



SØER 2013

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 122

2015



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

SØER 2013

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 122

2015

Rikke Bjerring
Liselotte Sander Johansson
Martin Søndergaard
Erik Jespesen
Torben Linding Lauridsen
Ane Kjeldgaard
Lisbet Sortkjær
Jørgen Windolf
Jens Bøgestrand

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 122
Titel:	Søer 2013
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Rikke Bjerring, Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard, Torben Linding Lauridsen, Ane Kjeldgaard, Lisbet Sortkjær, Jørgen Windolf & Jens Bøgestrand
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2015
Redaktion afsluttet:	December 2014
Faglig kommentering:	Naturstyrelsen
Kvalitetssikring, DCE:	Poul Nordemann Jensen
Finansiel støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Bjerring, R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L., Windolf, J. & Bøgestrand, J. 2015. Søer 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 74 s. - Videnskabelig rapport fra Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 122 http://dce2.au.dk/pub/SR122.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2013 og beskriver udviklingen i udvalgte kemiske og fysiske miljøindikatorer siden overvågningens begyndelse i 1989 i 15 af de søer, der indgår i kontrolovervågning af søers udvikling. Miljøtilstanden er generelt forbedret siden 1989. Forbedringerne ses tydeligst i de vandkemiske indikatorer, og fortrinsvis i det første årti af overvågningsperioden. Rapporten giver yderligere en status over tilstanden i 88 søer indeholdt i kontrolovervågning af søers tilstand undersøgt i perioden 2011-2013. Søerne repræsenterer flere søtyper og næringsstofniveauer. De to hyppigst forekommende søtyper (ferske, alkaline, hhv. lavvandede og dybe søer) udgør 80 % af søerne og må gennemsnitligt set betegnes som næringsrige, men i begge typer ses en tendens til et generelt fald i næringsstofniveau siden 2004-2009. Rapporten giver også en overordnet status for tilstanden i søer, der indgår i den operationelle overvågning som er i risiko for ikke at opfylde målsætningen i 2015 (273 søer). Disse søer repræsenterer ni søtyper. Generelt er spændet for tilstand indenfor søtyperne stort. For de hyppigst forekommende typer gives en overordnet status.
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan, NOVANA
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Martin Søndergaard
ISBN:	978-87-7156-099-2
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	74
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR122.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord	5
1 Sammenfatning	6
2 Undersøglesprogrammet	10
2.1 Kontrolovervågning	11
2.2 Operationel overvågning	15
3 Kontrolovervågning af søernes udvikling	18
3.1 Generel karakteristik	18
3.2 Fosfor	20
3.3 Kvælstof	23
3.4 Klorofyl a	27
3.5 Sigtdybde	31
3.6 Næringsstofkilder og -balancer	32
4 Kontrolovervågning af søernes tilstand	50
4.1 Generel tilstand	50
4.2 Udviklingstendenser	55
5 Operationel overvågning af søernes tilstand	61
5.1 Generel tilstand	61
6 Klima og afstrømning	67
6.1 Temperatur og global indstråling	67
6.2 Nedbør	70
6.3 Afstrømning	70
6.4 Vindforhold	71
7 Referencer	72

[Tom side]

Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2013.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og videngrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luften.

DCE har som en væsentlig opgave for Miljøministeriet at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE med bidrag fra Institut for Bioscience og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren samt arter og naturtyper.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Naturstyrelsen. Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for punktkilder hos Naturstyrelsen, mens fagdatacentre for vandløb, søer, marine områder, landovervågning samt arter og naturtyper er placeret hos Institut for Bioscience, Aarhus Universitet og fagdatacentret for atmosfæren hos Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af fagdatacenter for ferskvand i samråd med Naturstyrelsen, hvor rapporten har været i høring. Rapporten er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsens decentrale enheder.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes sammen med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i Vandmiljø og natur 2013, som udgives af DCE, GEUS og Naturstyrelsen.

1 Sammenfatning

I 2013 indgik 48 søer i kontrolovervågningen. Heraf var 18 søer omfattet af kontrolovervågningen af søernes udvikling og 30 var omfattet af kontrolovervågningen af søernes tilstand. Søernes tilstand spænder fra helt rene til stærkt forurenede som følge af eksisterende eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Der indgik 41 ferskvandssøer (heraf 16 i kontrolovervågningen af udvikling og 25 i kontrolovervågningen af tilstand) og syv brakvandssøer (to i kontrolovervågningen af udvikling og fem i kontrolovervågningen af tilstand). I alt er der i 2011-2013 undersøgt 88 søer, der er indeholdt i programmet for kontrolovervågning af tilstand.

Naturstyrelsens decentrale enheder forestår den standardiserede prøveindsamling. Alle indsamlede data indberettes til Fagdatacenter for ferskvand, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udvikling. Dette års rapport omfatter resultater for udviklingstendenser i perioden fra 1989 til 2013 i 15 af de 18 søer, som er omfattet af kontrolovervågning af udvikling. For de resterende tre søer er der ikke tilstrækkelig lang tidsserie med data til at kunne indgå i en beskrivelse af udviklingen; derfor behandles disse søer enkeltvis. Derudover gives der en kortere status for miljøtilstanden og udviklingen i de 88 søer, som er omfattet af kontrolovervågning af tilstand og som er undersøgt i perioden 2011-2013. Endelig gives, efter ønske fra Naturstyrelsen, en kort status over miljøtilstanden af de 273 søer, som indgår i det operationelle program og som er undersøgt i perioden 2011-2013. Tabel 1.1 giver en overordnet oversigt over parametre, der er målt som indikatorer for miljøtilstanden i de undersøgte overvågnings søer.

Tabel 1.1. Parametre, der er målt som indikatorer for miljøtilstanden i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning ud fra udvalgte nøgleparametre. Der er angivet medianværdier for sommerperioden. Tilstanden i de operationelt overvågede søer, som er søer der ikke forventes at opfylde målsætningen, fremstår generelt som værende i ringere tilstand end søer, der indgår i kontrolovervågningen. Den generelt bedste tilstand ses i de 18 søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling. Det skal bemærkes at antallet af søer og den indbyrdes fordeling af søtyper indenfor grupperne har indflydelse på oversigten. For mere nuanceret gennemgang se under de relevante delafsnit.

Parameter	Kontrolovervågning	Kontrolovervågning	Operationel
	af udvikling	af tilstand	overvågning
Undersøgelsesår	2013	2011-2013	2011-2013
Antal søer	18	89*	273
Totalfosfor søkoncentration (mg P/l)	0,036	0,072	0,093
Totalkvælstof søkoncentration (mg N/l)	0,40	0,96	1,09
Sigt dybde (m)	2,0	1,0	0,8
Klorofyl a (µg/l)	30	39	44
Farvetal (mg Pt/l)	22	27	35

* Én sø indgår med to bassiner i kontrolovervågning af tilstand, således at værdierne er et gennemsnit af 89 observationer

Fosforkoncentrationen i de 15 søer i kontrolovervågningen af søernes udvikling med lang tidsserie var i 2013 64 % (årgennemsnit) lavere end niveauet for de første seks år af overvågningsperioden (1989-1994). Det mest markante fald er sket i den første del af overvågningsperioden og i de mest belastede søer. Af de 15 søer har der været et signifikant fald i totalfosforkoncentrationen i sommerperioden i 12 af søerne set over hele overvågningsperioden 1989-2013. I seks af søerne, gør dette sig også gældende for de seneste 10 år (tabel 1.2).

Tabel 1.2. Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre (sommergennemsnit) i miljøtilstanden i 15 af de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling, der er undersøgt siden 1989 for hele overvågningsperioden (1989-2013) og de seneste 10 år (2004-2013).

Parameter	1989-2013			2004-2013		
	Forbedret	Forværret	Uændret	Forbedret	Forværret	Uændret
Totalfosfor koncentration	12	0	3	6	0	9
Totalkvælstof koncentration	13	0	2	12	0	3
Klorofyl <i>a</i>	7	2	6	2	2	11
Sigtdybde	9	1	5	0	1	14

Ligeledes for totalkvælstofniveauet har der været et generelt fald i søerne siden 1989. Årgennemsnittet og medianen i 2013 var hhv. 48 % og 51 % lavere end for perioden 1989-1994, mens faldet var mere begrænset (hhv. 14 og 25 %) sammenlignet med seneste del af overvågningsperioden (2007-2012). På enkelt sø-niveau har 13 af de 15 søer undergået en signifikant reduktion i indholdet af totalkvælstof (sommerværdier) siden 1989. Denne tendens har også været gældende for de seneste 10 år for 12 af de 15 søer (tabel 1.2).

Der er sket en reduktion i indholdet af klorofyl *a* i de intensivt overvågede søer med de højeste klorofylkoncentrationer; årgennemsnittet for søerne er reduceret fra et niveau på ca. 60 µg klorofyl *a*/l i begyndelsen af overvågningsperioden til 26 µg klorofyl *a*/l i 2013.

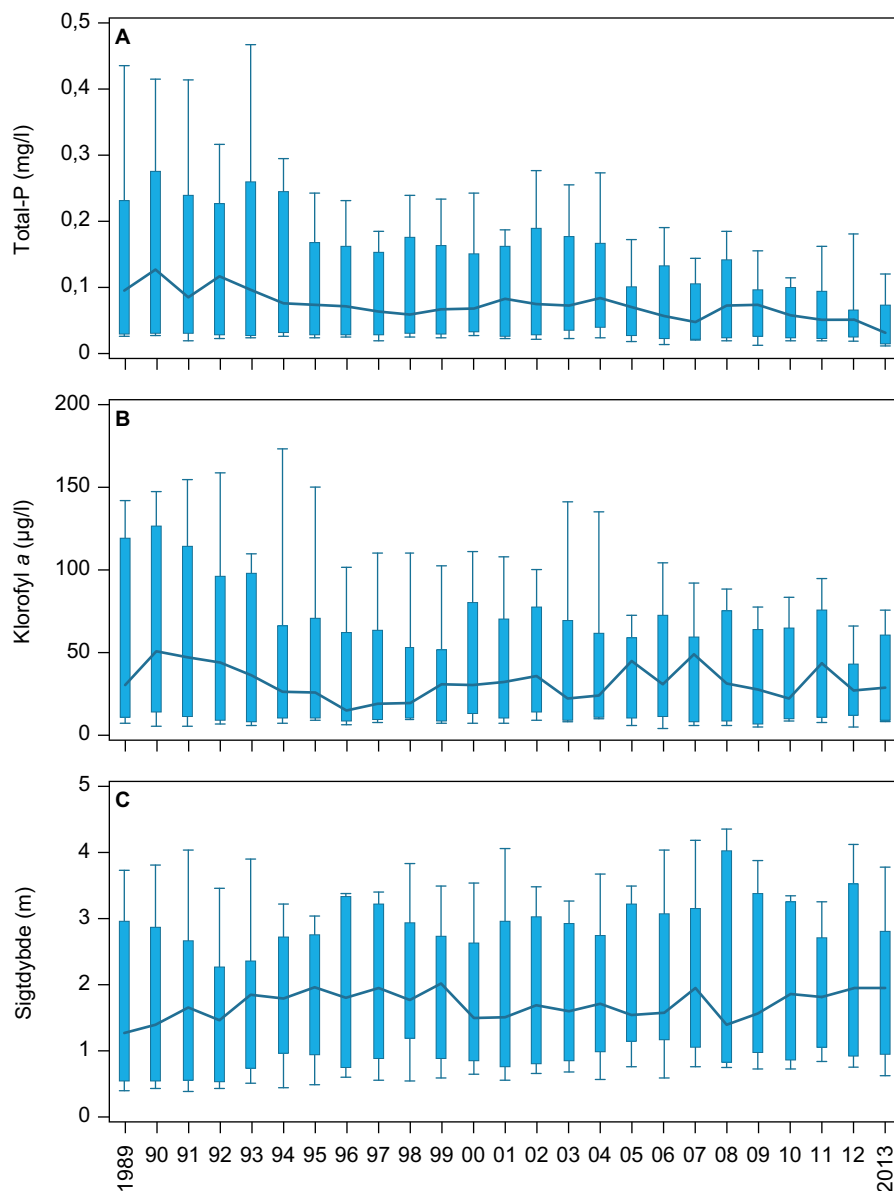
Det reducerede klorofylniveau i de mest belastede søer har resulteret i en forbedring af sigtdybden i denne kategori af søer (figur 1.1). Blandt de 15 intensivt overvågede søer er der ni søer, som har opnået en signifikant forbedret sigtdybde siden 1989, mens der ikke er set signifikant forbedring de seneste 10 år for nogen af søerne (tabel 1.2).

Udviklingen i totalfosfor, klorofyl *a* og sigtdybde er afbildet på figur 1.1

Samlet set kan miljøtilstanden, vurderet ud fra de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration) samt sigtdybde og dermed søens klarhed, siges at være forbedret siden 1989 i de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling i søer og som er undersøgt intensivt siden 1989. Ændringerne er hovedsageligt sket i første del af overvågningsperioden og især for de mest belastede søer. Ses på de seneste 10 år har størstedelen af søerne oplevet et signifikant fald i koncentrationen af totalkvælstof.

For 10 af de intensivt overvågede søer, med veldefinerede vandbalancer, er stofbalancer og kildeopsplitning opgjort. Generelt er både koncentrationen af kvælstof og fosfor, der løber til og fra søerne, signifikant reduceret i størstedelen af søerne, for fosfor specielt i den første del af overvågningsperioden, som et resultat af reducerede belastninger fra rensningsanlæg. Fosforkoncentrationen i vandet, der løber til og fra søerne har derfor ikke i samme grad udvist samme faldende tendens de seneste 10 år. Derimod ses for kvælstof generelt en vedvarende faldende tendens i koncentrationen i vandet, der strømmer til og fra søerne i overvågningsperioden. Således er den gennemsnitlige koncentration for fosfor og kvælstof i tilført vand hhv. faldet med 22 og 22 % mellem perioderne 1990-94 og 1995-00, mens faldet ligger på hhv. 7-10 og 13-15 % mellem perioderne 1995-00 til 2001-06 og 2001-06 til 2007-2012. Også den absolutte tilførsel af kvælstof og fosfor til søerne er reduceret. Derimod viser den relative tilbageholdelse store fluktuationer og viser generelt ingen markante ændringer i overvågningsperioden. Tilbageholdelsen er dog steget i hhv. fire og fem søer set over hele overvågningsperioden for fosfor og kvælstof.

Figur 1.1. Udviklingen i søkoncentrationen af A: totalfosfor (mg/l), B: klorofyl *a* (µg/l) og C: sigtddybde (m) ud fra sommergennemsnit i 15 af de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling og som har været undersøgt siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



De 88 søer, der i 2011-2013 indgik i kontrolovervågning af søernes tilstand, repræsenterede syv søtyper, heraf ni brakvandssøer og ni lav-alkaline søer, hvoraf én er dyb. Størstedelen af søerne er ferske, alkaline og lavvandede (58) eller dybe (21) søer. Den overordnede tilstand for alle søerne ses af tabel 1.1. Tilstanden i de 50 lavvandede, alkaline søer er overordnet næringsrig med en sommermedian på 0,09 mg P/l, sigtddybde på 0,9 m og klorofyl *a* koncentration på 51 µg/l (tabel 4.2). De højeste planteplanktonbiomasser blev observeret i de mest næringsrige søer og bestod overvejende af blågrønalger. Plantedækket var relativt lavt (median 7,5 % plantedækket areal) og fiskesammensætningen generelt domineret af karpfisk (skalle, brasen og rudskalle). Sammenlignet med perioden 2004-2009 er der i perioden 2010-2013 sket et signifikant fald i total fosfor og total kvælstof koncentrationer samt en signifikant stigning i plantedækket areal og antal plantearter. Næringsstofniveauet i de dybe, alkaline søer er overordnet lidt lavere end i de lavvandede søer med en sommermedian for totalfosfor på 0,06 mg P/l, sigtddybde på 2,0 m og klorofyl *a* koncentration på 20 µg/l. Planteplankton bestod overvejende af blågrønalger og furealger og undervandsvegetationen var relativt sparsom (median 4,5 % plantedækket areal). Medianen for fisketætheden er lavere end i de lavvandede

søer (43 %) og domineret af karpefisk, men med en større andel af rovfisk end i de lavvandede søer. Sammenlignet med perioden 2004-2009 er der som for de lavvandede, alkaline søer sket et signifikant fald i koncentrationen af totalfosfor og totalkvælstof. Andre positive tegn er en signifikant stigning i plantedækket areal og plantedybdegrænse samt i den relative andel af rovfisk større end 10 cm. Tendenserne må dog tages med forbehold pga. det begrænsede antal søer i analysen.

Der er i år givet en kort status for tilstanden i de 273 søer, der indgår i det operationelle program, og som er undersøgt i perioden 2011-2013. Søerne repræsenterer i alt ni søtyper, hvor der for de hyppigst forekommende søtyper er givet en generel tilstand. Det er vigtigt at understrege, at søerne i det operationelle program ikke er repræsentative for de danske søer som helhed, idet søerne ikke er tilfældigt udvalgt men udvalgt på baggrund af, at de er vurderet til at være i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet i 2015 (Den Europæiske Union, 2000). Derudover er der indtil nu undersøgt ca. 65 % af de søer, der kommer til at indgå i det operationelle program i programperioden 2011-2015. Disse søer er ikke nødvendigvis et repræsentativt udsnit af søerne i det operationelle program. Taget over én kam er søerne i det operationelle program næringsrige og tilstanden svarer stort set til den observeret for søer, der indgår i kontrolovervågning af tilstand (tabel 1.1). Den hyppigste søtype er de lavvandede, alkaline, ikke-brunvandede søer (108 stk.), som generelt er næringsrige, men som også spænder bredt fra næringsfattige søer til søer i meget dårlig tilstand. Næringsstofniveauet i deres brunvandede panderter (37 søer) er mindst ligeså højt, men dog med relativt flere søer med et plantedækket areal af betydning. Dette kan skyldes, at disse søer generelt er mere lavvandede end de ikke-brunvandede søer. De 49 dybe, alkaline ikke-brunvandede søer er mere næringsfattige end de lavvandede søer, og status er tilsvarende den observeret i dybe, alkaline søer, der indgår i kontrolovervågning af tilstand. De mest næringsfattige søer er de lavalkaline, ikke-brunvandede søer (9 stk.), der bl.a. er dannet af vandfyldte, nedlagte brunkulslejer, som er meget næringsfattige. De brunvandede, lavalkaline søer (17 stk.) er mere næringsrige med højt indhold af klorofyl *a* og lav sigtddybde (40 cm). Brakvandssøerne (52 stk.) er generelt de mest næringsrige søer i programmet, specielt de brunvandede (16 stk.), hvis sommermedian for total fosfor er 0,42 mg/l.

2 Undersøgelserprogrammet

Siden vedtagelsen af Vandmiljøplan 1 i 1988 er der sket løbende tilpasninger af overvågningsprogrammerne. I perioden 1989-1997 omfattede overvågningsprogrammet 37 søer >5 ha, hvori der hvert år blev foretaget intensive kemiske/fysiske og biologiske undersøgelser. Kemiske/fysiske undersøgelser og planktonundersøgelser blev i hver sø foretaget to gange pr. måned om sommeren og én gang pr. måned om vinteren – i alt 19 gange. Derudover blev der årligt foretaget planteundersøgelser, mens fiskeundersøgelser blev foretaget hvert femte år i hver sø. I perioden 1998-2003 var antallet af søer reduceret til 31. I 2004, hvor den første NOVANA periode trådte i kraft, og i årene derefter, blev antallet af intensivt undersøgte søer reduceret yderligere, således at der i 2010 var 15 søer tilbage. Samtidig skete der en reduktion i frekvensen af de biologiske undersøgelser, således at planteundersøgelser nu foretages hvert tredje år og fisk- og planktonundersøgelser hvert sjette år. I 2011 blev programmet udvidet med tre søer (hvoraf to søer tidligere har indgået i programmet), således at der nu foretages intensive undersøgelser i "Kontrolovervågning af søernes udvikling" (se nedenfor) i 18 søer.

Samtidig med reduktionen i antallet af de intensivt undersøgte søer (som var indeholdt i "Det intensive program") blev der i 2004 iværksat et mere ekstensivt undersøgelsesprogram med månedlige sommerprøvetagninger ("Det ekstensive program"), hvor søer <5 ha blev inddraget. Det ekstensive program dækkede indtil 2008 tre størrelseskategorier: >5 ha (Ekstensiv-1 søer), 0,1-5 ha (Ekstensiv-2 søer) og 0,01-0,1 ha (Ekstensiv-3 søer) og omfattede i gennemsnit årligt 69 Ekstensiv-1 søer, 66 Ekstensiv-2 og 71 Ekstensiv-3 søer. I perioden 2004-2010 blev der således foretaget ekstensive undersøgelser i sammenlagt 771 søer. Fra 2008 blev omfanget af overvågningen af søer <5 ha reduceret, og søer i denne størrelsesgruppe bliver nu alene undersøgt i Naturtypeprogrammet.

I 2010 blev dele af det tidligere program (NOVANA 2004-2009) videreført som et "ekstra år" i den første NOVANA periode, idet data fra de undersøgte stationer samtidig indgår som en del af programmet for 2011-2015.

Fra og med 2011 trådte den nye NOVANA periode i kraft. De væsentligste behov for overvågning af søer gennemføres nu med udgangspunkt i de to EU direktiver, "Vandrammedirektivet" (Den Europæiske Union, 2000) og "Habitatdirektivet" (Den Europæiske Union, 1992). Således omfatter overvågningen i perioden 2011-2015 dels en *kontrolovervågning* og dels en *operationel overvågning* af søer >5 ha. Søer <5 ha er omfattet af naturtypeovervågningen, der er defineret i "Habitatdirektivet" (Den Europæiske Union, 1992).

Kontrolovervågningen har til formål at "tilvejebringe dokumentation for søernes tilstand, den generelle udvikling i søerne samt vurdere naturlige eller menneskabte langtidsændringer. Desuden skal den medvirke til, at fremtidige overvågningsprogrammer kan udformes effektivt". (Naturstyrelsen, 2011). Nærmere beskrivelse af kontrolovervågningen findes i afsnit 2.1.

Den operationelle overvågning skal give "datagrundlaget til at vurdere tilstand for de søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet i 2015. Desuden skal overvågningen bidrage med datagrundlag til at vurdere den nødvendige indsats" (Naturstyrelsen, 2011). Undersøgelserne i den operatio-

nelle overvågning omfatter vandkemiske og fysiske undersøgelser, måling af klorofyl *a*, sedimentundersøgelser samt undersøgelse af vandplanter. Søerne i denne overvågning er udpeget af Naturstyrelsen og omfatter i alt ca. 400 søer >5 ha samt ca. 1800 søer <5 ha (naturtypesøer). Nærmere beskrivelse af den operationelle overvågning findes i afsnit 2.2.

Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er med baggrund i de tilgængelige ressourcer tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. undersøgte variable, frekvenser og antal af søer. Måleprogrammerne er opnået ved at sammenstille de hidtidige erfaringer fra søovervågningsprogrammet, bl.a. igennem en statistisk optimering (Larsen et al., 2002), tidligere erfaringer ved opstilling af undersøgelsesprogrammer for søer (Søndergaard et al., 1999), ligesom et internationalt evalueringspanel har givet anbefalinger vedrørende disse forhold.

2.1 Kontrolovervågning

En oversigt over kontrolovervågningen findes i tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kontrolovervågning – antal søer

Kontrolovervågning	Antal søer pr. år	Antal søer i perioden 2011 – 2015
Økologisk og kemisk tilstand		
Tilstand (søer > 5ha)	30	150
Udvikling (søer > 5ha)	18	18
Naturtyper		
Vandhuller og småsøer (0,01-1 ha)	35	175
Søer mellem 1 og 5 ha	35	175

2.1.1 Tilstand (søer >5 ha)

Til overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand, gennemføres der undersøgelser i 30 søer >5 ha hvert år, dvs. i alt 150 søer, i perioden 2011-2015. En del af søerne vil i forbindelse med det operationelle overvågningsprogram blive undersøgt for sigtddybde og udvalgte vandkemiske parametre to gange i perioden.

Søerne, der er omfattet af kontrolovervågning af tilstand, var tidligere inkluderet i "Det ekstensive program" for de større søer (>5 ha) eller "Det intensive program". Udvælgelsen er geografisk stratificeret og de væsentligste danske søtyper, herunder brakvandssøer er omfattet.

Vandkemiske og fysiske forhold følges månedligt i den produktive periode (april-september) med få nøgleparametre (tabel 2.2). Derudover tages der en enkelt vinterprøve, der kan bruges som reference for næringsstofferne om sommeren samt til at opnå en bedre beskrivelse af bufferkapacitet og forsureningsstatus. Det giver i alt syv årlige prøvetagninger af de fysiske og kemiske forhold.

De biologiske undersøgelser i kontrolovervågningen af tilstand omfatter syv årlige planteplanktonprøver, undersøgelse af undervandsplanter én gang i juli/august samt en fiskeundersøgelse i august/september.

Ud over vandkemiske og biologiske undersøgelser bliver sedimentet undersøgt for totalfosfor og totaljern i alle søer samt for miljøfremmede stoffer og tungmetaller i 80 udvalgte søer. I disse udvalgte søer analyseres desuden for kviksølv i biota i udvalgte fisk i forbindelse med fiskeundersøgelsen.

Parametre, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, og deres frekvens fremgår af tabel 2.2.

Tabel 2.2. Oversigt over parametre og antal af prøver i kontrolovervågning af tilstand. De seks prøver tages månedligt fra 1. april til 30. september som overfladeprøver og der tages en enkelt vinterprøve i november eller december.

Parametre	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>	
- salinitetsprofil ¹	7
- ledningsevne	7
- ilt- og temperaturprofil	7
- pH	7
- farvetalet	7
- alkalinitet	7
- totalkvælstof	7
- totalfosfor	7
- klorofyl a	7
- suspenderet stof	7
- sigtdybde	7
<i>Miljøfremmede stoffer og tungmetaller²</i>	1
<i>Vandplanter</i>	1
<i>Planteplankton</i>	7
<i>Fisk</i>	1
<i>Sediment</i>	1

¹Måles kun hvis saliniteten er 0,5‰ eller derover.

² Foretages i udvalgte søer på sediment (totalt 80 søer i hele overvågningsprogrammet). Desuden analyseres fiskebiota for kviksølv i disse søer.

2.1.2 Udvikling (søer >5 ha)

For at kunne give en detaljeret beskrivelse af tilstand og udvikling af udvalgte søtyper gennemføres der en mere intensiv overvågning af i alt 18 søer. Femten af disse søer var indtil 2010 en del af "Det intensive program" og har således gennemgået biologiske og/eller kemiske undersøgelser hvert år i perioden 1989-2011. Én af de tre "nye" søer har tidligere indgået i "Det intensive program" og to i andre dele af overvågningsprogrammet, men indgår, pga. afbrudt tidsserie eller uensartet prøvetagning, ikke i denne rapports analyse af den generelle udvikling.

I søer, hvor der foretages kontrolovervågning af udviklingen beskrives næringsstoffedynamikken detaljeret. Dette sker på baggrund af til- og fraførslen af vand samt bestemmelser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern ved vandkemiske målinger i søens til- og afløb med en frekvens på 12-26, afhængigt af afstrømningsmønsteret (tabel 2.3). I søvandet beskrives næringsstofferne med målinger af både totale og uorganiske fraktioner af kvælstof og fosfor, tilsvarende måles næringsstofferne i bundvandet ved evt. lagdeling af vandet i søerne.

Sedimentets indhold af totalfosfor og jern bestemmes en gang hvert sjette år til understøttelse af analyserne af næringsstofomsætningen i søerne. Bufferkapacitet og forsureningsstatus kan beskrives ved måling af alkalinitet og pH, som sammen med bl.a. totaljern indgår i beskrivelsen af næringsstoffdynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne samt sigtddybde til en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet.

Mængden af organisk materiale i søvandet måles på to forskellige måder: Den totale mængde suspenderet materiale måles sammen med glødetabet, mens målinger af klorofyl *a* giver et estimat for biomassen af planteplankton.

Herudover undersøges en række biologiske komponenter. Tætheden af undervandsplanter, deres dybdeudbredelse og artssammensætning bliver undersøgt hvert tredje år i den enkelte sø. Fiskebestandens sammensætning og relativ biomasse bliver opgjort hvert sjette år. Antal, biomasse og den taxonomiske sammensætning af plante- og dyreplanktonorganismer bliver opgjort gennem sæsonen hvert sjette år.

Med overgangen til den nye NOVANA periode skete der fra 2010 reduktioner i frekvensen af plankton- og vegetationsundersøgelser i de intensivt undersøgte søer. Plante- og dyreplankton blev tidligere undersøgt hvert år og undervandsvegetationen blev tidligere undersøgt hvert andet år. Den lavere undersøgelsesfrekvens betyder, at det tager længere tid at detektere en eventuel udvikling.

En oversigt over de parametre, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling samt deres undersøgelsesfrekvens fremgår af tabel 2.3.

De intensive målinger i søerne giver grundlag for at udarbejde en detaljeret beskrivelse af søernes økosystem, således at næringsstofomsætning, biologisk tilstand og interaktioner kan tolkes. Samtidigt kan der etableres en årsagssammenhæng mellem menneskelig påvirkning og søernes respons såvel fysisk-kemisk som biologisk. Det er samtidigt muligt at beskrive klimatiske og andre naturgivne forholds indflydelse på søerne og deres respons.

Med kun 18 søer (hvoraf kun de 15 med en lang tidsserie) i kontrolovervågningen af udviklingen kan man ikke betragte disse søer som værende repræsentative for de danske søer, men de giver grundlaget for at kunne vise langsigtede trends i større søer. For så vidt angår kemiske og fysiske parametre giver resultaterne fra disse søer et rimeligt grundlag for at vurdere resultaterne fra de mere ekstensivt overvågede søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand. De biologiske parametre undersøges ikke samme år i alle søer, og der opnås kun en enkelt værdi i en tre- eller seksårig periode. Eftersom de enkelte parametre kan variere meget fra år til år, giver det nuværende program kun ringe mulighed for at vurdere biologiske ændringer.

De 168 søer, som er omfattet af kontrolovervågningen udgør ca. 28 % af alle danske søer i denne størrelsesgruppe (>5 ha) (tabel 2.4).

Tabel 2.3. Oversigt over måleprogram med årlige prøvetagningsfrekvenser i kontrolovervågning af udvikling. Der udtages prøver hver 14. dag fra 1. april til 31. oktober. I den resterende periode udtages månedlige prøver. Hypolimnionprøver tages kun ved springlagsdannelse, og frekvensen angiver et omtrentligt gennemsnit for søer, i de enkelte søer er den aktuelle frekvens mellem 0 og 15.

	Søvand	
	Epilimnion	Hypolimnion
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>		
- salinitetsprofil ^{*)}	19	5
- ledningsevne ¹	19	5
- ilt- og temperaturprofil ¹	19	5
- pH	19	5
- farvetalet	19	5
- alkalinitet	19	5
- nitrit+nitratkvælstof	19	
- ammoniumkvælstof	19	
- totalkvælstof	19	
- totalfosfor	19	
- opløst fosfat fosfor	19	
- klorofyl a	19	
- totaljern	19	
- silikat+silicium	19	
- suspenderet stof	19	
- glødetab af susp. stof	19	
- sigtdybde ¹	19	
- vandstand ¹	19	
<i>Vandføring¹</i>	19 eller kontinuert	
<i>Sedimentkemi</i>	hvert 6. år	
<i>Planteplankton</i>	12 hvert 6. år **	
	(1 gang pr. mdr.)	
<i>Miljøfremmede stoffer og tungmetaller²</i>	1	
<i>Dyreplankton</i>	12 hvert 6. år **	
	(1 gang pr. mdr.)	
<i>Vandplanter</i>	hvert 3. år	
<i>Fiskeundersøgelse</i>	hvert 6. år **	

¹⁾ Feltmålinger inkl. dybdeprofil for ilt og temperatur.

²⁾ Foretages i udvalgte søer på sediment (totalt 80 søer i hele overvågningsprogrammet). Desuden analyseres fiskebiota for kviksølv i disse søer.

^{*)} Måles kun hvis saliniteten er 0,5 ‰ eller derover.

^{**)} En gang i perioden 2011-2015.

Tabel 2.4. Oversigt over måleprogrammer i kontrolovervågningen af søer >5 ha, 2010/11-2015 med arealafgrænsning af programmerne, antal undersøgte søer samt måleprogrammets turnus. "% af alle" angiver, hvor stor en andel de udvalgte søer udgør af det samlede antal danske søer inden for hvert størrelsesinterval.

Programtype	Areal (hektar)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Kontrolovervågning, udvikling	7-4000	18	} 28	1*)
Kontrolovervågning, tilstand	>5	150		6

*) Kemiske parametre. Biologiske parametre undersøges med lavere frekvens.

2.1.3 Naturtypesøer

Til vurdering af bevaringsstatus og udvikling af Habitatdirektivets beskyttede sønaturtyper vil der i perioden 2011-2015 årligt blive foretaget ekstensive undersøgelser i 70 søer <5 ha i kontrolovervågningen, i alt 350 søer. Naturtypeovervågningen af søer >5 ha foregår samtidig med den øvrige kontrolovervågning af disse.

Til naturtypeundersøgelserne af søer <5 ha er der udvalgt søer, så der opnås en nogenlunde ligelig fordeling mellem følgende seks naturtyper, der er defineret i Habitatdirektivet:

- Kystlaguner og strandsøer (type 1150)
- Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (type 3110)
- Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden (type 3130)
- Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger (type 3140)
- Næringsrige søer med flydeplanter eller store vandaks (type 3150)
- Brunvandede søer og vandhuller (type 3160).

Derudover er det tilstræbt at undersøge søer, der tidligere indgik i "Det ekstensive program" (dvs. søer, der tidligere blev benævnt Ekstensiv-2 eller Ekstentiv-3 søer). Derved er det muligt med tiden at få et indtryk af søernes udvikling.

Parametre, der indgår i kontrolovervågningen af naturtypesøerne <5 ha, og deres frekvens fremgår af tabel 2.5. Der foreligger endnu ikke et færdigudviklet tilstandsvurderingssystem for søer >5 ha.

Resultaterne for Naturtypesøerne afrapporteres på et senere tidspunkt.

Tabel 2.5. Oversigt over parametre i tilstandsvurderingssystem for naturtypesøer < 5 ha.

Tilstandsvurderingssystem	Antal prøver pr. år
Vegetation	1
Opland	1
Trusler	1
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>	1
- salinitet	1
- ledningsevne	1
- temperatur	1
- pH	1
- farvetalet	1
- alkalinitet	1
- totalkvælstof	1
- totalfosfor	1
- klorofyl a	1

2.2 Operationel overvågning

En oversigt over den operationelle overvågning findes i tabel 2.6.

Tabel 2.6. Operationel overvågning – antal søer

Operationel overvågning	Antal søer pr. år	Antal søer i perioden 2011 – 2015
Økologisk og kemisk tilstand	62 ¹⁾	310 ¹⁾
Naturtyper	360	1800

¹⁾Herudover forventes det, at ca. 75 % af søerne i kontrolovervågningen har behov for operationel overvågning.

2.2.1 Økologisk og kemisk tilstand

For at tilvejebringe data til brug ved vurdering af tilstanden i søer, der er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet og for at opnå datagrundlag til at vurdere den nødvendige indsats, bliver der hvert år foretaget undersøgelser i ca. 62 søer >5 ha. Derudover forventes det, at ca. 75% af søerne, der er omfattet af kontrolovervågningen har behov for operationel overvågning. Det vil sige, at i alt cirka 540 søer >5 ha vil indgå i den operationelle overvågning i perioden 2011-2015.

Søerne er udvalgt efter følgende kriterier (Naturstyrelsen 2011):

- Søer, hvor der aldrig har været tilsyn.
- Søer, for hvilke der ikke findes oplysninger om den aktuelle status, eller hvor oplysningerne er forældede.
- Søer, hvor der har været tilsyn, men hvor man mangler oplysninger i forhold til nødvendig indsats.
- Søer, der ikke opfylder målsætningen og hvor effekten af igangsatte eller gennemførte tiltag skal vurderes.
- Søer, der opfylder målsætningen, men er i forværring.

Undersøgelserne i den operationelle overvågning omfatter udvalgte parametre, se tabel 2.7.

Tabel 2.7. Oversigt over parametre, der måles i søer, der er omfattet af det operationelle program. Fysiske og kemiske parametre måles i overfladevandet. Ved springlagsdannelse måles ilt, temperatur, pH, nitrit-nitrat kvælstof og total fosfor derudover i hypolimnion, 2-3 gange pr. år.

Parametre	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser</i>	
- salinitetsprofil ¹⁾	7
- ledningsevne	7
- profilmålinger (ilt, temperatur)	7
- pH	7
- farvetalet	7
- alkalinitet	7
- total kvælstof	7
- total fosfor	7
- klorofyl a	7
- suspenderet stof	7
- sigtdybde	7
- nitrit-nitrat kvælstof ²⁾	7
- opløst fosfat fosfor ²⁾	7
<i>Vandplanter²⁾</i>	1
<i>Sedimentkem²⁾</i> (total fosfor, total jern, tørstof, glødetab).	1
<i>Miljøfremmede stoffer og tungmetaller²⁾</i>	1

¹⁾ Måles kun, hvis saliniteten er 0,5 ‰ eller derover. ²⁾ Kun i udvalgte søer (se Naturstyrelsen (2011)).

For søer, der er tæt på målopfyldelse eller som forventes at gennemgå en ændring i programperioden, kan ovennævnte undersøgelse suppleres med en ekstra undersøgelse i programperioden bestående af vandkemiske og fysiske analyser (tabel 2.7).

2.2.2 Naturtype i søer

For at sikre et tilstrækkeligt vidensgrundlag for søerne i forhold til naturplanerne foregår der operationel overvågning af ca. 360 søer pr. år, dvs. 1800 søer i perioden 2011-2015. Dataindsamlingen til brug ved registrering af søtype og vurderingen af tilstanden i den operationelle overvågning af naturtype i søer >5 ha følger programmet beskrevet ovenfor.

Den operationelle overvågning af naturtype i søer og vandhuller <5ha omfatter parametre nævnt i tabel 2.8.

Tabel 2.8. Oversigt over parametre, der måles i søer, der indgår i tilstandsvurderings-systemet for vandhuller og småsøer <5 ha i den operationelle overvågning.

Parametre	Antal prøver pr. år
Vegetation	1
Opland	1
Trusler	1
<i>Vandkemiske og fysiske analyser</i>	
- salinitet	1
- temperatur	1
- pH	1
- farvetal	1
- alkalinitet	1

3 Kontrolovervågning af søernes udvikling

Denne del af rapporten indledes med en generel karakteristik af de 18 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling (figur 3.1). Femten af disse søer var før omfattet af "Det intensive program", og har dermed gennemgået intensive undersøgelser siden 1989. Karakteristikken omfatter nøgletabeller med gennemsnits-, median-, minimums- og maksimumsværdier af udvalgte variable. Herefter følger en række små afsnit, som beskriver standardindikatorerne: fosfor, kvælstof, klorofyl *a*, sigtddybde samt fosfor- og kvælstoftransport til og fra søerne.

I 2010 indledtes den første treårige turnus (2010-2012) for undersøgelserne af undervandsplanterne samt den seksårige undersøgelsesturnus for plankton- og fiskeundersøgelser i perioden 2010-2015. Resultaterne af vegetationsundersøgelserne dækkende perioden 2010-2012 er afrapporteret i rapporten "Søer 2012" (Bjerring et al., 2013). For alle de biologiske parametre forventes næste afrapportering at ske i 2016. For plankton- og fiskeundersøgelser vil den dække perioden 2010-2015 og for undervandsplanterne perioden 2013-2015.

For hver af de udvalgte fysiske og kemiske indikatorer beskrives den aktuelle tilstand og udviklingen. Udviklingen i søernes tilstand er især vurderet på grundlag af tidsvægtede sommergennemsnit af de enkelte variable (1. maj - 31. september).

De statistiske beregninger er baseret på log-lineær regression på de udregnede middelværdier (kemiske variable, sigtddybden og stoftransporter) og er testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem de i alt 25 overvågningsår har været en statistisk sikker ændring. Responsvariablen er logaritmetransformeret for at sikre varianshomogenitet. Vi har valgt at acceptere nulhypotesen på 10 % signifikansniveau, hvorfor der i flere tilfælde kun er tale om udviklingstendenser. I præsentationen er der dog foretaget opdeling i fire klasser baseret på testsandsynligheden: <10 %, <5 %, <1 % og <0,1 %. Man skal være opmærksom på, at denne metode vægter ændringer, der følger en jævn udvikling over en årrække, frem for pludselige ændringer.

3.1 Generel karakteristik

Generelt dækker de 18 søer over store morfometriske forskelle, hvor f.eks. areal varierer mellem ca. 0,07 km² (Tranemose) og ca. 40 km² (Arresø), altså med mere end en faktor 570. Hydraulisk opholdstid varierer i 2013 med mere end en faktor 290 (Hinge Sø: 0,05 år og Furesøen 14,7 år). Også dybdemæssigt er der store forskelle fra søer med en maksimumdybde på 1,1 m (Tranemose) til Danmarks dybeste sø (Furesøen) med dybder ned til 38 m.

Vandkemiske parametre varierer fra relativt næringsfattige søer med totalfosforkoncentrationer på omkring 0,01 mg P/l til næringsrige søer med fosforkoncentrationer på ca. 0,2 mg P/l som sommergennemsnit (tabel 3.1). Selvom disse søer altså repræsenterer et bredt spektrum af næringsstokoncentrationer, er der ikke mange egentligt næringsfattige eller meget næringsrige søer i gruppen. Der er tilsvarende forskelle om sommeren i vandets indhold af klorofyl *a* og sigtbarhed med klorofylkoncentrationer mellem 3,5 og 351 µg/l og middelsommersigtddybder mellem 0,2 og 4,9 m. Søernes alkalinitet om sommeren spænder fra -0,004 til 5,4 meq/l med

overvægt af de alkaline søer. pH-værdierne varierer mellem 4,5 og 9,5 og søerne dækker dermed et bredt spektrum af surhedsgrader. Alle de nævnte værdier er fra overvågningen i 2013.

Figur 3.1. Geografisk placering af de 18 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling.



Tabel 3.1. Vandkemiske forhold i de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling i 2013, baseret på års- og sommergennemsnit for de enkelte søer.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Totalfosfor (mg /l) år	0,072	0,045	0,014	0,301	18
Totalfosfor (mg /l) sommer	0,065	0,036	0,012	0,225	18
Opløst fosfor (ortho-P) (mg /l) år	0,014	0,011	0,002	0,048	18
Opløst fosfor (ortho-P) (mg /l) sommer	0,010	0,005	0,001	0,048	18
Totalkvælstof (mg /l) år	1,59	1,35	0,29	3,94	18
Totalkvælstof (mg /l) sommer	1,19	0,90	0,30	2,98	18
Nitrat (NO ₃ -N) (mg /l) år	0,75	0,44	0,05	2,15	18
Nitrat (NO ₃ -N) (mg /l) sommer	0,29	0,07	0,02	1,72	18
Klorofyl a (µg/l) år	48,1	22,9	6,2	362,1	18
Klorofyl a (µg/l) sommer	56,5	29,6	3,5	350,9	18
Farvetal (mg Pt/l) år	35,0	23,1	7,3	206,6	18
Farvetal (mg Pt/l) sommer	32,0	22,3	7,1	183,1	18
Sigt dybde (m) år	2,0	2,0	0,2	5,4	18
Sigt dybde (m) sommer	1,8	1,7	0,2	4,9	18
Alkalinitet (meq/l) år	2,15	2,32	-0,001	5,59	18
Alkalinitet (meq/l) sommer	2,07	2,28	-0,004	5,39	18
pH år	8,0	8,3	4,5	9,0	18
pH sommer	8,2	8,4	4,5	9,5	18

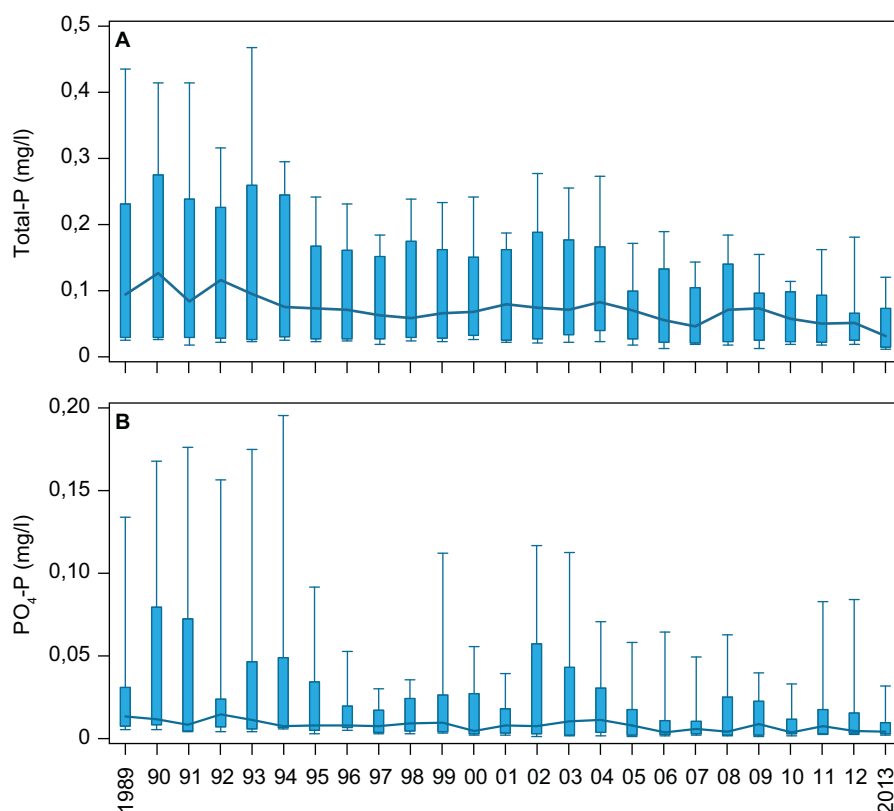
3.2 Fosfor

Fosfor i vandmiljøet kommer primært fra landbrugs- og naturarealer, spildevand fra byer og spredt bebyggelse og i mindre omfang fra industrier og dambrug (se Tabel 3.15).

Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den begrænsende faktor for algevæksten. Fosfor har altså stor betydning for vandmiljøet og mange af de biologiske forhold i søerne. Fosfor akkumuleres i søbunden, og efter en reduceret belastning eller afskæring af spildevand kan denne fosfor efterfølgende i en årrække frigives til søvandet, hvilket forsinker effekten på vandkvaliteten.

Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2013 af henholdsvis totalfosfor og opløst fosfor (orthofosfat) i de søer, der er omfattet af kontrolovervågning af udvikling, og som har været undersøgt siden 1989 ses af figur 3.2. Resultaterne for de enkelte søer ses af figur 3.3 og tabel 3.4. De tre søer, som har været med i kontrolovervågning af søernes udvikling siden 2011 er ikke medtaget i disse fremstillinger; års- og sommermiddelkoncentrationerne for disse ses af tabel 3.2.

Figur 3.2. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalfosfor (Total-P) og B: orthofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) (mg P/l) i 15 af de søer i kontrolovervågningen af udvikling, der har været undersøgt siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Det største fald i fosfor, både på sommer- og årsbasis, er generelt sket i begyndelsen af overvågningsperioden (tabel 3.2, tabel 3.4, figur 3.2 og figur 3.3). Sommermedianen af totalfosforkoncentrationen lå i perioden 1989-1993 på ca. 0,1 mg/l. Fra 1994 og frem til 2010 varierede værdierne mellem 0,06 og 0,08 mg/l, (dog 0,05 i 2007). Der er en tendens til lavere værdier mod slutningen af perioden. Mediankoncentrationen lå i årene 2010-2013 under 0,06 mg/l, hvor 2013 udviste den laveste koncentration i overvågningsperioden, 0,03 mg/l. Det samme mønster gør sig gældende for medianværdierne af orthofosfat, hvor værdierne fra 1989 til 1993 generelt lå højest, og de

laveste værdier ses fra 2005 og frem (figur 3.2). Reduktioner i medianværdierne i perioden 1989-2013 er et udtryk for, at det generelle koncentrationsniveau, herunder også i de middelnæringsrige søer, er reduceret.

I de tre søer, som har været med i kontrolovervågning af udvikling siden 2011 er koncentrationen af totalfosfor faldet i alle tre søer, både om sommeren og på årsbasis, bortset fra årsværdierne i Keldsnor, som har varieret lidt. Orthofosfat har ligget på samme niveau i Ulvedybet og Keldsnor, mens koncentrationen er faldet i Tranemose (tabel 3.2). Der er endnu for få måleår i disse søer til at fastslå, om denne tendens er signifikant.

Tabel 3.2. Gennemsnit for søkoncentrationen af totalfosfor (total-P) og opløst fosfor (ortho-P) for de tre søer, der har indgået i kontrolovervågning af udvikling fra 2011. Enheden er mg/l

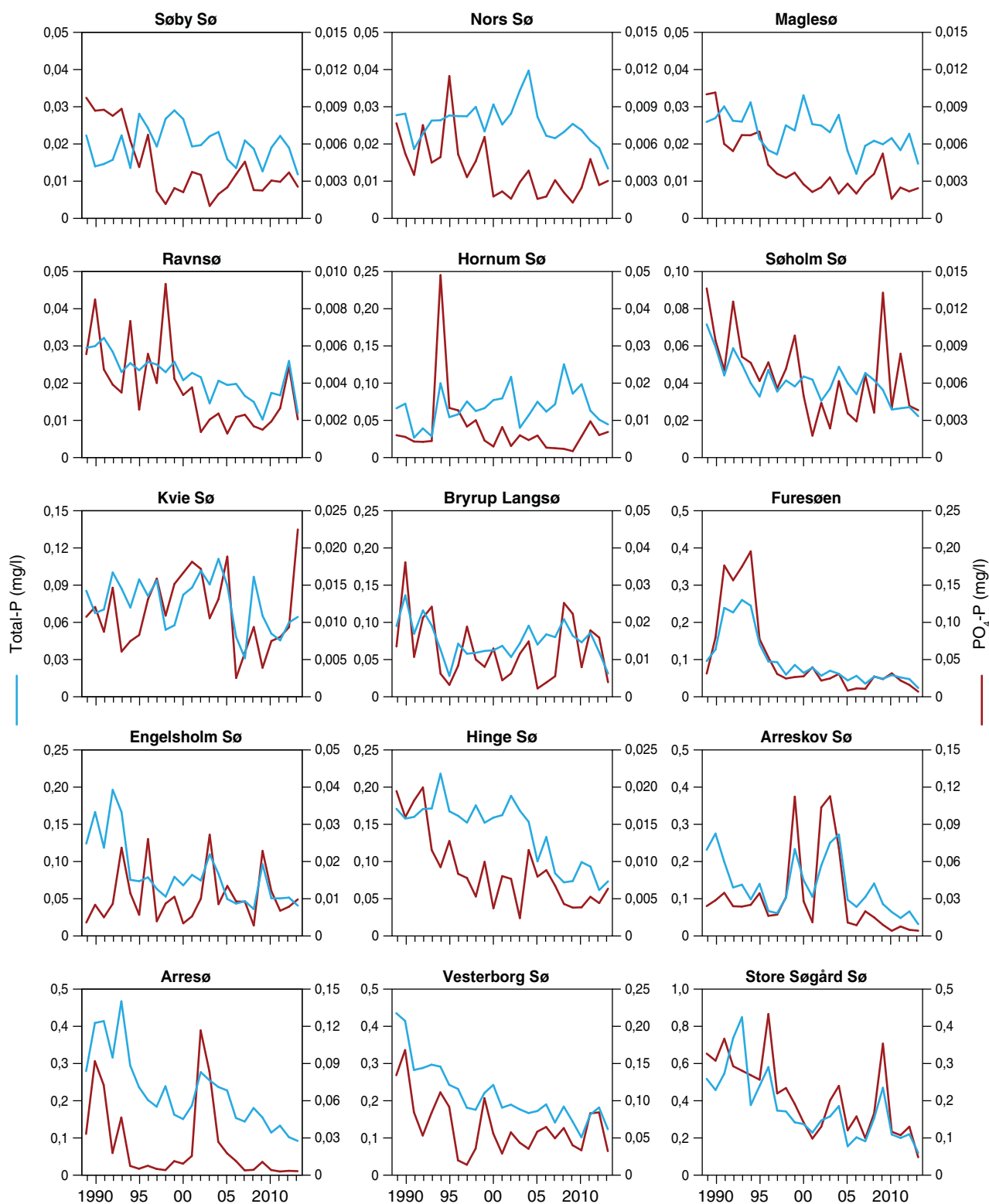
	Ulvedybet		Tranemose		Keldsnor	
	Total-P	Ortho-P	Total-P	Ortho-P	Total-P	Ortho-P
Sommergennemsnit						
2011	0,267	0,006	0,037	0,006	0,285	0,006
2012	0,256	0,007	0,022	0,002	0,267	0,006
2013	0,225	0,007	0,018	0,001	0,207	0,006
Årsgennemsnit						
2011	0,289	0,019	0,031	0,005	0,281	0,008
2012	0,248	0,008	0,023	0,002	0,343	0,005
2013	0,200	0,010	0,022	0,002	0,301	0,005

Årsgennemsnitsværdierne for totalfosfor er faldet støt fra ca. 0,15 mg/l i perioden 1989-94 til 0,05 i 2013 og opløst fosfor fra ca. 0,05 til 0,02 mg/l i 2013 (tabel 3.3). Den gennemsnitlige årsværdi af totalfosfor i de intensivt undersøgte søers overfladevand er dermed reduceret med 64 % og opløst fosfor med 72 %. På årsbasis er medianen af det totale fosforniveau i de 15 søer reduceret med 58 % fra perioden 1989-1994 til 2013. I de rene søer (25 % fraktilen) har totalfosforindholdet stort set været uændret gennem hele undersøgelsesperioden. Derimod er sket en kraftig reduktion (70 %) i totalfosfor i de mest næringsrige søer (75 % fraktilen). Indholdet af opløst fosfor i overfladevandet viser et andet mønster end totalfosfor. Reduktionen i opløst fosfor blandt de renere søer er relativt større (63 % for 25 % fraktilen) end for totalfosfor (tabel 3.3).

Tabel 3.3. Koncentrationen af totalfosfor (Total-P) og opløst fosfor (Ortho-P) angivet som årsgennemsnit- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-94, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013 i 15 af de søer der indgår i kontrolovervågning af udvikling og som er overvåget siden 1989. Baseret på årsgennemsnit for de enkelte søer, enheden er mg/l.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-P	1989-1994	0,145	0,020	0,035	0,098	0,228	0,462
	1995-2000	0,098	0,021	0,030	0,064	0,120	0,323
	2001-2006	0,087	0,020	0,027	0,071	0,133	0,199
	2007-2012	0,068	0,018	0,031	0,067	0,076	0,186
	2013	0,052	0,014	0,031	0,041	0,069	0,112
Ortho-P	1989-1994	0,054	0,006	0,010	0,016	0,073	0,280
	1995-2000	0,035	0,004	0,008	0,014	0,037	0,222
	2001-2006	0,030	0,002	0,008	0,014	0,047	0,118
	2007-2012	0,023	0,003	0,005	0,013	0,026	0,111
	2013	0,015	0,002	0,004	0,011	0,019	0,048

De mest signifikante reduktioner i fosforniveauet siden 1989 findes generelt i de næringsrige søer. Således er der på 0,1 % signifikansniveau sket en reduktion i sommerkoncentrationen af totalfosfor i fem af seks søer med en koncentration på mere end 0,1 mg/l i 1989, mens der er en tendens til, at der i de mere næringsfattige søer ikke ses nogen signifikant ændring eller kun med en lavere statistisk sikkerhed (se figur 3.3 og tabel 3.4). Pga. dette påvirkes gennemsnitsværdierne forholdsvis kraftigt.



Figur 3.3. Udvikling i sommergennemsnits-koncentrationen af totalfosfor (Total-P) og opløst fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling og har været overvåget siden 1989. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

Hvis man ser på perioden 1989-2013 som helhed er totalfosforindholdet som års- og sommermiddel mindsket signifikant i henholdsvis 13 og 12 af de 15 søer med ubrudt tidsserie. Som før beskrevet er det primært i den første del af perioden, reduktionerne er sket. Dette illustreres ved, at der på års- og sommerbasis kun er sket signifikante reduktioner i henholdsvis syv og seks søer i de seneste 10 år. I enkelte søer er den mest markante ændring i sommerperioden sket i løbet af de seneste 10 år; koncentrationen i Nors Sø er de seneste år jævnt nedadgående. I Bryrup Langsø er der ingen signifikant ændring, hvis man ser på perioden som helhed, mens der i de seneste 10 år er observeret et fald. Indholdet af orthofosfat er i perioden som helhed reduceret i 11 (på årsbasis) og 10 (sommer) søer, men kun i henholdsvis fire og tre søer i de seneste 10 år (tabel 3.4).

Tabel 3.4. Udviklingen i indholdet af totalfosfor (Total-P) og opløst fosfor (Ortho-P) i overfladevand over hele perioden 1989-2013 og de seneste 10 år i de søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes tilstand og som har været undersøgt fra 1989 til 2013. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsgennemsnit				Sommergennemsnit			
	Ortho-P		Total-P		Ortho-P		Total-P	
	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013
Nors Sø	----	0	----	----	---	0	-	---
Hornum Sø	0	+	0	0	0	0	0	0
Hinge Sø	----	0	----	----	----	--	----	--
Ravn Sø	0	++++	0	+	----	0	----	0
Bryrup Langsø	---	0	---	---	0	0	0	-
Søby Sø	----	0	--	0	---	0	0	0
Kvie Sø	0	0	---	0	0	0	--	0
Engelsholm Sø	+++	+	----	0	0	0	----	0
Store Søgård Sø	----	--	----	0	----	0	----	0
Arreskov Sø	---	----	----	----	---	---	---	---
Søholm Sø	----	---	----	----	--	0	----	----
Arresø	----	---	----	----	---	---	----	----
Furesøen	----	0	----	0	----	0	----	0
Maglesø	----	0	----	0	----	0	---	0
Vesterborg Sø	----	0	----	--	0	0	----	0
I alt +/++/+++ /++++	1	3	0	1	0	0	0	0
I alt -/--/---/----	11	4	13	7	10	3	12	6

3.3 Kvælstof

Kvælstof i vandmiljøet stammer primært fra udvaskning fra landbrugsarealer. Mindre betydende kilder er renseanlæg, industrier og dambrug (se Tabel 3.19).

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof og har betydning for algemængden i søerne, selvom fosfor i de fleste søer oftest vil være den begrænsende faktor. Der er dog undersøgelser, der peger på, at kvælstof spiller en væsentlig rolle for undervandsplanterne, og at høje kvælstofkoncentrationer kan gøre det vanskeligere at opnå klarvandede forhold (Gonzales Sagrario et al., 2005). Se evt. Bjerring et al. (2013) der indeholder et afsnit om betydningen af kvælstof for søers tilstand. I søerne foregår der en naturlig kvælstoffjernelse (denitrifikation), som har betydning for, hvor meget kvælstof der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstofkoncentrationerne bidrager med viden om denitrifikations-

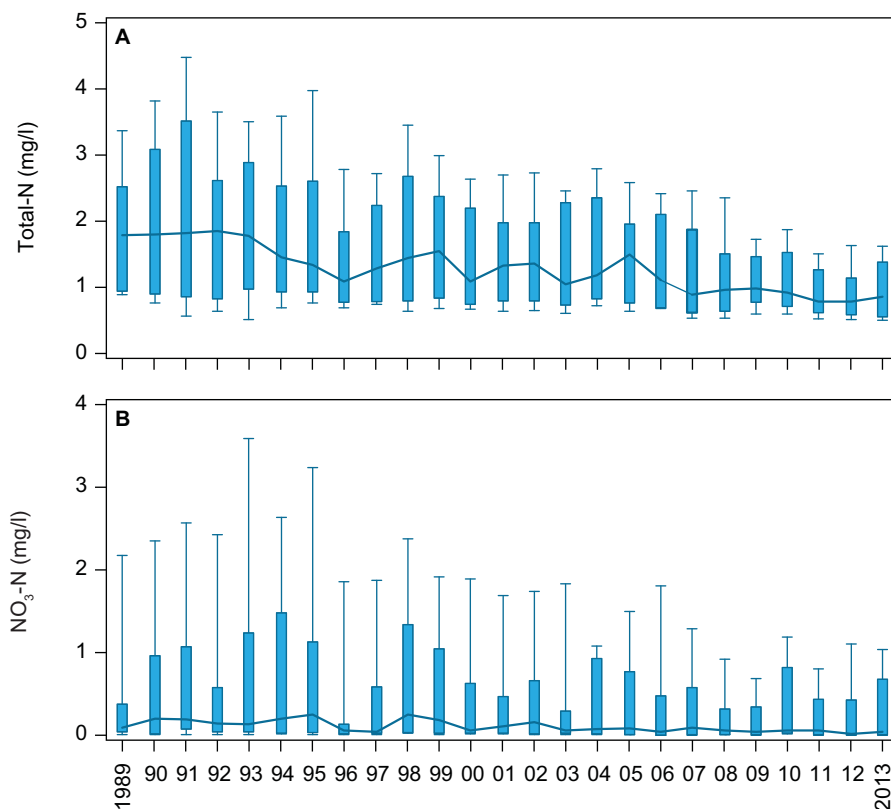
kapaciteten og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2013 af henholdsvis totalkvælstof og nitrat i de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling ses af figur 3.4. Resultaterne for de enkelte søer ses af figur 3.5 og tabel 3.5. Reduktioner i medianværdierne er et udtryk for, at det generelle koncentrationsniveau, herunder også i de middelnæringsrige søer, er reduceret. Sommer- og årsmiddelkoncentrationerne fra perioden 2011-2013 for de tre "nye" søer i programmet ses af tabel 3.5.

Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af totalkvælstof i søerne, der indgår i kontrolovervågning af udvikling såvel på års- som på sommerniveau. Sommermedianen af totalkvælstof lå i perioden 1989-1993 på omkring 1,8 mg/l. Frem til 1996 skete der et konstant fald i koncentrationen til 1,1 mg/l. I de følgende 10 år varierede totalkvælstofkoncentrationerne mellem 1 og 1,5 mg/l, mens de fra 2007 konstant har ligget under 1 mg/l. Medianværdierne for sommerkoncentrationen af totalkvælstof var i 2007 og i perioden 2011-2013 de laveste i overvågningsperioden (0,8-0,9 mg/l) (figur 3.4), dvs. en halvering ift. overvågningens start..

Sommermedianen af nitratkoncentrationen lå i perioden 1989-1999 mellem 0,1 og 0,25, bortset fra årene 1996 og 1997, som, pga. lav nedbør og dermed ringe afstrømning fra oplandet disse år (figur 6.1), generelt udviste lavere værdier (0,06 og 0,05 mg/l). Herefter skete der et generelt fald, således at mediankoncentrationerne i alle de følgende år, bortset fra 2001 og 2002, lå under 0,1 mg/l (figur 3.4).

Figur 3.4. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalkvælstof (Total-N) og B: nitrat (NO₃-N) (mg N/l) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



I Ulvedybet, Tranemose og Keldsnor har koncentrationen af totalkvælstof varieret lidt i løbet af de tre år, de har været med i kontrolovervågningen af udvikling. Niveaulet er højest i Ulvedybet i sommerperioden (2,4-3 mg/l) og i Keldsnor på årsbasis (3,2-3,9 mg/l) og lavest i Tranemose (0,7-0,9 mg/l om sommeren og 0,8-0,9 på årsbasis). For nitrat steg koncentrationerne i alle tre søer fra et niveau på 0,004-0,01 i 2011 til 0,01-0,07 i 2013 i sommerperioden, mens de lå lidt højere på årsbasis fra 0,04-0,4 i 2011 til 0,02-0,5 i 2013. Årsværdierne er generelt højere og udviser ikke samme faldende tendens (tabel 3.5). Der er endnu for få måleår for disse søer, til at der kan analyseres for generelle tendenser.

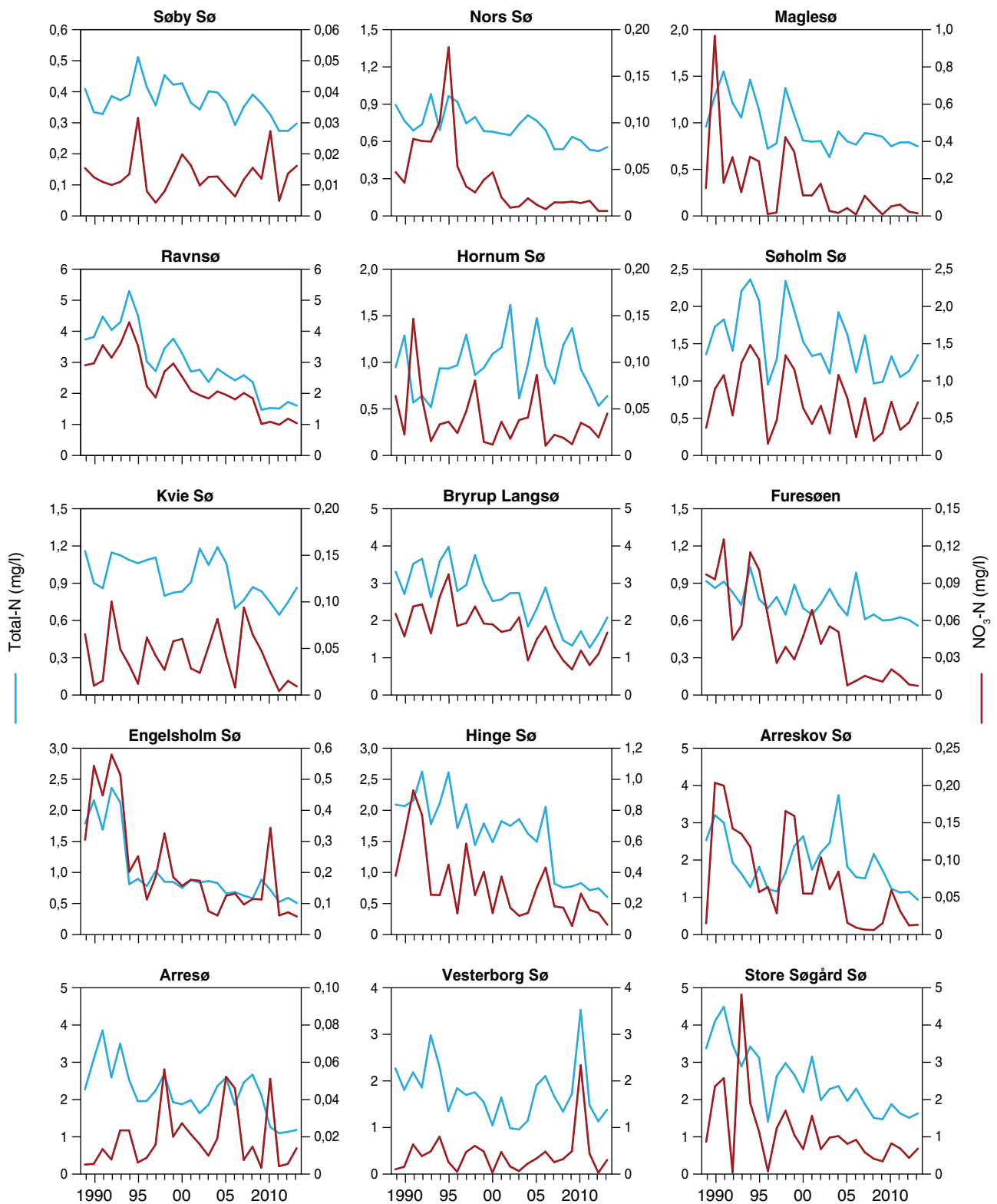
Tabel 3.5. Sommergennemsnit for søkoncentrationen af totalkvælstof (total-N) og opløst nitrat for de tre søer, der indgik i kontrolovervågning af udvikling fra 2011. Enheden er mg/l

	Ulvedybet		Tranemose		Keldsnor	
	Total-N	Nitrat	Total-N	Nitrat	Total-N	Nitrat
Sommergennemsnit						
2011	2,4	0,007	0,93	0,004	2,82	0,014
2012	3,01	0,012	0,69	0,003	2,97	0,015
2013	2,74	0,074	0,79	0,01	2,98	0,041
Årsgennemsnit						
2011	2,50	0,442	0,90	0,04	3,25	0,373
2012	2,95	0,392	0,79	0,02	3,66	0,164
2013	2,63	0,495	0,88	0,02	3,94	0,169

Årsgennemsnittet for totalkvælstof og nitrat i de 15 søer undersøgt i perioden 1989-1994 er reduceret med hhv. 48 og 49 % fra et niveau på hhv. 2,7 og 1,5 mg/l indtil 1994 til hhv. 1,4 og 0,8 mg/l i 2013. Som for fosfor kan der for kvælstof og nitrat konstateres en reduktion i de middelnæringsrige søer (medianen), som er reduceret med hhv. 51 og 66 % i 2013 i forhold til niveauet i perioden 1989 - 1994 (årsværdier) (tabel 3.6). Tilsvarende reduktioner ses for sommergennemsnit af totalkvælstof, og lidt højere relative reduktioner for sommergennemsnit af nitrat end for årsværdier.

Tabel 3.6. Koncentrationen af totalkvælstof (Total-N) og nitrat angivet som årsgennemsnit og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-94, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Baseret på årsgennemsnit for de enkelte søer, enheden er mg/l.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-N	1989-1994	2,73	0,46	0,95	2,38	4,35	5,92
	1995-2000	2,15	0,48	1,05	1,89	3,53	4,01
	2001-2006	1,95	0,41	0,86	1,77	2,80	4,25
	2007-2012	1,65	0,38	0,93	1,56	2,06	4,05
	2013	1,42	0,29	0,66	1,16	1,82	2,89
Nitrat	1989-1994	1,50	0,08	0,25	0,71	3,33	3,92
	1995-2000	1,15	0,09	0,21	0,49	2,49	3,17
	2001-2006	0,99	0,07	0,17	0,38	2,07	3,20
	2007-2012	0,84	0,05	0,13	0,30	1,56	2,88
	2013	0,76	0,03	0,11	0,24	1,30	2,12



Figur 3.5. Udvikling i sommergennemsnits-koncentrationen af totalkvælstof (Total-N) og nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i hver af de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling og har været overvåget siden 1989. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

Som for fosfor gælder det, at søer med høj kvælstofkoncentration i 1989 generelt har udvist en signifikant høj reduktion i kvælstofniveauet. Således er der i fem af de syv søer, hvori der fandtes totalkvælstofkoncentrationer højere end 2 mg/l (sommermiddel) i begyndelsen af overvågningsperioden, sket et fald på 0,1 % signifikansniveau (figur 3.5 og tabel 3.7).

I perioden 1989-2013 som helhed sås der en reduktion i totalkvælstof i næsten alle søer (13 i sommerperioden og 14 på årsbasis). I de seneste 10 år har der været et signifikant fald i 12 søer både hvad angår årsværdier og sommerværdier, dog generelt med lavere signifikans end for perioden som helhed. I Hornum Sø er der i perioden som helhed ikke observeret nogen ændring, men isoleret set er der i de seneste 10 år sket et fald (tabel 3.7). Indholdet af nitrat er i perioden 1989-2013 reduceret i ni søer for årsmiddel og otte for sommermiddel. I sommerperioden er der i løbet af perioden 2004-2013 kun sket et fald i to af søerne. I den ene af disse søer, Kvie Sø, ses der intet fald i perioden 1989-2013 som helhed. På årsbasis er der, isoleret set, sket en forbedring i otte søer i de seneste 10 år, idet der her er observeret et fald. Dette afspejler sandsynligvis reduktioner i belastningen fra oplandet, I tre af de otte søer er indløbskoncentrationen af total kvælstof faldet signifikant de seneste 10 år (Tabel 3.18). At tilsvarende tendens ikke ses i sommermånederne kan skyldes intern belastning i søerne. Ingen af søerne har oplevet en signifikant stigning i kvælstofkoncentration.

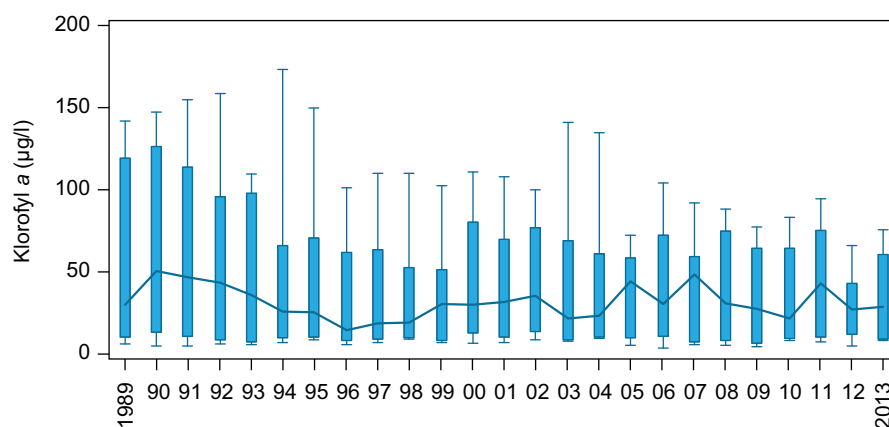
Tabel 3.7. Udviklingen i indholdet af totalkvælstof (Total-N) og nitrat (NO₃-N) i søvand over hele perioden 1989-2013 og de seneste 10 år i de søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes tilstand og som har været undersøgt fra 1989 til 2013. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsgennemsnit				Sommergennemsnit			
	Nitrat		Total-N		Nitrat		Total-N	
	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013
Nors Sø	----	----	----	----	----	0	----	---
Hornum Sø	----	0	0	---	0	0	0	--
Hinge Sø	----	0	----	----	----	0	----	---
Ravn Sø	----	----	----	----	----	---	----	---
Bryrup Langsø	----	--	----	---	----	0	----	0
Søby Sø	0	---	----	----	0	0	---	--
Kvie Sø	0	0	--	0	0	-	---	-
Engelsholm Sø	----	0	----	0	----	0	----	-
Store Søgård Sø	0	--	----	----	0	0	----	--
Arreskov Sø	----	---	----	----	----	0	--	---
Søholm Sø	0	0	---	--	0	0	---	0
Arresø	0	--	----	----	0	0	----	---
Furesøen	----	0	----	---	----	0	----	-
Maglesø	----	0	----	0	----	0	----	-
Vesterborg Sø	0	---	---	---	0	0	0	0
I alt +/++/+++/++++	0	0	0	0	0	0	0	0
I alt -/--/---/----	9	8	14	12	8	2	13	12

3.4 Klorofyl *a*

Klorofyl *a* er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger og kan bruges som et indirekte udtryk for algemængden i vandet og et mål for vandkvaliteten. Klorofylindholdet varierer dog i de forskellige algearter, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.

Figur 3.6. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af klorofyl *a* ($\mu\text{g/l}$) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2013 af klorofyl *a* i de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling ses af figur 3.6. Sommer- og årsmiddelkoncentrationerne fra perioden 2011-2013 for de tre "nye" søer i programmet ses af tabel 3.8. Resultaterne for de enkelte søer ses af figur 3.7 og tabel 3.8.

Medianværdierne har ligget på samme niveau i undersøgelsesperioden. Dog sås der et konstant fald fra 1990 til 1996 fra 51 til 15 $\mu\text{g/l}$, hvorefter der var en stigende tendens (dog med relativt lave værdier i 2003, 2004 og 2006) indtil 2007 (49 $\mu\text{g/l}$). Herefter lå koncentrationen på et ensartet niveau (22-31 $\mu\text{g/l}$) indtil 2013, bortset fra 2011, hvor koncentrationen var 43 $\mu\text{g/l}$.

Udviklingen i klorofyl *a* koncentrationen i de tre "nye" søer (Ulvedybet, Tranemose og Keldsnor) har ikke været entydig i de tre år, de har været med i kontrolovervågningen. Niveaulet er lavest i Tranemose (3-17 $\mu\text{g/l}$ om sommeren og 9-13 $\mu\text{g/l}$ på årsbasis), i Ulvedybet 159-176 $\mu\text{g/l}$ i sommerperioden og 113-153 $\mu\text{g/l}$ på årsbasis og højest i Keldsnor; 194-351 $\mu\text{g/l}$ og 244-362 $\mu\text{g/l}$ på årsbasis (tabel 3.8).

Tabel 3.8. Sommergennemsnit for søkoncentrationen af klorofyl *a* ($\mu\text{g/l}$) og for sigtddyben (m) for de tre søer, der indgik i Kontrolovervågning af udvikling fra 2011.

	Ulvedybet		Tranemose		Keldsnor	
	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybe	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybe	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybe
Sommer-gennemsnit						
2011	158,5	0,36	17,4	0,58	200,9	0,25
2012	176,3	0,40	2,8	0,96	194,2	0,28
2013	158,6	0,39	8	0,79	350,9	0,21
Års-gennemsnit						
2011	142,5	0,49	12,6	0,63	243,8	0,24
2012	152,5	0,39	9,7	0,83	301,6	0,28
2013	113,4	0,48	8,5	0,73	362,1	0,23

Også med hensyn til klorofyl er de største ændringer generelt sket i søer med de højeste klorofylkoncentrationer. I 2013 var 75 % fraktilen reduceret med 47 % for årsværdierne, i forhold til perioden 1989-1994. Faldet i de høje klorofylkoncentrationer har resulteret i, at klorofylgennemsnittet på årsbasis blev reduceret med 57 % fra 60 $\mu\text{g/l}$ i 1989-1994 til 26 $\mu\text{g/l}$ i 2013.



Figur 3.7. Udvikling i sommergennemsnits-koncentrationen af klorofyl *a* og sigt dybde i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling og har været overvåget siden 1989. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

Tabel 3.9. Søkoncentrationen af klorofyl *a* angivet som årgennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-94, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013 i de 15 søer, som er overvåget siden 1989. Baseret på årgennemsnit for de enkelte søer, enheden er µg/l.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
		Årsværdier					
Klorofyl <i>a</i>	1989-1994	59,5	6,6	10,8	29,0	80,9	382,5
	1995-2000	39,1	8,0	10,3	21,8	37,1	226,5
	2001-2006	32,8	6,3	8,8	26,1	44,1	98,2
	2007-2012	28,1	6,6	8,9	26,4	39,3	88,9
	2013	25,5	6,2	9,3	19,6	42,7	67,8

Klorofylkoncentrationen er i perioden 1989-2013 som helhed reduceret signifikant i syv af de 15 søer (tabel 3.10), mens den er øget i henholdsvis to og tre af søerne i sommerperioden og på årsbasis. Som for næringsstofferne fosfor og kvælstof kan de ændringer i klorofylkoncentrationen, der er sket i perioden 1989-2013, generelt tilskrives den første del af perioden. Dog er der i højere grad observeret signifikante ændringer i de seneste 10 år, end hvad angår næringsstofferne. Stigningerne i Hornum Sø og Bryrup Langsø, der ses for perioden som helhed, er ikke gældende for årene 2004-2013, hvor der ikke var nogen udvikling. I Arreskov og Søholm Sø er der i måleperioden som helhed ikke sket nogen ændring, mens der i de seneste år, isoleret set, er observeret et fald. For Søholm Sø dog kun på årsbasis. I Maglesø har koncentrationen varieret en del, hvilket medfører, at der som helhed ikke er observeret nogen ændring, men i de seneste 10 år er koncentrationen steget.

Tabel 3.10. Udviklingen i indholdet af klorofyl *a* (µg/l) og sigtdybde (meter) i hele perioden 1989-2013 og de seneste 10 år i de søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes tilstand og som har været undersøgt fra 1989 til 2013. +, --/+, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årgennemsnit				Sommergennemsnit			
	Klorofyl <i>a</i>		Sigtdybde		Klorofyl <i>a</i>		Sigtdybde	
	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013	1989-2013	2004-2013
Nors Sø	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornum Sø	+++	0	0	0	+++	0	0	0
Hinge Sø	----	--	++++	+++	----	0	++++	0
Ravn Sø	0	0	+	0	-	0	0	0
Bryrup Langsø	+	0	--	0	++	0	----	0
Søby Sø	--	0	+	0	0	0	0	0
Kvie Sø	---	0	++++	+	--	0	++++	0
Engelsholm Sø	----	0	+++	0	---	0	++++	0
Store Søgård Sø	+	++	++	0	0	++	+++	0
Arreskov Sø	0	---	++	+	0	--	+	0
Søholm Sø	0	--	0	0	0	0	++	0
Arresø	----	---	++++	0	----	--	+	0
Furesøen	----	0	++++	0	----	0	++++	0
Maglesø	0	++	0	---	0	++	0	--
Vesterborg Sø	----	0	+++	---	----	0	++++	0
I alt +/++/+++/++++	3	2	10	3	2	2	9	0
I alt -/--/---/----	7	4	1	2	7	2	1	1

Udviklingen i klorofyl *a* følger ikke altid udviklingen i næringsstofindholdet. F.eks. er stigningen i klorofyl *a* indholdet som medianværdi i perioden 1996-2007 og fra 2010 til 2011 ikke sammenfaldende med udviklingen af kvælstof og fosfor i denne periode (figur 3.2, 3.4 og 3.6). Årsagen er, at indholdet af klorofyl *a* ikke kun er styret af næringsstofindhold. Ikke mindst dyreplanktons græsning har stor indflydelse på planteplanktonindholdet (både forekomst og artssammensætning) og dermed klorofylindholdet i søen. En ændring i forekomst og artssammensætning af dyreplankton (som oftest vil være forårsaget af et skift i fiskebestanden) og dermed dens græsningskapacitet vil derfor påvirke forekomsten af planteplankton. En ændring i klorofylindholdet (som mål for planteplankton) kan altså ikke altid forklares ved kemiske forhold alene.

Som tidligere nævnt varierer klorofyl *a* indholdet mellem planteplanktonarterne og desuden kan det variere mellem sæsoner indenfor den enkelte art. Dette kan også være en del af årsagen til forskellighed i udvikling mellem næringsstoffer og klorofyl *a*.

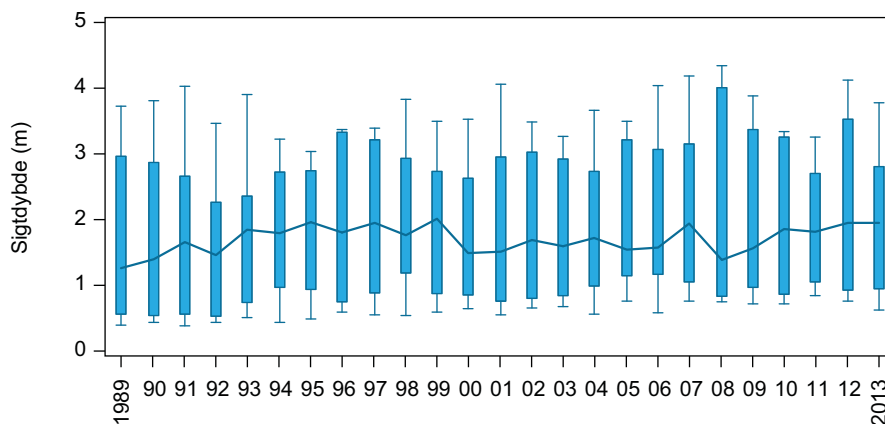
3.5 Sigtdybde

Sigtdybden er et udtryk for vandets klarhed eller gennemsigtighed, dvs. sigtdybden er afgørende for lysets evne til at trænge ned i søvandet og dermed også et mål for, hvor dybt egentlige undervandsplanter vil være i stand til at vokse. Sigtdybden er derfor også en væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

I de fleste søer er sigtdybden tillige et udtryk for algemængden og dermed tilstanden i søen. Vandets farve (f.eks. brunvandede søer) eller resuspendet materiale fra søbunden i lavvandede søer kan dog også påvirke sigtdybden.

Sigtdybden i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling har vist en generel stigende tendens siden 1989. De største ændringer skete i de første 10 år, hvor medianværdien blev øget fra omkring 1,3 m til 2 m (sommerværdier). I perioden 2000-2006 lå værdierne ret ensartet – mellem 1,5 og 1,7 m. Efter en stigning i 2007 (til 1,9 m) faldt sigtdybden atter, men har generelt udvist stigende tendens de seneste år (figur 3.8). Udviklingen i sigtdybden i de enkelte søer er generelt på et højt signifikansniveau og ses af figur 3.7 og tabel 3.10.

Figur 3.8. Udviklingen i sigtdybde i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Sigtdybden i Ulvedybet, Tranemose og Keldsnor har ligget ret konstant i de tre år, den er blevet målt. I Ulvedybet lå den på 0,4-0,5 m i alle årene, i Keldsnor 0,2-0,3, mens den varierede lidt mere i Tranemose; 0,6-1 m (tabel 3.8).

Gennemsnitligt var sigtddybden i 2013 i de 15 søer, der er undersøgt siden 1989 19 % højere end niveauet i perioden 1989-1994 for årsværdier. Sammenlignet med perioden 1989-1994 er de største forbedringer sket i søer med lav sigtddybde; 25 %-fraktilen er i 2013 steget med 21 %. 75 %-fraktilen har udvist en stigning på 4 % (tabel 3.11).

Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne siden overvågningen af vandmiljøet begyndte i 1989 har således ført til øget sigtddybde i de fleste af søerne, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling.

Tabel 3.11. Sigtddybden angivet som årsgennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler for perioderne 1989-94, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013 i de 15 søer, som er overvåget siden 1989. Baseret på årsgennemsnit for de enkelte søer, enheden er meter.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
		Årsværdier					
Sigtddybde	1989-1994	1,94	0,36	0,84	2,01	3,29	3,68
	1995-2000	2,15	0,43	1,00	2,14	3,17	4,01
	2001-2006	2,22	0,65	1,15	1,95	3,41	4,44
	2007-2012	2,35	0,55	1,08	2,10	3,70	5,17
	2013	2,31	0,64	1,02	2,07	3,41	5,39

For de enkelte søer er der sket en signifikant stigning i sigtddybdens års- og sommermiddel i henholdsvis 10 og ni af de 15 søer (tabel 3.10) for perioden 1989-2013 som helhed. Kun i Bryrup Langsø er sigtddybden blevet mindre siden 1989. Ser man på de seneste 10 år alene, er der i sommerperioden ikke sket nogen udvikling i sigtddybden for nogen af søerne, bortset fra Maglesø, hvor der er sket et fald. På årsbasis er der i denne periode sket en stigning i tre af søerne. I to af søerne er sigtddybden forringet.

3.6 Næringsstofkilder og -balancer

Af de 18 søer, som indgår i kontrolovervågningen af udvikling er der opstillet stofbalancer for alle undersøgelsesår siden 1990 for de søer (10 stk.), hvor det er vurderet, at en betydelig del af det vand, der til- og fraføres søen, kan måles. I de beregnede stoftilførsler af kvælstof og fosfor indgår tilførsler fra de målte tilløb til de enkelte søer, samt et modelleret diffust bidrag fra det umålte opland. Hertil er oplandsspecifikke punktkilder adderet. For første gang i overvågningsperioden 1989-2013 er søbelastningerne opgjort med anvendelse af modelberegnete oplandsspecifikke kvælstof- og fosforkoncentrationer for det diffuse bidrag fra umålt opland (den såkaldte DK-QNP model (Windolf m.fl. (2011, 2012))). Denne beregningsmetode er anvendt for alle overvågningsårene 1990-2013. Resultaterne i denne rapport vil derfor i større eller mindre grad afvige fra tidligere opgørelser, specielt for søer med en relativt stor andel umålt opland, som ikke er repræsentativt for det målte opland samt for søer med en stor grundvandsindsivning (f.eks. Engelsholm Sø). Tidligere var antagelsen nemlig, at bidraget fra det umålte opland kunne repræsenteres ved en simpel overførsel af information fra det samlede målte opland. Bidraget fra det umålte opland er nu ændret til at repræsentere modelberegnete værdier inkluderende oplandsspecifik jordtype, dyrkningsgrad, afvandingsgrad, nedbør, temperatur samt årligt kvælstof- og fosforoverskud fra landbruget. For

tilløbsstationer, som tidligere har været overvåget i en reel måleperiode, men som nu er nedlagt i programmet, er der foretaget ekstrapolering. Således er der vha. modelværdier opnået værdier for disse stationer, der indgår i beregningerne. Derved er andelen af umålt opland reduceret for nogle søer i forhold til tidligere belastningsopgørelser, hvor afbrudte tidsserier for oplande overgik til kategorien umålt opland. Endelig er begrebet "indsivningssø" inddraget i den nye belastningsopgørelse. Begrebet anvendes hvor der for søer med en generel stor andel indsvivende vand (søer med et restled på vandbalancen på mere end 10 % af fraførslen i afløbet set over hele overvågningsperioden) anvendes en mere realistisk estimering af den indsvivende kvælstof- og fosformængde. Beregningsmetoden anvendt til belastningsopgørelserne er beskrevet i Bjerring et al. 2014, dog med den afvigelse at vandbalancen afstemmes for alle søer samt den ændring, at der anvendes minimumskoncentrationer i stedet for mediankoncentrationer ved beregning af indsvivende fosfor og kvælstof til søer, kategoriseret som indsvivningssøer.

Modelværdierne (diffust bidrag) for kvælstof og fosfor er valideret for det målte oplands diffuse bidrag, estimeret som differensen mellem den målte transport og oplyst mængde udledt spildevand (rensningsanlæg, industri, dambrug, regnvandsbetinget). Herefter er modelværdierne for kvælstof korrigeret til niveau med de målte værdier og herefter anvendt til beregning af stofbelastning for det umålte opland. Dette er for fosfor kun tilfældet ved ekstrapolering af afbrudte tidsserier. For det umålte opland for fosfor er det valgt at anvende ukorrigerede modelværdier. Det er velkendt, at fosfortransporter, der, som tilfældet er her, beregnes på baggrund af punktprovetagninger i vandløb, generelt underestimerer den 'sande transport'. Ved anvendelse af de modellerede koncentrationer kan der opstå enkelte tilfælde med urealistisk høje kvælstof- og fosforbelastninger. Dette kan skyldes udligningen af spildevandsbelastningen til månedsværdier (årsværdien divideret med 12) og/eller højere spildevandsværdier end de aktuelle forhold kombineret med lav vandtilførsel. Derfor er der sat en absolut øvre grænse for kvælstofbelastningen på 30 mg/l og for fosfors vedkommende på 5 mg/l.

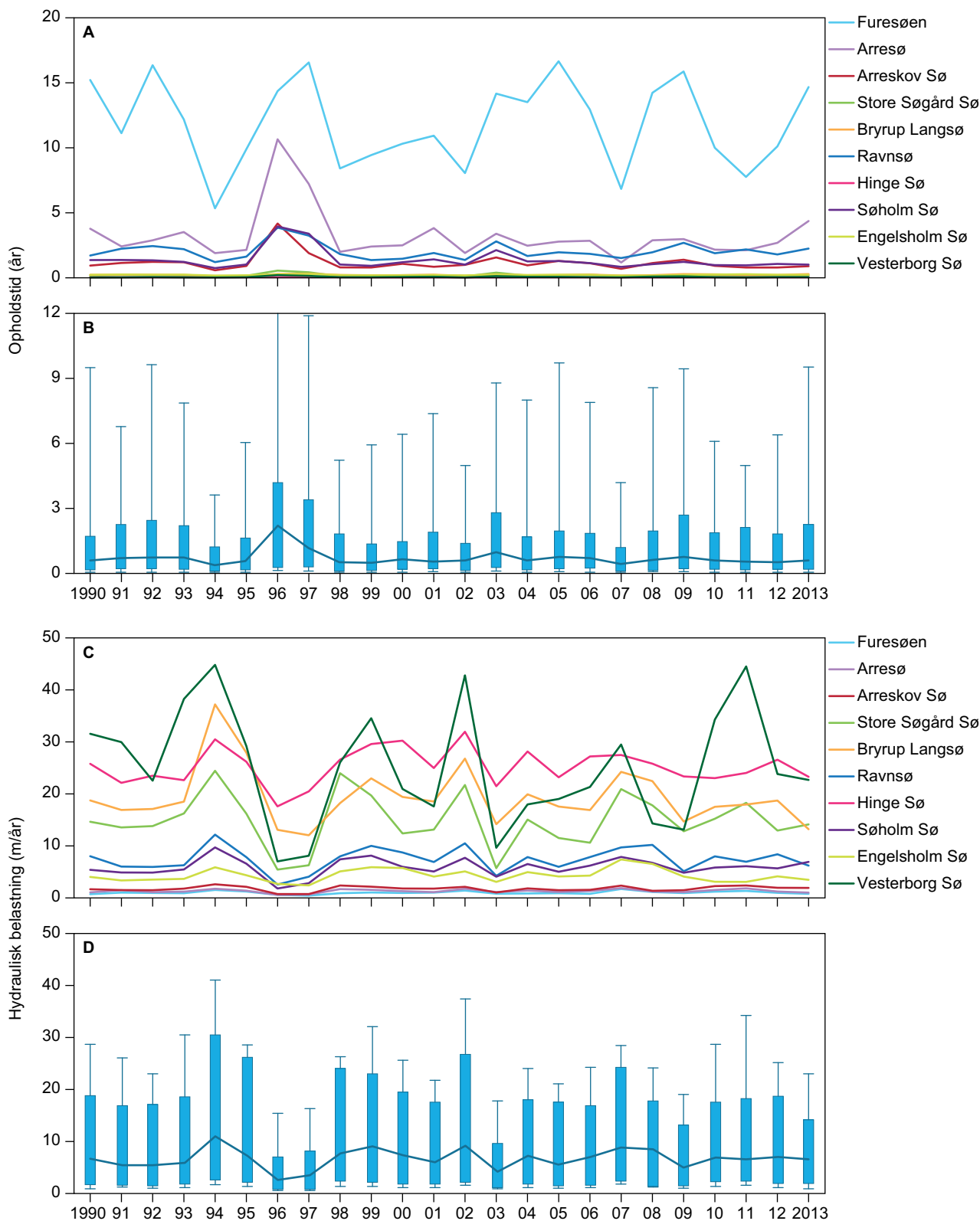
Punktkildebelastningen er opgjort specifikt til søernes tilløbsoplande samt til afløbsoplandet fra 1990-2013. I år med manglende punktkildedata er anvendt interpolerede værdier. Regnvandsbetinget bidrag er som i 2012 afrapporteringen opgjort på udledningpunkter, hvor bidraget tidligere blev fordelt ud på oplande proportionalt med det befæstede areal.

3.6.1 Vandbalancer

Etableringen af gode vandbalancer er en vigtig forudsætning for at kunne lave pålidelige massebalanceberegninger af fosfor og kvælstof. Generelt varierer vandtilførslen betydeligt fra år til år, hvilket også påvirker tilførslen af næringsstoffer.

Mest markant i overvågningsperioden siden 1990 har været de to tørre år: 1996 og 1997. Dette gav tilsvarende anledning til en lavere afstrømning (figur 6.1) og betydeligt længere opholdstid i søerne (figur 3.9). Året 2003 var ligeledes et relativt tørt år med relativ lang opholdstid i de fleste søer. Der er stor variation i både opholdstid og vandtilførsel, og der ses ingen generel tidslig udvikling (figur 3.9). I 2013 afveg hverken opholdstiden eller den hydrauliske belastning markant for perioden for nogen af søerne endsige generelt set (figur 3.9). Medianen for opholdstiden i søerne var i 2013 på 0,6 år, med et maksimum på 14,7 år i Furesøen og minimum på 0,05 år i Hinge Sø.

Medianopholdstiden for søerne var dermed på niveau med perioderne 1990-1994 og 2007-2011 (0,6 år) og lavere end niveauet i perioderne 1995-2000 (0,9 år) samt 2001-2006 (0,7 år).



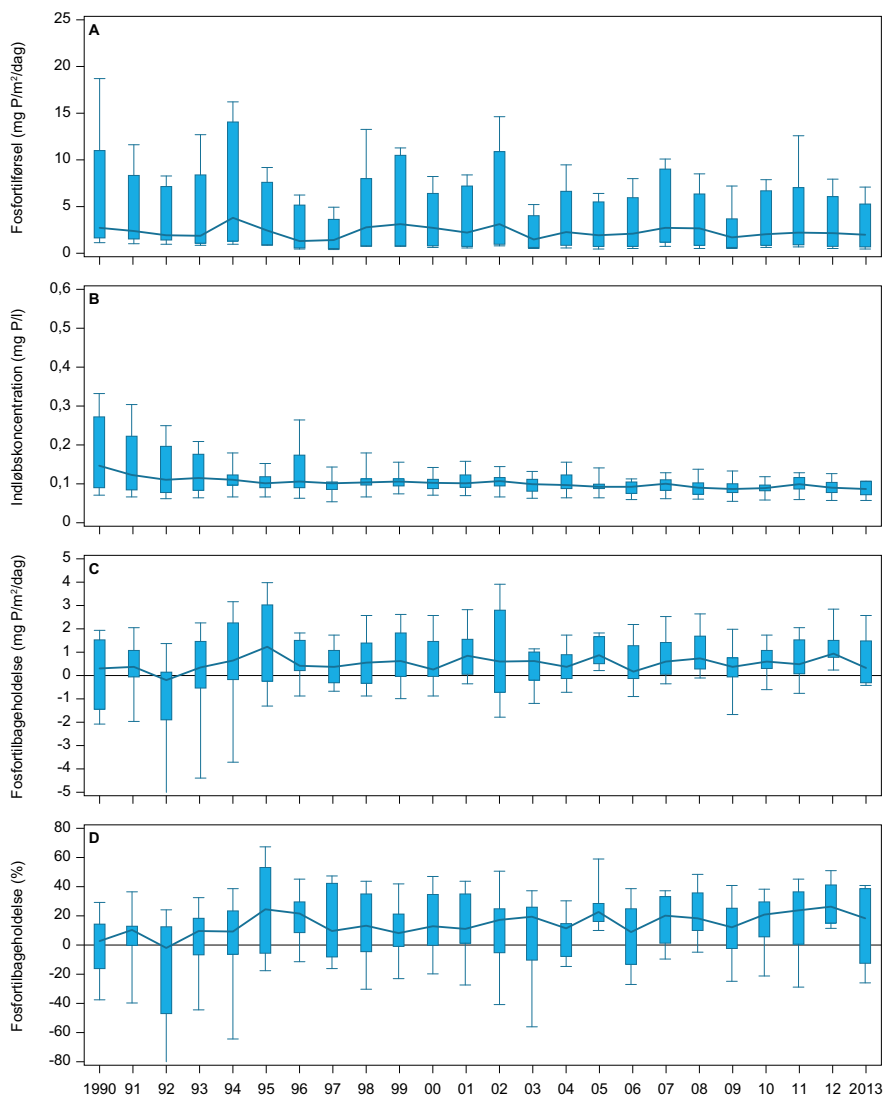
Figur 3.9. Opholdstid (år) for de 10 intensivt overvågede søer med stofbalancer 1990-2013; for de enkelte søer (A) samt generelt for de 10 søer (B). Hydraulisk belastning (m³/år) for de 10 søer enkeltvis (C) samt generelt for de 10 søer (D). Bjælkerne i boksplottene viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Den hydrauliske belastning er beregnet som den totale tilførte vandmængde per år i m³ divideret med søens overfladeareal i m².

3.6.2 Fosforbalancer

Vandtilførslen har en væsentlig betydning for den absolutte tilførsel af fosfor, da udvaskningen fra det åbne land øges med større vandtilførsel. De to tørre år 1996 og 1997, hvor der generelt var en meget lille tilførsel af fosfor ligesom tilførslen var relativt lille i det tørre år 2003, illustrerer dette (figur 3.10A, 3.11). Tilsvarende var fosfortilførslen høj i de våde år 1994, 1999, 2002 og til dels også i 2007 og 2008 for en del af søerne.

Figur 3.10. Fosforudviklingen i de søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer (n=10) i perioden 1990 til 2013.

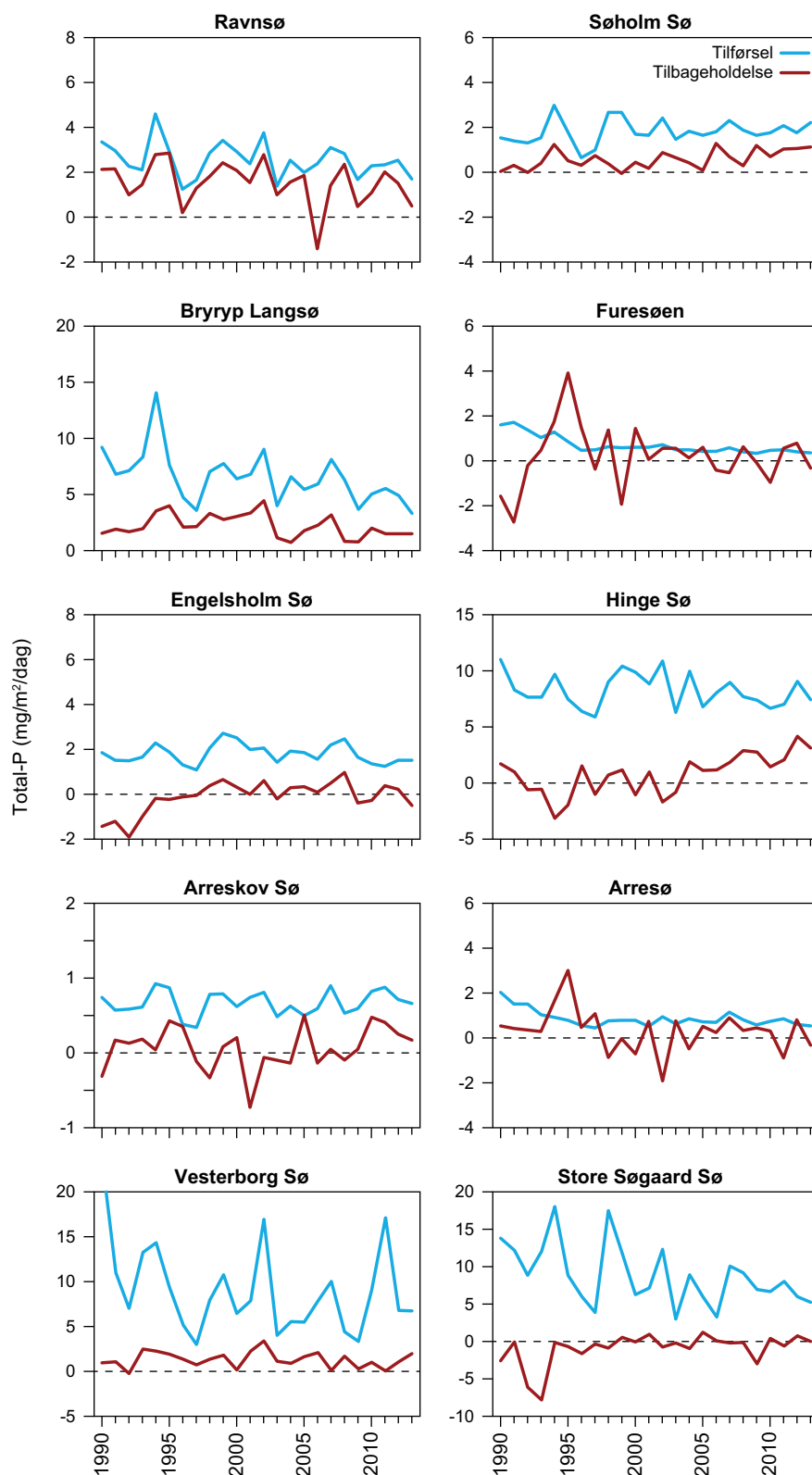
A: Total fosfortilførsel (mg P/m²/dag), B: Vandføringsvægtet koncentration (mg P/l) af totalfosfor i tilført vand, C: Fosfortilbageholdelsen (mg P/m²/dag), D: Fosfortilbageholdelse i % af tilførslen. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.



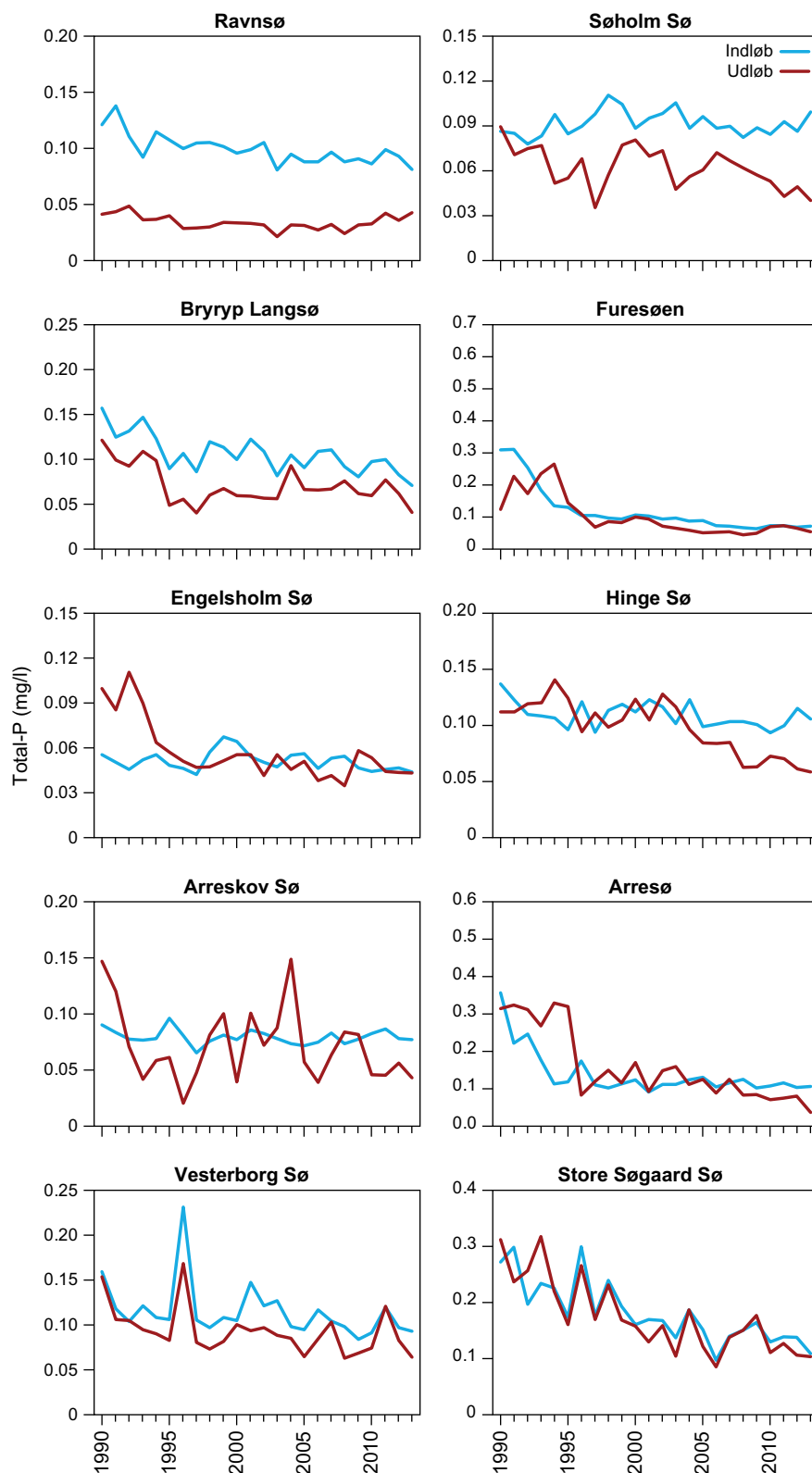
Den vandføringsvægtede fosforkoncentration i det vand, der strømmer til søerne, er reduceret betragteligt (figur 3.10B, 3.12) fra et gennemsnit omkring 0,14 mg P/l i perioden 1990-1994 til 0,11 mg P/l i perioden 1995-2000, mens reduktionen siden da har været relativt begrænset, dog med et svagt jævnt fald (tabel 3.12). Den gennemsnitlige koncentration i tilført vand i 2013 (0,09 mg P/l) svarer dermed til niveauet for den foregående seksårs periode. I lighed med fosforindholdet i søvandet er det primært de højeste koncentrationer af fosfor i tilført vand, der er reduceret markant og som for søvandet også i begyndelsen af overvågningsperioden. Medianen for koncentrationen i tilført vand afspejler også et fald, som er på 28 % fra perioden 1990-1994 (0,12 mg P/l) til 2013 (0,09 mg P/l) (tabel 3.12). Der har været en tilsvarende ændring i tilførslen af fosfor i absolutte mængder, hvor medianen for fosfortilførslen i 2013 (2,0 mg P/m²/dag) var 19 % lavere end for perioden 1990-1994 (2,4 mg P/m² /dag) (tabel 3.12). Nedgangen i koncentrationen af fosfor i tilført vand

var signifikant for syv af de 10 søer set over hele overvågningsperioden, mens fire søer har oplevet et signifikant fald i koncentrationen de seneste 10 år. Fire søer har oplevet et signifikant fald i den absolutte, arealspecifikke fosforbelastning i perioden 1990-2013, mens dette kun var tilfældet for to søer set over de seneste 10 år (tabel 3.14). Udviklingen i indløbskoncentration samt absolut tilførsel af totalfosfor til Engelsholm Sø har været signifikant faldende de seneste 10 år, men ikke for hele perioden. Det ser dog ikke ud til, at der er sket et væsentligt fald i forhold til variationerne de foregående år (figur 3.11 og 3.12).

Figur 3.11. Udvikling i årlig tilførsel og tilbageholdelse af totalfosfor (Total-P) i hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer.



Figur 3.12. Udvikling i den årlige vandføringsvægtede koncentrationen af totalfosfor (Total-P) i tilført vand samt i afløb til hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer.



Reduktionen i fosforkoncentrationen i tilført vand til søerne forklares af reducerede punktkildetilførsler, som har været markante - f.eks. spildevand fra rensningsanlæg (figur 3.14). Reduktioner i fosforkoncentrationen i udløbet er dels et resultat af den mindre koncentration i tilført vand, men også af ændringer i fosfortilbageholdelsen i søerne. I starten af 1990'erne har søer med en tidligere høj belastning aflastet/frigivet en stor del af den ophobede fosforpulje. Dette kan aflæses i den relative store reduktion, der er sket i de

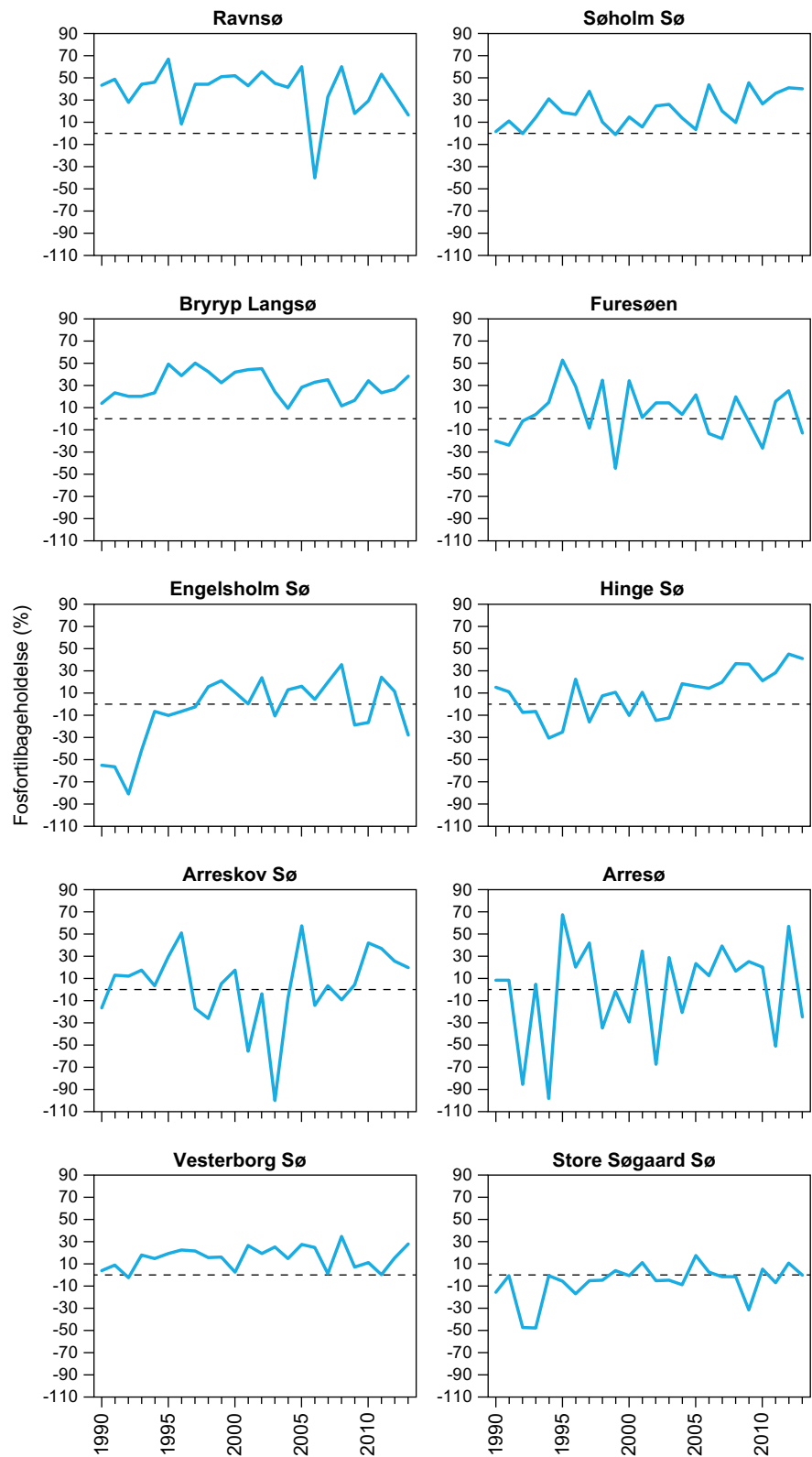
højeste fosforkoncentrationer i udløbene i perioden 1990-1994 (figur 3.12, tabel 3.12). Faldet i fosfortilførslen i de mest belastede søer har resulteret i, at gennemsnitskoncentrationen i udløbene er faldet med hele 62 % fra 1990-1994 frem til 2013 (tabel 3.12). Faldet er signifikant for otte ud af 10 søer i perioden 1990-2013 (tabel 3.14). Fire af disse søer har også en signifikant faldende udløbskoncentration set over de seneste 10 år, mens en stigende tendens ses i Ravn Sø (tabel 3.14). Det generelle fald set over alle 10 søer er størst i den første del af overvågningsperioden (35 % fra 1990-1994 til perioden 1995-2000, herefter 13 % mellem de efterfølgende seksårs-perioder oplyst i tabel 3.12). Den gennemsnitlige udløbskoncentration af totalfosfor var i 2013 24 % lavere end gennemsnittet for den forrige seksårsperiode.

Tabel 3.12. Totalfosforkoncentration (Total-P konc (mg P/l)) samt fosfortilførslen (Total-P mængde (mg P/ m²/dag)) i det vand, der strømmer til (tilløb) og fra (udløb) de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer fra 1990 til 2013 med angivelse af gennemsnit, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler for perioderne 1990-1994, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Tilførsel	1990-94	0,142	0,052	0,086	0,120	0,223	0,246
Total-P konc.	1995-00	0,111	0,054	0,096	0,105	0,124	0,208
	2001-06	0,100	0,052	0,091	0,099	0,112	0,152
	2007-12	0,093	0,048	0,080	0,093	0,103	0,144
	2013	0,086	0,044	0,072	0,087	0,106	0,109
Tilførsel	1990-94	5,494	0,689	1,410	2,412	9,114	13,851
Total-P mængde	1995-00	3,870	0,611	0,694	2,221	7,131	9,057
	2001-06	3,744	0,529	0,731	2,111	6,777	8,489
	2007-12	3,784	0,453	0,793	2,187	7,814	8,475
	2013	2,972	0,355	0,659	1,959	5,238	7,427
Udløb	1990-94	0,141	0,041	0,088	0,107	0,205	0,309
Total-P konc.	1995-00	0,092	0,033	0,055	0,080	0,110	0,192
	2001-06	0,080	0,029	0,063	0,075	0,102	0,131
	2007-12	0,070	0,033	0,055	0,065	0,086	0,135
	2013	0,053	0,037	0,041	0,043	0,059	0,103

Såvel den absolutte som den relative tilbageholdelse af fosfor i søerne har været relativt beskeden i størstedelen af søerne og fluktuerer en del gennem undersøgelsesperioden (figur 3.10, 3.13) og kan især variere en del i søer med høj opholdstid, som f.eks. Furesøen og Arresø. Ydermere varierer tilbageholdelsen også over sæsonen (Søndergaard et al., 2012). Reduktioner i totalfosfor i søen samt øget sigtddybde er mekanismer, der har positiv indvirkning på tilbageholdelsen i sommermånedene som følge af øget bentisk produktion. Den årlige fosfortilbageholdelse var generelt relativ lav i begyndelsen af 1990'erne (figur 3.10, 3.13), hvilket er et udtryk for påvirkning fra en fosforpulje ophobet i sedimentet. Medianen for fosfortilbageholdelsen var således lavest i perioden 1990-1994, mens den fluktuerer mellem niveauet 0,5-0,9 mg P/m²/dag i de efterfølgende perioder indtil 2012 (tabel 3.13). I 2013 var fosfortilbageholdelsen højere end medianerne for de foregående perioder (tabel 3.13). Signifikant øget fosfortilbageholdelse sås i fire søer set over de sidste 24 år, mens to af disse søer også viste en signifikant øget tilbageholdelse set over de seneste ti år (tabel 3.14, figur 3.11 og 3.13).

Figur 3.13. Udvikling i den årlige tilbageholdelse af totalfosfor (% af tilførslen af totalfosfor) i hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer.



Tabel 3.13. Absolut (Total-P ret (mg P/m²/dag)) og relativ (Total-P ret (% af tilførsel)) tilbageholdelse af totalfosfor i hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer fra 1990 til 2013 med angivelse af gennemsnit, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler for perioderne 1990-1994, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013. Årsværdier.

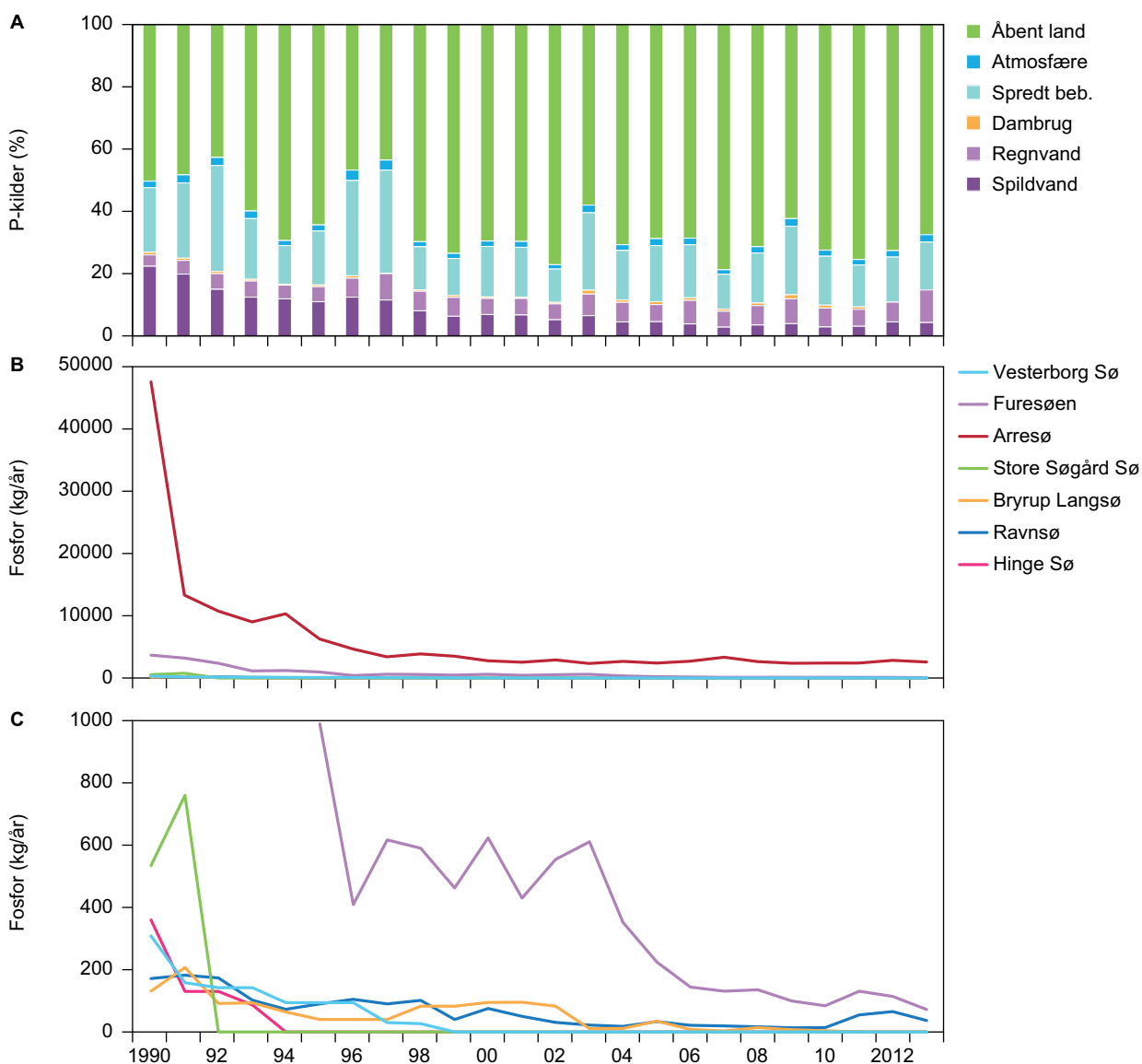
		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total-P ret, (mg P/m ² /dag)	1990-94	0,215	-3,614	-0,270	0,215	1,756	2,697
	1995-00	1,037	-0,542	0,205	0,909	1,792	3,039
	2001-06	0,938	-0,092	0,017	0,496	1,823	2,705
	2007-12	0,832	-0,768	0,131	0,936	1,550	2,035
	2013	1,426	0,306	0,684	1,334	1,600	4,166
Total-P ret, (% af tilførsel)	1990-94	4	-35	-4	5	17	41
	1995-00	21	-6	9	20	43	45
	2001-06	18	-2	1	16	31	47
	2007-12	19	-8	6	21	27	45
	2013	32	14	25	32	38	49

Tabel 3.14. Udviklingen i overvågningssøernes stofbalancer (årsværdier) for totalfosfor i hele perioden 1990-2013 og de seneste 10 år. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Pi er koncentrationen tilført vand i mg P/l. Pu er udløbskoncentrationen. Ptilm2 er fosfortilførslen pr. m² pr. dag. Pretm2 er den arealspecifikke fosfortilbageholdelse (mg P/ m² /dag) og Pret(%) er den relative tilbageholdelse (%).

	Pi		Pu		Ptilm2	
	1990-2013	2004-2013	1990-2013	2004-2013	1990-2013	2004-2013
Hinge Sø	--	0	----	---	0	0
Ravn Sø	----	0	0	++	0	0
Bryrup Langsø	----	--	--	--	---	--
Engelsholm Sø	0	---	----	0	0	-
St. Søgård Sø	----	0	----	0	--	0
Arreskov Sø	0	0	0	0	0	0
Søholm Sø	0	0	--	---	0	0
Arresø	----	-	----	---	---	0
Furesøen	----	--	----	0	----	0
Vesterborg Sø	--	0	--	0	0	0
i alt +/++/+++/++++	0	0	0	1	0	0
i alt -/--/---/----	7	4	8	4	4	2
	Pretm2		Pret(%)			
	1990-2013	2004-2013	1990-2013	2004-2013		
Hinge Sø	+++	++	++++	+++		
Ravn Sø	0	0	0	0		
Bryrup Langsø	0	0	0	0		
Engelsholm Sø	+++	0	+++	0		
St. Søgård Sø	++	0	++	0		
Arreskov Sø	0	0	0	0		
Søholm Sø	+++	+	+++	+		
Arresø	0	0	0	0		
Furesøen	0	0	0	0		
Vesterborg Sø	0	0	0	0		
i alt +/++/+++/++++	4	2	4	2		
i alt -/--/---/----	0	0	0	0		

3.6.3 Fosforkilder

Ud af de 18 intensivt undersøgte overvågnings søer er der sammenlignelige data for kildeopsplitning siden 1990 i 10 søer. Igennem overvågningsperioden er der sket betydelige ændringer i den relative fordeling af fosforkilderne til søerne (figur 3.14). Den samlede tilførsel til søerne er faldet markant fordi bidraget fra spildevand totalt set er reduceret. Spildevandsbidraget varierer mellem søerne, og er i alle syv søer, der modtager spildevand, kraftigt reduceret eller afskåret helt - specielt i de første 5-10 år af overvågningsperioden (figur 3.14). Det reducerede spildevandsbidrag indebærer, at betydningen af bidraget fra det åbne land (baggrund + landbrugsbetinget) relativt bliver større og generelt er steget fra 54 % til 72 % i løbet af perioden 1990-1994 til 2007-2012, mens bidraget fra det åbne land i 2013 var på 68 % af den samlede fosforbelastning (tabel 3.15).



Figur 3.14. A. Den procentuelle årlige kildefordeling for fosfortilførslen til 10 af overvågnings søerne med stofftilførselsmålinger i perioden 1990-2013. B Det aktuelle spildevandsbidrag af fosfor fra rensningsanlæg i overvågnings søerne (der er intet bidrag til Engesholm Sø, Søholm Sø og Arreskov Sø). C Som graf B med forstørret akseenhed.

Udover tiltag til reduktion af belastningen varierer de enkelte kilders bidrag til næringsstofbelastningen fra år til år afhængigt af blandt andet mængden af nedbør og dermed afstrømningens størrelse. Den gennemsnitlige andel af den

spredte bebyggelses samlede fosforbelastning til de 10 søer varierer fra 10 til 35 % over hele perioden og har de sidste 10 år ligget på omkring 13-22 %. Den gennemsnitlige relative fosfortilførsel fra dambrug til søer var gennem hele perioden mellem 0,3 og 1,3 % af den totale tilførsel. Imidlertid er det kun to søer af de tilbageværende intensivt overvågede søer med stofmålinger, hvor dambrug har været placeret opstrøms. Driften opstrøms Hinge Sø blev nedlagt i 1996 og Bryrup Langsø er den eneste sø der indtil 2012 har modtaget fosfortilførsel fra dambrug (2-13 % i overvågningsperioden). For 2012 og 2013 er der ingen registreret dambrugstilførsel til Bryrup Langsø.

Tabel 3.15. Den procentuelle årlige kildefordeling for fosfortilførslen i de 10 intensivt overvågede søer med stofbalancer fra 1990 til 2013, opdelt i fire perioder samt for året 2013. Fordelingen er beregnet som gennemsnit af årsværdier for de enkelte søers procentfordeling. I tilfælde af negativt bidrag fra åbent land er værdien sat til nul.

	Spildevand	Regnvand	Spredt bebyg.	Dambrug	Atmosfære	Åbent land
1990-1994	16,3	4,5	22,2	0,6	2,3	54,1
1995-2000	9,3	6,2	20,5	0,5	2,2	61,3
2001-2006	5,2	6,1	17,1	0,8	2,0	68,8
2007-2012	3,4	6,2	15,5	0,8	2,0	72,2
2013	4,2	10,5	15,3	0,0	2,4	67,5

3.6.4 Kvælstofbalancer

Tilførslen af kvælstof til søerne afspejler i endnu højere grad end fosfor forskelle i vandafstrømningen fra år til år. De tørre år i 1996 og 1997 samt 2003 er således meget markante i udviklingen i tilførslen af kvælstof siden 1990, som generelt har vist en faldende tendens (figur 3.15, 3.16).

Den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration i det vand, der strømmer til søerne har været faldende i perioden 1990 til 2013 i søerne (figur 3.15B, 3.17), signifikant i alle 10 søer og udviklingen er fortsat signifikant i ni af de 10 søer set over de seneste 10 år af overvågningsperioden (tabel 3.18). Medianen for koncentrationen i det tilstrømmende vand til de 10 søer er således faldet med ca. 40 % fra første halvdel af 1990'erne til perioden 2007-2012, og medianen var i 2013 (3,6 mg N/l) på niveau med niveauet for 2007-2012 (tabel 3.16). Generelt set er reduktionen sket jævnt hen over de fire perioder i årene 1990-2012, med et fald på 15-16 % imellem perioderne (tabel 3.16). Dette er modsat tendensen i fosforkoncentrationen, der hovedsageligt falder i den første del af overvågningsperioden. Den stadigt faldende tendens i størstedelen af søerne kan betyde at flere af søerne potentielt er kvælstofbegrænsede, specielt de lavvandede søer og især i sommermånederne. De data fra de 15 søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling med tidsserie siden 1990 giver dog ikke indtryk af, at forholdet mellem totalkvælstof og totalfosfor er ændret væsentligt gennem overvågningsperioden og dermed heller ikke, at der de senere år har været væsentligt større sandsynlighed for kvælstofbegrænsning i disse (Bjerring et al., 2013). Mindre intern fosforbelastning kan dog også påvirke forholdet mellem totalkvælstof og totalfosfor i søerne og være medvirkende til, at der ikke ses en faldende tendens i forholdet mellem totalkvælstof og totalfosfor. Faldet i den absolutte kvælstoftilførsel (figur 3.15A, 3.16) afspejler, trods betydelig større variation, faldet i koncentrationen i tilført vand med en reduktion på 40 % (median-værdier) fra perioden 1990-1994 til 2007-2012 (tabel 3.16). I 2013 var medianen for den absolutte kvælstoftilførsel relativ lav for overvågningsperioden. Otte ud af 10 søer viser et signifikant fald i den absolutte kvælstoftilførsel set over hele overvågningsperioden og seks af disse har også oplevet et signifikant fald de seneste 10 år (tabel 3.18).

Figur 3.15. Kvælstofudviklingen i de intensivt overvågede søer med massebalancer i perioden 1990 til 2013, (n=10).

A: Total kvælstoftilførsel (mg N/m²/dag¹), B: Vandføringsvægtet koncentration af totalkvælstof (mg N/l) i tilført vand, C: Kvælstoftilbageholdelsen (mg N/m²/dag), D: Kvælstoftilbageholdelse i % af tilførslen. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.

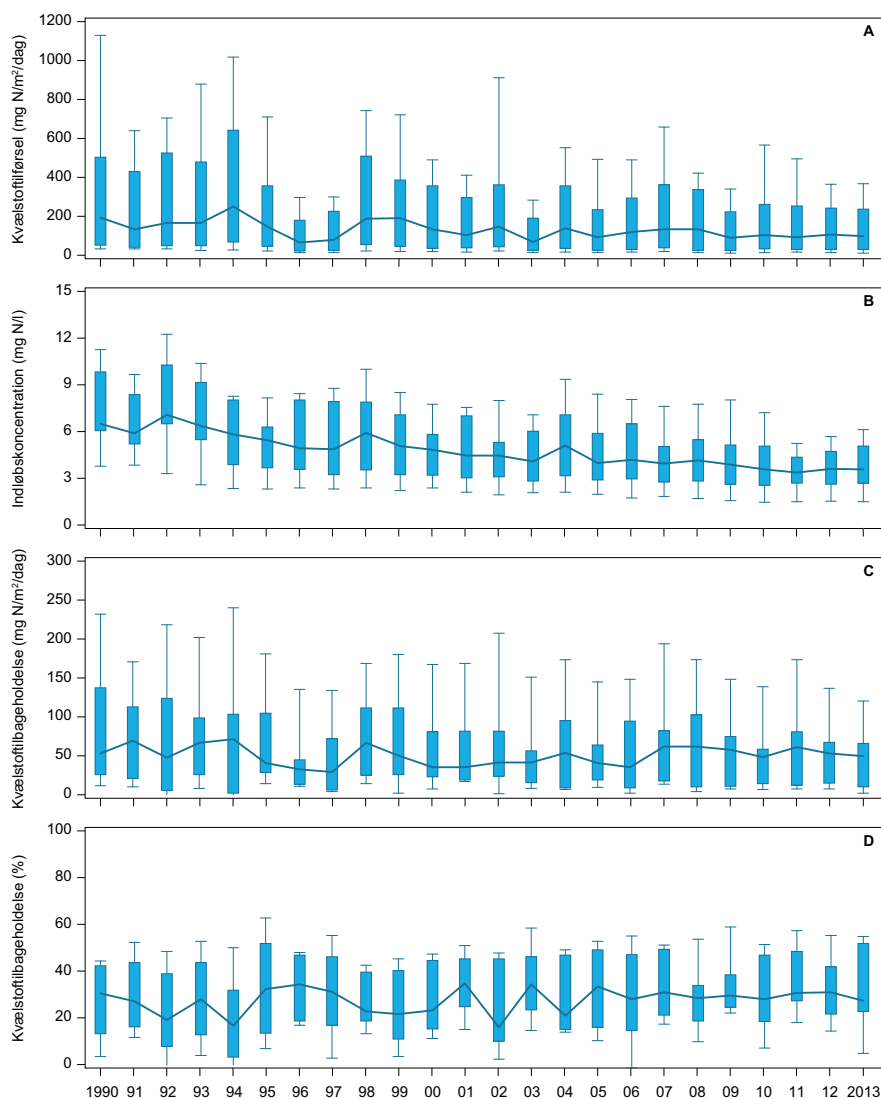
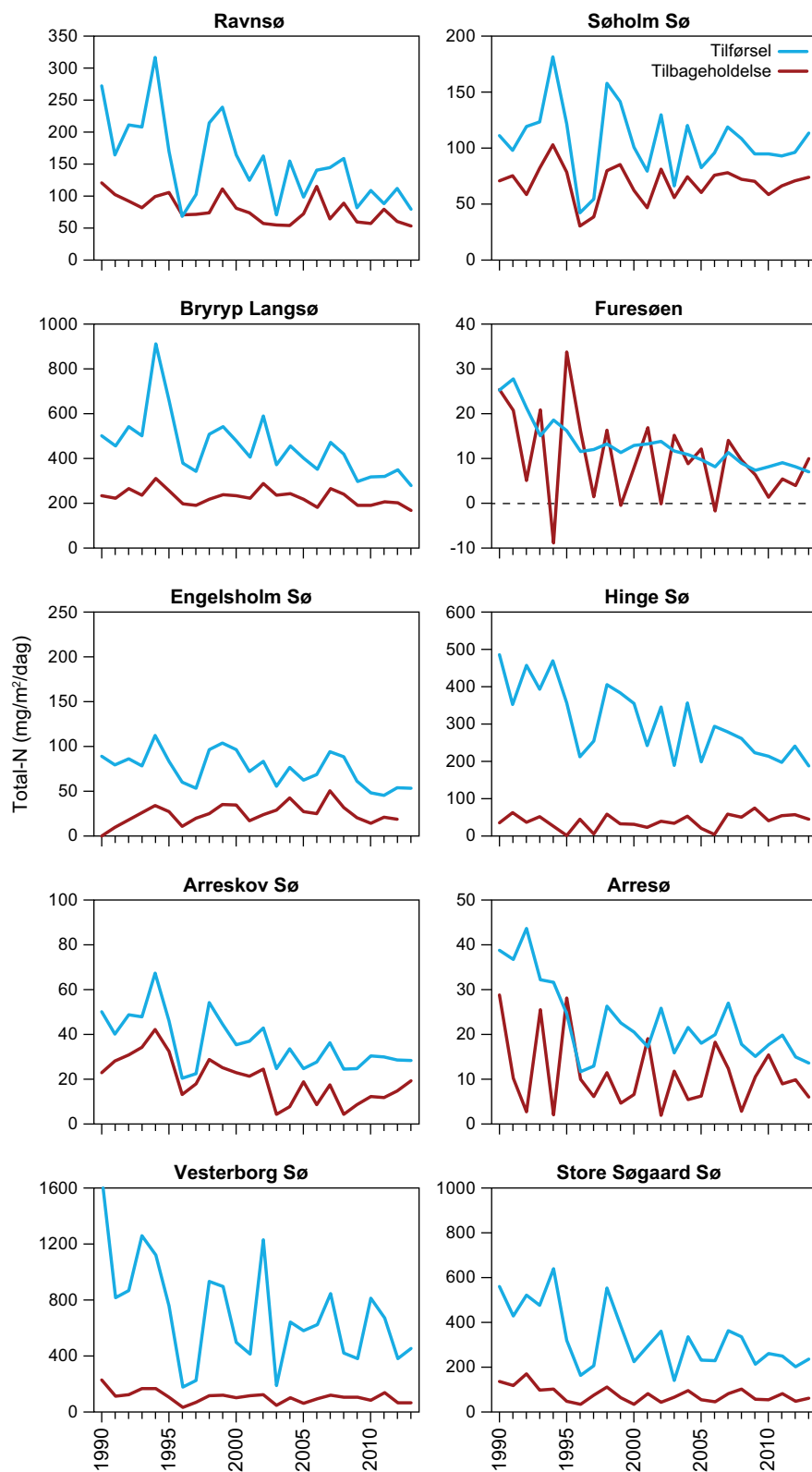


Table 3.16. Totalkvælstofkoncentration (Total-N konc. (mg P/l)) samt kvælstoftilførslen (Total-N mængde (mg N/ m²/dag)) i det vand, der strømmer til (tiløb) og fra (udløb) de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer 1990 til 2013 med angivelse af gennemsnit, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler for perioderne 1990-1994, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Tilførsel	1990-94	6,85	2,62	5,71	6,20	8,96	10,61
Total-N konc. (mg N/l)	1995-00	5,34	2,29	3,39	5,18	7,25	8,82
	2001-06	4,67	1,96	3,04	4,41	6,36	8,89
	2007-12	3,98	1,37	2,66	3,75	4,91	7,68
	2013	3,77	1,42	2,68	3,57	5,07	6,29
Tilførsel	1990-94	325	22	51	181	526	1153
Total-N mængde (mg N/m ² /dag)	1995-00	212	13	37	132	328	582
	2001-06	194	11	32	111	271	615
	2007-12	179	9	29	109	271	586
	2013	145	7	28	96	237	454
Udløb	1990-94	4,09	0,74	2,44	3,48	5,20	9,12
Total-N konc. (mg N/l)	1995-00	3,19	0,68	1,71	2,80	4,35	7,00
	2001-06	2,89	0,61	1,56	2,48	3,43	7,54
	2007-12	2,33	0,52	1,58	1,93	2,49	6,13
	2013	2,19	0,55	1,12	1,79	2,68	5,71

Figur 3.16. Udvikling i årlig tilførsel og tilbageholdelse af totalkvælstof (Total-N) i hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer.



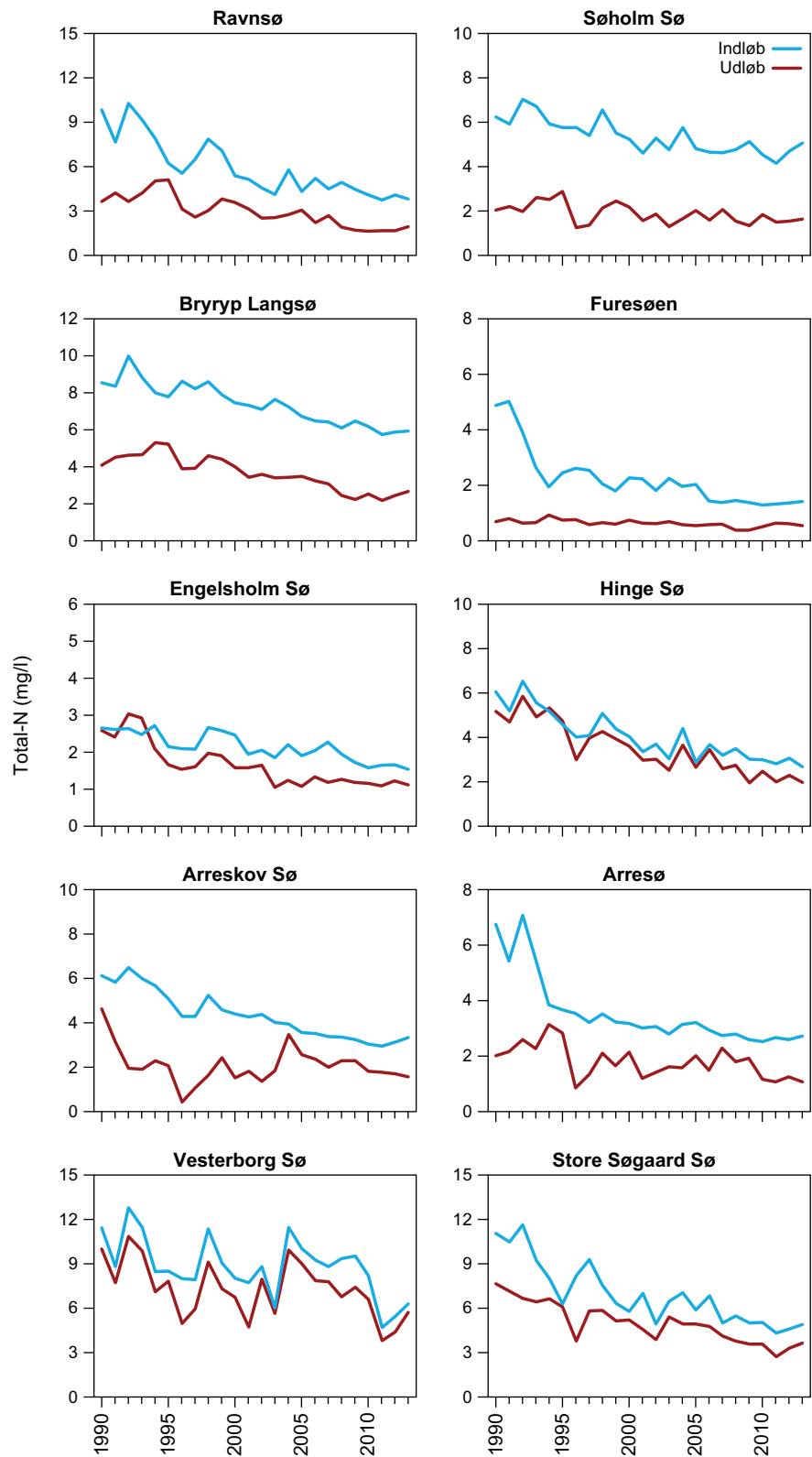
Kvælstoftilbageholdelsen varierer fra år til år. Den absolutte kvælstoftilbageholdelse afspejler den variation, der er i kvælstoftilførslen, således at der i absolutte mængder tilbageholdes mindre kvælstof i de år, hvor der også tilføres mindre mængder (figur 3.15, 3.16), hvilket bl.a. er nedbørsafhængigt.

Den absolutte kvælstoftilbageholdelse er gennemsnitligt set ca. 20 % lavere i de senere år (2007-2012) sammenlignet med niveauet i den første del af overvågningsperioden (1990-1994) (tabel 3.17), hvilket sandsynligvis hænger sammen med en betydelig reduktion af tilførslen. Tilbageholdelsen i 2013 ligger, modsat fosfor, lidt lavere end for den foregående periode. I alt fem af de 10 søer viser et signifikant fald i absolut kvælstoftilbageholdelse (tabel 3.18) set over hele overvågningsperioden, mens dette kun er tilfældet i én af disse fem søer set over de seneste 10 år og derudover også i Engelsholm sø. Den relative kvælstoftilbageholdelse var som gennemsnit for alle 10 søer i perioden 1990-1994 lavere end niveauet for de øvrige perioder i tabel 3.17, men er præget af stor variation hen over tid, og der ses ingen klar generel trend i undersøgelsesperioden (figur 3.15D). Heller ikke i 2013 afviger den gennemsnitlige relative kvælstoftilbageholdelse fra niveauet for overvågningsperioden generelt (figur 3.15D). Nogle søer udviser dog tendenser til signifikant forøget relativ kvælstoftilbageholdelse i forhold til tilførslerne, signifikant i fem søer, set over hele overvågningsperioden og i to søer set over de seneste 10 år (tabel 3.18, figur 3.18), hvilket sandsynligvis skyldes ændrede produktionsforhold internt i søerne. Engelsholm Sø udviser på baggrund af de indtil dato indsamlede data en signifikant forøget relativ kvælstoftilbageholdelse set over hele overvågningsperioden, mens tilbageholdelsen de seneste 10 år testes signifikant forringet (tabel 3.18, figur 3.18).

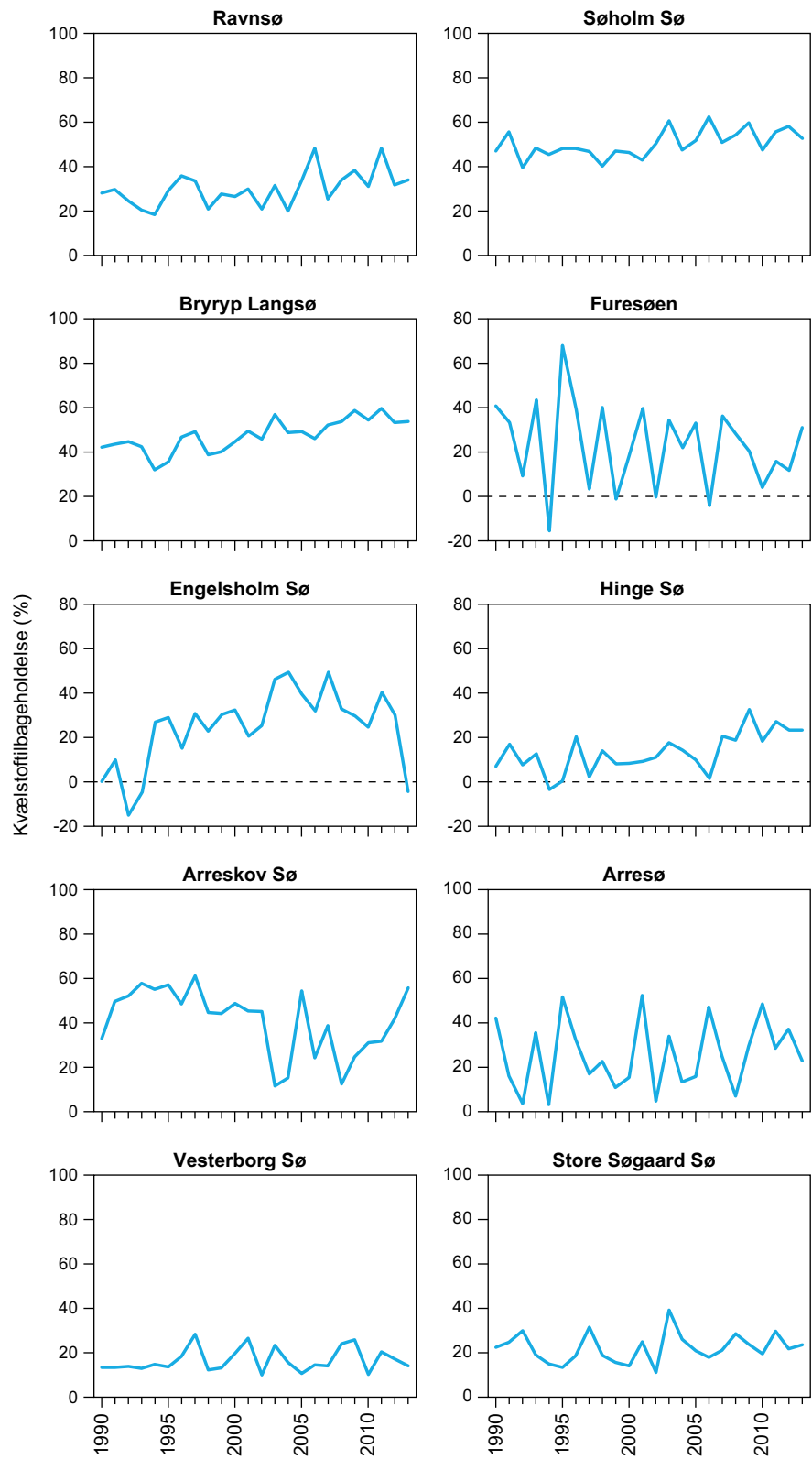
Tabel 3.17. Absolut (Total-N ret. (mg N/m²/dag)) og relativ (Total-N ret. (% af tilførsel)) tilbageholdelse af totalkvælstof i de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer med angivelse af gennemsnit, median, minimum, maksimum samt 25 %- og 75 %-fraktiler for perioderne 1990-1994, 1995-2000, 2001-2006 og 2007-2012 samt 2013. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total-N ret. (mg N/m ² /dag)	1990-94	81	5	14	56	125	255
	1995-00	63	11	23	45	86	223
	2001-06	61	9	14	47	71	231
	2007-12	64	7	12	62	71	217
	2013	50	-3	10	49	65	167
Total-N ret. (% af tilførsel)	1990-94	25	4	14	22	41	50
	1995-00	29	9	19	27	43	51
	2001-06	30	11	21	29	36	52
	2007-12	32	19	24	30	35	55
	2013	31	-4	23	27	52	56

Figur 3.17. Udvikling i den årlige vandføringsvægtede koncentrationen af totalkvælstof (Total-N) i tilført vand samt i afløb til hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer.



Figur 3.18. Udvikling i den årlige tilbageholdelse af totalkvælstof (%) i hver af de 10 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes udvikling, hvor der er beregnet stofbalancer.



Tabel 3.18. Udviklingen i overvågnings søernes stofbalancer (årsværdier) for totalkvælstof i hele perioden 1990-2013 og de seneste 10 år. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Ni er koncentrationen i tilført vand i mg N/l. Nu er udløbskoncentrationen. Nilm2 er kvælstoftilførslen pr. m²/dag. Nretm2 er den arealspecifikke kvælstoftilbageholdelse (mg N/ m²/dag) og Nret(%) er den relative tilbageholdelse (%).

	Ni		Nu		Nilm2	
	1990-2013	2004-2013	1990-2013	2004-2013	1990-2013	2004-2013
Hinge Sø	----	--	----	---	----	--
Ravn Sø	----	---	----	---	---	-
Bryrup Langsø	----	----	----	---	----	--
Engelsholm Sø	----	---	----	0	---	--
St. Søgård Sø	----	---	----	---	---	0
Arreskov Sø	----	---	0	----	---	0
Søholm Sø	----	0	--	0	0	0
Arresø	----	---	---	--	----	--
Furesøen	----	--	----	0	----	--
Vesterborg Sø	---	---	--	---	0	0
i alt +/++/+++/++++	0	0	0	0	0	0
i alt -/--/---/----	10	9	9	7	8	6

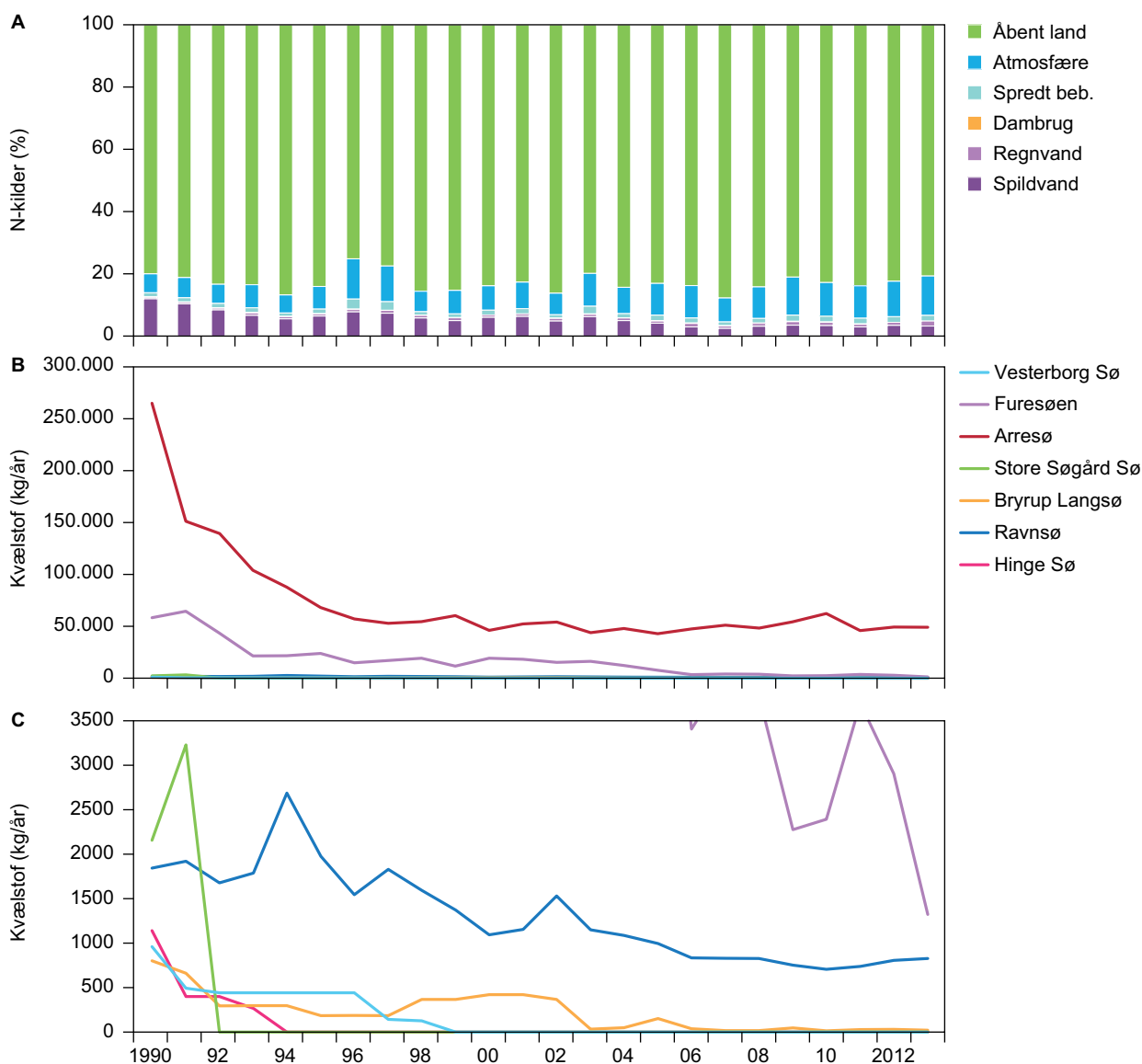
	Nretm2		Nret(%)	
	1990-2013	2004-2013	1990-2013	2004-2013
Hinge Sø	0	0	+++	+
Ravn Sø	---	0	++	0
Bryrup Langsø	--	-	++++	++
Engelsholm Sø	+	--	++	--
St. Søgård Sø	--	0	0	0
Arreskov Sø	----	0	--	0
Søholm Sø	0	0	+++	0
Arresø	0	0	0	0
Furesøen	0	0	0	0
Vesterborg Sø	-	0	0	0
i alt +/++/+++/++++	1	0	5	2
i alt -/--/---/----	5	2	1	1

3.6.5 Kvælstofkilder

Kvælstofbelastningen fra det åbne land (primært landbrugsbidrag, men også baggrund) udgjorde i 2013 ca. 80 % af den totale tilførsel (tabel 3.19) i de 10 søer med kildeopsplitning. Trods tæt på en halvering af den samlede tilførsel har andelen fra det åbne land været tilnærmelsesvis konstant siden 1990 (figur 3.19A, tabel 3.19). Det atmosfæriske bidrag udgør den næststørste kilde siden 1994 opdelt i seksårsperioder (tabel 3.19) med en gennemsnitlig andel på 9-13 %. Spildevand, regnvandsbetingede tilledninger og spredt bebyggelse er som gennemsnit mindre væsentlige kilder til kvælstoftilførslen til søerne. Det kan noteres, at kvælstofbidraget fra spildevand er faldet betragteligt i de syv spildevandsbelastede søer (figur 3.19B og C). Dermed er den gennemsnitlige spildevandsbelastning for de 10 søer reduceret fra ca. 9 til ca. 3 % i overvågningsperioden siden 1990 i de 10 søer (tabel 3.19).

Tabel 3.19. Den procentuelle årlige kildefordeling for kvælstoftilførslen i de 10 intensivt overvågede søer med stofbalancer fra 1990 til 2013, opdelt i tre perioder samt for året 2013. Fordelingen er beregnet som gennemsnit af årsværdier for de enkelte søers procentfordeling.

	Spilde- vand	Regn- vand	Spredt bebyg.	Dam- brug	Atmos- fære	Åbent land
1990-1994	8.5	0.6	1.3	0.1	6.4	83.0
1995-2000	6.4	0.8	1.9	0.1	8.9	81.9
2001-2006	4.9	0.8	1.7	0.1	9.2	83.3
2007-2012	3.1	0.9	1.7	0.1	10.4	83.7
2013	3.2	1.6	1.8	0.0	12.6	80.7



Figur 3.19. A. Den procentuelle årlige kildefordeling for kvælstoftilførslen til 10 af overvågningssøerne med stoftilførselsmålinger i perioden 1990-2013. B Det aktuelle årlige bidrag spildevandsbidrag af kvælstof fra rensningsanlæg i overvågningssøerne (der er intet bidrag til Engelsholm Sø, Søholm Sø og Arreskov Sø). C Som graf B med forstørret akseenhed.

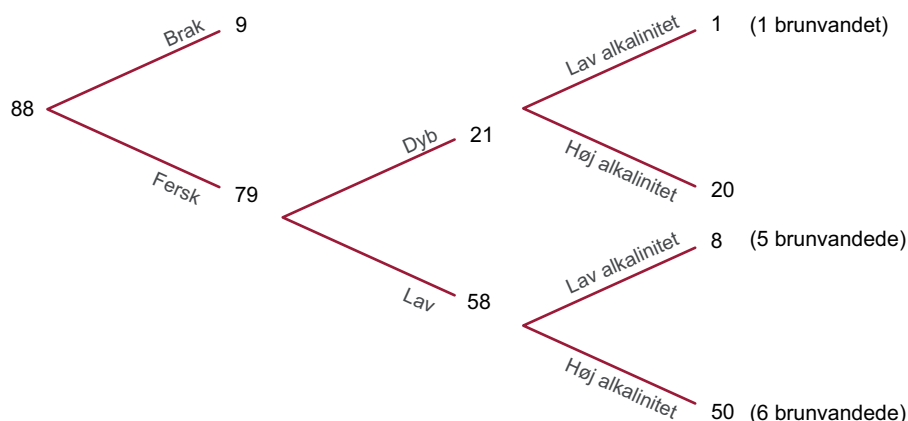
4 Kontrolovervågning af søernes tilstand

Overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand foretages ved undersøgelse i 150 søer >5 ha i løbet af perioden 2011-2015, dvs. ca. 30 søer undersøges hvert år.

Denne del af rapporten giver en overordnet status for de 88 søer, der er undersøgt i 2011-2013 (den nuværende NOVANA-periodes første tre år) samt et overordnet overblik over udviklingstendensen i disse søer sammenlignet med den forrige NOVANA-periode (2004-2009). Dette er muligt, da de 150 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes tilstand, er en delmængde af de tidligere undersøgte Ekstensiv-1 søer samt søer, der tidligere indgik i "Det intensive program" i NOVANA-perioden 2004-2009 (se afsnit 4.2).

Der er nu undersøgt mere end halvdelen af de 150 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes tilstand. De undersøgte søer repræsenterer flere forskellige søtyper, herunder også brakvandssøer (figur 4.1). Dette gør det muligt at give et forsigtigt bud på tilstand og udviklingstendens for enkelte af søtyperne. Dog må det pointeres, at de 88 søer ikke nødvendigvis er et repræsentativt udsnit af de 150 søer, der er udvalgt på geografisk stratificeret vis. Dette tages der forbehold for ved vurderingerne i denne rapport.

Figur 4.1. Fordeling af søer, der indgår i kontrolovervågningen for tilstand i 2011-2013, i søtyper baseret på salinitet (>0.5 ‰), middeldybde (>3 m), alkalinitet (>0.2 meq/l) og farvetal (>60 mg Pt/l).



4.1 Generel tilstand

De 88 søer, der på nuværende tidspunkt er blevet undersøgt med henblik på tilstandsvurdering, repræsenterer i alt syv søtyper, defineret ud fra salinitet, middeldybde, alkalinitet og farvetal (figur 4.1). Størstedelen af søerne repræsenterer den typiske danske sø: fersk, lavvandet, alkalint og ingen humusstoffer af nævneværdig grad (ikke-brunvandet: farvetal < 60 mg Pt/l). Tabel 4.1 giver den samlede oversigt over de morfometriske parametre, sigtdybde samt fire vandkemiske nøgleparametre for de 88 undersøgte søer, mens tabel 4.2 viser de vandkemiske og biologiske forhold fordelt på fire søtyper. Søernes geografiske placering er vist i figur 4.2.

Tabel 4.1. Oversigt over morfometriske samt vandkemiske nøgleparametre (sommerværdier) for de 88 søer som er undersøgt i perioden 2011-2013.

*Flyndersø er repræsenteret med to bassiner separat for kemiske parametre.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	32,2	8,4	0,1	945,0	73
Søareal (ha)	118,9	22,9	4,6	1730,0	88
Middeldybde (m)	2,5	1,7	0,4	13,2	86
Maksimumsdybde (m)	4,8	2,8	0,4	30,9	86
Totalfosfor (mg P/l)	0,117	0,072	0,016	0,706	89*
Totalkvælstof (mg N/l)	1,05	0,96	0,28	3,14	89*
Sigt dybde (m)	1,3	1,0	0,2	5,1	88*
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	53	39	3	276	89*
Farvetal (mg Pt/l)	41	27	6	544	89*

Søernes areal spænder fra en nedre grænse på 5 ha op til 1730 ha. Størstedelen er lavvandede søer (median for middeldybde er 1,7 meter og gennemsnittet 2,5 meter), men også dybe søer med en maksimaldybde på op til 31 meter forekommer. Søerne ligger generelt i den mere næringsrige kategori med en sommermedian på 0,07 mg P/l og et gennemsnit på 0,12 mg P/l. Dog forekommer der også enkelte rene søer med fosforsommergennemnit under 0,02 mg P/l.

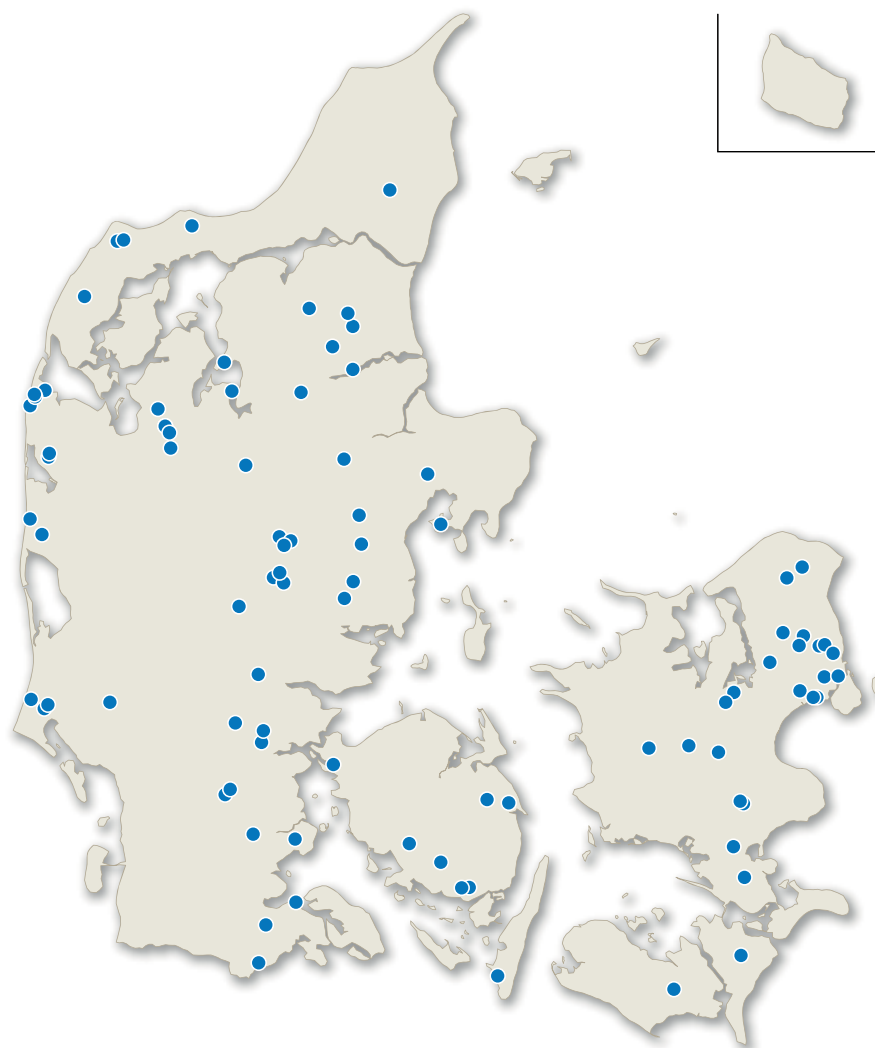
Tabel 4.2. Oversigt over kemiske og biologiske data fra de 88 søer (sommerværdier) fordelt på fire søtyper og som er undersøgt i perioden 2011-2013 (for de lavalkaline søer indgår både dybe og lavvandede søer). Hvis der er data for flere år indgår søen med den seneste måling. Fisk indsamlet med net med maskestørrelse 68 og 85 mm i fiskeundersøgelserne er ikke medtaget. Flyndersø er repræsenteret med to bassiner separat. Fire søer er udeladt fra fytoplanktonanalysen pga. pågående opfølgning på data. ¹⁾gedde+aborre+sandart>10 cm, ²⁾skalle+rudskalle+brasen+hybrider

Lavvandet, alkalin	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,4	1,3	0,4	2,8	49
Maksimumsdybde (m)	2,8	2,2	0,4	10,1	50
Totalfosfor (mg P/l)	0,127	0,088	0,018	0,471	50
Totalkvælstof (mg N/l)	1,14	1,05	0,48	3,14	50
Sigt dybde (m)	1,0	0,9	0,3	2,4	49
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	64,1	51,1	3,5	276,4	50
Alkalinitet (meq/l)	2,48	2,67	0,23	5,30	50
pH	8	8	7	10	48
Farvetal (mg Pt/l)	38	31	11	126	50
Suspenderet stof (mg/l)	19	14	2	88	50
Konduktivitet (mS/m)	76	47	11	752	48
Total planteplankton biomasse (mm ³ /l)	16,3	8,2	0,4	176,5	47
Blågrønalger (%)	37,5	27,9	0,0	97,0	47
Grønalger (%)	15,8	9,2	0,0	75,2	47
Kiselalger (%)	19,4	5,6	0,0	99,0	47
Rekylalger (%)	11,2	5,3	0,0	95,7	47
Furealger (%)	6,3	0,7	0,0	53,7	47
Gulalger (%)	4,5	0,1	0,0	70,8	47
Øjealger (%)	1,1	0,0	0,0	15,2	47
Relativt plantedækket areal (%)	19,8	7,5	0,0	80,0	48
Relativt plantedækket volumen (%)	9,0	3,6	0,0	60,5	48
Antal arter af undervandsplanter	9	8	1	29	45
Plantedybdegrænse (m)	1,6	1,5	0,3	3,2	44

Fisk CPUE (antal/net)	173	125	0	677	49
Fisk CPUE biomasse (kg/net)	4,9	5,1	0,4	10,6	49
Andel af rovfisk ¹ antal (%)	14	8	0	75	49
Andel af rovfisk ¹ biomasse (%)	31	27	0	97	49
Andel af karpefisk ² antal (%)	50	53	0	98	49
Andel af karpefisk ² biomasse (%)	49	55	0	88	49
Dyb, alkalin	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	5,9	4,5	3,3	13,2	20
Maksimumsdybde (m)	12,1	10,8	5,0	30,9	18
Totalfosfor (mg P/l)	0,073	0,059	0,016	0,208	21
Totalkvælstof (mg N/l)	0,81	0,75	0,28	1,78	21
Sigtdybde (m)	2,4	2,0	0,6	5,1	21
Klorofyl a (µg/l)	32,7	19,8	5,2	128,3	21
Alkalinitet (meq/l)	2,30	2,47	0,29	4,65	21
pH	8	8	7	9	19
Farvetal (mg Pt/l)	19	15	6	51	21
Suspenderet stof (mg/l)	8	6	2	19	21
Konduktivitet (mS/m)	41	41	12	67	19
Total planteplankton biomasse (mm ³ /l)	15,8	9,0	1,4	85,6	20
Blågrønalger (%)	37,5	28,1	0,0	98,2	20
Grønalger (%)	2,7	2,0	0,0	12,4	20
Kiselalger (%)	22,7	8,3	0,0	79,1	20
Rekylalger (%)	5,4	3,0	0,1	26,3	20
Furealger (%)	27,2	8,9	0,0	95,2	20
Gulalger (%)	2,3	0,3	0,0	16,1	20
Øjealger (%)	0,5	0,0	0,0	8,6	20
Relativt plantedækket areal (%)	7,7	4,5	0,0	39,6	21
Relativt plantefyldt volumen (%)	1,2	0,2	0,0	13,8	21
Antal arter af undervandsplanter	9	9	1	22	20
Plantedybdegrænse (m)	4,0	3,2	1,7	9,5	19
Fisk CPUE (antal/net)	107	71	16	327	20
Fisk CPUE biomasse (kg/net)	3,5	2,8	0,0	9,2	20
Andel af rovfisk ¹ antal (%)	21	20	4	47	20
Andel af rovfisk ¹ biomasse (%)	39	39	14	68	19
Andel af karpefisk ² antal (%)	34	35	0	79	20
Andel af karpefisk ² biomasse (%)	51	53	20	78	19
Lavvandet + dyb, lavalkalin	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,9	1,4	0,9	4,8	8
Maksimumsdybde (m)	3,6	2,3	0,9	11,0	9
Totalfosfor (mg P/l)	0,049	0,031	0,022	0,150	9
Totalkvælstof (mg N/l)	0,71	0,65	0,46	1,20	9
Sigtdybde (m)	1,2	1,2	0,4	2,0	9
Klorofyl a (µg/l)	22,7	11,6	5,9	64,9	9
Alkalinitet (meq/l)	0,05	0,04	-0,05	0,19	9
pH	6	6	4	7	9
Farvetal (mg Pt/l)	121	76	12	544	9
Suspenderet stof (mg/l)	6	4	3	14	9
Konduktivitet (mS/m)	12	11	7	22	9

Total planteplankton biomasse (mm ³ /l)	5.4	1.5	0.4	35.2	9
Blågrønalger (%)	22.4	0.0	0.0	90.3	9
Grønalger (%)	26.0	18.1	0.0	92.6	9
Kiselalger (%)	0.9	0.0	0.0	6.6	9
Rekylalger (%)	5.4	1.7	0.0	30.6	9
Furealger (%)	10.3	0.9	0.0	68.2	9
Gulalger (%)	9.8	2.3	0.0	58.7	9
Øjealger (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	9
Relativt plantedækket areal (%)	23,3	18,9	0,0	63,0	8
Relativt plantefyldt volumen (%)	4,6	1,1	0,0	19,7	8
Antal arter af undervandsplanter	7	7	1	14	7
Plantedybdegrænse (m)	2,2	1,8	0,7	4,5	7
Fisk CPUE (antal/net)	37	28	11	74	6
Fisk CPUE biomasse (kg/net)	3,0	3,0	1,1	5,7	6
Andel af rovfisk ¹ antal (%)	56	54	4	98	6
Andel af rovfisk ¹ biomasse (%)	68	90	12	100	6
Andel af karpefisk ² antal (%)	19	0	0	71	6
Andel af karpefisk ² biomasse (%)	28	1	0	86	6
Brakvandssøer	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,3	1,5	0,4	2,8	9
Maksimumsdybde (m)	2,5	2,5	0,7	5,6	9
Totalfosfor (mg P/l)	0,230	0,165	0,028	0,706	9
Totalkvælstof (mg N/l)	1,43	1,23	0,73	3,08	9
Sigt dybde (m)	0,8	0,6	0,2	1,5	9
Klorofyl a (µg/l)	64,7	56,5	13,2	143,7	9
Alkalinitet (meq/l)	3,13	3,31	1,22	4,16	9
pH	9	9	8	9	9
Farvetal (mg Pt/l)	32	25	16	77	9
Suspenderet stof (mg/l)	44	29	8	156	9
Konduktivitet (mS/m)	572	509	114	1259	9
Salinitet (‰)	7,0	5,2	1,9	21,4	9
Total planteplankton biomasse (mm ³ /l)	17.3	10.2	1.6	73.2	9
Blågrønalger (%)	45.3	19.9	0.1	97.6	9
Grønalger (%)	9.1	2.6	0.5	37.4	9
Kiselalger (%)	24.1	4.8	0.0	64.5	9
Rekylalger (%)	2.2	1.0	0.0	11.4	9
Furealger (%)	14.3	5.2	0.0	96.7	9
Gulalger (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	9
Øjealger (%)	0.8	0.0	0.0	6.8	9
Relativt plantedækket areal (%)	11,6	3,1	0,0	61,5	8
Relativt plantefyldt volumen (%)	8,6	0,6	0,0	63,5	8
Antal arter af undervandsplanter	11	6	3	34	6
Plantedybdegrænse (m)	1,5	1,4	0,6	2,5	6
Fisk CPUE (antal/net)	137	118	14	322	7
Fisk CPUE biomasse (kg/net)	2,5	0,8	0,0	5,1	7
Andel af rovfisk ¹ antal (%)	2	0	0	11	7
Andel af rovfisk ¹ biomasse (%)	7	0	0	30	7
Andel af karpefisk ² antal (%)	20	6	0	80	7
Andel af karpefisk ² biomasse (%)	41	42	0	98	7

Figur 4.2. Geografisk placering af søer, der indgår i kontrol-
overvågningen for tilstand i 2011-
2013.



De lavvandede, alkaline søer er generelt næringsrige (totalfosfor på ca. 0,1 mg/l (sommermedian)), med højt klorofyl *a* indhold og lav sigtddybde. Planteplanktonet er biomasse-mæssigt domineret af blågrønalger, grønalger og kiselalger og dækningsgraden af undervandsplanter er lav (median på 7,5 %) og repræsenteret af bare otte arter (median). Der er en betydelig fiskebestand, som er domineret af karpfisk (ca. 50 % både biomasse- og antalsmæssigt) (tabel 4.2). De 17 undersøgte søer i 2013 af denne type ligner de tidligere undersøgte søer, idet statistikken ikke har rykket sig mærkbart. Dog er medianen for klorofyl *a* (51 µg/l) noget højere for de 50 søer undersøgt frem til 2013 end for de 33 søer tidligere undersøgt (39 µg/l).

De dybere, alkaline søer er generelt mindre næringsrige end de lavvandede (hhv. 33 % og 29 % lavere for totalfosfor og -kvælstof (sommermedianer)), har en relativ høj sigtddybde og klorofyl *a* niveauet er lavere (61 % (sommermedian)) end i de lavvandede søer. Samstemmende er det generelle farvetal og den generelle mængde suspenderet stof omtrent halvt så stor i de dybe, alkaline søer sammenlignet med de lavvandede. Fytoplankton i de dybe, alkaline søer er biomasse-mæssigt domineret af blågrønalger, de mobile furealger, der til tider kan opnå meget høje biomasser samt kiselalger (tabel 4.2), og er dermed delvist forskellig fra algesammensætningen i de lavvandede søer. Undervandsvegetationen er ret begrænset (median på 4,5 % plantedækket areal) og lavere end for de lavvandede søer trods den højere sigt-

dybde, hvis positive effekt dog afspejles i dybdegrænsen for undervandsplanterne, som har en median på 3,2 m. Antallet af undervandsplantearter er ni og på samme niveau som for de lavvandede alkaliske søer. Forskellen i antallet af søer, der er repræsenteret i de to grupper (hhv. 50 lavvandede og 21 dybe søer) kan dog spille ind her, hvilket også gælder for de øvrige parametre. Fiskebestanden i de dybere alkaline søer er generelt lavere end i de lavvandede søer (hhv. 43 og 45 % for antal og biomasse), og andelen af større rovfisk er højere, mens andelen af karpefisk antalsmæssigt er lavere (tabel 4.2). Biomasse-mæssigt er andelen af karpefisk på højde med niveauet for lavvandede søer. Dette indikerer, at der generelt er få men store rovfisk i de lavvandede søer, mens der i de dybe søer størrelsesmæssigt er en mere jævn bestand af rovfisk samt færre, men større karpefisk i de dybere søer og dermed en bedre kontrol af karpefiskene. Igen må forskellen i antallet af søer mellem de to grupper dog tages in mente.

På nuværende tidspunkt kan der ikke gives en generel status for tilstanden i de lavalkaline og brakke søer, da der indtil nu kun er undersøgt ni søer for hver af disse søtyper. Det er alligevel valgt at give en kort foreløbig status af tilstandsundersøgelserne i disse søer. De ni lav-alkaline søer (otte lavvandede og en dyb) inkluderer både ikke-brunvandede og brunvandede søer (seks stk.). De har lav pH og er overvejende næringsfattige (kun fire søer har sommermedian på mere end 0,030 mg P/l, disse er alle brunvandede). Det høje humusindhold i de brunvandede søer bevirker, at medianen for farvetal bliver relativ høj og følgelig er sigtddybde for gruppen også relativ lav (tabel 4.2). De tre ikke-brunvandede, lav-alkaline søer har en sommerfosforkoncentration på ca. 0,2 mg/l, en klorofyl *a* koncentration på under 12 µg per l og sigtddybde over 1,5 m. Den biologiske produktion er generelt lav, dog med undtagelse af undervandsplanterne, hvor dækningsgraden i de ikke-brunvandede søer er 16-24%, mens den i de brunvandede søer enten er meget lav (<5%) eller meget høj (to søer med over 50 % dækning). Grønalger udgør ofte en betydelig del af fytoplanktonsammensætningen, mens den dominerende algegruppe varierer fra sø til sø. Gulalger udgør mere end 1% af biomassen i syv af de ni søer. Fiskebestanden er lav og i to søer (en ikke-brunvandet og en brunvandet) domineret af karper, mens resten af søerne med fisk (seks søer) er domineret af rovfisk (hhv. > 33 og > 87 % antal- og biomasse-mæssigt).

Blandt brakvandssøerne er der stor spredning mht. næringsniveau. Fire af de ni søer har et sommergennemsnit på 0,3-0,6 mg P/l, mens fem søer ligger i niveauet 0,17-0,71 mg P/l og medianen af disse sommergennemsnit bliver således på 0,165 mg P/L. Sigtddybden er lav, hvilket afspejler klorofyl *a* niveauet, som generelt er relativt højt. Tilsvarende ses en relativt høj planktonbiomasse hvor den dominerede fytoplanktongruppe typisk er blågrønalger eller kiselalger. Fisketætheden er relativt høj og generelt domineret af hundestejle eller karpefisk, mens fiskebiomassen ikke er væsentlig forskellig fra de andre søtyper. Undervandsvegetationens plantedække er fraværende eller maks. 3 % i halvdelen af søerne, mens en enkelt sø har et plantedækket areal på 61 %, hvilket godt kan forekomme blandt brakvandssøer (se også under brakke, operationelle søer, tabel 5.1).

4.2 Udviklingstendenser

Søer, der siden 2010 er blevet undersøgt med henblik på tilstandsvurdering er derudover typisk undersøgt to gange i perioden 2004-2009 for de kemiske parametre samt undervandsplanter, mens fiskebestanden er undersøgt én

gang i perioden 2004-2009. Planteplankton er undersøgt for et fåtal af søer i den tidligere NOVANA-periode.

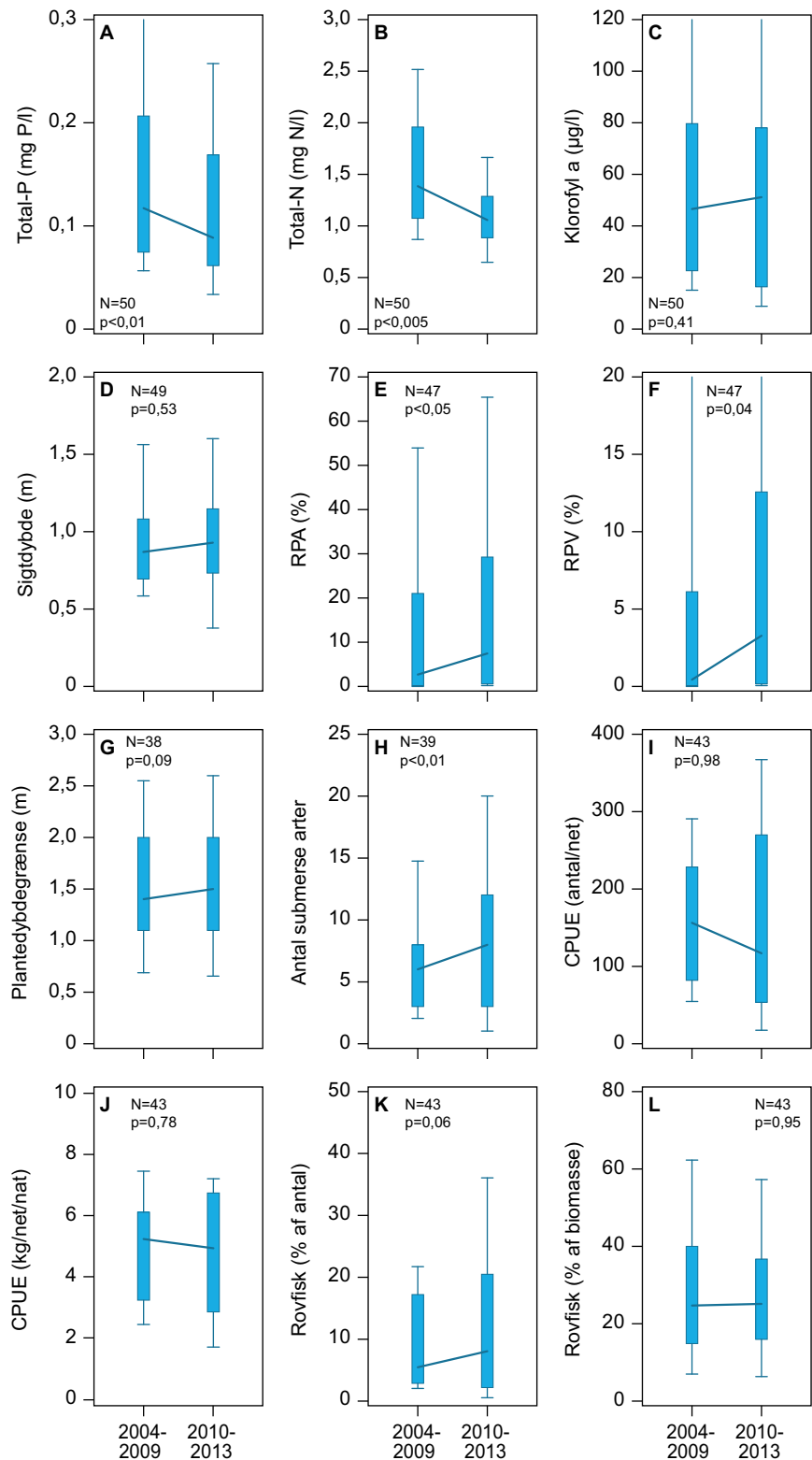
På nuværende tidspunkt i overvågningsperioden er der i alt 50 søer af den hyppigste søtype: lavvandede, alkaline søer, der også er undersøgt i perioden 2004-2009, mens i alt 21 søer af typen dybe alkaline søer er undersøgt. I dette afsnit sammenlignes resultaterne fra undersøgelserne i 2004-2009 med dem fra den seneste periode (2010-2013) for disse søer. Derudover præsenteres tilsvarende sammenligninger for de mindre hyppigt forekommende søtyper: lav-alkaline søer og brakvandssøer.

I de lavvandede, alkaline søer ses generelt en tendens til faldende næringsstofniveau (figur 4.3, A og B), idet medianen for totalfosfor er faldet signifikant fra 0,12 til 0,09 mg/l (svarende til et fald på 26 %) og medianen for totalkvælstof er faldet fra 1,4 til 1,1 mg/l (svarende til et fald på 21 %). Tendensen er et generelt fald i alle søer, idet også 10, 25, 75 og 90 procent fraktilerne er faldet. Dette fald ser ikke ud til at have forårsaget et generelt fald i klorofyl *a* koncentrationen eller stigning i sigtddybden mellem de to perioder, hvor værdierne stort set er på samme niveau (sommermedian på 46 og 51 µg klorofyl *a*/l og sigtddybe på 0,9 m). Trods dette ses forbedringer i undervandsvegetationen (signifikant for plantedækket areal samt antal arter), specielt i de mest vegetationsrige søer (75 % fraktilen), men også i de mere vegetationsfattige søer ses en stigning (25 % fraktilen for plantedækket areal og plantefyldt volumen) (figur 4.3, E-H). Der ses ingen signifikante generelle ændringer i fiskeforekomsten. Dog er andelen af rovfisk over 10 cm steget en smule antalsmæssigt (marginal signifikans) i søerne. Derudover ses en tendens til lavere antal fisk per net (median) i den seneste periode end i den tidligere periode, men dette kan ikke påvises at være generelt for alle søer (figur 4.3 I-L).

Udviklingen i de dybe, alkaline søer stemmer overens med, hvad der ses for de lavvandede, alkaline søer. Tendensen, hvor det er muligt at sammenligne mellem perioden 2004-2009 og perioden 2010-2013 (20 søer), viser en signifikant reduktion i totalfosfor og totalkvælstof (hhv. en reduktion fra 0,07 til 0,06 mg P/l og 1,0 til 0,7 mg N/l). Dette afspejles dog ikke i medianen for klorofyl *a* koncentrationen og sigtddybden, der ligger på hhv. 24 µg/l og 2,3 m i den første periode og på hhv. 20 µg/l og 1,9 m i den seneste periode (figur 4.4, A-D). Undervandsvegetationen er relativt begrænset (median på 4 % relativt plantedække i 2010-2013) men er dog steget signifikant. Det samme gælder plantedybdegrænsen og antal arter (figur 4.4, E-H). Den totale fiskeforekomst viser ingen signifikante ændringer. Derimod er der en signifikant tendens til relativt flere rovfisk, både i antal og vægt. De signifikante tendenser er kun vejledende, idet kun 20 søer indgår i analysen.

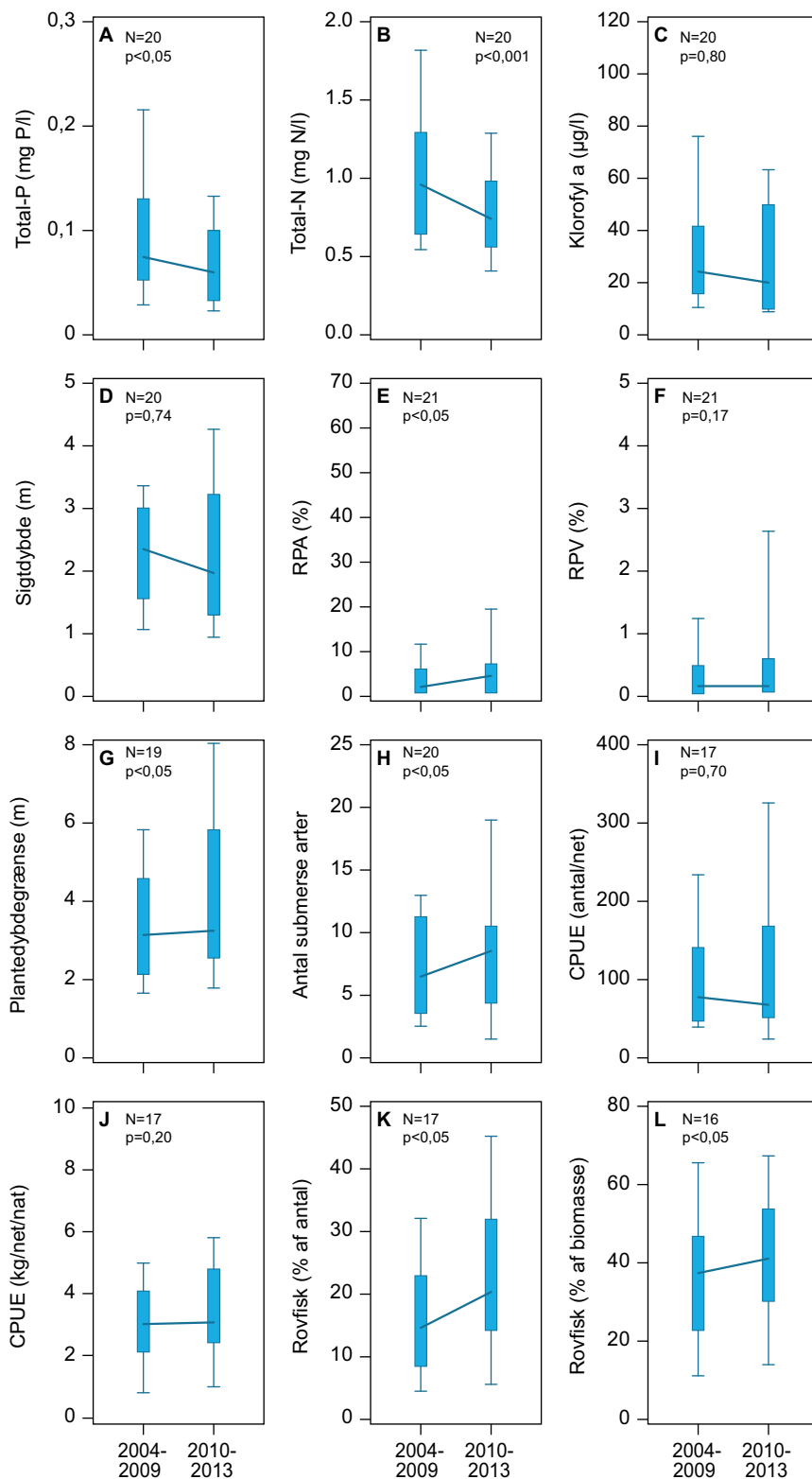
Figur 4.3. Udviklingstendenser fra perioden 2004-2009 til 2010-2013 i kemiske (sommergennemsnit) og biologiske parametre i de 50 lavvandede alkaline søer, der indgår i kontrolovervågning af tilstand i 2010-2013.

A: Totalfosfor (Total P (mg/l)), B: Totalkvælstof (Total N (mg/l)), C: Klorofyl a ($\mu\text{g/l}$), D: Sigtdybde (m), E: Relativt plantedækket areal (% af søens areal), F: Relativt plantefyldt volumen (% af søens volumen), G: Plantedybdegrænse excl. trådalger (m), H: Antal undervandsplantearter incl. trådalger, I: Antal af fisk (CPUE antal/net/nat), J: Biomasse af fisk (CPUE kg/net/nat), K: Andel af rovfisk (gedde + aborre større end 10 cm) (% , antal), L: Andel af rovfisk (gedde + aborre større end 10 cm) (% , biomasse). Bjælkerne i boksplottene viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Antallet af søer (N) samt p-værdi (p) for parret t-test er angivet.



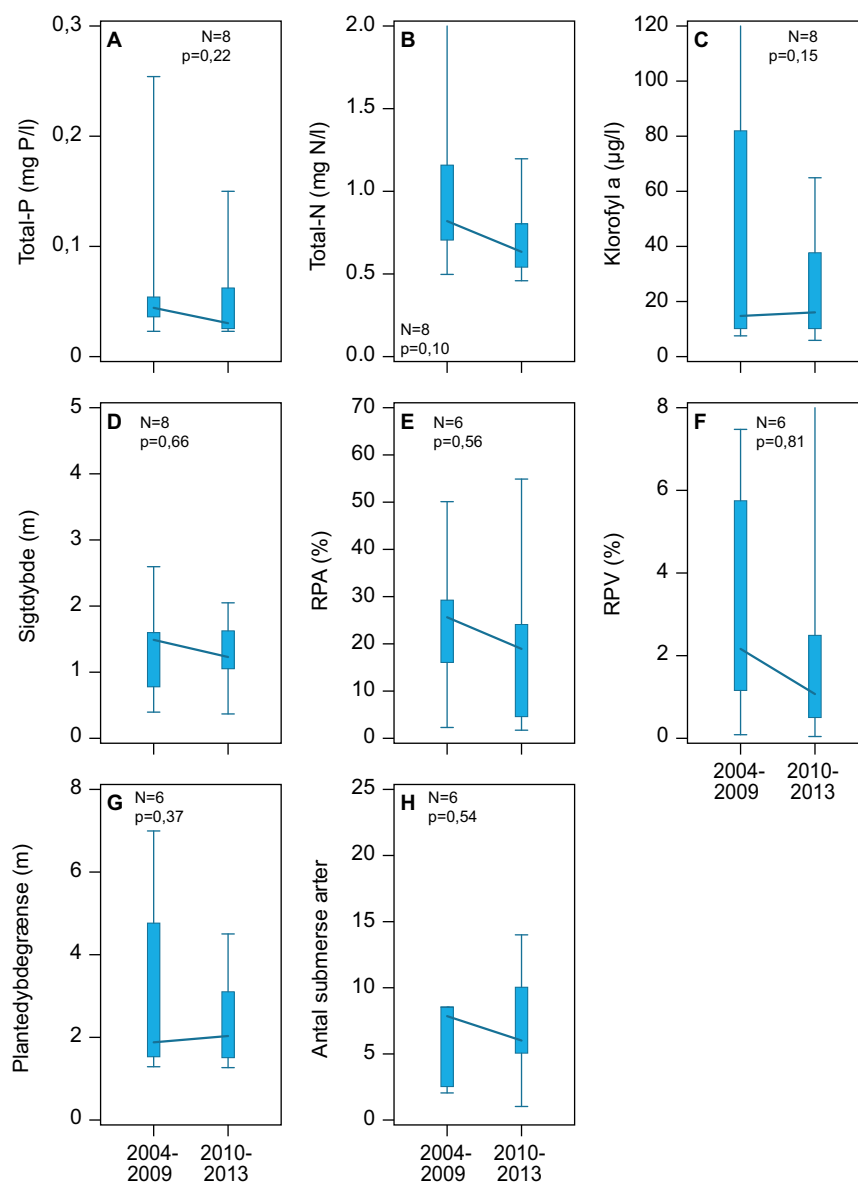
Figur 4.4. Udviklingstendenser fra perioden 2004-2009 til 2010-2013 i kemiske (sommergennemsnit) og biologiske parametre i de 20 dybe alkaline søer, der indgår i kontrolovervågning af tilstand i 2010-2013 (Flyndersø indgår med 2 bassiner separat).

A: Totalfosfor (Total P (mg/l)), B: Totalkvælstof (Total N (mg/l)), C: Klorofyl a ($\mu\text{g/l}$), D: Sigtdybde (m), E: Relativt plantedækket areal (% af søens areal), F: Relativt plantefyldt volumen (% af søens volumen), G: Plantedybdegrænse excl. trådalger (m), H: Antal undervandsplantearter incl trådalger, I: Antal af fisk (CPUE antal/net/nat), J: Biomasse af fisk (CPUE kg/net/nat), K: Andel af rovfisk (gedde + aborre større end 10 cm) (% , antal), L: Andel af rovfisk (gedde + aborre større end 10 cm) (% , biomasse). Bjælkerne i bokplottene viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Antallet af søer (N) samt p-værdi (p) for parret t-test er angivet.



Figur 4.5. Udviklingstendenser fra perioden 2004-2009 til 2010-2013 i kemiske (sommergennemsnit) og biologiske parametre i de lav-alkaline søer, der indgår i kontrolovervågning af tilstand i 2010-2013 og som der tidligere er lavet undersøgelser i.

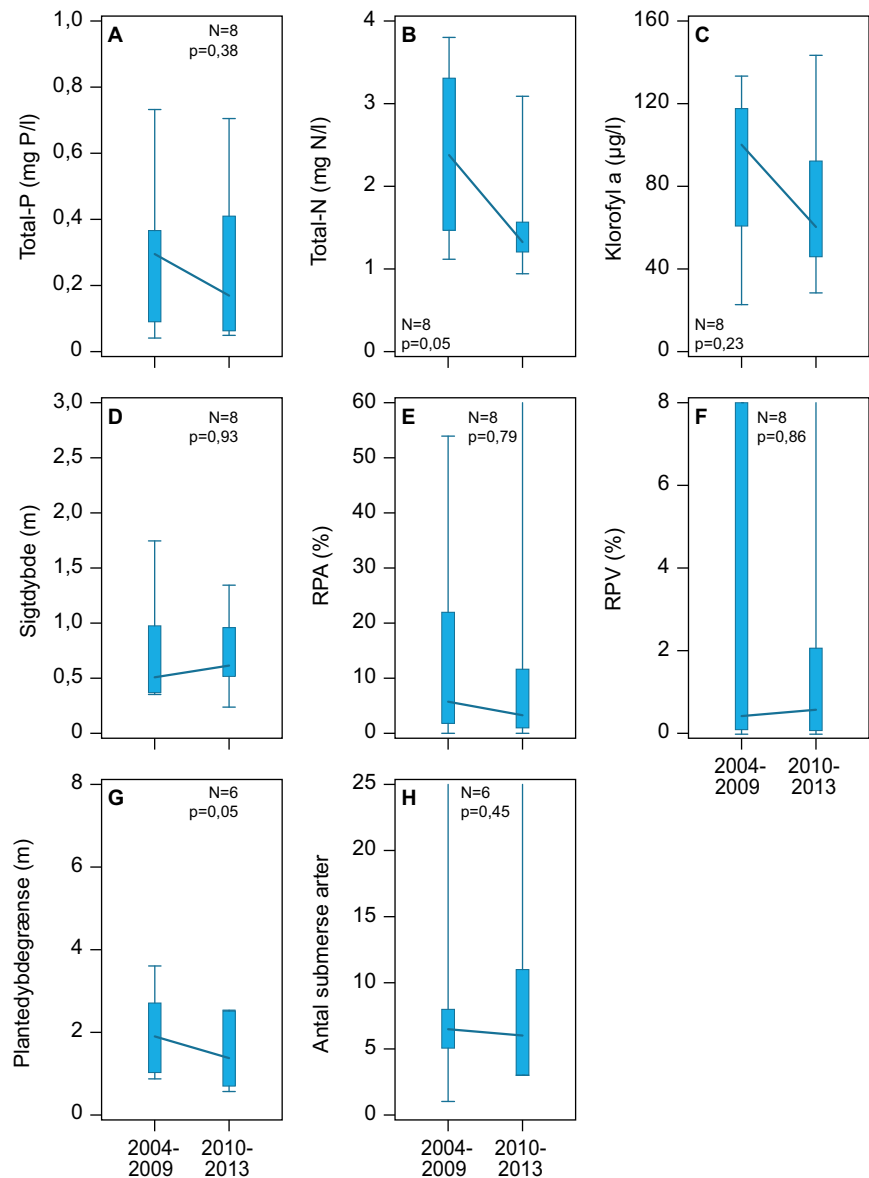
A: Totalfosfor (Total P (mg/l)), B: Totalkvælstof (Total N (mg/l)), C: Klorofyl *a* ($\mu\text{g/l}$), D: Sigtdybde (m), E: Relativt plantedækket areal (% af søens areal), F: Relativt plantefyldt volumen (% af søens volumen), G: Plantedybdegrænse excl. trådalger (m), H: Antal undervandsplantearter incl trådalger. Bjælkerne i boksplotterne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Antallet af søer (N) samt p-værdi (p) for parret t-test er angivet.



Figurene for udviklingen i de otte lav-alkaline søer, hvor det er muligt at sammenligne mellem perioden 2004-2009 og perioden 2010-2013 er vist i figur 4.5. Det er på baggrund af det lave antal undersøgte søer ikke muligt at tale om generelle nationale udviklingstendenser i denne søtype, men resultaterne vises som information. Ingen af parametrene viser en signifikant ændring mellem de to perioder. Fiskeforekomst er ikke vist, da der kun er data for fire søer. Næringsstofniveauet ser ud til at følge tendenserne (faldende) set i de alkaline søer, mens der ikke ses de store ændringer i klorofyl *a* niveau og sigtdybde. Derimod ser undervandsvegetationen ud til at være gået lidt tilbage, både hvad angår dækningsgrad og plantefyldt volumen.

Figur 4.6. Udviklingstendenser fra perioden 2004-2009 til 2010-2013 i kemiske (sommergennemsnit) og biologiske parametre i de brakvandssøer, der indgår i kontrolovervågning af tilstand i 2010-2013 og som der tidligere er lavet undersøgelser i.

A: Totalfosfor (Total P (mg/l)), B: Totalkvælstof (Total N (mg/l)), C: Klorofyl *a* ($\mu\text{g/l}$), D: Sigtdybde (m), E: Relativt plantedækket areal (% af søens areal), F: Relativt plantefyldt volumen (% af søens volumen), G: Plantedybdegrænse excl. trådalger (m), H: Antal undervandsplantearter incl trådalger. Bjælkerne i boksploterne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Antallet af søer (N) samt p-værdi (p) for parret t-test er angivet.



Brakvandssøerne, hvoraf otte af de ni søer er blevet undersøgt i perioden 2004-2009, viser et signifikant fald i total kvælstof mellem de to perioder (figur 4.6 B). Derudover ser det også ud til, der er tendenser til faldende klorofyl *a* niveau (figur 4.6), mens plantedybdegrænsen ser ud til at være gået tilbage. Igen kan der kun tales om tendenser pga. det sparsomme datamateriale.

5 Operationel overvågning af søernes tilstand

Den operationelle overvågning af søer over 5 ha er sat i værk med henblik på at vurdere tilstanden for de søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet i 2015. Naturstyrelsen anvender undersøgelserne til at generere indsatsplaner for målopfyldelse. I programperioden (2011-2015) er planlagt operationel overvågning af 310 søer (tabel 2.6). Derudover vil en del af de søer, der er i programmet for kontrolovervågning indgå, da det er vurderet, at ca. 75 % af disse søer ikke opfylder målsætningen, og derfor vil være omfattet af behov for operationel overvågning. Det operationelle program omfatter søer, hvori der aldrig har været tilsyn eller hvor statusoplysningerne er forældede, søer med manglende oplysninger i forhold til nødvendig indsats, søer med igangsatte indsatser samt målopfyldte søer, der er i forværring. Det vandkemiske måleprogram (plus klorofyl *a* og sigtddybde) er som udgangspunkt tilsvarende programmet for kontrolovervågningen for tilstand. I udvalgte søer foretages sedimentanalyser, belastningsopgørelser samt analyser af fraktioner af kvælstof og fosfor. Vegetationsundersøgelser foretages som udgangspunkt i alle søer bortset fra dem, som forventes at være i dårlig tilstand eller søer, hvor der er viden om at omfanget af vegetationen er ubetydelig.

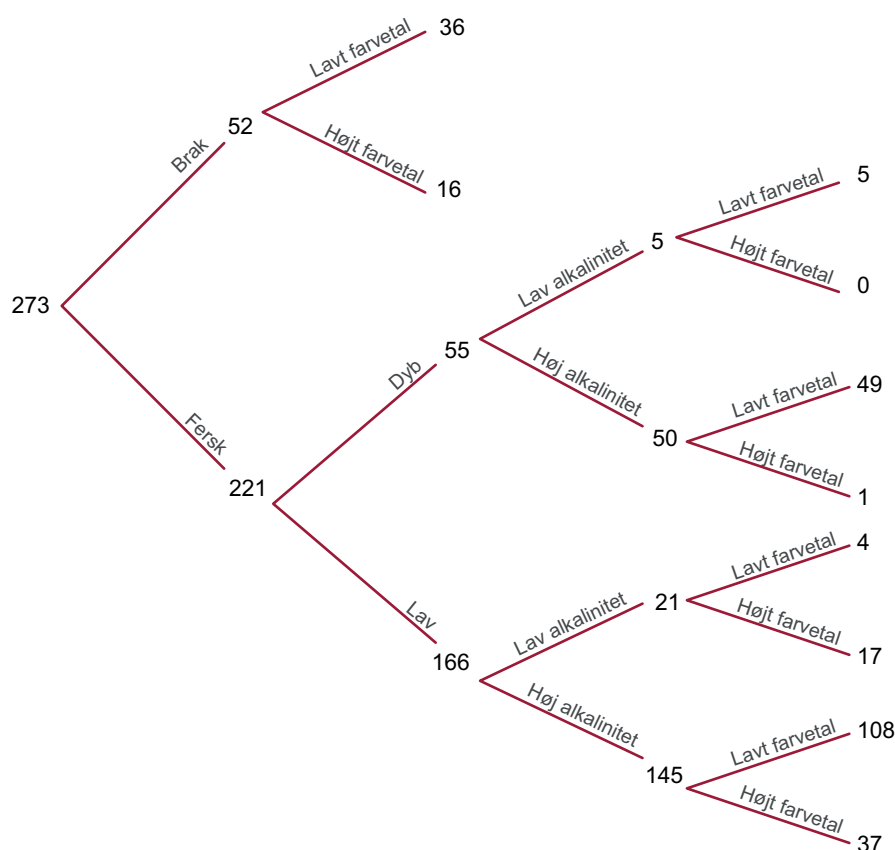
Nedenfor gives en kort status for søernes tilstand i det operationelle program efter ønske fra Naturstyrelsen. Det må pointeres at de 273 søer der indtil nu er undersøgt ikke nødvendigvis er et repræsentativt udsnit af de udvalgte søer i det operationelle program. Ej heller er de repræsentative for de danske søer som helhed.

5.1 Generel tilstand

Søerne i den operationelle overvågning repræsenterer flere søtyper (figur 5.1). Til forskel fra fremstillingen af data fra kontrolovervågningen er søerne her opdelt i ikke-brunvandede (lavt farvetal: < 60 mgPt/l) og brunvandede (højt farvetal: > 60 mgPt/l) søer, da datamaterialet er betydeligt større end for kontrolovervågningen.

De lavvandede, alkaline søer med lavt farvetal er generelt ret næringsrige (sommermedian på 0,11 mg P/l) med højt klorofyl *a* niveau og relativ lav sigtddybde. Det skal dog bemærkes, at søerne (108 stk.) repræsenterer et stort spænd med 25 % og 75 % kvartiler på hhv. 0,06 og 0,18 mg P/l og undervandsvegetationen ligger generelt på et relativt lavt niveau, men også her er der store variationer (tabel 5.1). Generelt er det de større og mere lavvandede af de ikke-brunvandede søer, der har den største grad af plantedække (for søer med mere end 10 % plantedækket areal er medianen for middeldybde, maxdybde og areal hhv. 1,1 m, 1,9 m og 22 ha mens det er hhv. 1,7 m, 3,45 m og 15 ha for de mere plantefattige søer).

Figur 5.1. Fordeling af søer, der indgår i den operationelle overvågning i 2011-2013, i søtyper baseret på salinitet (>0.5 ‰<), middeldybde (>3 m<), alkalinitet (>0.2 meq/l<) og farvetal (>60 mg Pt/l<).



De alkaline, lavvandede søer, med højt farvetal (median 92 mg Pt/l), er generelt mere næringsrige og med lavere sigtddybde end deres pendanter med lavt farvetal (bemærk dog forskel i antal søer for de to søtyper). Bemærkelsesværdigt er det da, at undervandsvegetationen generelt er høj med en medianværdi på 21 % plantedækket areal (typiske dominerende arter er spinkel vandaks, børstebledet vandaks, kransnålalger og vandpest). Det høje plantedække kan skyldes, at søerne, selvom de per definition er brunvandede (> 60 mg Pt/l) ligger i den lave ende af skalaen, samt at de generelt er mere lavvandede end de ikke-brunvandede, alkaline lavvandede søer (men på niveau med den andel af de ikke-brunvandede søer, der faktisk har mere end 10 % plantedækket areal). Igen må nævnes, at relativt få søer indgår i analysen.

De dybe, alkaline søer er middel næringsrige og ligger stort set på niveau med tilstanden observeret i søer af samme søtype som i kontrolovervågning (tabel 4.2 og 5.1). De lavalkaline søer er generelt karakteriseret ved et lavt pH niveau og størstedelen af dem (17 ud af 26 søer) har et højt farvetal (brunvandede), hvor det for søer, der indgår i kontrolovervågning kun er ca. halvdelen (figur 4.1). De ikke-brunvandede, lavalkaline søer er ekstraordinært næringsfattige (sommermedian på 0,01 mg P/l) efter danske forhold. Dette skyldes, at seks ud af de ni søer er vandfyldte nedlagte brunkulslejer fra Søby Brunkulslejer. Flere målinger heri ligger under eller nær detektionsgrænsen for totalfosfor og alkalinitet. Disse søer har også udbredt undervandsvegetation. De brunvandede, lavalkaline søer er generelt næringsrige med relativt højt klorofyl *a* niveau, lav sigtddybde (sommermedian på 40 cm) og relativ lille undervandsvegetation (tabel 5.1).

Figur 5.2. Geografisk placering af søer, der indgår i den operationelle overvågning af søer > 5 ha i perioden 2011- 2013.



De 16 brakvandssøer med højt farvetal (sommermedian på 112 mg Pt/l) fremstår som de generelt mest næringsrige søer i den operationelle overvågning med en sommermedian på 0,42 mg P/l og 3,9 mg N/l. Til trods for dette er der i de 10 søer, hvor der er lavet vegetationsundersøgelse generelt et relativt højt areal med undervandsvegetation. I brakke søer kan klorofylmængden være høj på trods af udbredt undervandsvegetation pga. anderledes dyreplankton- og fiskesamfund, der kan resultere i en lavere græsningskapacitet hos dyreplanktonet (Jeppesen et al. 1994, Jensen et al. 2010) end set i ferske søer. De brakke søer med lavt farvetal er ligeledes næringsrige og ligger på niveau med de lavvandede ferske søer, omend både klorofyl *a* niveau og sigtdybde generelt fremstår lidt lavere og undervandsvegetation med noget højere plantedække (tabel 4.2 og 5.1). Som for de lavvandede, alkaline søer gælder det også for de brakke søer, at der generelt findes et højere plantedække af undervandsvegetation i de større og mere lavvandede søer (udbredte arter er bl.a. børsteblandet vandaks og havgræsser).

Table 5.1. Oversigt over kemiske og biologiske data fra de 273 søer (sommerværdier), der indgår i den operationelle overvågning i perioden 2011-2013, fordelt på syv søtyper. Hvis der er data for flere år indgår søen med den seneste undersøgelse.

Lavvandet, alkalint, lavt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,4	1,3	0,2	3,0	84
Maksimumsdybde (m)	2,8	2,6	0,3	7,6	81
Søareal (ha)	77,6	15,2	0,9	1190,0	86
Totalfosfor (mg P/l)	0,154	0,112	0,014	1,225	108
Totalkvælstof (mg N/l)	1,10	1,04	0,34	2,87	108
Sigt dybde (m)	1,0	0,9	0,2	3,0	107
Klorofyl a (µg/l)	72,6	55,3	3,5	694,6	108
Alkalinitet (meq/l)	2,57	2,40	0,24	5,12	108
pH	8	8	7	10	100
Farvetal (mg Pt/l)	34	33	6	63	108
Suspenderet stof (mg/l)	20	15	2	146	108
Konduktivitet (mS/m)	47	42	11	114	100
Relativt plantedækket areal (%)	20,4	3,8	0,0	90,0	83
Relativt plantedækket volumen (%)	9,8	1,1	0,0	84,9	83
Plantedybdegrænse (m)	1,8	1,5	0,4	7,5	62
Antal arter af undervandsplanter	7	6	1	28	64
Lavvandet, alkalint, højt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,0	0,9	0,4	2,6	22
Maksimumsdybde (m)	2,2	1,9	0,6	7,8	25
Søareal (ha)	57,6	14,0	4,6	530,0	25
Totalfosfor (mg P/l)	0,238	0,166	0,020	1,447	37
Totalkvælstof (mg N/l)	1,62	1,50	0,70	5,32	37
Sigt dybde (m)	0,7	0,6	0,2	2,6	37
Klorofyl a (µg/l)	92,4	55,2	4,8	511,6	37
Alkalinitet (meq/l)	2,13	2,05	0,45	4,18	37
pH	8	8	7	10	35
Farvetal (mg Pt/l)	106	92	62	406	37
Suspenderet stof (mg/l)	22	17	3	101	37
Konduktivitet (mS/m)	44	37	13	125	35
Relativt plantedækket areal (%)	26,6	20,9	0,0	74,7	25
Relativt plantedækket volumen (%)	18,0	9,7	0,0	70,2	25
Plantedybdegrænse (m)	1,0	1,0	0,2	1,9	22
Antal arter af undervandsplanter	9	7	1	22	22
Dyb, alkalint, lavt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	5,9	4,8	1,0	22,0	42
Maksimumsdybde (m)	12,4	10,1	2,3	45,7	41
Søareal (ha)	252,6	40,0	5,6	1660,0	43
Totalfosfor (mg P/l)	0,055	0,043	0,009	0,218	49
Totalkvælstof (mg N/l)	0,91	0,74	0,31	2,58	49
Sigt dybde (m)	2,8	2,3	0,7	7,2	49
Klorofyl a (µg/l)	24,4	18,1	3,2	159,9	49
Alkalinitet (meq/l)	2,28	2,22	0,27	4,44	49
pH	8	8	7	9	47
Farvetal (mg Pt/l)	15	14	2	39	49
Suspenderet stof (mg/l)	6	5	1	21	49
Konduktivitet (mS/m)	42	40	11	88	47
Relativt plantedækket areal (%)	14,1	5,9	0,0	62,6	39
Relativt plantedækket volumen (%)	3,1	0,6	0,0	30,4	39
Plantedybdegrænse (m)	4,0	3,4	0,3	10,5	36
Antal arter af undervandsplanter	9	9	1	39	36

Alle dybder, lavalkalin, lavt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	4,9		0,7	9,0	2
Maksimumsdybde (m)	5,7		1,7	9,7	2
Søareal (ha)	12,8		6,4	19,2	2
Totalfosfor (mg P/l)	0,014	0,010	0,004	0,031	9
Totalkvælstof (mg N/l)	0,88	0,76	0,36	2,10	9
Sigtdybde (m)	3,4	2,9	0,6	8,6	9
Klorofyl a (µg/l)	5,0	3,4	1,1	13,9	9
Alkalinitet (meq/l)	0,06	0,02	0,00	0,18	9
pH	5	5	3	7	9
Farvetal (mg Pt/l)	19	16	1	54	9
Suspenderet stof (mg/l)	2	2	1	4	9
Konduktivitet (mS/m)	30	25	10	99	9
Relativt plantedækket areal (%)	46,2	42,4	12,0	78,0	6
Relativt plantedækket volumen (%)	18,1	12,0	0,7	56,7	6
Plantedybdegrænse (m)	5,1	4,7	2,5	10,0	6
Antal arter af undervandsplanter	3	3	2	5	6
Alle dybder, lavalkalin, højt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,0	0,9	0,3	2,8	13
Maksimumsdybde (m)	2,2	1,7	0,6	8,0	16
Søareal (ha)	13,9	9,6	5,0	48,6	16
Totalfosfor (mg P/l)	0,123	0,079	0,034	0,398	17
Totalkvælstof (mg N/l)	1,09	0,96	0,85	2,12	17
Sigtdybde (m)	0,6	0,4	0,2	1,2	17
Klorofyl a (µg/l)	60,8	51,0	7,6	244,0	17
Alkalinitet (meq/l)	0,08	0,04	-0,03	0,20	17
pH	6	6	4	7	15
Farvetal (mg Pt/l)	291	255	76	1001	17
Suspenderet stof (mg/l)	15	8	2	54	17
Konduktivitet (mS/m)	15	16	7	28	15
Relativt plantedækket areal (%)	12,8	8,3	0,0	68,4	11
Relativt plantedækket volumen (%)	3,7	0,9	0,0	17,3	11
Plantedybdegrænse (m)	1,0	1,0	0,3	1,8	10
Antal arter af undervandsplanter	7	9	1	16	10
Brakvandssøer, lavt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,9	0,8	0,2	3,5	19
Maksimumsdybde (m)	2,3	1,4	0,5	13,5	25
Søareal (ha)	203,3	17,0	5,5	1618,0	23
Totalfosfor (mg P/l)	0,151	0,117	0,025	0,551	36
Totalkvælstof (mg N/l)	1,31	1,21	0,64	3,22	36
Sigtdybde (m)	0,7	0,6	0,1	2,2	36
Klorofyl a (µg/l)	60,0	47,6	3,9	193,7	36
Alkalinitet (meq/l)	2,98	2,94	0,96	4,58	36
pH	9	9	7	9	36
Farvetal (mg Pt/l)	35	35	13	61	36
Suspenderet stof (mg/l)	39	21	4	209	36
Konduktivitet (mS/m)	1136	922	44	3984	36
Salinitet (‰)	7,4	5,9	0,5	24,2	35

Relativt plantedækket areal (%)	27,2	21,0	0,0	80,1	26
Relativt plantedækket volumen (%)	17,0	6,6	0,0	100,0	26
Plantedybdegrænse (m)	1,0	0,9	0,2	4,0	24
Antal arter af undervandsplanter	6	6	1	17	24
Brakvandssøer, højt farvetal	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,5	0,4	0,2	1,0	5
Maksimumsdybde (m)	1,5	0,7	0,7	3,1	3
Søareal (ha)	17,5	10,3	5,2	56,0	6
Totalfosfor (mg P/l)	0,956	0,421	0,060	4,320	16
Totalkvælstof (mg N/l)	4,22	3,88	1,38	12,67	16
Sigt dybde (m)	0,4	0,3	0,1	1,0	16
Klorofyl a (µg/l)	125,4	95,6	17,2	586,9	16
Alkalinitet (meq/l)	4,21	3,85	2,08	7,65	16
pH	9	9	8	9	16
Farvetal (mg Pt/l)	121	112	68	279	16
Suspenderet stof (mg/l)	114	36	8	1047	16
Konduktivitet (mS/m)	1106	1210	89	3898	16
Salinitet (‰)	6,5	6,4	0,7	24,3	16
Relativt plantedækket areal (%)	23,5	15,7	0,0	76,2	10
Relativt plantedækket volumen (%)	13,8	7,6	0,0	44,9	10
Plantedybdegrænse (m)	0,7	0,5	0,1	2,3	9
Antal arter af undervandsplanter	5	3	1	17	9

6 Klima og afstrømning

Variationer i de klimatiske forhold og afstrømning kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørsrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større tilførsel af næringsstoffer fra dyrkede og udyrkede arealer til søerne. Vandets opholdstid vil til gengæld være kortere, og derfor vil der være tendens til, at stoftilbageholdelsen i søerne i procent af tilførslen vil være relativt mindre end i et "tørt" år.

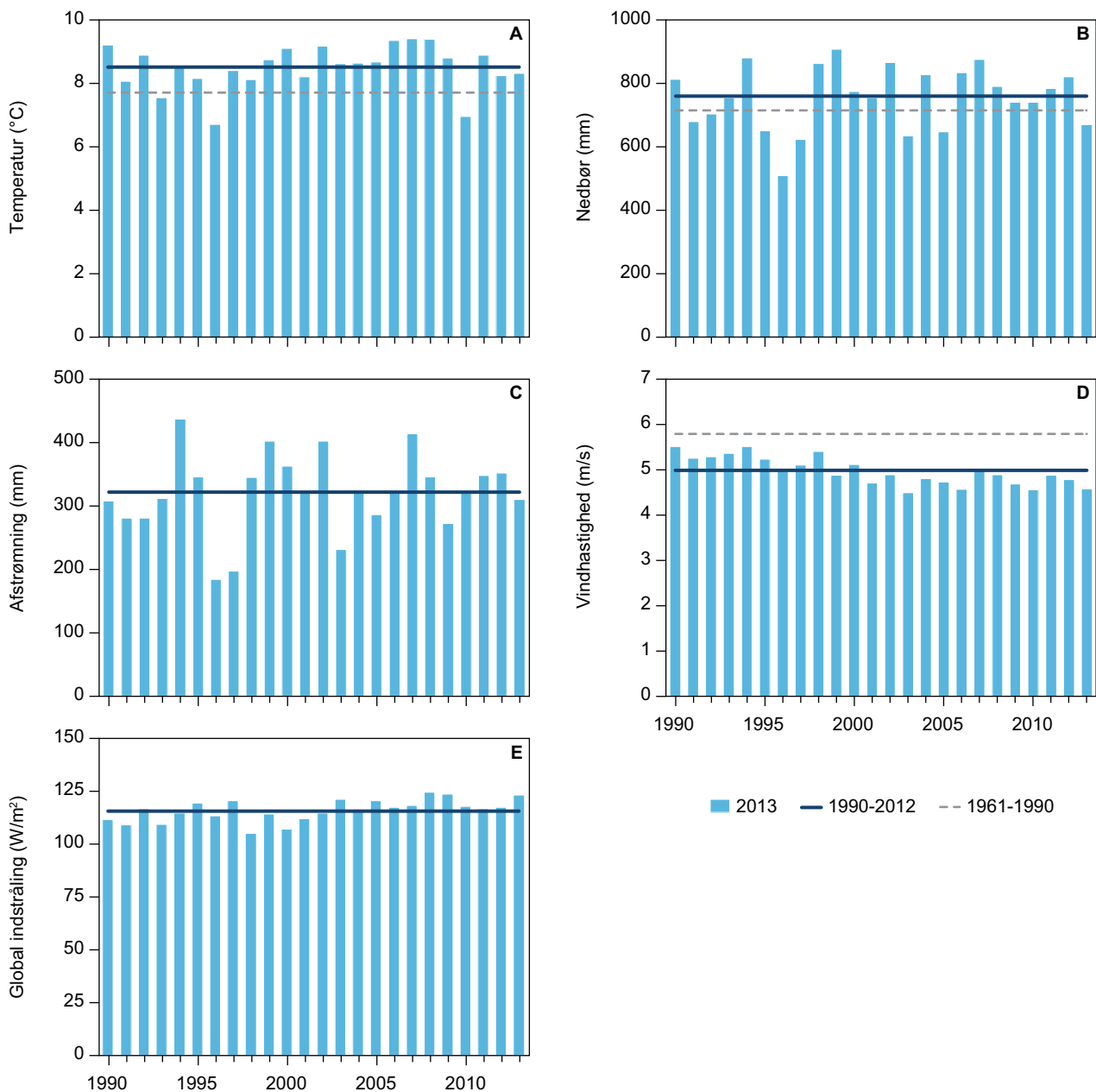
Temperaturen påvirker direkte en række processer i søerne, og forskelle i temperaturniveauet og sæsonforløbet kan derfor være en medvirkende årsag til forskelle i den generelle miljøtilstand mellem de enkelte år. Også de øvrige klimatiske faktorer påvirker i højere eller mindre grad søernes tilstand og udvikling. Kendskab til variationer i de klimatiske forhold er således nødvendige, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes.

Klimadata er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://novana.dmi.dk/novana>). Det vil sige temperatur- og vinddata er baseret på data fra 20x20 km kvadrater, de såkaldte Grid værdier, mens månedsnedbøren er baseret på 10x10 km grids. For alle parametre er grids'ne 'klippet' med kystlinjen og derefter beregnet for arealet inden for kystlinjen. Det bemærkes, at de anvendte nedbørsværdier ikke er korrigeret for faktorer, såsom højde over terrænet, vind og wetting (vanddråber, der afsættes på regnmålerens sider, hvorfra de fordampes uden at blive registreret). Disse faktorer vil kunne have indflydelse på de faktiske værdier. Månedssdata for nedbør og potentiel fordampning anvendes i beregningen af næringsstofbalancer for 10 af de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling (kapitel 3.6). For datagrundlag og beregningsmetoder af ferskvandsafstrømningen henvises til Wiberg-Larsen et al. 2014).

I nærværende kapitel gives der en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2013 sammenlignet med perioden 1990-2012 samt "normalperioden", der er defineret som årene 1961-1990.

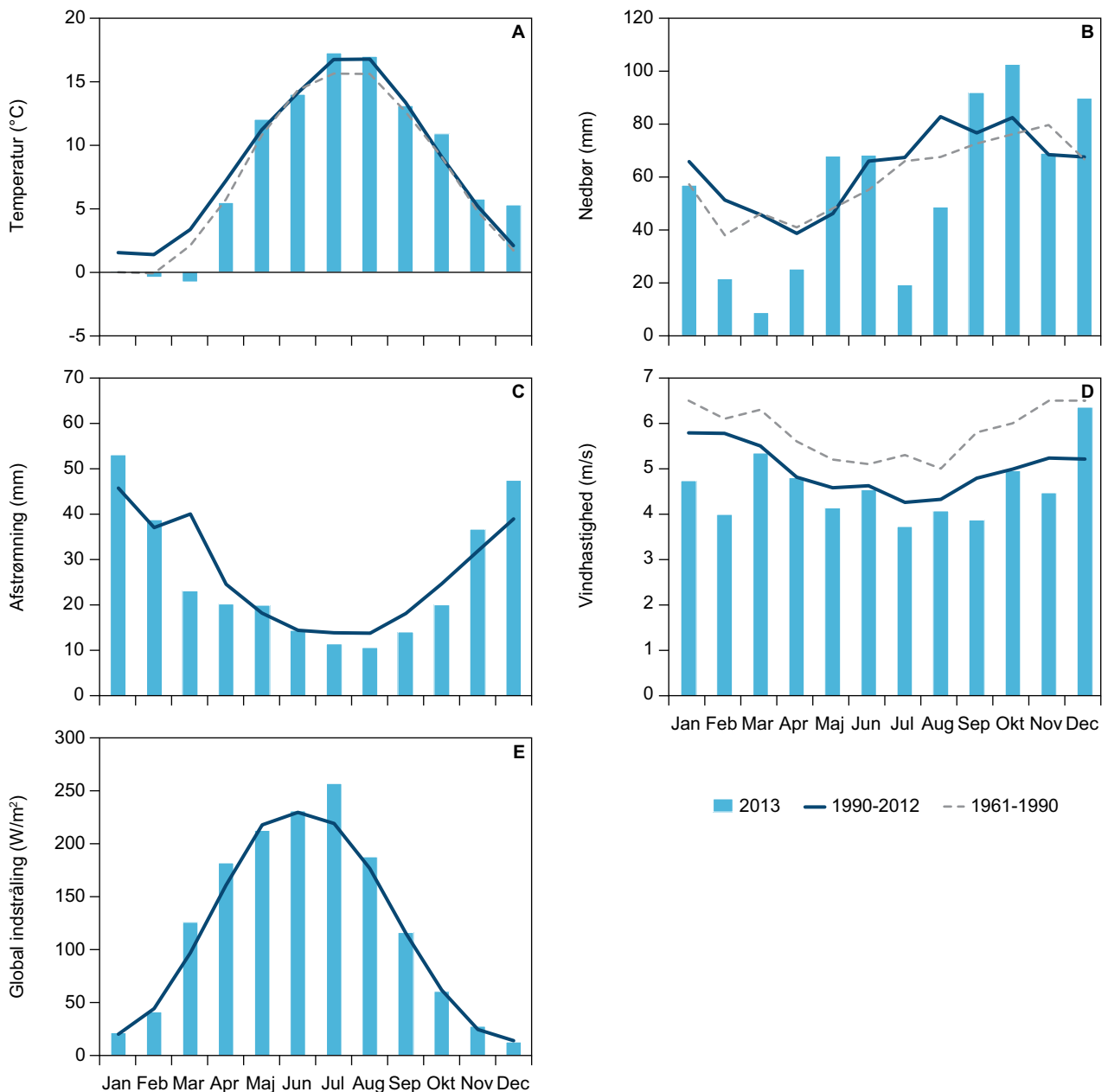
6.1 Temperatur og global indstråling

Årsmiddeltemperaturen for hele Danmark var i 2013 som i 2012 på 8,3 °C, svarende til 0,6 °C højere end normalgennemsnittet for perioden 1961-1990 og 0,2 °C koldere end gennemsnittet for perioden 1990-2012 (figur 6.1A). Der blev i 2013 ikke registreret vejrrekorder for hverken temperatur eller nedbør, men marts og april måned var de koldeste i hhv. 26 og 25 år (Cappelen et al., 2014) med en gennemsnitstemperatur på hhv. -0,8 °C og 5,5 °C (hhv. 2,9 °C og 0,2 °C koldere end normalen for 1961-1990) og med 29 døgn med minimumstemperatur under 0 °C. Marts var også tør og solrig, med en global indstråling der var 23 % højere end gennemsnittet for perioden 1990-2012 (figur 6.2 A,E). December var i 2013 ret varm (5,3 °C), over 3 grader varmere end normalen. Generelt var otte måneder varmere end normalen for 1961-1990, og fire måneder (februar-april samt juni) var koldere (figur 6.2A). Således er der i den 24-årige overvågningsperiode 1990-2013 kun tre år, der har været koldere end normalen for de foregående 30 år, mens 10 år, inklusive år 2013, har haft en lavere årsgennemsnitstemperatur end normalen for perioden 1990-2012. Heraf ligger syv af de ni år i den første del af perioden, 1990-2001 (figur 6.1A).



Figur 6.1. Årsværdier for temperatur, nedbør, ferskvandsafstrømning, vindhastighed og global indstråling for Danmark 1990-2013. Desuden er gennemsnit for perioderne 1961-1990 (dog ikke for ferskvandsafstrømning og global indstråling) og 1990-2012 indlagt. Data fra hele Danmark.

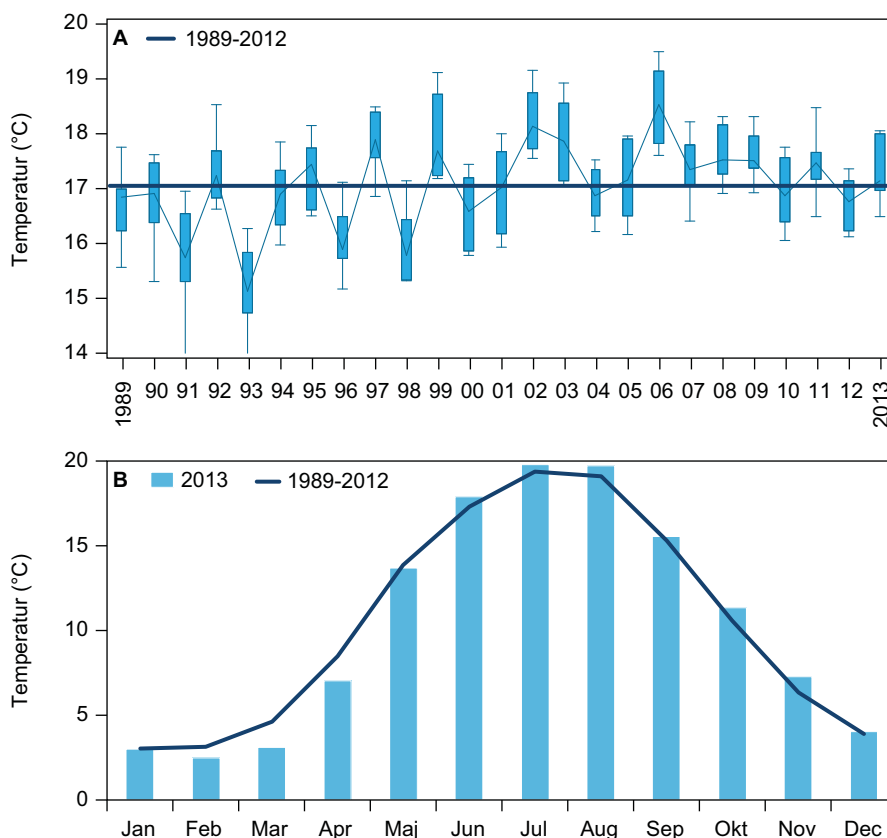
Årsmidlen for den globale indstråling var i 2013 6 % højere end normalen for de seneste 23 år (figur 6.1E) og både foråret (marts, april, maj) og sommeren (juni, juli, august) var den ottende mest solrige siden 1920 (Cappelen et al., 2014). Betragtes hele måleperioden, ses generelt en højere global indstråling de seneste 11 år, som alle har været over eller lig normalen for perioden 1990-2012, mens dette kun gør sig gældende for tre år i perioden 1990-2002. I 2013 var indstrålingen især højere end normalen i juli, men også marts og april var solrige (figur 6.2E). Generelt ser der ud til at være en sammenhæng mellem indstråling og temperatur, om end den årlige variation i global indstråling er væsentlig mindre end f.eks. årsvariationen i temperatur og nedbør.



Figur 6.2. Månedsværdier for temperatur, nedbør, ferskvandsafstrømning, vindhastighed og global indstråling i 2013 samt gennemsnit for perioden 1961-1990 og 1990-2012 (førstnævnte dog ikke for global indstråling og ferskvandsafstrømningen). Data fra hele Danmark.

Vandtemperaturerne i søerne responderer på den aktuelle lufttemperatur samt indstrålingsforholdet og medianen for sommertemperaturen lå i 2013 på niveau med den gennemsnitlige median for perioden 1989-2012 (figur 6.3A). Vandtemperaturen i de 15 søer i kontrolovervågning af udvikling var som den landsdækkende lufttemperatur lidt koldere i perioden februar til april end normalen for søerne i perioden 1989-2012. Mange søer var således isdækket fra slutningen af januar til april, hvor isen igen slap. Vandtemperaturen i juli og august var generelt lidt højere end normalen for perioden 1989-2012, mens forsommer og efterårstemperaturerne lå på samme niveau som normalen (figur 6.3B). Den højere vandtemperatur i juli og august hænger sandsynligvis sammen med den højere lufttemperatur i samme periode samt den høje indstråling i juli måned. År til år variationer i lufttemperaturen er udtalte i udviklingen i vandtemperaturen i søerne. De lave gennemsnitstemperaturer i overfladevandet observeret i 2004 og 2005, vurderes at være et resultat af relativt kolde sommermåneder i de pågældende år (Lauridsen et al., 2005).

Figur 6.3. A: Årsværdier for median af gennemsnitlig vandtemperatur i overfladevandet i de 15 søer i kontrolovervågning af udvikling for sommerperioden i årene 1989 til 2013. Desuden er den gennemsnitlige median for vandtemperaturen i perioden 1989-2012 angivet. B: Månedsværdier for den gennemsnitlige vandtemperatur i de 15 søer i 2013, samt gennemsnittet for perioden 1989-2012.



6.2 Nedbør

Året 2013 var et relativt tørt år med en årsnedbør på 669 mm, svarende til 89 mm, eller 12 %, mindre end normalen for perioden 1990-2012. Ikke siden 2005 har der været så lidt nedbør (figur 6.1B). Februar, marts især men også april var tørre og kolde (hhv. 1,8; 1,6 og 5,3 gange mindre nedbør end normalen for 1961-1990), mens juli og august var varme og tørre (hhv. 3,4 og 1,3 gange mindre nedbør end normalen for 1961-1990). Nedbørsrige og også lune måneder var maj, juni, september, oktober og december med 21-29 % mere nedbør end normalen for 1961-1990. Der var i 2013 store regionale forskelle med mest nedbør i Syd- og Sønderjylland (811 mm), og mindst i regionen København og Nordsjælland med 527 mm – en forskel på hele 284 mm (Cappelen et al., 2014). Nedbørsmængden registreret over en længere periode 1917-2000 er observeret signifikant stigende (Bøgestrand et al., 2003) og det relativt lave årsnedbør i 2013 vil sandsynligvis være en naturlig variation i en fortsættelse af denne trend.

6.3 Afstrømning

Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning er på årsbasis tæt korreleret med nedbørsmængden og var i 2013 310 mm og dermed på niveau (4 % lavere) med den gennemsnitlige afstrømning for perioden 1990-2012 (322 mm) og en del lavere end afstrømningen det foregående år (352 mm) (figur 6.1C). Afstrømningen var i marts 2013 specielt lav pga. frosten og lille nedbørsmængde, men også april samt juli-oktober var præget af en lavere afstrømning end gennemsnitligt for perioden 1990-2012. Afstrømningen i november, december og januar var højere end gennemsnitligt for perioden 1990-2012 (figur 6.2C).

Afstrømningsforholdene udviser normalt, ligesom nedbøren, en stor geografisk variation, hvilket også var tilfældet i 2013. Vest for israndslinjen i Jylland var årsafstrømningen typisk 400-475 mm, mens afstrømningen i det østlige Danmark var lidt mindre, typisk mellem 300 og 400 mm, på grund af den generelt mindre nedbør i denne del af landet.

6.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige årlige vindhastighed for hele Danmark var i 2013 på 4,6 m/s og dermed endnu engang noget mindre end normalen for perioden 1961-1990 (5,8 m/s) samt lidt mindre end gennemsnittet for 1990-2012 (5,0 m/s) (figur 6.1D). Dog oplevede Danmark den 28. oktober 2013 rekordhøje vindhastigheder og vindstød i forbindelse med orkanen kaldet 'Allan' med middelvindhastighed målt over 10 min. på 39,5 m/s ved Kalundborg (tidligere rekord var 38,1 m/s den 3. december 1999) og vindstød på 53,5 m/s på Als (tidligere rekord på 51,4 m/s fra 3. december 1999).

Den kolde januar og februar, var præget af højtryksvejr og havde rolige vindforhold. Ligeledes var juni, september og november også præget af rolige vindforhold (3,9-4,5 m/s mod normalt 5-6,5 m/s) (figur 6.2D). Kun december, hvor vi oplevede en langvarig, landsdækkende orkanagtig nordvestenstorm, var præget af mere blæsende vindforhold (6,4 m/s) end gennemsnittet for 1990-2012 (figur 6.2D). For de øvrige måneder lå middelvindhastigheden under eller på niveau med normalen for perioden 1990-2012, og 2013 fortsatte dermed, trods to orkaner, tendensen, der har været i de senere år, mod gennemsnitligt mere rolige vindforhold.

7 Referencer

Bjerring, R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L., Windolf, J. & Bøgestrand, J. (2013): Søer 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. – Videnskabelig rapport fra Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 76. <http://dce2.au.dk/pub/SR76.pdf>

Bjerring, R., Windolf, J., Kronvang, B., Sørensen, P.B., Timmermann, A., Kjeldgaard, A., Larsen, S.E., Thodsen, H. & Bøgestrand, J. (2014): Belastningsopgørelser til søer. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. 102 s. - Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi; nr. 36.

Bøgestrand, J. (Red.) (2003): Vandløb 2002, NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig Rapport fra DMU nr. 470.

Cappelen, J. (Red.) (2014): Danmarks klima 2013. Teknisk rapport 14-01 fra DMI. http://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/TR/2014/Tr14-01.pdf

Den Europæiske Union (1992): Rådets direktiv nr. 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter. (Habitatdirektivet) EF tidende L206 af 22. juli, s.7-50.

Den Europæiske Union (2000): Europaparlamentets og rådets direktiv nr. 2000/60/EC af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. (Vandrammedirektivet) EF tidende L327 af 22. december s. 1-73.

*Gonzales Sagrario, M.A., Jeppesen, E., Goma, J., Søndergaard, M., Jensen, J.P., Lauridsen, T.L. & Landkildehus, F. (2005): Does high nitrogen loading prevent clearwater conditions in shallow lakes at moderately high phosphorus concentrations? *Freshwater Biology* 50: 27-41.*

*Jensen, E., Brucet, S., Meerhoff, M., Nathansen, L. & Jeppesen, E. (2010): Community structure and diel migration of zooplankton in shallow brackish lakes: role of salinity and predators. *Hydrobiologia*, 646: 215-229*

*Jeppesen, E., Søndergaard, M., Kanstrup, E., Petersen, B., Eriksen, R. B., Hammershøj, M., Mortensen, E., Jensen J. P. & Have A. (1994): Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia* 275/276:15-30*

Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. (2002): Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. 195 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 426. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR426.pdf.

Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Søndergård, M., Jeppesen, E., Strzelczak, A. & Sortkjær, L. (2005): Søer 2004. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. 66s. – Faglig rapport fra DMU nr. 553.
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR553.PDF.

Naturstyrelsen (2011): Det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur. NOVANA 2011-2015. Programbeskrivelse. Miljøministeriet, 177 s.

Søndergaard, M., Jeppesen, E & Jensen, J.P. (1999): Danske søer og deres restaurering. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. Temarapport fra DMU nr. 24.

Søndergaard M., Bjerring R. & Jeppesen E. (2012): Persistent internal phosphorus loading during summer in shallow eutrophic lakes. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-012-1091-3.

Wiberg-Larsen, P. et.al, (2015): Vandløb 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. 50 s. – Videnskabelig rapport fra Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 121.

Windolf, J., Thodsen, H., Trolborg, L., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Ovesen, N.B. & Kronvang, B. (201):. A distributed modelling system for simulation of monthly runoff and nitrogen sources, loads and sinks for ungauged catchments in Denmark. *Journal of Environmental Monitoring*: 13, 2645-2658.

Windolf, J., Bøgestrand, J. & Kjeldgaard, A. (2012): Beregning af kvælstoftilførsel til en række udpegede danske fjorde. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.
http://dce.au.dk/fileadmin/dmu.au.dk/Notat_kvaelstoftilfoersel_til_forde.pdf

SØER 2013

NOVANA

Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2013 og beskriver udviklingen i udvalgte kemiske og fysiske miljøindikatorer siden overvågningens begyndelse i 1989 i 15 af de søer, der indgår i kontrolovervågning af søers udvikling. Miljøtilstanden er generelt forbedret siden 1989. Forbedringerne ses tydeligst i de vandkemiske indikatorer, og fortrinsvis i det første årti af overvågningsperioden. Rapporten giver yderligere en status over tilstanden i 88 søer indeholdt i kontrolovervågning af søers tilstand undersøgt i perioden 2011-2013. Søerne repræsenterer flere søtyper og næringsstofniveauer. De to hyppigst forekommende søtyper (ferske, alkaline, hhv. lavvandede og dybe søer) udgør 80 % af søerne og må gennemsnitligt set betegnes som næringsrige, men i begge typer ses en tendens til et generelt fald i næringsstofniveau siden 2004-2009. Rapporten giver også en overordnet status for tilstanden i søer, der indgår i den operationelle overvågning som er i risiko for ikke at opfylde målsætningen i 2015 (273 søer). Disse søer repræsenterer ni søtyper. Generelt er spændet for tilstand indenfor søtyperne stort. For de hyppigst forekommende typer gives en overordnet status.

ISBN: 978-87-7156-099-2

ISSN: 2244-9981