasse	%	10,3	16,8	0
% af planteplanktonbiomasse < 50 µm	%	17,2	23,0	0
Fisk				
Total antal (CPUE-garn)	stk.	169,4		
Total vægt (CPUE-garn)	kg	6,518		
% rovfisk i antal (CPUE-garn)	%	2,0		
% rovfisk i vægt (CPUE-garn)	%	28,3		
Fiskeyngel i littoralen	stk./m ³	6,596		
Fiskeyngel i pelagiet	stk./m ³	5,265		

2. Indledning

Gundsømagle Sø indgår under det nationale overvågningsprogram af vandmiljøet (NOVA) og er udvalgt som repræsentant for den type af søer, hvor næringsstofbelastningen primært stammer fra større punktkilder i oplandet i form af kommunale renseanlæg. Desuden tilføres søen spildevand fra regnbetingede udløb og ukloakerede enkeltejendomme i oplandet.

Den mangeårige spildevandstilførsel har bevirket, at søen er blevet overgødsket med næringsstoffer. Dette har givet søens bestand af planteplankton så gode vækstforhold, at søvandet blev stadig mere uklart. Dette medførte allerede sidst i 1960'erne, at de sidste rester af søens tidligere artsrige bestand af undervandsplanter forsvandt /2/. Ligeledes forsvandt store dele af søens tidligere rige fugleliv /3/.

Nærværende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen af Gundsømagle Sø i 2001 samt udviklingen siden 1989. I overensstemmelse med paradigmet /4/ er der i år tale om en normalrapportering.

Der er i rapporten generelt fokuseret på eventuelle udviklingstendenser i perioden 1989-2001 samt på sammenhænge mellem de fysisk-kemiske og biologiske parametre.

I 2001 er der udover det faste tilsyn foretaget en undersøgelse af søens fiskebestand og en undersøgelse af søsedimentet.

Samtlige data fra tilsynet i 2001 er videresendt til DMU, hvor de vil indgå i den nationale rapportering af miljøtilstanden i overvågningssøerne.

3. Klimatiske forhold

Klimatiske forhold påvirker både direkte og indirekte de vandkemiske og biologiske forhold i en sø. Store nedbørsmængder, specielt i vinterhalvåret, betyder eksempelvis generelt en større udvaskning af næringsstoffer fra dyrkede arealer og dermed en tilsvarende større transport af disse næringsstoffer til søen.

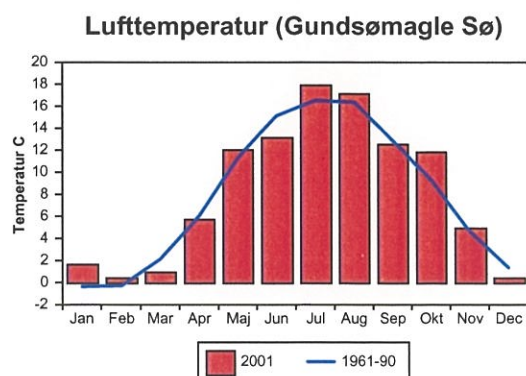
På samme måde spiller temperaturen eksempelvis en rolle for udviklingen af plante- og dyreplanktonet over året og for de forskellige fiskearters gydesucces. Derfor er klimatiske forskelle fra år til år af væsentlig betydning for tolkningen af årets måleresultater.

I det følgende beskrives de klimatiske forhold i 2001 og der sammenlignes med "normaler" forstået som gennemsnit for en længere årrække. I erkendelse af, at eksempelvis nedbørsmængderne varierer betragteligt fra landsdel til landsdel, er der i årets rapport anvendt klimadata fra søens nære opland. Dette opland svarer typisk til et område på 20 x 20 km², for nedbørens vedkommende dog 10 x 10 km².

Års- og månedsmidler for temperatur, solskinstimer, nedbør, fordampning og vindstyrke findes i bilag 1.

Temperatur

Gennemsnitstemperaturen i 2001 var med 8,2 °C lidt over normalen på 7,9 °C. Især oktober var usædvanlig lun, men også januar samt juli og august var varmere end normalt. Derimod var marts, juni og december forholdsvis kolde måneder (figur 1).

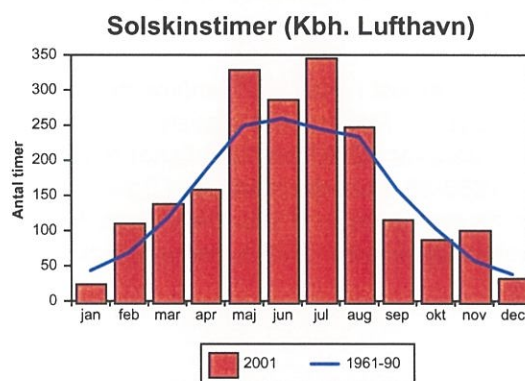


Figur 1. Gennemsnitlig månedstemperatur i 2001 sammenlignet med perioden 1961-90 (data fra DMI 20x20 km² grid 20155)

Solskinstimer

Antallet af solskinstimer i 2001 opgjort ved målestationen ved Kbh's Lufthavn var 1971 mod normalt 1754 (gennemsnit for perioden 1961-90). Også i sommerperioden maj - september var antallet af solskinstimer med 1322 større end normalens 1143 timer.

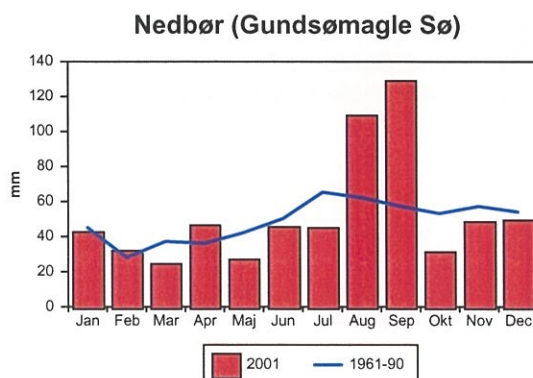
Som det fremgår af figur 2, var der især flere solskinstimer i sommerperioden maj - august, men også i februar, marts og november var der flere solskinstimer end normalt.



Figur 2. Antallet af solskinstimer pr. måned i 2001 sammenlignet med perioden 1961-90 (data fra Kbh's Lufthavn).

Nedbør

Den samlede årsnedbør ved søen i 2001 på 630 mm var noget over de 586 mm, der er gennemsnittet ved søen for perioden 1961-90.



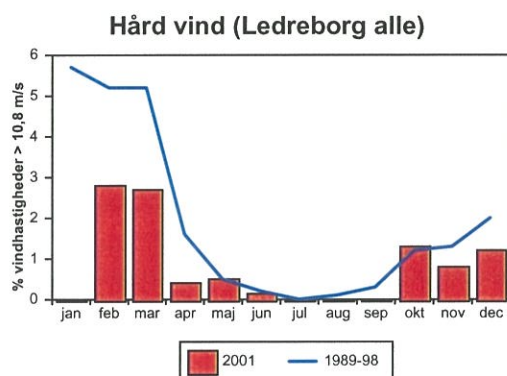
Figur 3. Månedsnedbør i 2001 sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1961-90 (data fra DMI 10x10 km² grid 10547).

Som det ses af figur 3, var august og september ekstremt regnfulde, begge med en nedbørsmængde over det dobbelte af normalen. I årets øvrige måneder var nedbøren generelt enten tæt på eller under normalen. Især marts, maj, juli og oktober var ganske nedbørsfattige.

Vindstyrke

Dage med blæst kan have stor betydning for de kemisk/fysiske og biologiske forhold i søerne. I større søer kan lagdeling af vandmasserne brydes op, men også i de mindre, lavvandede søer kan dage med blæst påvirke forholdene. Eksempelvis ses ofte masseopblomstringer af blågrønalger i varme og stille perioder især i sensommeren. Dage med hård vind kan også forårsage ophvirvling af bundmateriale og dermed uklart vand samt en transport af næringsstoffer fra sedimentet og op i vandfasen.

I figur 4 er vist i hvor stort omfang der i de enkelte måneder er forekommet vindstyrker på hård vind eller derover i 2001 sammenlignet med normalen for 1989-98. Som det fremgår af figuren, har perioderne med hård vind eller derover generelt været væsentligt mindre i 2001 sammenlignet med 1989-98.



Figur 4. Forekomsten af perioder med hård vind i 2001 sammenlignet med gennemsnittet for 1989-98 (data fra DMI, målestation Ledreborg allé).

4. Sø- og oplandsbeskrivelse samt målsætning

I dette afsnit er søen og dens opland kort beskrevet. For en mere detaljeret beskrivelse henvises til tidligere rapporter. Søen og dens historie er desuden udførligt beskrevet af Thorkild Høy og Jørgen Dahl i 3. bind af serien om Danmarks søer /5/.

Gundsømagle Sø er beliggende i Gundsø Kommune nordøst for Roskilde. Søen er med et areal på ca. 32 ha og en middeldybde på ca. 1,2 m en mindre og lavvandet sø, omgivet af et af Øst-Danmarks største rørskovsområder.

Kort over søen og dens opland samt placeringen af de anvendte målestationer er vist i figur 5. De vigtigste morfometriske data vedrørende søens dybdeforhold og morfometri er vist i tabel 2. Mere udførlige data findes i bilag 2.

Tabel 2. Morfometriske data for Gundsømagle Sø.

Overfladeareal	32 ha
Max. vanddybde	1,9 m
Gns. vanddybde	1,2 m
Vandvolumen	375.000 m ³

Søen ligger i det topografiske opland til vandløbet Hove Å, der gennemstrømmer søen og derefter har udløb i Roskilde Fjord. Størstedelen af søens opland på ca. 66 km² ligger i Høje Tåstrup, Ledøje-Smørum og Gundsø kommuner. Ca. 88% af oplandet består af dyrkede arealer, hvor jordtypen domineres af sandblandet lerjord og lerjord. Desuden består 7% af oplandet af bebyggede arealer, hvorfra langt hovedparten af spildevandstilførslen til søen stammer.

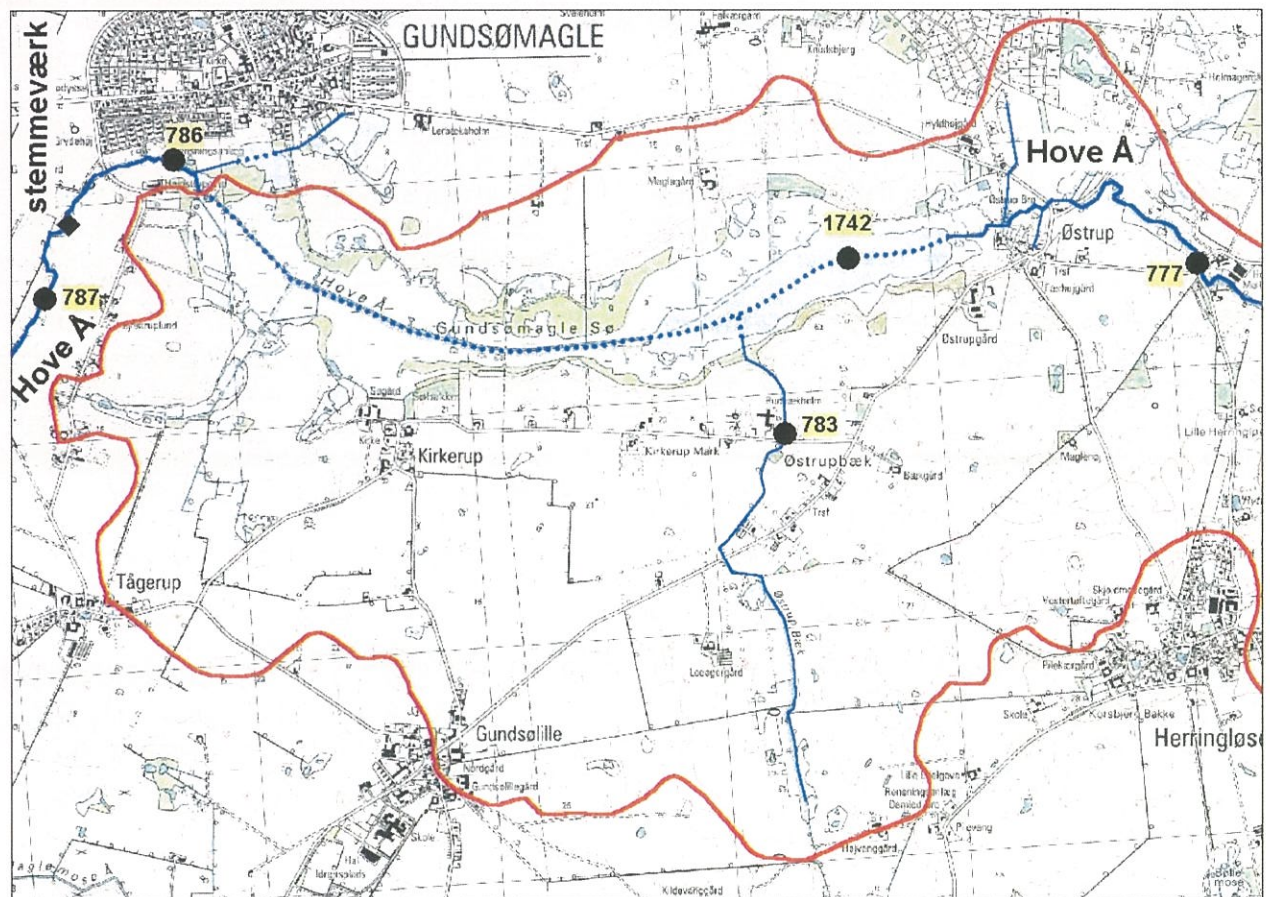
Grunddata vedrørende søens topografiske opland og arealanvendelse findes i bilag 3.

I forbindelse med NOVA programmet skal der i perioden 1998-2003 ske en løbende indsamling af oplandsdata fra de 31 søoplande. Det overordnede formål med at indsamle data vedrørende eksempelvis oplandsafgrænsning, jordbundsforhold og arealanvendelse er, at opnå en større viden om vand- og næringstransporten i de forskellige søoplande. Ud fra oplandsanalyserne er det målet, at opstille modeller der mere præcist kan simulere betydningen af forskellige tiltag overfor kvælstof- og fosforbelastningen samt dokumentere og forklare udviklingen heri /6/.

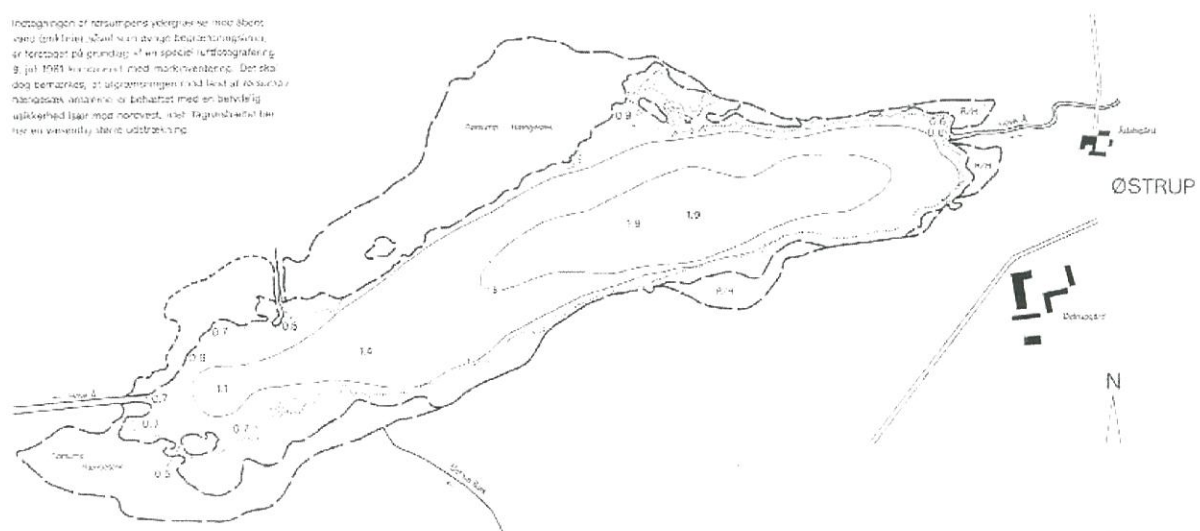
I oplandet til Gundsømagle Sø er der ved udgangen af 2000 registreret godt 2000 enkeltejendomme, hvoraf langt hovedparten er sommerhuse eller kolonihavehuse. Den samlede belastning fra enkeltejendomme er i 2001 opgjort til 199 kg fosfor og 960 kg kvælstof.

Gundsømagle Sø er tildelt en generel målsætning (B) svarende til en vandkvalitet, der er upåvirket/svagt påvirket af menneskelige aktiviteter. For at opfylde denne målsætning skal følgende krav være opfyldt:

- Sigtdybden skal være over 1 meter og total-fosforkoncentrationen mindre end 150 µg P/l. Begge parametre målt som sommergennemsnit.
- Der skal sikres en alsidig og varieret fiskefauna, uden masseforekomst af fredfisk og med et indslag af større rovfisk.
- Der skal være en undervandsvegetation, hvor dybdeudbredelsen mindst svarer til gennemsnittet for sommersigtdybden.



Indtegningen af søens topografiske opland er med åbent vand (inkl. søen) afsluttet ved en højde af 10 meter over havet, og foretaget på grundlag af en specialfotogrammetri. B. j. 1981 blev søen med målestationer. Den blev dog bemærket, at udspringet i søen bestod af to søer, som senere blev ansluttet og behandlet med en beholder. Uklarheden især mod nordvest, i det Tågerup-området, har her en visenslignende udstrækning.



Figur 5. Kort over Gundsømagle Sø med topografisk opland (indenfor Roskilde Amt) og angivelse af målestationer samt kort over søen med angivelse af dybdegrænser.

5. Søtilløb - vandføring og stofkoncentrationer

Målinger af vandføring og stofkoncentration er foretaget på station 777 i Hove Å. Ud af det samlede opland til søen på 66,09 km², dækker målestationen et opland på 54,66 km², svarende til en fordeling af målt og umålt opland på henholdsvis 82,7% og 17,3%.

Vandføringen måles kontinuerligt på stationen, mens vandprøver til bestemmelse af stoffkoncentrationer er udtaget 26 gange årligt.

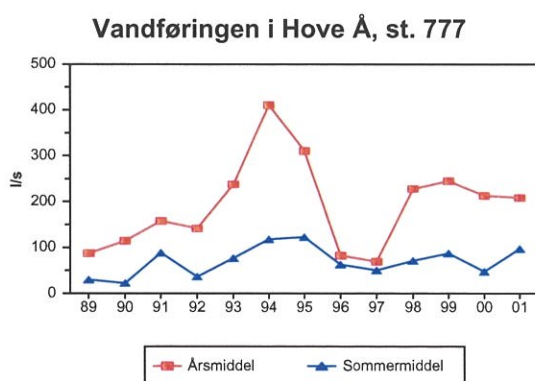
Samleskema for års- og sommermiddelværdier i tilløbet på station 777 for henholdsvis vandføring, fosfor- og kvælstofkoncentrationer findes i bilag 4.

5.1 Vandføring

Figur 6 viser vandføringen i Hove Å på station 777 i perioden 1989-2001 angivet som tidsvægtede års- og sommermidler.

Årsmiddelvandføringen var i 2001 med 207 l/s i niveau med året før og dermed lidt større end gennemsnittet på 191 l/s (median 184 l/s) for perioden 1989-2000.

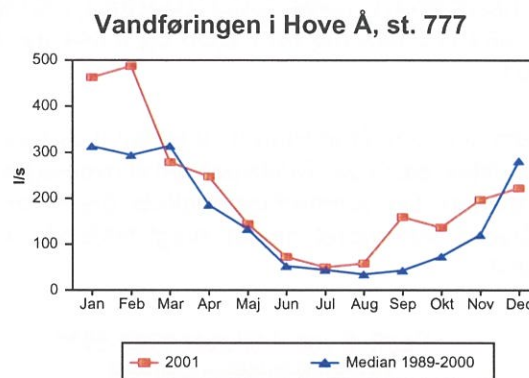
Sommermiddelvandføringen var med 96 l/s noget større end middelvandføringen i 1989-2000 på 67 l/s (median 66 l/s). Den noget højere sommermiddelvandføring i 2001 skyldtes primært relativ store vandføringer i august og september som følge af store nedbørsmængder.



Figur 6. Års- og sommermiddelvandføring i Hove Å, st. 777, i perioden 1989-2001.

Vandføringen i tilløbet varierer normalt karakteristisk over året, med en høj vandføring i vinterperioden og en lav vandføring i sommerperioden som det fremgår af figur 7, der viser

månedsvandføringen i 2001 samt for den foregående periode 1989-2000. Som det ses på figuren, var vandføringen i 2001 væsentlig større i årets to første måneder samt igen i sensommeren og efteråret sammenlignet med medianen for 1989-2000.



Figur 7. Vandføringen i Hove Å, st. 777, angivet som månedsmidler for 2001 og som medianværdier for perioden 1989-2000.

5.2 Fosfor

Fosforkoncentrationen i tilløbet var i starten af overvågningsperioden meget høj, med årsmiddelkoncentrationer omkring 4-5 mg P/l og sommermiddelkoncentrationer omkring 6-7 mg P/l. De høje fosforkoncentrationer i tilløbet skyldtes tillæddingen af store fosformængder fra mekanisk/biologisk rensed spildevand i oplandet. Forskellen i års- og sommermiddelkoncentrationen skyldtes, at det tillæddte spildevand ikke blev fortyndet i samme grad i sommerperioden som følge af den naturligt lavere vandføring i sommerhalvåret.

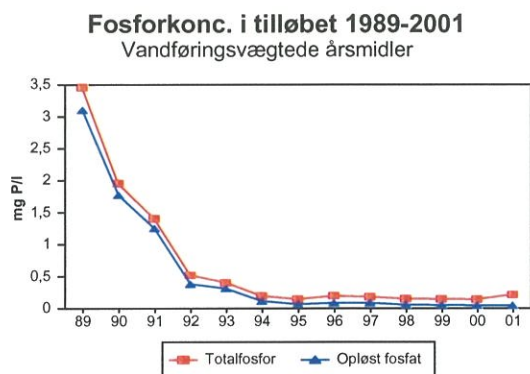
I takt med at spildevandsrensningen i oplandet er blevet forbedret, er fosforkoncentrationen i tilløbet gradvist blevet reduceret og har i de seneste år ligget omkring 0,15 - 0,22 mg P/l svarende til en reduktion i forhold til i 1989 på omkring 95% på både års- og sommermiddelkoncentrationen. Det meget store fald i fosforkoncentrationen i tilløbet skyldes primært en centralisering og forbedring af spildevandsrensningen i oplandet i form af en nedlæggelse af 5 renseanlæg samtidig med at det eneste tilbageværende renseanlæg, Kallerup renseanlæg, er blevet fuldt udbygget med kvælstof- og fosforfjernelse.

Figur 8 viser den vandføringsvægtede koncentration af totalfosfor og opløst fosfat beregnet som

årsmidler for perioden 1989-2001. Som følge af den forbedrede spildevandsrensning i oplandet, er den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af totalfosfor i Hove Å faldet fra 3,840 mg P/l i 1989 til 0,139 mg P/l i 2000, der var periodens hidtil laveste årsmiddel. I 2001 er den vandføringsvægtede årsmiddel med 0,213 mg P/l steget noget i forhold til sidste år.

Tilsvarende er den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af opløst fosfat faldet fra 3,100 mg P/l i 1989 til 0,043 mg P/l i 2000 og 0,044 mg P/l i 2001.

Som det fremgår af figuren, fandt langt den største reduktion sted i den første halvdel af overvågningsperioden. De vandføringsvægtede årsmidler har således kun været meget svagt faldende siden 1994.



Figur 8. Udviklingen i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af totalfosfor og opløst fosfat i Hove Å, st. 777, i perioden 1989-2001.

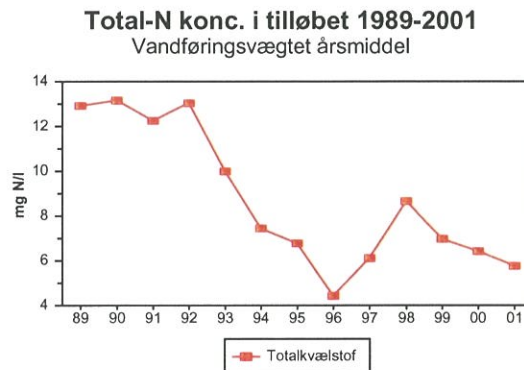
5.3 Kvælstof

Kvælstofkoncentrationen i tilløbet var i starten af perioden høj, med en årsmiddelkoncentration omkring 13-14 mg N/l. Efter etableringen af kvælstofrensning på Kallerup renseanlæg i 1993-94 er kvælstofkoncentrationen i tilløbet faldet markant til et niveau omkring 4-7 mg N/l.

Figur 9 viser den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof i tilløbet på målestation 777. I perioden 1989-92 lå den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration stabilt omkring 12-13 mg N/l. Efter ovennævnte etablering af kvælstofrensning på Kallerup renseanlæg i 1993 og efterfølgende driftoptimering på anlægget faldt årsmidlen støt de følgende år.

Laveste årsmiddelkoncentration på 4,42 mg N/l blev registreret i 1996, der var et meget nedbørsfattigt

år. I de næste par år steg årsmiddelkoncentrationen atter og nåede i 1998 op på 8,65 mg N/l, men har så siden igen været faldende.



Figur 9. Udviklingen i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af totalkvælstof i Hove Å, st. 777, i perioden 1989-2001.

I 2001 var den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration med 5,76 mg N/l periodens næstlaveste.

Faldet i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af totalkvælstof i perioden 1989-2001 er statistisk signifikant (lineær regressionsanalyse, $P < 0,001$).

6. Vandbalance

Beregningsgrundlag

Vandbalancerne for 1989-97 er beregnet ved brug af STOQ-sømodul, vers. 3.30, mens der fra og med 1998 er anvendt STOQ sømodul windows vers. 4.0 til 4.6. De beregnede vandbalancer fra 2001 opdelt på månedsbasis findes i bilag 5. Års- og sommer-værdier for 1989-2001 findes i bilag 6.

Vandføringen er målt kontinuerligt i tilløbet (st.777) og afløbet (st. 787) vha. Q/H målere. I 1989-92 blev vandføringen i det mindre tilløb Østrup Bæk, st. 783, målt med vingemåler i forbindelse med udtagning af vandkemiprøver. Ved at foretage en Q/Q-korrelation mellem enkeltmålinger af vandføringen i Østrup Bæk (Q_{783}) og de målte døgnmiddelvandføringer i Hove Å, st. 777 (Q_{777}) for perioden 1989-92 fandtes følgende sammenhæng udtrykt ved ligningen:

$$Q_{783}(l/s) = (8,08 \times 10^{-3} \times Q_{777})(l/s) + (1,32 \times 10^{-2})(l/s)$$

Q/Q-korrelationen blev efterfølgende benyttet til beregning af døgnmiddelvandføringen i Østrup Bæk i 1989-92. Fra og med 1993 ophørte overvågningen af Østrup Bæk, st. 783 i forbindelse med en revision af overvågningsprogrammet.

Den anvendte beregning af vandtilførslen fra det umålte opland findes i bilag 7.

I STOQ-sømodul opstilles vandbalancen på baggrund af det målte bidrag fra tilløbet, det beregnede bidrag fra umålt opland, den målte fraførsel i afløbet, nedbør og fordampning samt magasineringen i søen som følge af vandstandsændringerne. Vandbalancen afstemmes herefter som tilført overfladevand minus fraført overfladevand, hvor den eventuelt resterende positive eller negative vandmængde henregnes som udveksling med grundvandet, henholdsvis som grundvandsindsivning eller som udsivning til grundvandet.

I forbindelse med temarapporteringen i 1995 /7/ blev det vurderet, at den grundvandsindsivning, som er beregnet i STOQ, næppe er korrekt. Langt mere sandsynligt er det, at den beregnede grundvandsindsivning stammer fra usikkerhed på vandbalancen, herunder primært magasinændringerne.

Årlige til- og fraførsler

Vandbalanceberegningen for 2001 samt gennemsnit og medianværdier for 1989-2000 fremgår af tabel 3. I tabellen er bl.a. angivet den beregnede ind- eller udsivning af grundvand, der som nævnt

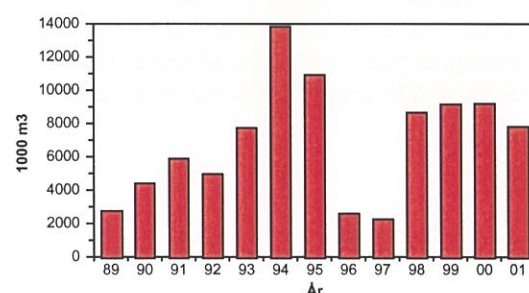
mere end noget andet skal betragtes som usikkerheden på vandbalancen. Normalt er den beregnede ind- eller udsivning af relativ beskeden størrelse (< 10% af vandtilførslen). I 2001 er den beregnede grundvandsindsivning med knap 14% ikke nævneværdigt større.

Tabel 3. Til- og fraførte vandmængder i 1000 m³.

	År 2001	Gns. 1989-2000	Median 1989-2000
Nedbør	234	214	211
Fordampning	207	187	191
Målt opland	6.540	6.022	5.831
Umålt opland	167	145	166
Afløb	7.813	6.790	6.794
Magasin	-12	2	0
Ind-/udsivning	1.068	595	639
Samlet tilførsel	7.802	6.863	6.818
Samlet fraførsel	7.813	6.861	6.802

Vandtilførslen varierer ganske meget fra år til år afhængig af nedbørsmængden og fordelingen af nedbøren over året. Største vandtilførsel var i det meget regnfulde 1994, hvor søen modtog 13,3 mill. m³ vand svarende til næsten 6 gange vandmængden i det tørre år 1997 (figur 10).

Tilførte vandmængder 1989-2001

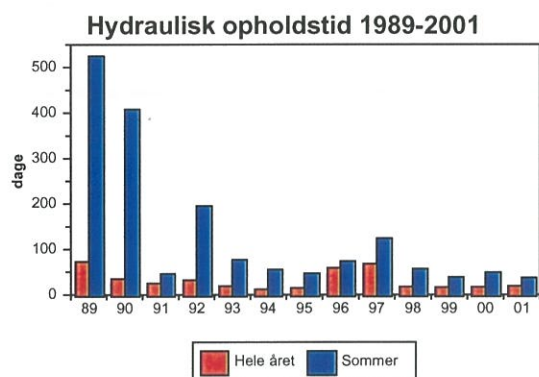


Figur 10. Tilførte vandmængder i 1989-2001. De angivne vandmængder incl. den beregnede grundvandsindsivning.

I 2001 var vandtilførslen med 7,8 mill. m³ vand lidt over gennemsnittet for perioden 1989-2000.

Hydraulisk opholdstid

Den hydrauliske opholdstid for søvandet afhænger af vandføringen i tilløbet og dermed i høj grad af nedbørsmængden. I år med en stor nedbørsmængde er opholdstiden derfor normalt kort og omvendt lang i nedbørsfattige år. I 2001 var den gennemsnitlige opholdstid på årsbasis 19 dage, hvilket er lidt under medianen for 1989-2000 på 22 dage. Vandets opholdstid i søen har som et gennemsnit for perioden været 34 dage.



Figur 11. Års- og sommergennemsnitlig opholdstid i perioden 1989-2001.

Som følge af den karakteristiske årstidsvariation i vandføringen er den gennemsnitlige opholdstid i sommerperioden normalt væsentligt længere end opholdstiden på årsbasis. I 2001 var opholdstiden i sommerperioden 37 dage, hvilket er den hidtil korteste i overvågningsperioden, hvor opholdstiden over sommeren i gennemsnit har været på 141 dage (median 65 dage). Den primære årsag til den korte opholdstid i 2001 var den store nedbørsmængde i august-september.

Sommeropholdstiden har, som det kan ses på figuren, varieret overordentligt meget gennem overvågningsperioden, fra et teoretisk maksimum i 1989 på 525 dage til de nævnte 37 dage i 2001.

7. Stofbalance

Beregningsgrundlag

Stofbalanceberegningen for 1989-97 er foretaget vha. STOQ-sømodul, vers. 3.30, mens der siden 1998 er anvendt STOQ-sømodul windows vers. 4.0 til 4.6. Stofbalanceberegningerne omfatter totalfosfor, totalkvælstof og jern.

Stofbalancerne for 2001 på månedsbasis findes i bilag 5. Årlige stofmængder for 1989-2001 samt vandføringsvægtede indløbskoncentrationer for de nævnte parametre findes i bilag 6.

Den anvendte beregning af stoftilførslen fra det umålte opland, herunder stoftransporten fra ind- og udsivende grundvand, er beskrevet i bilag 7.

7.1 Fosfor

Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

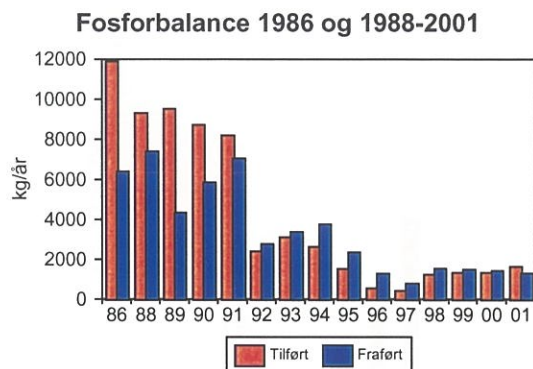
Den samlede til- og fraførsel samt den beregnede tilbageholdelse af fosfor i 2001 er vist i tabel 4. Søen blev tilført godt 1,6 ton fosfor, hvilket er den største fosfortilførsel siden 1994.

Tabel 4. Til- og fraført samt tilbageholdt fosfor i kg.

	År 2001	Gns. 1989-2000	Median 1989-2000
Atmosfærisk dep.	4	5	5
Målt opland	1.391	3.059	1.877
Umålt opland	53	46	42
Afløb	1.292	2.816	2.490
Ind-/udsivning	192	101	-75
Magasin	-21	-34	-35
Retention	368	444	-225
Samlet tilførsel	1.639	3.412	1.961
Samlet fraførsel	1.292	3.001	2.566

I årene før 1992 var fosfortilførslen meget stor, mellem 8 og 12 ton fosfor om året (figur 12). Fra og med 1992 faldt fosfortilførslen til søen imidlertid markant som følge af en kraftig reduktion i fosfortilførslen fra punktkilder. I perioden 1992-95 lå fosfortilførslen mellem 2 og 4 ton om året og i de tørre år 1996-97 nåede fosfortilførslen helt ned på omkring 500 kg om året. I perioden 1998-2000 lå fosfortilførslen omkring 1,2 - 1,4 ton om året.

Set for perioden 1989-2001 er faldet i fosfortilførslen statistisk signifikant (lineær regressionsanalyse, $P < 0,001$).



Figur 12. Til- og fraførsel af fosfor i 1986 og 1988-2001.

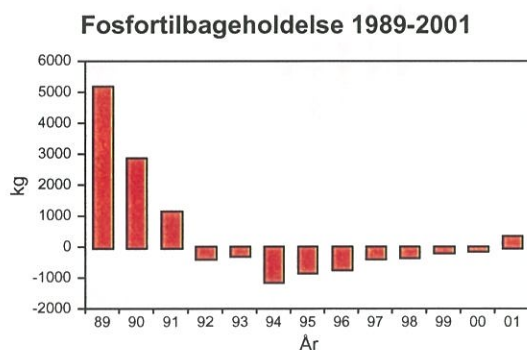
Til og med 1991 tilbageholdte søen hvert år en betydelig fosformængde og søens interne fosforpulje voksede dermed støt. I perioden 1989-91 tilbageholdte søen således i gennemsnit 35% af den tilførte fosformængde, svarende til omkring 9,2 ton. Efter den markante reduktion i fosfortilførslen i 1992, har tilbageholdelsen hvert år været negativ, idet den fraførte fosformængde har været større end den tilførte fosformængde. I perioden 1992-2000 er søsedimentets fosforpulje ud fra stofbalanceberegningerne således blevet reduceret med godt 4 ton fosfor. Selv om nettoeksporten af fosfor således har været ganske stor siden 1992, skal størrelsen dog ses i forhold til tidligere tiders fosfortilbageholdelse i søen. Alene for årene 1989-91 tilbageholdte søen som ovenfor nævnt omkring 9,2 ton fosfor.

I 2001 tilbageholdte søen for første gang siden 1991 igen fosfor. Tilbageholdelsen i 2001 er beregnet til ca. 370 kg.

Udviklingen i fosfortilbageholdelsen i perioden 1989-2001 er vist i figur 13. I 1989 var den beregnede fosfortilbageholdelse omkring 4,8 ton svarende til godt 15 g P m²/år. I de følgende par år faldt fosfortilbageholdelsen og i perioden 1992-2000 er der sket en nettoeksport af fosfor ud af søen hvert år. Denne eksport af fosfor har årligt været mellem 1,1 og 0,1 ton (svarende til mellem 3,5 og 0,4 g P m² søbund/år). Som det fremgår af figuren, fandt den største transport af fosfor ud af søen sted i 1994, hvorefter nettoeksporten er faldet jævnt siden

frem til og med 2000.

I 2001 tilførtes søen igen mere fosfor end der blev fraført. Årsagen til at søen på årsbasis tilbageholdte fosfor var primært en markant tilbageholdelse i februar og marts. I sommerperioden maj - september var tilbageholdelsen som i de tidligere år negativ. Især den megen nedbør i august - september resulterede i en relativ stor nettoeksport af fosfor ud af søen, men altså ikke nok til at søen på årsbasis aflastede.



Figur 13. Den beregnede fosfortilbageholdelse (excl. magasinering) i kg for perioden 1989-2001.

Fosfor i søsedimentet

Søens sediment blev i november 2001 undersøgt for indholdet af fosfor. Formålet med undersøgelsen var bl.a. at kvantificere den mobile (udvekselige) fosforpulje.

Prøvetagningen blev foretaget efter retningslinierne fra DMU /8/. Resultaterne er medtaget i bilag 14.

Der blev udtaget 3 prøver med kajakrør på 3 forskellige stationer i søen (9 prøver i alt). Sedimentsøjlerne blev opskåret i dybdeintervallerne 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm og 30-40 cm.

Den potentielt mobile fosforpulje er antaget primært at være knyttet til den adsorberede fosfor (ads-P) og den letomsættelige organisk bundne fosfor. Der er ikke analyseret for organisk bundet fosfor, der repræsenterer den svært omsætteligt organisk bundne fosfor, hvorfor fraktionen residual fosfor omfatter både den letomsættelige og den svært omsættelige organisk bundne fosfor. I lighed med de tidligere sedimentundersøgelser i søen er det antaget, at størstedelen af residual fosfor i de øverste 10-20 cm af sedimentet er letomsætteligt organisk bundet fosfor.

Den jernbundne fosfor (jern-P) henregnes ligeledes til den mobile fosforpulje, men fosforfrigivelsen herfra er afhængig af redoxforholdet i og ved sedimentoverfladen.

I tabel 5 er opstillet 3 alternativer for beregning af den mobile fosforpulje i søsedimentet. I alternativ 1 er det antaget, at den jernbundne fosforpulje ikke er mobil, mens det i alternativ 2 er det antaget, at den jernbundne fosforpulje er mobil. Endelig er der i tabellen opstillet et tredje teoretisk alternativ til beregning af den mobile fosforpulje. Her er det antaget, at fosforkoncentrationer større end baggrunds niveauet på 0,7 mg P/g TV (den fosforkoncentration, der er fundet under det "kulturpåvirkede" øverste sedimentlag) er potentielt frigiveligt.

Tabel 5. Den mobile fosforpulje i Gundsømagle Sø 2001 beregnet efter 3 alternativer.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Dybde (cm)	Ads-P + residual-P (g/m ²)	Ads-P + residual-P + jern-P (g/m ²)	Total-P - baggrunds- koncentration (g/m ²)
0 - 2	2,0	3,1	5,2
0 - 5	8,3	11,3	15,5
0 - 10	15,3	20,8	34,4
0 - 15	24,2	32,0	58,7
0 - 20	34,5	45,0	91,1
0 - 30	59,4	75,3	152,1
0 - 40	73,4	92,3	157,7

Erfaringer fra en række søer viser, at fosforfrigivelsen hovedsageligt finder sted i de øverste 5-10 cm af sedimentet /9/. Antages det, at fosfor er mobilt i de øverste 5 cm af sedimentet svarer det til en mobil fosforpulje i 2001 mellem 8,3 g/m² (alternativ 1) og 11,3 g/m² (alternativ 2). Antages det at fosfor er mobilt i de øverste 10 cm fås en mobil fosforpulje mellem 15,3 og 20,8 g/m².

Som det fremgår af ovenstående, er det af stor betydning hvorvidt den jernbundne fosfor medregnes i den mobile fosforpulje. Med et samlet areal på 32 ha, hvoraf ca. 80% er dækket med sediment, kan den samlede potentielt frigivelige fosforpulje beregnes til mellem 2,1 og 2,9 tons fosfor i de øverste 5 cm af sedimentet og mellem 3,9 og 5,3 tons i de øverste 10 cm af sedimentet, afhængigt af om den jernbundne fosfor henregnes til den mobile fosforpulje.

Ved de tidligere undersøgelser af sedimentet i søen i 1992 og 1996 blev den mobile fosforpulje (incl. jern-P) ned til 10 cm's dybde beregnet til henholdsvis 17,1 og 16,1 g/m², mens den i 2001 er beregnet

til 20,8 g/m², når den jernbundne fosforpulje medregnes.

Hvis der alene beregnes for de øverste 5 cm, er de tilsvarende tal 14 g/m², 7 g/m² og 11,3 g/m².

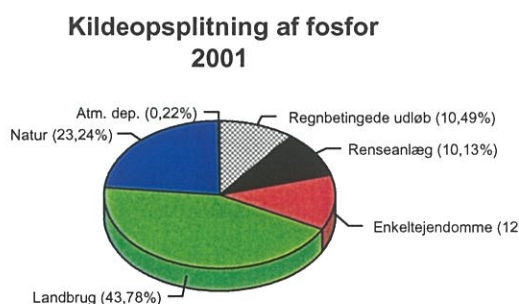
Der er altså i begge tilfælde tale om en væsentlig stigning efter 1996. Den øgede mobile fosforpulje skyldes primært en øget forekomst af residual fosfor.

Selv om søen i perioden 1992-2000 ifølge stofbalceberegningerne har fraført mere fosfor end der er tilført, er den mobile fosforpulje altså ikke blevet mindre.

Kildeopsplitning

Den årlige fosfortilførsel 1989-2001 opdelt på belastningskilder fremgår af bilag 8, der endvidere indeholder den anvendte beregningsmetode.

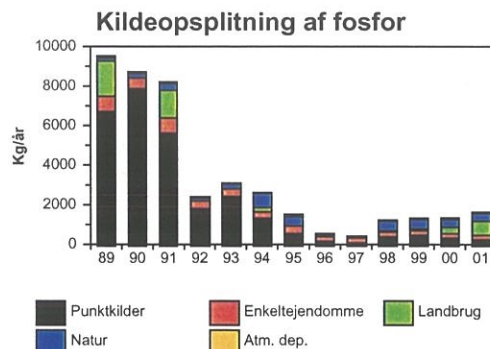
I figur 14 er vist de enkelte kilders bidrag til fosfortilførslen i 2001. Landbrugsbidraget udgjorde med knap 44% den største andel, mens naturbidraget og punktkildebidraget (henholdsvis Kallerup Renseanlæg og regnbetingede udløb) med henholdsvis 23% og 21% udgjorde omtrent lige store andele. Herefter fulgte bidraget fra enkeltejendomme med 12%. Endelig udgjorde atmosfærebidraget under 1%.



Figur 14. Kildeopsplitning af fosfortilførslen 2001.

I figur 15 er vist udviklingen i de enkelte kilders bidrag i perioden 1989-2001. I perioden 1989-91 var fosfortilførslen fra punktkilder med mellem 5 og 10 ton fosfor meget stor og bidraget herfra udgjorde i disse år op mod 90% af den samlede fosfortilførsel.

Årsagen til den store reduktion i punktkildebidraget er en centralisering og udbygning af spildevandsrensningen i oplandet siden 1989.



Figur 15. Fosfortilførslen i 1989-2001 fordelt på belastningskilder.

Af de oprindelige 6 renseanlæg i oplandet i starten af 1989 er kun Kallerup Renseanlæg tilbage. Dette anlæg blev i starten af 1990'erne udbygget og har siden 1993 fungeret med udvidet biologisk rensning samt rensning for såvel fosfor som kvælstof.

Efter planen skulle punktkildebidraget fra Kallerup renseanlæg fra og med 1997 reduceres yderligere til 250-300 kg P/år. Dette mål blev nået allerede i 1996. I 2001 var fosforudledningen fra Kallerup renseanlæg nede på 166 kg svarende til 10% af den samlede fosfortilførsel til søen.

I takt med den meget store reduktion i bidraget fra renseanlæg er den relative betydning af de øvrige belastningskilder steget. Regnbetingede udløb, der i starten af overvågningsperioden kun udgjorde omkring 2-3% af fosfortilførslen har siden 1995 bidraget med mellem 11-20% af fosfortilførslen. På samme måde er andelen af enkeltejendommenes bidrag steget fra knap 10% til typisk omkring 15-25%.

Regnet i kilogram er bidraget fra enkeltejendomme dog faldet til omkring en tredjedel i forhold til i 1989, bl.a. som følge af en afskæring/forbedret rensning af en del af dette spildevand.

7.2 Kvælstof

Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

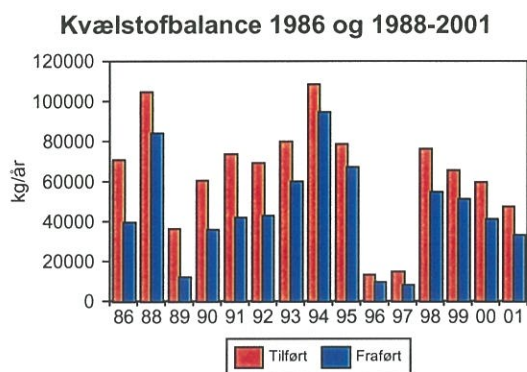
Den samlede til- og fraførsel samt den beregnede tilbageholdelse af kvælstof i 2001 er vist i tabel 6.

Kvælstoftilførslen var med godt 47 ton noget under gennemsnittet for de foregående år, hvilket også var tilfældet med den beregnede kvælstoftilbageholdelse på godt 14 ton.

Tabel 6. Til- og fraført samt tilbageholdt kvælstof i ton.

	År 2001	Gns. 1989-2000	Median 1989-2000
Atmosfærisk dep.	480	524	480
Målt opland	37.668	51.871	56.316
Umålt opland	2.298	2.038	2.312
Afløb	33.114	42.939	42.357
Ind-/udsvining	6.801	6.529	7.724
Magasin	-53	-31	-21
Retention	14.186	18.119	19.800
Samlet tilførsel	47.248	61.275	67.318
Samlet fraførsel	33.114	43.187	42.357

Den samlede tilførsel har som det fremgår af figur 16 varieret meget, fra 108 ton i 1994, hvor kvælstofudvaskningen fra de dyrkede arealer var meget stor, til 13 ton i 1996, hvor udvaskningen omvendt var usædvanlig lav som følge af den megen tørke.



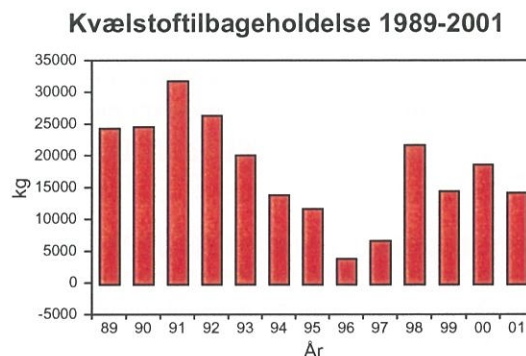
Figur 16. Til- og fraførsel af kvælstof i 1986 og 1988-2001.

Variationen i kvælstoftilførslen er således i høj grad styret af klimatiske forhold og statistisk er det derfor heller ikke muligt at påvise en eventuel reduktion i kvælstoftilførslen fra dyrkede arealer for perioden 1989-2001.

I figur 17 er vist den beregnede årlige kvælstoftilbageholdelse i 1989-2001. Som det fremgår af figuren, varierer tilbageholdelsen ganske betydeligt fra år til år. Dette hænger primært sammen med, at tilførslen også varierer betragteligt fra år til år.

Kvælstoftilbageholdelsen var i 2001 på 14,2 ton svarende til 44,3 g N/m² søareal, hvilket var noget

under den gennemsnitlige tilbageholdelse i perioden 1989-2000 på 18,1 ton svarende til 57 g N/m² søareal.

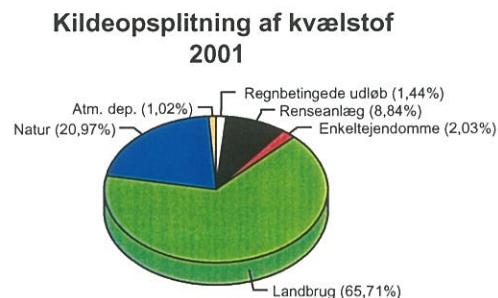


Figur 17. Den beregnede kvælstoftilbageholdelse (excl. magasinering) i kg for perioden 1989-2001.

Tilbageholdelsen har i procent af den tilførte mængde kvælstof i gennemsnit for perioden 1989-2001 varieret mellem 14 og 65%, med den største tilbageholdelse i de nedbørsfattige år og omvendt den laveste tilbageholdelse i de mest regnfulde år. I de nedbørsmæssigt mere normale år har tilbageholdelsen som regel været omkring 30%. I 2001 blev 30% af den tilførte kvælstof tilbageholdt i søen, hvilket svarer til gennemsnittet for 1989-2000 på 32%.

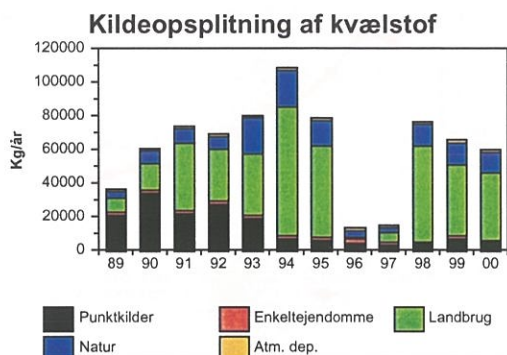
Kildeopsplitning

Fordelingen af den tilførte kvælstof i 2001 på belastningskilder er vist i figur 18. Langt den overvejende del (66%) stammer fra landbrugsområder. Af den resterende del udgjorde naturbidraget, punktkilder og enkeltejendomme henholdsvis 21%, 9% og 2%.



Figur 18. Kildeopsplitning af kvælstoftilførslen i 2001.

I figur 19 er vist udviklingen i de enkelte kilders bidrag i perioden 1989-2001. Siden 1993 er punktkildebidraget faldet markant (jf. afsnit 7.1), fra årlige tilførsler mellem 20 og 35 ton, til årlige tilførsler efter 1993 på mellem 4 og 8 ton pr. år. Dermed er den relative betydning af de øvrige belastningskilder steget.



Figur 19. Udviklingen i kvælstoftilførslen i 1989-2001 fordelt på belastningskilder.

7.3 Jern

Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

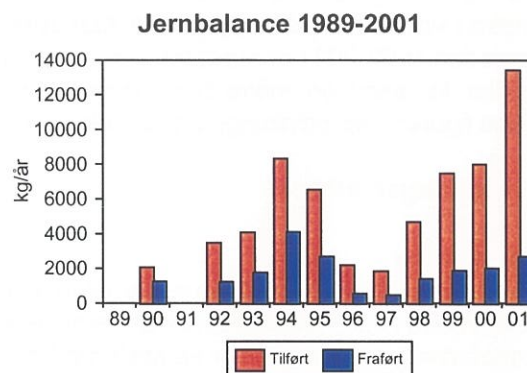
Til- og fraførslen samt den beregnede tilbageholdelse af jern i 2001 er vist i tabel 7. Tilførslen var med godt 13 ton den hidtil absolut største og markant større end gennemsnittet for perioden 1989-2000 på knap 5 ton.

Årsagen til den meget store jerntilførsel til søen var generelt høje jernkoncentrationer i tilløbet i 2001. Især i årets 4 første måneder blev der tilført store mængder jern til søen.

Tabel 7. Til- og fraført samt tilbageholdt jern i kg.

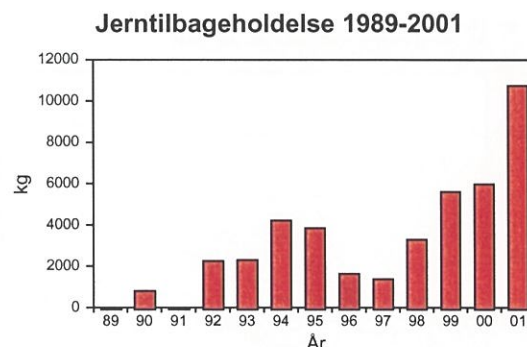
	År 2001	Gns. 1989-2000	Median 1989-2000
Atmosfærisk dep.	0	0	0
Målt opland	11.019	4.142	3.924
Umålt opland	23	24	24
Afløb	2.681	1.728	1.578
Ind-/udsvining	2.378	693	494
Magasin	-93	24	14
Retention	10.833	3.107	2.720
Samlet tilførsel	13.420	4.859	4.377
Samlet fraførsel	2.681	1.728	1.578

Jerntilførslen har varieret betydeligt fra år til år bl.a. afhængig af vandtilførslen, fra 13 ton i 2001 til 1,8 ton i 1997 (figur 20).



Figur 20. Til- og fraførsel af jern i 1990 og 1992-2001. Der er ikke opstillet jernbalancer for 1989 og -91, hvor der ikke blev målt for jernindhold i tilløbet.

Søen har i alle årene tilbageholdt en stor del af det tilførte jern (figur 21). Den beregnede tilbageholdelse i 2001 var med 10,8 ton overvågningsperiodens hidtil absolut største - mere end 3 gange større end gennemsnittet for 1989-2000 på 3,1 ton. I procent har tilbageholdelsen i perioden 1992-2001 som gennemsnit været 64% og i ingen af årene under 50%. I 2001 var tilbageholdelsesprocenten med 80% den hidtil højeste.



Figur 21. Den beregnede jerntilbageholdelse (excl. magasinering) i kg for 1990 og 1992-2001.

Jern-fosforforholdet i de øverste 2 cm af sedimentet er i 2001 beregnet til ca. 3:1, hvilket er uændret i forhold til i 1996 og lidt højere end i 1992, hvor forholdet blev beregnet til ca. 2:1. Selv om søen i dag tilbageholder jern og frigiver fosfor, er der stadig lang vej op til det jern-fosforforhold på mindst 15:1, hvor jernindholdet i sedimentet kan spille en væsentlig rolle for fosforfrigivelsen /9/.

8. Fysisk-kemiske målinger i søen

I dette afsnit præsenteres nogle af de målte parametre i søvandet i 2001 og en eventuel udvikling i perioden 1989-2001 er vurderet. Års- og sommermidler for samtlige målte parametre i søvandet samt figurer over udviklingsforløb findes i bilag 9.

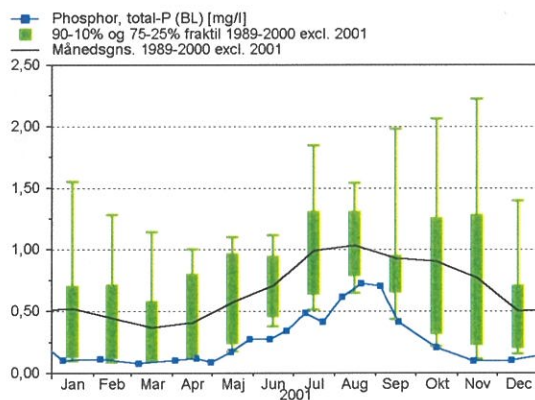
8.1 Næringsstoffer

Total fosfor

Fosforkoncentrationen i søen er karakteriseret ved relativt lave værdier i vinterperioden, hvor søvandskoncentrationen stort set er identisk med indløbskoncentrationen som følge af den korte opholdstid. I sommerperioden er vandføringen i tilløbet lavere og opholdstiden længere hvilket i kombination med en betydelig fosforfrigivelse fra søsedimentet resulterer i en betydelig stigning i søvandskoncentrationen.

Figur 22 viser denne udvikling i fosforkoncentrationen i søvandet over året. Som følge af den stærkt reducerede fosfortilførsel til søen siden starten af overvågningsperioden har søvandskoncentrationen gennem hele perioden været faldende.

2001 var ingen undtagelse fra denne regel og i samtlige måneder lå søvandskoncentrationen langt under gennemsnittet for 1989-2000.

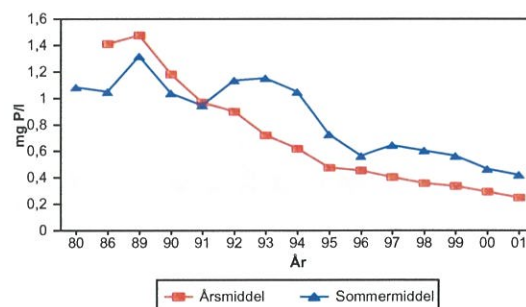


Figur 22. Koncentrationen af fosfor i søvandet i 2001 samt månedsgennemsnittet for 1989-2000 incl. 90-10% og 75-25% fraktiler.

Denne udvikling bliver endnu tydeligere hvis man betragter års- og sommermidlerne af fosfor i søvandet i hele perioden 1989-2001 (figur 23). Årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet har siden 1989 været konstant faldende. Den overordnede baggrund herfor er som tidligere nævnt den

markante reduktion i fosfortilførslen, der har fundet sted gennem perioden.

Totalfosfor, - års- og sommermidler



Figur 23. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalfosfor i søvandet 1980, 1986 og 1989-2001.

I 2001 var årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet med 0,248 mg P/l periodens hidtil laveste og sammenlignet med årsmiddelkoncentrationen i 1989 på 1,481 mg P/l, er årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor siden 1989 reduceret med mere end 80%.

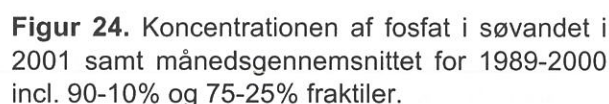
Sommermiddelkoncentration af totalfosfor har ligeledes været faldende siden 1989. I 1989 var sommermidlet således 1,314 mg P/l mod 0,420 mg P/l i 2001. Også sommermiddelkoncentration af totalfosfor er overvågningsperiodens hidtil laveste. Udviklingen i sommermiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet har dog, som det kan ses på figuren, ikke været helt så jævn som udviklingen i årsmiddelkoncentrationen.

Set for perioden 1989-2001 kan der konstateres et signifikant fald i både års- og sommermiddelkoncentrationen af fosfor (lineær regressionsanalyse, $P < 0,001$).

Opløst fosfat

Søvandets indhold af opløst fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) i 2001 samt gennemsnittet for 1989-2000 er vist i figur 24. Indholdet af fosfat i søvandet har fulgt samme udvikling som beskrevet ovenfor. Selv om fosfatkoncentrationen er faldet markant i overvågningsperioden, er fosfatindholdet i søvandet endnu ikke faldet så meget, at fosfat er blevet en direkte begrænsende faktor for planteplanktonet i sommerperioden. Fosfatkoncentrationen har dog i enkelte år kortvarigt i foråret været under detektionsgræn-

■ Orthofosfat-P, filt (BL) [mg/l]
■ 90-10% og 75-25% fraktil 1989-2000 excl. 2001
— Månedsgns. 1989-2000 excl. 2001



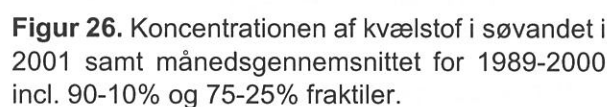
Opløst fosfat, års- og sommermidler



I 2001 var sommermiddelkoncentrationen af opløst fosfat 0,107 mg P/l, hvilket er den næstlaveste hidtil registreret.

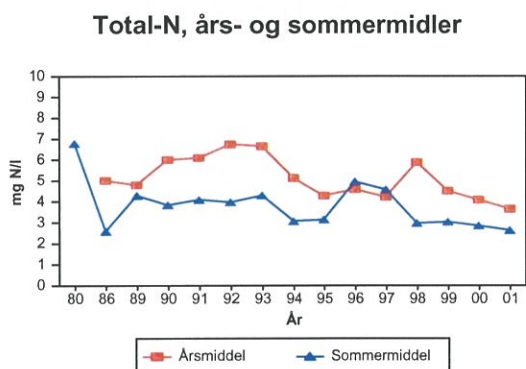
Set over hele perioden 1989-2001 er der sket et signifikant fald i års- og sommermiddelkoncentrationen af fosfat (lineær regressionsanalyse, henholdsvis $P < 0,001$ og $P < 0,01$).

Modsat fosforkoncentrationen er kvælstofkoncentrationen i søvandet sædvanligvis højest i vinterperioden som følge af de høje kvælstofkoncentrationer i tilløbet i denne periode. Kvælstofkoncentrationen i søvandet i 2001 samt gennemsnittet for 1989-2000 er vist i figur 26. Kvælstofkoncentrationerne lå i 2001 konsekvent under månedsmidlerne for 1989-2000. Forklaringen på dette er, at kvælstofkoncentrationen i indløbet til søen generelt var høj i starten af overvågningsperioden, før der blev etableret kvælstoffjernelse på Kallerup Renseanlæg i 1993-94.



Dentidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalkvælstof i søvandet 1980, 1986 samt 1989-2001 er vist i figur 27.

Årsmiddelkoncentrationen af kvælstof i søvandet faldt i perioden efter 1993 som følge af den nævnte reduktion i indløbskoncentrationen i forhold til tidligere. I 1998 steg årsmiddelkoncentrationen imidlertid forbigående som følge af en høj indløbskoncentration dette år. Årsmiddelkoncentrationen har herefter igen været faldende og nåede i 2001 med 3,66 mg N/l ned på det hidtil laveste niveau i overvågningsperioden.



Figur 27. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalkvælstof i søvandet 1980, 1986 og 1989-2001.

Den tidsvægtede sommermiddelkoncentration af kvælstof i søvandet lå i perioden 1989-93 meget stabilt omkring 4 mg N/l, men faldt herefter i 1994 og 1995 til omkring 3 mg N/l som følge af markant lavere indløbskoncentrationer. I 1996 og 1997 steg sommermiddelkoncentrationen til de højeste værdier i perioden, omkring 4,6 - 5,0 mg N/l, hvilket bl.a. skyldtes disse to års meget massive blågrønalgeopblomstringer i sensommeren.

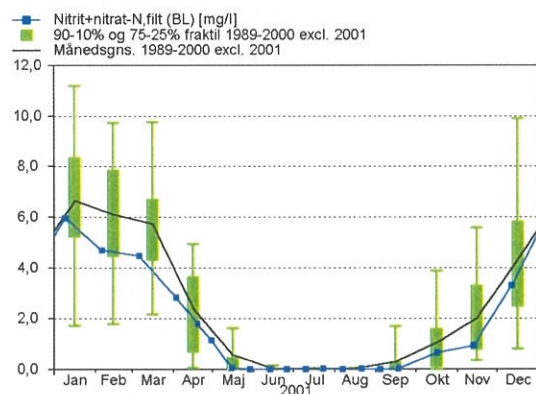
Med knap så voldsomme blågrønalgeopblomstringer i 1998-2000 faldt sommermiddelkoncentrationen af kvælstof igen til omkring 3 mg N/l. I 2001 var sommermiddelkoncentrationen med 2,63 mg N/l den hidtil lavest registrerede.

Set for hele perioden 1989-2001 har års- og sommermiddelkoncentrationer af kvælstof i søvandet været faldende (lineær regressionsanalyse, $P < 0,05$ for både års- og sommermidlen).

Opløst uorganisk kvælstof

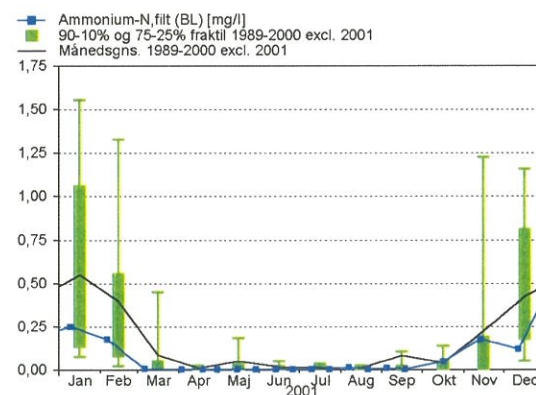
Langt hovedparten af den kvælstofmængde der tilføres søen, er på nitratform og stammer fra dyrkede arealer. Koncentrationen af uorganisk kvælstof i søen er derfor sædvanligvis høj i vinterperioden, hvor udvaskningen fra de dyrkede arealer er størst. I sommerperioden falder koncentrationen af uorganisk kvælstof i søvandet dels som følge af en lav tilførsel og dels som følge af denitrifikation samt algenes optag.

I figur 28 og 29 er vist søvandskoncentrationerne af henholdsvis nitrit-nitrat kvælstof og ammonium kvælstof. For begge gælder, at koncentrationerne i 2001 generelt var lave sammenlignet med gennemsnittet for de foregående år.



Figur 28. Koncentrationen af nitrit-nitrat kvælstof i søvandet i 2001 samt månedsgennemsnittet for 1989-2000 incl. 90-10% og 75-25% fraktiler.

Koncentrationen af nitrat faldt i slutningen af maj måned til under detektionsgrænsen og var i det meste af juni måned nede omkring detektionsgrænsen.



Figur 29. Koncentrationen af ammonium kvælstof i søvandet i 2001 samt månedsgennemsnittet for 1989-2000 incl. 90-10% og 75-25% fraktiler.

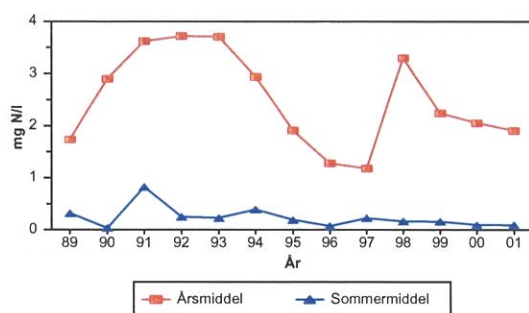
Koncentrationen af ammonium kvælstof faldt allerede i april måned til ned under detektionsgrænsen og var i perioden maj -september enten under eller lige omkring detektionsgrænsen.

Uorganisk kvælstof var således også i 2001 potentielt begrænsende for algevæksten i perioder over sommeren.

Den gennemsnitlige års- og sommermiddelkoncentrationen af uorganisk kvælstof i perioden 1989-2001 er vist i figur 30. Årsmidlen steg kraftigt i starten af perioden for herefter at indlede et ligeså kraftigt fald efter 1993, hvor der blev etableret

kvælstofrensning på Kallerup renseanlæg. I 1996 og 1997 nåede årsmidlerne ned på de hidtil laveste i overvågningsperioden, hvilket hovedsagelig skyldtes den lave kvælstofudvaskning som følge af den ringe nedbør. I 1998 steg årsmiddelkoncentrationen igen som følge af en stor kvælstofudvaskning dette år. Siden 1998 har årsmiddelkoncentrationen igen været faldende og med omkring 2 mg N/l i niveau med midlen for 1995.

Uorganisk-N, års- og sommermidler



Figur 30. Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af uorganisk kvælstof i søvandet 1989-2001.

I 2001 var sommermiddelkoncentrationen med 0,086 mg N/l periodens tredjेलaveste.

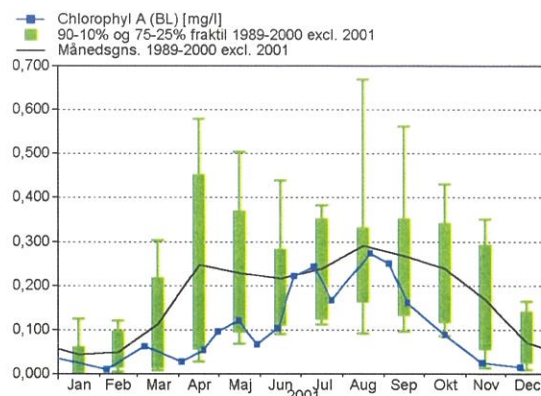
Set for hele perioden 1989-2001 kan der ikke statistisk påvises en udvikling i hverken års- eller sommermiddelkoncentrationen af uorganisk kvælstof.

8.2 Øvrige målinger i søvandet

Klorofyl

Søvandets indhold af klorofyl i 2001 sammenlignet med gennemsnittet for 1989-2000 er vist i figur 31. Klorofylindholdet var generelt gennem hele 2001 markant under gennemsnittet for perioden 1989-2000.

Søvandets sommerindhold af klorofyl i 1980, 1986 og 1989-2001 er vist i figur 32. Det sommergennemsnitlige klorofylindhold steg fra de første målinger i 1980 støt indtil 1992, hvor et foreløbigt maksimum på 400 µg/l blev nået. De følgende år faldt det sommergennemsnitlige klorofylindhold sammenfaldende med reduktionen i fosfor- og kvælstoftilførslen og nåede i 1994-95 ned på omkring 150 µg/l, - eller mindre end en tredjedel af niveauet i 1992.



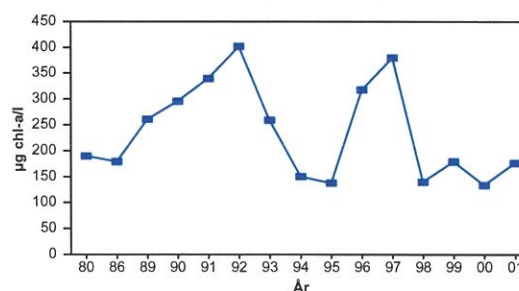
Figur 31. Klorofylindholdet i søvandet i 2001 samt månedsgennemsnittet for 1989-2000 incl. 90-10% og 75-25% fraktiler.

I de tørre år 1996 og 1997 var vandudskiftningen meget langsom i søen i sommerperioden og dette i kombination med nogle varme perioder skabte basis for nogle ekstremt store blågrønalgeopblomstringer i sensommeren i disse år. Det sommergennemsnitlige klorofylindhold steg derfor påny meget markant helt op til 381 µg/l i 1997. I 1998-2001 er klorofylindholdet tilbage i niveau med klorofylindholdet i 1994-95.

Det sommergennemsnitlige klorofylindhold i 2001 på 176 µg/l var næsten identisk med klorofylindholdet i 1999, men lidt højere end i 2000.

Betragtes perioden 1989-2001 kan der konstateres et svagt fald i sommermidlen (lineær regressionsanalyse, $P < 0,10$).

Klorofyl-a, sommermidler



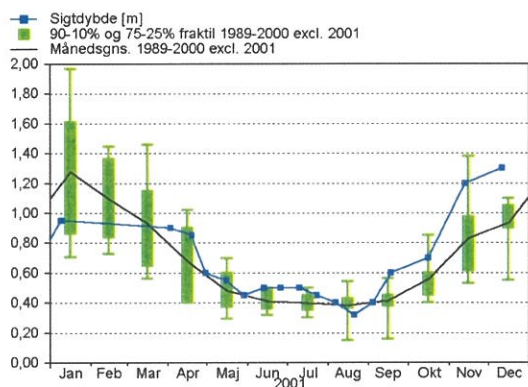
Figur 32. Den tidsvægtede sommermiddelkoncentration af klorofyl a i søvandet i 1980, 1986 og 1989-2001.

Sigtdybde

Figur 33 viser udviklingen i sigtdybden i 2001 sammenlignet med månedsgennemsnittet for 1989-2000.

Sigtdybden var i april lidt bedre end normalt, men faldt herefter til omkring 0,5-0,6 m i maj måned. I juni og juli var sommersigtdybden med omkring 0,5 m lidt over normalen, men faldt så i august måned til kun lidt over 0,3 m i forbindelse med en meget stor blågrønalgeopblomstring.

Efter blågrønalgeopblomstringen steg sigtdybden atter og holdt sig resten af året over normalen.



Figur 33. Udviklingen i sigtdybden i 2001 samt månedsgennemsnittet for 1989-2000 incl. 90-10% og 75-25% fraktiler.

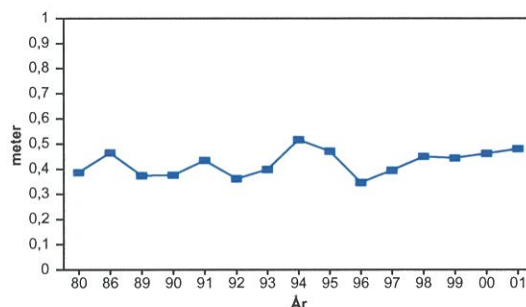
Den gennemsnitlige sommersigtdybde i 1980, 1986 og 1989-2001 er vist i figur 34.

Sommersmiddelsigtdybden lå i perioden fra 1980-93 ret konstant omkring 0,35-0,45 m, men steg i 1994-95 til ca. 0,5 m. Som følge af de massive blågrønalgeopblomstringer i sensommerne 1996 og 1997 faldt sommersiddelsigtdybden atter til mindre end 0,40 m, men i 1998-2001 er sommersigtdybden igen steget en smule til omkring 0,45 m. Sommersigtdybden i 2001 var med 0,48 m et par centimeter bedre end i 2000.

Samlet for perioden kan siges, at sigtdybden generelt har været ringe, men at der kan spores en svag tendens til bedring op gennem perioden (lineær regressionsanalyse, $P < 0,10$).

Selv om sigtdybden primært afspejler mængden af planteplankton er dette ikke den eneste faktor, der påvirker sigtdybden. Resuspension som følge af hård vind kan i perioder også påvirke sigtdybden.

Sigtdybde, sommermidler



Figur 34. Den gennemsnitlige sommersigtdybde i 1983 og 1988-2001.

9. Biologiske målinger i søen

I dette afsnit præsenteres resultaterne af de biologiske undersøgelser i 2001 samt udviklingen i perioden siden 1989.

Søens plante- og dyreplankton er siden 1989 undersøgt efter Miljøstyrelsens retningslinier /10,11/. Hvert års undersøgelser med artslistes, volumenberegninger osv. er udarbejdet som interne rapporter. Vigtige nøgletal for planktonet findes i bilag 10.

Årstidsvariationer inden for plante- og dyreplanktonets biomasser og artssammensætning er detaljeret beskrevet i tidligere rapporter. I det følgende er der derfor primært fokuseret på markante ændringer i perioden 1989-2001. Til vurderingen af hvorvidt der er sket signifikante ændringer, er anvendt lineær regressionsanalyse mellem tiden (år) og års- og sommergennemsnit af planktonbiomassen og planktonsammensætningen.

Søens fiskebestand er undersøgt i 1990, 1996 og 2001 efter retningslinierne angivet i vejledningen for fiskeundersøgelser fra DMU /12/. Undersøgelserne er særskilt rapporteret i /13,14,15/. De vigtigste resultater vedrørende fiskeundersøgelserne er endvidere diskuteret i /16/. Endelig er søens fiskeyngel hvert år siden 1998 undersøgt efter retningslinierne i vejledningen for fiskeyngelundersøgelser fra DMU /17/. Resultaterne fra fiskeyngelundersøgelsen samt CPUE-værdier fra den almindelige fiskeundersøgelse i 2001 findes i bilag 11 og 12.

9.1 Planteplankton

Udvikling i biomasse og artssammensætning

Sommersmiddelbiomassen af planteplankton lå i perioden 1989-93 ret stabilt omkring 30-45 mm³/l, men faldt så i 1994 til 20 mm³/l, der var periodens hidtil laveste sommersmiddelbiomasse (figur 35).

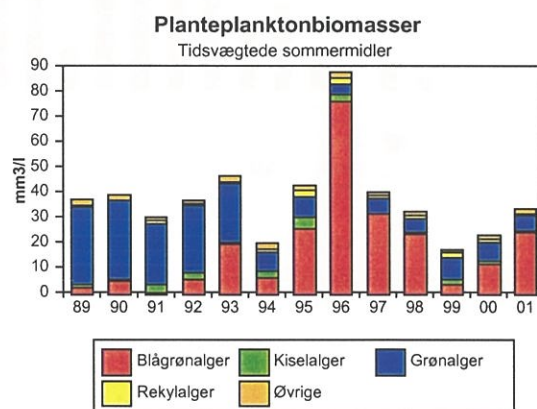
I 1995 steg sommersmiddelbiomassen atter til samme niveau som i de tidligere år som følge af en rekordstor blågrønalgeopblomstring i august måned. Endnu værre blev det i 1996, hvor to meget store blågrønalgeopblomstringer i henholdsvis juli og september resulterede i en ekstrem sommersmiddelbiomasse på 87,5 mm³/l.

I 1997 og 1998 var algebiomassen påny i et normalt niveau for søen, men i 1999 faldt biomassen markant til 16,7 mm³/l, det laveste i perioden hidtil.

I 2000 steg sommersmiddelbiomassen atter lidt,

men var med 22,7 mm³/l stadig noget under gennemsnittet for de foregående år på 38,7 mm³/l. Stigningen fortsatte i 2001 med en sommersmiddelbiomasse på 33,1 mm³/l.

Som det fremgår af figur 35, kan år til år variationerne i planteplanktonbiomassen i den sidste halvdel af overvågningsperioden primært tilskrives udsving i blågrønalgebiomassen.



Figur 35. Tidsvægtede sommersmiddelbiomasser af planteplankton 1989-2001.

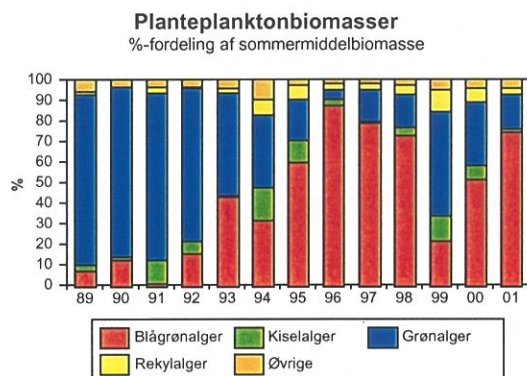
Set over hele perioden 1989-2001 kan der statistisk ikke påvises en udvikling i sommersmiddelbiomassen.

Betragtes de enkelte algegrupper, har der imidlertid været tale om markante ændringer gennem perioden. Ændringen i algesammensætningen er illustreret i figur 36, der viser de enkelte algegruppers procentandel af sommersmiddelbiomassen i perioden 1989-2001.

I begyndelsen af perioden var grønalgerne helt dominerende med omkring 85% af den samlede sommersmiddelbiomasse. Denne dominans var svagt aftagende indtil 1993, hvor grønalgerne tilbagegang tog fart sammenfaldende med, at næringsstofbelastningen til søen blev reduceret kraftigt. I stedet tog blågrønalgerne gradvist over og udgjorde mere end 70% af sommersmiddelbiomassen fra 1996-98.

I 1999 skete et forbigående skift imod dominans af grønalger, idet grønalger dette år udgjorde 51% af algebiomassen, mens blågrønalgerne andel sideløbende faldt fra 73% i 1998 til kun 22% i 1999.

At blågrønalgerne ikke dominerede planteplanktonbiomassen dette år hang antageligt sammen med en meget regnfuld august måned med deraf følgende hurtig vandudskiftning i søen i sensommeren, hvor blågrønalgerne normalt opbygger den største biomasse.



Figur 36. De enkelte algegrupperes procentandel af planteplanktonbiomassen i sommerperioden 1989-2001.

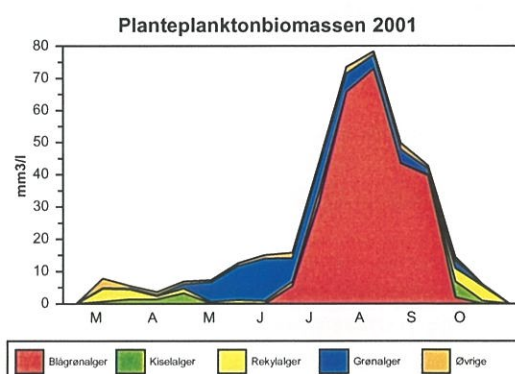
I 2000 steg blågrønalgerens andel igen og med 52% af biomassen var denne algegruppe igen dominerende i søen. Samtidig faldt grønalgerens andel til 31%. Denne udvikling fortsatte i 2001, hvor blågrønalgerne dominans med knap 75% var endnu mere udtalt.

Betragtes hele perioden 1989-2001 er blågrønalgerens andel af sommerbiomassen steget signifikant, mens det omvendte er tilfældet for grønalgerne (lineær regressionsanalyse, $P < 0,01$ for begge algegrupper).

Status 2001

Udviklingen i planteplanktonbiomassen i 2001 er vist i figur 37. Kiselalger dominerede i marts efterfulgt af rekylalger i april. Fra midten af april begyndte grønalgerens biomasse at stige og i juni var grønalger helt dominerende. Som det har været tilfældet i de fleste år, bestod grønalgerne primært af arter indenfor den chlorococcale slægt *Scenedesmus*.

I juli tog blågrønalgerne over og opbyggede hurtigt en meget stor biomasse, der nåede sit maksimum på ikke mindre end 78 mm³/l i august. Blågrønalgebiomassen bestod hovedsageligt af den trådformede art *Limnothrix planctonica*, der dominerede den totale algebiomasse fra midt i juli til udgangen af september.



Figur 37. Udviklingen i planteplanktonbiomassen i 2001.

I perioder under blågrønalgedominansen havde den kolonidannende art *Woronichinia compacta* samt de trådformede slægter *Anabaena spp.* og *Planktothrix agardhii* også en vis betydning for algebiomassen. Sidstnævnte art har nogle år været den altdominerende blågrønalge i søen.

I oktober klingede algebiomassen hurtigt af sammenfaldende med at biomassen af blågrønalger faldt brat.

9.2 Dyreplankton

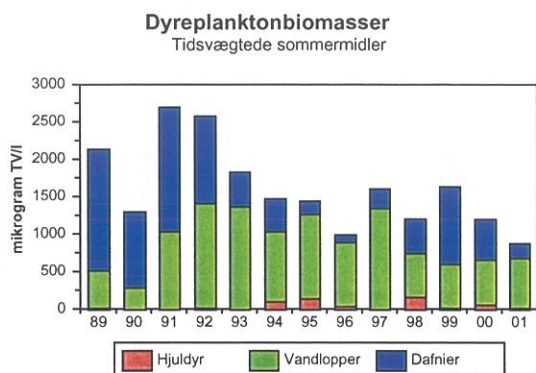
Udvikling i biomasse og artssammensætning

Den sommergennemsnitlige dyreplanktonbiomasse i perioden 1989-2001 er vist i figur 38. Sommermiddelbiomassen faldt for tredje år i træk og var med 868 µg tv/l overvågningsperiodens hidtil laveste.

Selv om biomassen, som det fremgår af figuren, har varieret en del fra år til år er tendensen, at der set for hele perioden har været et fald i biomassen (lineær regressionsanalyse, $P < 0,05$).

Betragtes de enkelte dyreplanktongrupper er der da også sket markante ændringer i dyreplanktonssammensætningen. I begyndelsen af perioden bestod dyreplanktonet således helt overvejende af dafnier, men fra 1991 og frem til 1996 faldt dafniernes biomasse markant, mens vandloppernes biomasse var nogenlunde uændret. Fra 1993 til 1997 bestod søens dyreplanktonsamfund således hovedsageligt af vandlopper.

I 1998-2000 steg dafniernes biomasse igen lidt samtidig med, at vandloppernes biomasse blev mindre.



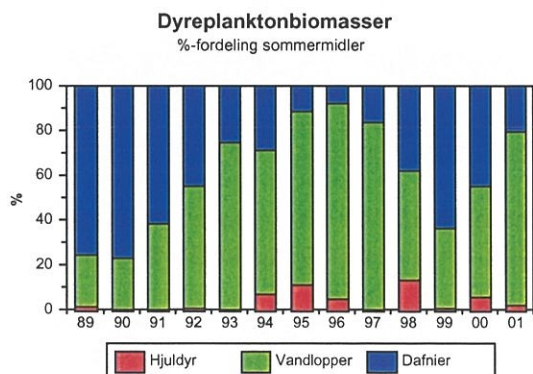
Figur 38. Udviklingen i den sommergennemsnitlige dyreplanktonbiomasse i 1989-2001.

I 2001 er dafniernes biomasse imidlertid igen faldet, mens vandloppernes biomasse stort set er uændret i forhold til i 2000.

Ændringerne i dyreplanktongruppernes andele af sommermiddelbiomassen fremgår af figur 39. Fra at have udgjort omkring 75% af sommermiddelbiomassen i 1989-90, var dafniernes andel af den samlede sommermiddelbiomasse nede på 7-15% i årene 1995-97. Samtidig øgedes vandloppernes andel fra 23% til mere end 80% i samme periode. Som følge af stigningen i dafniebiomassen 1997-99 steg dafniernes andel til 63% i 1999, mens vandloppernes andel tilsvarende faldt til 36%.

I 2000 faldt dafniernes andel med 44% påny, mens vandloppernes andel med 50% steg tilsvarende. Faldet i dafniernes andel fortsatte i 2001, hvor dafnierne kun udgjorde 20%.

Som i de foregående år var hjuldyrenes andel også i 2001 meget lille.



Figur 39. Udviklingen i de enkelte dyreplanktongruppers procentandel af sommermiddelbiomassen 1989-2001.

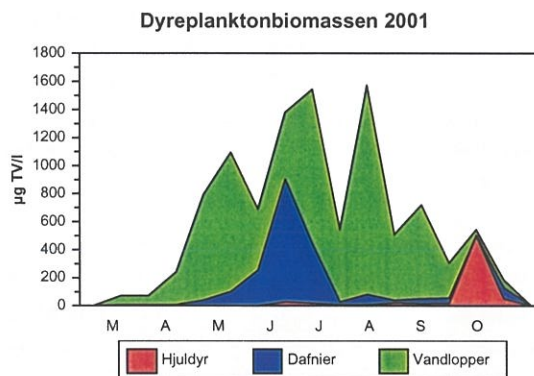
Status 2001

Udviklingen i dyreplanktonbiomassen over året i 2001 er vist i figur 40. Udviklingen i biomassen var kendetegnet ved et forårsmaksimum samt et større to-toppet sommermaksimum.

Vandlopperne dominerede dyreplanktonbiomassen i hele undersøgelsesperioden på nær sidst i juni samt i oktober, hvor henholdsvis dafnierne og hjuldyrene dominerede.

Bortset fra en enkelt calanoid copepodit fundet i slutningen af april blev der udelukkende registreret cyclopoide vandlopper i søen og blandt dem var *Acanthocyclops robustus* den dominerende art. Den store *Cyclops vicinus* var den næstvigtigste art. Denne fordeling var uændret i forhold til året før og typisk for søen.

Blandt dafnierne dominerede den lille snabeldafnie *Bosmina longirostris* med den store dafnie *Daphnia galeata* som næstvigtigste art. Dette har også været tilfældet i de foregående år undtagen i 1999, hvor det omvendte var tilfældet.



Figur 40. Udviklingen i dyreplanktonbiomassen i 2001.

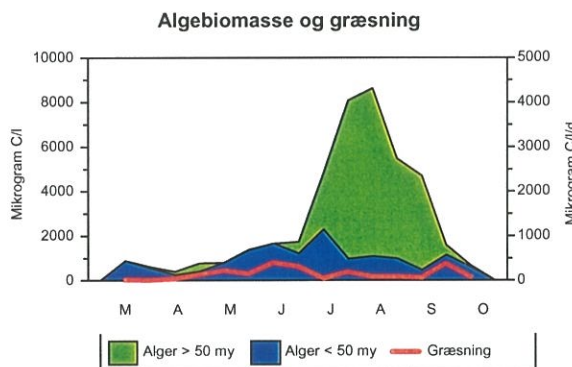
Hjuldyrenes biomasse var generelt lav i 2001. Vigtigste art var *Keratella quadrata* med *Polyarthra spp.* som næstvigtigste art. Denne fordeling er ligeledes typisk for hjuldyrene i søen.

Fødebegrænsning

Mængden af umiddelbart tilgængelig føde for dyreplanktonet (alger < 50 µm) var høj gennem hele 2001 og dyreplanktonet har næppe været fødebegrænset på noget tidspunkt. Dette var også tilfældet året før.

Græsning

Udviklingen i mængden af planteplankton og dyreplanktonets græsningstryk på planteplanktonet i 2001 er vist i figur 41. Planteplanktonet er på figuren opsplittet i alger < 50 µm, der er den del af algerne som umiddelbart er spiselige for dyreplanktonet, og alger > 50 µm.



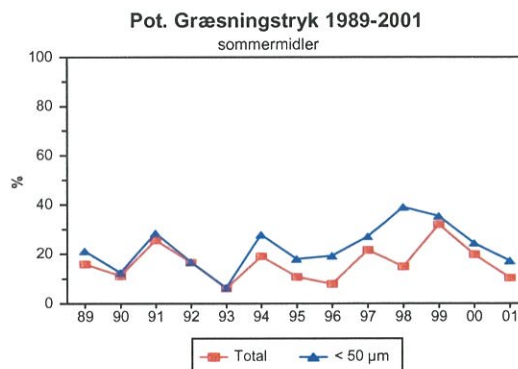
Figur 41. Græsning (mg C/l/d) og mængden af planteplankton (mg C/l) i 2001.

Græsningstrykket på de små algeformer (alger < 50 µm) var højest i oktober (33%), hvor dyreplanktonbiomassen var domineret af hjuldyr. De små hjuldyr, der blev registreret i oktober, er imidlertid også i stand til at spise bakterier og detritus, så den beregnede græsning kan derfor være overestimeret.

Græsningstrykket var også relativt højt i maj (27-30%) samt sidst i juni og først i juli (24-26%). Græsningstrykket i maj og først i juli skyldtes hovedsageligt ungdomsstadier af cyclopoide vandlopper, mens græsningstrykket sidst i juni hovedsageligt skyldtes store dafnier. Resten af undersøgelsesperioden var græsningstrykket generelt lavt.

Samlet set har dyreplanktonets græsning sidst i juni sandsynligvis reguleret biomassen af de mindste alger, men ikke den samlede algebiomasse.

Udviklingen i dyreplanktonets potentielle græsningstryk på planteplanktonet i perioden 1989-2001 er vist i figur 42. På figuren er dels angivet det potentielle græsningstryk på hele planteplanktonet og dels det potentielle græsningstryk på den del af algerne, der umiddelbart er spiselig for dyreplanktonet (alger < 50 µm). De viste værdier på figuren er sommermidler for de enkelte år.



Figur 42. Udviklingen i det sommergennemsnitlige græsningstryk 1989-2001.

Som det fremgår af figuren, har det sommergennemsnitlige græsningstryk været lavt gennem hele perioden og dyreplanktonets evne til at regulere planteplanktonet i søen har således i alle årene formodentlig været ret begrænset.

Græsningstrykket udviser ingen entydig udvikling gennem perioden.

9.3 Fiskebestand

Fiskeyngel

Søens fiskeyngel blev undersøgt i juli 2001 efter det standardiserede fiskeyngelundersøgelsesprogram /17/. Resultaterne er medtaget i bilag 11.

Der blev konstateret yngel fra 4 arter; skalle, regnløje, aborre og nipigget hundestejle, hvortil kommer etårige skaller og regnløjer.

Den samlede yngeltæthed (inklusive etårige fisk) var 6,6 pr. m³ i littoralen og 5,3 pr. m³ i pelagiet (tabel 8), hvilket var lidt mere end i 2000 og en markant forøgelse i forhold til 1998-99.

Vægtmæssigt var tætheden 3,14 g vådvægt pr. m³ i littoralen og 2,70 g vådvægt pr. m³ i pelagiet (tabel 9), hvilket var i niveau med 2000, men væsentligt større end i 1998-99.

Karpefiskene var som i de foregående år dominerende både antals- og vægtmæssigt.

Tætheden af fiskeyngel i såvel littoralen som i pelagiet har siden den første undersøgelse i 1998 været stigende hvert år.

Tabel 8. Den beregnede tæthed af fiskeynglen i littoralen og pelagiet juli 2001.

	Antal m ³		Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	6,113	4,976	93	95
Aborrefisk	0,470	0,289	7	5
Laksefisk	0	0	0	0
Andre	0,013	0	0	0
Total	6,596	5,265	100	100

Tabel 9. Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen i littoralen og pelagiet juli 2001.

	Vådvægt g/ m ³		Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	2,379	2,252	76	83
Aborrefisk	0,759	0,452	24	17
Laksefisk	0	0	0	0
Andre	0,003	0	0	0
Total	3,141	2,704	100	100

Sammenlignet med 11 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser siden 1998, var tætheden af karpefiskeyngel ligesom i 2000 antalsmæssigt meget høj, mens aborrefiskeysænglens mængde var mere moderat.

Vægtmæssigt var fiskeynglen meget betydelig sammenlignet med de øvrige søer, hvilket også var tilfældet i 2000.

Fiskeysnglens beregnede konsumptionsrate (inklusive etårige fisk) omkring 1. juli var med 96 mg tv/m³/d lidt større end i 2000 og markant større end i 1998-99. Sammenlignet med de øvrige søer er fiskeysnglens mulige prædation på dyreplanktonet i Gundsømagle Sø markant stor. Fiskeysnglen har således ydet et betydeligt prædationstryk på dyreplanktonet i sommeren 2001.

Øvrig fiskebestand

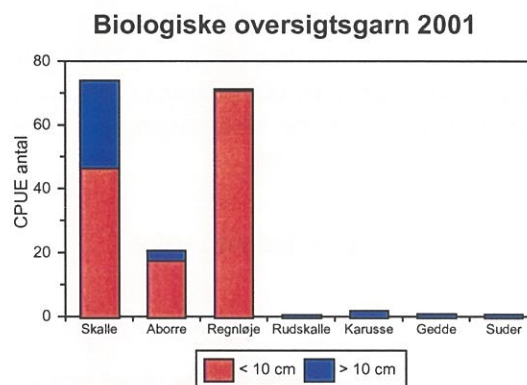
Søens fiskebestand er undersøgt i 1990, 1996 og igen i midten af september 2001. Resultaterne af fiskeundersøgelserne er udgivet i særskilte rapporter. I det følgende resumeres derfor kun de vigtigste resultater fra undersøgelsen i 2001 og udviklingen i søens fiskebestand er kort vurderet.

Ved undersøgelsen i 2001 blev der registreret 8 arter i søen: skalle, aborre, karusse, suder, gedde,

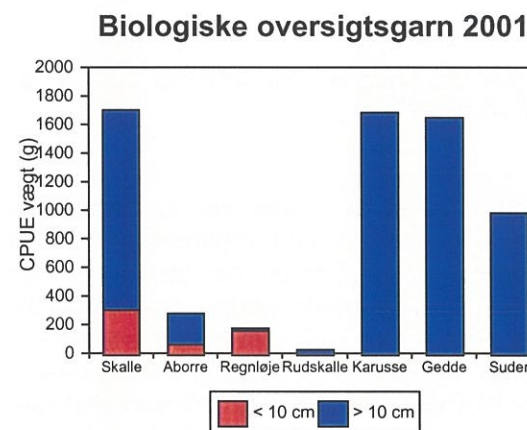
regnløje, rudskalle og ål. Dertil kommer nipigget hundestejle, der ikke blev registreret ved fiskeundersøgelsen i september, men blev fundet ved yngelundersøgelsen i juli.

Den gennemsnitlige fangst i garnene opgjort i antal og vægt er vist i figur 43 og 44.

Antalsmæssigt var garnfangsten af småfisk større end i 1996 og dermed betydelig, som det oftest er tilfældet i denne søtype. Fangsten af større fisk var derimod beskeden, som det også var tilfældet i 1996. Vægtmæssigt var fangsten noget mindre end normalt i denne type af søer.



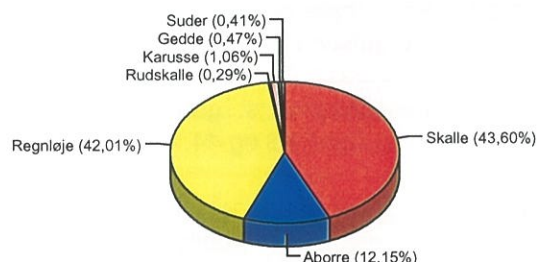
Figur 43. CPUE værdier i antal for garnfiskeriet i efteråret 2001.



Figur 44. CPUE værdier i vægt for garnfiskeriet i efteråret 2001.

Fordelingen af arter i antal og vægt er vist i figur 45 og 46. Antalsmæssigt udgjorde skaller og regnløjer hovedparten af fangsten med omtrent lige store andele, henholdsvis 42,0% og 43,6%. Udover aborrer udgjorde de øvrige arter kun en meget beskeden andel.

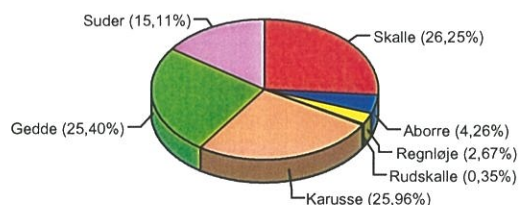
Garnfangst i antal



Figur 45. Antalsmæssig fordeling i garnfangsten i efteråret 2001.

Vægtmæssigt udgjorde skaller, karusser og gedder hver omkring en fjerdedel af fangsten, mens suder var den eneste af de tilbageværende arter, der udgjorde en større andel.

Garnfangst i vægt



Figur 46. Vægtmæssig fordeling i garnfangsten i efteråret 2001.

Garnfangsten af skaller var antalsmæssigt lidt mindre end i 1996, men vægtmæssigt var fangsten stort set uændret og dermed stadig mindre end i flertallet af tilsvarende næringsrige søer. I 1990 var var garnfangsten af skaller vægtmæssigt noget større, men vurderet ud fra størrelsesfordelingen er der ikke sket væsentlige ændringer i skallebestanden. Denne har således ved alle tre fiskeundersøgelser bestået af individer jævnt spredt i størrelser op til ca. 20 cm. Væksten stagnerer med størrelsen og konditionen var generelt under middel.

Aborrebestanden var som i 1990 og 1996 af meget beskeden størrelse. Bestanden er helt domineret af småfisk - primært årsyngel, men rekrutteringen i 2001 var bedre end ved de foregående to fiskeundersøgelser. Væksten er gennemsnitlig sammenlignet med andre søer, men flertallet af aborrerne

havde en ringe konditionen, som det også var tilfældet i 1996.

Fangsten af karusser var vægtmæssigt i niveau med i 1996 og bestanden er fortsat en af de største i danske søer. Bortset fra en enkelt årsfisk var samtlige karusser i fangsten over 25 cm, hvilket vidner om en meget ringe rekruttering i de senere år. Karussernes vækst er over middel og konditionen god.

Fangsten af suder var halveret i forhold til i 1996 men stadig betydeligt større end normalt i danske søer. Som i 1996 bestod fangsten overvejende af sudere i størrelser mellem 40 og 50 cm og suderne har ligesom karusserne ikke haft rekrutteringssucces siden begyndelsen af 1990'erne. Sudernes kondition var normal og dermed bedre end i 1996.

Fangsten af regnløjer var markant større end i 1996 og dermed tilbage i samme betydelige størrelse som i 1990. Fangsten bestod overvejende af etårige individer omkring 5-6 cm, men som ved de tidligere fiskeundersøgelser blev der også fanget enkelte årsyngel. Konditionen var gennemgående god og derved bedre end i 1996, hvor konditionen generelt var under middel.

Fangsten af gedder var på trods af en lidt mindre fangst end i 1996 stadig blandt de største registrerede i danske søer. Fangsten ved elektrofiskeriet var således rekordstor og gedder i alle størrelser vidner om, at geddebestanden både rekrutterer og trives særdeles godt i søen. Den gennemsnitlige vækst var dog lidt mindre end i 1996 og tilsvarende var konditionen knap så god.

Fangsten af rudskaller var som i 1996 beskeden. Selv om fangsten primært bestod af unge fisk, har rudskallernes rekruttering øjensynligt været ringe de senere år, idet både unge og ældre årgange var betydeligt bedre repræsenteret i 1990. Væksten var som i 1996 gennemsnitlig i de første 3-4 leveår, men derefter under middel. Konditionen var som ved de tidligere undersøgelser under middel.

Fangsten af ål var omtrent af samme størrelse som ved de to foregående undersøgelser og bestanden er efter danske forhold af betydelig størrelse, specielt set i lyset af, at ålebestanden ikke plejes aktivt. Flertallet af ålene var mellem 40 og 60 cm, mens ål mindre end 40 cm var fåtallige. Konditionen var generelt betydeligt over middel.

Sammenfattende er fiskebestanden domineret af karusser, suder, ål og skaller samt en imponerende geddebestand. Overordnet set har fiskebestanden ikke undergået de store forandringer siden den

første fiskeundersøgelse i 1990, men både karusse- og suderbestanden ser ud til at være på retur som følge af svigtende rekruttering. Begge arter forekommer dog endnu i et antal, der er større end normalt i danske søer.

9.4 Samspillet mellem stofkoncentrationer, plante- og dyreplankton samt fiskebestand

Samspillet mellem søvandets næringsstofindhold, plankton og fisk er indgående diskuteret i rapporten fra 1997 /18/ og der henvises derfor til denne for en mere indgående belysning af emnet. I dette afsnit er der lagt vægt på den seneste udvikling i perioden, hvor de vigtigste styrende faktorer kort er resumeret.

Selv om næringsniveauet i søen er reduceret markant gennem de seneste år, er søvandets koncentrationer af både fosfor og kvælstof stadig så høje, at planteplanktonet sjældent er næringsbegrænset. Som følge af det faldende næringsniveau er der imidlertid sket et skifte i planteplanktonsammensætningen, fra en dominans af grønalger til en dominans af blågrønalger.

Både grønalger og blågrønalger trives erfaringsmæssigt ved det aktuelle næringsniveau, men hvor grønalger gennemgående er mere næringskrævende er de fleste blågrønalgearter mere følsomme overfor turbulens, som følge blandt andet af en langsommere vækst. Den grønalgedominans der kunne iagttages i 1999, var således sandsynligvis klimatisk bestemt og allerede i 2000 var blågrønalgerne tilbage i rollen som den dominerende algegruppe.

Samtidig med at blågrønalgerne er blevet mere og mere betydende i søen, er dafniernes biomasse faldet markant. Dette hænger antageligt primært sammen med, at blågrønalger generelt udgør et dårligt fødegrundlag for dafnierne. Der er således en signifikant negativ sammenhæng mellem forekomsten af blågrønalger og dafnier i søen /19/.

Dyreplanktonets græsningstryk på algerne var også i 2001 lavt og dyreplanktonet formåede ikke at kontrollere planteplanktonet, selv om der sidst i juni sandsynligvis har været tale om en vis regulering af de små algeformer.

Blandt dafnierne dominerede den lille snabeldafnie *Bosmina longirostris* med den store dafnie *Daphnia galeata* som subdominerende art. Dette har også været tilfældet i de foregående år på nær i 1999, hvor det omvendte var tilfældet.

Antallet af fiskeyngel i juli måned har været konstant stigende siden den første yngelundersøgelse i 1998. Dette har medført en tilsvarende stigning i fiskeynglens konsumptionsrate. I 2001 er konsumptionsraten beregnet til 0,096 mg tv//d hvilket betyder, at fiskeynglen teoretisk er i stand til at lægge et kraftigt prædationstryk på dyreplanktonet.

Betragtes de større fisk i søen, har geddernes prædation og den manglende rekruttering blandt rørsumpsfiskene i de senere år utvivlsomt medført et formindsket prædationstryk på dyreplanktonet fra de større fisk's side.

Selv om fiskebestanden samlet set påvirker dyreplanktonet gennem et formodentlig betydeligt prædationstryk, er fiskebestanden næppe hovedansvarlig for nedgangen i dyreplanktonets mængde gennem årene, der snarere skyldes skiftet fra grønalgedominans til blågrønalgedominans.

Sammenfattende har reduktionen i søvandets indhold af næringsstoffer endnu ikke været stor nok til, at planteplanktonet i søen er blevet tilstrækkeligt næringsbegrænset. De sidste par års vekslende dominansforhold mellem grønalger af blågrønalger er sandsynligvis klimatisk betingede og de kommende år vil antageligt igen byde på nye massive blågrønalgeopblomstringer i søen og dette må forventes at fortsætte indtil fosforkoncentrationen i søvandet når ned under de 150 µg P/l, der er målsætningen. Før dette sker vil dyreplanktonet næppe heller være i stand til at kontrollere planteplanktonet.

10. Konklusion

Set for perioden 1989-2001 er der sket en markant udvikling i fosfortilførslen, der i de seneste år har været 5-10% af tilførslen i 1989. Årsagen til den kraftige reduktion i fosfortilførslen er en forbedret spildevandsrensning i oplandet. I samme periode er kvælstoftilførslen fra punktkilder reduceret fra et niveau i starten af perioden omkring 20-35 ton til omkring 4-8 ton.

I takt med den faldende næringsstofkoncentration i søvandet skete der som forventet et skift i søens planteplankton fra en dominans af grønalger til de lidt mindre næringskrævende blågrønalger. Blågrønalger har således, på nær i 1999, domineret i søen siden 1995.

Med mindre fosforniveauet reduceres ned til 0,15 mg P/l, der er kravet i henhold til søens målsætning, vil søen i de kommende år formodentlig fortsat få opblomstringer af blågrønalger om sommeren.

Den afgørende betingelse for, at søen kan komme ned på dette fosforniveau afhænger af indløbskoncentrationen af fosfor i søens tilløb og dermed af en yderligere reduktion af den eksterne fosfortilførsel. Hvornår søen herefter kommer ned på det nødvendige, lave fosforniveau i søvandet, afhænger af hvor hurtigt den potentielt frigivelige fosforpulje i søsedimentet bliver reduceret.

I takt med at den eksterne fosfortilførsel til søen er blevet reduceret, er den interne frigivelse af fosfor fra sedimentet blevet af større betydning for opretholdelsen af et højt fosforniveau i søvandet. Gennem sommerperioden er det således overvejende denne fosforfrigivelse fra sedimentet, der betinger søvandets høje fosforindhold.

Søens indsvingningsperiode, dvs. perioden fra den eksterne tilførsel er reduceret tilstrækkeligt og indtil søens sediment har aflastet sin overskydende fosforpulje, er i 1993 beregnet til 20-25 år ved anvendelse af en computerbaseret dynamisk sømodel. Den faldende fosforaførsel taget i betragtning vil denne tidshorisont næppe blive væsentligt kortere.

11. Referencer

- 1/ Miljøstyrelsen (2000). NOVA 2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1.
- 2/ Københavns Amt, Frederiksborg Amt, Roskilde Amt (1989). Økologisk baggrundstilstand og udviklingshistorie. Søllerød Sø, Vejle Sø, Gundsømagle Sø, Sjælsø, Hornbæk Sø. Rapport udarbejdet af COWIconsult A/S, 1989.
- 3/ Roskilde Amtskommune (1982). Østrup-Gundsømagle Sø 1979-80. Rapport udarbejdet af Roskilde Amtskommunes miljøsektion for Hovedstadsrådet, oktober 1982.
- 4/ Danmarks Miljøundersøgelser (2001). Paradigma 2002. DMU.
- 5/ Høy, T. og J. Dahl (1995). Danmarks søer. Søerne i Roskilde Amt, Københavns Kommune og Københavns Amt. Strandbergs Forlag.
- 6/ Danmarks Miljøundersøgelser (1999). Oplandsanalyse af vandløbs- og søoplande 1998-2003. Vandløb og søer. Teknisk anvisning fra DMU nr. 15.
- 7/ Roskilde Amt (1995). Vandmiljøovervågning. Gundsømagle Sø 1989-94.
- 8/ Miljøstyrelsen (1990). Prøvetagning og analysemetoder i søer. Overvågningsprogram. DMU.
- 9/ Kristensen, P., Jensen, J.P. & E. Jeppesen (1990). Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. C9.
- 10/ Olrik, K. (1991). Planteplankton-metoder. Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af planteplankton i søer og marine områder. Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen.
- 11/ Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann & P. Andersen (1992). Zooplankton i søer - metoder og artslist. Miljøprojekt 205. Miljøstyrelsen.
- 12/ Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann (1990). Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgellesprogram, fiske-redskaber og metoder. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.
- 13/ Roskilde Amt (1990). Fiskebestanden i Gundsømagle Sø, september 1990. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 14/ Roskilde Amt (1997). Fiskebestanden i Gundsømagle Sø, september 1996. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 15/ Roskilde Amt (2002). Fiskebestanden i Gundsømagle Sø, september 2001. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 16/ Roskilde Amt (1998). Vandmiljøovervågning. Gundsømagle Sø 1989-97.
- 17/ Lauridsen T.L. (1998). Fiskeyngelundersøgelser i søer. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- 18/ Roskilde Amt (1997). Vandmiljøovervågning. Overvågning af søer 1996 samt temarapportering regionale søer. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 19/ Roskilde Amt (2000). Vandmiljøovervågning. Gundsømagle Sø 1989-99.

12. Bilagsoversigt

1. Klimadata
2. Søkort og morfometriske data.
3. Oplandsstørrelse, areal- og jordtypefordeling.
4. Samleskema for vandføring og stofkoncentrationer i tilløbet Hove Å, station 777, i perioden 1989-2001.
5. Vand- og stofbalanceberegninger for 2001 opgjort på månedsbasis.
6. Samleskemaer for vand og stof 1989-2001. Års- og sommerværdier.
7. Beregningsmetode for vand- og stoftilførslen.
8. Kildeopsplitning.
9. Samleskema for fysisk-kemiske målinger 1989-2001.
10. Plankton.
11. Fiskeyngel 2001.
12. Fiskeundersøgelse 2001.
13. Oversigt over udførte undersøgelser i søen.
14. Sedimentundersøgelser 2001.

KLIMADATA - Gundsømagle Sø

Temperatur (grader C)

Måned	Normal 1961-90	2001
Jan	-0,4	1,6
Feb	-0,3	0,4
Mar	2,1	0,9
Apr	6	5,7
Maj	11,3	12,0
Jun	15,1	13,1
Jul	16,5	17,9
Aug	16,3	17,1
Sep	12,9	12,5
Okt	9,2	11,8
Nov	4,6	4,9
Dec	1,3	0,4
GNS:	7,9	8,2

Solskinstimer

Målestation: Københavns Lufthavn

Måned	Normal 1961-90	2001
Jan	43	24
Feb	68	110
Mar	117	138
Apr	185	158
Maj	249	329
Jun	259	286
Jul	244	345
Aug	233	247
Sep	158	115
Okt	103	87
Nov	57	100
Dec	38	32
År	1754	1971
Sommer	1143	1322

Globalindstråling (MJ/m2)

Måned	Normal	2001
Jan		40
Feb		136
Mar		270
Apr		341
Maj		610
Jun		583
Jul		647
Aug		459
Sep		249
Okt		151
Nov		96
Dec		38
SUM:		3.620
GNS:		302

Hård vind målt ved Ledreborg Alle

(DMI 30421 Ledreborg Alle II)

% vindhastigheder lig med eller over 10,8 m/s

Måned	Normal 1989 - 98	2001
jan	5,7	0,0
feb	5,2	2,8
mar	5,2	2,7
apr	1,6	0,4
maj	0,5	0,5
jun	0,2	0,1
jul	0,0	0,0
aug	0,1	0,0
sep	0,3	0,0
okt	1,2	1,3
nov	1,3	0,8
dec	2,0	1,2

Potentiel fordampning (mm)

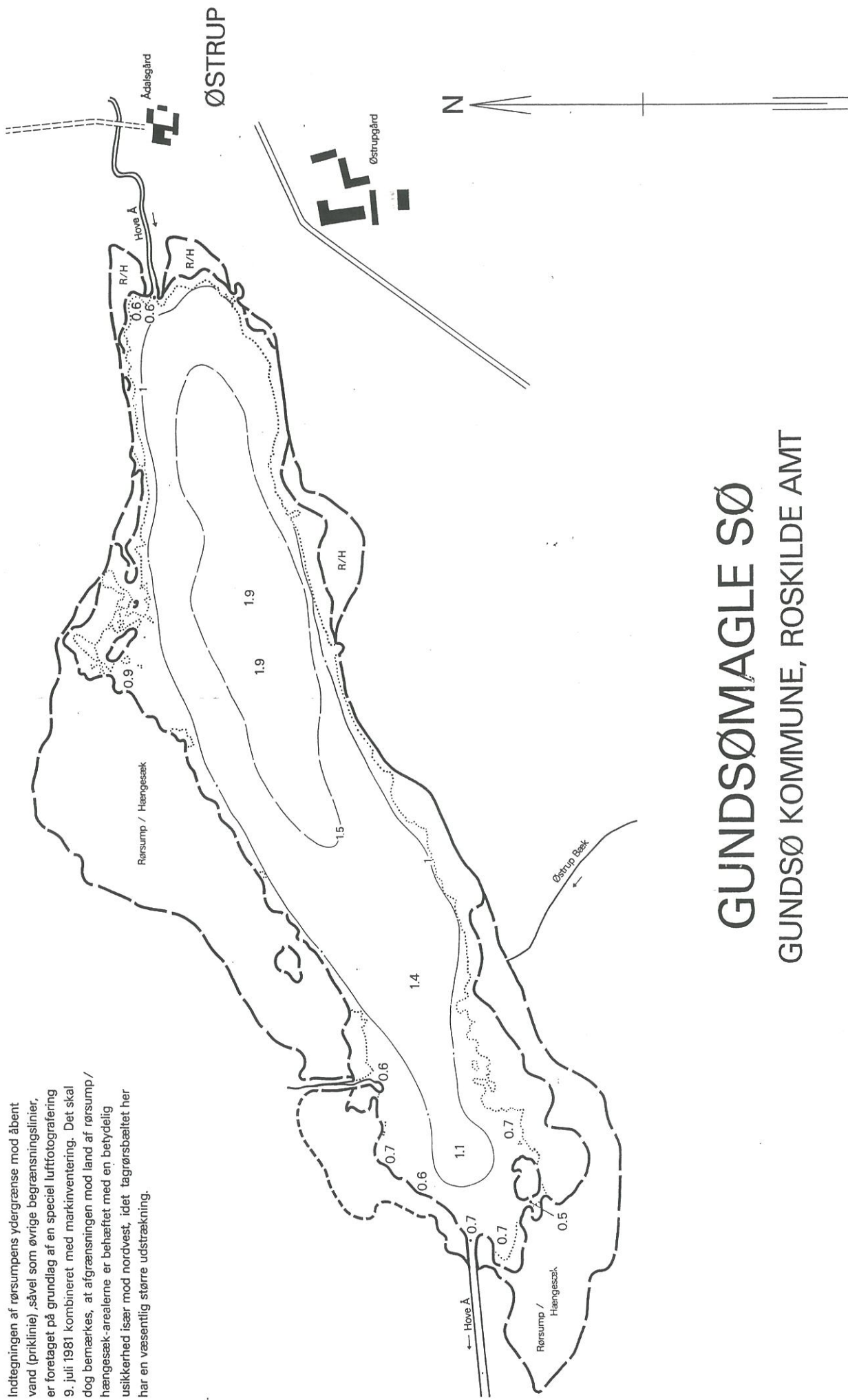
Måned	Normal 1961-90	2001
Jan	5	4,8
Feb	11	15,7
Mar	29	31,5
Apr	55	46,8
Maj	86	101,1
Jun	101	99,3
Jul	103	122,1
Aug	82	84,9
Sep	50	41,7
Okt	26	24,8
Nov	10	13,1
Dec	4	4,5
SUM:	562	590
GNS:	47	49

Nedbør (mm)

Måned	Normal 1961-90	2001
Jan	45	43
Feb	28	32
Mar	37	24
Apr	36	46
Maj	42	27
Jun	50	45
Jul	65	45
Aug	62	109
Sep	57	129
Okt	53	31
Nov	57	48
Dec	54	49
SUM:	586	630
GNS:	49	52

1	1.1	1.1.1
2	1.2	1.2.1
3	1.3	1.3.1
4	1.4	1.4.1
5	1.5	1.5.1
6	1.6	1.6.1
7	1.7	1.7.1
8	1.8	1.8.1
9	1.9	1.9.1
10	1.10	1.10.1
11	1.11	1.11.1
12	1.12	1.12.1
13	1.13	1.13.1
14	1.14	1.14.1
15	1.15	1.15.1
16	1.16	1.16.1
17	1.17	1.17.1
18	1.18	1.18.1
19	1.19	1.19.1
20	1.20	1.20.1
21	1.21	1.21.1
22	1.22	1.22.1
23	1.23	1.23.1
24	1.24	1.24.1
25	1.25	1.25.1
26	1.26	1.26.1
27	1.27	1.27.1
28	1.28	1.28.1
29	1.29	1.29.1
30	1.30	1.30.1
31	1.31	1.31.1
32	1.32	1.32.1
33	1.33	1.33.1
34	1.34	1.34.1
35	1.35	1.35.1
36	1.36	1.36.1
37	1.37	1.37.1
38	1.38	1.38.1
39	1.39	1.39.1
40	1.40	1.40.1
41	1.41	1.41.1
42	1.42	1.42.1
43	1.43	1.43.1
44	1.44	1.44.1
45	1.45	1.45.1
46	1.46	1.46.1
47	1.47	1.47.1
48	1.48	1.48.1
49	1.49	1.49.1
50	1.50	1.50.1
51	1.51	1.51.1
52	1.52	1.52.1
53	1.53	1.53.1
54	1.54	1.54.1
55	1.55	1.55.1
56	1.56	1.56.1
57	1.57	1.57.1
58	1.58	1.58.1
59	1.59	1.59.1
60	1.60	1.60.1
61	1.61	1.61.1
62	1.62	1.62.1
63	1.63	1.63.1
64	1.64	1.64.1
65	1.65	1.65.1
66	1.66	1.66.1
67	1.67	1.67.1
68	1.68	1.68.1
69	1.69	1.69.1
70	1.70	1.70.1
71	1.71	1.71.1
72	1.72	1.72.1
73	1.73	1.73.1
74	1.74	1.74.1
75	1.75	1.75.1
76	1.76	1.76.1
77	1.77	1.77.1
78	1.78	1.78.1
79	1.79	1.79.1
80	1.80	1.80.1
81	1.81	1.81.1
82	1.82	1.82.1
83	1.83	1.83.1
84	1.84	1.84.1
85	1.85	1.85.1
86	1.86	1.86.1
87	1.87	1.87.1
88	1.88	1.88.1
89	1.89	1.89.1
90	1.90	1.90.1
91	1.91	1.91.1
92	1.92	1.92.1
93	1.93	1.93.1
94	1.94	1.94.1
95	1.95	1.95.1
96	1.96	1.96.1
97	1.97	1.97.1
98	1.98	1.98.1
99	1.99	1.99.1
100	1.100	1.100.1

Indtegningen af rørsumpens ydergrænse mod åbent vand (prælinie), såvel som øvrige begrænsningslinier, er foretaget på grundlag af en speciel luftfotografering 9. juli 1981 kombineret med markinventering. Det skal dog bemærkes, at afgrænsningen mod land af rørsump/hængesæk-arealerne er behæftet med en betydelig usikkerhed især mod nordvest, idet tagrørsbæltet her har en væsentlig større udstrækning.



1:5000

Gundsømagle Sø

Morfometriske data bestemt efter kort i 1:5000 udarbejdet af Thorkild Høy i 1981.

Alle beregninger er foretaget ud fra en vandstand ved 3,900 m over DNN.

Ved beregning af søareal, volumen og middeldybde forudsættes vanddybden 0 m at findes på rørsump/hængesækkens afgrænsning mod søen.

Søareal	
- Fri vandflade:	ca. 26 ha
- Fri vandflade + rørsump:	ca. 32 ha
- Fri vandflade + rørsump + hængesæk:	ca. 207 ha
Vanddybde	
- Middeldybde:	1,20 m
- Max. dybde:	1,90 m
Vandvolumen:	ca. 375.000 m ³
Vandstandskoter iflg. regulativ (m over DNN)	
- 1/10 - 15/3:	4,076 - 4,232
- 15/3 - 1/10:	3,866 - 4,023
Kystlængde	
- Afgrænsning af rørsump/hængesæk mod sø:	ca. 3.600 m
- Afgrænsning af rørsump mod sø:	ca. 3.400 m

Gundsømagle Sø. Topografisk opland, jordtypefordeling og arealudnyttelse.						
OPLAND TIL:	Hove Å, st. 777		Delopland direkte til sø		Samlet opland	
ENHED:	km ²	%	km ²	%	km ²	%
TOTAL AREAL:	54,66	100	11,43	100	66,09	100
JORDTYPEFORDELING:						
1) Grovsandet jord	-	-	-	-	-	-
2) Finsandet jord	-	-	-	-	-	-
3) Lerblandet sandjord	6,45	11,8	1,10	9,6	7,55	11,4
4) Sandblandet lerjord	18,78	34,4	6,85	60,0	25,63	38,8
5) Lerjord	15,19	27,8	1,56	13,7	16,75	25,4
6) Svær lerjord	-	-	-	-	-	-
7) Humus	6,33	11,5	1,61	14,1	7,94	12,0
8) Kalkrig jord	-	-	-	-	-	-
Ikke klassificeret	7,92	14,5	0,30	2,6	8,22	12,4
AREALUDNYTTELSE:						
Åben bebyggelse	4,79	8,8	-	-	4,79	7,2
Sommerhuse	-	-	0,07	0,6	0,07	0,1
Industri og handel	0,07	0,1	-	-	0,07	0,1
Råstofgrave	0,80	1,5	-	-	0,80	1,2
Dyrket land	35,81	65,5	9,16	80,1	44,98	68,1
Frugt- og bærplantager	0,39	0,7	-	-	0,39	0,6
Blandet landbrug og natur	8,86	16,2	0,31	2,7	9,17	13,9
Løvskov	2,24	4,1	-	-	2,24	3,4
Blandet kratkov	1,40	2,6	-	-	1,40	2,1
Ferske enge	-	-	1,63	14,3	1,63	2,5
Mose og kær	0,29	0,5	-	-	0,29	0,4
Søer	-	-	0,26	2,3	0,26	0,4

Det samlede opland til Gundsømagle Sø er defineret som:

Det målte opland til Hove Å, st. 787, Gundsøgård (Corine opmålt)

excl:

- det målte opland til Gundsømagle Rende (kvl. 124).
- det målte direkte opland til Hove Å fra søudløb (st. 6981 m i avl. nr. 1 Hove Å) til Hove Å, st. 787, Gundsøgård.

Hove Å, station 777	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Vandføring													
Årsmiddel (l/s)	86,2	113,5	156,6	140,7	236,7	409,9	309,4	81,7	68,5	226,8	244,2	211,5	207,4
Sommermiddel (l/s)	29,5	22,1	87,9	36,1	75,6	117,4	121,9	62,3	49,7	70,3	86,2	46,7	96,0
Total-P													
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	4,862	4,130	1,910	0,849	1,636	0,312	0,216	0,210	0,210	0,171	0,178	0,153	0,216
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	6,047	6,882	2,628	1,017	3,326	0,471	0,270	0,250	0,265	0,212	0,218	0,157	0,221
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	3,480	1,960	1,410	0,520	0,400	0,193	0,145	0,196	0,179	0,147	0,144	0,139	0,213
Opløst fosfatfosfor													
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	4,451	3,758	1,733	0,700	1,412	0,208	0,119	0,100	0,101	0,077	0,066	0,053	0,061
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	5,610	6,271	2,423	0,863	2,954	0,347	0,164	0,114	0,140	0,113	0,090	0,064	0,076
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	3,100	1,770	1,250	0,380	0,310	0,114	0,067	0,084	0,086	0,053	0,050	0,043	0,044
Part.-P													
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,411	0,372	0,177	0,149	0,224	0,104	0,097	0,110	0,109	0,094	0,112	0,100	0,155
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,437	0,611	0,205	0,154	0,372	0,124	0,106	0,136	0,125	0,099	0,128	0,093	0,145
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,380	0,190	0,160	0,140	0,100	0,079	0,078	0,113	0,094	0,094	0,094	0,096	0,168
Total-N													
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	13,028	13,876	12,240	14,049	10,234	5,336	4,669	3,964	4,571	6,669	5,594	5,210	4,912
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	11,930	14,969	12,519	13,719	9,532	3,185	3,268	2,659	3,081	3,767	4,417	3,809	4,014
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	12,921	13,150	12,227	13,012	9,987	7,440	6,777	4,430	6,103	8,652	6,969	6,420	5,760

Vandbalance Gundsømagle Sø 2001

Alle værdier i 1000m3

	Nedbør x søareal	Fordampn. x søareal	Direkte tilførsel	Målt tilløb	Umålt opland	Samlet eksternt tilførsel	Fråførsel (i søafløb)	Magasin	"Grundvand" (+ indsvining - udsivning)	Samlet tilførsel (eksternt + indsvining)	Samlet fråførsel (søafløb + udsivning)
Jan	15,7	1,6	0,0	1238,8	31,5	1284,4	1546,7	-25,8	236,5	1520,9	1546,7
Feb	11,8	5,4	0,0	1177,8	29,9	1214,1	1421,0	-12,6	194,3	1408,4	1421,0
Mar	9,0	11,2	0,0	744,8	19,0	761,6	1038,1	-18,7	257,9	1019,5	1038,1
Apr	17,3	16,3	0,0	639,8	16,3	657,1	739,1	13,1	95,1	752,2	739,1
Maj	9,9	35,5	0,0	384,0	9,8	368,2	504,8	-29,3	107,4	475,6	504,8
Jun	17,0	34,9	0,0	187,8	4,9	174,8	281,5	-12,0	94,7	269,5	281,5
Jul	16,6	42,9	0,0	131,5	3,4	108,6	36,0	9,1	-63,6	108,6	99,6
Aug	40,6	29,8	0,0	153,9	4,0	168,7	197,6	-6,6	22,3	191,0	197,6
Sep	48,0	14,7	0,0	412,2	10,5	456,0	344,1	38,6	-73,4	456,0	417,5
Okt	11,5	8,6	0,0	365,4	9,3	377,6	226,8	21,2	-129,7	377,6	356,5
Nov	17,9	4,5	0,0	509,3	13,0	535,7	649,1	12,7	126,0	661,7	649,1
Dec	18,2	1,6	0,0	594,8	15,2	626,6	828,5	-1,2	200,7	827,3	828,5
Ar	233,5	207,0	0,0	6540,1	166,8	6733,4	7813,3	-11,5	1068,2	8068,3	8080,0
Sommer	132,1	157,8	0,0	1269,4	32,6	1276,3	1364,0	-0,2	87,4	1500,7	1501,0

Stofbalance Gundsømagle Sø 2001

TOTAL FOSFOR

Alle værdier i kg

	Atm. deposition (kg)	Umålt opland (kg)	Målt tilløb (kg)	Fråførsel (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)
Jan	0,3	4,5	199,0	188,0	36,8	-34,3	86,9	52,6
Feb	0,3	9,4	275,8	158,7	43,4	-14,0	184,2	170,2
Mar	0,3	5,0	204,7	105,2	72,5	6,2	171,1	177,3
Apr	0,3	4,2	138,1	80,6	19,1	-3,3	84,4	81,1
Maj	0,3	2,8	92,6	159,4	27,1	70,1	-106,7	-36,6
Jun	0,3	1,7	48,8	90,9	24,0	40,6	-56,7	-16,1
Jul	0,3	1,7	28,4	14,7	-28,9	58,5	-71,7	-13,2
Aug	0,3	2,5	24,7	123,0	3,3	66,9	-159,1	-92,2
Sep	0,3	6,4	98,1	139,2	-34,3	-137,1	68,4	-68,7
Okt	0,3	6,8	84,9	59,5	-27,0	-71,9	77,4	5,5
Nov	0,3	3,6	94,1	85,2	22,2	-18,9	53,9	35,0
Dec	0,3	4,2	101,7	88,0	33,7	16,5	35,4	51,9
Ar	3,6	52,8	1390,9	1292,4	191,9	-20,7	367,5	346,8
Sommer	1,5	15,1	292,6	527,2	-8,8	99,0	-325,8	-226,8

Stofbalance Gundsømagle Sø 2001

TOTAL KVÆLSTOF

Alle værdier i kg

	Atm. deposition (kg)	Umålt opland (kg)	Målt tilløb (kg)	Fråførsel (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)
Jan	40	523	9098	9465	1708	-486	2391	1905
Feb	40	419	8164	8127	1356	-136	1988	1853
Mar	40	259	4142	4897	1417	-636	1596	961
Apr	40	161	2847	2131	407	-599	1922	1323
Maj	40	131	1582	1349	426	-173	1003	830
Jun	40	92	647	659	295	-146	561	415
Jul	40	71	420	92	-137	197	105	302
Aug	40	53	502	622	66	394	-355	39
Sep	40	128	2793	816	-182	-455	2417	1962
Okt	40	81	1572	520	-338	128	707	834
Nov	40	163	2474	1502	611	516	1269	1786
Dec	40	218	3428	2935	1173	1342	582	1924
Ar	480	2298	37668	33114	6801	-53	14186	14133
Sommer	200	474	5944	3537	468	-183	3731	3548

Stofbalance Gundsømagle Sø 2001

JERN

Alle værdier i kg

	Atm. deposition (kg)	Umålt opland (kg)	Målt tilløb (kg)	Fråførsel (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)
Jan	0,0	5,5	1.592,9	872,8	311,5	-175,7	1.212,8	1.037,1
Feb	0,0	3,3	1.964,5	465,2	292,2	-3,9	1.798,7	1.794,8
Mar	0,0	2,3	1.990,4	389,3	701,7	75,2	2.229,9	2.305,1
Apr	0,0	3,0	1.406,9	101,5	206,8	-83,2	1.598,4	1.515,2
Maj	0,0	2,3	757,3	138,5	206,3	110,9	716,5	827,4
Jun	0,0	1,1	393,0	98,0	205,6	-102,2	603,9	501,7
Jul	0,0	0,8	182,7	4,5	-20,2	-32,3	191,1	158,8
Aug	0,0	0,0	100,4	39,0	12,6	-62,8	136,8	74,0
Sep	0,0	1,2	382,2	52,3	-6,6	21,4	303,1	324,5
Okt	0,0	1,1	579,9	37,5	-40,8	49,0	453,7	502,7
Nov	0,0	1,3	723,9	157,1	160,0	73,7	654,4	728,1
Dec	0,0	1,4	945,2	325,1	348,6	36,8	933,3	970,1
Ar	0,0	23,3	11.019,3	2.680,8	2.377,7	-93,1	10.832,6	10.739,5
Sommer	0,0	5,4	1.815,6	332,3	397,7	-65,0	1.951,4	1.886,4

Årsopgørelse Vandbalance

Gundsømagle Sø

	Nedbør (1000m3)	For- dampning (1000m3)	Direkte tilførsel (1000m3)	Umålt opland (1000m3)	Tilløb (1000m3)	Afløb (1000m3)	"Grundvand" (1000m3)	Magasin (1000m3)	Samlet overfladetilførsel (1000m3)	Samlet tilførsel incl. indsvining (1000m3)	Samlet fratrørelse incl. udsivning (1000m3)	Stighøjde overfladetilførsel (m/år)	Stighøjde seaføb (m/år)	Opholdstid Ar (år)	Opholdstid Ar (dage)
1980															
1986						6.542			7.351				23.0		
1988						11.124			7.422				23.2	20.4	
1989	170	200	200	6	37	2.736	-715	16	10.441	2.750	2.734		8.6	6.3	0.199
1990	208	197	197	6	30	3.593	760	3	3.641	4.401	4.398		11.4	13.7	0.097
1991	214	181	181	6	74	4.974	810	-6	5.087	5.897	5.903		15.9	18.4	0.068
1992	168	205	205	6	161	4.524	303	10	4.654	4.958	4.948		14.5	15.5	0.088
1993	250	174	174	6	190	7.466	-15	38	7.738	7.738	7.700		24.2	24.0	0.051
1994	252	189	189	4	328	12.926	517	-32	13.320	13.837	13.869		41.6	43.3	0.033
1995	170	192	192	4	248	9.759	942	-22	9.989	10.931	10.953		31.2	34.2	0.040
1996	164	210	210	4	67	2.583	-44	-3	2.607	2.607	2.610		8.1	8.0	0.162
1997	234	210	210	1	56	2.159	-78	-16	2.240	2.240	2.256		7.0	6.8	0.186
1998	276	158	158	0	183	7.152	1.197	32	7.453	8.649	8.617		23.3	26.9	0.048
1999	259	181	181	0	196	7.703	1.175	-5	7.977	9.152	9.157		24.9	28.6	0.044
2000	200	151	151	0	171	6.688	2.294	14	6.907	9.201	9.187		21.6	28.7	0.045
2001	234	207	207	0	167	6.540	1.068	-12	6.733	7.802	7.813		21.0	24.4	0.051

Sommeropgørelse Vandbalance

Gundsømagle Sø

	Nedbør (1000m3)	For- dampning (1000m3)	Direkte tilførsel (1000m3)	Umålt opland (1000m3)	Tilløb (1000m3)	Afløb (1000m3)	"Grundvand" (1000m3)	Magasin (1000m3)	Samlet overfladetilførsel (1000m3)	Samlet tilførsel incl. indsvining (1000m3)	Samlet fratrørelse incl. udsivning (1000m3)	Stighøjde overfladetilførsel (m/år)	Stighøjde seåfløb (m/år)	Opholdstid Sommer (dage)	
1980															
1986															
1988															
1989	85	153	153	3	2	391	-215	8	328	328	325		1.0	0.3	1,437
1990	98	144	144	3	1	292	-110	-5	250	250	259		0.8	0.5	1,118
1991	113	136	136	3	4	1,165	129	8	1,149	1,279	1,271		3.6	4.0	0,125
1992	50	162	162	3	38	495	-176	-66	423	423	489		1.3	1.0	0,534
1993	137	125	125	3	26	999	-280	45	1,040	1,040	994		3.2	2.2	0,211
1994	101	147	147	2	40	1,552	-433	10	1,549	1,549	1,539		4.8	3.5	0,152
1995	65	148	148	2	41	1,612	-281	-11	1,572	1,572	1,582		4.9	4.1	0,129
1996	77	162	162	2	21	823	825	-54	761	771	825		2.4	2.6	0,202
1997	114	162	162	0	17	657	-167	-21	626	626	647		2.0	1.5	0,339
1998	103	123	123	0	25	930	-49	-13	934	934	947		2.9	2.8	0,156
1999	118	140	140	0	29	1,140	240	-11	1,147	1,387	1,398		3.6	4.4	0,104
2000	96	118	118	0	16	618	541	41	613	1,153	1,113		1.9	3.5	0,135
2001	132	158	158	0	33	1,269	87	-0	1,276	1,364	1,364		4.0	4.3	0,101

Gundsømagle Sø

Årsopgørelse TOTAL-P

Gundsømagle Sø

Punkt- kilder (kg)	Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund- vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	%	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m ² /år)	Retention (g/m ² /år)	Retention (mg/m ² /dag)	Magasin + retention (g/m ² /år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
1980								5.400				11.880		37,13			16,88	1,616
1986								1.900				45,5	11.880	6.400	37,13		5,94	1,590
1988								5.186				20,4	9.300	7.400	29,06		16,21	0,891
1989	29	5	21	9.461	3.106	-1.224	319	4.866		51,1		54,5	9.516	4.330	29,74	15,21	41,66	3,419
1990	28	5	16	7.026	5.845	1.644	-370	3.243		37,2		33,0	8.718	5.845	27,24	10,13	27,77	1,943
1991	16	5	20	6.980	7.048	1.180	-122	1.275		15,5		14,1	8.201	7.048	25,63	3,98	10,92	1,387
1992	25	6	30	2.338	2.709	-61	-51	-320		-13,3		-15,4	2.399	2.770	7,50	-1,00	-2,74	0,505
1993	10	5	76	3.004	3.121	-252	-171	-108		-3,5		-9,0	3.094	3.373	9,67	-0,34	-0,92	0,402
1994	25	6	98	2.489	3.399	-351	-8	-1.123		-42,9		-43,2	2.619	3.750	8,19	-3,51	-9,61	0,195
1995	24	6	76	1.416	2.271	-91	92	-931		-83,9		-55,1	1.523	2.362	4,76	-2,91	-7,97	0,149
1996	23	6	21	506	1.123	-154	-38	-683		-122,6		-129,3	557	1.277	1,74	-2,13	-5,85	0,199
1997	7	6	20	387	698	-90	-51	-316		-75,2		-87,3	421	788	1,31	-0,99	-2,71	0,184
1998	0	4	59	1.051	1.546	116	-32	-286		-23,3		-25,8	1.229	1.546	3,84	-0,89	-2,45	0,151
1999	0	4	62	1.111	1.494	147	-5	-165		-12,4		-12,8	1.324	1.494	4,14	-0,51	-1,41	0,149
2000	0	4	54	932	1.434	348	28	-124		-9,3		-7,2	1.337	1.434	4,18	-0,39	-1,06	0,144
2001	0	4	53	1.391	1.292	192	-21	368		22,4		21,2	1.639	1.292	5,12	1,15	1,08	0,215

Sommeropgørelse TOTAL-P

Gundsømagle Sø

Punkt- kilder (kg)	Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund- vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	%	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m ² /år)	Retention (g/m ² /år)	Retention (mg/m ² /dag)	Magasin + retention (g/m ² /år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
1980												2.250		23,68				3,237
1986																		
1988																		
1989	12	2	2	2.321	167	-308	475	1.385		59,3		79,6	2.336	476	7,30	4,33	11,86	5,906
1990	12	2	1	1.805	394	-126	250	1.050		57,7		71,4	1.820	520	5,69	3,28	8,99	6,153
1991	7	2	2	2.614	2.011	226	155	683		24,0		29,4	2.850	2.011	8,90	2,13	5,85	2,237
1992	11	3	10	381	253	-164	80	-93		-13		-3,1	404	417	1,26	-0,29	-0,79	0,735
1993	4	2	15	1.340	716	-351	-77	371		27,3		21,6	1.361	1.066	4,25	1,16	3,18	1,321
1994	11	3	18	668	978	-464	98	-841		-120,3		-106,3	699	1.442	2,18	-2,63	-7,20	0,431
1995	10	3	15	419	764	-192	174	-683		-50,9		-113,9	447	956	1,40	-2,13	-5,85	0,263
1996	10	3	8	204	265	-40	236	-317		-141,8		-36,1	224	304	0,70	-0,99	-2,71	0,250
1997	3	3	7	175	248	-78	56	-194		-103,8		-73,8	187	326	0,59	-0,61	-1,66	0,269
1998	0	2	10	189	417	-31	151	-398		-197,7		-122,8	201	448	0,63	-1,24	-3,40	0,209
1999	0	2	13	255	610	47	111	-405		-128,3		-93,2	315	610	0,99	-1,27	-3,47	0,229
2000	0	2	8	99	484	96	43	-323		-158,4		-137,3	204	484	0,64	-2,76	-0,88	0,168
2001	0	2	15	293	527	-9	99	-326		-105,4		-73,4	309	536	0,97	-1,02	-0,71	0,236

Gundsømagle Sø

Årsopgørelse TOTAL-N

Gundsømagle Sø

Punkt- kilder (kg)	Atm. dep. (kg)	Umløp opland (kg)	Tilløb (kg)	Frafløb (kg)	"Grund- vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægt indløbskoncentration (mg/l)	
1980											105.600		330.00				14.365	
1986								44.1			70.700	39.500	220.94				9.523	
1988								19.8			104.600	83.900	326.88				10.018	
1989	64	442	430	35.327	9.671	-2.350	529	23.713		65.4	66.9	36.262	12.021	113.32	74.10	203.02	75.75	12.892
1990	66	442	459	47.282	35.784	12.051	1.530	22.985		38.1	40.7	60.300	35.784	188.44	71.83	196.79	76.61	13.175
1991	58	442	1.142	60.922	41.834	10.987	-1.568	33.285		45.3	43.1	73.550	41.834	229.85	104.02	284.97	99.12	12.295
1992	100	480	2.246	58.949	42.880	7.364	2.453	23.807		34.4	38.0	69.139	42.880	216.06	74.40	203.82	82.06	13.062
1993	52	480	2.467	74.549	59.863	2.344	-1.060	21.089		26.4	25.1	79.892	59.863	249.66	65.90	180.56	62.59	10.060
1994	136	640	4.693	96.219	94.597	6.699	-1.300	15.089		13.9	12.7	108.386	94.597	338.71	47.15	129.19	43.09	7.614
1995	151	640	3.608	66.121	67.017	8.085	-2.192	13.781		17.5	14.7	78.605	67.017	245.64	43.06	117.99	36.21	6.968
1996	144	640	934	11.414	8.839	-556	588	3.149		24.0	28.5	13.132	9.395	41.04	9.84	26.96	11.68	4.660
1997	26	640	812	13.177	7.982	-69	1.478	5.127		35.0	45.1	14.655	8.051	45.80	16.02	43.89	20.64	6.315
1998	0	480	2.472	61.876	54.613	11.419	-90	21.723		28.5	28.4	76.247	54.613	238.27	67.89	185.99	67.60	8.774
1999	0	480	2.810	53.682	51.111	8.524	-784	15.170		23.2	22.0	65.496	51.111	204.67	47.40	129.88	44.95	7.152
2000	0	480	2.378	42.936	41.080	13.846	48	18.512		31.0	31.1	59.640	41.080	186.37	57.85	158.49	58.00	6.607
2001	0	480	2.298	37.668	33.114	6.801	-53	14.186		30.0	29.9	47.248	33.114	147.65	44.33	121.46	44.17	5.959

Sommeropgørelse TOTAL-N

Gundsømagle Sø

Punkt- kilder (kg)	Atm. dep. (kg)	Umløp opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund- vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægt indløbskoncentration (mg/l)	
1980											21.100		65,94				30,360	
1986																		
1988																		
1989	27	185	29	4.643	914	-970	-415	3.414		69,9	61,4	4.884	1.884	15,26	10,67	29,23	9,37	11,883
1990	28	185	15	4.163	988	-433	-170	3.138		71,5	67,6	4.390	1.421	13,72	9,81	26,87	9,28	14,231
1991	24	185	55	13.998	6.171	2.332	-747	11.170		67,3	62,8	16.594	6.171	51,86	34,91	95,63	32,57	12,020
1992	42	201	593	5.896	1.370	-916	-1.564	6.009		89,3	66,0	6.731	2.286	21,03	18,78	51,45	13,89	12,187
1993	22	201	341	7.254	2.323	-1.138	389	3.968		50,8	55,7	7.818	3.461	24,43	12,40	33,97	13,61	7,408
1994	57	268	596	5.634	3.958	-1.109	-108	1.596		24,3	22,7	6.555	5.067	20,49	4,99	13,67	4,65	3,914
1995	63	268	647	6.753	3.670	-922	-237	3.377		43,7	40,6	7.732	4.592	24,16	10,55	28,91	9,81	4,477
1996	60	268	337	2.795	2.739	-92	1.520	-891		-25,8	18,2	3.460	2.831	10,81	-2,79	-7,63	1,96	3,710
1997	11	268	287	2.308	1.250	-692	953	-20		-0,7	32,4	2.875	1.942	8,98	-0,06	-0,18	2,91	3,849
1998	0	200	370	3.854	2.616	-153	-855	2.510		56,7	37,4	4.424	2.769	13,83	7,84	21,49	5,17	4,427
1999	0	200	458	5.417	3.988	1.193	-194	3.473		47,8	45,1	7.267	3.988	22,71	10,85	29,74	10,25	5,024
2000	0	200	253	2.368	2.886	2.098	49	1.984		40,3	41,3	4.919	2.886	15,37	6,20	16,99	6,35	4,134
2001	0	200	474	5.944	3.537	468	-183	3.731		52,7	50,1	7.086	3.537	22,14	11,66	31,95	11,09	4,929

Gundsømagle Sø

Årsopgørelse TOTAL-JERN

Gundsømagle Sø

	Punkt- kilder (kg)	Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund- vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	
1980																			
1986																			
1988																			
1989																			
1990	0	0	0	2	1.639	1.241	403	14	788	802	38,6	39,3	2.043	1.241	6,39	2,46	6,75	2,51	0,453
1991																			
1992	0	0	0	30	3.070	1.234	386	7	2.245	2.252	64,4	64,6	3.486	1.234	10,89	7,02	19,22	7,04	0,662
1993	0	0	0	22	3.931	1.762	122	30	2.283	2.313	56,0	56,8	4.075	1.762	12,73	7,13	19,54	7,23	0,516
1994	0	0	0	47	7.681	4.102	585	14	4.197	4.212	50,5	50,7	8.313	4.102	25,98	13,12	35,94	13,16	0,583
1995	0	0	0	39	5.742	2.680	742	-54	3.898	3.843	59,7	58,9	6.523	2.680	20,39	12,18	33,37	12,01	0,578
1996	0	0	0	11	2.037	538	130	22	1.617	1.639	74,3	75,3	2.178	538	6,81	5,05	13,85	5,12	0,773
1997	0	0	0	8	1.708	448	115	-48	1.430	1.382	78,1	75,5	1.831	448	5,72	4,47	12,24	4,32	0,775
1998	0	0	0	26	3.917	1.394	737	129	3.156	3.285	67,5	70,2	4.679	1.394	14,62	9,86	27,02	10,27	0,538
1999	0	0	0	28	6.129	1.876	1.323	-76	5.680	5.605	75,9	74,9	7.481	1.876	23,38	17,75	48,63	17,52	0,780
2000	0	0	0	23	5.567	2.003	2.387	199	5.776	5.975	72,4	74,9	7.977	2.003	24,93	18,05	49,45	18,67	0,815
2001	0	0	0	23	11.019	2.681	2.378	-93	10.833	10.740	80,7	80,0	13.420	2.681	41,94	33,85	92,74	33,56	1,646

Sommeropgørelse TOTAL-JERN

Gundsømagle Sø

	Punkt- kilder (kg)	Atm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund- vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	
1980																			
1986																			
1988																			
1989																			
1990	0	0	0	161	42	-21	-35	133	98	82,3	60,7	161	63	0,50	0,42	1,14	0,31	0,550	
1991																			
1992	0	0	0	9	269	100	-52	-75	200	125	72,2	45,1	278	152	0,87	0,63	1,72	0,39	0,521
1993	0	0	0	4	434	147	-67	24	199	224	45,6	51,1	438	214	1,37	0,62	1,71	0,70	0,427
1994	0	0	0	8	949	740	-80	-316	453	136	47,3	14,2	956	820	2,99	1,41	3,87	0,43	0,601
1995	0	0	0	9	1.421	355	-59	-34	1.050	1.016	73,4	71,0	1.430	414	4,47	3,28	8,99	3,18	0,865
1996	0	0	0	5	960	223	48	-27	817	790	80,7	78,0	1.013	223	3,16	2,55	6,99	2,47	1,142
1997	0	0	0	4	635	107	-44	-64	552	488	86,4	76,3	639	151	2,00	1,72	4,73	1,52	0,947
1998	0	0	0	5	619	120	-19	-43	527	485	84,6	77,7	624	139	1,95	1,65	4,52	1,51	0,654
1999	0	0	0	6	1.365	340	371	-41	1.444	1.403	82,9	80,5	1.742	340	5,44	4,51	12,36	4,38	1,173
2000	0	0	0	3	597	283	458	-3	778	775	73,5	73,2	1.058	283	3,31	2,43	6,66	2,42	0,947
2001	0	0	0	5	1.816	332	398	-65	1.951	1.886	88,0	85,0	2.219	332	6,93	6,10	16,71	5,90	1,399

Gundsømagle Sø

Gundsømagle Sø - Vand- og stofbalanceberegninger

Vand- og stofbalanceberegningerne er for 1989-97 udført ved hjælp af EDB-programmet STOQ-sømodul version 3.30, i 1998-2001 er anvendt vers. 4.4 og 4.6.

De anvendte beregningsmetoder er udførligt beskrevet i de tidligere års rapporter, eksempelvis i rapporten "Gundsømagle Sø 1989-95". For en gennemgang af programmets beregningsmetoder henvises der derfor til eksempelvis nævnte rapport.

Til de beregnede værdier i samleskemaerne knytter sig følgende forklaringer:

Vandbalancer

1. I 1980 er bidrag fra det umålte opland ikke medregnet.
2. Vandbalancer for perioden efter 1989 er beregnet under hensyntagen til vandstandsændringer, nedbør og fordampning.
3. Opholdstiden er beregnet på grundlag af fraførte vandmængder undtagen i 1980, hvor tilførte vandmængder er anvendt.

Stofbalancer

1. Indsivet stofmængde via grundvandsindsivning lagt til tilførslen; udsivet stofmængde via grundvandsudsivning er lagt til fraførslen.
2. Tilbageholdelsen (retentionen) er beregnet som tilført stofmængde - fraført stofmængde, hvor:

tilført stofmængde er:

*transport fra målt opland + transport fra umålt opland + atm. deposition - magasinering
+ transport i grundvand*

og fraført stofmængde er:

transport i søafløb

Tilbageholdelsen svarer til retentionen + magasinændringen.

3. I 1980 er stofbidrag fra umålt opland ikke medregnet.
4. Vandføringsvægtet indløbskoncentration er beregnet som periodens stoftilførsel fra målt + umålt opland / periodens vandtilførsel ligeledes fra målt + umålt opland.

Vand- og stoftilførsel fra det umålte opland

For årene 1989-92 er vand- og stoftilførslen fra det umålte opland ($Q_{\text{umålt}}, T_{\text{umålt}}$) beregnet ved at vægte vandtilførslen i det mindre tilløb Østrup Bæk, st. 783 (Q_{783}) med forholdet mellem arealet af det umålte opland til søen ($\text{Areal}_{\text{umålt}}$) og det målte opland til st. 783 (Areal_{783}); dvs.:

$$Q_{\text{umålt}}(\text{l/s}) (1989-92) = Q_{783}(\text{l/s}) \times \text{Areal}_{\text{umålt}} / \text{Areal}_{783} = Q_{783}(\text{l/s}) \times 2,13$$

Som følge af at Østrup Bæk, st. 783 udgik af overvågningen i 1993, er beregningen af afstrømningen fra det "nye" umålte opland til søen ($Q_{\text{umålt, ny}}$) fra og med 1993 ændret i forhold til perioden 1989-92.

Størrelsen af afstrømningen fra det umålte opland i 1993-2001 er beregnet ud fra kendskabet til afstrømningen i Østrup Bæk, st. 783 i 1989-92; dvs. den i afsnit 3 nævnte Q/Q-korrelation mellem enkeltmålinger af vandføringen i Østrup Bæk og de målte døgnmiddelvandføringer i Hove Å, st. 777. I korrelationen er værdierne for månedsmiddelvandføringen i Hove Å, st. 777 i 1993-2001 indsat, hvorefter den resulterende månedsmiddelvandføring er vægtet ud fra forholdet mellem arealet af det nye umålte opland ($\text{Areal}_{\text{umålt, ny}}$) og arealet af oplandet til Østrup Bæk, st. 783 (Areal_{783}); dvs.:

$$Q_{\text{umålt, ny, månedsmiddel}}(\text{l/s}) = [(8,08 \times 10^{-3} \times Q_{777, \text{månedsmiddel}}(\text{l/s})) + (1,32 \times 10^{-2})(\text{l/s})] \times [\text{Areal}_{\text{umålt, ny}} / \text{Areal}_{783}]$$

Stofkoncentrationerne i det afstrømmende vand fra det "nye" umålte opland i 1993-2000 er estimeret ved brug af gennemsnitlige vandføringsvægtede månedsmiddelkoncentrationer fra Østrup Bæk, st. 783, baseret på målinger i 1989-92.

For hele perioden 1989-97 er det månedlige vand- og stofbidrag fra Kirkerup renseanlæg (beliggende i det umålte opland) medregnet separat i vand- og stofbalancerne for søen. Renseanlægget er nedlagt i 1997.

Stoftransport via ind- og udsivende "grundvand"

Det antages, at beregnede ind- og udsivende grundvandsmængder primært er et udtryk for måleusikkerhed på vandbalancen for søen og derfor er overfladevand fremfor grundvand. Derfor er stoftilførslen til søen via indsivende "grundvand" for alle år beregnet på månedsbasis ved brug af vandføringsvægtede stofkoncentrationer i de målte overfladiske tilløb til søen. Dette svarer til de anbefalinger, som en teknisk arbejdsgruppe med repræsentanter fra amterne og Danmarks Miljøundersøgelser har givet (*DMU 1994: Notat vedr. beregning af den diffuse tilførsel af total-N og total-P fra umålte oplande i overvågningsprogrammet*).

Da beregningsprogrammet STOQ-Sømodul tidligere kun kunne anvende en enkelt værdi pr. år for stofkoncentrationen i det indsivende "grundvand", er der for perioden 1989-98 anvendt vandføringsvægtede årsmiddelværdier af stofkoncentrationer i de målte tilløb til beregning af den månedlige stoftilførsel som følge af indsivning. I de nyeste versioner af STOQ-Sømodul (fra og med vers. 4.0) er der mulighed for at operere med et vilkårligt antal værdier af stofkoncentrationer i det indsivende "grundvand" pr. år. Ved beregningerne siden 1999 er derfor de målte koncentrationer i tilløbet anvendt for det indsivende "grundvand".

Stoftransporten fra søen via udsivende "grundvand" er beregnet på månedsbasis ved brug af interpolerede stofkoncentrationer i søvandet.

Gundsømagle Sø - kildeopsplitning af kvælstof (N) og fosfor (P)

Forklaring til kildeopsplitningen:

Naturbidraget er beregnet ved multiplikation af den årlige vandtilførsel til søen og vandføringsvægtede mediankoncentrationer, anbefalet af DMU. De anvendte værdier er:

	Total-P (mg/l)	Total-N (mg/l)
1989	0,055	1,60
1990	0,055	1,80
1991	0,052	1,50
1992	0,050	1,61
1993	0,052	2,77
1994	0,051	1,60
1995	0,048	1,40
1996	0,048	1,40
1997	0,048	1,40
1998	0,050	1,52
1999	0,054	1,49
2000	0,044	1,35
2001	0,049	1,27

I 1989-91 blev antallet af PE i enkeltejendomme i oplandet til søen blev i 1988 vurderet til 1089 PE, baseret på en optælling i 1988.

I 1992-93 blev antallet justeret til 806 PE i forbindelse med kommunernes registrering af enkeltejendomme efter Miljøstyrelsens retningslinier.

I 1994 blev antallet af PE justeret til hhv. 782,5 PE i 287 enkeltejendomme i oplandet.

I 1995 blev antallet af PE justeret til hhv. 779,5 PE i 277 enkeltejendomme i oplandet.

En ny og mere detaljeret registrering foretaget af kommunerne i foråret 1999 har medført en ny justering af antallet af enkeltejendomme og PE i oplandet til henholdsvis 2031 og 4230. Af de i alt 2031 ejendomme er langt hovedparten, nemlig 1738, koloni- eller sommerhuse.

Fra og med 1994 er enhedsbidraget med fosfor (tot-P) justeret fra 1,5 kg tot-P/PE/år til 1,0 kg tot-P/PE/år efter Miljøstyrelsens retningslinier.

Udviklingen i Punktkilder (PE = personækvivalenter):

Kallerup renseanlæg : 7231 PE, 1992. Ca. 10200 PE, 1995.

Sengeløse renseanlæg : 2636 PE, indtil februar 1992 selvstændig udledning til Hove Å, derefter tilsluttet Kallerup renseanlæg.

Ledøje renseanlæg : 810 PE, afskåret fra Hove Å i november 1989.

Hove renseanlæg : 110 PE. Tilsluttet Kallerup renseanlæg i starten af 1993.

Kirkerup renseanlæg : 35 PE. Afskåret i slutningen af marts 1997.

Marbjerg renseanlæg : 200 PE. Tilsluttet Kallerup renseanlæg i juni 1991. Indtil da udledning til Maglemose Å-systemet.

Gundsømagle Sø: Kildeopsplining af Fostor (P)

- alle tal i kg

	Regnbetingede udløb	Renseanlæg	Punktkilder ialt	Enkeltlejeendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	203	6.609	6.812	760	1.787	153	5	9.516
1990	202	10.127	10.329	760	-2.617	241	5	8.718
1991	239	5.478	5.717	760	1.415	305	5	8.201
1992	141	3.184	3.325	639	-1.821	250	6	2.399
1993	255	4.112	4.367	639	-2.315	398	5	3.094
1994	232	1.144	1.376	356	1.778	703	6	2.619
1995	171	504	675	367	-52	526	6	1.523
1996	147	301	448	468	-493	127	6	557
1997	199	228	427	450	-569	106	6	450
1998	210	260	470	231	98	427	4	1.229
1999	186	344	530	279	21	490	4	1.324
2000	173	204	377	254	300	403	4	1.337
2001	172	166	338	199	718	381	4	1.639

Gundsømagle Sø: Kildeopsplining af Kvælstof (N)

- alle tal i kg

	Regnbetingede udløb	Renseanlæg	Punktkilder ialt	Enkeltlejeendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	742	20.833	21.575	1.940	7.868	4.438	442	36.262
1990	748	34.286	35.014	1.940	15.001	7.903	442	60.300
1991	872	21.872	22.744	1.940	39.629	8.796	442	73.550
1992	557	27.732	28.289	1.870	30.459	8.041	480	69.139
1993	1.022	18.201	19.223	1.870	37.095	21.224	480	79.892
1994	930	6.983	7.913	1.604	76.190	22.040	640	108.386
1995	707	6.150	6.857	1.610	54.164	15.334	640	78.605
1996	589	4.300	4.889	2.256	1.632	3.715	640	13.132
1997	788	3.099	3.887	2.176	4.850	3.102	640	14.655
1998	840	3.734	4.574	1.017	57.209	12.967	480	76.247
1999	744	7.243	7.987	1.223	42.286	13.520	480	65.496
2000	692	4.762	5.474	1.114	40.217	12.355	480	59.640
2001	679	4.178	4.857	960	31.045	9.905	480	47.248

Gundsømagle Sø: Kildeopsplining af Fostor (P)

- alle tal i %

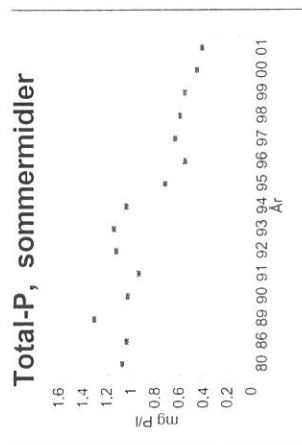
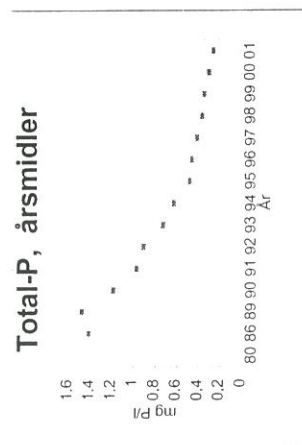
	Regnbetingede udløb	Renseanlæg	Punktkilder ialt	Enkeltlejeendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	2.1	69.4	71.6	8.0	18.8	1.6	0.1	100
1990	1.8	89.3	91.1	6.7	0.0	2.1	0.0	100
1991	2.9	66.8	69.7	9.3	17.2	3.7	0.1	100
1992	3.3	75.4	78.8	15.1	0.0	5.9	0.2	100
1993	4.7	76.0	80.7	11.8	0.0	7.4	0.1	100
1994	10.9	32.0	42.9	13.6	6.8	26.8	0.2	100
1995	14.0	28.7	42.7	44.6	0.0	12.1	0.6	100
1996	20.1	23.0	43.1	45.5	0.0	10.7	0.6	100
1997	17.1	21.2	38.2	18.8	8.0	34.7	0.3	100
1998	14.0	26.0	40.0	21.1	1.6	37.0	0.3	100
1999	12.9	15.3	28.2	19.0	22.4	30.1	0.3	100
2000	10.5	10.1	20.6	12.1	43.8	23.2	0.2	100

Gundsømagle Sø: Kildeopsplining af Kvælstof (N)

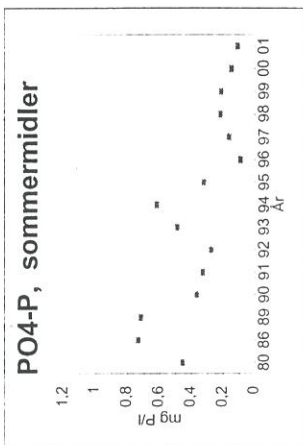
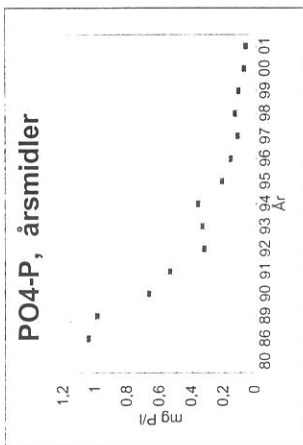
- alle tal i %

	Regnbetingede udløb	Renseanlæg	Punktkilder ialt	Enkeltlejeendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	2.0	57.5	59.5	5.3	21.7	12.2	1.2	100
1990	1.2	56.8	58.1	3.2	24.9	13.1	0.7	100
1991	1.2	29.7	30.9	2.6	53.9	12.0	0.6	100
1992	0.8	40.1	40.9	2.7	44.1	11.6	0.7	100
1993	1.3	22.8	24.1	2.3	46.4	26.6	0.6	100
1994	0.9	6.4	7.3	1.5	70.3	20.3	0.6	100
1995	0.9	7.8	8.7	2.0	68.9	19.5	0.8	100
1996	4.5	32.7	37.2	17.2	12.4	28.3	4.9	100
1997	5.4	21.1	26.5	14.8	33.1	21.2	4.4	100
1998	1.1	4.9	6.0	1.3	75.0	17.0	0.6	100
1999	1.1	11.1	12.2	1.9	64.6	20.6	0.7	100
2000	1.2	8.0	9.2	1.9	67.4	20.7	0.8	100
2001	1.4	8.8	10.3	2.0	65.7	21.0	1.0	100

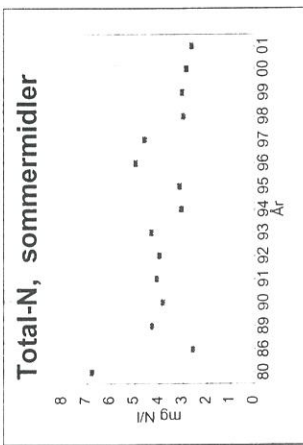
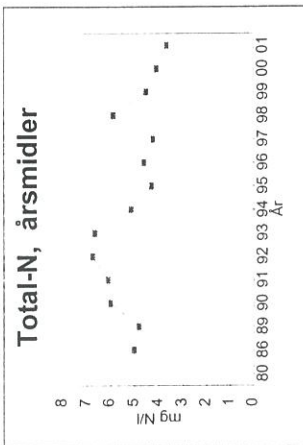
Parameter	ÅK	Tidsvægtede års- og sommermidler				GUNDØMAGLE SØ			
		År	Sommer	År	År	Sommer	Sommer		
		1/1-31/12	1/5-30/9	Min	Max	Min	Max		
Total-P mg/l	1980		1.084			0.780	1.400		
	1986	1.411	1.049	0.690	3.300	0.690	1.400		
	1989	1.476	1.319	0.550	2.700	0.550	2.700		
	1990	1.181	1.039	0.630	2.000	0.630	2.000		
	1991	0.968	0.946	0.500	1.400	0.740	1.400		
	1992	0.900	1.135	0.370	1.900	0.830	1.900		
	1993	0.720	1.152	0.270	1.600	0.680	1.600		
	1994	0.619	1.050	0.115	1.900	0.329	1.990		
	1995	0.474	0.727	0.109	1.020	0.171	1.020		
	1996	0.453	0.563	0.116	0.970	0.181	0.970		
	1997	0.403	0.645	0.102	1.150	0.102	1.150		
1998	0.356	0.604	0.099	0.929	0.231	0.929			
1999	0.335	0.563	0.078	0.864	0.213	0.864			
2000	0.292	0.464	0.082	0.867	0.211	0.867			
2001	0.248	0.420	0.076	0.721	0.169	0.721			

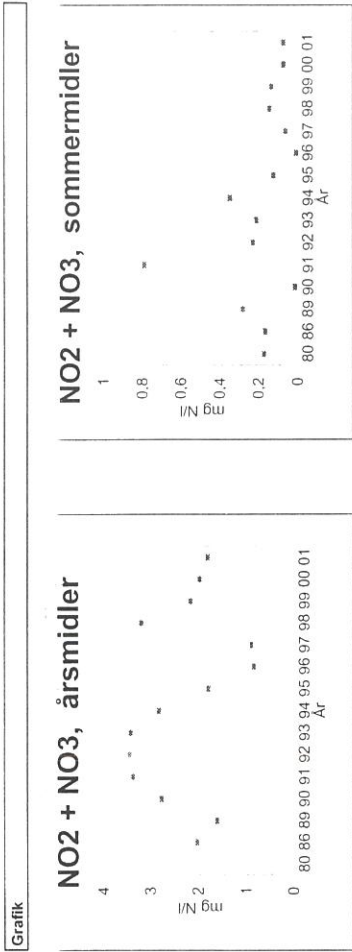


Parameter	ÅR	Tidsvægtede års- og sommermidler				GUNDØSMÅLE SØ			
		År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9	År Min.	År Max.	Sommer Min.	Sommer Max.		
P04-P mg/l	1980		0,455	0,270	2,400	0,100	0,940		
	1986	1,049	0,734	0,077	2,400	0,270	1,100		
	1989	0,996	0,718	0,077	2,400	0,077	2,400		
	1990	0,673	0,367	0,010	1,500	0,010	1,100		
	1991	0,541	0,329	0,023	0,880	0,023	0,860		
	1992	0,327	0,277	0,010	0,790	0,130	0,490		
	1993	0,339	0,488	0,047	1,100	0,047	1,100		
	1994	0,367	0,617	0,005	1,300	0,022	1,300		
	1995	0,215	0,323	0,004	0,582	0,008	0,582		
	1996	0,160	0,092	0,009	0,437	0,009	0,263		
	1997	0,116	0,164	0,004	0,503	0,033	0,503		
	1998	0,134	0,216	0,005	0,470	0,008	0,470		
1999	0,111	0,213	0,040	0,368	0,007	0,368			
2000	0,075	0,147	0,004	0,339	0,010	0,339			
2001	0,064	0,107	0,006	0,284	0,008	0,284			



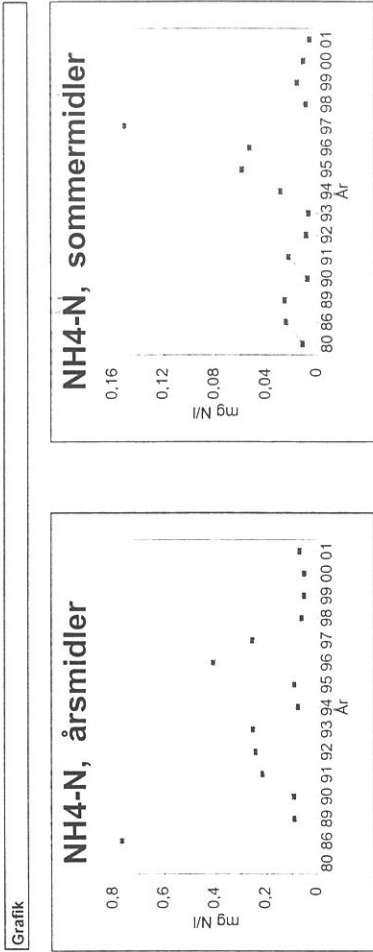
Parameter	Total-N mg/l	År	Tidsvægtede års- og sommermidler						GUNDØSMÅLE SØ			
			År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9	År Min.	År Max.	Sommer Min.	Sommer Max.	Sommer Min.	Sommer Max.		
		1980		6,78				3,50		11,00		
		1986	5,01	2,59	1,60	11,00	1,60	4,30				
		1989	4,81	4,29	3,00	7,30	3,00	6,30				
		1990	6,00	3,85	2,70	12,00	2,70	5,10				
		1991	6,10	4,09	1,60	14,00	1,60	10,00				
		1992	6,75	3,98	2,45	13,40	2,45	6,10				
		1993	6,65	4,31	2,93	12,90	2,93	5,76				
		1994	5,13	3,07	2,32	11,20	2,32	4,78				
		1995	4,29	3,14	2,35	8,20	2,35	3,76				
		1996	4,60	4,96	2,02	9,82	2,02	9,82				
		1997	4,22	4,58	1,90	10,30	1,90	10,30				
		1998	5,89	2,97	2,23	15,60	2,23	3,83				
		1999	4,51	3,03	2,37	8,68	2,37	3,62				
		2000	4,09	2,86	2,09	7,40	2,34	3,42				
		2001	3,66	2,63	1,94	6,85	1,94	3,85				





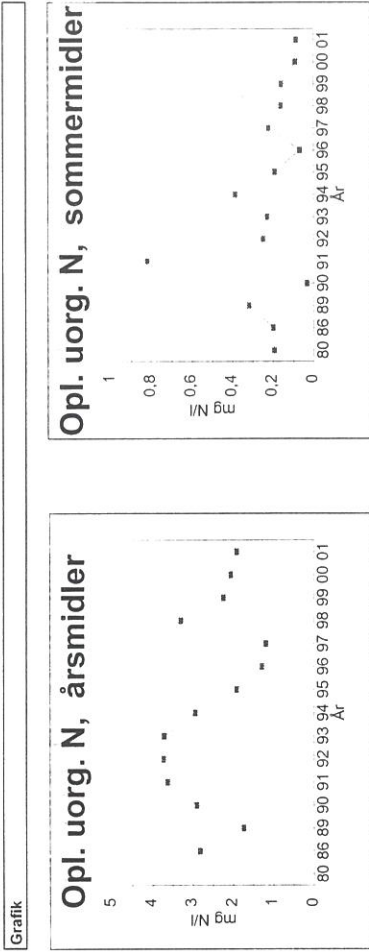
Tidsvægtede års- og sommermidler GUNDSØMAGLE SØ									
År	År		År		År		År		Sommer
	1/1-31/12	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1980		0,181					0,005	0,600	
1986	2,053	0,174	0,005	5,700	0,005	1,100			
1989	1,641	0,291	0,005	5,000	0,005	2,600			
1990	2,804	0,024	0,005	9,300	0,005	0,022			
1991	3,404	0,798	0,005	12,000	0,005	7,200			
1992	3,476	0,239	0,005	10,900	0,005	1,600			
1993	3,452	0,220	0,005	10,400	0,005	0,291			
1994	2,860	0,357	0,005	9,310	0,005	2,760			
1995	1,817	0,131	0,005	6,870	0,005	1,190			
1996	0,867	0,015	0,005	3,210	0,005	0,036			
1997	0,919	0,070	0,005	4,390	0,005	0,286			
1998	3,232	0,151	0,005	9,930	0,005	1,600			
1999	2,185	0,142	0,005	7,200	0,005	0,886			
2000	1,999	0,079	0,005	5,880	0,005	0,295			
2001	1,834	0,080	0,005	5,960	0,005	0,044			

Parameter
NO2 + NO3 mg/l



Tidsvægtede års- og sommermidler GUNDSØMAGLE SØ									
År	År		År		År		År		Sommer
	1/1-31/12	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1980		0,012					0,001	0,043	
1986	0,769	0,025	0,004	2,920	0,006	0,047			
1989	0,091	0,026	0,001	0,230	0,001	0,120			
1990	0,093	0,008	0,001	0,790	0,001	0,030			
1991	0,216	0,023	0,001	0,900	0,001	0,130			
1992	0,242	0,009	0,005	1,150	0,005	0,016			
1993	0,253	0,007	0,003	1,660	0,003	0,010			
1994	0,077	0,029	0,005	0,267	0,005	0,113			
1995	0,091	0,059	0,006	0,310	0,007	0,310			
1996	0,408	0,053	0,005	1,530	0,005	0,466			
1997	0,255	0,151	0,005	1,520	0,005	1,520			
1998	0,062	0,009	0,005	0,398	0,004	0,019			
1999	0,052	0,016	0,005	0,242	0,005	0,058			
2000	0,051	0,011	0,005	0,180	0,005	0,036			
2001	0,069	0,006	0,005	0,251	0,005	0,016			

Parameter
NH4-N mg/l



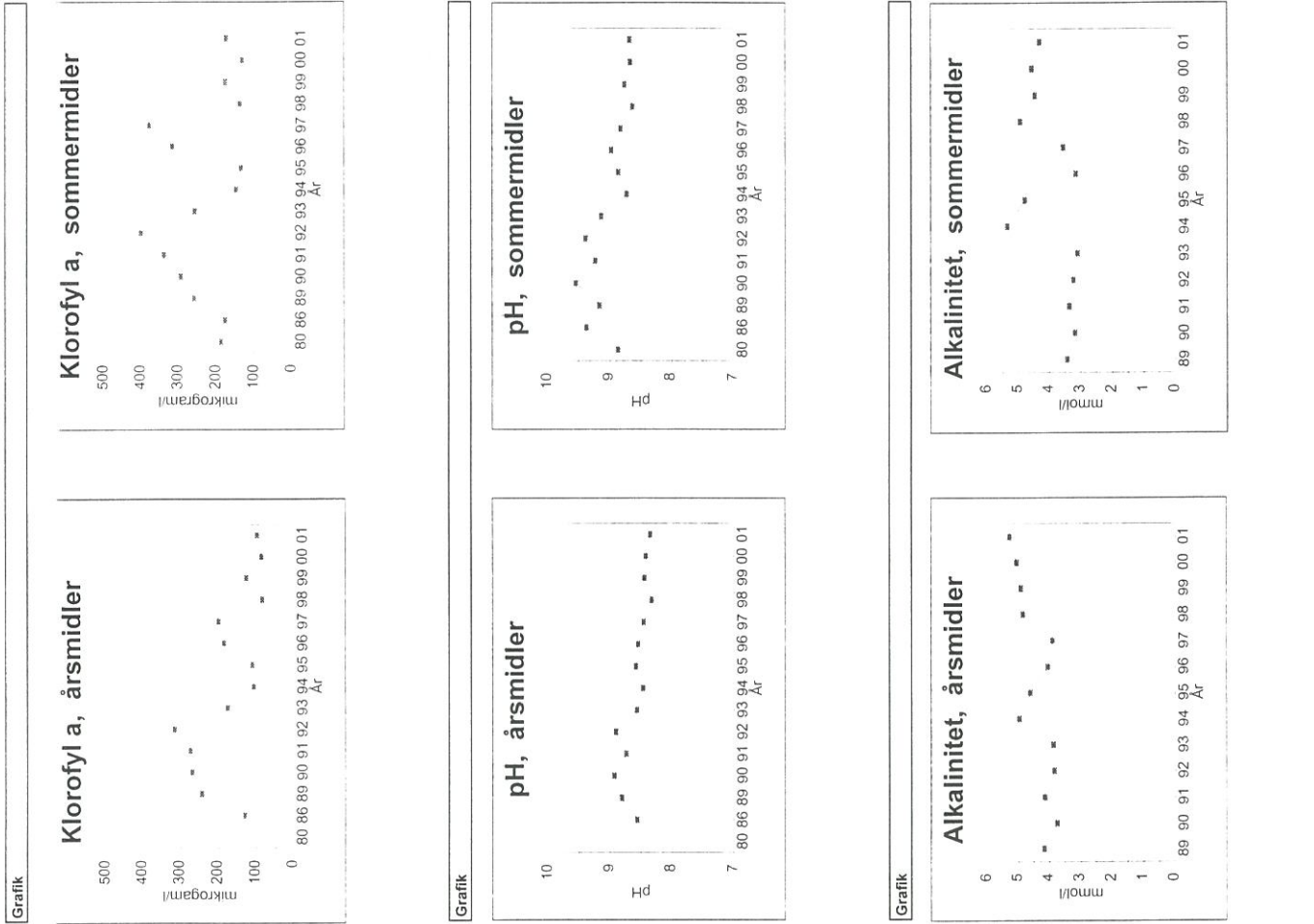
Tidsvægtede års- og sommermidler GUNDSØMAGLE SØ									
År	År		År		År		År		Sommer
	1/1-31/12	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1980		0,193					0,006	0,643	
1986	2,822	0,199	0,009	8,620	0,011	1,147			
1989	1,732	0,317	0,006	5,230	0,006	2,720			
1990	2,897	0,032	0,006	10,090	0,006	0,052			
1991	3,620	0,821	0,006	12,900	0,006	7,330			
1992	3,718	0,248	0,010	12,050	0,010	1,616			
1993	3,705	0,227	0,008	12,060	0,008	0,301			
1994	2,937	0,386	0,010	9,577	0,010	2,873			
1995	1,908	0,190	0,011	7,180	0,012	1,500			
1996	1,275	0,068	0,010	4,740	0,010	0,502			
1997	1,174	0,221	0,010	5,910	0,010	1,806			
1998	3,294	0,160	0,010	10,328	0,009	1,619			
1999	2,237	0,158	0,010	7,442	0,010	0,944			
2000	2,050	0,090	0,010	6,060	0,010	0,331			
2001	1,904	0,086	0,010	6,211	0,010	0,060			

Parameter
Opl. uorg. N mg/l
NO2+NO3+NH4-N

Parameter	Tidsvægtede års- og sommermidler GUNDSØMAGLE SØ					Statistik - års- og sommermidler		
År	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9	År Min.	År Max.	Sommer Min.	Sommer Max.	Type Lin. reg.	Periode
1980	189				292	19	År	1989-200
1986	130	178	52	329	109	329		1
1989	244	260	119	480	160	480	Sommer	1989-200
1990	269	295	35	760	65	540		10
1991	274	339	54	600	100	600		
1992	316	401	58	560	330	560		
1993	175	258	26	530	81	450		
1994	106	149	1	313	73	245		
1995	110	137	7	194	89	194		
1996	185	317	16	625	96	625		
1997	199	379	19	990	72	990		
1998	84	139	6	274	58	274		
1999	126	178	8	303	105	303		
2000	86	133	9	186	55	186		
2001	97	176	10	273	66	273		

Parameter	Tidsvægtede års- og sommermidler GUNDSØMAGLE SØ					Statistik - års- og sommermidler		
År	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9	År Min.	År Max.	Sommer Min.	Sommer Max.	Type Lin. reg.	Periode
1980	8,9				7,9	9,7	År	1989-200
1986	8,6	9,4	7,4	9,7	9,2	9,7		0,1
1989	8,8	9,2	8,0	9,6	8,8	9,6	Sommer	1989-200
1990	8,9	9,5	7,8	10,4	8,8	10,4		0,1
1991	8,7	9,2	7,6	9,8	8,2	9,8		
1992	8,6	9,4	8,1	9,9	8,5	9,9		
1993	8,6	9,1	7,8	10,1	8,4	10,1		
1994	8,5	8,7	7,9	9,0	8,5	9,0		
1995	8,6	8,9	7,9	9,3	8,3	9,3		
1996	8,5	9,0	7,8	9,6	8,4	9,6		
1997	8,5	8,8	7,7	9,5	8,3	9,5		
1998	8,3	8,6	7,8	8,9	8,2	8,9		
1999	8,4	8,8	8,0	9,1	8,2	9,1		
2000	8,4	8,7	8,0	9,0	8,0	9,0		
2001	8,3	8,7	7,8	9,2	8,3	9,2		

Parameter	Tidsvægtede års- og sommermidler GUNDSØMAGLE SØ					Statistik - års- og sommermidler		
År	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9	År Min.	År Max.	Sommer Min.	Sommer Max.	Type Lin. reg.	Periode
1980	3,43				2,13	4,04	År	1989-200
1986	4,16	3,18	2,17	5,13	2,17	4,29		1
1989	3,75	3,37	2,56	5,78	2,56	4,43	Sommer	1989-200
1990	4,15	3,24	1,79	5,62	1,79	4,31		5
1991	3,84	3,11	1,78	5,70	2,08	4,14		
1992	3,87	3,36	3,35	6,26	4,33	6,26		
1993	4,97	4,62	3,92	6,10	3,92	6,10		
1994	4,05	3,16	2,00	6,45	2,00	4,59		
1995	3,90	3,56	2,82	6,28	2,82	4,30		
1996	4,86	4,93	4,24	5,69	4,35	5,69		
1997	4,92	4,46	3,60	5,76	3,60	5,42		
1998	5,07	4,56	3,28	6,74	3,28	5,32		
1999	5,28	4,32	3,39	6,66	3,39	4,79		
2000								
2001								



Parameter

Silicium
mg/l

Tidsvægtede års- og sommermidler

GUNDSØMAGLE SØ

År	År		År		År		År		År		År	
	1/1-31/12	1/5-30/9	Sommer	År	Min.	Max.	Sommer	År	Min.	Max.	Sommer	Max.
1980			8,91		0,12	16,00	0,25	13,00				
1986	9,10	9,51		0,12	16,00		0,12	16,00				
1989	8,73	10,30	0,18	14,00	2,10	14,00	2,10	14,00				
1990	8,23	10,75	0,05	16,00	2,20	15,00	2,20	15,00				
1991	6,04	7,08	0,09	11,00	0,95	11,00	0,95	11,00				
1992	7,47	10,51	0,06	17,00	0,06	17,00	0,06	17,00				
1993	7,45	10,54	0,41	14,00	3,60	14,00	3,60	14,00				
1994	5,65	7,11	0,17	15,00	0,24	15,00	0,24	15,00				
1995	4,89	7,07	0,03	14,00	0,03	14,00	0,03	14,00				
1996	6,71	5,03	0,06	17,00	0,06	17,00	0,06	17,00				
1997	8,48	9,89	0,03	19,00	0,28	19,00	0,28	19,00				
1998	5,88	5,68	0,16	10,00	0,24	10,00	0,24	10,00				
1999	6,49	6,78	0,02	11,00	0,02	11,00	0,02	11,00				
2000	6,56	7,25	1,00	11,00	1,00	11,00	1,00	11,00				
2001	7,36	8,65	0,03	13,00	0,03	13,00	0,03	13,00				

Parameter

Suspenderet stof
mg/l

Tidsvægtede års- og sommermidler

GUNDSØMAGLE SØ

År	År		År		År		År		År		År	
	1/1-31/12	1/5-30/9	Sommer	År	Min.	Max.	Sommer	År	Min.	Max.	Sommer	Max.
1980												
1986												
1989	35,0	45,6	19,0	58,0	32,0	58,0	32,0	58,0				
1990	36,8	47,4	13,0	88,0	33,0	60,0	33,0	60,0				
1991	30,0	42,0	5,0	68,0	17,0	68,0	17,0	68,0				
1992	38,1	53,5	10,0	61,0	47,0	61,0	47,0	61,0				
1993	27,5	45,2	4,0	64,0	28,0	64,0	28,0	64,0				
1994	19,3	29,5	4,0	53,0	16,0	53,0	16,0	53,0				
1995	23,9	34,7	4,0	65,0	22,0	65,0	22,0	65,0				
1996	34,6	57,7	2,4	105,0	15,0	105,0	15,0	105,0				
1997	25,2	42,7	4,4	91,0	16,0	91,0	16,0	91,0				
1998	23,0	41,3	4,4	118,0	23,0	118,0	23,0	118,0				
1999	22,5	33,3	5,3	50,0	25,0	50,0	25,0	50,0				
2000	25,0	31,2	5,8	62,0	22,0	45,0	22,0	45,0				
2001	21,3	35,2	2,8	53,0	21,0	53,0	21,0	53,0				

Parameter

Glødetab, s. stof
mg/l

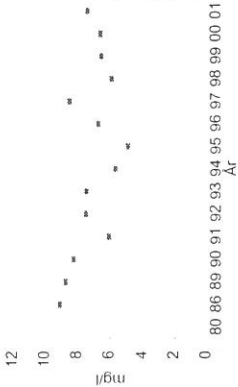
Tidsvægtede års- og sommermidler

GUNDSØMAGLE SØ

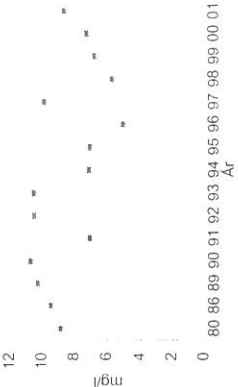
År	År		År		År		År		År		År	
	1/1-31/12	1/5-30/9	Sommer	År	Min.	Max.	Sommer	År	Min.	Max.	Sommer	Max.
1980												
1986												
1989												
1990	26,7	38,2	7,5	52,0	23,0	47,0	23,0	47,0				
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998	16,2	30,2	2,0	69,0	14,0	69,0	14,0	69,0				
1999	16,0	24,5	2,0	33,0	17,0	33,0	17,0	33,0				
2000	16,5	24,4	3,7	36,0	17,0	36,0	17,0	36,0				
2001	15,3	28,1	2,0	47,0	13,0	47,0	13,0	47,0				

Grafik

Silicium, årsmidler

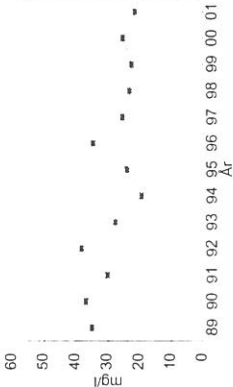


Silicium, sommermidler

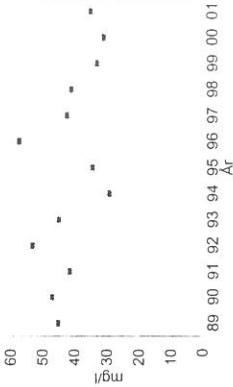


Grafik

Susp. stof, årsmidler

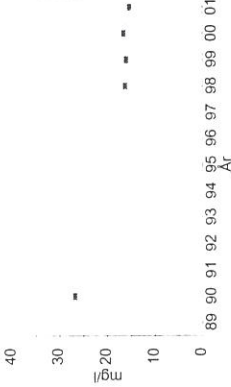


Susp. stof, sommermidler

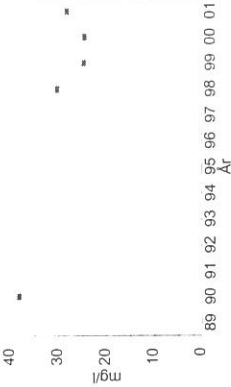


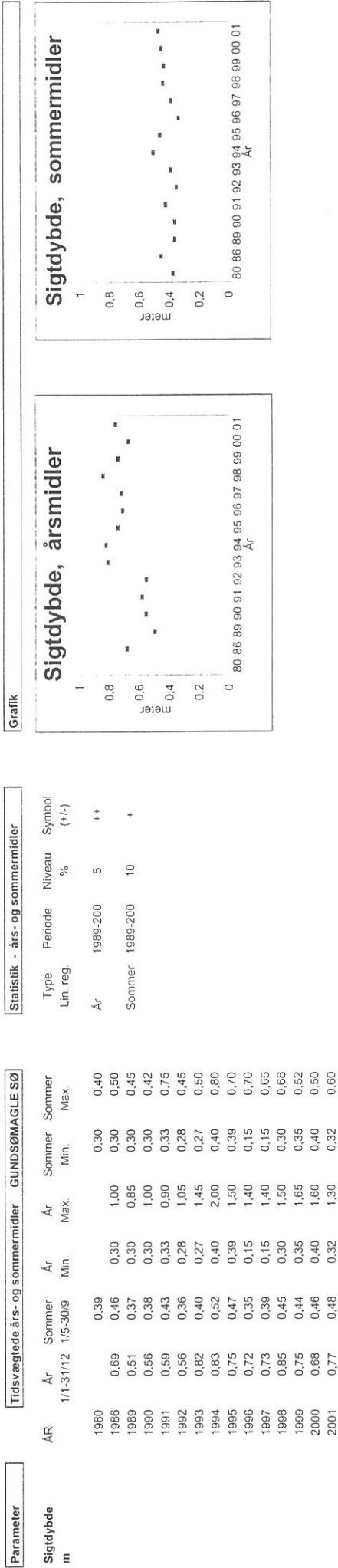
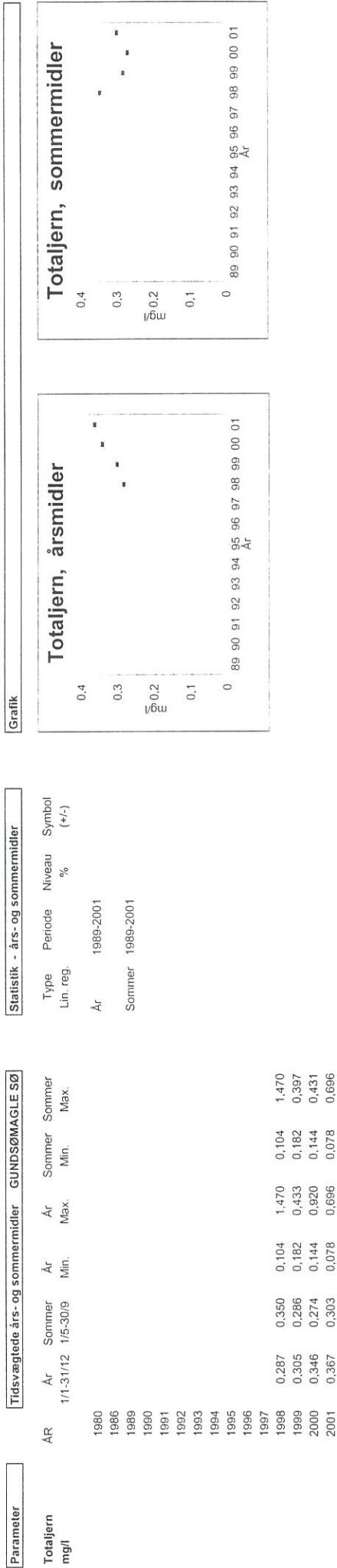
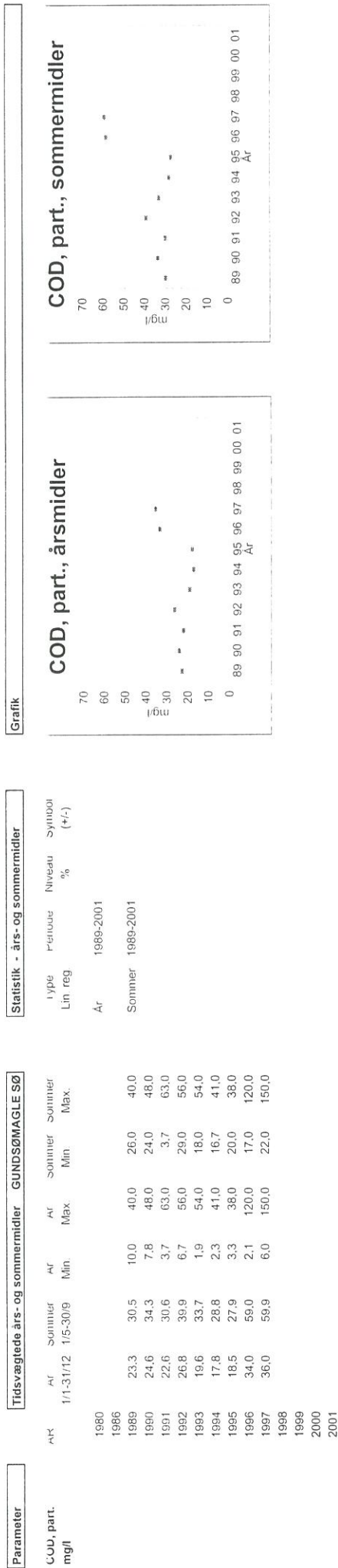
Grafik

Glødetab s.stof, årsmidler



Glødetab s.s, sommermidler

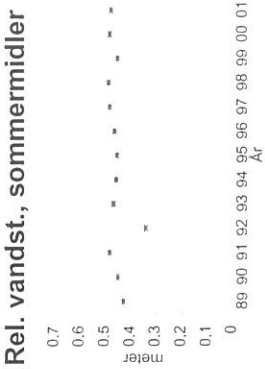
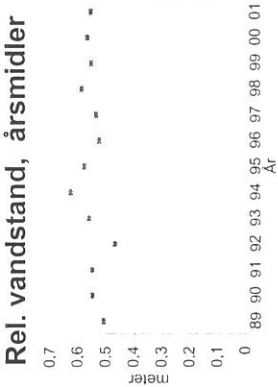




Rel. vandstand
m

År	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9	År Min	År Max	Sommer Min	Sommer Max
1980						
1986						
1989	0.51	0.43	0.33	0.61	0.33	0.52
1990	0.55	0.45	0.36	0.72	0.36	0.52
1991	0.55	0.48	0.35	0.71	0.35	0.59
1992	0.47	0.34	0.23	0.67	0.23	0.46
1993	0.56	0.47	0.37	0.75	0.37	0.57
1994	0.63	0.46	0.28	0.98	0.28	0.58
1995	0.58	0.45	0.34	0.98	0.34	0.51
1996	0.53	0.46	0.37	0.67	0.37	0.55
1997	0.54	0.48	0.43	0.64	0.43	0.54
1998	0.59	0.49	0.45	0.76	0.45	0.52
1999	0.55	0.45	0.40	0.86	0.40	0.50
2000	0.57	0.48	0.43	0.67	0.43	0.55
2001	0.55	0.48	0.41	0.72	0.41	0.57

Type Lin reg	Periode	Niveau %	Synlighed (+/-)
År	1989-2001		0
Sommer	1989-2001		0



Gundsomagle Sø 2001 - vandkemianalyser

Dato	Dybde cm	pH	Tørstof, susp.stof mg/l	Glødetab, susp.stof mg/l	Alkalinitet, total TA mmol/l	Ammonium-N, filt mg/l	Nitrit+nitrat-N, filt mg/l	Nitrogen, total mg/l	Orthophosphat-P, filt mg/l	Phosphor, total-P mg/l	Jern mg/l	Silicium mg/l	Chlorophyll A mikrogram/l
09-01-2001	77	8,0	7,5	3,4	5,64	0,251	5,96	6,85	0,047	0,103	0,601	6,7	
06-02-2001	10	7,8	2,8	2,0	6,66	0,177	4,69	5,49	0,062	0,115	0,287	7,9	9,9
06-03-2001	10	8,0	9,1	6,4	6,21	0,009	4,47	5,64	0,016	0,076	0,365	5,6	62
03-04-2001	65	8,2	12	7,2	6,07	0,005	2,83	4,2	0,006	0,105	0,565	4,4	28
19-04-2001	62	8,2	12	4,7	5,80	0,005	1,78	3,21	0,007	0,119	0,519	3,0	53
30-04-2001	70	8,4	47	12	4,53	0,005	1,14	2,82	0,010	0,089	0,338	1,8	96
15-05-2001	62	8,4	24	16	4,33	0,005	0,044	2,07	0,008	0,169	0,257	0,03	120
29-05-2001	60	8,3	23	13	4,59	0,005	0,005	2,65	0,015	0,274	0,696	2,5	66
13-06-2001	65	8,6	30	21	4,69	0,005	0,005	2,16	0,010	0,275	0,346	6,3	103
26-06-2001	60	8,5	40	35	4,79	0,005	0,007	2,25	0,028	0,341	0,411	9,7	221
10-07-2001	60	8,6	35	32	4,79	0,005	0,010	2,32	0,126	0,488	0,357	13	243
23-07-2001	60	8,6	41	33	4,36	0,005	0,029	1,94	0,038	0,415	0,272	13	167
07-08-2001	62	9,0	46	44	3,66	0,016	0,009	3,32	0,127	0,613	0,327	12	
21-08-2001	62	9,2	53	47	3,39	0,005	0,031	3,56	0,252	0,721	0,163	12	273
04-09-2001	62	9,0	40	37	4,06	0,012	0,008	3,85	0,284	0,703	0,141	11	250
18-09-2001	70	8,8	21	17	4,23	0,005	0,021	2,18	0,225	0,415	0,078	11	160
16-10-2001	65	8,3	18	11	5,42	0,047	0,643	2,61	0,016	0,208	0,315	6,7	88
13-11-2001	72	8,2	7,4	4,6	5,97	0,178	0,929	2,49	0,031	0,098	0,259	7,6	24,2
11-12-2001	72	8,1	11	6,8	6,26	0,121	3,30	4,26	0,032	0,105	0,543	7,4	13,8

Gundsømagle Sø 2001 - feltmålinger

Dato	Klokkeslet	Sigtdybde m	Total dybde m	Vandstand lokal m
09-01-2001	1240	0,95	1,85	0,72
06-02-2001	1100			0,60
06-03-2001	1235			0,58
03-04-2001	1250	0,90	1,60	0,52
19-04-2001	1300	0,85	1,55	0,51
30-04-2001	1300	0,60	1,70	0,57
15-05-2001	1300	0,55	1,55	0,45
29-05-2001	1250	0,45	1,50	0,47
13-06-2001	1310	0,50	1,60	0,50
26-06-2001	1315	0,50	1,50	0,45
10-07-2001	1315	0,50	1,50	0,41
23-07-2001	1300	0,45	1,50	0,46
07-08-2001	1255	0,40	1,55	0,47
21-08-2001	1315	0,32	1,55	0,46
04-09-2001	1315	0,40	1,55	0,44
18-09-2001	1300	0,60	1,70	0,57
16-10-2001	1250	0,70	1,60	0,56
13-11-2001	1315	1,20	1,85	0,69
11-12-2001	1300	1,30	1,75	0,66

Planteplanktonbiomasser - tidsvægtede årsænnemsnit

	Blågrønalter	Kisælalter	Gronælter	Rekylælter	Fureælter	Øjeælter	Gulælter	Stikælter	Ubestemt Total	Øvrige
	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l
1989	1.27	0.67	18.22	0.63	0.04	0.03	0.00	0.00	1.61	22.47
1990	2.14	3.07	18.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	24.32
1991	0.23	10.70	14.56	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	27.60
1992	4.37	6.27	15.97	1.23	0.47	0.00	0.00	0.00	0.99	29.29
1993	8.95	6.27	13.84	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	32.40
1994	3.18	2.59	3.66	0.81	0.00	0.00	0.01	0.04	0.81	11.15
1995	11.28	5.93	4.00	2.28	0.05	0.08	0.05	0.05	0.41	24.13
1996	39.22	2.25	3.25	2.64	0.05	0.10	0.08	0.01	0.61	48.20
1997	13.47	0.58	5.24	2.41	0.26	0.00	0.02	0.01	0.30	22.29
1998	10.56	0.74	3.11	1.98	0.00	0.00	0.02	0.01	0.37	16.79
1999	1.71	1.56	4.35	2.95	0.02	0.00	0.00	0.00	0.46	11.11
2000	5.36	3.80	4.13	1.86	0.00	0.00	0.04	0.02	0.63	15.82
2001	10.96	0.94	2.85	2.60	0.29	0.03	0.23	0.05	0.67	18.62

Gns. 1989-2000 8.48 3.70 9.03 1.73 0.07 0.02 0.02 0.01 0.73 23.80 0.86

Udvikling:
Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-): 0 0 0 0.1% ---- 1% +++ 0 0 0 5% ++ 0 0

Planteplanktonbiomasser - %-fordeling årsænnemsnit

	Blågrønalt	Kisælalter	Gronalter	Rekylalter	Furealter	Øjealter	Gulalter	Stikalter	Ubestemt Total	Øvrige
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1989	5.7	3.0	81.1	2.8	0.2	0.1	0.0	0.0	7.2	100
1990	8.8	12.6	74.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	100
1991	0.8	38.8	52.8	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	100
1992	14.9	21.4	54.5	4.2	1.6	0.0	0.0	0.0	3.4	100
1993	27.6	19.4	42.7	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	100
1994	28.6	23.3	32.9	7.3	0.0	0.0	0.1	0.4	7.3	100
1995	46.8	24.6	16.6	9.5	0.2	0.3	0.2	0.2	1.7	100
1996	81.4	4.7	6.7	5.5	0.1	0.2	0.2	0.0	1.3	100
1997	60.4	2.6	23.5	10.8	1.1	0.0	0.1	0.0	1.4	100
1998	62.9	4.4	18.5	11.8	0.0	0.0	0.1	0.1	2.2	100
1999	15.4	14.0	39.2	26.5	0.1	0.0	0.0	0.0	4.2	100
2000	33.9	24.0	26.1	11.7	0.0	0.0	0.2	0.1	4.0	100
2001	58.8	5.0	15.3	14.0	1.6	0.2	1.2	0.3	3.6	100

Gns. 1989-2000 32.3 16.1 39.1 8.6 0.3 0.1 0.1 0.1 0.1 3.5 100 4.0

Udvikling:
Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-): 5% ++ 0 0.1% ---- 0.1% ++++ 0 0 0 5% ++ 0 0

Planteplanktonbiomasser - tidsvægtede sommergennemsnit

	Blågrønalter	Kisælalter	Gronalter	Rekylalter	Furealter	Øjealter	Gulalter	Stikalter	Ubestemt	Total	Øvrige
	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l
1989	2.66	1.22	30.63	0.40	0.03	0.02	0.00	0.00	1.88	36.84	1.93
1990	5.04	0.46	31.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	38.64	1.23
1991	0.44	3.30	24.29	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	29.74	0.86
1992	5.79	2.31	27.02	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	36.49	0.95
1993	20.02	0.47	23.07	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	46.20	1.76
1994	6.26	3.12	6.83	1.54	0.00	0.00	0.00	0.10	1.58	19.51	1.76
1995	25.48	4.80	8.22	2.94	0.00	0.18	0.01	0.11	0.66	42.40	0.96
1996	76.69	2.86	3.94	2.69	0.06	0.25	0.03	0.01	0.93	87.46	1.28
1997	31.48	0.28	6.10	1.25	0.11	0.00	0.03	0.01	0.42	39.68	0.58
1998	23.52	1.14	5.35	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	32.06	0.66
1999	3.66	2.12	8.54	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	16.81	0.67
2000	11.79	1.49	7.07	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	22.67	0.81
2001	24.71	0.47	5.72	0.93	0.00	0.08	0.00	0.07	1.11	33.08	1.26

Gns. 1989-2000 17.74 1.96 15.25 1.31 0.02 0.04 0.01 0.02 1.03 37.37 1.12

Udvikling:
Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-): 0 0 0 0.1% ---- 10% + 0 0 0 0 0

Planteplanktonbiomasser - %-fordeling sommergennemsnit

	Blågrønalter	Kisælalter	Gronalter	Rekylalter	Furealter	Øjealter	Gulalter	Stikalter	Ubestemt	Total	Øvrige
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1989	7.2	3.3	83.1	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	5.1	100	5.2
1990	13.0	1.2	82.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	100	3.2
1991	1.5	11.1	81.7	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	100	2.9
1992	15.9	6.3	74.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	100	2.6
1993	43.3	1.0	49.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	100	3.8
1994	32.1	16.0	35.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.5	8.1	100	9.0
1995	60.1	11.3	19.4	6.9	0.0	0.4	0.0	0.3	1.5	100	2.3
1996	87.7	3.3	4.5	3.1	0.1	0.3	0.0	0.0	1.1	100	1.5
1997	79.3	0.7	15.4	3.1	0.3	0.0	0.1	0.0	1.1	100	1.5
1998	73.4	3.6	16.7	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	100	2.1
1999	21.8	12.6	50.8	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	100	4.0
2000	52.0	6.6	31.2	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	100	3.6
2001	74.7	1.4	17.3	2.8	0.0	0.2	0.0	0.2	3.4	100	3.8

Gns. 1989-2000 40.6 6.4 45.4 4.2 0.0 0.1 0.0 0.1 0.1 3.2 100 3.5

Udvikling:
Linear regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-): 1% +++ 0 0.1% ---- 5% ++ 0 0 0 0 0

Dyreplankton biomasser samt græsningstryk - tidsvægtede års gennemsnit

Hjuldyr µg TV/l	Vandlopp µg TV/l	Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l	Pot. græsningstryk % af total	Fyto-bio % < 50 my	Fyto-bio µg C/l	Fyto-bio µg C/l	% sma	% store
1989	23	406	780	1210	9,5	12,4	2472,4	2042,1	82,6
1990	6	225	576	807	8,4	9,2	2675,2	2311,9	86,4
1991	14	782	837	1633	14,2	15,6	3036,5	2942,1	96,9
1992	16	916	589	1521	10,6	10,9	3221,5	3131,2	97,2
1993	11	636	196	842	4,0	4,4	3564,0	3366,4	94,5
1994	48	556	201	804	25,8	30,5	1226,5	892,1	72,7
1995	146	575	73	794	13,1	17,3	2671,2	1441,3	54,0
1996	159	428	36	624	18,5	26,9	5386,9	1212,4	22,5
1997	54	718	161	934	16,9	19,5	2567,1	2025,5	78,9
1998	76	316	231	624	14,9	21,4	1847,4	768,4	41,6
1999	16	388	544	947	21,2	25,6	1278,9	909,5	71,1
2000	40	468	322	830	16,5	19,3	1740,5	1236,9	71,1
2001	54	357	110	521	10,6	14,7	2053,9	878,9	42,8
Gns. 1989-2000	51	535	379	964	14,5	17,7	2640,7	1856,6	72,5

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-):

0	5%	--	5%	0	0	0	1%	5%	5%	++
							---	--		

Dyreplankton biomasser - %-fordeling års gennemsnit

	Hjuldyr %	VandloppsDafnier %	Total %
1989	1.9	33.6	64.5
1990	0.7	27.9	71.4
1991	0.8	47.9	51.3
1992	1.1	60.2	38.7
1993	1.3	75.5	23.2
1994	5.9	69.1	25.0
1995	18.4	72.4	9.2
1996	25.6	68.6	5.8
1997	5.8	76.9	17.2
1998	12.2	50.7	37.1
1999	1.7	40.9	57.4
2000	4.8	56.4	38.8
2001	10.5	68.5	21.1
Gns. 1989-2000	6.7	56.7	36.6

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-):

0	0	0	0
---	---	---	---

Dyreplankton biomasser samt græsningstryk - tidsvægtede sommer gennemsnit

	Hjuldyr µg TV/l	Vandloppes µg TV/l	Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l	Pot. græsningstryk % af total	Fyto-bio lt % < 50 my	Fyto-bio < µg C/l	Fytoplanktonbiomasse µg C/l	% små	%-store
1989	40	488	1602	2130	15,9	21,3	4053,1	3327,2	82,1	17,9
1990	8	297	985	1290	11,1	12,4	4250,0	3535,6	83,2	16,8
1991	11	1040	1642	2693	25,6	28,5	3271,3	3072,1	93,9	6,1
1992	29	1399	1143	2571	16,6	16,9	4013,5	3934,7	98,0	2,0
1993	15	1363	447	1824	6,1	6,4	5081,5	4954,4	97,5	2,5
1994	106	949	411	1466	19,1	27,8	2146,2	1523,8	71,0	29,0
1995	163	1119	154	1436	10,7	18,0	4663,6	1978,6	42,4	57,6
1996	54	860	70	984	7,9	19,3	9621,7	1343,6	14,0	86,0
1997	7	1344	246	1597	21,6	27,1	4367,3	3119,9	71,4	28,6
1998	168	581	449	1198	14,9	39,0	3526,2	1114,5	31,6	68,4
1999	23	580	1023	1627	32,0	35,4	1849,1	1437,2	77,7	22,3
2000	75	594	525	1194	19,7	24,4	2494,1	1441,4	57,8	42,2
2001	20	677	171	868	10,3	17,2	3639,1	1068,5	29,4	70,6
Gns. 1989-2000	58	885	725	1668	16,8	23,0	4111,5	2565,3	68,4	31,6

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-):

0	5%	--	5%	0	0	0	1%	5%	5%	++
							---	--		

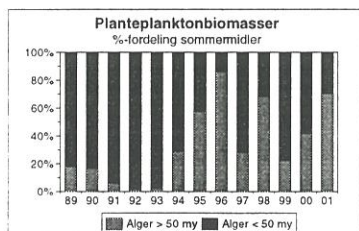
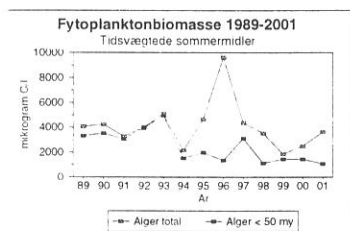
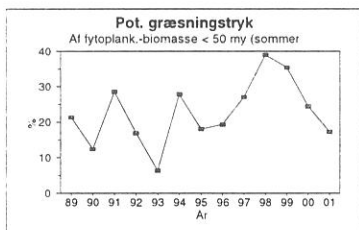
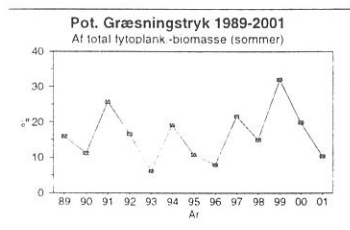
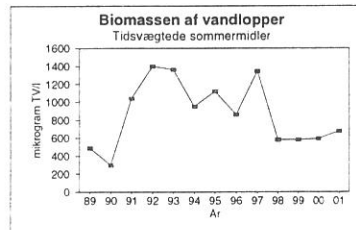
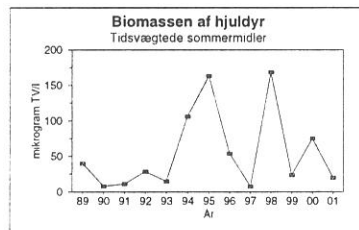
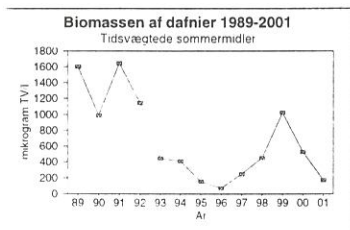
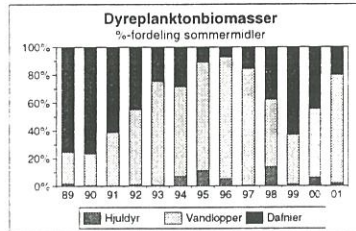
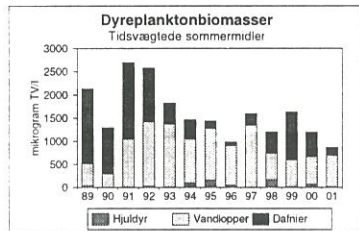
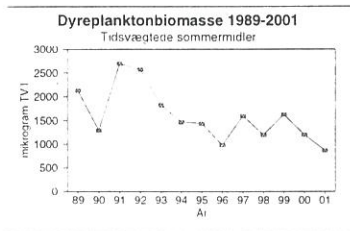
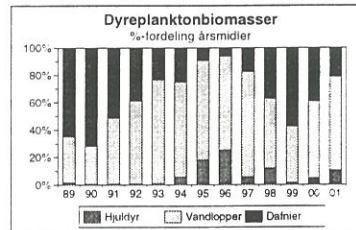
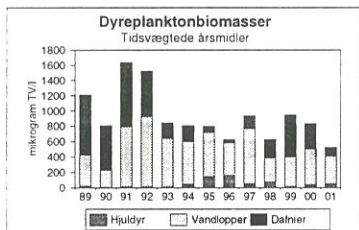
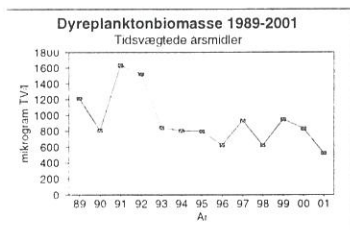
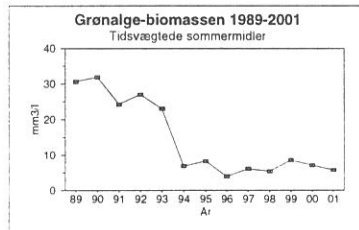
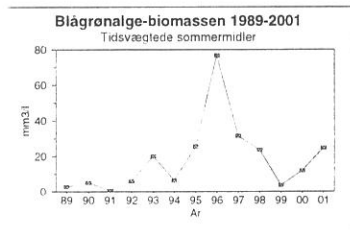
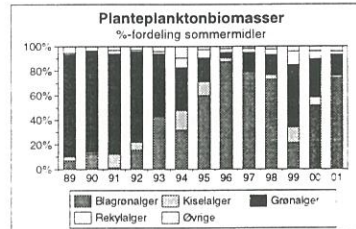
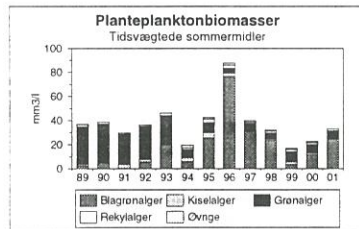
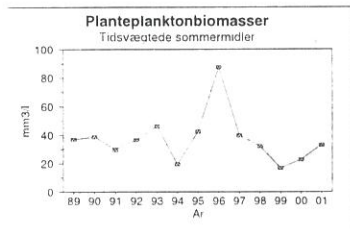
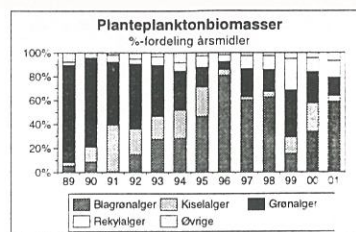
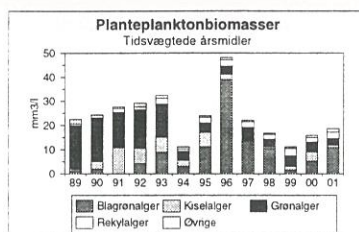
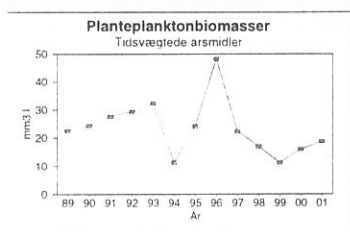
Dyreplankton biomasser - %-fordeling sommer gennemsnit

	Hjuldyr		Vandlopp& Dafnier		Total	
	%		%		%	
1989		1,9		22,9		75,2
1990		0,6		23,0		76,3
1991		0,4		38,6		61,0
1992		1,1		54,4		44,5
1993		0,8		74,7		24,5
1994		7,2		64,8		28,0
1995		11,4		77,9		10,7
1996		5,5		87,5		7,1
1997		0,5		84,1		15,4
1998		14,1		48,5		37,5
1999		1,4		35,7		62,9
2000		6,3		49,7		44,0
2001		2,3		78,1		19,6
Gns. 1989-2000		4,3		55,2		40,6
						100

Udvikling:
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:
Symbol (+/-):

0	0	0	10%
---	---	---	-----



Fiskeynglen i Gundsømagle Sø

Juli 2001



Notat udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium november 2001
Konsulenter : Jens Peter Müller & Helle Jerl Jensen

0. Sammenfatning

Feltundersøgelsen

I forbindelse med Roskilde Amts overvågning af miljøtilstanden i Gundsømagle Sø blev fiskeynglen undersøgt i natten mellem d.12.-13. juli 2001. Undersøgelsen, som ligeledes blev foretaget i 1998, 1999 og 2000, blev udført i overensstemmelse med anvisningen fra DMU med yngeltræk i 6 transekter i littoralen og 6 transekter i pelagiet af ca. 1 minuts varighed.

Ynglens tæthed og sammensætning

Der blev konstateret yngel fra 4 arter; skalle, aborre, regnløje og nipigget hundestejle samt etårige skaller og regnløjer i fangsten.

Den samlede yngeltæthed (inklusive etårige) var 6,60 pr. m³ i littoralen og 5,27 pr. m³ i pelagiet, hvilket var lidt over niveauet fundet i 2000 og markant over niveauet i 1998-1999. Vægtmæssigt var tætheden 3,14 g vådvægt pr. m³ i littoralen og 2,70 g pr. m³ i pelagiet. Skaller og regnløjer var antalsmæssigt dominerende både i littoralen og i pelagiet.

Sammenlignet med 13 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser de fire seneste år, var tætheden af karpefiskeyngel ligesom i 2000 antalsmæssigt meget høj, mens aborrefiskeynglens tæthed kun var lidt over medianen. Vægtmæssigt var fiskeynglens samlede tæthed i Gundsømagle Sø meget stor, som det ligeledes var tilfældet i 2000.

Størrelse

Både skalleynglen og aborreynglen var usædvanlig stor for tidspunktet i Gundsømagle Sø på trods af en kold juni i 2001.

Årgangsstyrke

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 2001 var middeltætheden af karpefiskeyngel i 14 søer forholdsvis moderat, som i 2000, mens aborreynglen generelt forekom mere talrigt end i 2000. I Gundsømagle Sø er både karpefiskeynglen og aborreynglen blevet mere talrig gennem perioden 1998-2001, og Gundsømagle Sø følger således ikke helt det generelle mønster.

Fordeling

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 sigtddybde. Fiskeynglens sammensætning i Gundsømagle Sø i juli 2001 med en betydelig tæthed af karpefisk i pelagiet er således i overensstemmelse med søens status som lavvandet og uklar.

Påvirkning af dyreplanktonet

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate (inklusive etårsfisk) omkring 1.juli var med godt 96 mg tv/m³/d omtrent som i 2000 og markant over niveauet fundet i 1998-1999. Sammenlignet med referencesøerne var ynglens prædation usædvanlig stor. Fiskeyngelen har dog næppe alene kunne begrænse søens dyreplankton, men medregnes prædationen fra ældre fisk har fiskene antageligt ydet et betydeligt prædationstryk på søens dyreplankton i sommeren 2001.

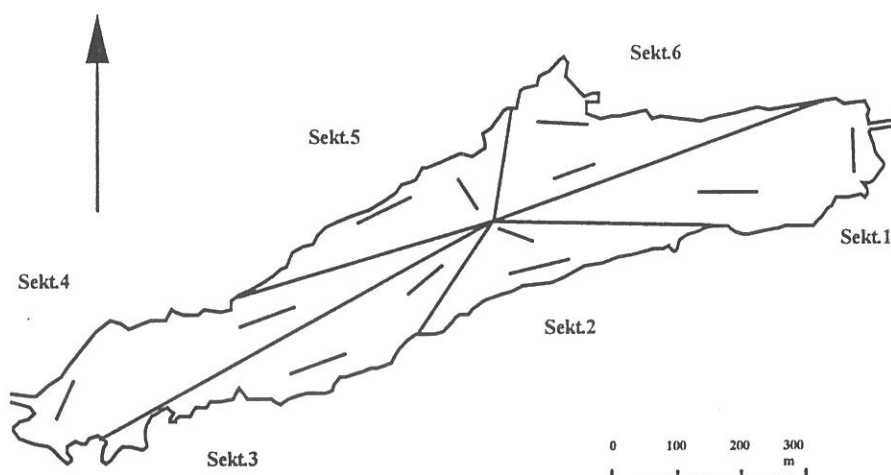
1. Baggrund og formål

I foråret 1997 vedtog Styringsgruppen for Ferskvand, at undersøgelser af fiskeyngel fra 1998 skal indgå i det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet (NOVA 2003).

Gundsømagle Sø er udvalgt som overvågnings sø, og som følge heraf blev der i juli 2001 foretaget en undersøgelse af fiskeynglen. Formålet med undersøgelsen har været at belyse årsynglens mængde og sammensætning, for her igennem at vurdere fiskeynglens betydning for søens økologi over sommeren.

2. Materialer og metoder

Fiskeriet fandt sted natten mellem den 12.- 13. juli 2001 i tidsrummet kl. 23.30 - 01.10, og blev udført som beskrevet i vejledningen for fiskeyngelundersøgelser i søer fra Danmarks Miljøundersøgelser /1/. Søen blev således inddelt i 6 sektioner, der hver især blev befisket med 1-2 minutter i et transekt i bredzonen og 1-2 minutter i et transekt i pelagiet (fig. 1) med et standardyngelnet (hoopnet).



Figur 1. Kort over Gundsømagle Sø med angivelse af sektioner og placering af transekter.

Fiskeri med yngelnet

Det anvendte yngelnet var et standardnet som beskrevet i vejledningen, dvs. bestående af en 1 m lang cylindrisk del med en diameter på 40 cm og en maskestørrelse på 2 mm og en 1 m lang konisk del med en maskevidde på 1 mm monteret med en opsamlingsbeholder. Nettet var monteret med et kalibreret flowmeter placeret i nettets åbning.

Nettets centrum blev placeret 0,5 meter under overfladen og bevæget med en hastighed af omkring 1,5-2,5 m/s.

Registrering

Ved de enkelte træk blev starttidspunkt, sluttidspunkt og omdrejningstæller ved start og slutning registreret. Fangsten blev opsamlet i plastikglas og nedkølet til udsortering følgende dag.

Ved registreringen blev fiskene sorteret i arter og opmålt til nærmeste mm., og fangsten af de respektive arter blev for hver transekt vejlet til nærmeste 1/10 g.

2.2 Beregninger

Tæthed

For hvert transekt er den gennemsnitlige fangst i antal og i vægt pr. m³ udregnet både for de enkelte arter og for hele årsynglen som fangsten divideret med den filtrerede vandmængde. Herefter er et gennemsnit for de respektive transekter i littoralzonen og i pelagiet med tilhørende varians udregnet. Ved evt. omregning til spritvægt er anvendt en omregningsfaktor på 0,8.

Gennemsnitsvægt

Tilsvarende er de enkelte arters gennemsnitsvægt (vådvægt) beregnet som et gennemsnit af gennemsnitsvægten fundet i de respektive transekter.

Vægtet gennemsnit

I diskussionsafsnittet er anvendt arealvægtede gennemsnit beregnet som middelværdien i de respektive områder ganget med områdets andel af søarealet. Littoralzonen er sat ud til 50 m fra kystlinien dog maksimalt 50 % af søarealet.

Daglig vækstrate

Middelvækstraten pr. dag er beregnet ud fra middeltal for den målte længdetilvækst i perioden fra yngelundersøgelse til den efterfølgende fiskeundersøgelse efter normalprogrammet i en række søer (tab.1).

Tabel 1

Den gennemsnitlige målte daglige længdetilvækst (dL) og b fra længdevægtrelationen hos årsyngel og etårige af de respektive fiskearter i søer, hvor der efterfølgende en yngelundersøgelse er foretaget fiskeundersøgelse efter normalprogrammet.

mm/d	Antal søer	Gens.	Min	Max	b
Skalle 0+	11	0,385	0,216	0,570	3,114
Brasen 0+	4	0,456	0,320	0,579	3,292
Regnløje 0+	3	0,142	0,100	0,190	2,671
Rudskalle 0+	1	0,270	0,270	0,270	4,360
Aborre 0+	12	0,443	0,279	0,630	3,033
Sandart 0+	1	0,526	0,526	0,526	2,851
Skalle 1+	3	0,355	0,190	0,668	3,027
Regnløje 1+	2	0,131	0,110	0,152	3,717

Den daglige vækstrate omkring undersøgelsestidspunktet (G_t) er herefter beregnet som :

$$G_t = b \ln((L_t + dL)/(L_t))$$

hvor L_t er den målte middellængde ved undersøgelsen og dL og b er henholdsvis den gennemsnitlige længdetilvækst og b fra længdevægtrelatio-

nen.

Konsumptionsrate

Den daglige konsumptionsrate på prøvetidspunktet er beregnet i mg tv/m³/d som:

$$K = 1000 (G_t B_t)$$

hvor B_t er den beregnede arealvægtede biomassetæthed på prøvetagningstidspunktet.

Årgangsstyrke

Årgangsstyrken hos de respektive arter er vurderet ud fra undersøgelserne foretaget i perioden 1998-2001.

Sammenligningsgrundlag

De beregnede værdier er så vidt muligt sammenholdt med tilsvarende størrelser fra 58 undersøgelser fra i alt 14 andre danske søer, hvor yngelundersøgelelsesprogrammet har været anvendt i 1998, 1999, 2000 og 2001.

3. Resultater

3.1 Arealæthed

Der er ved undersøgelsen konstateret årsyngel fra skalle, aborre, regnløje og nipigget hundestejle. Hertil kommer etårfsk af skalle og regnløje. Den beregnede arealæthed af de respektive arter i littoralen og i pelagiet og de respektive arters numeriske andel af årsynglen er givet i tabel 2, mens samme data fordelt på karpefisk (inklusive etårfsk), aborrefisk, laksefisk og øvrige fisk er givet i tabel 3.

Tabel 2

Den beregnede æthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Gundsømagle Sø juli 2001.

Antal/m3			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Skalle 0+	2,929	3,104	44	59
Skalle 1+	0,013	0,013	0	0
Regnløje 0+	2,996	1,734	45	33
Regnløje 1+	0,175	0,126	3	2
Aborre 0+	0,470	0,289	7	5
9-pig. hundestejle	0,013	0,000	0	0

Tabel 3

Den beregnede æthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Gundsømagle Sø juli 2001.

Antal/m3			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	6,113	4,976	93	95
Aborrefisk	0,470	0,289	7	5
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,013	0,000	0	0
Total	6,596	5,265	100	100

Fangsten af årsyngel var domineret af skaller og regnløjer i littoralen og af skaller i pelagiet, hvor regnløjer dog med ca. 1/3 af fangsten tillige optrådte hyppigt. Samlet var karpefiskeynglen antalsmæssigt helt dominerende både i littoralen og på søens åbne områder.

Biomassetæthed

Biomassetætheden var ligeledes domineret af karpefisk, hvor etårsskaller bidrog med ca. halvdelen af biomassen (tab.4 og 5). Aborrengelen udgjorde dog med 24 % i littoralen og 17 % i pelagiet en ikke ubetydelig del af biomassen.

Tabel 4

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Gundsømagle Sø juli 2001.

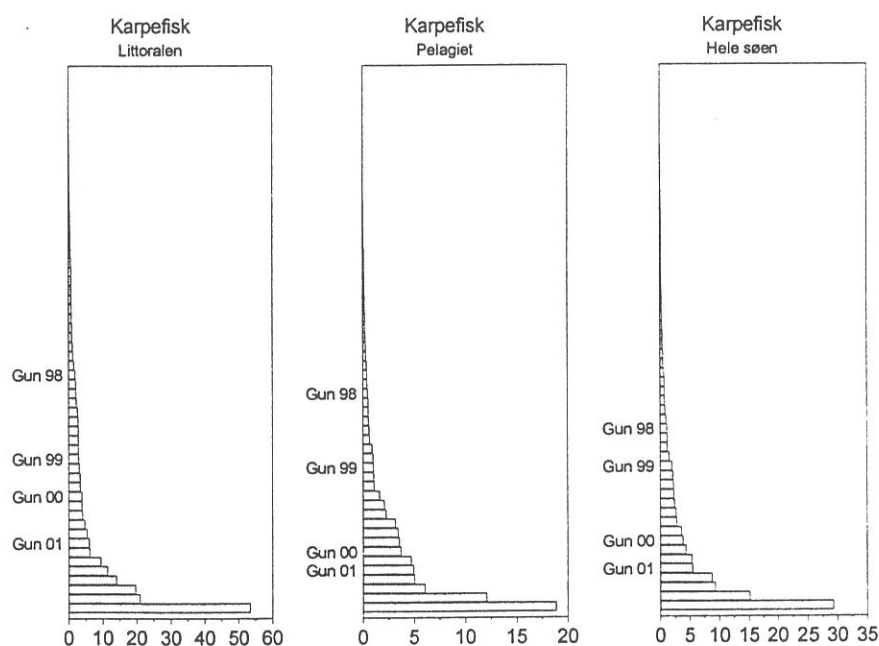
Vådvægt/m ³ (g)			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Skalle 0+	1,414	1,491	45	55
Skalle 1+	0,085	0,070	3	3
Regnløje 0+	0,562	0,374	18	14
Regnløje 1+	0,318	0,317	10	12
Aborre 0+	0,759	0,452	24	17
9-pig. hundestejle	0,003	0,000	0	0

Tabel 5

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Gundsømagle Sø juli 2001.

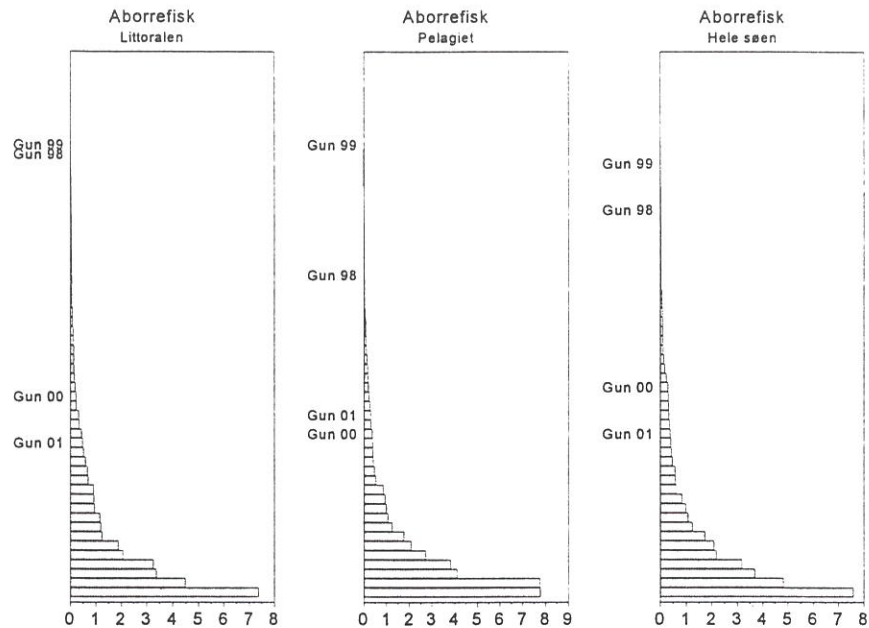
Vådvægt/m ³ (g)			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	2,379	2,252	76	83
Aborrefisk	0,759	0,452	24	17
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,003	0,000	0	0
Total	3,141	2,704	100	100

Tætheden af karpefiskekeyngel er øget gradvist både i littoralen og i pelagiet siden 1998, fra et middelniveau til et meget højt niveau sammenlignet med referencesøer. Middeltætheden i hele søen var således i 2001 femtehighest blandt referencesøerne (fig.2).



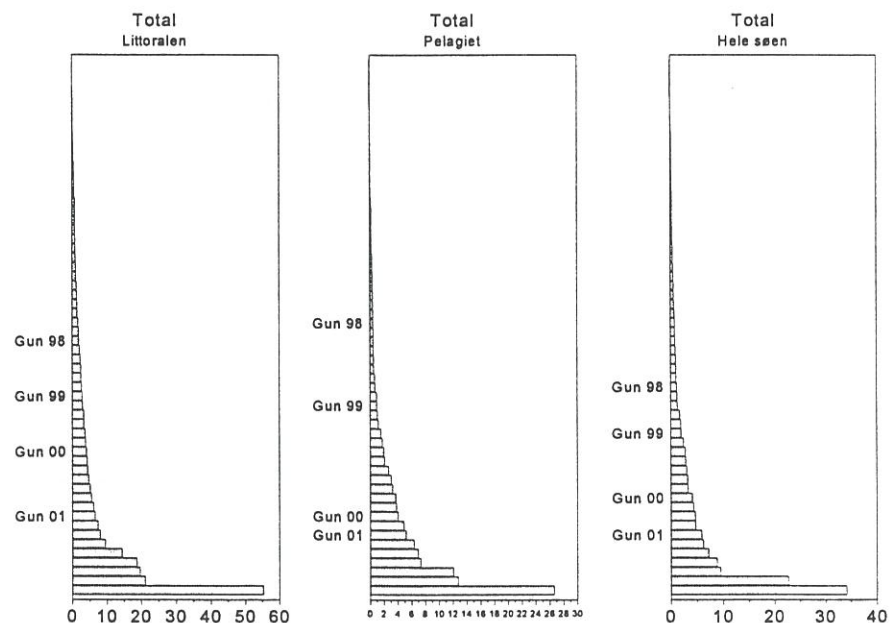
Figur 2. Tætheden af karpefiskekeyngel i Gundsømagle Sø i 1998-2001 i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Aborrefiskeynglens tæthed er ligeledes øget gennem perioden, fra et lavt niveau i 1998-1999 til et niveau over middel i de to seneste år sammenlignet med referencesøerne (fig.3).



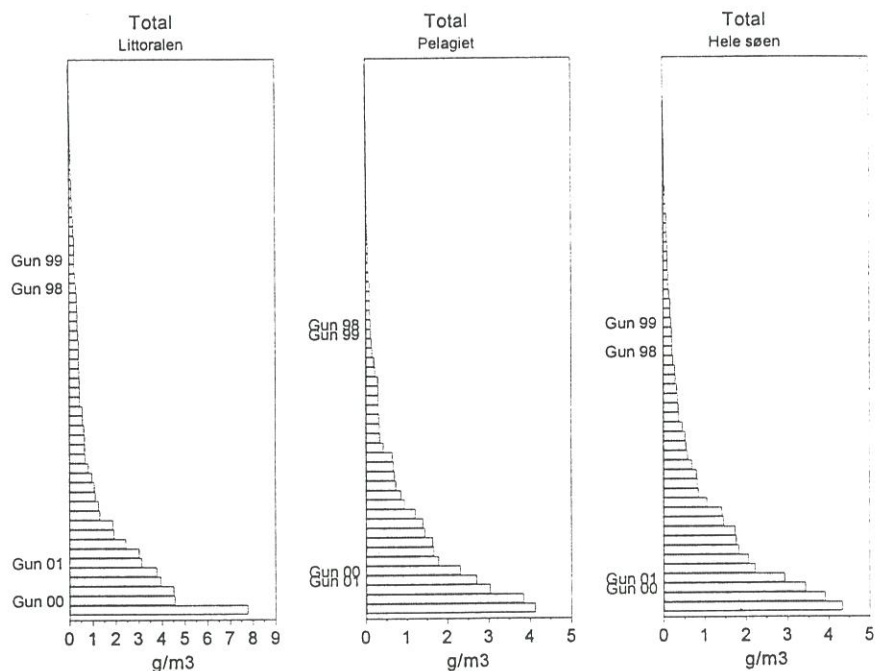
Figur 3. Tætheden af aborrefiskeyngel i Gundsømagle Sø i 1998-2001 i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Den samlede tæthed af fiskeyngel har således generelt været stigende siden 1998 både i littoralen og i pelagiet, fra et niveau tæt på medianen til et højt niveau i 2001 sammenlignet med tætheden fundet i de øvrige undersøgte søer (fig.4).



Figur 4. Tætheden af fiskeyngel i Gundsømagle Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen i 1998-2001 sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

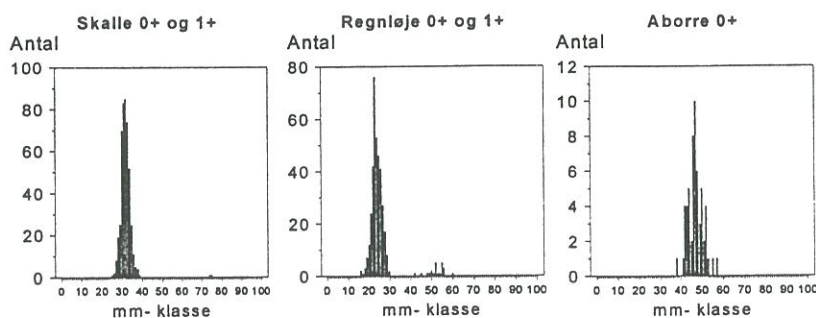
Den samlede biomassetæthed er ligeledes øget markant fra et moderat niveau i 1998-1999 til et meget højt niveau i de to seneste år sammenlignet med referencesøerne (fig.5).



Figur 5. Biomassetætheden af fiskeyngel i Gundsømagle Sø i 1998-2001 i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Størrelsesfordeling

Størrelsesfordelingen af fangsten af skalle, aborre og regnløje fremgår af figur 6. Den enlige nipiggede hundestejle målte 32 mm. Middelvægten hos skalleynglen og aborrenglen var usædvanlig høj i forhold til middelvægten fundet på samme tidspunkt især i årets undersøgelser, hvor en kold juni måned har bevirket en langsom opvækst i de fleste undersøgte søer (fig.7).

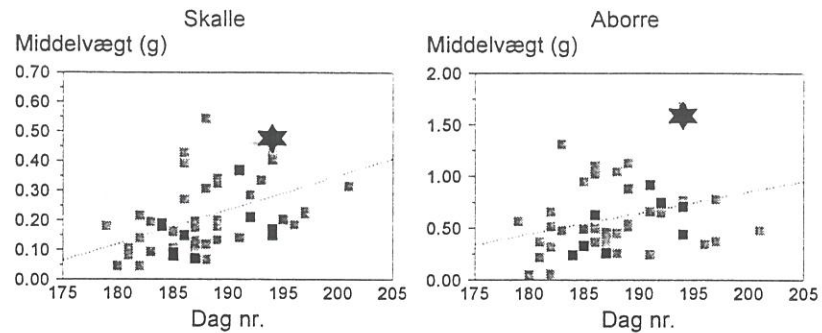


Figur 6. Længdefordelingen af de respektive arter i fangsten i Gundsømagle Sø juli 2001.

Hos skalle er der en tydelig forøgelse af middelvægten gennem juli måned i de respektive søer, hvilket kun i mindre omfang kan konstateres hos aborrenglen.

Der må dog forventes en meget stor spredning i ynglens størrelse på et givent tidspunkt i de respektive søer, på grund af morfometriske forskelle, som bl.a. påvirker gydetidspunkt og tilvækst som følge af den meget forskellige hastighed hvormed opvarmningen af søvandet foregår gennem forsommeren.

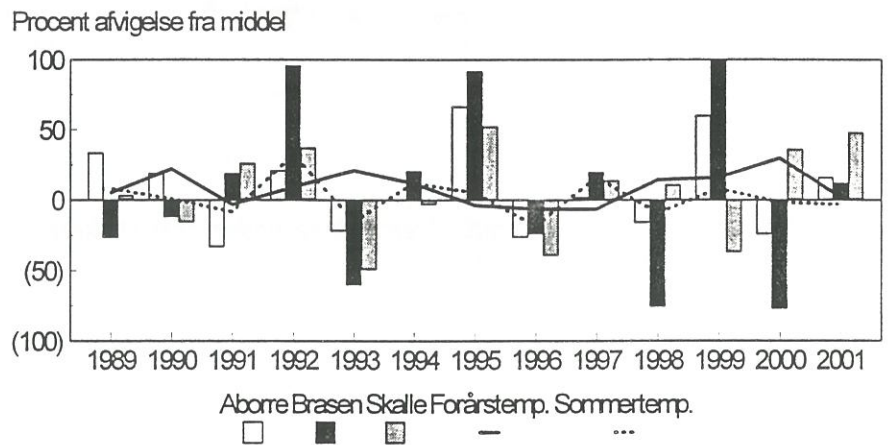
Middelvægt



Figur 7. Middelvægten af skalle-, aborre- og brasenynglen på undersøgelsestidspunktet i Gundsømagle Sø juli 2001 (stjerne) sammenlignet med årets øvrige undersøgelser (sort markering) og tidligere undersøgte danske søer.

4. Vurderinger

Selvom søers fiskebestande oftest udviser variationer som kan relateres til søernes morfologi og næringsniveau, er forholdene vedrørende årsynglen mere komplekse. Der vil således i alle søer og hos de fleste arter forekomme meget betydelige år til år variationer i ynglens mængde, idet de klimatiske forhold om foråret og gennem forsommeren påvirker henholdsvis gydetidspunkt og vækst og overlevelse hos den spæde yngel. Dette fremgår tydeligt af figur 8, som viser procentafvigelsen fra gennemsnittet af årgangsstyrken hos aborrer, brasen og skalle i perioden 1989-98, vurderet ud fra fangsten af etårige- og ældre fisk ved fiskeundersøgelser efter normalprogrammet, og i årene 1999- 2001 vurderet ud fra yngelundersøgelserne.

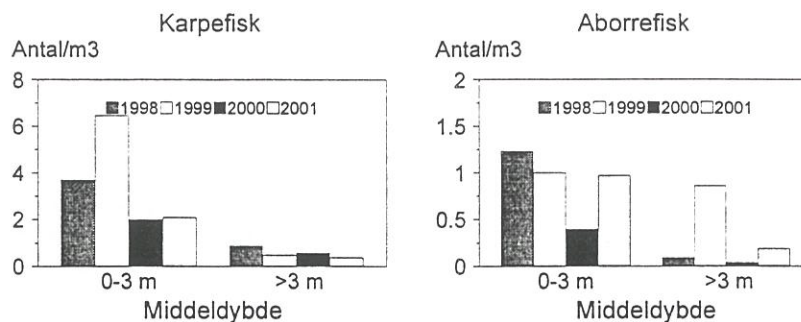


Figur 8. Den gennemsnitlige årgangsstyrke i en række danske søer målt som afvigelse fra middel i perioden 1989-2001 hos aborre, brasen og skalle samt middeltemperaturens afvigelse fra normalen i april-maj og i juni-juli i samme periode /2/.

Som figuren viser er der især hos brasener en negativ sammenhæng mellem et varmt forår efterfulgt af en kold sommer og årgangsstyrken i de respektive år. Generelt er der især hos de relativt sent gydende arter herunder brasen, rudskalle, suder og karusse ofte meget store variationer i ynglens mængde i sensommeren, antageligt bl.a. på grund af afhængigheden af en korrekt timing mellem ynglens fremkomst og et rimeligt fødegrundlag. Dette synes især at være gældende i klarvandede søer, hvor årsynglen ligeledes er udsat for rov fra aborrer, og hvor svigtende rekruttering er regelen mere end undtagelsen hos de nævnte arter.

I perioden 1998-2000 var foråret forholdsvis varmt, men kun i 1999 var sommeren tilsvarende varm, hvilket antageligt kan forklare den ringe gennemsnitlige rekruttering hos brasener i årene 1998 og 2000 og den gode rekruttering i 1999. I 2001 var forårstemperaturen normal, mens hovedparten af juni måned var kold, men sidst i juni og først i juli var vejret sommerligt. Samlet har temperaturen været tæt på normalen, og middelrekrutteringen hos brasener og aborrer har tilsyneladende været tilsvarende tæt på normalen. Skallernes rekrutteringsmønster har tilsyneladende været noget afvigende i de senere år med ringeste middelrekruttering i 1999, mens 1998 og 2000 har været normale eller gode rekrutteringsår, og skallernes rekruttering i 2001 har generelt har været over normalen.

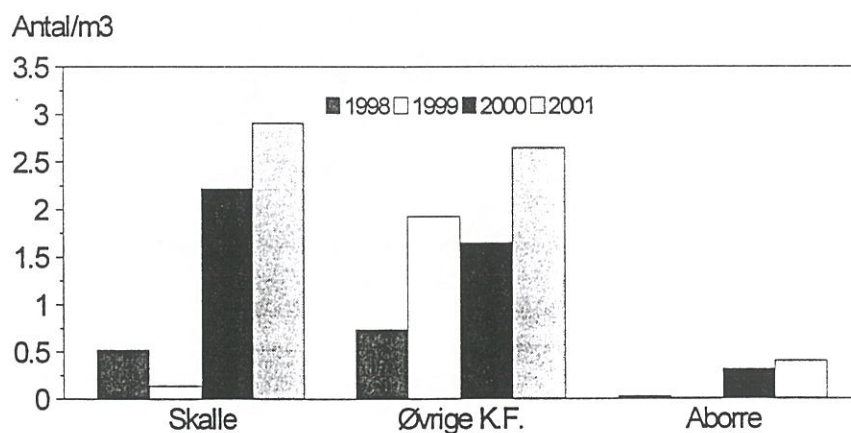
Sammenlignes tætheden af fiskeyngel i 14 undersøgte søer i årene 1998-2001 ses i de lavvandede søer en stor middeltæthed af karpefisk i 1998 og i 1999 og en mindre tæthed i 2000 og 2001, mens tætheden af aborrefisk var lav i 2000 og forholdsvis ens i de øvrige år (fig.9). I de dybe søer har karpefiskeynglens rekruttering derimod været ringest i 1999 og 2001, og hos aborrefiskene har rekrutteringen kun været god i 1999.



Figur 9. Fiskeynglens gennemsnitlige tæthed i 8 lavvandede (< 3 m) og 7 dybere (> 3 m) søer i 1998-2001.

Med en generel stigende rekruttering hos både karpefisk og aborrefisk i de seneste fire år følger Gundsømagle Sø således ikke mønsteret fra de øvrige lavvandede søer.

I Gundsømagle Sø kan den generelle øgning i mængden af fiskeyngel i de sidste fire år genfindes hos både skaller, aborrer og hos de øvrige karpefisk, som primært er regnløjer. Hos alle arter er 2001 således rekordår (fig.10).



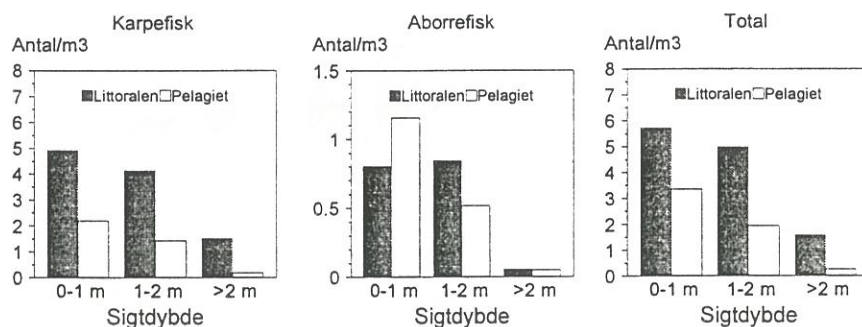
Figur 10. Fiskeynglens tæthed i Gundsømagle Sø 1998-2001.

Fordeling

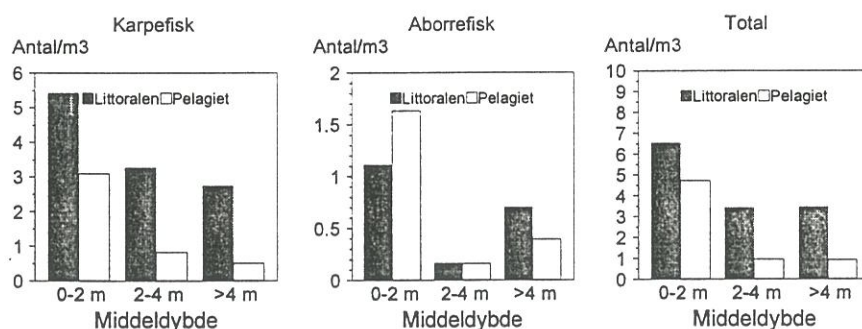
Forskellige forhold påvirker ynglens adfærd. Vandets klarhed er således tilsyneladende afgørende for valget af habitat hos især karpefiskeyngel, idet ynglen i stigende grad foretrækker bredzonen med øget sigtdybde i de undersøgte søer. Hos aborreynglen, som generelt er mere pelagisk, ses dette mønster ikke (fig.11). Generelt var der dog meget lidt fiskeyngel i pelagiet i søer med sigtdybder større end 2 m.

Middeldybden synes ligeledes at påvirke fiskeynglens mængde i bredzonen og i pelagiet. Således aftager mængden af karpefiskeyngel i pelagiet voldsomt med øget middeldybde i de undersøgte søer, hvorimod karpefiskenes mængde i littoralen kun aftog mere moderat med dybden (fig. 12). Hos aborrefiskene var der ingen væsentlig forskydning mellem pelagiet og bredzonen ved øget middeldybde.

Det generelle billede er således, at karpefiskeyngel er tæt knyttet til de lavvandede områder i juli måned, og kun i de uklare, lavvandede søer findes karpefiskeynglen i pelagiet i nævneværdigt omfang.



Figur 11. Fiskeynglens arealtæthed i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig sigtdybde.



Figur 12. Fiskeynglens arealtæthed i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig middeldybde.

Aborrefiskeynglen har ikke samme præference for bredzonen, men tætheden aftager dog tilsyneladende generelt med øget sigtdybde.

Fiskeynglens fordeling i juli 2001 i Gundsømagle Sø passer godt til det generelle billede i en lavvandet uklar sø med en betydelig og omtrent ligelig fordeling af karpefiskeyngel i bredzonen og i pelagiet.

Påvirkning af dyreplankton

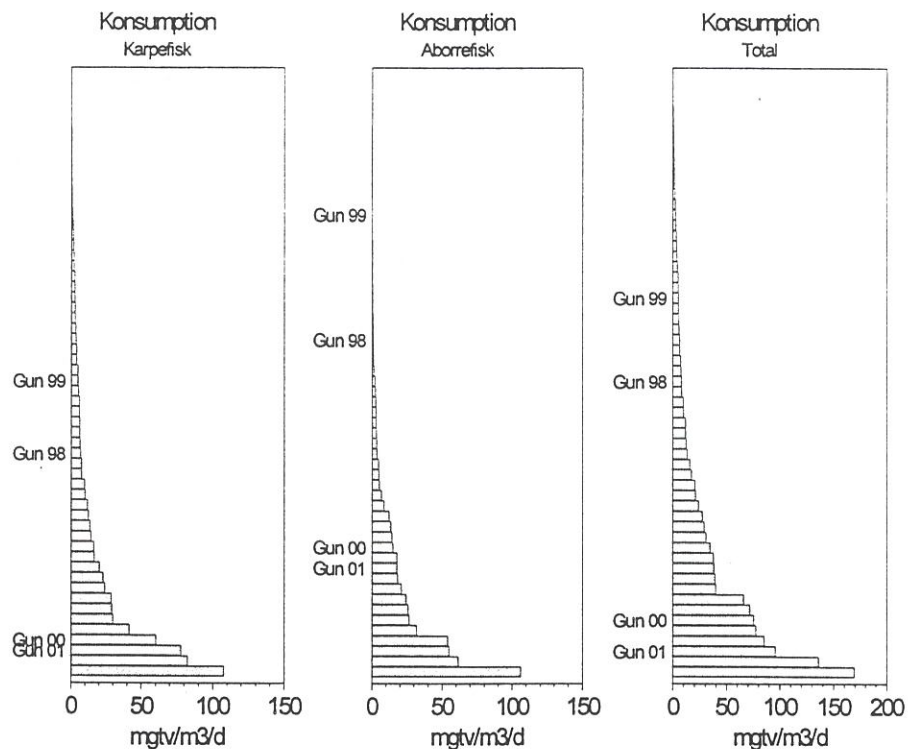
Fiskeynglens potentielle påvirkning af dyreplanktonet afhænger af såvel ynglens daglige fødebehov, som igen afhænger af deres specifikke vækstrate og af udnyttelsen af føden, og af dyreplanktonets produktivitet.

Vækstraten hos fiskeyngel aftager generelt med størrelsen, hvorimod længdetilvæksten pr. tidsenhed tilnærmelsesvis er konstant, såfremt forholdene ikke ændres væsentligt. Af samme grund er der ved beregningen af ynglens specifikke vækstrate taget udgangspunkt i en konstant længdetil-

vækst i perioden fra yngelundersøgelserne til fiskeundersøgelserne i sensommeren. Vækstforholdene er dog kraftigt afhængig af både fødeudbud og vandtemperatur, hvoraf sidstnævnte forhold ligeledes påvirker fødens udnyttelsesgrad.

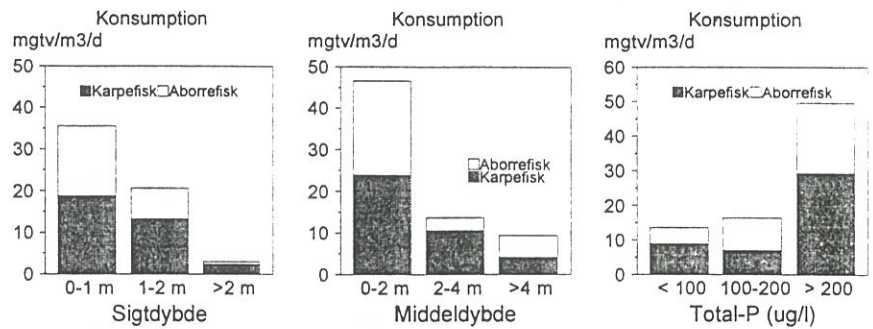
Endelig er fiskeynglens potentielle påvirkning af dyreplanktonet ikke synonymt med fiskebestandens påvirkning af samme, da etårige- og ældre fisk ofte yder et meget betydeligt prædationstryk på dyreplanktonet.

I figur 13 er vist fiskeynglens (inklusive etårsfisk) skønnede daglige konsumtion i de undersøgte søer. I Gundsømagle Sø var karpefiskeynglens samlede prædationstryk i juli 2001 med 78 mg tv/m³/d usædvanlig højt som det ligeledes var tilfældet i 2000, mens aborrefiskeynglens beregnede prædationstryk var 18 mg tv/m³/d, hvilket var omtrent som i 2000 og markant over niveauet fra 1998-1999 og over medianen blandt de undersøgte søer. Totalt var yngelprædationen med 96 mg tv/m³/d markant større end i 1998-1999, lidt over niveauet fra 2000 og tredjehøjst blandt referencesøerne.



Figur 13. Fiskeynglens konsumtionsrate i Gundsømagle Sø 1998-2001 sammenlignet med konsumtionsraten fundet i andre danske søer.

Fiskeynglens skønnede konsumtionsrate er forskellig i de forskellige søtyper (fig.14). I de uklare søer er både karpefiskenes og aborrefiskenes konsumtion størst, hvilket antageligt hænger sammen med en større produktion af dyreplankton, og fiskeynglens konsumtion falder i søer med middeldybde større end 2 m. I de næringsbegrænsede søer (tot-P sommergennemsnit < 100 µg/l) er fiskeynglens konsumtion normalt beskedent.



Figur 14. Fiskeynglens konsumptionsrate i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig sigt dybde, middeldybde og tot-P koncentration over sommeren (1/5-30/9).

Med Gundsømagle Sø's aktuelle status som en lavvandet, uklar og meget næringsrig sø er konsumptionsrater hos fiskeynglen mellem 30-50 mg tv/m³/d forventelig, og prædationstrykket på 96 mg tv/m³/d må derfor siges at være meget højt.

Ved yngelundersøgelserne registreres ikke ældre fisk, og søen rummer antageligt en betydelig bestand af planktonædende fisk udover årsynglen. Fiskenes samlede prædationstryk på dyreplanktonet må derfor antages at være væsentligt større end ynglens alene.

Der forligger endnu ikke tal for dyreplanktonet i 2001, men i de seneste år har dyreplanktonets sommergennemsnitlige biomasse varieret mellem 1000-1500 mg tv/m³, hvilket svarer til en maksimal daglig middelproduktion på 200-300 mg tv/m³/d ved en turn-over på 5 dage.

Selvom fiskeynglens prædation således næppe alene har været begrænsende for dyreplanktonbiomassen i starten af juli 2001, kan fiskenes samlede prædationstryk på dyreplanktonet have været betydeligt i sommeren 2001.

5. Referencer

- 1/ Lauridsen T.L. (1998). Fiskeyngelundersøgelser i søer.
- Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- 2/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Recruitment, growth and mortality of Bream (*Abramis brama* L.) in danish lakes. (in prep.)
- 3/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Borup Sø juli 1998.
- Notat til Roskilde Amt.
- 5/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Gundsømagle Sø juli 1998.
- Notat til Roskilde Amt.
- 6/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Magle Sø juli 1998.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 7/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 1998.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 8/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tissø juli 1998.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 9/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 1998.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 10/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Arresø juli 1998.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 11/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Bestemmelser af fiskeynglen i Furesø's dybe bassin og i Store Kalv og i Bagsværd Sø juli 1998.
- Notat til Københavns Amt.
- 12/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i St. Søgård Sø juli 1998.
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 13/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Ketting Nor juli 1998.
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 14/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i Gundsømagle Sø juli 1999.
- Notat til Roskilde Amt.
- 15/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i Magle Sø juli 1999.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 16/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 1999.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 17/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i Tissø juli 1999.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 18/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 1999.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 19/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i Arresø juli 1999.
- Notat til Frederiksborg Amt.

- 20/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Bestemmelser af fiskeynglen i Furesø's dybe bassin og i Store Kalv og i Bagsværd Sø juli 1999.
- Notat til Københavns Amt.
- 21/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1999). Fiskeynglen i St. Søgård Sø juli 1999.
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 22/ Vejle Amt (1999). Data vedrørende fiskeyngel i Søgård Sø juli 1999.
- Tilsendt materiale.
- 23/ Fyns Amt (1999). Data vedrørende fiskeyngel i Arreskov Sø og Søgård Sø juli 1999.
- Tilsendt materiale.
- 24/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Borup Sø juli 2000.
- Notat til Roskilde Amt.
- 25/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Gundsømagle Sø juli 2000.
- Notat til Roskilde Amt.
- 26/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Magle Sø juli 2000.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 27/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 2000.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 28/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Tissø juli 2000.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 29/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 2000.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 30/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Arresø juli 2000.
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 31/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Furesø's dybe bassin og i Store Kalv juli 2000.
- Notat til Københavns Amt.
- 32/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Bagsværd Sø juli 2000.
- Notat til Københavns Amt.
- 33/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i St. Søgård Sø juli 2000.
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 34/ Vejle Amt (2000). Fiskeynglen i Søgård Sø juli 2000.
- Notat til Vejle Amt
- 35/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Borup Sø juli 2001.
- Notat til Roskilde Amt.
- 36/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Bagsværd Sø juli 2001.
- Notat til Københavns Amt.
- 37/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Magle Sø juli 2001.
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 38/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 2001.
- Notat til Vestsjællands Amt.

39/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Tissø juli 2001.
- Notat til Vestsjællands Amt.

40/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 2001.
- Notat til Frederiksborg Amt.

41/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Arresø juli 2001.
- Notat til Frederiksborg Amt.

42/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskeynglen i Furesø's dybe bassin og i
Store Kalv juli 2001.
- Notat til Københavns Amt.

43/ Vejle Amt (2000). Fiskeynglen i Søgård Sø juli 2001.
- Notat til Vejle Amt

Tabel 1

Beregnete CPUE-værdier i antal for fisk < 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Gundsømagle Sø 2001 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Antal < 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	47	34,1	64,9	22,7	15,5	33,1
Aborre	18	9	35,8	19,2	15,6	23,6
Regnløje	71,2	52,9	95,7	6,2	2	19,1
Rudskalle	0	0	0	1,2	0,6	2,4
Karusse	0	0	0	0	0	0
Gedde	0	0	0	0	0	0
Ål	0	0	0	0	0	0
Suder	0	0	0	0	0	0
Sum	136,2	103,6	179,1	49,2	38,1	63,4

Tabel 2

Beregnete CPUE-værdier i antal for fisk > 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Gundsømagle Sø 2001 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Antal > 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	26,9	21,6	33,4	7,3	4,9	10,9
Aborre	2,6	1,5	4,4	5,8	3,1	10,9
Regnløje	0	0	0	0	0	0
Rudskalle	0,5	0,4	0,7	0,8	0,5	1,3
Karusse	1,8	1,3	2,4	1,2	0,6	2,4
Gedde	0,8	0,6	1	4	3	5,4
Ål	0	0	0	7	3	16,3
Suder	0,7	0,5	0,9	0,8	0,5	1,3
Sum	33,2	26,4	41,6	27	21,5	34

Tabel 3

Beregnete CPUE-værdier i vægt for fisk < 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Gundsømagle Sø 2001 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Vægt (g) < 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	307	217	434	142	88	231
Aborre	77	39	152	108	84	137
Regnløje	173	127	234	4	2	11
Rudskalle	0	0	0	3	1	9
Karusse	0	0	0	0	0	0
Gedde	0	0	0	0	0	0
Ål	0	0	0	0	0	0
Suder	0	0	0	0	0	0
Sum	557	430	721	257	195	338

Tabel 4

Beregnete CPUE-værdier i vægt for fisk > 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Gundsømagle Sø 2001 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Vægt (g) > 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	1395	1123	1733	231	172	310
Aborre	199	40	986	158	68	368
Regnløje	0	0	0	0	0	0
Rudskalle	23	5	109	30	4	238
Karusse	1683	937	3023	990	13	74460
Gedde	1647	724	3743	7025	3608	13678
Ål	34	4	340	1758	436	7094
Suder	980	47	20242	1396	23	84704
Sum	5961	4153	8555	11589	7985	16819

Oversigt over udførte undersøgelser i Gundsømagle Sø i overvågningsperioden 1989-2001

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Vandkemi i sø	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vandkemi i tilløb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vandkemi i afløb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planteplankton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dyreplankton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fiskeundersøgelse		x						x					x
Bundfauna og littoralfauna	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x
Sediment				x				x					x
Miljøfremmede stoffer													
Fiskeyngelundersøgelse										x	x	x	x

C versigt over tidligere undersøgelser i Gundsømagle Sø foretaget af Roskilde Amt før 1989

År	1975	1979	1980	1986	1988
Emne	x/x = antal målinger	x/x = antal målinger	x/x = antal målinger	x/x = antal målinger	x/x = antal målinger
Søvand: vandkemi / ilt-,temperaturprofil og sigtdybde	2 / 2	9 / 10	8 / 8	12 / 12	1 / 8
Stoftransport: tilløb / afløb		17 / 11	12 / 5	16 / 23	16 / 15
Bundsediment	1	1		1	
Fytoplankton (art og mængde)			3		
Undervandsvegetation		1	1		
Bundfauna		1			
Fiskebestand		1		1 *	
Publiceret i:	/A/	/A/	/A/	/B/, * dog i /C/	/C/

/A/ Roskilde Amtskommune (1982): Østrup-Gundsømagle Sø 1979-80. Udarbejdet af Roskilde Amtskommunes tekniske forvaltning for Hovedstadsrådet.

/B/ Hovedstadsrådet (1986): Gundsømagle Sø 1980-86. Udarbejdet af Dansk Miljøværn A.m.b.a. for Hovedstadsrådet.

/C/ Hovedstadsrådet (1989): Fiskeribiologisk undersøgelse i Gundsømagle Sø, september 1986. Udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Hovedstadsrådet.

**SEDIMENTUNDERSØGELSER I
GUNDSØMAGLE SØ 2001**

8. april 2002
JIn/SCI
Sag: 30.3637.03
KS: JfA

INDHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE
1	INDLEDNING2
2	RESUME OG KONKLUSION.....3
3	SEDIMENTUNDERSØGELSER 2001.....4
3.1	Prøveudtagning4
3.2	Kemisk analyse af sedimentets sammensætning.....4
3.2.1	Sedimentkarakteristik.....4
3.3	Sedimentkemi5
3.3.1	Tørvægt og glødetab5
3.3.2	Jern.....5
3.3.3	Fosfor5
3.3.4	Korrelationsanalyse.....7
4	SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØGELSER8
5	POTENTIEL FOSFORFRIGIVELSE.....10
5.1	Beregningsgrundlag10
5.2	Mobil fosforpulje11
5.3	Vurdering af fosforfrigivelsen i Gundsømagle Sø12
6	REFERENCER14

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1: Sedimentkarakteristik

Bilag 2: Kemiske analyserapporter

Bilag 3: Beregnede koncentrationer pr. m³ sediment og i et gennemsnitssediment

1 INDLEDNING

Gundsømagle Sø er en mindre lavvandet sø med et areal på 32 ha og en middeldybde på 1,2 meter. Søen er beliggende i Gundsø Kommune og gennemstrømmes af hovedtilløbet Hove Å. Den tidligere store spildevandstilførsel gennem 20-30 år har bevirket, at søen er blevet overgødsket med næringsstoffer. Den store planteplanktonbiomasse har medført, at undervandsvegetationen forsvandt sidst i 60'erne. Sedimentundersøgelser, foretaget tidligere år i søen, har alle angivet, at sedimentet er overordentligt fosforrigt.

Gundsømagle Sø er en af de 32 søer på landsplan, der er udpeget til at indgå i vandmiljøplanens reviderede overvågningsprogram (NOVA). Hensigten med overvågningsprogrammet er at følge udvikling og tilstand i de danske vandområder intensivt.

I de udpegede søer skal der ifølge NOVA-programmet foretages sedimentundersøgelser mindst hvert 5. år. Sedimentundersøgelser i Gundsømagle Sø er tidligere blevet foretaget i 1992 og 1996.

Roskilde Amtskommune udtog i november 2001 sedimentprøver i Gundsømagle Sø. Sedimentprøverne blev analyseret på ROVESTA i Holbæk.

Undersøgelsesresultaterne er vurderet af Carl Bro as.

2 RESUME OG KONKLUSION

På 3 stationer i Gundsømagle Sø blev der i november 2001 udtaget prøver af sedimentet til analyse for tørstof, glødetab, total fosfor og jern samt fosforfraktionering.

Tørvægtindholdet, glødetabet og jernindholdet i overfladesedimentet (0-5 cm) i Gundsømagle Sø er noget lavere end det, man finder i flertallet af danske søer. Indholdet af total fosfor var derimod højt.

Forholdet mellem jern og fosfor i overfladesedimentet i Gundsømagle Sø var ca. 3, hvilket viser, at sedimentets evne til at binde fosfor til jern er meget lille.

En sammenligning med den tidligere undersøgelse i 1996 viser kun små ændringer i indholdet af tørvægt, glødetab og jern, mens indholdet af total fosfor er steget lidt.

Fosforfraktioneringen viser et stort fald i mængden af adsorberet fosfor og en større stigning i mængden af residual fosfor. Mængden af jernbundet fosfor var stort set uændret i de øverste 2 cm af sedimentet og omtrent halveret fra 5-20 cm's dybde. Mængden af calciumbundet fosfor var steget i de øverste 5 cm af sedimentet, men i øvrigt stort set uændret, bortset fra en forskydning ca. 5 cm nedefter.

De kemiske sedimentanalyser og den visuelle beskrivelse tyder på en fortsat stor sedimenttilvækst i Gundsømagle Sø på ca. 5 cm på 5 år. Analyserne viser et fortsat højt fosforniveau med en mindre øgning i mængden af fosfor, der sedimenterer som ikke mobilt calciumbundet fosfor.

Den udvekselige (mobile) fosforpulje er ud fra fosforfraktioneringen beregnet til 11,3 og 20,8 g/m² i henholdsvis de øverste 5 og 10 cm af sedimentet, når den jernbundne fosfor medregnes i den mobile fosforpulje.

Sammenlignet med de tidligere beregninger af den mobile fosforpulje i Gundsømagle Sø i 1992 og 1996 er den mobile fosforpulje ned til 10 cm's dybde steget væsentligt i perioden fra 1996 til 2001 efter et mindre fald fra 1992 til 1996. For de øverste 5 cm sediment var stigningen mindre i perioden fra 1996 til 2001 efter et væsentligt større fald i den mobile fosforpulje fra 1992 til 1996.

Sammenfattende vurderes det, at fosforfrigivelse fra sedimentet i Gundsømagle Sø kan forekomme fra de øverste 5-10 cm af sedimentet, og at den jernbundne fosfor sandsynligvis indgår i den potentielt mobile pulje. Den potentielt mobile fosforpulje, beregnet ud fra disse forudsætninger, var hhv. 2,9 og 5,3 tons fosfor for de øverste 5 og 10 cm af sedimentet. Den totale fosforpulje i Gundsømagle Sø er beregnet til ca. 4,9 og 10,9 tons i henholdsvis de øverste 5 og 10 cm af sedimentet.

3 SEDIMENTUNDERSØGELSER 2001

3.1 Prøveudtagning

Den 28. november 2001 blev der i Gundsømagle Sø udtaget sedimentprøver med Kajakbundhenter og 1 meter rør på 3 stationer til visuel vurdering og kemisk analyse. Prøvestationerne er vist i figur 3.1.

3.2 Kemisk analyse af sedimentets sammensætning

Udtagningen af prøver på de tre stationer til kemisk analyse blev foretaget efter angivelserne i overvågningsprogrammet, /1/, hvilket vil sige, at der på hver station blev udtaget 3 prøver. Sedimentsøjlerne blev fraktioneret i dybdeintervallerne 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm og 30-40 cm.

Sedimentet fra det samme dybdeinterval fra de 3 søjler på samme station blev efterfølgende puljet og analyseret som én prøve, /1/.

Sedimentet blev analyseret for:

- tørvægt
- glødetab
- adsorberet fosfor (Ads-P)
- jernbundet fosfor (jern-P)
- calciumbundet fosfor (Ca-P)
- total fosfor (tot-P)
- jern

Analyserne er foretaget efter anvisningerne fra DMU, /1/.

Herudover blev der foretaget total fosforanalyse efter ICP-AES metoden. Metoden skulle være mere nøjagtig end den af DMU angivne, men da alle tidligere analyser samt de nuværende fosforfraktioneringer er foretaget efter DMU's retningslinier, /1/, er det som udgangspunkt i nærværende rapport valgt at foretage de videre beregninger på baggrund af fosforanalyser efter DMU's retningslinier, da det vurderes at give det bedste sammenligningsgrundlag i forhold til de tidligere undersøgelser.

Fraktionen residual fosfor (Residual-P) er beregnet som forskellen mellem total fosfor og summen af de øvrige fosforfraktioner og antages at repræsentere organisk bundet fosfor.

3.2.1 Sedimentkarakteristik

Bedømt ud fra beskrivelser af de udtagne sedimentsøjler lignede sedimentet på de 3 prøvestationer hinanden.

Det øverste sedimentlag, ca. 3-5 cm, består af et olivenbrunt lag, højst sandsynligt bestående af nyligt sedimenterede alger og andet organisk materiale (tabel 3.1 og bilag 1). Sedimentet herunder, fra ca. 4 cm's til ca. 17-19 cm's dybde, beskrives som mørk olivenbrun fulgt af et 13-15 cm tykt lag brunt sediment. Herunder var sedimentet på de 2 stationer (A og B) gråt og indeholdt skaldele, mens der på station C fandtes et 5 cm tykt lag gråbrunt sediment fulgt af lysere gråt sediment.

3.3 Sedimentkemi

De sedimentkemiske forhold er i det følgende beskrevet med udgangspunkt i analyseresultaterne for de dybdefraktionerede sedimentsøjler, udtaget på station A, B og C. Analyseresultaterne er vist i tabel 3.1 og i figur 3.2-3.4 samt i bilag 2.

3.3.1 Tørvægt og glødetab

Tørvægten, udtrykt som procent af vådvægt, og glødetabet, udtrykt som procent af tørstof, på de 3 stationer er vist i figur 3.2.

Tørvægten i de øverste cm var lav og steg ned gennem sedimentsøjlen. På alle 3 stationer steg tørvægten markant i den nederste fraktion (30-40 cm), hvilket er i overensstemmelse med, at der her blev registreret ændring af sedimenttype og farve, fra brunt til gråt med skaldele. Tørvægten var generelt en anelse højere på station C end på de 2 andre stationer.

Glødetabet var relativt konstant ned gennem de øverste 20-30 cm af sedimentet, mens det på stor sedimentdybde (30-40 cm) var væsentligt lavere.

Tørvægtindholdet og glødetabet i overfladesedimentet (0-5 cm) i Gundsømagle Sø på hhv. ca. 7% af vådvægten og 24% af tørstoffet er noget lavere end det, man finder i flertallet af danske søer, /2/.

3.3.2 Jern

Jernindholdet i sedimentet i Gundsømagle Sø er vist i figur 3.3.

Sedimentets jernindhold var samlet set ret konstant ned gennem sedimentet, dog med ret varierende profiler på de 3 stationer. Det var således lavere i 10-15 cm's dybde på station A og C og væsentligt lavere i 30-40 cm's dybde på station B. Jernindholdet i overfladesedimentet i Gundsømagle Sø var lavt sammenlignet med, hvad der findes i flertallet af danske søer, /2/.

3.3.3 Fosfor

Fosforindholdet i sedimentet på de 3 stationer er vist i figur 3.4.

Fosforindholdet varierede relativt lidt ned gennem de øverste 30 cm af sedimentet (3,0-4,4 g/kg TV). På større sedimentdybder faldt indholdet af fosfor brat (0,7-1,0 g/kg TV).

Fosforindholdet var størst 10-30 cm nede i sedimentet, men fosforkoncentrationen var næsten lige så stor i det øverste sediment (0-2 cm). Det højere fosforindhold i 10-30 cm's sedimentdybde skyldtes primært en øget forekomst af calciumbundet fosfor og residual fosfor, den fraktion, der almindeligvis tolkes som organisk bundet fosfor. De høje fosforkoncentrationer i det øverste sediment skyldtes derimod primært en øget forekomst af jernbundet fosfor og residual fosfor, fosforfraktioner som sandsynligvis kan frigives fra sedimentet, modsat calciumbundet fosfor, som regnes for ikke mobil.

Total fosforindholdet i overfladesedimentet var højt sammenlignet med, hvad der findes i flertallet af danske søer, /2/.

Ud fra gennemsnittet af de målte totale fosforkoncentrationer på store sedimentdybder (30-40 cm) kan baggrundskoncentrationen af fosfor anslås til knap 0,9 g P/kg tørvægt. De udtagne prøver fra 30-40 cm's dybde indeholdt, vurderet ud fra den visuelle beskrivelse, lidt af det overliggende fosforrige sediment, der strakte sig ned til 31-34 cm's dybde. Det er derfor vurderet, at en baggrundskoncentration på 0,7 g/kg TV, svarende til den lavest målte fosforkoncentration, er realistisk. Dette svarer til den baggrundskoncentration, der tidligere er fundet i sedimentet i Gundsømagle Sø, /3/.

Sedimentprøverne blev analyseret for indholdet af total fosfor med to metoder, efter DMU's retningslinier og ICP-AES. ICP-AES anvendes hyppigt på analyselaboratorierne og giver ofte samme eller højere fosforkoncentration end de der måles ved anvendelse af DMU's retningslinier. Ved denne undersøgelse var bestemmelserne med ICP-AES alle lavere end efter DMU's retningslinier.

ROVESTA, der udførte analyserne, har undersøgt de anvendte procedurer og metoder nærmere og har kun kunnet påvise en væsentlig forskel på analyseresultatet ved anvendelse af forskellige syrer til oplukning af prøverne. Til ICP-AES anvendes salpetersyre, mens der efter DMU's retningslinier anvendes saltsyre. Ved analyse af prøver med ICP-AES fandtes højere fosforkoncentration ved oplukning med saltsyre, end med salpetersyre (Karin Folmer, ROVESTA, pers. komm.). Da det således er sandsynligt, at bestemmelsen af total fosfor med ICP-AES underestimerer mængden af fosfor, er disse analyser ikke behandlet nærmere i denne rapport.

Ved undersøgelse af en række danske ferskvandssøer er det sandsynliggjort, at forholdet mellem mængden af jern og total fosfor i overfladesedimentet er styrende for den aerobe frigivelse af fosfor, idet et Fe:P forhold under 10 gav en relativ stor intern belastning, og et Fe:P forhold over 15 gav en forholdsvis mindre frigivelse, /2/.

I Gundsømagle Sø var Fe:P forholdet ca. 3 i det øverste sediment og varierede kun lidt ned gennem de øverste 30 cm af sedimentet. Sedimentets evne til at jernbinde fosfor er således meget lille.

3.3.4 Korrelationsanalyse

For at undersøge sammenhængen mellem de målte parametre blev der udført en række korrelationsanalyser på de målte koncentrationer. I disse analyser indgik hver enkelt prøve som et selvstændigt datasæt, således at analysen er udført på 21 datasæt, der repræsenterer 3 stationer og 7 sedimentdybder.

Generelt var de enkelte parametre signifikant korreleret med hinanden ($p < 0,1\%$) med undtagelse af alle korrelationer med jernindholdet og med fosforfraktionerne jernbunden fosfor og adsorberet fosfor ($p < 5\%$). Korrelationen mellem de målte parametre og sedimentdybden var også generelt god ($p < 0,1\%$) med undtagelse af jern og adsorberet fosfor ($p > 5\%$) samt calciumbundet fosfor ($p < 5\%$).

Tørvægten var negativt korreleret med glødetab og total fosfor, mens de øvrige parametre var positivt korreleret med hinanden. Dette tyder på, at de målte fosforfraktioner hovedsageligt forekommer i det organiske materiale (glødetabet), mens det uorganiske materiale (størstedelen af tørvægten) indeholder ringe mængder af de målte fosforfraktioner.

Sedimentdybden var negativt korreleret med de målte parametre med undtagelse af tørvægten. Dette skyldes, at sedimentsøjleens dybde svarer til et tidsforløb, hvor det organiske stof gradvist omsættes, og sedimentet bliver mere kompakt. Den ikke signifikante korrelation mellem dybden og adsorberet fosfor skyldes sandsynligvis, at de største koncentrationer af adsorberet fosfor fandtes i 10-30 cm's dybde. Dette tyder på, at sedimentationen på dette tidspunkt i søens udvikling har foregået med en sådan hastighed, at det adsorberede fosfor ikke har kunnet frigives til vandsøjlen. Den ikke signifikante korrelation mellem dybden og jern skyldes sandsynligvis, at tilførslen af jern til sedimentet i Gundsømagle Sø har været relativt konstant, men kan også skyldes at jern kan frigives fra sedimentet.

4 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØGELSER

I forbindelse med udtagning af sedimentprøver er der i 1992, 1996 og 2001 anvendt de samme stationer. I 1992 blev prøverne udtaget med en kajakhenter med stempelstang, således at røret var lukket foroven under nedpresning i sedimentet, mens der i 1996 og 2001 blev anvendt kajakhenter, der var åben under prøveudtagningen. Dette kan have medført forskelle i de udtagne sedimentprøver mellem 1992 og de følgende 2 gange, hvorfor denne sammenligning hovedsageligt vil være baseret på 1996 data.

Når det gennemsnitlige sedimentprofil fra undersøgelsen i 1996, /3/, sammenlignes med denne undersøgelse (tabel 4.1) er tørvægten og glødetabet stort set uændret, men med lidt lavere tørvægt i de øverste cm af sedimentet og lidt lavere glødetab på 5-20 cm's dybde.

Fosforfraktioneringen viser et stort fald i mængden af adsorberet fosfor, der forekom i meget store mængder i 1996, i alle dybder med undtagelse af 30-40 cm. Dette fald modsvares af en endnu større stigning i mængden af residual fosfor. Denne ændring skyldes sandsynligvis de anvendte analysemetoders store følsomhed for variationer i procedurer mv., idet en indbygning af fosfor i organisk materiale på sedimentdybder over 20 cm næppe er sandsynlig.

Mængden af jernbundet fosfor var stort set uændret i de øverste 2 cm af sedimentet, mens den var omtrent halveret fra 5-20 cm's dybde. Dette kan tolkes som en mobilisering af fosfor fra de dybere lag, kombineret med en stort set uændret tilførsel af jernbundet fosfor, men frigivelse af fosfor fra dybder over 5-10 cm er ikke almindelig, så også her kan usikkerheden i forbindelse med analysemetoden spille ind.

Mængden af calciumbundet fosfor var steget i de øverste 5 cm af sedimentet og stort set uændret i de følgende 15 cm, men dog med den modifikation, at koncentrationerne var forskudt 5 cm nedefter. Dette indikerer en sedimenttilvækst på ca. 5 cm på 5 år, hvilket er en stor tilvækst, men stemmer godt overens med de visuelle beskrivelser, der viser en sedimenttilvækst på 2-5 cm, bedømt ud fra længden af sedimentsøjlerne. Desuden indikerer det, at de forhold, der betinger stor sedimentation af calciumbundet fosfor, tilsyneladende har fået øget eller uændret betydning siden 1996, men dog ikke er på niveau med tidligere tider, som afspejlet i koncentrationen af calciumbundet fosfor i sedimentdybderne 10-20 cm. Det er sandsynligvis en kombination af store mængder fosfor og høj pH samt tilgængelig calcium der betinger udfældning af calciumbundet fosfor.

Mængden af total fosfor var, i lighed med calciumbundet fosfor, steget i de øverste 5 cm og ellers stort set uændret, men med en forskydning ca. 5 cm nedefter.

Mængden af jern var faldet en anelse i de øverste 20 cm af sedimentet.

Når analyseresultaterne for den enkelte station sammenlignes, fremtræder det samme billede, men dog ikke for mængden af jern, der varierede lidt mere i 2001 end i 1996.

Sammenfattende tyder sedimentanalyserne på en fortsat stor sedimenttilvækst i Gundsømagle Sø og et fortsat højt fosforniveau med en mindre øgning i mængden af fosfor, der sedimenterer som ikke mobilt calciumbundet fosfor. Mængden af jernbundet fosfor kan tolkes som en mobilisering af fosfor fra sedimentlag ned til 15-20 cm's dybde, men dette stemmer dårligt overens med tidligere undersøgelser, og den generelle erfaring, /2/, så også her kan usikkerheden i forbindelse med analysemetoden spille ind.

5 POTENTIEL FOSFORFRIGIVELSE

5.1 Beregningsgrundlag

Variationerne mellem de kemiske parametre på de 3 stationer var forholdsvis små. Det er derfor valgt at basere beregningen af den potentielt mobile fosforpulje på et gennemsnit af de beregnede koncentrationer pr. m^3 .

De gennemsnitlige koncentrationer i sedimentet er vist i tabel 5.1 og de beregnede koncentrationer pr. m^3 og i et gennemsnitssediment er vist i bilag 3.

Fosfor i sedimentet kan opdeles i fastbundet og udvekseligt (mobilt) fosfor. Det er især den del af fosformængden, der er mobil, der har interesse, idet denne kan frigives til vandfasen.

Til beregning af den potentielt udvekselige fosforpulje er rumvægten af sedimentet estimeret på baggrund af tørstof- og glødetabsbestemmelserne. Sedimentets rumvægt i Gundsømagle Sø varierede fra $1,08 \text{ t/m}^3$ i overfladen til $1,40 \text{ t/m}^3$ på 30-40 cm sedimentdybde. Med udgangspunkt i rumvægten og tørvægtskoncentrationerne i sedimentet blev volumenkoncentrationerne for den enkelte station beregnet (bilag 3).

Ud fra de beregnede volumenkoncentrationer blev volumenkoncentrationen i et gennemsnitssediment beregnet ud fra antagelser vedrørende den enkelte stations repræsentativitet for den samlede søbund. Det blev antaget, at hver station repræsenterede 1/3 af bunden dækket af sediment. De beregnede koncentrationer fremgår af tabel 5.1.

VOLUMENKONCENTRATION I Gennemsnitssedimentet							
DYBDE	Ads-P	Jern-P	Ca-P	Residual-P	Total-P	Jern	=Tot-P- baggrund
cm	g/m^3	g/m^3	g/m^3	g/m^3	g/m^3	g/m^3	g/m^3
0 - 2	5,8	56,9	155,2	94,6	313,7	852	260,2
2 - 5	6,5	60,3	153,8	204,6	423,1	1432	344,4
5 - 10	6,0	49,5	284,8	133,8	476,0	1637	377,9
10 - 15	11,7	46,9	368,8	165,5	598,3	1592	485,7
15 - 20	25,7	55,1	519,1	180,0	773,9	2247	646,9
20 - 30	22,5	53,9	458,7	227,0	760,6	2656	610,2
30 - 40	7,9	29,4	144,2	131,7	317,7	3398	56,3

Tabel 5.1 Den beregnede volumenkoncentration i gennemsnitssedimentet i Gundsømagle Sø 2001.

5.2 Mobil fosforpulje

Den potentielt mobile fosforpulje antages hovedsageligt at være knyttet til den adsorbere- de fosfor (Ads-P) og den letomsættelige organisk bundne fosfor. I Gundsømagle Sø er der ikke analyseret for organisk bundet fosfor, der repræsenterer den svært omsætteligt orga- nisk bundne fraktion, hvorfor fraktionen residual fosfor omfatter både den letomsættelige og den svært omsættelige organisk bundne fosfor. I lighed med ved tidligere undersøgel- ser kan det dog med rimelighed antages, at størstedelen af residual fosfor i de øverste 10- 20 cm af sedimentet er letomsætteligt organisk bundet fosfor. Den jernbundne fosfor (Jern-P) henregnes ligeledes til den mobile fosforpulje, men fosforfrigivelsen fra denne pulje er afhængig af redoxforholdet i og ved sedimentoverfladen, /2/. Det er vanskeligt at bestemme redoxforholdet lige ved sedimentoverfladen.

Der er, på baggrund af erfaringer fra søer, opstillet 3 alternativer for beregning af den mo- bile fosforpulje i Gundsømagle Sø:

1. den jernbundne fosfor er ikke mobil, alternativ 1,
2. den jernbundne fosfor er mobil, alternativ 2,
3. hele puljen af fosfor, større end baggrundskoncentrationen, er mobil, alternativ 3.

Den mobile fosforpulje i Gundsømagle Sø, beregnet efter de 3 alternativer, fremgår af ta- bel 5.2.

Baggrundskoncentrationen er anslået til 0,7 g P/kg tørvægt og antages at repræsentere en tilstand, hvor Gundsømagle Sø ikke var væsentligt påvirket af menneskets aktiviteter i oplandet.

FRIGIVELIG FOSFORPULJE			
DYBDE cm	Alternativ 1 g/m ²	Alternativ 2 g/m ²	Alternativ 3 g/m ²
0 - 2	2,0	3,1	5,2
0 - 5	8,3	11,3	15,5
0 - 10	15,3	20,8	34,4
0 - 15	24,2	32,0	58,7
0 - 20	34,5	45,0	91,1
0 - 30	59,4	75,3	152,1
0 - 40	73,4	92,3	157,7

Tabel 5.2 Den mobile fosforpulje i Gundsømagle Sø 2001 beregnet efter 3 alternativer. I alternativ 1 er den mobile pulje beregnet som Ads-P + Residual-P, i alternativ 2 som Ads-P + Residual-P + Jern-P og i alternativ 3 som Total-P - baggrunds- koncentrationen (0,7 g/kg TV).

Erfaringen fra en lang række søer viser, at fosforfrigivelsen fra sedimentet finder sted ned til 5-10 cm's dybde, /2/. Idet sedimentet i Gundsømagle Sø var relativt løst, og da mæng- den af jernbundet fosfor på sedimentdybder over 10 cm tilsyneladende er faldet lidt over

de seneste 5 år, er det muligt, at fosforfrigivelse kan forekomme fra lidt større dybder. Dette stemmer dog ikke overens med tidligere undersøgelser og sammenligninger med massebalancer, der indikerede en frigivelse fra de øverste 5 cm af sedimentet, /3/.

Den udvekselige (mobile) fosforpulje kan ud fra fosforfraktioneringen (alternativ 1 og 2) beregnes til mellem 8,3 og 11,3 g/m² i de øverste 5 cm af sedimentet og mellem 15,3 og 20,8 g/m² i de øverste 10 cm af sedimentet. Det fremgår heraf, at det har stor betydning, hvorvidt den jernbundne fosfor medregnes i den mobile fosforpulje eller udelades. Med et samlet areal på 32 ha., hvoraf ca. 80% er dækket med sediment, /3/, kan den samlede potentielt frigivelige fosforpulje beregnes til mellem 2,1 og 2,9 tons fosfor i de øverste 5 cm og mellem 3,9 og 5,3 tons i de øverste 10 cm, afhængigt af om den jernbundne fosfor henregnes til den mobile pulje.

Den mobile fosforpulje, beregnet ud fra den totale fosforkoncentration og baggrundskoncentrationen (alternativ 3), var ca. dobbelt så stor som beregnet efter de to andre alternativer. Beregningen ud fra baggrundskoncentrationen må betragtes som usikker i Gundsømagle Sø, da den calciumbundne fosfor udgør en stor del af den samlede fosforpulje og ikke er mobil.

Den totale fosforpulje i Gundsømagle Sø kan, under anvendelse af de samme antagelser vedrørende sedimentets fordeling, beregnes til ca. 4,9 og 10,9 tons i henholdsvis de øverste 5 og 10 cm af sedimentet.

5.3 Vurdering af fosforfrigivelsen i Gundsømagle Sø

Den potentielt mobile fosforpulje pr. volumen- og arealenhed i Gundsømagle Sø er høj sammenlignet med, hvad der generelt findes i søer med et moderat jernindhold, der har været fosforbelastede.

Jern-/fosforforholdet i overfladesedimentet på 3 er lavt. Dette betyder, at en øget fosforbelastning kan medføre en væsentlig stigning i den interne belastning, da sedimentets jernbindingskapacitet er opbrugt.

Ved de tidligere undersøgelser af sedimentet i Gundsømagle Sø i 1992 og 1996, /3/, blev den mobile fosforpulje ned til 10 cm's dybde beregnet til hhv. 17,1 og 16,1 g/m², mens den i 2001 blev beregnet til 20,8 g/m², når den jernbundne fosforpulje medregnes til den mobile pulje. Altså en væsentlig stigning efter et mindre fald i den mobile fosforpulje.

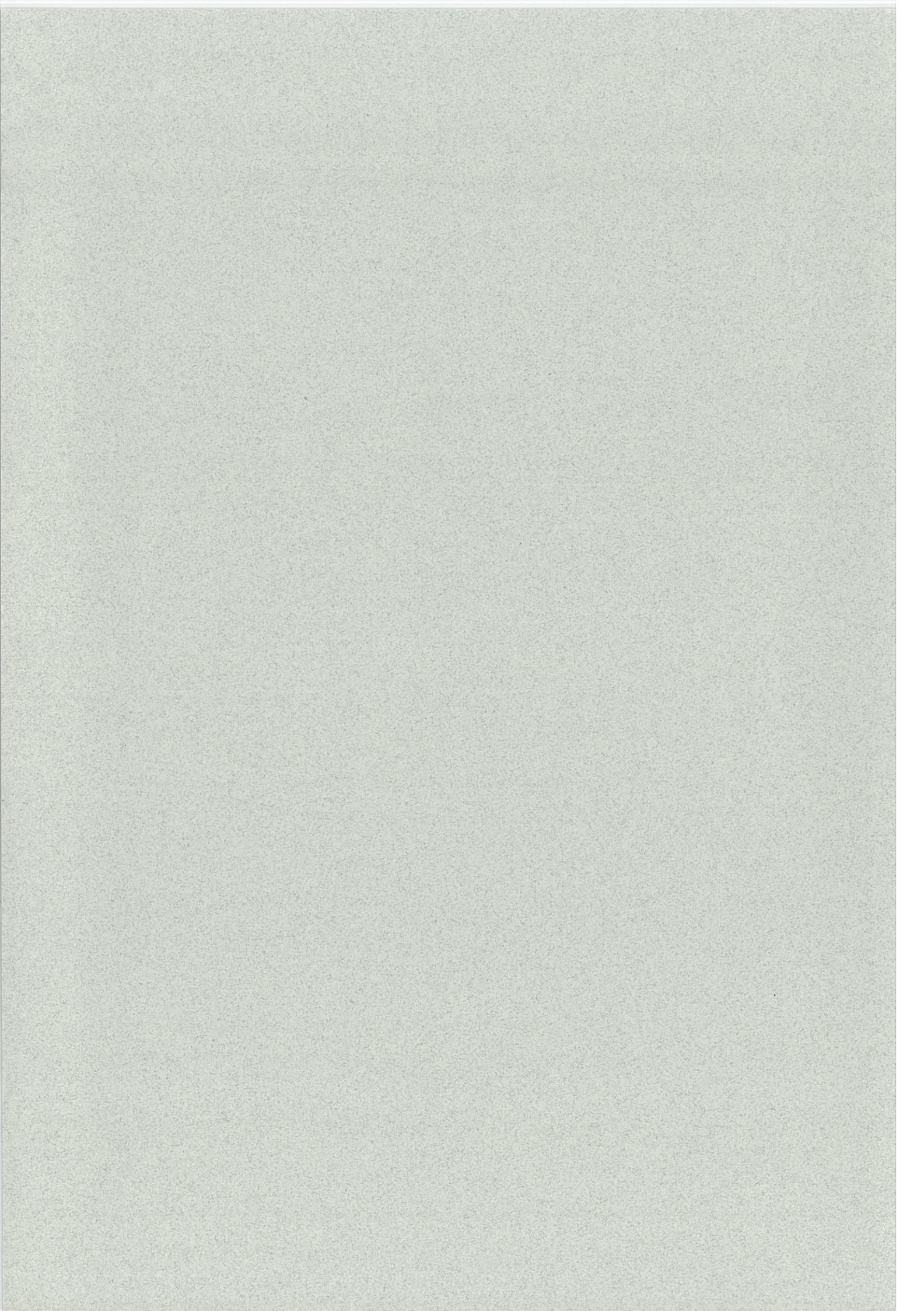
Hvis der alene beregnes for de øverste 5 cm sediment, fås derimod 14 og 7 g/m² i henholdsvis 1992 og 1996, mens der i 2001 fås 11,3 g/m², når den jernbundne fosforpulje medregnes til den mobile pulje. Altså en stigning efter et væsentligt fald i den mobile fosforpulje.

Den øgede mobile fosforpulje skyldes primært en øget forekomst af residual fosfor.

Sammenfattende vurderes det, at fosforfrigivelse fra sedimentet i Gundsømagle Sø kan forekomme fra de øverste 5-10 cm af sedimentet, og at den jernbundne fosfor sandsynligvis indgår i den potentielt mobile pulje. Den potentielt mobile fosforpulje, beregnet ud fra disse forudsætninger, var hhv. 2,9 og 5,3 tons fosfor for de øverste 5 og 10 cm af sedimentet.

6 **REFERENCER**

- /1/ Prøvetagning og analysemetoder i søer. Overvågningsprogram. DMU, Afdelingen for ferskvandsøkologi, 1990.
- /2/ Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C9, 1990.
- /3/ Sedimentundersøgelser i Gundsømagle Sø 1996. Udarbejdet for Roskilde Amt af Carl Bro as 1997.



Roskilde Amt . Køgevej 80 . 4000 Roskilde . Tlf. 46 32 32 32