



SØER 2016

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 259

2018



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

SØER 2016

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 259

2018

Liselotte Sander Johansson

Martin Søndergaard

Frank Landkildehus

Ane Kjeldgaard

Lisbet Sortkjær

Jørgen Windolf

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. 259
Titel:	Søer 2016
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard, Frank Landkildehus, Ane Kjeldgaard, Lisbet Sortkjær & Jørgen Windolf
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Januar 2018
Redaktion afsluttet:	Januar 2018
Faglig kommentering:	Miljøstyrelsen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Kvalitetssikring, DCE:	Poul Nordemann Jensen
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Johansson, L.S., Søndergaard, M., Landkildehus, F., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L. & Windolf, J. 2018. Søer 2016. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 259. http://dce2.au.dk/pub/SR259.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2016 og beskriver udviklingen i udvalgte kemiske, fysiske og biologiske miljøindikatorer siden overvågningsens begyndelse i 1989. Generelt er tilstanden i søerne forbedret, men de største ændringer sås i de første 10 år af overvågningsperioden. I rapporten beskrives også forekomsten af miljøfarlige forurenende stoffer undersøgt i sedimentet og indholdet af kviksølv i fisk. For en mindre del af stofferne er der fastsat miljøkrav til sedimentet, og disse overskrides i nogle af søerne. Indholdet af kviksølv i fisk overstiger i størstedelen af fiskene vandrammedirektivets miljøkvalitetskrav, mens fødevarekravet overstiges i et fåtal af fiskene. Der gives en overordnet status for tilstanden i de 426 søer, der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2011-2016. Generelt er spændet for tilstanden af disse søer stort. Rapporten giver yderligere en oversigt over resultater af kortlægningen og kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i 3023 søer <5 ha. Næringsrige søer samt kystlaguner og strandsøer er de mest almindelige, mens lobeliesøer er den mest sjældne sønaturtype. I de fleste søer blev naturtilstanden beregnet til at være "god" eller "høj".
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan, NOVANA
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Hampen Sø. Foto: Martin Søndergaard
ISBN:	978-87-7156-309-2
ISSN (elektronisk):	2244-9981
ISSN:	2445-6683
Sideantal:	84
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf): http://dce2.au.dk/pub/SR259.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
0 Sammenfatning	6
0.1 Overvågningsprogrammet	6
0.2 Kontrolovervågning af udvikling	8
0.3 Kontrolovervågning af tilstand	8
0.4 Miljøfarlige forurenende stoffer	8
0.5 Kviksølv i fisk	9
0.6 Operationel overvågning af søernes tilstand	9
0.7 Klima og afstrømning	9
0.8 Habitatnaturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha	10
0.9 Fejlanalyser	10
1 Summary	11
1.1 The monitoring programme	11
1.2 Control monitoring of development	12
1.3 Control monitoring of environmental state	13
1.4 Environmentally hazardous substances	13
1.5 Mercury in fish	14
1.6 Operational monitoring of the environmental state of lakes	14
1.7 Climate and runoff	14
1.8 Habitat types in ponds and small lakes <5 ha	15
1.9 Analysis errors	15
2 Undersøgelsesprogrammet	16
2.1 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet	17
2.2 Kontrolovervågning	17
2.3 Operationel overvågning	22
2.4 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer	23
3 Kontrolovervågning af søernes udvikling	25
3.1 Generel karakteristik	25
3.2 Fosfor	26
3.3 Kvælstof	29
3.4 Klorofyl <i>a</i>	32
3.5 Sigtdybde	35
4 Kontrolovervågning af søernes tilstand	38
4.1 Generel tilstand	38
4.2 Udviklingstendenser	39
5 Miljøfarlige forurenende stoffer	43
5.1 Metaller	44
5.2 Pesticider	45
5.3 Aromatiske kulbrinter	47
5.4 Phenoler	48
5.5 Polyaromatiske kulbrinter (PAH)	50

5.6	Blødgørere	53
5.7	Organotinformbindinger	54
5.8	Sammenfatning	55
6	Kviksølv i fisk	56
7	Operationel overvågning af søernes tilstand	61
7.1	Generel tilstand	62
8	Klima og afstrømning	68
8.1	Temperatur og global indstråling	68
8.2	Nedbør	70
8.3	Afstrømning	71
8.4	Vindforhold	71
9	Habitatnaturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha	72
9.1	Kortlægning	73
9.2	Kontrolovervågning	75
10	Referencer	82
	Bilag 1. Datagrundlag og metoder	83

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 2016.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og vidensgrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for Miljø- og Fødevarerministeriet 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 arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Miljøstyrelsen (MST). Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for punktkilder hos MST, mens fagdatacentre for ferskvand, 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, og den har været i høring hos MST. Rapporten er baseret på data indsamlet af MST.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenterrapporter i "Vandmiljø og natur 2016", som udgives af DCE, GEUS og MST.

0 Sammenfatning

0.1 Overvågningsprogrammet

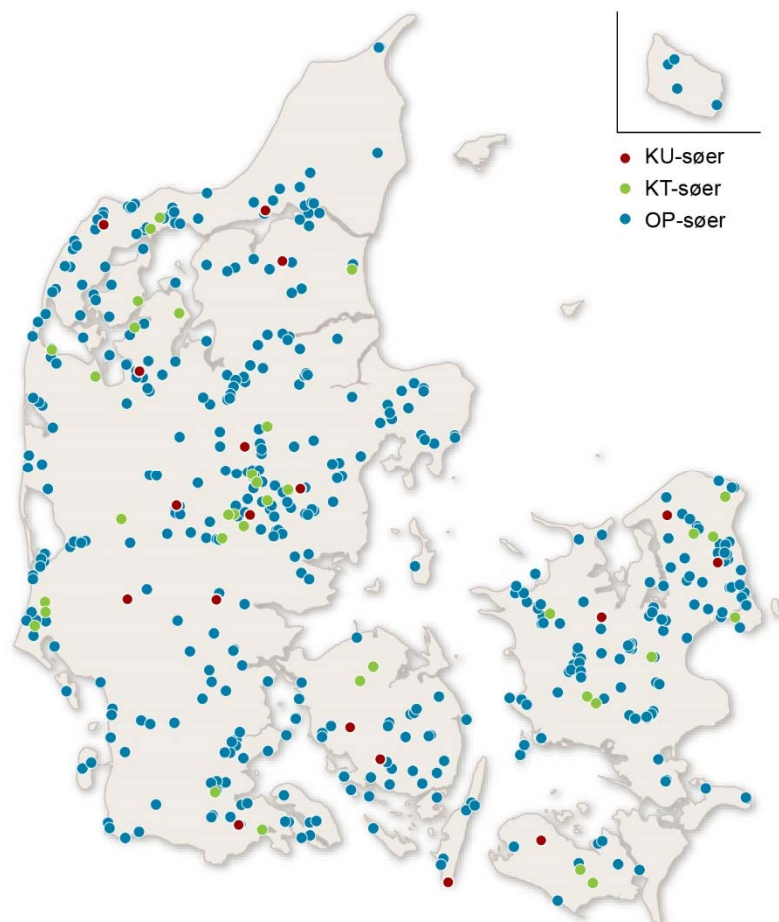
Det nuværende overvågningsprogram for søer (NOVANA) omfatter overvågning i forhold til EU's vandrammedirektiv (Den Europæiske Union 2000) og EU's habitatdirektiv (Den Europæiske Union 1992). Jf. vandrammedirektivet gennemføres der to overordnede typer af overvågning; kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. Jf. habitatdirektivet foregår der kontrolovervågning og kortlægning af habitatnaturtyper i søer. For kontrolovervågningen og kortlægningen af habitatnaturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha findes der et særskilt program. Placeringen af søerne omfattet af de forskellige overvågningstyper i henhold til vandrammedirektivet er vist i figur 0.1. Placering af vandhuller og småsøer, der er overvåget i henhold til habitatdirektivet, er vist i figur 9.1.

Kontrolovervågningen af søer jf. vandrammedirektivet inddeles i to typer: overvågningen af den generelle tilstand i søer (repræsenteret ved de såkaldte KT-søer, som omfatter 180 søer >5 ha, hvor hver sø bliver undersøgt hvert andet år, og hvor der i 2016 påbegyndtes en ny runde omfattende 35 af de 180 søer), samt overvågningen af udviklingen i søer (de såkaldte KU-søer, der omfatter 18 søer >5 ha). I den operationelle overvågning (de såkaldte OP-søer), der er rettet mod søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet for deres tilstand, er der i perioden 2011-2016 undersøgt i alt 426 søer >5 ha (heri er ikke medregnet de søer i kontrolovervågningen, som også overvåges operationelt). Kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer <5 ha jf. habitatdirektivet omfatter i alt 411 søer. Kortlægning af 3023 søer er foretaget i perioden 2011-2016, hvoraf de fleste ligger inden for Natura 2000-områder. Dermed er der kortlagt knap 1/3 af de ca. 10.000 vandhuller og småsøer, der findes i Natura 2000-områder i Danmark. I tabel 0.1 ses en oversigt over søer, der repræsenteres i denne rapport, og hvilke(t) år undersøgelserne er foretaget.

Tabel 0.1 Oversigt over antal søer, hvorfra der vises data i denne rapport. År for undersøgelsen er ligeledes angivet.

	Antal søer	Undersøgt i
Overvågning jf. vandrammedirektivet (søer >5 ha)		
Kontrolovervågning af udvikling	18	2015-16
Kontrolovervågning af tilstand	35	2016
Operationel overvågning	426	2011-2016
Overvågning jf. habitatdirektivet (vandhuller og småsøer <5 ha)		
Kortlægning	3023	2011-2016
Kontrolovervågning	411	2011-2016

Figur 0.1. Geografisk placering af søerne, der overvåges jf. vandrammedirektivet, og som beskrives i denne rapport. Disse omfatter 18 KU-søer undersøgt i 2015/2016, 35 KT-søer undersøgt i 2016 og 426 OP-søer undersøgt i perioden 2011-2016. KU=kontrolovervågning af udvikling, KT=kontrolovervågning af tilstand, OP=operationel overvågning. Vandhuller og småsøer, der er undersøgt jf. habitatdirektivet, er vist i figur 9.1.



Miljøstyrelsen (MST) forestår den standardiserede prøveindsamling. Alle indsamlede data indberettes til Fagdatacenter for ferskvand, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udvikling.

En oversigt over to nøgleparametre i de undersøgte overvågningssøer er givet i tabel 0.2. Medianværdien for indholdet af klorofyl ligger for søerne i alle tre overvågningstyper omkring 40 µg/l. Sigtdybden i søerne i kontrolovervågningen ligger omkring 1,3 m, mens den i søerne i den operationelle overvågning ligger omkring 0,8 m.

Tabel 0.2. Sigtdybde og indhold af klorofyl *a* i søer omfattet af kontrolovervågningen og den operationelle overvågning i søer >5 ha (angivet som medianværdier for sommerperioden), som er præsenteret i denne rapport.

	Kontrolovervågning af udvikling (KU)	Kontrolovervågning af tilstand (KT)	Operationel overvågning (OP)
Undersøgelsesår	2015-2016	2016	2011-2016
Antal søer	18	35	426
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	44	38	38
Sigtdybde (m)	1,35	1,29	0,81

I forhold til implementeringen af vandrammedirektivet og udarbejdelsen af vandområdeplaner arbejdes der i Danmark med 11 forskellige søtyper, der afgrænses i forhold til vanddybde (dyb, lavvandet), kalkholdighed (kalkrig, kalkfattig), brunfarvning (brunvandet, ikke brunvandet) og saltholdighed (fersk, brak). Præsentationen af data i denne rapport følger i de fleste tilfælde denne inddeling.

0.2 Kontrolovervågning af udvikling

De 18 KU-søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, dækker et bredt spektrum både morfometrisk (størrelse og dybde) og næringsstofmæssigt. Det sommergennemsnitlige indhold af klorofyl *a* varierer eksempelvis mellem 3 og 180 µg/l og sigtdybden mellem 0,3 og 4,3 m. Alle værdier er fra 2015-2016.

Indholdet af opløst fosfor (orthofosfat) er som sommergennemsnit reduceret i 11 søer siden 1989 og er uændret i fire af de 15 søer, der er undersøgt i hele overvågningsperioden. Der er kun sket få ændringer i de seneste 10 år. Indholdet af uorganisk kvælstof (nitrit+nitrat) er som sommergennemsnit reduceret signifikant i ni søer siden 1989 og er uændret i de øvrige søer. De seneste 10 år har der ikke været nogen signifikant ændring i nogen af søerne.

Udviklingen siden 1989 er generelt gået i retning af mindsket indhold af klorofyl *a* og øget sigtdybde. Således er sommergennemsnittet af klorofyl reduceret i seks søer og øget i tre søer, mens den sommergennemsnitlige sigtdybde er øget i otte søer og mindsket i én sø. De største ændringer er sket i den første del af perioden, mens ændringerne i de seneste 10 år har været beskedne.

0.3 Kontrolovervågning af tilstand

De 35 KT-søer repræsenterer fem forskellige søtyper, hvoraf søtype 9 (lavvandede) og søtype 10 (dybe) er de to mest almindelige. De fleste af søerne har et højt indhold af klorofyl (median af sommergennemsnit er 38 µg/l) og en relativ lav sigtdybde (median af sommergennemsnit er 1,3 m).

De 35 KT-søer er nu undersøgt gennem tre perioder (2004-2009, 2010-2015 og 2016). For søtype 10 og i mindre omfang søtype 9 er der tendens til en reduktion i indholdet af klorofyl *a* og en forøgelse af sigtdybden. For 17 af KT-søerne er der også målinger fra før 2004, og her viser udviklingen siden 1989, at klorofylkoncentrationen er faldet signifikant i syv søer, mens sigtdybden er signifikant øget i syv søer og reduceret i én sø. Undervandsplanternes udbredelse og antallet af arter er øget lidt set over hele perioden siden 2004-2009 i søtype 9, mens der har været færre ændringer i søtype 10. Fiskesamfundet er ikke ændret meget over perioderne, men fangsten i antal pr. garn er dog øget i søtype 10.

0.4 Miljøfarlige forurenende stoffer

I perioden 2011-2016 er der indsamlet sedimentprøver fra 101 søer til analyse af op til 53 miljøfarlige forurenende stoffer (MFS). Stofferne er fordelt på de syv stofgrupper metaller, pesticider, aromatiske kulbrinter, phenoler, polyaromatiske hydrocarboner (PAH), blødgørere og organotinforbindelser.

Set over hele perioden 2011-2016 er stofferne fundet i meget varierende koncentrationer. Eksempelvis er der fundet metaller i alle søer, phenoler er påvist i 4-50 % af de undersøgte søer og blødgørere i 4-65 %, mens pesticider er fundet i få søer (0-4 %).

Fra 25 af de undersøgte søer er der udtaget sedimentprøver to gange i perioden 2011-2016. Ved sammenligning af de fundne koncentrationer ses der ved det seneste prøvetagningsår signifikant højere koncentrationer af de aromatiske kulbrinter naphtalen og trimethylnaphtalener, af PAH'erne phenanthren, benz(ghi)perylen, benz(a)anthracen, indeno(1,2,3-cd)pyren og fluoren samt af organotinforbindelsen monobutyltin. Derudover var indholdet af

nonylphenoler signifikant lavere i det andet prøvetagningsår. Det skal understreges, at disse udviklingstendenser alene bygger på to målinger af de pågældende stoffer, og at data repræsenterer højst 25 søer.

For enkelte af de undersøgte stoffer er der fastsat miljøkvalitetskrav (MKK) i sediment. Bly og cadmium blev fundet i koncentrationer højere end MKK i henholdsvis 5 % og 7 % af de undersøgte søer. Naphthalen og methylnaphthalener blev fundet i koncentrationer højere end MKK i 10 % og 83 % af de undersøgte søer. Der er også fastlagt MKK for nonylphenoler og octylphenol, men her blev der ikke fundet koncentrationer højere end MKK.

0.5 Kviksølv i fisk

Kviksølvindholdet i fisk er undersøgt ved at måle indholdet i muskelvæv fortrinsvist hos aborre med en længde på 20-25 cm. De undersøgte søer er stort set de samme, som er undersøgt for miljøfarlige forurenende stoffer i sedimentet.

Indholdet af kviksølv i fiskene er varierende, og der ser ikke ud til at være nogen entydig sammenhæng mellem kviksølvindhold og søtype. For fisk med de højeste kviksølvkonzentrationer er nogle af de mest næringsfattige og/eller kalkfattige søer repræsenteret. Indholdet af kviksølv (pr. tørvægtenhed) øges med øget fiskelængde.

For størstedelen af fiskene oversteg kviksølvkonzentrationen vandrammedirektivets miljøkvalitetskrav, mens det generelle fødevarekrav blev overskredet i få tilfælde.

0.6 Operationel overvågning af søernes tilstand

I perioden 2011-2016 er der i den operationelle overvågning undersøgt 426 søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet. Disse søer omfatter ikke det udvalg af de kontrolovervågede søer, som også indgår i den operationelle overvågning. Søerne er udvalgt med henblik på at vurdere, om der er målopfyldelse i søerne, eller om der er behov for indsats, og de er således ikke repræsentative for tilstanden i de danske søer. Overvågningen omfatter 10 søtyper, hvoraf søtype 9 og 10 er de mest almindeligt undersøgte og til sammen udgør 56 % af alle søerne omfattet af den operationelle overvågning.

Den mest næringsrige søtype, både hvad angår indhold af totalfosfor og totalkvælstof, er søtype 15 (kalkrig, brunvandet, saltholdig, lavvandet), og det er også her, der ses de højeste klorofylkoncentrationer og den laveste sigtddybde. De to øvrige brunvandede søtyper (søtype 5 og 13) er ligeledes forholdsvis næringsrige. Søer af type 1 og 2 (kalkfattig, ikke brunvandet, fersk) er generelt blandt de mest næringsfattige, der også har de laveste koncentrationer af klorofyl.

Undervandsplanterne er undersøgt i hovedparten af de operationelt overvågede søer, og resultaterne viser en meget stor variation i mængden af planter inden for de enkelte søtyper.

0.7 Klima og afstrømning

Klimatisk set var 2016 varmere end gennemsnittet for de seneste 26 år – årsmiddeltemperaturen for hele Danmark var 9 °C i 2016 mod 8,6 °C i perioden 1990-2016. Især i månederne september og december var temperaturen markant højere end normalt. I forhold til perioden 1961-1990 var temperaturen 1,3 °C højere i 2016.

Nedbørmængden i 2016 var lidt lavere end normalt, 701 mm mod et gennemsnit på 714 mm for perioden 1961-1990 og 763 mm for perioden 1990-2016. Især månederne april, juni og juli var nedbørsrige. Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning var i 2016 på 353 mm, hvilket er lidt højere end normalen for 1990-2016.

0.8 Habitatnaturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha

Kortlægning af sønaturtyper omfattede i perioden 2011-2016 i alt 3023 vandhuller og småsøer <5 ha. Søer af naturtype 3150 (næringsrige søer) og type 1150 (kystlaguner og strandsøer) var de mest almindelige typer, idet de udgjorde henholdsvis 33 % og 26 % af søerne. Lobeliesøer (naturtype 3110) var den mest sjældne naturtype (udgjorde 2 % af søerne), mens søer af type 3130 (ret næringsfattige søer med små amfibiske planter ved bredden), søer af type 3160 (brunvandede søer) og type 3140 (kransnålalgesøer) udgjorde 5-11 % af de undersøgte søer. 9 % af søerne kunne ikke henføres til en habitatnaturtype.

Det beregnede naturtilstandsindex var i de fleste af de undersøgte søer over 0,6, som svarer til ”god” eller ”høj” tilstand. Størstedelen af søer af type 3110 og 3160 havde et naturtilstandsindex på over 0,8, svarende til ”høj” tilstand.

Kontrolovervågningen af naturtypesøerne omfattede i alt 411 søer. Fordelingen af naturtyperne var her nogenlunde den samme som i den totale kortlægning; dog var der lidt flere af type 3130 og tilsvarende færre af type 1150. Også her var naturtilstanden for de fleste søers vedkommende ”god” eller derover.

De vandkemiske analyser, som indgår i kontrolovervågningen af naturtypesøer, viser overordnet, at søer af type 1150 og søer, der ikke kan henføres til nogen naturtype, er de mest næringsrige.

Der er foretaget sammenligning af naturtilstanden mellem to undersøgelser foretaget i samme sø, og hvor naturtypen er bestemt til at være den samme. Det foreliggende datamateriale er sparsomt og giver ikke nogen indikation af udviklingen i perioden 2007-2016. Sammenligning af dækningsgraden på tværs af sønaturtyperne viser, at der generelt er sket en forbedring i flere af søerne på 1-5 ha end i søerne med et areal <1 ha.

0.9 Fejlanalyser

Der har i 2016 været fejl i analyserne af totalkvælstof og totalfosfor. Derfor indgår de to parametre ikke i rapportering af data fra 2016. Analyser af de uorganiske fraktioner (f.eks. nitrat+nitrit, ammonium og fosfat) er ikke omfattet af denne fejl.

1 Summary

1.1 The monitoring programme

The current monitoring programme for lakes (NOVANA) includes monitoring in relation to the EU Water Framework Directive (European Union 2000) and the EU Habitats Directive (European Union 1992). According to the Water Framework Directive (WFD), there are two main types of monitoring – control monitoring and operational monitoring. According to the Habitats Directive, control monitoring and mapping of lake habitats are required. As to control monitoring of lake habitats and mapping of small lakes and ponds <5 ha, a separate programme exists. The location covered by the various monitoring types according to the WFD is shown in Figure 1.1. The location of ponds and small lakes monitored according to the Habitats Directive is shown in Figure 9.1.

Control monitoring of lakes according to the WFD is classified into two types – monitoring of the general environmental state of lakes, represented by the so-called KT lakes, which in the period 2010-2016 included 180 lakes >5 ha, each investigated every second year, and for which a new round of monitoring of 35 of the 180 lakes was initiated in 2016, and monitoring of the development in lakes, the so-called KU lakes, including 18 lakes >5 ha. In the operational monitoring (the so-called OP lakes) geared towards lakes at risk of not complying with the goals for nature and the environment as far as their environmental state is concerned, a total of 426 lakes >5 ha were investigated (not including the KT lakes and KU lakes already being monitored operationally) during the period 2011-2016. Control monitoring of habitat types in lakes <5 ha according to the Habitats Directive includes a total of 411 lakes. In the period 2011-2016 mapping included 3023 lakes of which most are located within Natura 2000 habitats. Thus, almost 1/3 of the approx. 10,000 ponds and lakes found in Natura 2000 areas in Denmark have been mapped. Table 1.1 shows an overview of lakes represented in this report and the year the monitoring was conducted.

Table 1.1. Monitoring of lakes presented in this report and year/period of investigation.

Lake number Investigated in		
Monitoring according to the Water Framework Directive (lakes >5 ha)		
Control monitoring of development	18	2015-16
Control monitoring of environmental state	35	2016
Operational monitoring	426	2011-2016
Monitoring according to the Habitats Directive (ponds and lakes <5 ha)		
Mapping	3023	2011-2016
Control monitoring	411	2011-2016

The Danish Environmental Protection Agency (MST) is in charge of the standardised collection of samples. All collected data are reported to the National Topic Centre for Freshwater, which prepares annual progress reports on the general environmental state and development in Danish lakes.

An overview of two key parameters in the investigated monitoring lakes is given in table 1.2. The median value of chlorophyll is for all three monitoring types around 40 µg/l. Secchi depth of the lakes in the control monitoring is around 1.3 m and around 0.8 m in the operationally monitored lakes.

Figure 1.1 Geographical location of the lakes monitored according to the Water Framework Directive and presented in this report.

These include 18 KU lakes monitored in 2015/2016, 35 KT lakes monitored in 2016 and 426 OP lakes monitored during the period 2011-2016. KU = control monitoring of development, KT = control monitoring of environmental state, OP = operational monitoring. Ponds and small lakes investigated with reference to the Habitats Directive are shown in Figure 9.1.

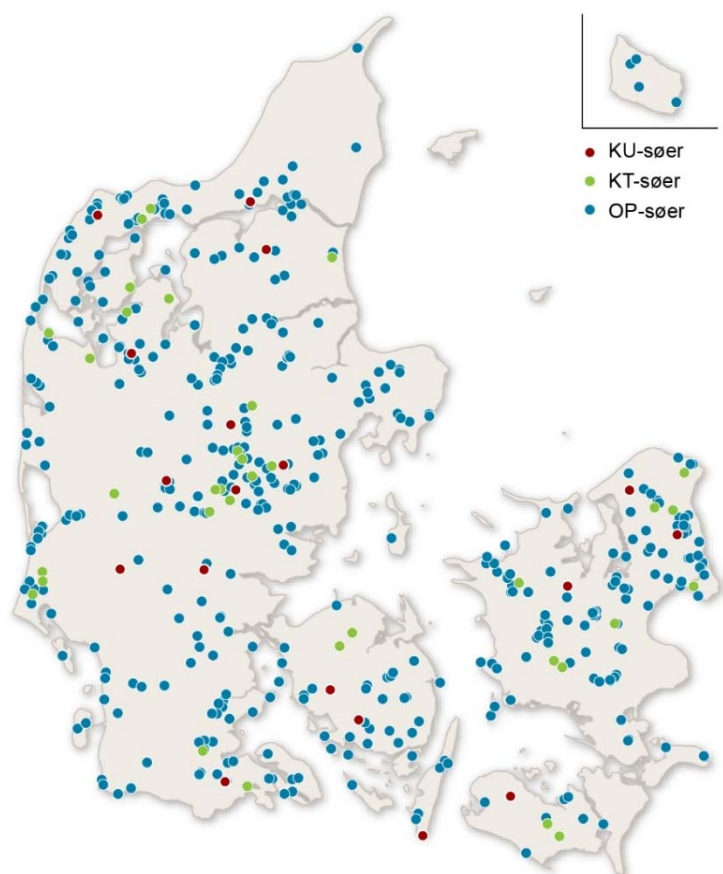


Table 1.2. Secchi depth and chlorophyll a levels in lakes included in the control monitoring and operational monitoring of lakes >5 ha (indicated as median values for the summer period) and presented in this report.

	Control monitoring of development (KU)	Control monitoring of state (KT)	Operational monitoring (OP)
Investigation year	2015-2016	2016	2011-2016
Number of lakes	18	35	426
Chlorophyll a (µg/l)	44	38	38
Secchi depth (m)	1.35	1.29	0.81

In connection with implementing the WFD and preparing water plans, Denmark is working with 11 different lake types that are defined by water depth (deep, shallow), calcium content (calcareous, lime poor), browning (brown water, non-brown water) and salinity (fresh, brackish). The presentation of the data in this report mainly follows this classification.

1.2 Control monitoring of development

The 18 KU lakes included in the control monitoring of development cover a broad spectrum, both morphometrically (size and depth) and nutrient wise. For instance, the average summer chlorophyll a concentration varies between 3 and 180 µg/l and the Secchi depth between 0.3 and 4.3 m. All values are from 2015-2016.

The summer average concentration of dissolved phosphorus (orthophosphate) has decreased in 11 lakes since 1989 and has remained unchanged in four of the 15 lakes investigated during the entire monitoring period. Only few changes

have occurred during the past 10 years. The summer average content of inorganic nitrogen (nitrite+nitrate) has declined significantly in nine lakes since 1989 and has remained unchanged in the other lakes. During the past 10 years, there has been no significant development in any of the lakes.

Since 1989, there has generally been a trend towards a decrease in the concentration of chlorophyll *a* and an increase in Secchi depth. Thus, summer average chlorophyll has decreased in six lakes and increased in three lakes, while summer average Secchi depth has increased in eight lakes and declined in one lake. The greatest changes occurred during the first part of the monitoring period, but during the past 10 years changes have been only modest.

1.3 Control monitoring of environmental state

The 35 KT lakes represent five different lake types of which lake type 9 (shallow) and lake type 10 (deep) are the two most common. Most of the lakes have a high chlorophyll *a* concentration (median of summer average is 38 µg/l) and a relatively low Secchi depth (median of summer average is 1.3 m).

The 35 KT lakes have been investigated during three periods (2004-2009, 2010-2015 and 2016). For lake type 10, and to a lesser extent lake type 9, there is a tendency to a reduction of the concentration of chlorophyll *a* and an increase in Secchi depth. For 17 of the KT lakes, measurements before 2004 exist, and the development since 1989 shows a significant reduction of chlorophyll concentrations in seven lakes, while Secchi depth has increased significantly in seven lakes and declined in one lake. The cover and species number of submerged macrophytes have shown a minor increase over the total period since 2004-2009 in lake type 9, while changes in lake type 10 have been more modest. The fish community has changed only little during the periods, excepting an increase in the catch in number per net in lake type 10.

1.4 Environmentally hazardous substances

From 2011-2016, sediment samples were collected from 101 lakes for analysis of up to 53 environmentally hazardous substances and metals (including seven groups: metals, pesticides, aromatic hydrocarbons, phenols, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), plasticizers and organotin compounds).

During the period 2011-2016 the substances were found in greatly varying concentrations. For example, metals were found in all lakes, phenols were detected in 4-50% and plasticizers in 4-65% of the lakes, while pesticides were only found in a limited number of lakes (0-4%).

Sediment samples were taken twice in 25 of the investigated lakes during the period 2011-2016. For the last sampling year, a comparison of concentrations shows significantly higher concentrations of the aromatic hydrocarbons naphthalene and trimethylnaphthalenes, of the PAHs phenanthrene, benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, indeno(1,2,3-cd)pyrene and fluorene and of the organotin compound monobutyltin. Moreover, the concentrations of nonylphenols were significantly lower in the second year of sampling. It should be noted, though, that the development tendency is founded on only two measurements of the substances in question and that the data represent no more than 25 lakes.

For some of the investigated substances, environmental quality standards (EQS) for sediment exist. Lead and cadmium were found in concentrations

higher than the EQS in, respectively, 5% and 7% of the investigated lakes. EQS have also been established for nonylphenols and octylphenol, but for these concentrations higher than the EQS were not recorded.

1.5 Mercury in fish

Mercury contents in fish have been studied by measuring the contents in the muscle tissue, mainly in perch sized 20-25 cm. The studied lakes overall included the same lakes that were investigated for hazardous substances and metals in the sediment.

The mercury content in fish varies and there appears to be no clear correlation between mercury content and lake type. At the same time, fish from some of the most nutrient-poor and / or lime-poor lakes have the highest mercury concentrations. The mercury content (per dry weight unit) increases with increasing length of the fish.

For the major part of the fish, the mercury concentrations exceeded the environmental quality standards of the WFD, whereas the general food safety thresholds were only exceeded in a few cases.

1.6 Operational monitoring of the environmental state of lakes

In the period 2011-2016, 426 lakes that are in risk of not fulfilling the goals set for nature and environment were studied in the operational monitoring. These lakes do not include the selection of control monitored lakes that are also part of the operational monitoring. The lakes were chosen in order to determine whether the lakes meet the goals or whether intervention is needed, and they are thus not representative of the environmental state in the Danish lakes. The study included ten types of lakes, of which lake types 9 and 10 are the ones most commonly investigated and together represent 56% of all the lakes included in the operational monitoring.

The most nutrient-rich lake type, both in regards to total phosphorus and total nitrogen, is lake type 15 (calcareous, brown water, saline, shallow), and it is also here that the highest chlorophyll a concentrations and the lowest Secchi depths are seen.

The two remaining brown water lake types (lake type 5 and 13) are also relatively nutrient-rich. The most nutrient-poor lake types are type 1 and 2 (lime poor, non-brown water, fresh), which also have the lowest concentrations of chlorophyll.

In most of the operationally monitored lakes, submerged macrophytes were also studied. They also show great variation in abundance for the individual lake types.

1.7 Climate and runoff

Climatically speaking, 2015 stood out by being a bit warmer than the average for the last 26 years – the annual mean temperature for all of Denmark was 9°C compared with 8,6 °C during the period 1990-2016. Especially in September and December, temperatures were markedly higher than normal. Compared with the period 1961-1990, the temperature was 1.3 °C higher in 2016.

In 2016, the amount of precipitation was a little lower than usual, 701 mm compared with an average of 714 for the period 1961-1990 and 763 mm for the period 1009-2016. Particularly April, June and July were rich in precipitation. In 2016, the area-specific freshwater runoff was 253 mm, which is somewhat above the norm for 1990-2016.

1.8 Habitat types in ponds and small lakes <5 ha

Mapping of habitat types in the period 2011-2016 included a total of 3023 ponds and small lakes <5 ha. Lakes designated as habitat type 3150 (nutrient-rich lakes) and type 1150 (coastal lagoons and beach lakes) were the most common types, constituting 33% and 26% of the lakes, respectively. Lobelia lakes (habitat type 3110) were the most rare (2%), while 3130 (relatively nutrient-poor with small amphibian plants along the shore), type 3160 (brown lakes) and type 3140 (*Chara* lakes) represented, respectively, 5-11% of the investigated lakes. 9% of the lakes could not be classified to a habitat type.

In most of the investigated lakes, the biological state index was above 0.6, which corresponds to "good" or "high" state. The majority of lakes of types 3110 and 3160 had a biological state index of more than 0.8, corresponding to the "high" state.

The control monitoring of lake habitat types included a total of 411 lakes. The distribution of habitats was roughly the same as in the total mapping, although there were slightly more type 3130 and correspondingly fewer type 1150 lakes. Here too, the biological state of most of the lakes was "good" or above.

The water chemical analyses included in the control monitoring of lake habitat types generally show that lakes of type 1150 and unclassified lakes are the most nutrient-rich.

A comparison of environmental state was made between two studies conducted in the same lake and with identical classification of habitat types. The available data are, however, sparse and do not give any indication of the development in the period 2007-2016. Correspondingly, a comparison was made of coverage across lake types, and this shows that a general improvement has occurred in more lakes within the size range 1-5 ha compared with the lakes with an area <1 ha.

1.9 Analysis errors

There were errors in the analysis of total nitrogen and total phosphorus in 2016. Therefore, the two parameters are not included in the reporting of data from 2016. Analyses of the inorganic fractions (e.g. nitrate+nitrite, ammonium and phosphate) are not affected by this error.

2 Undersøgellesprogrammet

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 fiske- og planktonundersøgelser hvert sjette år. Fra og med 2015 skete der en reduktion i undersøgelsesfrekvensen af de kemiske/fysiske undersøgelser af søvandet, således at hver af de intensivt undersøgte søer bliver undersøgt hvert andet år. I 2011 blev programmet udvidet med tre søer (hvoraf to søer tidligere har indgået i programmet), således at der nu foretages intensive undersøgelser (kontrolovervågning af søernes udvikling, se nedenfor) i 18 søer.

Reduktionen i antallet af de intensivt undersøgte søer i 2004 var nødvendig gjort af et behov for inddragelse af væsentligt flere søer (både mindre og større end 5 ha) i programmet, hvor undersøgelserne i de enkelte søer samtidig blev foretaget med lavere frekvens, både årligt og i overvågningsperioden som helhed. Det ekstensive program dækkede indtil 2008 tre størrelseskategorier af søer: >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. Udvalgte søer i størrelsesklassen 1-5 ha undersøges nu i det operationelle program, og søer med et areal på 0,01-5 ha undersøges i forbindelse med overvågningen af habitatnaturtyper i søer. Samtidig overgik overvågningen af naturtyper i søer til søprogrammet. Undersøgelsesfrekvensen i hver af de ekstensivt undersøgte søer >5 ha er fra 2015 reduceret fra syv årlige prøvetagninger til fem prøvetagninger, som foregår i perioden maj-september. Disse søer (180 i alt i en seksårig overvågningsperiode) er fra 2010 indeholdt i kontrolovervågningen af søernes tilstand. Fra 2015 ophørte overvågningen af dyreplankton i NOVANA.

Fra og med 2011 trådte en ny 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 fra og med 2010 dels en *kontrolovervågning* og dels en *operationel overvågning* af søer >5 ha samt udvalgte søer mellem 1 og 5 ha i henhold til vandrammedirektivet. Overvågning af søer <5 ha er i NOVANA primært omfattet af overvågningen af habitatnaturtyper i søer og tager udgangspunkt 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

menneskeskabte 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 (nu 2027, red.). Desuden skal overvågningen bidrage med datagrundlag til at vurdere den nødvendige indsats” (Naturstyrelsen 2011). En 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 søer. Måleprogrammerne er opnået ved at sammenstille de hidtidige erfaringer fra søovervågningsprogrammet, bl.a. igennem en statistisk optimering (Larsen m.fl. 2002) og tidligere erfaringer ved opstilling af undersøgelsesprogrammer for søer (Søndergaard m.fl. 1999), ligesom et internationalt evalueringspanel har givet anbefalinger vedrørende disse forhold.

2.1 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet

I forhold til vandrammedirektivets implementering og udarbejdelsen af vandområdeplaner arbejdes der i Danmark med 11 forskellige søtyper. Søtyperne defineres med udgangspunkt i forskelle i kalkholdighed, brunfarvning, saltholdighed og middelvanddybde (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Oversigt over de 11 danske søtyper anvendt i forbindelse med vandrammedirektivets implementering. Grænserne for kalkrig-kalkfattig (alkalin – lavalkalin) er ved 0,2 meq/l (alkalinitet), brunvand – ikke brunvand ved 60 mg Pt/l (farvetal), fersk – saltholdig (brak) ved 0,5 ‰ (saltholdighed) og lavvand – dyb ved en middelvanddybde ved 3 m (i vandområdeplaner indgår også graden af lagdeling).

Søtype	Alkalinitet	Farvetal	Saltholdighed	Middeldybde
1	Kalkfattig	Ikke brunvand	Fersk	Lavvand
2	Kalkfattig	Ikke brunvand	Fersk	Dyb
5	Kalkfattig	Brunvand	Fersk	Lavvand
6	Kalkfattig	Brunvand	Fersk	Dyb
9	Kalkrig	Ikke brunvand	Fersk	Lavvand
10	Kalkrig	Ikke brunvand	Fersk	Dyb
11	Kalkrig	Ikke brunvand	Saltholdig	Lavvand
12	Kalkrig	Ikke brunvand	Saltholdig	Dyb
13	Kalkrig	Brunvand	Fersk	Lavvand
14	Kalkrig	Brunvand	Fersk	Dyb
15	Kalkrig	Brunvand	Saltholdig	Lavvand

2.2 Kontrolovervågning

Kontrolovervågningen omfatter tre hovedtyper: en overvågning af den generelle tilstand af søer >5 ha, en overvågning af udviklingen i søer >5 ha vurderet på baggrund af lange tidsserier samt en overvågning af den generelle tilstand i søer <5 ha til vurdering af habitatdirektivets beskyttelse af sønaturtyper. En oversigt over kontrolovervågningsens omfang er givet i tabel 2.2.

Samlet udgør de 198 søer >5 ha, som er omfattet af kontrolovervågningen, ca. 1/3 af alle danske søer i denne størrelsesgruppe (tabel 2.3).

Tabel 2.2. Kontrolovervågning – antal søer.

Kontrolovervågning	Antal søer pr. år	Antal søer i en seksårig periode
Økologisk og kemisk tilstand		
Tilstand (søer >5 ha)	30	180
Udvikling (søer >5 ha)	9	18
Naturtyper		
Vandhuller (0,01-1 ha)	35	210
Småsøer (1-5 ha)	35	210

Tabel 2.3. Oversigt over antallet af søer >5 ha i kontrolovervågningen af henholdsvis udvikling og tilstand i en seksårig overvågningsperiode med arealafgrænsning af programmerne samt måleprogrammets turnus. "% af alle" angiver, hvor stor en andel de udvalgte søer udgør af det samlede antal danske søer >5 ha.

Programtype	Areal (hektar)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Kontrolovervågning, udvikling	7-4000	18	} 33	2*
Kontrolovervågning, tilstand	3-1730	180		6

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

2.2.1 Kontrolovervågning af 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. Disse søer benævnes ofte KU-søer (Kontrolovervågning af Udvikling). Femten af disse søer var indtil 2010 en del af "Det intensive program" og har således gennemgået kemiske undersøgelser hvert år i perioden 1989-2014, herefter hvert andet år. Biologiske undersøgelser er foretaget med lavere frekvens. En af de tre "nye" søer, som blev en del af kontrolovervågningen af udvikling i 2011, har tidligere indgået i "Det intensive program" og to i andre dele af overvågningsprogrammet, men disse tre søer indgår, pga. afbrudt tidsserie eller uensartet prøvetagning, ikke i denne rapports analyse af den generelle udvikling. En oversigt over de parametre, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling, samt deres undersøgelsesfrekvens fremgår af tabel 2.4.

I udvalgte KU-søer måles til- og fraførsel af vand, og der foretages analyser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern i søens til- og afløb. På baggrund af dette kan næringsstoffdynamikken beskrives detaljeret. Disse målinger foretages med en årlig frekvens på 12-22, afhængigt af afstrømningsmønsteret (tabel 2.4). I søvandet kan næringsstofferne beskrives med målinger af både totale og uorganiske fraktioner af kvælstof og fosfor, tilsvarende måles næringsstofferne i bundvandet ved eventuel lagdeling af vandet 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, lednings- evne samt sigtddybde i en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet.

Tabel 2.4. Oversigt over måleprogram med årlige prøvetagningsfrekvenser i kontrolovervågningen af udvikling. Hver sø undersøges hvert andet år. 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 af disse angiver et omtrentligt gennemsnit for søer. I de enkelte søer er den aktuelle frekvens mellem 0 og 15.

	Epilimnion	Hypolimnion
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>		
- salinitetsprofil ¹⁾	19	
- ledningsevne ¹⁾	19	
- ilt- og temperaturprofil ¹⁾	19	
- pH	19	5
- farvetal	19	
- alkalinitet	19	
- nitrit+nitratkvælstof	19	5
- ammoniumkvælstof	19	5
- totalkvælstof	19	5
- totalfosfor	19	5
- opløst fosfat fosfor	19	5
- klorofyl <i>a</i>	19	
- totaljern	19	
- silikat+silicium	19	
- suspenderet stof	19	
- glødetab af susp. stof	19	
- sigtdybde ¹⁾	19	
- vandstand ¹⁾	19	
<i>Vandføring¹⁾</i>	12-22 eller kontinuert	
<i>Sedimentkemi</i>	hvert 6. år	
<i>Planteplankton</i>	12 hvert 6. år (1 gang pr. md.)	
<i>Miljøfarlige forurenende stoffer²⁾</i>	1	
<i>Dyreplankton³⁾</i>	12 hvert 6. år (1 gang pr. md.)	
<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 (i alt ca. 20 søer pr. år i kontrolovervågningen). Desuden analyseres fisk for kviksølv i disse søer.

³⁾ Udgået efter 2015.

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

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.

Sedimentets indhold af totalfosfor og totaljern bestemmes en gang hvert sjette år i den enkelte sø til understøttelse af analyserne af næringsstofomsætningen i søerne.

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 relative biomasse bliver opgjort hvert sjette år. Antal, biomasse og den taksonomiske sammensætning af plante- og dyreplanktonorganismer bliver opgjort gennem

sæsonen hvert sjette år (dyreplankton er dog udgået efter 2014). Grundet problemer med tilgang til databasen bliver plante- og dyreplankton ikke præsenteret i denne rapport. Det forventes, at afrapportering af dette sker i 2018.

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

Der er kun er medtaget 18 søer (hvoraf kun de 15 har en lang tidsserie) i kontrolovervågningen af udviklingen, og disse søer ikke betragtes som værende repræsentative for danske søer som helhed, men kontrolovervågningen af søernes udvikling giver mulighed for at vurdere langsigtede udviklingstendenser i større søer. Reduceret undersøgelsesfrekvens i forhold til tidligere betyder, at det tager længere tid at detektere en eventuel udvikling. For så vidt angår kemiske og fysiske parametre, giver resultaterne fra KU-søerne en baggrund for at vurdere resultaterne fra de mere ekstensivt overvågede søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand.

De biologiske og kemiske / fysiske parametre er ikke undersøgt samme år i alle søer. For de kemiske / fysiske parametre opnås der en værdi hvert andet år, og for de biologiske parameter opnås kun en enkelt værdi i en tre- eller seksårig periode.

2.2.2 Kontrolovervågning af tilstand (søer >5 ha)

Til overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand gennemføres der undersøgelser i ca. 30 søer >5 ha hvert år, dvs. i alt 180 søer, i en seksårig periode. Disse søer benævnes KT-søer (Kontrolovervågning af Tilstand). En del af disse søer indgår tillige i det operationelle program (se afsnit 2.3) og er således blevet undersøgt for sigtddybde og udvalgte vandkemiske parametre to gange i perioden.

KT-søerne var i NOVANA 2004-2009 inkluderet i "Det ekstensive program" for de større søer (>5 ha) eller "Det intensive program". Udvalgelsen er geografisk stratificeret, og de væsentligste danske søtyper, herunder brakvands-søer, er omfattet.

Vandkemiske og fysiske forhold følges månedligt i sommerperioden (maj-september) med få nøgleparametre (tabel 2.5).

De biologiske undersøgelser i kontrolovervågningen af tilstand omfatter fem årlige planteplanktonprøver (månedligt fra maj til september), undersøgelse af undervandsplanter én gang i juli / august samt en fiskeundersøgelse i august / september.

Ud over vandkemiske og biologiske undersøgelser er sedimentet undersøgt for totalfosfor og totaljern i alle søer i perioden 2010-2015 og i udvalgte søer i 2016 samt for miljøfarlige forurenende stoffer i 101 (i perioden 2011-2016) søer fra kontrolovervågningen, herunder de 18 KU-søer. I disse søer er der desuden undersøgt for kviksølv i muskelvæv af fisk, der blev udvalgt i forbindelse med fiskeundersøgelsen i hver sø.

Parametre, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, og deres frekvens fremgår af tabel 2.5.

Tabel 2.5. Oversigt over parametre og antal prøver i kontrolovervågningen af tilstand. De fem prøver tages månedligt fra 1. maj til 30. september som blandingsprøver fra overfladevandet. I tilfælde af springslagsdannelse måles ilt- og temperaturprofil, og der måles pH og totalfosfor i hypolimnion.

Parametre	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>	
- salinitetsprofil ¹	5
- ledningsevne	5
- ilt- og temperaturprofil	5
- pH	5
- farvetal	5
- alkalinitet	5
- totalkvælstof	5
- totalfosfor	5
- klorofyl <i>a</i>	5
- suspenderet stof	5
- sigtdybde	5
<i>Miljøfarlige forurenende stoffer²⁾</i>	1
<i>Vandplanter</i>	1
<i>Planteplankton</i>	5
<i>Fisk</i>	1
<i>Sediment (næringsstoffer m.m.)³⁾</i>	1

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

²⁾ Foretages i udvalgte søer på sediment. Desuden analyseres fisk (muskelvæv) for kvik-sølv i disse søer.

³⁾ I 2016 kun i udvalgte søer

2.2.3 Kontrolovervågning af habitatnaturtyper i søer

Til vurdering af bevaringsstatus og udvikling af habitatdirektivets beskyttede naturtyper i søer er der i perioden 2011-2016 årligt foretaget ekstensive undersøgelser i ca. 70 søer <5 ha i kontrolovervågningen, i alt 411 søer. Tabel 2.6 giver en oversigt over de habitatnaturtyper, der findes i danske søer.

Tabel 2.6. Oversigt over de seks danske habitatnaturtyper i søer anvendt i forbindelse med overvågning jf. habitatdirektivet. Se nærmere beskrivelse i habitatnøglen og habitatbeskrivelserne, der findes på MST's hjemmeside.

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

Til naturtypeundersøgelserne af søer <5 ha er søerne udvalgt, så der på baggrund af tidligere undersøgelser blev tilstræbt at opnå en nogenlunde ligelig fordeling mellem de seks naturtyper beskrevet i tabel 2.6.

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, fremgår af tabel 2.7. Derudover foretages der en bestemmelse af naturtypen i hver sø, jf. tabel 2.6. Denne bestemmelse sker i henhold til habitatnøglen og habitatbeskrivelserne, der findes på MST’s hjemmeside. Hver sø bliver undersøgt én gang i en seksårig periode.

Tabel 2.7. Oversigt over parametre i overvågningen af habitatnaturtyper i søer <5 ha.

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

Kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer >5 ha foregår samtidig med kontrolovervågningen af disse jf. vandrammedirektivet. Naturtypen bestemmes i henhold til habitatnøglen og habitatbeskrivelserne, og der indsamles ikke data ud over dem, der indgår i den øvrige kontrolovervågning.

2.3 Operationel overvågning

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 gennemsnitligt i ca. 70 søer >5 ha. I perioden 2011-2016 indgik i alt 426 søer >5 ha i den operationelle overvågning. Derudover gælder det, at ca. 75 % af søerne, der er omfattet af kontrolovervågningen, har behov for operationel overvågning. Søerne i den operationelle overvågning er udpeget af MST.

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 vandkemiske og fysiske parametre samt undersøgelse af sediment og vandplanter (tabel 2.8).

For søer, der er tæt på målopfyldelse, eller som forventes at gennemgå en ændring i programperioden, kan ovennævnte undersøgelse i programperioden suppleres med en ekstra undersøgelse bestående af vandkemiske og fysiske analyser (tabel 2.8).

Tabel 2.8. Oversigt over parametre, der måles i søer, der er omfattet af det operationelle program. Fysiske og kemiske parametre måles i blandingsprøver fra overfladevandet. Ved springlagsdannelse måles ilt, temperatur, pH, nitrit-nitrat kvælstof og totalfosfor derudover i hypolimnion 2-3 gange pr. år.

Parametre	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser</i>	
- salinitetsprofil ¹⁾	5
- ledningsevne	5
- profilmålinger (ilt, temperatur)	5
- pH	5
- farvetalet	5
- alkalinitet	5
- totalkvælstof	5
- totalfosfor	5
- klorofyl <i>a</i>	5
- suspenderet stof	5
- sigtdybde	5
- nitrit-nitrat kvælstof ²⁾	5
- opløst fosfat fosfor ²⁾	5
<i>Vandplanter</i> ²⁾	1
<i>Sedimentkem</i> ²⁾ (totalfosfor, totaljern, tørstof, glødetab)	1
<i>Miljøfarlige forurenende stoffer</i> ²⁾	1

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

2.4 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer

For at sikre et tilstrækkeligt vidensgrundlag for søerne i forhold til naturplanerne skal der, i henhold til habitatdirektivet, foretages en kortlægning (dvs. fastlæggelse af naturtype og indsamling af data til tilstandsvurdering) af naturtyper. Gennemsnitligt kortlægges ca. 500 vandhuller og småsøer <5 ha pr. år. I alt 3023 søer er undersøgt i perioden 2011-2016. Denne del af naturtypeovervågningen i søer blev tidligere benævnt operationel overvågning. Denne kortlægning fortsættes i de kommende år, indtil alle (ca. 10.000) vandhuller og småsøer i Natura 2000-områder er undersøgt, og omfatter parametrene angivet i tabel 2.9.

Tabel 2.9. Oversigt over parametre, der indgår i kortlægning af naturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha.

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

Til brug ved kortlægning af habitatnaturtyper i søer >5 ha anvendes de data, der indgår i overvågningen jf. vandrammedirektivet, hvilket vil sige, at der ikke indsamles yderligere data. Naturtypen for søer >5 ha bestemmes i henhold til habitatnøglen og habitatbeskrivelserne.

3 Kontrolovervågning af søernes udvikling

Denne del af rapporten indledes med en generel karakteristik af de 18 KU-søer (figur 3.1). Femten af KU-søerne var i perioden 1989-2010 omfattet af "Det intensive program" og har dermed gennemgået intensive undersøgelser siden 1989. De fysiske og kemiske parametre undersøges nu hvert andet år, og det seneste komplette datasæt, hvor alle KU-søer er undersøgt, omfatter således data fra perioden 2015-2016. Analyser af totalkvælstof og totalfosfor for 2015-2016 er dog ikke præsenteret på grund af fejlbehæftede laboratorieanalyser i 2016.

Figur 3.1. Geografisk placering af de 18 KU-søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling.



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 500. Den hydrauliske opholdstid varierer med omkring en faktor 300 (fra Hinge Sø med en opholdstid på ca. 0,05 år til Furesøen med en opholdstid på ca. 15 år). Tilsvarende er der også store dybdemæssige forskelle, fra søer med en maksimumdybde på 1,1 m (Tranemose) til 38 m (Furesøen).

Vandkemisk varierer KU-søerne fra kalkrige til kalkfattige (sommergenomsnitlig alkalinitet fra -0,008 til 4,74 meq/l) og fra ikke-brunfarvede til brunvandede (sommergenomsnitlig farvetal fra 5,4 til 158 mg Pt/l) (tabel 3.1). Næringsstofmæssigt varierer søerne også meget, og det kommer til

udtryk i en sigtddybde, der som sommergennemsnit varierer fra 0,3 til 4,3 m, og et indhold af klorofyl *a*, der sommergennemsnitligt spænder fra 3 til 180 µg/l. Alle de nævnte værdier er fra overvågningen i 2015-2016.

Tabel 3.1. Vandkemiske forhold i de 18 KU-søer, der indgik i kontrolovervågningen af udvikling i 2015-2016, baseret på års- og sommergennemsnit for de enkelte søer. Data vedr. totalfosfor- og totalkvælstofkoncentrationer er ikke medtaget på grund af fejlbehæftede laboratorieanalyser.

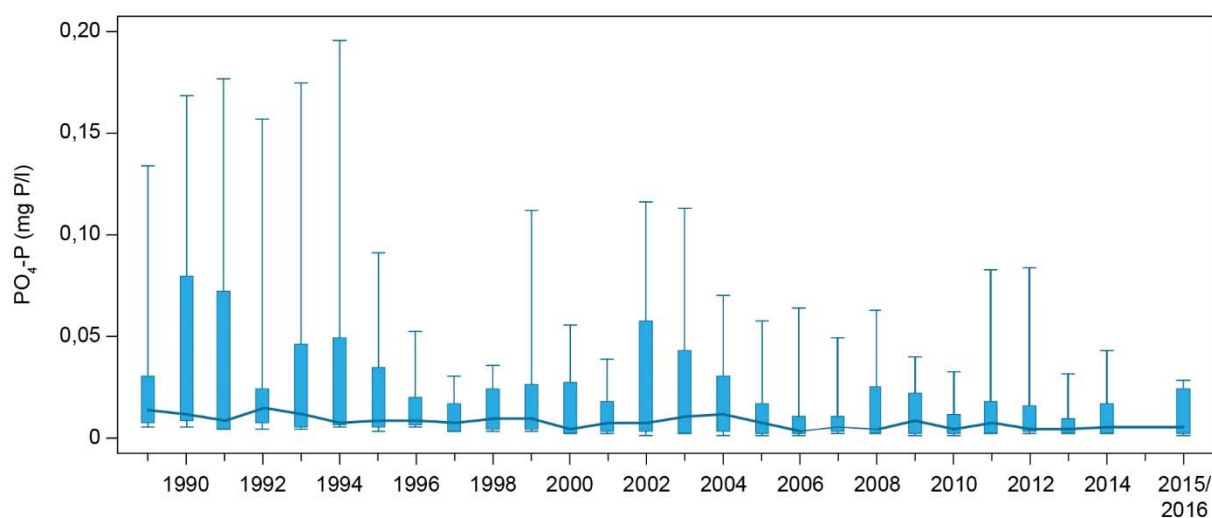
	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Opløst fosfor (ortho-P) (mg/l), år	0,017	0,009	0,002	0,067	18
Opløst fosfor (ortho-P) (mg/l), sommer	0,013	0,005	0,001	0,075	18
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/l), år	0,78	0,41	0,06	2,93	18
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/l), sommer	0,30	0,11	0,02	1,34	18
Klorofyl <i>a</i> (µg/l), år	44,0	29,2	6,6	273	18
Klorofyl <i>a</i> (µg/l), sommer	45,6	43,5	3,2	180	18
Farvetal (mg Pt/l), år	35	26	6,4	169	18
Farvetal (mg Pt/l), sommer	32	23	5,4	158	18
Sigtddybde (m), år	1,99	1,77	0,26	4,01	18
Sigtddybde (m), sommer	1,76	1,35	0,30	4,33	18
Alkalinitet (meq/l), år	2,07	2,18	-0,007	5,19	18
Alkalinitet (meq/l), sommer	2,03	2,17	-0,008	4,74	18
pH, sommer	8,2	8,6	4,4	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.

Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den mest begrænsende faktor for algevæksten. Fosfor har dermed 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. Totalfosfor udtrykker den samlede fosformængde, hvoraf en stor del ofte er bundet i alger og andre partikler, mens den opløste fosfor er direkte tilgængelig for algerne produktion. Høje koncentrationer af opløst fosfor er derfor en indikation på, at en søs algevækst ikke er fosforbegrænset. I denne rapport er kun gennemgået udviklingen i indholdet af opløst fosfor.

Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2016 af opløst fosfor (orthofosfat) i de søer, der er omfattet af kontrolovervågningen af udvikling, og som har været undersøgt siden 1989, er vist i figur 3.2. Resultaterne for de enkelte søer ses i figur 3.3 og tabel 3.3.



Figur 3.2. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af 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 forbinder medianværdierne.

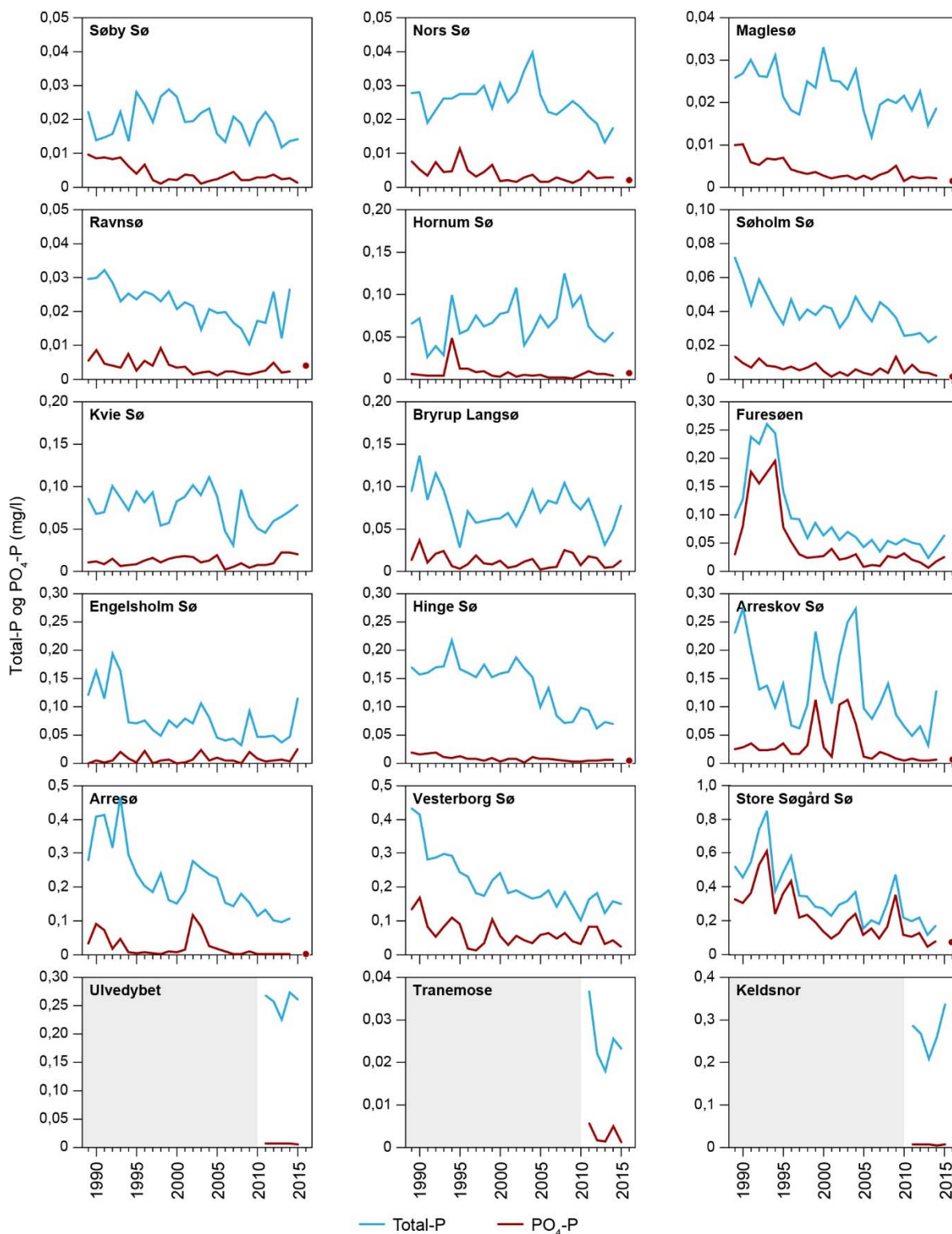
Det største fald i koncentrationen af orthofosfat er generelt sket i begyndelsen af overvågningsperioden og især for de høje koncentrationer (figur 3.2). Dette gælder for både års- og sommerværdier. Den øvre fraktile (75 %) af orthofosfatkoncentrationen som årsgennemsnit lå i perioden 1989-1993 på 0,074 mg/l, men var i perioden 2015-2016 reduceret til 0,022 mg/l (tabel 3.2). Tilsvarende er maksimumværdien i samme periode reduceret fra 0,345 til 0,067 mg/l. I den samme periode har medianværdien for orthofosfat været stort set uændret, 0,016 mg/l i både 1989-1993 og 2009-2014, men er dog øget til 0,019 mg/l i 2015-2016. Tendensen er den samme for sommerværdierne, men årsværdierne er generelt lidt højere end sommerværdierne, fordi orthofosfatkoncentrationerne er højere om vinteren, hvor der ikke optages så meget opløst fosfor af algerne.

Tabel 3.2. Koncentrationen af opløst fosfor (orthofosfat) angivet som gennemsnit- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-fraktiler (overfladevand) for 5-/6-årsperioder siden 1989 samt 2015-2016 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Baseret på gennemsnit for de enkelte søer, enheden er mg/l.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Periode	Årsværdier					
1989-1993	0,059	0,006	0,008	0,016	0,074	0,345
1994-1998	0,038	0,004	0,008	0,013	0,028	0,253
1999-2003	0,033	0,003	0,009	0,019	0,053	0,118
2004-2008	0,024	0,002	0,004	0,012	0,033	0,115
2009-2014	0,022	0,003	0,005	0,016	0,021	0,100
2015-2016	0,020	0,002	0,003	0,019	0,022	0,067
	Sommerværdier					
1989-1993	0,056	0,005	0,008	0,010	0,052	0,429
1994-1998	0,036	0,004	0,006	0,009	0,025	0,298
1999-2003	0,028	0,003	0,003	0,009	0,047	0,152
2004-2008	0,021	0,002	0,003	0,009	0,017	0,157
2009-2014	0,019	0,003	0,003	0,006	0,012	0,139
2015-2016	0,015	0,001	0,002	0,006	0,024	0,075

Reduktionen i fosforniveauet siden 1989 er også tydelig, hvis man ser på de enkelte søers udvikling, især hvad angår de mest næringsrige søer (figur 3.3). I 11 ud af de 15 søer er der både som årsgennemsnit og sommergennemsnit sket en signifikant reduktion i orthofosfatkoncentrationen siden 1989 (tabel

3.3). For 10 af søerne er reduktionen på 1 % signifikansniveau, både hvad angår års- og sommergennemsnit. Ændringerne i den seneste 10-års periode (2006-2016) er væsentlige færre og mindre signifikante. Som årsgennemsnit er orthofosfatkoncentrationen reduceret i fem søer og øget i to søer, mens sommergennemsnittet kun er ændret i tre søer (to søer med reduceret og én sø med øget orthofosfatkoncentration).



Figur 3.3. Udvikling i sommergennemsnitskoncentrationen af totalfosfor (Total-P, blå) og opløst fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$, rød) i de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

I de tre søer, som kun har været med i kontrolovervågningen af udvikling siden 2011, varierer koncentrationen af totalfosfor en del fra år til år i alle tre søer, men uden en klar udviklingstendens. Orthofosfatkoncentrationen udgør en meget lille del af totalfosforindholdet i de to brakvandssøer (Keldsnor og Ulvedybet) og en lidt større andel i den brunvandede Tranemose (figur 3.3).

Tabel 3.3. Udviklingen i indholdet af opløst fosfor (orthofosfat) i overfladevand over hele perioden 1989-2016 og de seneste 10 år (2006-2016) i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, og som har været undersøgt fra 1989 til 2016. -/+, --/++, ---/+++, ---/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

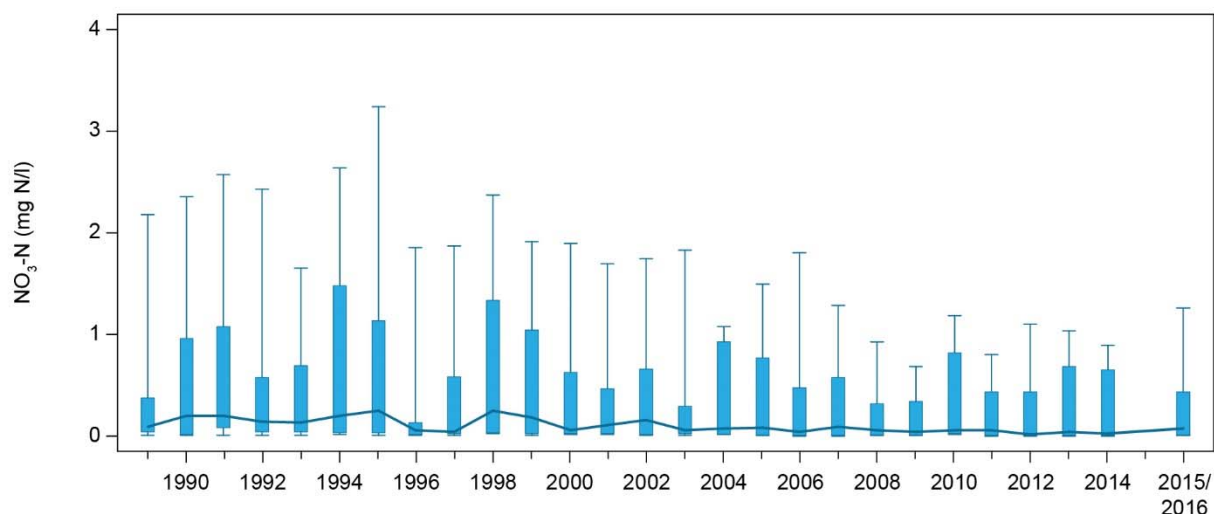
	Årsgennemsnit		Sommergennemsnit	
	1989-2016	2006-2016	1989-2016	2006-2016
Nors Sø	---	0	---	0
Hornum Sø	0	0	0	0
Hinge Sø	---	0	----	0
Ravn Sø	+	++	---	0
Bryrup Langsø	--	0	0	0
Søby Sø	----	--	---	0
Kvie Sø	0	++	0	++
Engelsholm Sø	++	0	0	0
Store Søgård Sø	----	--	----	-
Arreskov Sø	---	0	----	-
Søholm Sø	----	--	----	0
Arresø	----	--	----	0
Furesøen	----	0	----	0
Maglesø	----	0	----	0
Vesterborg Sø	----	--	--	0
I alt +/++/+++ /++++	2	2	0	1
I alt -/--/---/----	11	5	11	2

3.3 Kvælstof

Kvælstof i vandmiljøet stammer primært fra udvaskning fra det åbne land, hvoraf landbrugsarealer udgør størstedelen. Mindre betydende kilder er renseanlæg, industrier og dambrug.

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof, der har betydning for algemængden og den generelle tilstand 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 m.fl. 2005). Se eventuelt rapporten af Bjerring m.fl. (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 denitrifikationskapaciteten, hvilket muliggør en vurdering af søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof. Indholdet af totalkvælstof udtrykker den samlede mængde kvælstof, hvoraf en stor del især om sommeren er bundet i alger. Indholdet af nitrit-nitrat, der som regel udgør den største andel af opløst kvælstof, der er direkte tilgængelig for algerne produktion, reduceres ofte hen over sommeren på grund af algerne optag og øget denitrifikation.

Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2016 af nitrit-nitrat i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af udviklingen, ses i figur 3.5. Resultaterne for de enkelte søer kvælstofindhold ses i figur 3.5 og tabel 3.4.



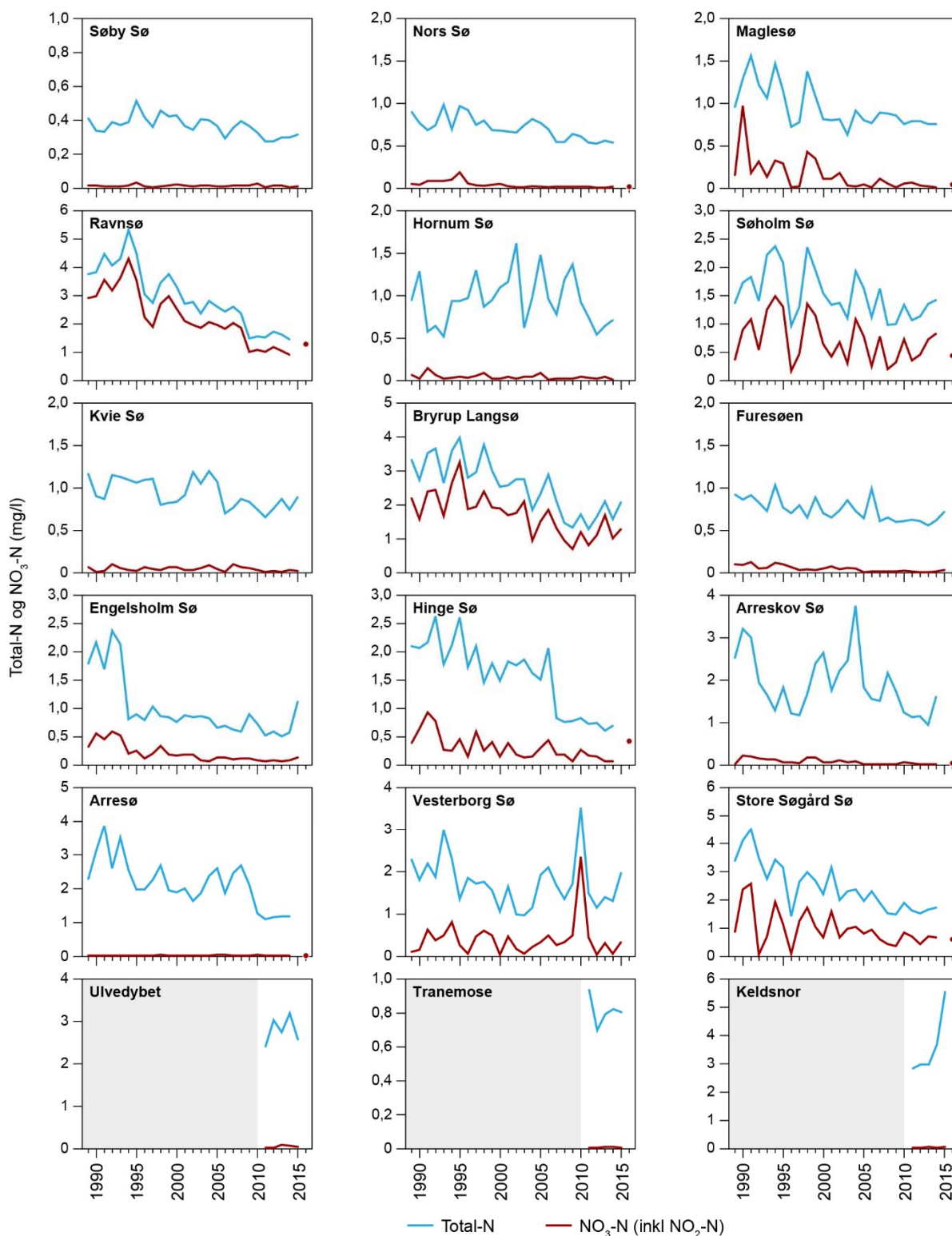
Figur 3.4. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af nitrat+nitrit ($\text{NO}_3\text{-N}$) (mg N/l) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne

Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af nitrat+nitrit i søerne, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling (figur 3.4). Reduktionen er især markant for de mest kvælstofrige søer, som kommer tydeligt til udtryk i mindskede værdier for både 90 %- og 75 % fraktilerne og også medianværdien. I perioden 1989-1993 til 2015-2016 er 75 %-fraktilen af årsværdierne således reduceret fra 3,21 til 1,50 mg/l og medianværdien fra 0,70 til 0,36 mg/l (tabel 3.4). Årgennemsnittet er reduceret fra 1,44 til 0,81 mg/l. Samme tendenser ses for sommerværdierne, men om sommeren optages en større andel af nitrat+nitrat af primærproducenter eller forbruges via denitrifikation. Derfor er sommerkoncentrationerne generelt væsentligt lavere end årsværdierne, hvor de højere vinterkoncentrationer indgår.

Tabel 3.4. Koncentrationen af nitrat+nitrit angivet som gennemsnit- og medianværdier, minimum, maksimum samt 25 % og 75 % fraktiler (overfladevand) for 5-/6-årsperioder siden 1989 samt 2015-2016 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Baseret på gennemsnit for de enkelte søer, enheden er mg/l.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Årsværdier						
1989-1993	1,44	0,08	0,27	0,70	3,21	3,97
1994-1998	1,25	0,08	0,21	0,50	2,92	3,36
1999-2003	1,06	0,09	0,22	0,45	2,47	2,89
2004-2008	0,96	0,07	0,15	0,35	2,02	3,32
2009-2014	0,79	0,04	0,13	0,29	1,30	2,57
2015-2016	0,81	0,04	0,16	0,36	1,50	2,90
Sommerværdier						
1989-1993	0,64	0,01	0,06	0,35	0,83	3,23
1994-1998	0,60	0,01	0,04	0,21	0,95	2,92
1999-2003	0,45	0,01	0,02	0,15	0,63	2,27
2004-2008	0,37	0,01	0,02	0,06	0,61	1,93
2009-2014	0,28	0,01	0,01	0,03	0,60	1,08
2015-2016	0,31	0,01	0,01	0,08	0,44	1,27

Ser man på enkeltstående år i perioden 1989-2016, er der som helhed sket en signifikant reduktion i nitrat+nitritkoncentrationen i 12 ud af de 15 søer på årsbasis og i 9 ud af de 15 søer på sommerbasis (figur 3.5, tabel 3.5). Hvis der kun ses på de seneste 10 år, er der derimod kun et signifikant fald i to søer på årsbasis og ingen af søerne på sommerbasis. Ingen af de 15 søer har oplevet en signifikant stigning, hverken for års- eller sommergennemsnit, for hele perioden eller de seneste 10 år.



Figur 3.5. Udvikling i sommergennemsnitskoncentrationen af totalkvælstof (Total-N, blå) og nitrat (NO₃-N, inkl. NO₂-N, rød) i hver af de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

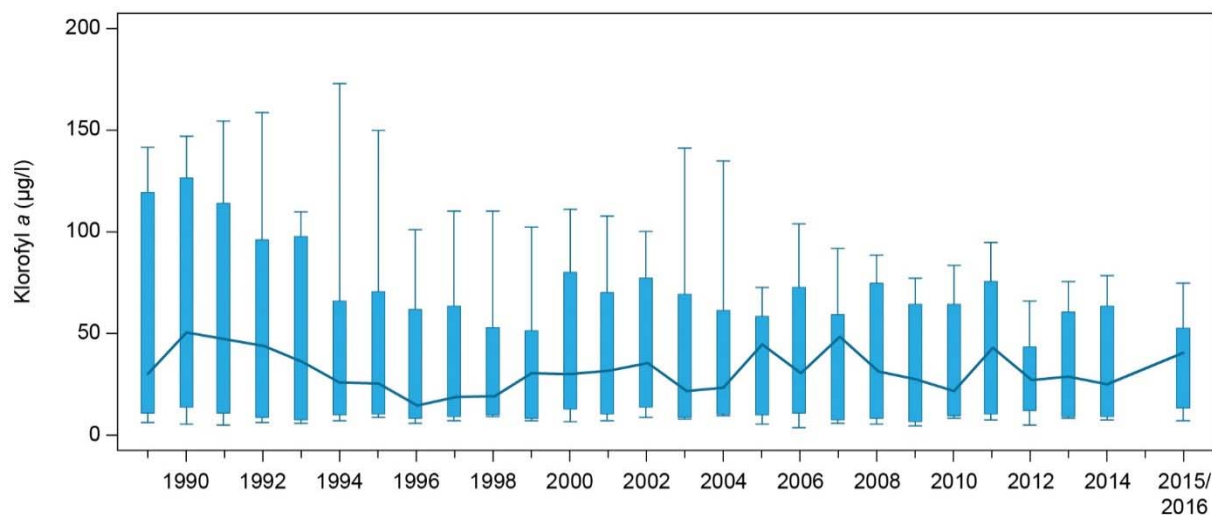
I de tre ”nye” søer har koncentrationen af totalkvælstof varieret lidt i løbet af de fem år, de har været med i kontrolovervågningen af udvikling, og for Keldsnor med en opadgående tendens i de seneste to års målinger (figur 3.5). I alle tre søer udgør den uorganiske kvælstoffraktion en meget lille del af totalkvælstof.

Tabel 3.5. Udviklingen i indholdet af nitrat+nitrit i søvand over hele perioden 1989-2016 og de seneste 10 år i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, og som har været undersøgt fra 1989 til 2016. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsgennemsnit		Sommergennemsnit	
	1989-2016	2006-2016	1989-2016	2006-2016
Nors Sø	----	0	----	0
Hornum Sø	--	0	0	0
Hinge Sø	----	0	---	0
Ravnsø	----	0	----	0
Bryrup Langsø	----	0	----	0
Søby Sø	--	--	0	0
Kvie Sø	0	0	0	0
Engelsholm Sø	----	0	----	0
Store Søgård Sø	---	0	---	0
Arreskov Sø	---	0	----	0
Søholm Sø	0	0	0	0
Arresø	-	--	0	0
Furesøen	----	0	----	0
Maglesø	----	0	----	0
Vesterborg Sø	0	0	0	0
I alt +/++/+++/++++	0	0	0	0
I alt -/--/---/----	12	2	9	0

3.4 Klorofyl a

Klorofyl a er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger, og det kan bruges som et 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 (µg/l) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne.

Udviklingen i sommerkoncentrationen fra 1989 til 2016 af klorofyl *a* i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, ses i figur 3.6. Resultaterne for de enkelte søer ses i figur 3.7 og tabel 3.7.

Sommermedianværdierne for de 15 søers indhold af klorofyl *a* har varieret en del fra år til år i undersøgelsesperioden, uden at der er nogen klar udviklingstendens for perioden som helhed. Dog sås der et konstant fald fra 1990 til 1996 fra 51 til 15 µg/l, hvorefter der var en stigende tendens (dog med relativt lave værdier i 2003 og 2004) indtil 2007 (49 µg/l).

I lighed med ændringerne i næringsstofindholdet er de største reduktioner i klorofylindholdet generelt sket i søer med de højeste klorofylkoncentrationer. Fra perioden 1989-1993 til 2015-2016 blev 75 %-fraktilen af klorofyl *a* på årsbasis mere end halveret, idet der skete en reduktion fra 85,2 til 41,8 µg/l (tabel 3.6). I samme periode faldt maksimumværdien fra 376 µg/l til 58 µg/l. Faldet i de høje klorofylkoncentrationer har resulteret i, at klorofylgennemsnittet på årsbasis blev reduceret fra 61,9 µg/l i 1989-1993 til 27,7 µg/l i 2015-2016. I samme periode blev sommerværdierne gennemsnitligt reduceret fra 68,8 µg/l til 36,9 µg/l. Sommerværdierne er generelt noget højere, fordi algemængden om vinteren, der indgår i årsgennemsnittet, er lavere på grund af lavere temperatur og mindre lys.

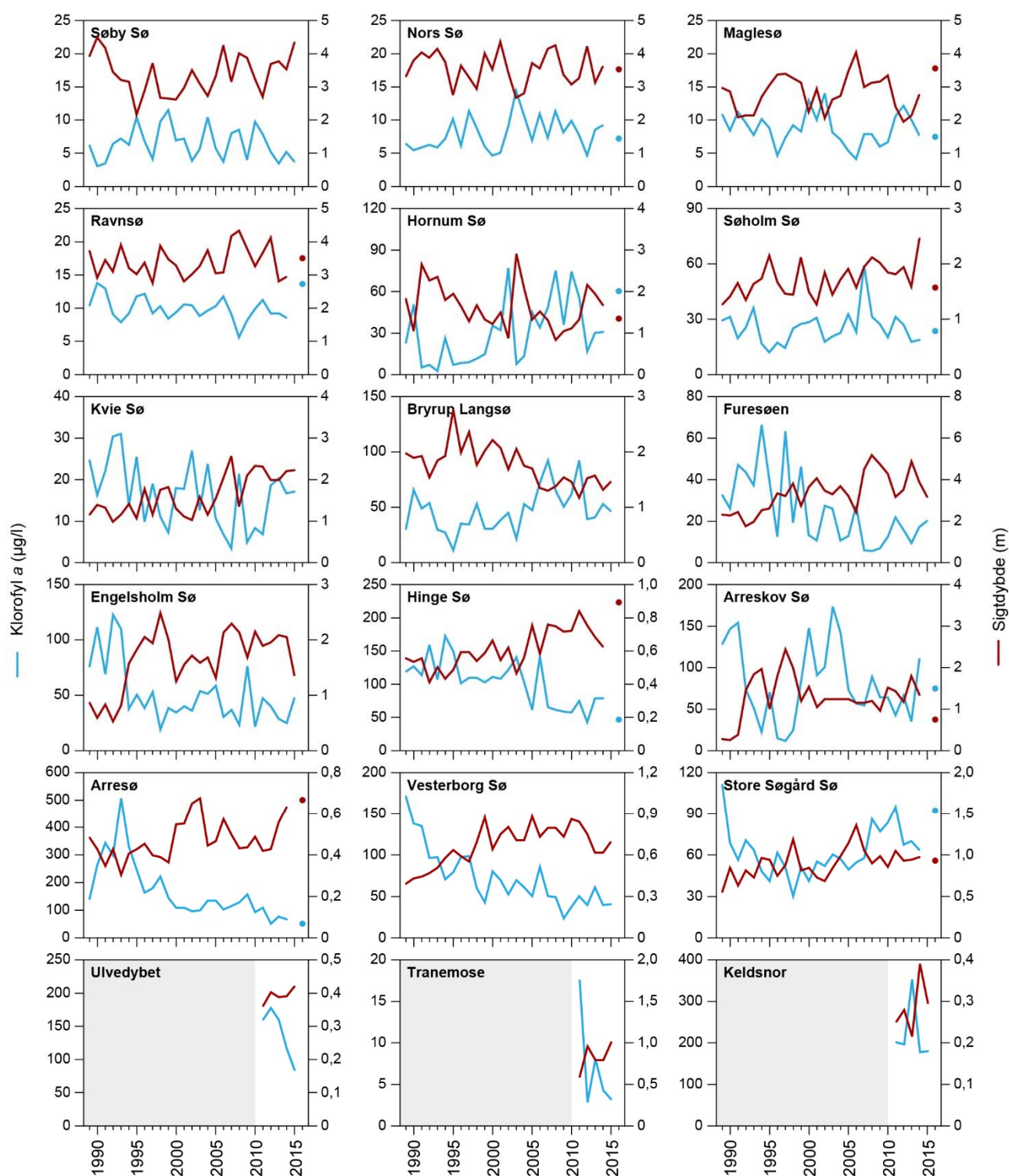
Tabel 3.6. Søkoncentrationen af klorofyl *a* angivet som årsgennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 % og 75 % fraktiler (overfladevand) for 5-/6-årsperioder siden 1989 samt 2015-2016 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Baseret på gennemsnit for de enkelte søer, enheden er µg/l.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
		Årsværdier					
Klorofyl <i>a</i>	1989-1993	61,9	6,7	10,6	31,1	85,2	376
	1994-1998	43,6	8,0	10,1	22,3	31,2	297
	1999-2003	33,0	7,7	9,7	21,6	45,8	111
	2004-2008	31,6	7,3	9,6	26,1	43,4	101
	2009-2014	26,5	6,6	8,9	25,3	37,8	80
	2015-2016	27,7	6,6	10,4	28,9	41,8	58
		Sommerværdier					
	1989-1993	68,8	5,3	10,8	37,4	111,2	310,5
	1994-1998	47,1	7,5	10,6	29,0	46,3	228,4
	1999-2003	44,9	7,0	10,7	33,3	63,1	119,5
	2004-2008	43,7	6,5	9,5	40,3	66,1	123,6
	2009-2014	37,4	5,9	9,4	40,1	64,0	93,0
	2015-2016	36,9	3,8	13,7	40,7	52,9	92,4

Klorofylkoncentrationen er i perioden 1989-2016 som helhed reduceret signifikant i syv af de 15 søer som årsgennemsnit og i seks søer som sommergennemsnit (figur 3.7, tabel 3.7). Indholdet er øget i henholdsvis en og tre af søerne. Som for næringsstofferne fosfor og kvælstof ses ændringerne i klorofylkoncentrationen, der er sket i perioden 1989-2016, mest i den første del af perioden. I mange af de 15 søer har der gennem perioden været tale om betydelige ændringer i indholdet af klorofyl *a*.

I den seneste 10-års periode har de 15 søer kun ændret sig lidt, hvad angår indholdet af klorofyl *a*. Som sommergennemsnit er der kun signifikante ændringer i en enkelt sø, mens der på årsgennemsnit er sket en reduktion i tre søer og en forøgelse i én sø.

Klorofyl *a*-koncentrationen i de tre ”nye” søer (Ulvedybet, Tranemose og Keldsnor) har varieret noget gennem de fem år og med en nedadgående tendens i Tranemose og Ulvedybet. Indholdet er højt både i Keldsnor og Ulvedybet (figur 3.7).



Figur 3.7. Udvikling i sommergennemsnitskoncentrationen af klorofyl *a* og sigtddybe i de 18 søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes udvikling. Bemærk forskellige skalaer på akserne.

Tabel 3.7. Udviklingen i indholdet af klorofyl *a* (µg/l) og sigtddybe (meter) i hele perioden 1989-2016 og de seneste 10 år i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af søernes tilstand, og som har været undersøgt fra 1989 til 2016. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

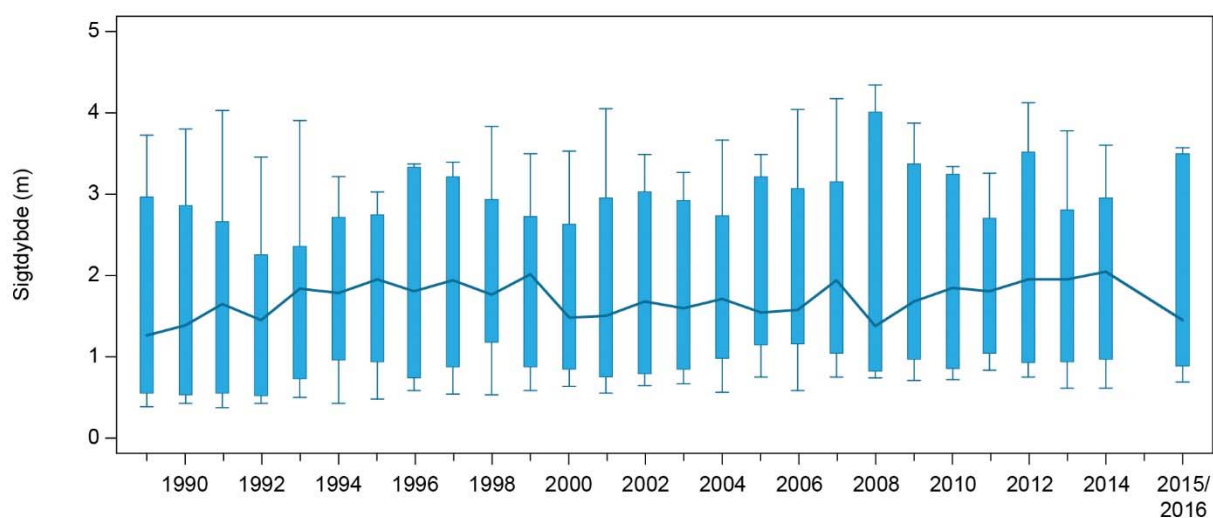
	Årsgennemsnit				Sommergennemsnit			
	Klorofyl <i>a</i>		Sigtddybe		Klorofyl <i>a</i>		Sigtddybe	
	1989-2016	2006-2016	1989-2016	2006-2016	1989-2016	2006-2016	1989-2016	2006-2016
Nors Sø	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornum Sø	+++	0	0	0	+++	0	0	0
Hinge Sø	----	0	++++	++	----	0	++++	0
Ravn Sø	0	0	+	0	0	0	0	0
Bryrup Langsø	0	--	0	0	+	0	----	0
Søby Sø	-	0	+	0	0	0	0	0
Kvie Sø	-	++	++++	0	--	0	++++	0
Engelsholm Sø	----	0	0	0	--	0	+++	0
Store Søgård Sø	0	0	++	0	+	0	++	0
Arreskov Sø	0	0	0	0	0	0	0	0
Søholm Sø	0	--	0	0	0	0	++	0
Arresø	----	--	++++	0	----	--	++	0
Furesøen	---	0	++++	0	---	0	++++	0
Maglesø	0	0	0	0	0	0	0	0
Vesterborg Sø	----	0	++	0	----	0	++++	0
I alt +/+/+/+/+	1	1	8	1	3	0	8	0
I alt -/-/-/-	7	3	0	0	6	1	1	0

3.5 Sigtddybe

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

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

Sigtddyben i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, har vist en generel stigende tendens siden 1989 (figur 3.8). 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 sigtddyben atter, men har generelt udvist en stigende tendens i de seneste år på nær de sidste års målinger (2015-2016), hvor sigtddyben som medianværdi igen er faldet til samme niveau som i 2008. Udviklingen i sigtddyben i de enkelte søer er generelt på et højt signifikansniveau og ses i figur 3.7 og tabel 3.7. Ofte er sigtddyben et spejlbillede af klorofylindholdet, hvilket understreger den tætte kobling mellem næringsstofindhold og søernes klarhed.



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.

Gennemsnitligt er sigtdybden som årsgennemsnit i de 15 søer, der er undersøgt siden 1989, øget fra 1,92 m i perioden 1989-1993 til 2,28 m i 2015-2016 (tabel 3.8). Medianværdien er i samme periode uændret, mens 25 %-fraktilen er øget fra 0,82 m til 1,15 m. Sommergennemsnittet er i samme periode øget fra 1,73 m til 2,00 m. Sommerværdierne ligger generelt lavere end årsværdierne, fordi mængden af alger generelt er mindre om vinteren.

Tabel 3.8. Sigtdybden angivet som gennemsnits- og medianværdier, minima, maksima samt 25 % og 75 %-fraktiler for 5-/6-årsperioder siden 1989 samt 2015-2016 i de 15 søer, som har været overvåget siden 1989. Baseret på gennemsnit for de enkelte søer, enheden er meter.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Maks.
Årsværdier							
Sigtdybde	1989-1993	1,92	0,37	0,82	1,99	3,34	3,68
	1994-1998	2,16	0,40	0,98	2,14	3,16	3,93
	1999-2003	2,14	0,61	1,14	2,04	3,16	4,08
	2004-2008	2,30	0,56	1,14	1,86	3,65	4,87
	2009-2014	2,33	0,61	1,06	2,02	3,64	4,98
	2015-2016	2,28	0,75	1,15	1,98	3,66	4,01
Sommerværdier							
	1989-1993	1,73	0,40	0,72	1,46	2,44	3,86
	1994-1998	1,93	0,42	0,94	1,84	3,11	3,27
	1999-2003	1,86	0,56	0,79	1,63	2,97	3,60
	2004-2008	2,04	0,48	1,09	1,73	3,49	3,80
	2009-2014	2,03	0,49	0,96	1,95	3,44	4,08
	2015-2016	2,00	0,67	0,90	1,46	3,50	4,33

Det generelt reducerede næringsstofniveau i de søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, har, siden overvågningen af vandmiljøet begyndte i 1989, således ført til øget sigtdybde i lidt over halvdelen af de 15 søer og især i de søer, der fra starten var mest uklare.

For de enkelte søer er der sket en signifikant stigning i sigtddybdens års- og sommermiddel i 8 af de 15 søer (tabel 3.7) for perioden 1989-2016 som helhed. Kun i en enkelt sø er sigtddybden blevet mindre siden 1989. Ser man på de seneste 10 år alene, er der i sommerperioden ikke sket nogen forbedring i sigtddybden for nogen af søerne, men der er en enkelt, hvor sigtddybden er øget som årsgennemsnit. I ingen af de 15 søer er sigtddybden forværret de seneste 10 år.

I de tre ”nye” søer (Ulvedybet, Tranemose og Keldsnor) har sigtddybden ligget ret konstant i de fem år, den er blevet målt (figur 3.7). Der kunne se ud til at være en forbedring i Ulvedybet, men der er tale om små ændringer i absolutte tal.

4 Kontrolovervågning af søernes tilstand

Overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand omfatter 180 søer (KT-søer) >5 ha. I 2016 påbegyndtes en ny seksårig overvågnings-
turnus, hvor de første 35 søer blev undersøgt. Søernes placering fremgår af figur 4.1. Det er primært data fra disse søer, som præsenteres i dette kapitel.

Præsentationen af data omfatter undersøgelser af vandkemi, vandplanter og fisk. Der vises og anvendes ikke data for koncentrationer af totalkvælstof og totalfosfor fra 2016 på grund af fejlbehæftede laboratorieanalyser. Derudover gives der et overblik over udviklingen i de 35 søer, der blev undersøgt i 2016. Denne udvikling omfatter primært perioden tilbage til 2004, men for nogle søers vedkommende også længere tilbage.

Figur 4.1. Geografisk placering af de 35 KT-søer, der indgik i kontrolovervågningen af tilstand i 2016.



4.1 Generel tilstand

I tabel 4.1 er der givet en samlet oversigt over morfometriske parametre, farvetal, sigtddybde og klorofyl *a* for de 35 undersøgte søer. De 35 søer omfatter fem forskellige søtyper, hvoraf søtype 9 og 10 er de to mest almindelige. Søernes areal spænder fra en nedre grænse på 5 ha op til 861 ha. Størstedelen er lavvandede søer (median for middeldybde er 1,7 meter og gennemsnittet 2,6 meter), men også dybe søer med en maksimaldybde på op til 29 meter forekommer. Flertallet af søerne har et forholdsvis højt klorofylindhold (median af sommergennemsnit er 38 µg/l) og en relativ lav sigtddybde (median af sommergennemsnit er 1,29 m).

Som gennemsnit har undervandsplanterne en dækningsgrad på 20 % i de 35 søer og et plantefyldt volumen på 10 % (tabel 4.1). Halvdelen af søerne har en dækningsgrad på højst 13 %, og der er også søer, hvor dækningsgraden er 0. Som gennemsnit vokser undervandsplanterne ud til 2,4 meters dybde.

Den gennemsnitlige fangst af fisk i de biologiske oversigtsgarn er i antal 155 stk. og i vægt 4,30 kg pr. garn (tabel 4.1). Dette svarer stort set til medianværdien, men tallene dækker over store variationer blandt de 35 søer, hvor forskellen mellem minimum- og maksimumværdierne er en faktor 29 og 73 for henholdsvis antal og vægt.

Tabel 4.1. Oversigt over morfometriske samt vandkemiske nøgleparametre (sommer-værdier) for de 35 KT-søer, som er undersøgt i 2016. For oplandsareal er der kun data fra 22 søer. De 35 søer omfatter fem søtyper jf. typologien anvendt i forbindelse med vandrammedirektivet og udarbejdelsen af vandplaner (søtype 5: 1 sø, søtype 9: 17 søer, søtype 10: 10 søer, søtype 11: 5 søer og søtype 13: 2 søer).

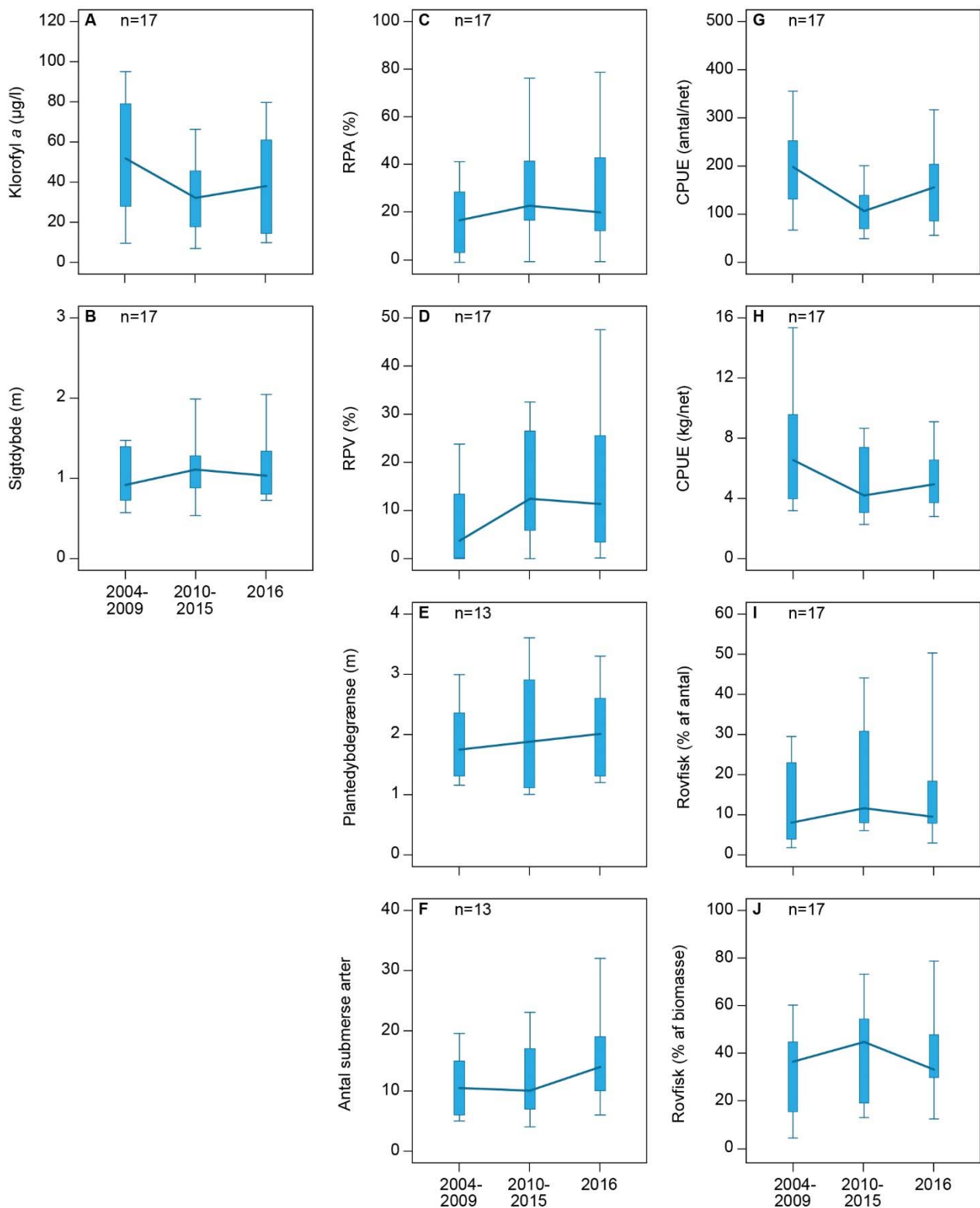
	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	57,5	13,7	0,1	689	22
Søareal (ha)	136	45	5,3	861	35
Middeldybde (m)	2,6	1,7	0,4	13,4	35
Maksimumdybde (m)	5,7	4,0	1,0	29,2	35
Sigtdybde (m)	1,51	1,29	0,35	4,44	35
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	46	38	5	206	35
Farvetal (mg Pt/l)	34	24	5	188	35
Undervandsplanter, dækningsgrad (%)	19,9	13,1	0	86,1	35
Undervandsplanter, plantefyldt vol. (%)	9,8	3,3	0	52,3	35
Undervandsplanter, dybdegrænse (m)	2,4	2,0	0,7	6,0	33
Fisk, CPUE-antal (antal/net)	155	158	0,17	410	35
Fisk, CPUE-vægt (kg/net)	4,30	4,43	0,01	12,48	35

4.2 Udviklingstendenser

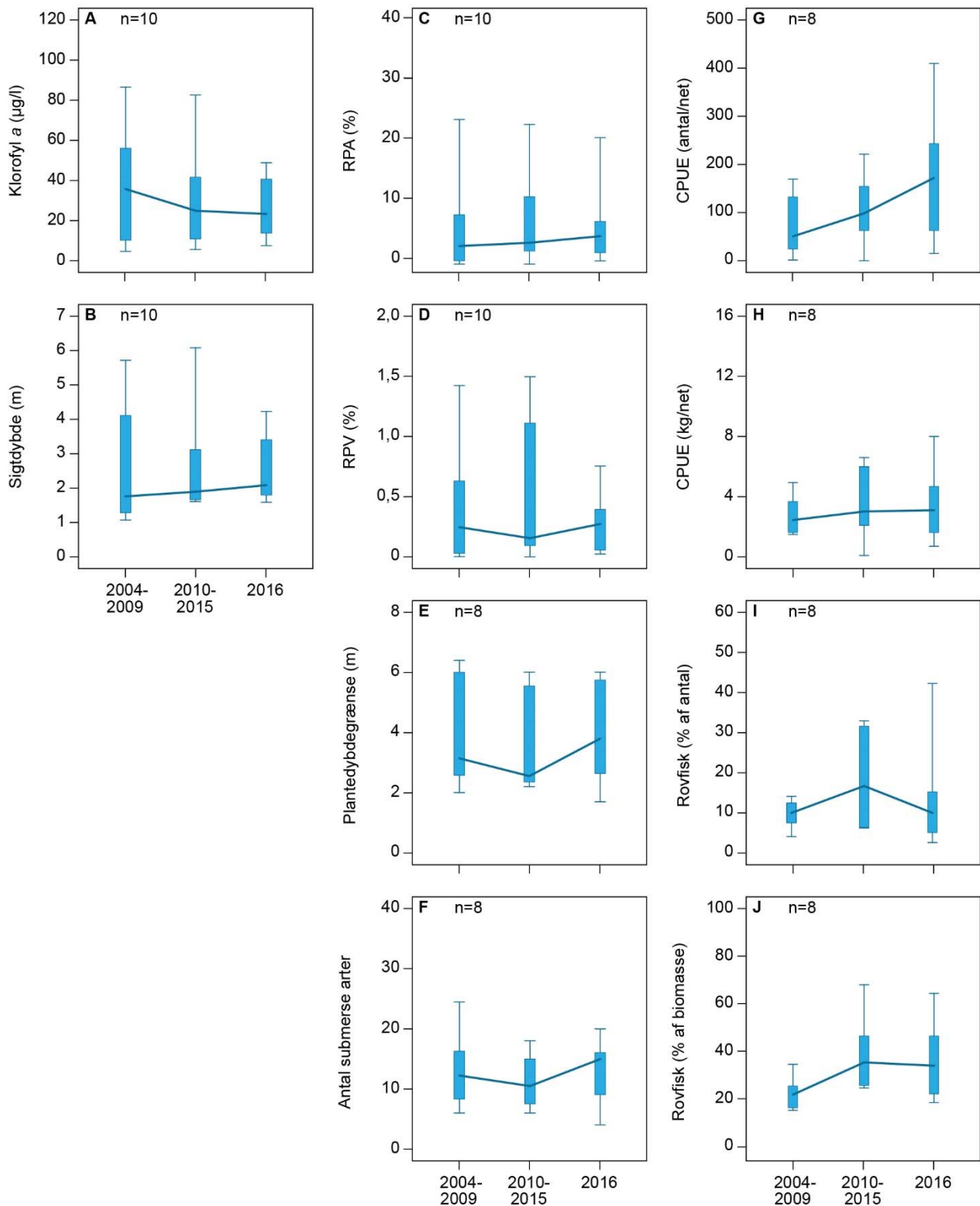
De 35 KT-søer er nu undersøgt gennem tre perioder (2004-2009, 2010-2015 og 2016), og det giver mulighed for at vurdere eventuelle udviklingstendenser. Datamaterialet er dog endnu for sparsomt til, at tendenserne kan testes statistisk. En oversigt over værdierne for to nøglevariable (klorofyl *a* og sigtdybde) samt variable, der beskriver undervandsplanter og fisk for henholdsvis de lavvandede søer (søtype 9) og de dybe søer (søtype 10), er vist i figur 4.2 og 4.3.

Set over hele perioden er søerne, der repræsenterer søtype 9 og 10, generelt gået i retning af mindre klorofylindhold og større sigtdybde. Ændringerne har været størst i søtype 10. Som medianværdi har søtype 9 et lidt større indhold af klorofyl og en lidt lavere sigtdybde i 2016 i forhold til den tidligere periode.

I søtype 9 viser undervandsplanterne en øget tendens for alle fire variable, men for dækningsgrad og plantefyldt volumen er de største ændringer sket fra perioden 2004-2009 til perioden 2010-2015. I søtype 10 er der færre ændringer set over de tre perioder. Antallet af arter er som medianværdi øget i søtype 9 i 2016 i forhold til den forudgående periode. Samme tendens ses i søtype 10.



Figur 4.2. Udviklingstendenser for sigtdybde og klorofyl a (sommergennemsnit) samt forhold, der beskriver undervandsplanter og fisk fra perioden 2004-2009 til 2010-2015 og til 2016 i de 17 KT-søer, som tilhører søtype 9. RPA er undervandsplanternes relative dækningsgrad som % af hele søarealet, mens RPV er den gennemsnitlige del af vandmasserne, der er fyldt med undervandsplanter. CPUE er den relative fangst af fisk i biologiske oversigtsgarn målt som antal eller vægt. Boksplottene viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.



Figur 4.3. Udviklingstendenser for sigtdybde og klorofyl a (sommer gennemsnit) samt forhold, der beskriver undervandsplanter og fisk fra perioden 2004-2009 til 2010-2015 og til 2016 i de 10 KT-søer, som tilhører søtype 10. RPA er undervandsplanternes relative dækningsgrad som % af hele søarealet, mens RPV er den gennemsnitlige del af vandmasserne, der er fyldt med undervandsplanter. CPUE er den relative fangst af fisk i biologiske oversigtsgarn målt som antal eller vægt. Boksplottene viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.

Fiskesamfundet ser ud til at være nogenlunde uændret gennem de tre perioder, men dog med en tendens til fangst af flere fisk i søtype 10. Da fangsten i vægt er stort set uændret i samme periode, betyder det, at den gennemsnitlige vægt pr. fiskeindivid er faldet. I de dybe søer er andelen af rovfisk øget fra perioden 2004-2009 til 2010-2015.

For 17 af de 35 søer er der også målinger fra før 2004, og for nogle af søerne er der tilstrækkelige målinger til at teste udviklingen i klorofylkoncentrationen og sigtdybden over hele den målte periode (tabel 4.2). Analysen viser, at i syv af de 17 søer har der været en signifikant nedgang i indholdet af klorofyl, mens indholdet er uændret i 10 søer. Tilsvarende er sigtdybden øget signifikant i syv søer, mens den er mindsket i én sø og uændret i ni søer. Som det også fremgår af figur 4.2, så er det i de dybe søer (type 10), at de fleste ændringer har fundet sted.

Tabel 4.2. Udviklingen (sommergenomsnit) i indholdet af klorofyl *a* (µg/l) og sigtdybde (meter) i hele perioden 1989-2016 i de 17 KT-søer, som er undersøgt i mindst otte år. - /+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Søtype	Antal år undersøgt	Klorofyl	Sigtdybde
Legind Sø	9	8	0	0
Stigsholm Sø	9	12	0	0
Lyngsø	9	9	0	0
Søvigsund Sø	9	8	0	0
Dallund Sø	9	15	-	+
Gurre Sø	9	8	0	0
Skarresø	9	9	0	-
Røgbølle Sø	9	20	-	0
Maribo Søndersø	9	21	----	++++
Salten Langsø	10	9	0	+++
Torup Sø	10	18	0	0
Hampen Sø	10	14	---	0
Rørbæk Sø	10	18	----	++
Langesø	10	17	0	++++
Tystrup Sø	10	20	0	0
Kimmerslev Sø	10	8	--	+++
Kilen	11	14	--	++++
I alt +/+/+/+/++++			0	7
I alt -/-/-/-----			7	1

5 Miljøfarlige forurenende stoffer

I perioden 2011-2016 er der indsamlet sedimentprøver fra 101 søer til analyse af op til 53 miljøfarlige forurenende stoffer (MFS). En total liste over stofferne og en beskrivelse af undersøgelsesfrekvens m.m. findes i Naturstyrelsen (2011). Søerne er udvalgt blandt de søer, som er omfattet af kontrolovervågningen, og repræsenterer forskellige typer af søer mht. dybde, oplandstype, opholdstid, næringsindhold og areal i forhold til oplandsarealet. Sedimentprøver fra alle KU-søerne er undersøgt for MFS, og derudover er der undersøgt 83 KT-søer. Prøverne er udtaget på det dybeste sted i søerne og består af overfladesediment, dvs. de to øverste cm af sedimentet på prøvetagningsstedet. For at få et indtryk af udviklingen i koncentrationen af de enkelte stoffer er der i 25 af de søer, som skønnes at have en relativ høj sedimentationsrate, udtaget prøver to gange i perioden med ca. tre års mellemrum.

Stofferne er fordelt på syv grupper: metaller, pesticider, aromatiske kulbrinter, phenoler, polyaromatiske hydrocarboner (PAH), blødgørere og organotinforbindelser.

I det følgende gives en overordnet beskrivelse af indholdet af hvert af stofferne i de undersøgte søer. Derudover beskrives ændringen i stofkoncentrationerne i de tilfælde, hvor et stof er målt to gange i den samme sø i perioden 2011-2016. Der er kun foretaget sammenligning i de tilfælde, hvor detektionsgrænsen for det enkelte stof var den samme i de to år, eller hvor begge analyseresultater ligger over den højeste detektionsgrænse. Der gøres opmærksom på, at detektionsgrænsen af et stof kan variere på tværs af undersøgelser. Det skal derfor understreges, at den beskrevne udvikling skal tages med forbehold, også fordi der kun ligger to målinger til grund for vurderingerne, og fordi den omfatter et relativt begrænset antal søer.

Resultater for perioden 2011-2013 er tillige præsenteret i rapporten "Miljøfremmede stoffer og metaller i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2004-2012" (Boutrup m.fl. 2015). Heri kan der også læses mere udførligt om de enkelte stofgrupper og om stoffernes forekomst i andre dele af miljøet.

Fund under detektionsgrænsen

I tilfælde af at et stof forekommer i koncentrationer, der er lavere end detektionsgrænsen, anvendes følgende fremgangsmåde, når der beregnes statistiske variable (middelværdi, median osv.): Hvis fundhyppigheden er større end 20 %, indgår værdier mindre end detektionsgrænsen med værdien $\frac{1}{2}$ * detektionsgrænsen. Ved fundhyppigheder mindre end 20 % indgår værdier under detektionsgrænsen med værdien nul.

Fundhyppigheden af det enkelte stof er beregnet som den procentvise andel af søerne, hvor stoffet er fundet i koncentrationer højere end detektionsgrænsen, og beregnes på baggrund af de observationer, der indgår i de pågældende beregninger af de statistiske variable.

Normalisering

Metaller i sediment har tendens til at binde sig til lerpartikler. Ved sammenligning af stofkoncentrationer på tværs af stationer er det derfor nødvendigt at tage lerindholdet i betragtning. Dette gøres ved at normalisere metalindholdet i forhold til lithium, idet koncentrationen af dette stof kan relateres til

lerindholdet, dvs. lithium optræder som proxy for ler. Som i Boutrup m.fl. (2015) antages "normalkoncentrationen" for lithium i fersk søsediment at være 6,8 mg/kg tørstof. Hvis der i et givent sediment er mere lithium end 6,8 mg/kg tørstof, bliver koncentrationen af et metal justeret ned, og, omvendt, ved en lavere værdi justeres værdien op. Dette gøres vha. følgende ligning:

*Normaliseret koncentration af et metal (X) i prøven a =
den målte koncentration af X*(6,8/den målte koncentration af lithium i prøven a).*

Tilsvarende er koncentrationen af miljøfarlige *organiske stoffer* normaliseret til indholdet af organisk stof, repræsenteret ved glødetabsprocenten, da de organiske miljøfremmede stoffer primært er bundet til andre organiske stoffer i sedimentet. "Normal-glødetabet" er sat til 26 % (som i Boutrup m.fl. 2015), og den normaliserede koncentration af organiske stoffer udregnes vha. følgende ligning:

*Normaliseret koncentration af et organisk stof (Y) i prøven a =
Den målte koncentration af Y*(26/den målte glødetabsprocent i prøven a).*

Ved tolkning af resultaterne skal man være opmærksom på, at en relativ lav koncentration af et stof i sediment med et meget lavt indhold af lithium og/eller et lavt glødetab kan resultere i en høj normaliseret værdi, og en høj koncentration kan omvendt resultere i en lav normaliseret koncentration ved et højt indhold af lithium / høj glødetabsprocent.

I 2016 blev der fejlagtigt ikke målt glødetabsprocent i sedimentprøverne fra kontrolovervågningen, hvor der blev analyseret for miljøfarlige forurenende stoffer. Derfor er det ikke muligt at foretage normalisering af koncentrationerne af organiske stoffer fra dette år. Resultaterne af undersøgelserne af de organiske stoffer fra 2016 omfatter alene medianen af ikke-normaliserede data og den procentvise andel af fund over detektionsgrænsen. Disse resultater er for perioden 2011-2016 vist i særskilte tabeller i afsnit 5.2-5.7.

Kvalitetskriterier

Endnu findes der kun miljøkvalitetskrav (MKK) for et fåtal af stofferne i søsediment (BEK nr. 1625 af 19/12/2017). I tabel 5.1-5.7 er procentandelen af de undersøgte søer, hvor værdien af det enkelte stof overstiger MKK, angivet. I denne analyse er der anvendt ikke-normaliserede resultater. Indtil videre kan resultaterne for stoffer, hvor der ikke er fastsat MKK, anvendes til at give et indtryk af status for de enkelte stoffer på landsplan og til at følge udviklingen i de enkelte søer og på landsplan.

5.1 Metaller

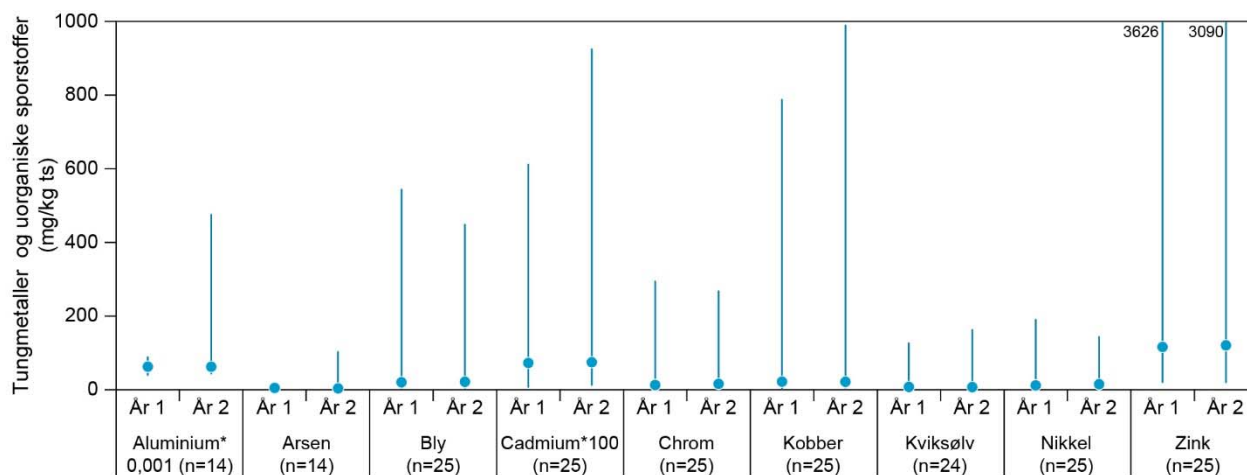
Metaller er naturligt forekommende i miljøet, men frigivelse fra fossile brændstoffer og andre geologiske materialer, deres udbredte anvendelse i bl.a. handelsgødning og dyrefoder og frigivelse i forbindelse med sænkning af grundvandsspejlet betyder, at de ofte forekommer i koncentrationer, der er højere end baggrundsniveauer, og i koncentrationer, hvor de kan udgøre en miljømæssig risiko. De koncentrationer, der måles ved overvågningen, er summen af de naturlige baggrundskoncentrationer og de koncentrationer, der er tilført ved menneskelige aktiviteter (Boutrup m.fl. 2015).

Alle metaller er fundet i koncentrationer, der ligger over detektionsgrænsen, og der er generelt en stor spredning på de normaliserede koncentrationer (faktor 24-566 mellem minimum- og maksimumværdier, tabel 5.1). Aluminium

forekommer med de højeste koncentrationer (median=6800 mg/kg tørstof), efterfulgt af zink (median=99 mg/kg tørstof). Chrom, arsen, nikkel, kobber og bly forekommer med mediankoncentrationer på 6,8-29 mg/kg tørstof, mens cadmium og kviksølv er målt i de laveste koncentrationer, 0,76 og 0,09 mg/kg tørstof. Bly og cadmium er de eneste stoffer blandt de målte metaller, for hvilke der er fastsat miljøkvalitetskrav i sediment; bly: 163 mg/kg tørstof, cadmium: 2,3 mg/kg tørstof og 1,5 mg/kg tørstof for den biotilgængelige andel, første værdi er anvendt her. Koncentrationen (ikke-normaliseret) af bly var i 5 % af de undersøgte søer over MKK, og koncentrationen af cadmium var højere end MKK i 7 % af søerne.

Tabel 5.1. Forekomst af metaller (normaliseret koncentration) i sediment fra 97-101 søer undersøgt i kontrolovervågningen i perioden 2011-2016. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret), TS=tørstof. MKK=miljøkvalitetskrav. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Prokuratorens Laboratorium											
Enhed:		10 %-	90 %-	Median –				Antal	%	%	
mg/kg TS	Middel	Median	Fraktil	fraktil	Min.	Maks.	ikke-normaliseret	stationer	fund	DG	over MKK
Aluminium	10355	6800	4682	16547	3400	82960	6900	97	100	10	-
Arsen	22	6,8	2,1	27	1,4	802	6,2	97	100	0,2	-
Bly	71	29	11	161	4,5	898	29	101	100	0,1	5
Cadmium	1,5	0,76	0,32	3,9	0,13	14	0,74	101	100	0,01	7
Chrom	24	12	8,7	32	6,8	268	14	101	100	0,1	-
Kobber	41	18	9,8	58	4,4	989	18	101	100	0,05-0,2	-
Kviksølv	0,19	0,088	0,033	0,40	0,008	2,3	0,091	101	100	0,001-0,01	-
Nikkel	27	13	7,7	44	5,8	326	14	101	100	0,1	-
Zink	224	99	44	517	20	3091	100	101	100	1	-



Figur 5.1. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimumværdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af metaller i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2016, n=antal søer.

Niveauerne af samtlige metaller ligger meget ensartet i de søer, der er målt to gange i perioden 2011-2016. Der ses ingen signifikante forskelle i værdierne for nogen af stofferne (figur 5.1).

5.2 Pesticider

Pesticider er en samlet betegnelse for midler, som primært omfatter ukrudts-, insekt- og svampebekæmpelse samt til vækstregulering. Stofferne har udbredt anvendelse i landbruget, men anvendelse andre steder end i

landbruget har også vist sig at have betydning for pesticidernes forekomst i miljøet, eksempelvis tidligere anvendelse på jernbanearealer og bebyggede områder (Boutrup m.fl. 2015). Overvågningen omfatter stofferne cypermethrin, chlorpyrifos, isoproturon og tau-fluvalinat. Miljø- og Fødevareministeriet oplyser, at status for cypermethrin og tau-fluvalinat er, at stofferne er godkendt til brug i Danmark. Isoproturon og chlorpyrifos er nu forbudte at anvende i Danmark. Salg af isoproturon var tilladt indtil 2000, mens chlorpyrifos har været tilladt i væksthuse indtil 2012.

Blandt de pesticider, der er analyseret i kontrolovervågningen, er kun cypermethrin, chlorpyrifos og isoproturon fundet i søsediment i koncentrationer, der ligger over detektionsgrænsen. Medianværdierne ligger for alle stoffer under detektionsgrænsen, og de tre stoffer er fundet over detektionsgrænsen i hhv. 1, 3 og 4 % af søerne (tabel 5.2b, ikke-normaliserede værdier). For de undersøgelser, hvor resultaterne kan normaliseres (2011-2015, tabel 5.2a), er cypermethrin fundet i en enkelt sø over detektionsgrænsen (15 µg/kg tørstof), chlorpyrifos er fundet i sedimentet i tre søer, hvor de normaliserede koncentrationer var mellem 1,2 og 54 µg/kg tørstof, mens isoproturon er fundet i seks (3,4-69 µg/kg tørstof) af de 79 søer. Der er endnu ikke fastsat miljøkvalitetskrav for sediment for nogle af de analyserede pesticider. Miljø- og Fødevareministeriet har tidligere oplyst, at de fundne sedimentkoncentrationer i perioden 2011-2015 ikke forventes at udgøre en risiko for vandmiljøet. Denne vurdering er baseret på stoffernes forventede effekter på vandmiljøet og deres fordeling mellem vand og sediment (Koc).

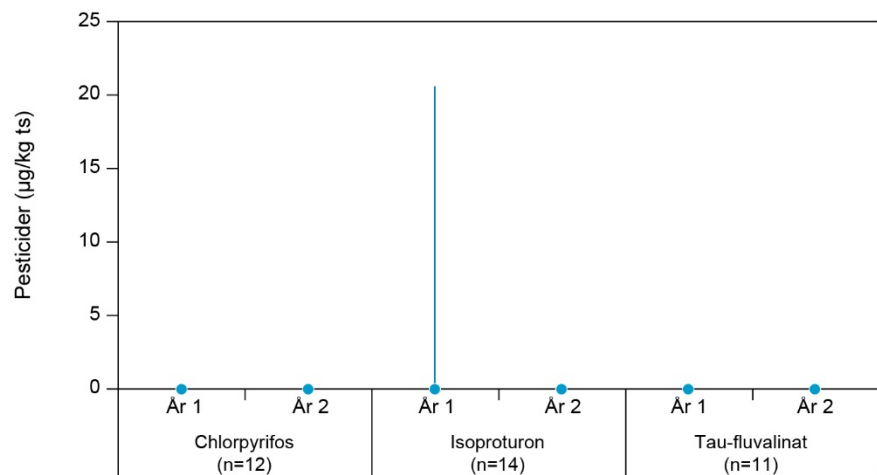
Tabel 5.2a. Forekomst af pesticider (normaliseret koncentration) i sediment fra 79 søer indeholdt i kontrolovervågningen i perioden 2011-2015. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke normaliseret), TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed:			10 %-	90 %-			Median –		%	
µg/kg TS	Middel	Median	fraktil	fraktil	Min.	Maks.	ikke-normaliseret	Antal stationer	>DG	DG
Cypermethrin	0,19	<DG	<DG	<DG	<DG	15	<DG	79	1	2,5-40
Chlorpyrifos	0,79	<DG	<DG	<DG	<DG	54	<DG	79	4	1-5
Isoproturon	1,1	<DG	<DG	<DG	<DG	69	<DG	79	5	3-60
Tau-fluvalinat	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	79	0	2-10

Tabel 5.2b. Median af ikke-normaliserede koncentrationer i sediment fra 98 søer, undersøgt i perioden 2011-2016, samt den procentvis andel af søer, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret). TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed:	Median –	Antal	%	
µg/kg TS	ikke-normaliseret	stationer	fund >DG	DG
Cypermethrin	<DG	98	1	2,5-40
Chlorpyrifos	<DG	98	3	1-5
Isoproturon	<DG	98	4	3-60
Tau-fluvalinat	<DG	98	0	2-20

Figur 5.2. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimum-værdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af pesticider i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2015, n=antal søer.



Chlorpyrifos blev ikke fundet over detektionsgrænsen i nogen af de søer, der er undersøgt to gange. Cypermethrin er kun fundet i én sø i en koncentration, der ligger over detektionsgrænsen. Isoproturon blev fundet over detektionsgrænsen i to af søerne, der blev undersøgt to gange, men kun i første undersøgelse. Disse få resultater fra to målinger i samme sø giver ingen indikationer på eventuel udvikling i indholdet af pesticider i søsedimentet.

5.3 Aromatiske kulbrinter

Overvågningen i søer omfatter fra gruppen af aromatiske kulbrinter stoffet naphthalen og stofgruppen methylnaphthalener. Disse stoffer har en relativ stor affinitet til partikler og bindes dermed lettere i sedimentet end andre aromatiske kulbrinter. Flere af stofferne indgår i olieprodukter eller som nedbrydningsprodukter af olieprodukter. Deres anvendelse samt deres fysisk-kemiske egenskaber betyder, at de primært tilføres miljøet via luften og spildevand (Boutrup m.fl. 2015).

Alle aromatiske kulbrinter, som er medtaget i programmet i perioden 2011-2016, er fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen i de fleste søer (tabel 5.3b). Blandt de normaliserede resultater fra perioden 2011-2015 er der stor variation i koncentrationen af de enkelte stoffer; minimum- og maksimum-værdierne varierer med op til en faktor større end 700 (trimethylnaphthalener). Dimethylnaphthalener forekommer i de højeste koncentrationer (median=594 µg/kg tørstof), mens de øvrige stoffer forekommer med en median-koncentration på 5,2-33 µg/kg tørstof (tabel 5.3a).

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for summen af methylnaphthalenerne (1-, 2-, di- og tri-methylnaphthalenerne), som er:

*0,478 mg/kg tørstof *andelen af organisk stof.*

Andelen af organisk stof er her defineret ved glødetabsprocenten i de enkelte prøver. Miljøkvalitetskravet svarer således til 13-340 µg/kg tørstof.

For naphthalen er miljøkvalitetskravet 138 µg/kg tørstof. For naphthalens og methylnaphthalenernes vedkommende er koncentrationerne højere end miljøkvalitetskravet i henholdsvis 10 % og 83 % af søerne.

Tabel 5.3a. Forekomst af aromatiske kulbrinter (normaliseret koncentration) i sediment fra 78 søer indeholdt i kontrolovervågningen i perioden 2011-15. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke normaliseret), TS=tørstof. MKK=miljøkvalitetskrav. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen. ¹⁾Omfatter summen af 1-, 2-, di- og tri-methylnaphtalener. ²⁾Beregnet på baggrund af datasættet for 2011-2016, da det organiske indhold ikke anvendes.

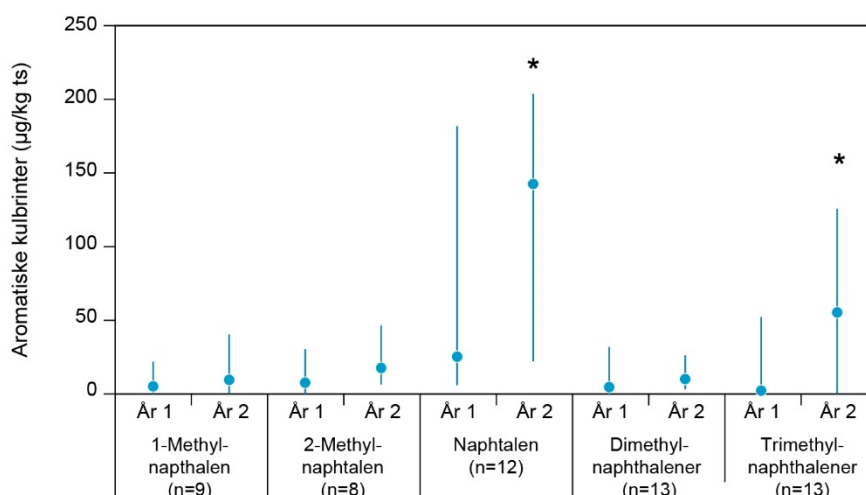
Enhed: µg/kg TS	Middel	Median	10 %- fraktil	90 %- fraktil	Min.	Maks.	Median – ikke-norma- liseret	Antal statio- ner	% fund >DG	DG	% over MKK
1-Methylnaphtalen	9,9	5,2	0,27	23	0,16	114	3,6	78	65	0,5-30	83 ¹⁾
2-Methylnaphtalen	17	8,8	2,6	32	0,36	173	7	78	83	1-40	
Dimethylnaphtalener	931	594	83	2447	8,0	5200	365	78	100	3-8	
Trimethylnaphtalener	41	28	1,8	109	0,39	289	22,5	78	90	1-20	10 ²⁾
Naphtalen	63	33	6,1	177	1,8	607	28	78	99	0,8-7	

Tabel 5.3b. Median af ikke-normaliserede koncentrationer i sediment fra 97 søer, undersøgt i perioden 2011-2016, samt den procentvise andel af søer, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret). TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed: µg/kg TS	Median – ikke- normaliseret	Antal stationer	% fund >DG	DG
1-Methyl-naphtalen	4,4	97	71	0,5-30
2-Methylnaphtalen	7,5	97	84	1-40
Dimethylnaphtalener	590	97	100	3-8
Trimethylnaphtalener	23	97	92	1-20
Naphtalen	34	97	99	0,8-7

Der ses en signifikant stigning i koncentrationerne af naphtalen (medianværdierne steg fra 25 til 143 µg / kg tørstof) og trimethylnaphtalener (2,5-55 µg / kg tørstof) mellem de to målinger i perioden 2011-2015. Koncentrationen af resten af de målte aromatiske kulbrinter ligger på samme niveau i de to måleår (figur 5.3).

Figur 5.3. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimum- værdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af aromatiske kulbrinter i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2015. * angiver, at der er signifikant forskel mellem de to målinger (parret t-test p<0,05), n=antal søer.



5.4 Phenoler

Phenoler i søovervågningen er repræsenteret ved alkylphenoler. Denne stofgruppe anvendes ved fremstilling af andre kemiske stoffer, bl.a. alkylphenol-ethoxylater, som historisk set har været anvendt som overfladeaktive stoffer i rengøringsmidler og sprøjtemidler. Alkylphenoler indgår desuden som bestanddel af eksempelvis maling og fugemasser. Stofferne bliver tilført miljøet

via spildevand samt evt. afstrømning fra sprøjtede marker som følge af anvendelsen af sprøjtemidler (Boutrup m.fl. 2015).

Blandt phenolerne er 4-tert-octylphenol i perioden 2011-2016 det stof, der er hyppigst fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen, idet stoffet er påvist i 50 % af de undersøgte søer. Det skal bemærkes, at 4-tert-octylphenol generelt er analyseret med væsentlig lavere detektionsgrænse end de øvrige stoffer. 4-nonylphenol, nonylphenoldiethoxylater, nonylphenoler og nonylphenolmonoethoxylater er fundet i 11-26 % af de undersøgte søer, mens octylphenol er fundet i fire af søerne, svarende til 4 % (tabel 5.4b). I perioden 2011-2015 viser de normaliserede resultater, at stofferne i langt de fleste tilfælde forekommer i meget lave koncentrationer; kun for 4-tert-octylphenol ligger mediankoncentrationen over detektionsgrænsen (tabel 5.4a).

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for nonylphenoler (25 mg / kg tørstof *fraktionen af organisk stof) og octylphenol (39,3 mg / kg tørstof *fraktionen af organisk stof). Der er ikke fundet koncentrationer over miljøkvalitetskravene i nogen af søerne.

For to af stofferne, nonylphenoler og 4-tert-octylphenol, blev der i de samme søer foretaget analyser med sammenlignelig detektionsgrænse i begge målinger i perioden 2011-2015. For nonylphenolerne er der sket en signifikant reduktion i løbet af perioden (figur 5.4).

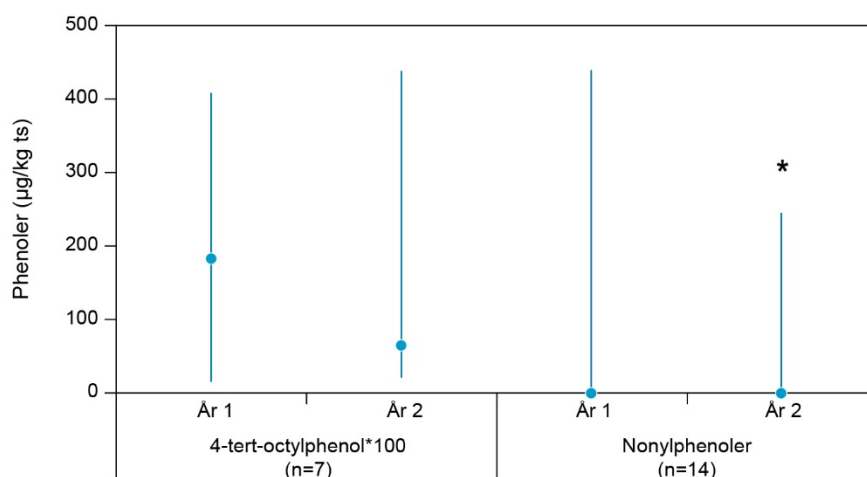
Tabel 5.4a. Forekomst af phenoler (normaliseret koncentration) i sediment fra 75-82 søer indeholdt i kontrolovervågningen i perioden 2011-15. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke normaliseret), TS=tørstof. MKK=miljøkvalitetskrav. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed: µg/kg TS	Middel	Median	10 %- fraktil	90 %- fraktil	Min.	Maks.	Median – ikke- normaliseret	Antal stationer	% fund >DG	DG	% over MKK
4-Nonylphenol	1,7	<DG	<DG	1,6	<DG	61	<DG	82	12	0,5-20	-
4-tert-octylphenol	4,7	1,7	0,23	7,4	0,11	84	1,2	75	44	0,0005-30	-
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	12	<DG	<DG	29	<DG	271	<DG	78	19	10-200	-
Nonylphenoler	25	<DG	<DG	70	<DG	563	<DG	82	12	100-500	0
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	8,7	<DG	<DG	25	<DG	173	<DG	82	17	10-200	-
Octylphenol	0,85	<DG	<DG	<DG	<DG	53	<DG	78	2	10-100	0

Tabel 5.4b. Median af ikke-normaliserede koncentrationer i sediment fra 94-101 søer, undersøgt i perioden 2011-2016, samt den procentvise andel af søer, hvor stoffet er fundet over detektonsgrensens. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret). TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed: µg/kg TS	Median – ikke- normaliseret	Antal stationer	% fund >DG	DG
4-Nonylphenol	0	101	17	0,5-20
4-tert-octylphenol	2,2	94	50	0,0005-30
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	29	97	26	10-200
Nonylphenoler	0	101	11	100-500
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	20	101	20	10-200
Octylphenol	0	97	4	10-100

Figur 5.4. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimum- værdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af phenoler i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2015. * angiver, at der er signifikant forskel mellem de to målinger (parret t-test $p < 0,05$), n =antal søer.



5.5 Polyaromatiske kulbrinter (PAH)

Polyaromatiske kulbrinter (PAH) er en væsentlig bestanddel i mange typer af råolie og stenkulstjære. PAH dannes desuden ved ufuldstændig forbrænding af organisk stof, hvilket betyder, at PAH også er naturligt forekommende forbindelser. PAH spredes primært via luften til omgivelserne, men vil også via overfladisk afstrømning blive tilført til vandmiljøet.

De polyaromatiske kulbrinter er fundet over detektionsgrænsen i størstedelen af de undersøgte søer. Undtagelserne er 2-methylpyren og dimethylphenanthren, som blev fundet i hhv. 19 og 23 % af søerne (tabel 5.5.b). Som for de øvrige stofgrupper ses også her en stor spredning mellem søerne – forholdet mellem minimum- og maksimumværdierne af de normaliserede resultater i perioden 2011-2015 er for næsten halvdelen af stofferne over 1000, og for et enkelt af stofferne (Benz(a)fluoren) er faktoren 3000 (tabel 5.5a).

De højeste normaliserede mediankoncentrationer i perioden 2011-2015 blev fundet for pyren, flouranthen og benzfluranthen b+j+k (91-135 µg / kg tørstof). De laveste medianværdier ligger under 10 µg / kg tørstof (1-methylpyren og 2-methylphenanthren, 2-methylpyren, acenaphthen, dibenzothiophen og dimethylphenanthren, tabel 5.5a).

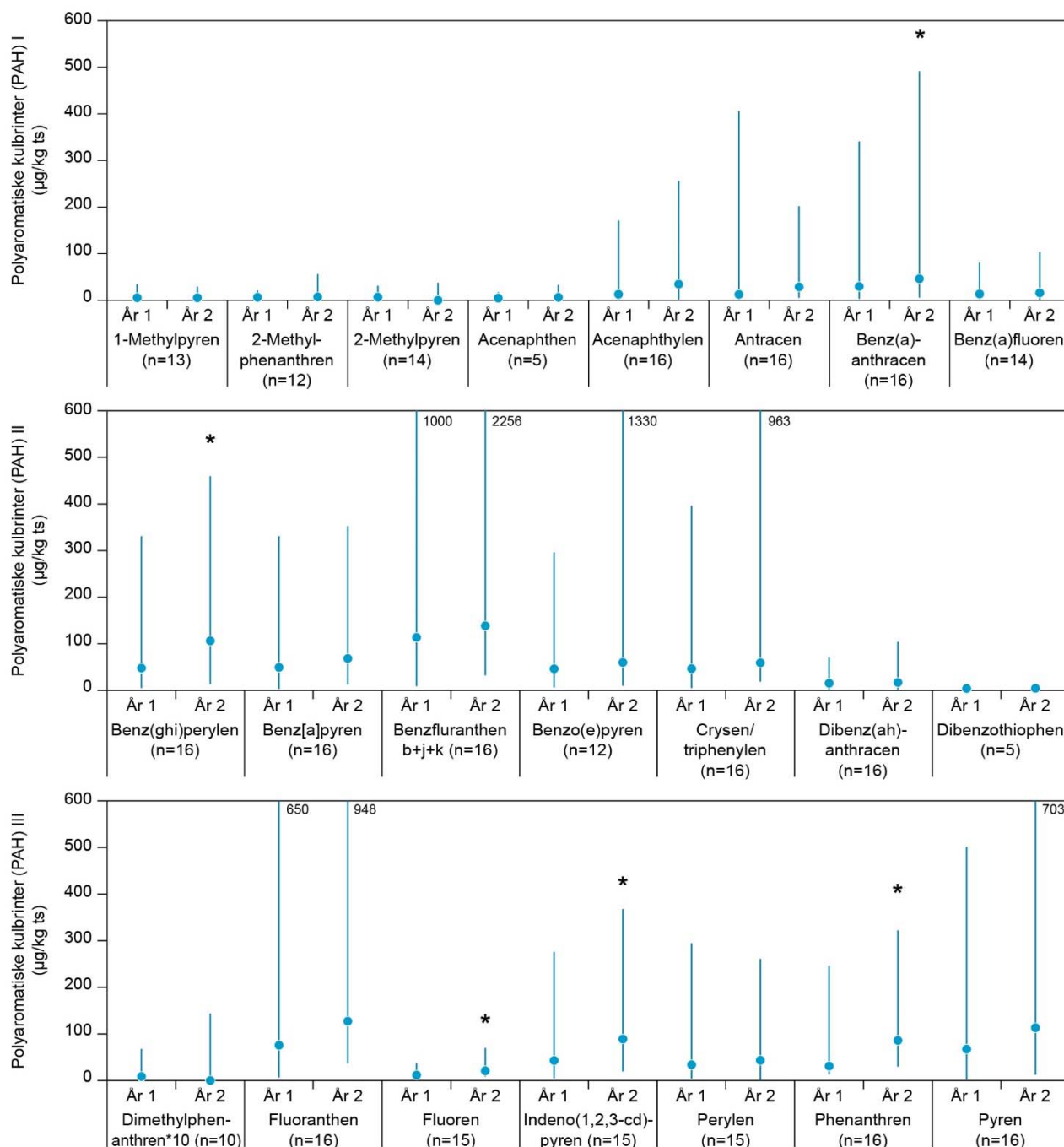
Tabel 5.5a. Forekomst af polyaromatiske kulbrinter/PAH (normaliseret koncentration) i sediment fra 82 søer indeholdt i kontrolovervågningen i perioden 2011-15. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke normaliseret), TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed: µg/kg TS	Middel	Median	10 %- fraktil	90 %- fraktil	Min.	Maks.	Median – ikke-normaliseret	Antal stationer	% fund >DG	DG
1-Methylpyren	8,9	4,9	1,6	16	0,16	159	8,9	82	85	0,5-6
2-Methylphenanthren	15	6,9	1,1	34	0,14	159	15	82	78	0,5-60
2-Methylpyren	6,4	<DG	<DG	10	<DG	231	6,4	82	16	10-90
Acenaphthen	9,5	5,2	0,46	26	0,16	65	9,5	82	60	0,5-50
Acenaphthylen	35	18	4,6	60	1,1	448	35	82	96	0,5-20
Antracen	36	20	4,8	66	0,24	448	36	82	99	0,5
Benz(a)anthracen	107	46	14	249	4,4	2022	107	82	98	1,5-2
Benz(a)fluoren	30	14	4,0	62	0,16	491	30	82	90	0,5-20
Benz(ghi)perylene	143	71	23	310	2,2	2311	143	82	99	1
Benz[a]pyren	119	54	16	214	2,2	2889	119	82	99	1
Benzfluranthen b+j+k	336	135	47	494	4,4	5778	336	82	99	1,5-2
Benzo(e)pyren	137	56	18	201	2,2	2456	137	82	93	1-200
Crysen/triphenylen	141	58	23	260	5,7	2456	141	82	100	1
Dibenz(ah)anthracen	32	15	4,3	75	0,32	549	32	82	94	1
Dibenzothiophen	11	3,9	1,5	14	0,27	304	11	82	56	1-80
Dimethylphenanthren	1,6	<DG	<DG	5,0	<DG	51	1,6	82	20	1-10
Fluoranthren	230	116	38	470	6,6	4333	230	82	99	3
Fluoren	25	17	7,9	43	0,22	173	25	82	96	0,5-30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	128	62	21	272	4,4	2167	128	82	98	2-100
Perylen	110	45	12	249	1,3	834	110	82	94	1-200
Phenanthren	97	58	24	185	18	1040	97	82	100	0,6
Pyren	186	91	29	303	6,6	3756	186	82	98	3

Tabel 5.5b. Median af ikke-normaliserede koncentrationer i sediment fra 101 søer, undersøgt i perioden 2011-2016, samt den procentvis andel af søer, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret). TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed: µg/kg TS	Median – ikke-normaliseret	Antal stationer	% fund >DG	DG
1-Methylpyren	3,9	101	87	0,5-6
2-Methylphenanthren	6,7	101	74	0,5-60
2-Methylpyren	5	101	19	10-90
Acenaphthen	3,7	101	56	0,5-50
Acenaphthylen	15	101	96	0,5-20
Antracen	18	101	99	0,5
Benz(a)anthracen	42	101	98	1,5-2
Benz(a)fluoren	12	101	91	0,5-20
Benz(ghi)perylene	68	101	99	1
Benz[a]pyren	45	101	99	1
Benzfluranthen b+j+k	120	101	99	1,5-2
Benzo(e)pyren	46	101	94	1-200
Crysen/triphenylen	53	101	100	1
Dibenz(ah)anthracen	14	101	94	1-3
Dibenzothiophen	3,5	101	61	1-80
Dimethylphenanthren	0,5	101	23	1-10
Fluoranthren	93	101	99	3-3
Fluoren	16	101	97	0,5-30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	56	101	98	2-100
Perylen	39	101	95	1-200
Phenanthren	57	101	100	0,6
Pyren	76	101	98	3

Ved sammenligning mellem de to måleår ses der en signifikant stigning i koncentrationen af stofferne phenanthren (medianværdien steg fra 31 til 86 µg/kg tørstof), benz(ghi)perylene (48 til 106 µg/kg tørstof), benz(a)-anthracen (26 til 46 µg/kg tørstof), indeno (1,2,3-cd)pyren (43 til 89 µg/kg tørstof) og fluoren (12 til 21 µg/kg tørstof) i de søer, hvor stofferne er målt to gange, og detektionsgrænserne for hvert stof i den enkelte sø er sammenlignelige.



Figur 5.5. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimumværdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af polyaromatiske kulbrinter (PAH) i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2015. * angiver, at der er signifikant forskel mellem de to målinger (parret t-test $p < 0,05$), n=antal søer.

5.6 Blødgørere

Blødgørerne omfatter stofgruppen phthalater og en enkelt adipat, der anvendes som blødgørere i plastik, gummi, maling m.m. Blødgørerne har været medvirkende til, at f.eks. plastmaterialer har kunnet anvendes til en lang række produkter, hvor der er behov for meget forskellige egenskaber, lige fra den hårde tagrende til den bløde regnfrakke. Blandt phthalaterne har særligt DEHP igennem årene været i fokus på grund af den udbredte anvendelse og dets egenskab som hormonforstyrrende stof. Anvendelsen af DEHP er blevet reguleret, og forbruget er blevet erstattet eller suppleret med andre blødgørere. Blødgørerne tilføres til omgivelserne med spildevand, med overfladisk afstrømning og via af-dampning til atmosfæren, hvorfra det udvaskes (Boutrup m.fl. 2015).

De tre stoffer inden for gruppen blødgørere, som indgår i søovervågningen, er fundet over detektionsgrænsen i henholdsvis 65, 4 og 56 % af søerne i perioden 2011-2016 (tabel 5.6b). Det hyppigst forekommende stof er DEHP, som i perioden 2011-2015 er fundet i koncentrationer (normaliserede) mellem 2,3 og 2407 µg / kg tørstof (tabel 5.6a).

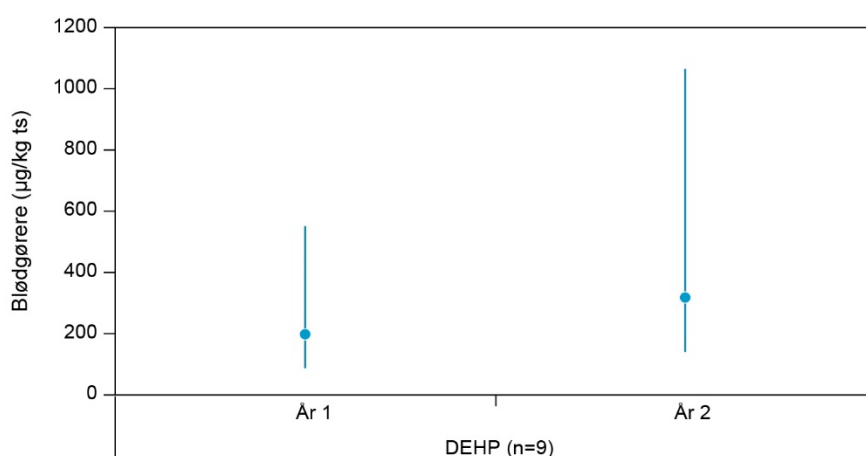
Tabel 5.6a. Forekomst af blødgørere (normaliseret koncentration) i sediment fra 78-82 søer indeholdt i kontrolovervågningen i perioden 2011-15. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke normaliseret), TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed:	10 %-		90 %-		Median –		Antal	% fund	DG
µg/kg TS	Middel	Median	fraktil	Fraktil	Min.	Maks.			
DEHP	301	130	5,7	842	2,3	2407	100	82	63
Di(2-ethylhexyl)adipat	8,4	<DG	<DG	<DG	<DG	340	<DG	78	5
Diisononylphthalat	185	97	38	483	7,0	1253	75	78	47

Tabel 5.6b. Median af ikke-normaliserede koncentrationer i sediment fra 97-101 søer, undersøgt i perioden 2011-2016, samt den procentvise andel af søer, hvor stoffet er fundet over detektonsgrensens. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret). TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

Enhed:	Median –	Antal	%	
µg/kg TS	ikke-normaliseret	stationer	fund >DG	DG
DEHP	110	101	65	10-100
Di(2-ethylhexyl)adipat	<DG	97	4	10-100
Diisononylphthalat	75	97	56	20-200

Figur 5.6. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimum- værdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af DEHP i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2015.



Der ses ingen signifikant forskel i koncentrationen af DEHP, som er det eneste stof, der er målt to gange i perioden 2011-2015, og hvor resultaterne er sammenlignelige for de to år.

5.7 Organotinforbindelser

De mest udbredte anvendelser af organotinforbindelserne er brugen af tributyltin (TBT) som antibegroningsmiddel i bundmaling til skibe og som biocid i træbeskyttelsesmidler. Triphenyltin (TPhT) har haft samme anvendelse. Disse anvendelser er ikke længere tilladt. De øvrige organotinforbindelser, mono- og dibutyltin, anvendes som stabilisator i PVC-plast og forekommer desuden som nedbrydningsprodukter af TBT. TBT virker specifikt på snegle ved at fremprovokere kønsændringer i ellers normalt kønnede havsnegle (Boutrup m.fl. 2015).

Alle organotinforbindelserne, bortset fra triphenyltin, er målt i alle de undersøgte søer. Triphenyltin er målt i 97 af søerne i perioden 2011-2016. Stofferne er fundet over detektionsgrænsen i 18-76 % af søerne i perioden 2011-2016 (tabel 5.7b). I perioden 2011-2015 forekommer monobutyltin generelt i de højeste (normaliserede) koncentrationer (medianværdi=4,2 µg / kg tørstof), mens triphenyltin har den laveste forekomst (op til 0,87 µg / kg tørstof, tabel 5.7a).

Tabel 5.7a. Forekomst af organotinforbindelser (normaliseret koncentration) i sediment fra 78-82 søer indeholdt i kontrolovervågningen i perioden 2011-15. Median af ikke-normaliserede koncentrationer er også opgivet. DG=detektionsgrænsen (ikke normaliseret), TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden (se tekst), er kun den seneste måling med i resultaterne i tabellen.

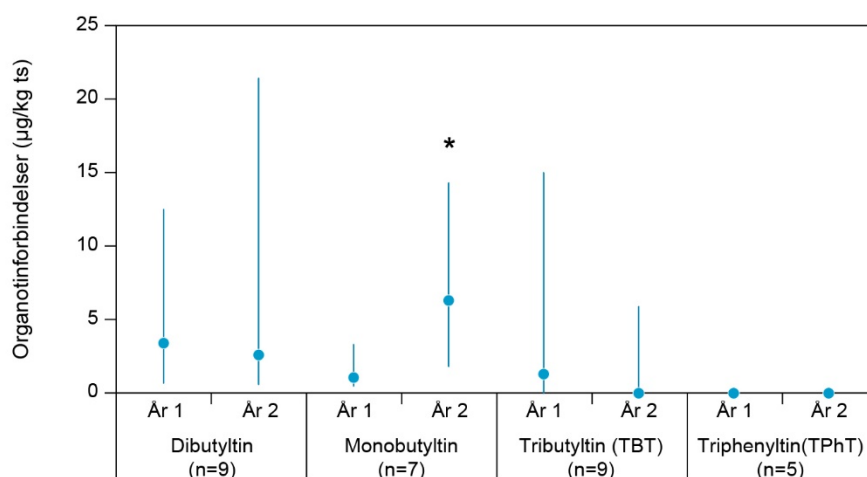
Enhed: µg/kg TS	Middel	Median	10 %- fraktil	90 %- fraktil	Min	Maks.	Median – ikke- normali- seret	Antal stationer	% fund >DG	DG
Dibutyltin	5,8	2,5	0,68	12	0,32	77	2,1	82	59	1-5
Monobutyltin	5,7	4,2	1,6	11	0,52	34	3,5	82	71	1-7
Tributyltin (TBT)	2,6	0,79	0,39	7,3	0,18	29	0,5	82	21	1-13
Triphenyltin(TPhT)	0,050	<DG	<DG	0,22	<DG	0,87	<DG	78	17	0,1-4

Tabel 5.7b. Median af ikke-normaliserede koncentrationer i sediment fra 97-101 søer, undersøgt i perioden 2011-2016, samt den procentvise andel af søer, hvor stoffet er fundet over detektonsgårnsen. DG=detektionsgrænsen (ikke-normaliseret). TS=tørstof. Hvis en sø er undersøgt to gange i perioden, indgår kun den seneste måling i resultaterne.

Enhed: µg/kg TS	Median – ikke-normaliseret	Antal stationer	% fund >DG	DG
Dibutyltin	1,7	101	57	1-7
Monobutyltin	3,7	101	76	1-7
Tributyltin (TBT)	0,5	101	27	1-13
Triphenyltin(TPhT)	<DG	97	18	0,1-4

Blandt organotinforbindelserne ses der en signifikant stigning i koncentrationen af monobutyltin; medianværdien steg fra 1,1 til 6,3 µg / kg tørstof. For de øvrige stoffer ses der ingen signifikant ændring.

Figur 5.7. Forskel i median- (punkt), minimum- og maksimum- værdier (linjer udgående fra punktet) af koncentrationen (normaliseret) af organotinforbindelser i sedimentet, der er målt i samme sø to gange i løbet af perioden 2011-2015. * angiver, at der er signifikant forskel mellem de to målinger (parret t-test $p < 0,05$), n =antal søer.



5.8 Sammenfatning

Med få undtagelser er alle de undersøgte stoffer inden for grupperne metaller, aromatiske kulbrinter, PAH'er og organotinforbindelser fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen i sedimentet i de fleste af de i alt 101 undersøgte søer. Set over hele perioden 2011-2016 er stofferne fundet i meget varierende koncentrationer. Eksempelvis er metaller er fundet i alle søer, phenoler er påvist i 4-50 % af de undersøgte søer og blødgørere i 4-65 %, mens pesticider er fundet i få søer (0-4 %).

Fra 25 af de undersøgte søer er der udtaget sedimentprøver to gange i perioden 2011-2016. Ved sammenligning af de fundne koncentrationer ses der ved det seneste prøvetagningsår signifikant højere koncentrationer af de aromatiske kulbrinter naphthalen og trimethylnaphthalener, af PAH'erne phenanthren, benz(ghi)perylene, benz(a)anthracen, indeno(1,2,3-cd)pyren og fluoren samt af organotinforbindelsen monobutyltin. Derudover var indholdet af nonylphenoler signifikant lavere i det andet prøvetagningsår.

Det skal understreges, at de observerede udviklingstendenser alene bygger på to målinger af de pågældende stoffer, og at data repræsenterer højst 25 søer. Eventuelle signifikante ændringer kan derfor skyldes lokale forhold og kan ikke generaliseres til alle søer.

For enkelte af de undersøgte stoffer er der fastsat miljøkvalitetskrav (MKK) i sediment. Bly og cadmium blev fundet i koncentrationer højere end MKK i henholdsvis 5 % og 7 % af de undersøgte søer. Naphthalen og methylnaphthalener blev fundet i koncentrationer højere end MKK i 10 % og 83 % af de undersøgte søer. Der er også fastlagt MKK for nonylphenoler og octylphenol, men her blev der ikke fundet koncentrationer højere end MKK.

6 Kviksølv i fisk

Som et led i undersøgelsen af miljøfarlige forurenende stoffer i søer er indholdet af kviksølv målt i muskelvæv i fisk. Undersøgelsen omfatter fisk fra stort set de samme søer, hvori der er undersøgt for miljøfremmede stoffer og metaller i sedimentet (se kapitel 5). Målingerne foretages fortrinsvis på aborre med en længde på 20-25 cm fanget i forbindelse med fiskeundersøgelserne i NOVANA. Fem fisk fra hver sø er analyseret. I de tilfælde, hvor det ikke har været muligt at indsamle aborrer i de udvalgte søer, eller hvor det ikke har været muligt at indsamle dem i den angivne størrelse, er der undersøgt aborrer i en anden (oftest mindre) størrelse eller alternative fiskearter.

Figur 6.1 og 6.2 viser resultaterne for henholdsvis aborre og øvrige fiskearter.

Middelkoncentrationerne af kviksølv i muskelvævet hos aborrer ligger mellem 0,1 og 2,3 mg/kg tørstof, og der er en ret stor spredning i de fleste søer.

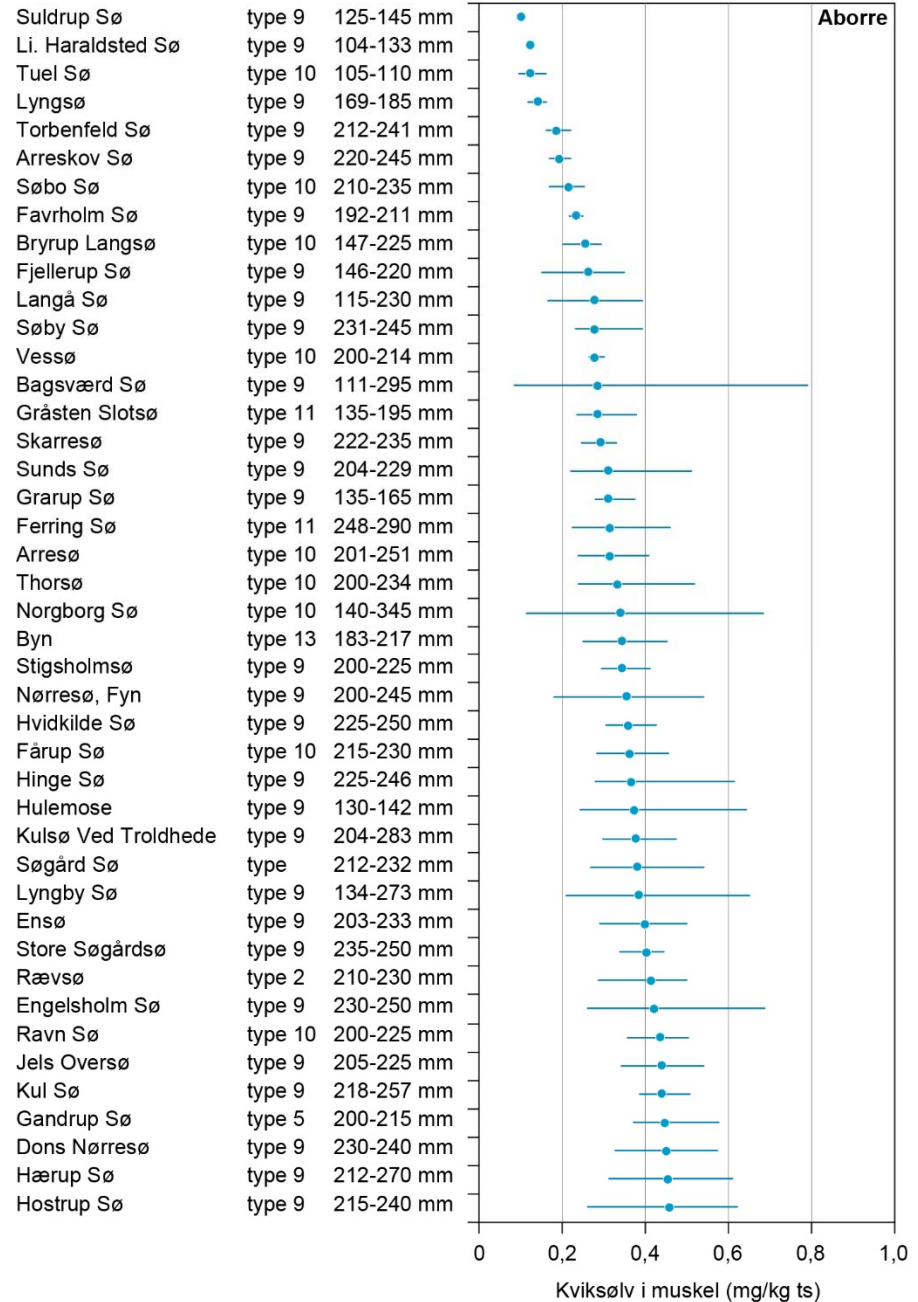
Langt de fleste prøver er indsamlet i de almindeligste søtyper, type 9 og 10 (ferske, alkaline, ikke-brunvandede søer, se kapitel 2). Der ser ikke ud til at være sammenhæng mellem koncentrationen af kviksølv og søtype (figur 6.3). Det skal bemærkes, at inddelingen af søtyperne, som er anvendt her, ikke tager hensyn til næringsindhold, størrelse af søen og forholdet mellem søstørrelse og oplandets størrelse – kriterier, der er taget hensyn til ved udvælgelse af søer til analyse for miljøfarlige forurenende stoffer.

Det kan synes bemærkelsesværdigt, at fiskene fra nogle af de mest næringsfattige og/eller kalkfattige søer som Velling Igelsø, Skør Sø, Maglesø, Hornum Sø og Kvie Sø er blandt de fisk, hvor der er fundet de højeste koncentrationer af kviksølv. Der er dog også foretaget undersøgelser af fisk fra andre næringsfattige søer (f.eks. Ræv Sø og Ravn Sø) og kalkfattige søer (Skån Sø og Madum Sø), hvor koncentrationerne er lavere. På det nuværende grundlag kan der ikke gives en entydig forklaring på dette, og forskellige faktorer kan spille ind. Søernes alkalinitet har formentlig en betydning, idet andre har fundet større bioakkumulering af metaller i kalkfattige end i kalkrige søer (Spry og Wiener 1991). Fiskenes størrelse er sandsynligvis også relevant; i Skør Sø og Hornum Sø er der analyseret fisk, der var større end angivet i den tekniske anvisning, hvilket formentlig delvist kan forklare det højere kviksølvindhold, se nedenfor. Aborrernes fødevalg kan være anderledes i de renere søer (aborrer kan være mere bentisk-orienterede her, og de kan overgå til rovfiskestadiet tidligere i livsfasen) end i de mere næringsrige søer. En medvirkende årsag til et højt kviksølvindhold kan være, at vækstraten er langsommere i nogle af de næringsfattige søer; fisk i den angivne længde er derfor ældre og har dermed haft længere tid til at opkoncentrere kviksølv. Endelig kan anoxiske forhold i søsedimentet forårsage frigivelse af methylkviksølv, hvilket er observeret under anoxiske forhold i forbindelse med dambrug efter skovrydning (Martin Mørk Larsen, DCE, pers. komm.).

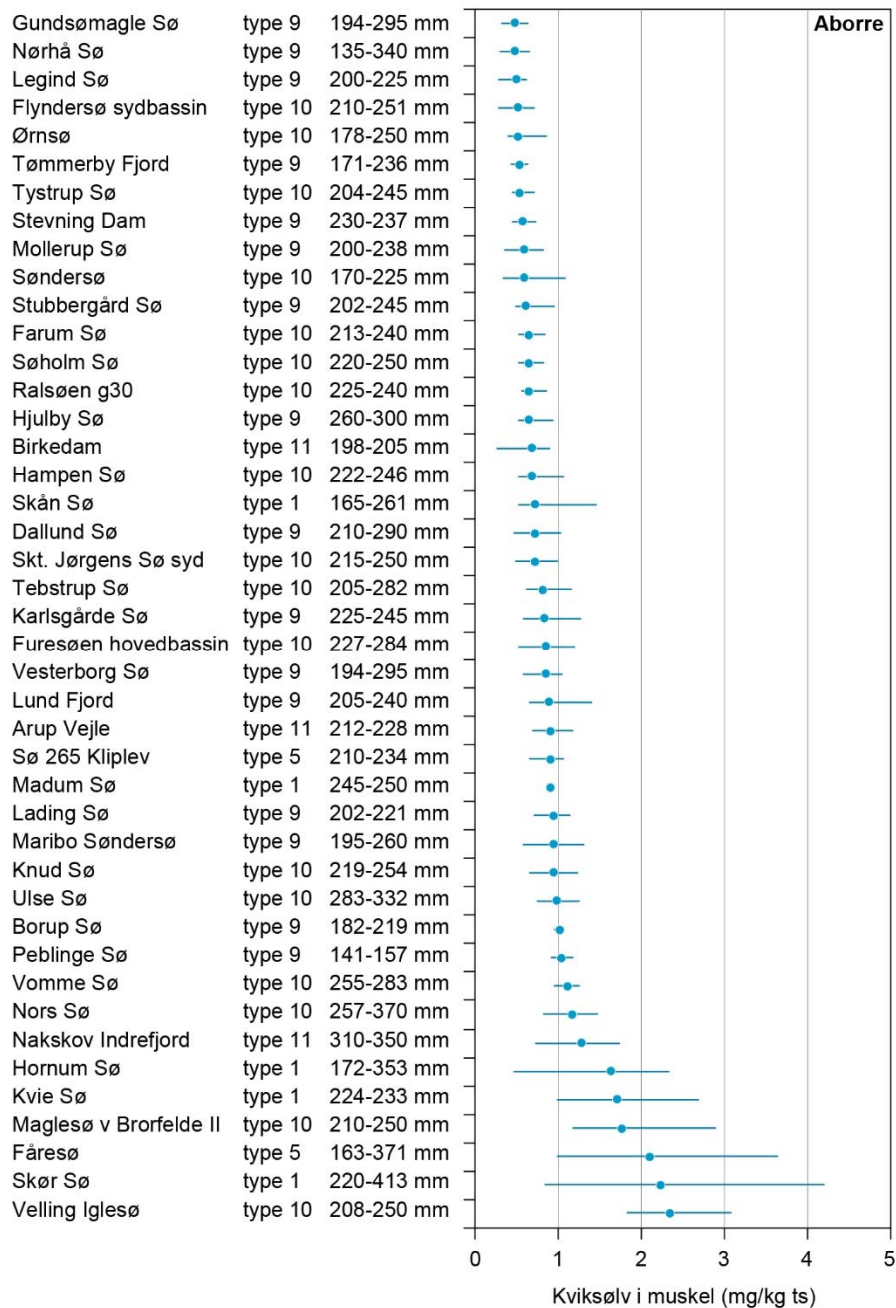
Figur 6.1 antyder også en sammenhæng mellem fiskestørrelse og indholdet af kviksølv (bemærk, at søerne er sorteret efter stigende kviksølvindhold i fiskene, se også figur 6.3 og tabel 6.1). De fisk, som indeholder de laveste koncentrationer, er ofte små. De fire søer, hvor der er fundet de laveste kviksølvkoncentrationer i fiskevævet er repræsenteret ved fisk med en længde under 20 cm, som er den minimumstørrelse, der skal tilstræbes ifølge den tekniske anvisning.

Ofte, men ikke entydigt, er spredningen i kviksølvindholdet relateret til spredning i fiskenes størrelse.

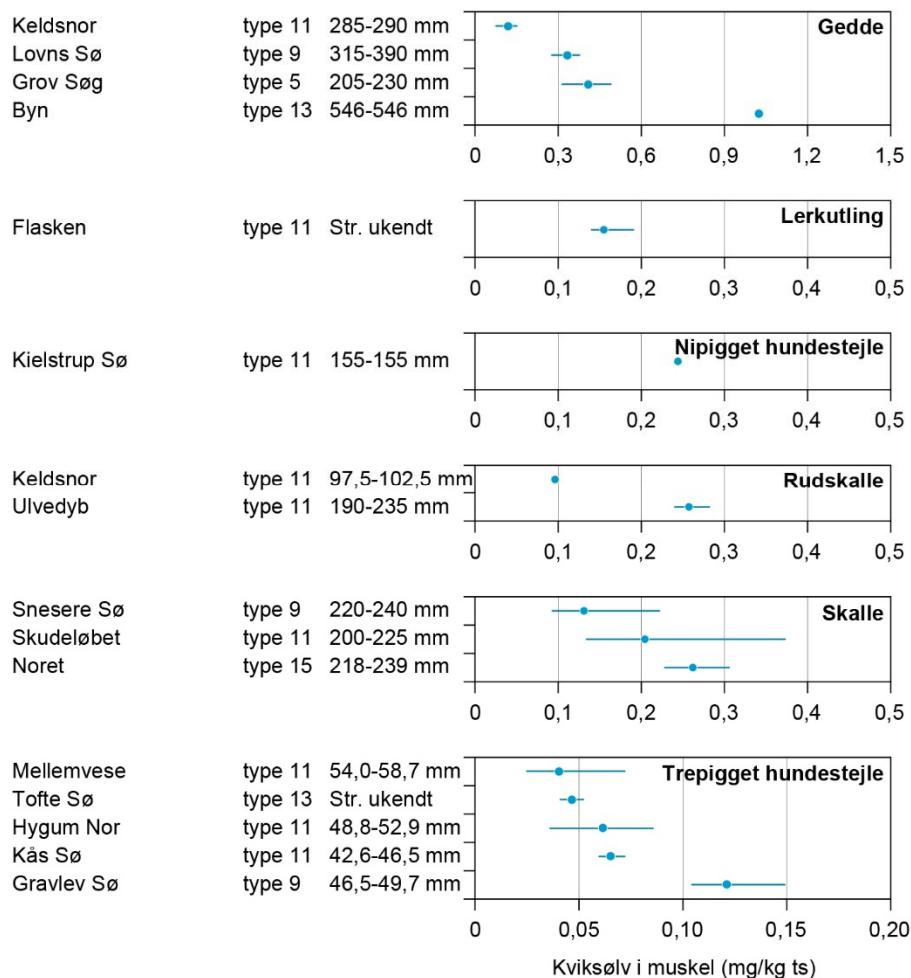
Figur 6.1. Forekomst af kviksølv i muskelvæv hos aborre fanget i søer i kontrolovervågningen i perioden 2011-2016. Punkterne angiver middelværdi af fem fisk, linjerne angiver minimum- og maksimumværdier. Ved søens navn er angivet søtype (se kapitel 2) og størrelsesintervallet af de undersøgte fisk. Søerne er sorteret efter stigende indhold af kviksølv (figuren fortsættes på næste side)



Figur 6.1 (fortsat, bemærk ændring i akse). Forekomst af kviksølv i muskelvæv hos aborre fanget i søer i kontrolovervågningen i perioden 2011-2016. Punkterne angiver middelværdi af fem fisk, linjerne angiver minimum- og maksimumværdier. Ved søens navn er angivet søtype (se kapitel 2) og størrelsesintervallet af de undersøgte fisk. Søerne er sorteret efter stigende indhold af kviksølv.



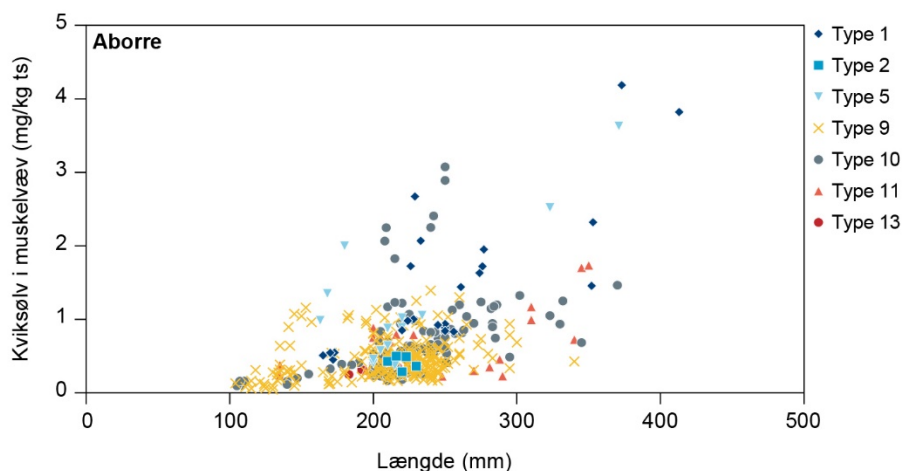
Figur 6.2. Forekomst af kviksølv i muskeltvæv hos henholdsvis gedde, lerkutling, nipigget hundestejle, rudskalle, skalle og trepigget hundestejle fanget i søer i kontrolovervågningen i perioden 2011-2016. Punkterne angiver middelværdi af (1-5) fisk, linjerne angiver minimum- og maksimumværdier. Ved søens navn er angivet søtype (se kapitel 2) og størrelsesintervallet af de undersøgte fisk.



Analyse af fisk i forskellig størrelse (som ikke var tilsigtet, men i visse tilfælde den eneste mulighed, se ovenfor) giver mulighed for at relatere størrelsen til kviksølvindholdet på tværs af søerne. Dette forhold er for aborre vist i figur 6.3, hvor søerne er delt op i forhold til typerne. Der er foretaget lineær regression, og de statistiske variable er vist i tabel 6.1. Der er en god relation mellem størrelse og kviksølvindhold i flere søtyper.

Denne sammenstilling viser, at fisk af forskellig størrelse ikke er umiddelbart sammenlignelige. Det er vigtigt, at man i videst mulig omfang foretager analyser på fisk af samme størrelse, som det er angivet i den tekniske anvisning.

Figur 6.3. Forholdet mellem kviksølvkoncentrationen i muskelvæv (mg/kg tørstof) og længde hos aborre undersøgt i 85 søer i perioden 2011-2016. Hvert punkt repræsenterer én fisk.



Tabel 6.1. Statistiske variable for lineær regression mellem fiskestørrelse og kviksølvkoncentration i muskelvæv, undersøgt i 85 søer i perioden 2011-2016.

	r^2	p	Antal søer/fisk
Type 1	0,63	<0,001	5/25
Type 2	0,08	0,64	1/5
Type 5	0,58	0,001	3/15
Type 9	0,08	<0,001	45/223
Type 10	0,20	<0,001	26/131
Type 11	0,32	0,003	5/25
Type 13	0,61	0,22	1/4
Alle typer	0,24	<0,001	86/428

I Bek. 1625 af 19/12/2017 er der sat et miljøkvalitetskrav for biota på 20 µg kviksølv / kg vådvægt. Ved anvendelse af de angivne tørvægtsprocenter betyder dette, at der i 98 % af de analyserede aborrer er fundet kviksølvindhold over miljøkvalitetskravet.

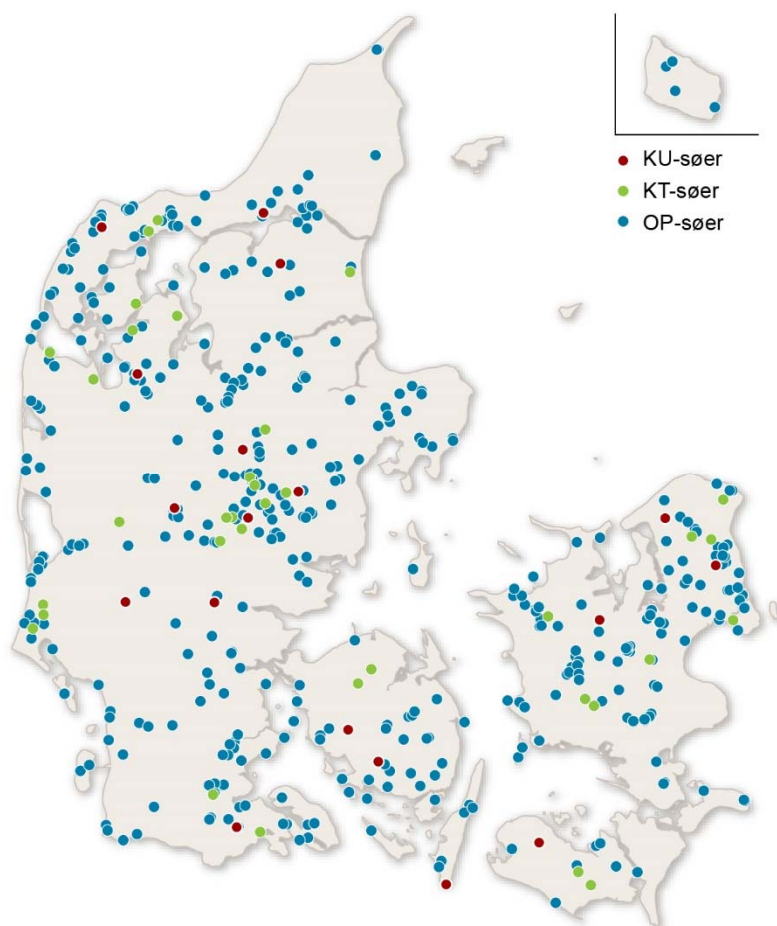
I 16 søer (fortrinsvis brakke med en salinitet på over 0,5 ‰) blev der ikke fundet aborrer, og kviksølv er derfor analyseret i henholdsvis gedde, lerkutling, nipigget hundestejle, rudskalle, skalle og trepigget hundestejle (figur 6.3). For disse øvrige fiskearter ligger kviksølvindholdet i 74 % af fiskene over miljøkvalitetskravet.

Grænseværdien for indholdet af kviksølv i fisk er generelt 500 µg / kg vådvægt (EF Nr. 1881 / 2006). Ved anvendelse af de angivne tørvægtsprocenter betyder dette, at otte af de i alt 430 analyserede aborrer ligger over denne grænse. Seks af disse har en længde på 25 cm eller derover (se figur 6.3). For de øvrige fiskearter ligger ingen af kviksølvkoncentrationerne over grænseværdien på 500 µg / kg vådvægt.

7 Operationel overvågning af søernes tilstand

Den operationelle overvågning af søer >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 programperioden (2011-2016) er der nu foretaget overvågning af 426 søer. Derudover indgår ca. 75 % af de søer, der er i programmet for kontrolovervågning, da det er vurderet, at disse søer ikke opfylder målsætningen og derfor vil være omfattet af behov for operationel overvågning. Dette afsnit omhandler ikke søerne, som også indgår i kontrolovervågningen. Placeringen af de operationelt overvågede søer er vist i figur 7.1.

Figur 7.1. Geografisk placering af søer, der indgik i den operationelle overvågning af søer >5 ha i perioden 2011-2016. Operationelt overvågede søer, der også indgår i kontrolovervågningen, er ikke inkluderet.



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 søer med målopfyldelse, der er i forværring. Det vandkemiske måleprogram svarer som udgangspunkt til programmet for kontrolovervågningen af 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. Det bemærkes, at de 426 søer, der indtil nu er undersøgt, ikke nødvendigvis er et repræsentativt udsnit af de danske søer som helhed. Som for kontrol- overvågningen gælder det, at der, pga. analysefejl, ikke præsenteres resultater af totalfosfor og totalkvælstof i søer, der er undersøgt i 2016.

7.1 Generel tilstand

Søerne i den operationelle overvågning repræsenterer i alt 10 søtyper (tabel 7.1). Den hyppigste er, som for de øvrige typer af overvågning, søtype 9 (lavvandede, kalkrige, ikke brunvandede, ferske søer).

Tabel 7.1. Fordelingen af søerne i det operationelle program på de enkelte søtyper. For definition af søtyperne se afsnit 2.

Søtype	Antal søer
1	6
2	6
5	27
9	174
10	65
11	46
12	4
13	76
14	2
15	20

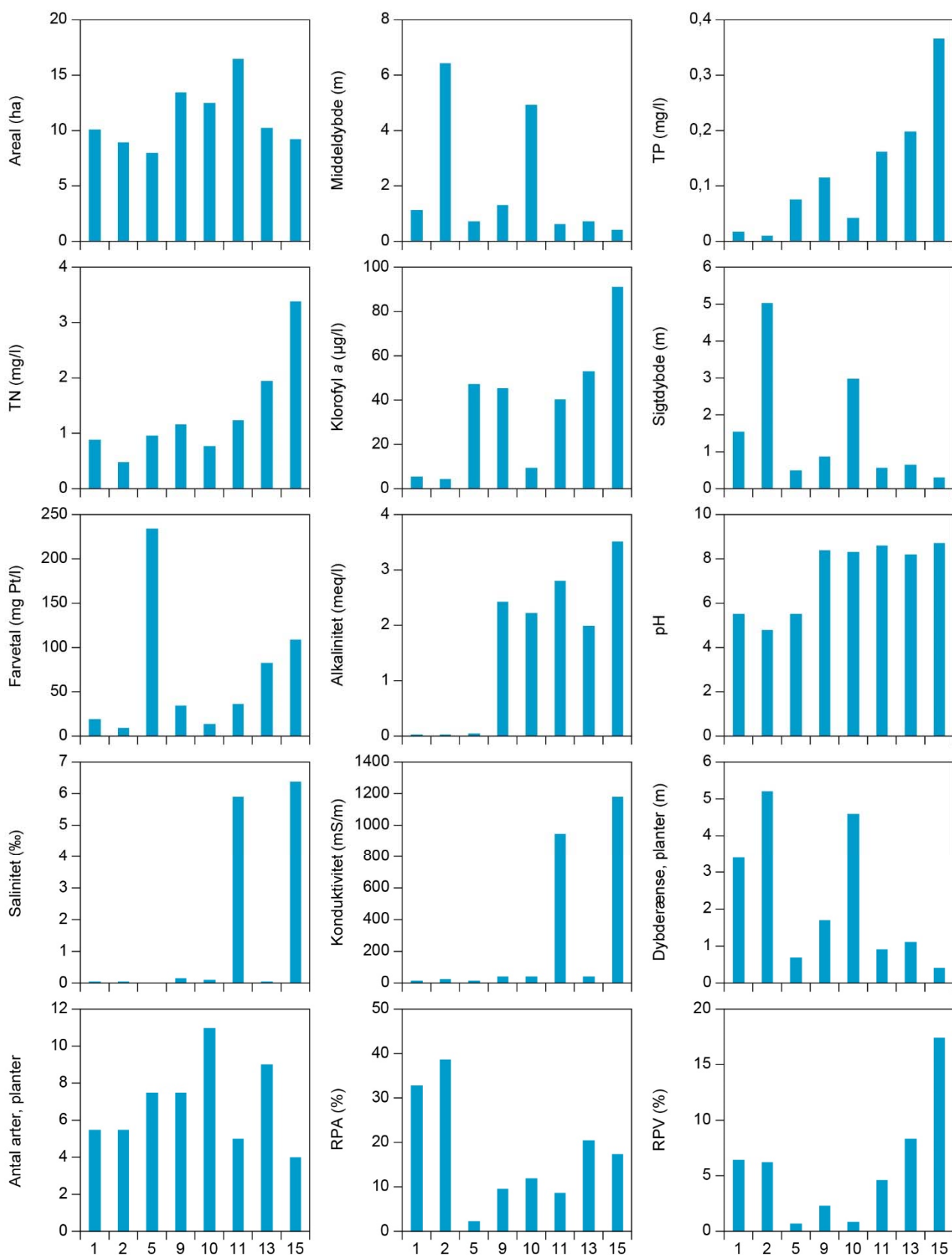
En samlet beskrivelse af de morfologiske, vandkemiske og vegetationsmæssige forhold i de ni søtyper er givet i tabel 7.2. I figur 7.2 er medianværdien for en række af de morfologiske og vandkemiske parametre vist for de enkelte søtyper.

Inddelingen i søtyper sker på baggrund af forskelle i vanddybde, alkalinitet, brunfarvning og saltholdighed (se afsnit 2). Denne inddeling kommer tydeligt til udtryk i flere af parametrene vist i figur 7.2 (middelvanddybde, alkalinitet, konduktivitet og farvetal). Blandt søtyperne inden for samme afgrænsning kan der dog også være væsentlige forskelle. Eksempelvis blandt de tre brunvandede søtyper, hvor søtype 5 generelt er mere brunvandet end søtype 13 og 15.

Søernes areal er vist som medianværdi for de ti søtyper og ligger for de fleste søtyper omkring 10 ha. Det største medianareal findes for søtype 11 og det mindste for søtype 5.

Den mest næringsrige søtype, både hvad angår fosfor og kvælstof, er søtype 15 (kalkrig, brunvandet, saltholdig, lavvandet), og det er også her, at der ses det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtddybde. Også de to øvrige brunvandede søtyper (søtype 5 og 13) har et forholdsvis højt indhold af næringsstoffer, et højt indhold af klorofyl *a* og lav sigtddybde.

De mest næringsfattige søtyper er søtype 1 og 2 (koncentrationen af totalkvælstof er dog lavere i type 10 end i type 2), og det er også her, at de laveste koncentrationer af klorofyl ses. Sigtddybden er højest i søtype 2 efterfulgt af søtype 10. Den relativt lave sigtddybde i søtype 1 kan skyldes, at dette er en lavvandet søtype, hvor sigtddybden når bunden.



Figur 7.2. Oversigt over morfologiske og vandkemiske parametre samt sigtdybde i de operationelt overvågede søer. Der er angivet medianværdier. Kun de otte søtyper med data fra mindst fem søer er taget med. Se også tabel 7.1 og 7.2. Data vedr. undervandsplanter medtager ikke trådalger. RPA=relativt plantedækket areal af søbunden i procent, RPV=relativt plantefyldt vandvolumen i procent.

Forekomst og udbredelse af undervandsplanter varierer ligeledes meget imellem de forskellige søtyper. Dybdegrænse og til dels dækningsgrad er størst i de mest næringsfattige søtyper 1, 2 og 10, hvor også sigtdybden er størst. Det plantefyldte volumen er, lidt overraskende, højest i den mest næringsrige søtype 15, men det kan hænge sammen med, at søerne i denne type er meget lavvandede. Det gennemsnitlige antal arter varierer mellem 4 og 10,5 og er højest i søtype 10.

I tabel 7.2 er der givet en oversigt over de morfologiske, vandkemiske / fysiske parametre samt undervandsplanternes dækningsgrad, plantefyldte volumen, dybdegrænse og antal arter i de enkelte søtyper. Disse data er også afbildet i figur 7.2. Nogle af søtyperne er kun repræsenteret ved få søer og kan ikke anvendes til at udtale sig om søtyperne generelt.

Tabel 7.2. Oversigt over kemiske og biologiske data fra de 426 søer (sommerværdier), der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2011-2016, fordelt på de enkelte søtyper. Bemærk, at resultater for totalfosfor og totalkvælstof fra 2016 ikke er medtaget pga. fejlanalyser. Hvis der er data for flere år, indgår søen med den seneste undersøgelse. *) Lindholm Kridtgrav. Søer, hvor der ikke er registreret undervandsplanter, indgår ikke i opgørelser over dybdegrænse og artsantal.

Type 1 (lavvandet, lavalkalin, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,4	1,1	0,7	2,8	4
Maksimumdybde (m)	3,6	1,9	1,6	9,0	4
Søareal (ha)	10,6	10,1	5,0	18,7	4
Totalfosfor (mg P/l)	0,033	0,017	0,005	0,114	6
Totalkvælstof (mg N/l)	1,09	0,88	0,30	2,10	6
Sigtdybde (m)	1,8	1,5	0,7	3,2	6
Klorofyl a (µg/l)	13,4	5,2	2,3	58,2	6
Alkalinitet (meq/l)	0,05	0,03	0,00	0,18	6
pH	5,7	5,5	5,2	6,4	6
Farvetal (mg Pt/l)	21	19	2	38	6
Suspenderet stof (mg/l)	6	2	2	27	6
Konduktivitet (mS/m)	17	14	10	28	6
Relativt plantedækket areal (%)	41,5	32,8	18,3	82,0	4
Relativt plantedækket volumen (%)	6,7	6,4	0,8	13,0	4
Plantedybdegrænse (m)	3,5	3,4	1,5	5,7	4
Antal arter af undervandsplanter	6,3	5,5	2,0	12,0	4
Type 2 (dyb, lavalkalin, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	6,3	6,3	4,7	8,0	2
Maksimumdybde (m)	-	-	-	-	0
Søareal (ha)	8,7	8,9	5,3	12,0	6
Totalfosfor (mg P/l)	0,011	0,009	0,004	0,018	6
Totalkvælstof (mg N/l)	0,62	0,48	0,34	1,30	6
Sigtdybde (m)	5,0	5,0	2,3	8,6	6
Klorofyl a (µg/l)	5,2	4,4	1,1	12,8	6
Alkalinitet (meq/l)	0,07	0,03	0,02	0,17	6
pH	5,0	4,8	3,0	7,1	6
Farvetal (mg Pt/l)	12	9	1	44	6
Suspenderet stof (mg/l)	2	1	1	3	6
Konduktivitet (mS/m)	32	24	5	99	6
Relativt plantedækket areal (%)	45,5	38,7	14,3	77,5	6
Relativt plantedækket volumen (%)	14,3	6,2	0,2	50,6	6
Plantedybdegrænse (m)	6,3	5,2	2,5	11,0	6
Antal arter af undervandsplanter	5,3	5,5	2,0	10,0	6

Type 5 (lavvandet, lavalkalin, farvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,9	0,7	0,3	3	17
Maksimumdybde (m)	2,3	1,5	0,3	8	21
Søareal (ha)	14,3	8,0	5,0	78	21
Totalfosfor (mg P/l)	0,137	0,075	0,034	0,615	25
Totalkvælstof (mg N/l)	1,11	0,96	0,78	2,12	25
Sigtdybde (m)	0,5	0,5	0,1	1,1	27
Klorofyl a (µg/l)	58,5	47,1	3,4	299,8	27
Alkalinitet (meq/l)	0,06	0,04	0,00	0,21	27
pH	5,5	5,5	4,1	7,4	26
Farvetal (mg Pt/l)	292	234	62	1001	27
Suspenderet stof (mg/l)	11	7	1	49	27
Konduktivitet (mS/m)	14	15	6	28	25
Relativt plantedækket areal (%)	10,3	2,3	0	69,1	17
Relativt plantedækket volumen (%)	2,6	0,7	0	16,0	17
Plantedybdegrænse (m)	0,8	0,7	0,2	1,8	14
Antal arter af undervandsplanter	8,0	7,5	1,0	21,0	14
Type 9 (lavvandet, alkalisk, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,4	1,3	0,3	3,0	159
Maksimumdybde (m)	2,9	2,4	0,6	9,5	155
Søareal (ha)	36,7	13,4	0,1	541,3	166
Totalfosfor (mg P/l)	0,171	0,115	0,014	1,856	166
Totalkvælstof (mg N/l)	1,31	1,17	0,28	5,48	166
Sigtdybde (m)	1,1	0,9	0,2	5,0	173
Klorofyl a (µg/l)	64,8	45,5	3,5	694,6	174
Alkalinitet (meq/l)	2,51	2,43	0,34	9,84	174
pH	8,4	8,4	7,1	9,8	174
Farvetal (mg Pt/l)	35	34	6	64	170
Suspenderet stof (mg/l)	21	13	1	231	174
Konduktivitet (mS/m)	78	40	17	4744	172
Relativt plantedækket areal (%)	22,7	9,6	0	92,1	118
Relativt plantedækket volumen (%)	11,3	2,3	0	83,0	118
Plantedybdegrænse (m)	1,8	1,7	0,3	7,5	106
Antal arter af undervandsplanter	9,2	7,5	1,0	33,0	106
Type 10 (dyb, alkalisk, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	5,4	4,9	3,0	10,4	56
Maksimumdybde (m)	12,4	10,0	4,2	45,7 ¹⁾	57
Søareal (ha)	95,2	12,5	2,1	1660,0	64
Totalfosfor (mg P/l)	0,062	0,042	0,006	0,386	60
Totalkvælstof (mg N/l)	0,86	0,76	0,20	2,52	60
Sigtdybde (m)	3,2	3,0	0,7	7,2	65
Klorofyl a (µg/l)	20,0	9,4	2,1	106,5	65
Alkalinitet (meq/l)	2,28	2,22	0,20	4,72	65
pH	8,4	8,3	7,5	9,5	65
Farvetal (mg Pt/l)	14	13	1	33	63
Suspenderet stof (mg/l)	5	4	1	29	65
Konduktivitet (mS/m)	43	40	10	86	65
Relativt plantedækket areal (%)	18,2	12,0	0	68,6	50
Relativt plantedækket volumen (%)	3,3	0,8	0	30,7	50
Plantedybdegrænse (m)	4,8	4,6	0,2	12,0	49
Antal arter af undervandsplanter	11,8	11,0	1,0	44,0	49

Type 11 (lavvandet, alkalisk, ufarvet, brak)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,9	0,6	0,2	3,0	42
Maksimumdybde (m)	1,6	1,2	0,3	4,5	39
Søareal (ha)	111,9	16,5	4,9	1593,0	44
Totalfosfor (mg P/l)	0,226	0,161	0,025	1,400	44
Totalkvælstof (mg N/l)	1,54	1,23	0,60	7,11	44
Sigtdybde (m)	0,7	0,6	0,1	1,8	46
Klorofyl a (µg/l)	51,1	40,4	3,9	193,7	46
Alkalinitet (meq/l)	2,99	2,80	0,96	7,38	46
pH	8,6	8,6	7,1	9,5	46
Farvetal (mg Pt/l)	36	36	14	66	46
Suspenderet stof (mg/l)	29	18	4	117	46
Konduktivitet (mS/m)	1222	944	44	4650	46
Salinitet (‰)	7,95	5,90	0,56	29,60	45
Relativt plantedækket areal (%)	24,3	8,7	0	81,4	34
Relativt plantedækket volumen (%)	14,1	4,6	0	69,7	34
Plantedybdegrænse (m)	1,1	0,9	0,2	4,0	32
Antal arter af undervandsplanter	5,5	5,0	1,0	14,0	32
Type 12 (dyb, alkalisk, ufarvet, brak)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	4,8	3,5	3,1	8,9	4
Maksimumdybde (m)	7,7	6,8	3,1	14,1	4
Søareal (ha)	9,5	7,2	5,0	18,8	4
Totalfosfor (mg P/l)	0,139	0,082	0,028	0,363	4
Totalkvælstof (mg N/l)	0,95	0,89	0,86	1,15	4
Sigtdybde (m)	1,8	1,5	0,8	3,4	4
Klorofyl a (µg/l)	33,4	34,9	7,1	56,6	4
Alkalinitet (meq/l)	3,58	3,53	3,06	4,18	4
pH	8,3	8,3	7,7	9,0	4
Farvetal (mg Pt/l)	14	14	13	15	4
Suspenderet stof (mg/l)	10	10	2	16	4
Konduktivitet (mS/m)	244	179	151	468	4
Salinitet (‰)	1,47	1,21	0,98	2,48	4
Relativt plantedækket areal (%)	16,7	0,1	-	50,0	3
Relativt plantedækket volumen (%)	4,7	0,0	-	14,0	3
Plantedybdegrænse (m)	4,4	4,4	2,8	5,9	2
Antal arter af undervandsplanter	8,0	8,0	4,0	12,0	2
Type 13 (lavvandet, alkalisk, farvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,8	0,7	0,1	2,7	59
Maksimumdybde (m)	2,0	1,6	0,3	7,8	66
Søareal (ha)	31,9	10,2	1,9	450,0	67
Totalfosfor (mg P/l)	0,336	0,197	0,020	3,273	69
Totalkvælstof (mg N/l)	1,95	1,62	0,70	5,32	69
Sigtdybde (m)	0,7	0,7	0,1	2,6	75
Klorofyl a (µg/l)	92,3	53,1	4,8	797,7	76
Alkalinitet (meq/l)	2,20	1,99	0,14	6,08	76
pH	8,2	8,2	7,0	9,7	75
Farvetal (mg Pt/l)	97	82	45	406	75
Suspenderet stof (mg/l)	29	14	2	226	76
Konduktivitet (mS/m)	53	37	13	554	73
Relativt plantedækket areal (%)	27,5	20,4	0	85,1	49
Relativt plantedækket volumen (%)	16,1	8,3	0	68,9	49
Plantedybdegrænse (m)	1,2	1,1	0,2	5,2	47
Antal arter af undervandsplanter	11,4	9,0	2,0	38,0	47

Type 14 (Dyb, alkalisk, farvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	4,8	4,8	4,5	5,0	2
Maksimumdybde (m)	9,4	9,4	8,8	10,0	2
Søareal (ha)	12,0	12,0	7,9	16,0	2
Totalfosfor (mg P/l)	-	-	0,044	0,044	1
Totalkvælstof (mg N/l)	-	-	1,46	1,46	1
Sigtdybde (m)	1,7	1,7	1,6	1,9	2
Klorofyl a (µg/l)	27,5	27,5	18,5	36,5	2
Alkalinitet (meq/l)	3,26	3,26	3,03	3,49	2
pH	8,3	8,3	8,2	8,3	2
Farvetal (mg Pt/l)	76	76	64	88	2
Suspenderet stof (mg/l)	6	6	4	8	2
Konduktivitet (mS/m)	52	52	48	56	2
Salinitet (‰)	-	-	-	-	0
Relativt plantedækket areal (%)	5,7	5,7	5,7	5,7	1
Relativt plantedækket volumen (%)	0,8	0,8	0,8	0,8	1
Plantedybdegrænse (m)	3,7	3,7	3,7	3,7	1
Antal arter af undervandsplanter	8,0	8,0	8,0	8,0	1
Type 15 (lavvandet, alkalisk, farvet, brak)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,4	0,3	0,1	2,3	18
Maksimumdybde (m)	0,9	0,7	0,1	3,8	17
Søareal (ha)	18,8	9,2	5,1	117,0	18
Totalfosfor (mg P/l)	0,890	0,364	0,060	4,320	20
Totalkvælstof (mg N/l)	4,18	3,39	1,38	12,67	20
Sigtdybde (m)	0,3	0,3	0,1	0,8	20
Klorofyl a (µg/l)	119,8	91,2	17,2	586,9	20
Alkalinitet (meq/l)	3,93	3,52	2,04	7,65	20
pH	8,7	8,7	7,5	9,8	20
Farvetal (mg Pt/l)	104	109	36	157	20
Suspenderet stof (mg/l)	108	47	8	1047	20
Konduktivitet (mS/m)	1229	1182	78	3898	19
Salinitet (‰)	7,22	6,38	0,80	24,32	20
Relativt plantedækket areal (%)	24,8	17,4	0	76,2	13
Relativt plantedækket volumen (%)	16,4	12,8	0	67,0	13
Plantedybdegrænse (m)	0,7	0,4	0,1	2,3	12
Antal arter af undervandsplanter	4,9	4,0	1,0	15,0	12

8 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 nødvendig, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes. Der kan også være tale om mere generelle og vedvarende klimaforandringer i eksempelvis temperatur og nedbørsmønster, som kan påvirke søernes tilstand.

Klimadata er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://novana.dmi.dk/novana>). 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'ene "klippet" ved 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 fordamper uden at blive registreret). Disse faktorer vil kunne have indflydelse på de faktiske værdier. For datagrundlag og beregningsmetoder af ferskvandsafstrømningen henvises til Thodsen m.fl. (2016).

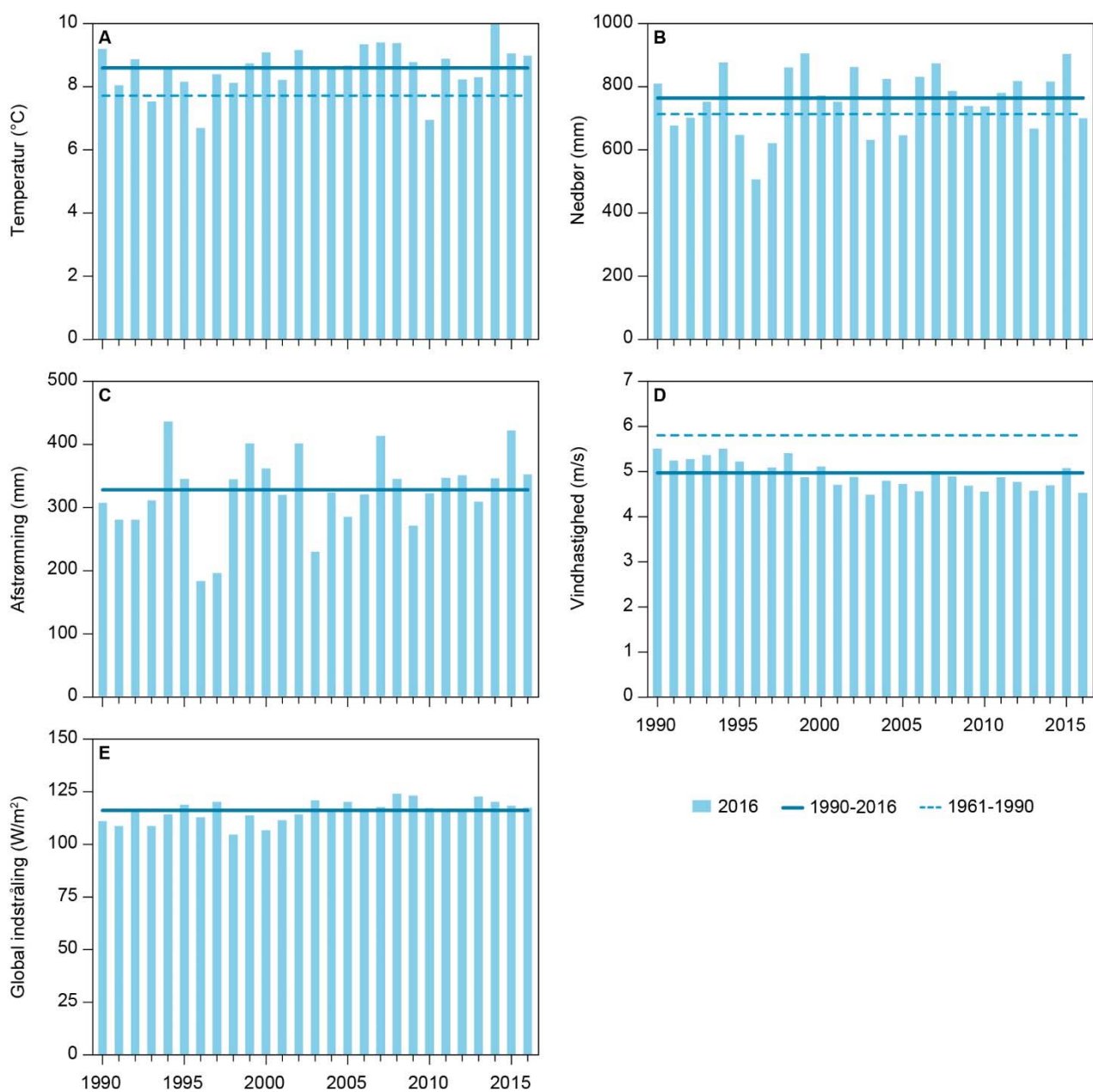
I nærværende kapitel gives der en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2016 sammenlignet med perioden 1990-2015 samt "normalperioden", der er defineret som årene 1961 til 1990.

8.1 Temperatur og global indstråling

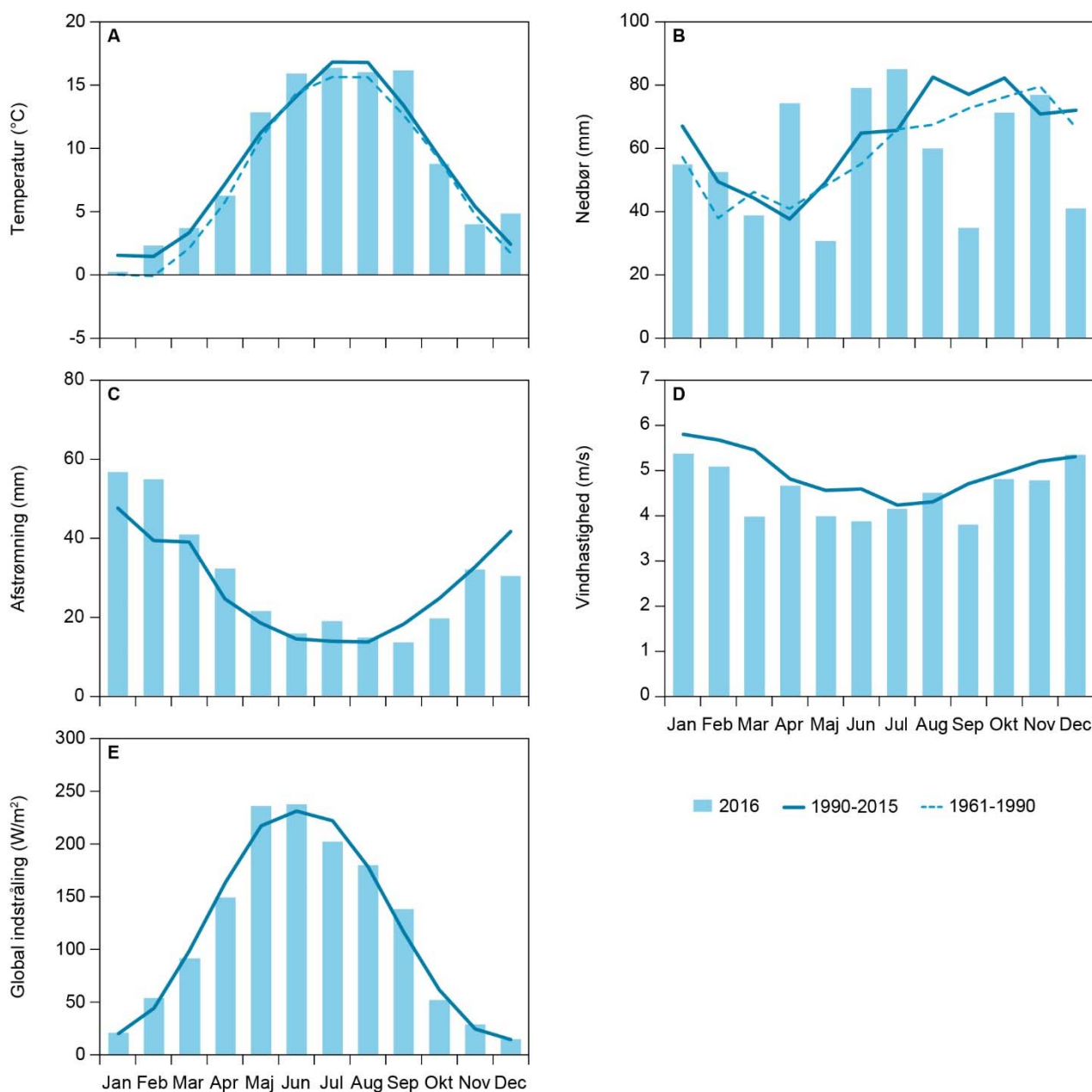
Årsmiddeltemperaturen for hele Danmark var i 2016 på 9,00 °C, hvilket var 0,41 grad højere end gennemsnittet for perioden 1990-2016 (8,59 °C) (figur 8.1A). Temperaturen var 1,29 højere end gennemsnittet for perioden 1961-1990 (7,71 °C). Temperaturen i september og december var markant højere end normalen for perioden 1990-2016 (figur 8.2A).

Årsmiddelværdien for den globale indstråling varierer kun lidt fra år til år (figur 8.1E). I 2016 var den marginalt højere end normalen for de forrige 26 år, og dette skyldes primært en lidt højere indstråling i maj, juni og september (figur 8.2E).

Vandtemperaturerne i søerne bliver målt 19 gange pr. år i KU-søerne. Hver sø bliver fra 2015 målt hvert andet år sammen med de vandkemiske parametre. Resultaterne for 2015 og 2016 bliver afrapporteret samlet i år, da der nu foreligger et samlet datasæt for KU-søerne fra 2015-2016 (figur 8.3). Igennem hele 2015/2016 følger vandtemperaturerne i søerne næsten normalen for perioden 1990-2016. Juni og september skiller sig dog lidt ud som følge af højere indstråling end normalen.



Figur 8.1. Årsværdier for lufttemperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) for Danmark i 2016. Desuden er gennemsnit for perioderne 1961-1990 (stiplet linje (dog ikke for ferskvandsafstrømning og global indstråling)) og 1990-2016 (linje) indlagt. Data fra hele Danmark.



Figur 8.2. Månedsværdier for temperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) i 2016 samt gennemsnit for perioderne 1961-1990 og 1990-2015 (førstnævnte dog ikke for global indstråling, vindhastighed og ferskvandsafstrømningen). Data fra hele Danmark.

8.2 Nedbør

Ofte er der på årsbasis ikke store forskelle i nedbørsmængden fra år til år, men året 2016 var et relativt tørt år med kun 701 mm nedbør. Det er lavere end gennemsnittet for begge perioderne 1961-1990 (714 mm) og 1990-2015 (763 mm) (figur 8.1B). I syv af månederne var nedbøren lavere end normalen, men i april, juni og juli regnede det usædvanligt meget (figur 8.2B).

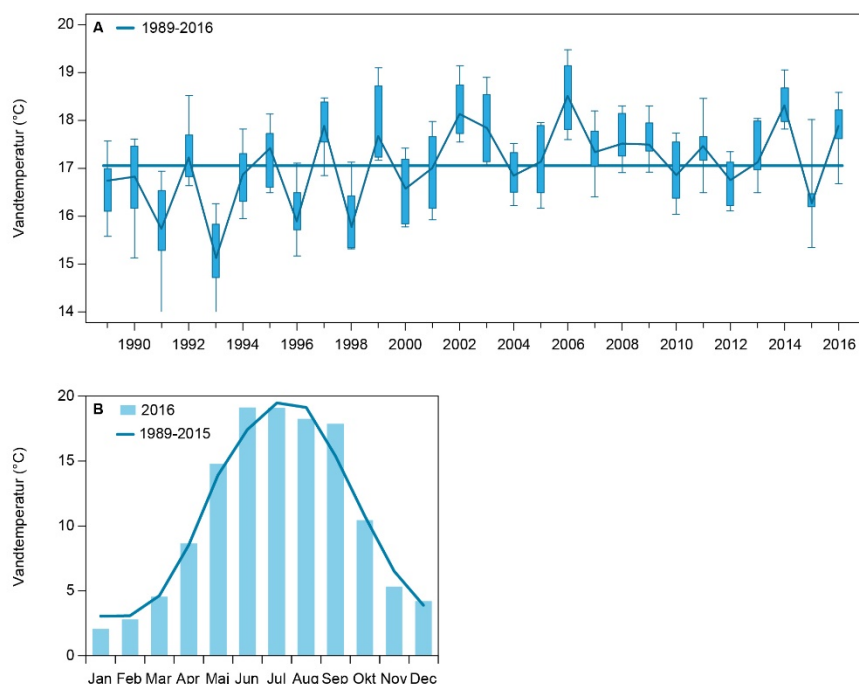
8.3 Afstrømning

Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning er på årsbasis tæt korreleret med nedbørsmængden og var i 2016 på 353 mm, hvilket er marginalt højere end i hele perioden 1990-2015 (328 mm). Afstrømningen var markant højere end normalt i januar og februar, men også foråret var præget af meget nedbør (figur 8.1C og 8.2C).

8.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige årlige vindhastighed for hele Danmark varierer ikke meget fra år til år og har de seneste 10 år ligget mellem 4,5 og 5,0 m/s (figur 8.1D). I 2016 lå den på 4,5 m/s, hvilket er lidt under normalen for perioden 1990-2015 (5,0 m/s). Kun august og december havde højere gennemsnitlig vindhastighed end normalen for perioden 1989-2015 (figur 8.2.D).

Figur 8.3. Øverst: Årsværdier for median af gennemsnitlig vandtemperatur i overfladevandet i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling, for sommerperioden i årene 1989 til 2016. Nederst: Månedsværdier for den gennemsnitlige vandtemperatur i de 15 søer i 2016 (søjler) samt gennemsnittet for perioden 1989-2015 (blå kurve).

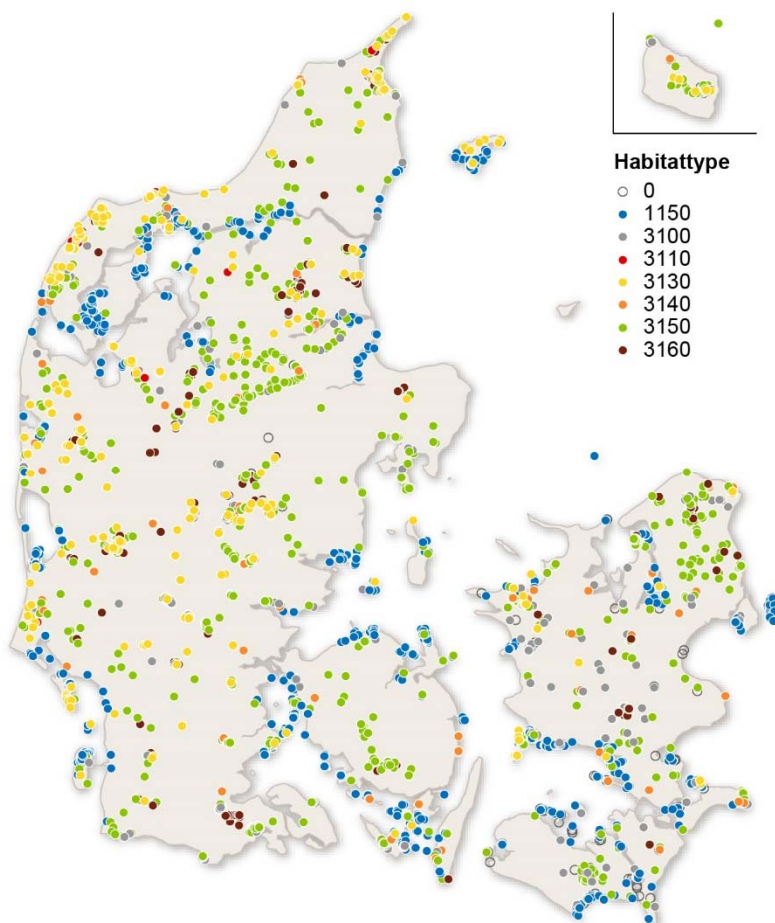


9 Habitatnaturtyper i vandhuller og småsøer <5 ha

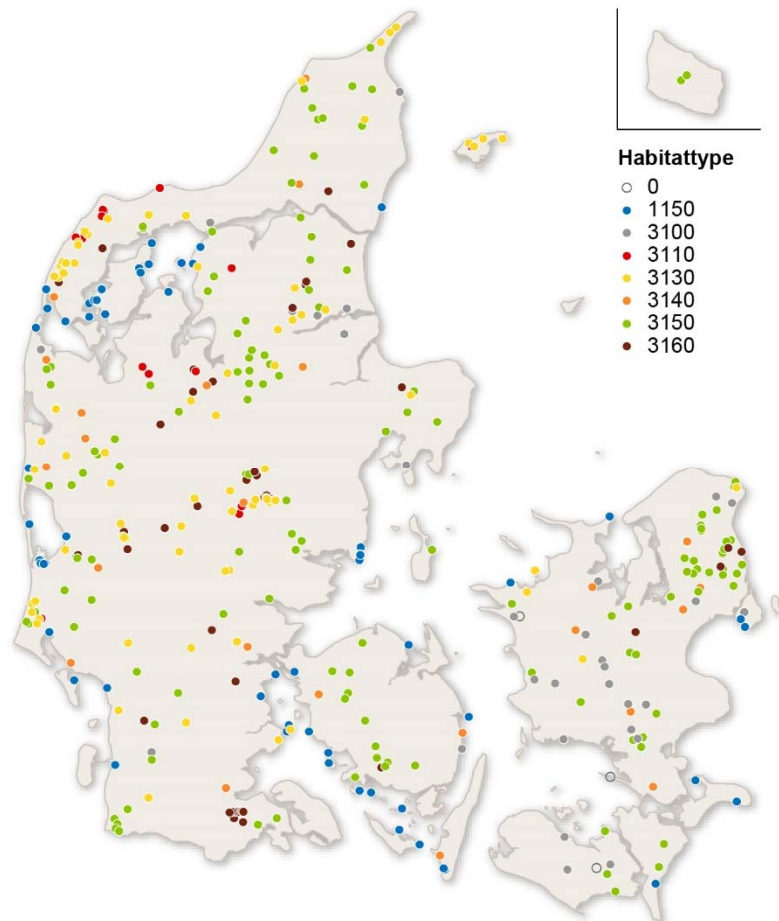
Kortlægningen af habitatnaturtyper i søer <5 ha omfattede i perioden 2011-2016 i alt 3023 vandhuller og småsøer, herefter kaldet søer i dette kapitel. Af disse var 411 inkluderet i kontrolovervågningen af sønaturtyperne. I alt 604 søer blev kortlagt, samtidig med at der i disse søer blev foretaget vurdering af levesteder for stor vandsalamander og klokkefrø. Figur 9.1 viser placeringen af alle de kortlagte søer. En oversigt over habitatnaturtyper i søer findes i kapitel 2 og tillige i tabel 9.1 og 9.2. 16 søer i kortlægningen er bestemt som klitlavning. Disse er ikke inkluderet i denne opgørelse. To søer er fejlagtigt registreret som både type 3130 og type 3140 Disse er heller ikke inkluderet. Det skal bemærkes, at der endnu ikke foreligger en fuldstændig kortlægning af alle sønaturtyperne i Natura 2000-områder. Det er anslået, at der findes i alt ca. 10.000 vandhuller og småsøer <5 ha i Natura 2000-områder i Danmark.

De fleste af de undersøgte søer findes inden for Natura 2000-områderne. Søerne i kontrolovervågningen er dog fordelt over hele landet, og en del af disse findes altså uden for Natura 2000-områder. Figur 9.2 viser placeringen af søerne i kontrolovervågningen.

Figur 9.1. Placering af alle kortlagte vandhuller og småsøer <5 ha (inkl. dem, der er indeholdt i kontrolovervågningen) i perioden 2011-2016. De enkelte habitatnaturtyper (se tabel 9.1) er markeret med hver sin farve. 0=naturtype er ikke angivet.



Figur 9.2. Placering af vandhuller og småsøer <5 ha, der er indeholdt i kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i perioden 2011-2016. De enkelte habitatnaturtyper (se tabel 9.2) er markeret med hver sin farve.



I det følgende behandles først alle de 3023 søer samlet og derefter behandles de 411 søer i kontrolovervågningen særskilt. De to grupper af søer er undersøgt efter samme program. Dog suppleres kortlægningsdata i kontrolovervågningen med analyse af nogle enkelte vandkemiske nøgleparametre. Enkelte søer er i perioden 2011-2016 undersøgt både i kortlægningen af naturtyper og i ovenfor nævnte levestedsvurdering. I disse tilfælde er kun resultater af kortlægningen medtaget her.

9.1 Kortlægning

Fordelingen af søerne på de enkelte habitatnaturtyper (bestemt i henhold til habitatnøglen, der findes på MST's hjemmeside) ses af tabel 9.1.

Cirka en tredjedel af de undersøgte søer blev bestemt til type 3150 (næringsrige søer); denne type udgør dermed størstedelen af søerne. Den næsthøypigste type var type 1150 (kystlaguner og strandsøer), som udgjorde lidt over en fjerdedel af alle søerne. Type 3130 (søer med små amfibiske planter ved bredden) udgjorde omkring 11 % af søerne, mens type 3160 (brunvandede søer) og type 3140 (kransnålalgesøer) udgjorde hhv. 9 og 5 % af søerne. Type 3110 (lobeliesøer) var den mest sjældne naturtype, idet den udgjorde lidt under 2 % af de undersøgte søer. Knap 10 % af søerne, der blev undersøgt, kunne ikke henføres til nogen naturtype, mens der for ca. 5 % af søerne ikke er angivet nogen naturtype. Dette kan f.eks. skyldes, at undersøgelsen måtte opgives, fordi søen på undersøgelsestidspunktet var udtørret, eller at tilgang til søen var umulig.

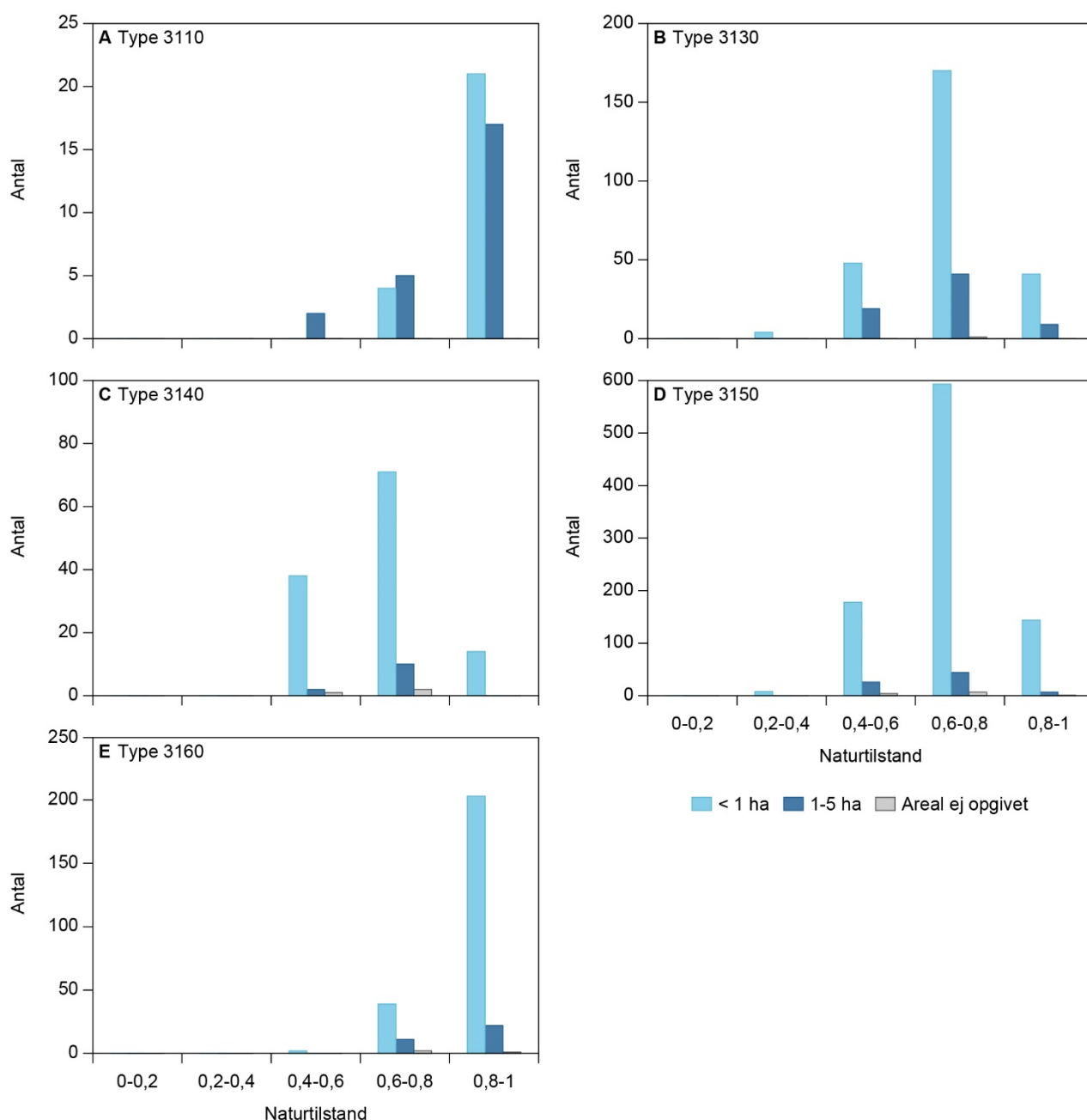
Tabel 9.1. Fordeling af vandhuller og småsøer <5 ha i kortlægningen af habitatnaturtyper i søer. Søerne er opdelt i størrelsesgrupperne over og under 1 ha. Søer, der indgår i kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer, er inkluderet, hvoraf en del ligger udenfor Natura 2000-områder.

Habitatnaturtype		Antal				
Nr.	Beskrivelse	<1 ha	1-5 ha	Areal ej oplyst	I alt	%-vis andel
1150	Kystlaguner og strandsøer	705	70	20	795	26
3110	Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobelie-søer)	25	24		49	2
3130	Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden	263	69	1	333	11
3140	Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger	123	12	3	138	5
3150	Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks	923	77	12	1012	33
3160	Brunvandede søer og vandhuller	244	33	3	280	9
3100	Søer og vandhuller, der ikke kan henføres til en af habitatnaturtyperne	256	18	5	279	9
0	Naturtype kan ikke bestemmes, f.eks. pga. udtørring på undersøgelsestidspunktet	79		58	137	5
		2618	303	102	3023	100

På baggrund af de indsamlede artslistes og registrering af strukturelle indikatorer ved kortlægningen (se kapitel 2) kan naturtilstanden for hver af søerne beregnes (se Fredshavn 2009). Resultatet af denne beregning er en indeksværdi mellem 0 og 1. Jo tættere værdien ligger på 1, des mere uforstyrret anses søen for at være. Indeksværdierne kan oversættes til naturtilstand, hvor 0-0,2=dårlig, 0,2-0,4=ringe, 0,4-0,6=moderat, 0,6-0,8=god, 0,8-1=høj. Beregningen af naturtilstanden knytter sig til naturtypen for den enkelte sø, og fordelingen af søer på de enkelte tilstandsklasser (i interval af 0,2) ses i figur 9.3. Der er ikke udviklet et tilstandsvurderingssystem for type 1150, og søer af denne type indgår derfor ikke i disse beregninger.

De 49 søer af type 3110 var ligeligt fordelt mellem søer mindre end 1 ha og søer mellem 1 og 5 ha. Størstedelen af søerne (ca. 80 %) havde en naturtilstandsværdi på 0,8-1. Blandt de øvrige søtyper havde størstedelen af søerne et areal på mindre end 1 ha. Søer af type 3160 var, som for type 3110, repræsenteret ved søer, som havde relativt høje naturtilstandsværdier, idet næsten en fjerdedel af søerne af denne type, totalt set, havde værdier mellem 0,8 og 1. For søer af type 3130, 3140 og 3150 var tilstandsværdierne lavere. De fleste lå mellem 0,4 og 0,8, størstedelen i intervallet 0,6-0,8. Som helhed var der meget få søer, der havde en naturtilstand under 0,4.

Det skal understreges, at disse resultater ikke nødvendigvis er repræsentative for søerne i Natura 2000-områder i Danmark. I de kommende år skal alle vandhuller og småsøer i Natura 2000-områder kortlægges, og først derefter kan man give en total oversigt over de enkelte sønaturtypers naturtilstand i disse områder. Endvidere gøres der opmærksom på, at nogle af de undersøgte søer i kontrolovervågningen som før nævnt ikke findes i Natura 2000-områder. Det drejer sig dog kun om et mindre antal, og udeladelse af disse søer forventes ikke at rykke væsentligt ved det generelle billede.



Figur 9.3. Antallet af søer i kortlægningen med beregnet naturtilstandsindeks inddelt i grupper på hhv. 0-0,2 (dårlig naturtilstand); 0,2-0,4 (ringe naturtilstand); 0,4-0,6 (moderat naturtilstand); 0,6-0,8 (god naturtilstand) og 0,8-1 (høj naturtilstand). Søerne er fordelt på typerne 3110, 3130, 3140, 3150 og 3160 (se tabel 9.1) og er opdelt i grupper med areal <1 ha, 1-5 ha og uden opgivet areal. Bemærk forskellige skalaer på y-akserne i de enkelte delfigurer.

9.2 Kontrolovervågning

9.2.1 Resultater fra perioden 2011-2016

Ved udvælgelsen af søer til kontrolovervågningen blev det tilstræbt, at der blandt søerne skulle være en så ligelig fordeling af de enkelte søtyper som muligt. Ligeledes blev det forsøgt at opnå en nogenlunde ligelig fordeling mellem søer med et areal mindre end 1 ha og søer med et areal på 1-5 ha. Udvalget blev primært foretaget blandt søer, som tidligere var undersøgt i den nationale overvågning (Ekstensiv-2 eller Ekstensiv-3 søer, se kapitel 2), eller som var indeholdt i en screeningsundersøgelse af vandhuller og små-

søer, der blev foretaget i 2007. Endvidere blev der taget hensyn til den geografiske fordeling. Blandt disse kendte søer viste det sig, at det ikke var muligt at opnå den ønskede fordeling mellem naturtyperne. Der blev derfor suppleret med søer, som var undersøgt i andre sammenhænge, eller der blev foretaget tilfældig udvælgelse af søer, som ikke var undersøgt før, men hvor der var en begrundet formodning om, at den ønskede naturtype blev fundet. Søerne i kontrolovervågningen afspejler således ikke sammensætningen af vandhuller og småsøer <5 ha i Danmark generelt; målet var at opnå et generelt billede af hver af de seks naturtyper nævnt i tabel 9.1 og 9.2, og at hver type ville udgøre ca. 1/6 eller 17 % af den totale mængde af søer i kontrolovervågningen. Det skal dog bemærkes, at det på forhånd var erkendt, at lobeliesøerne (type 3110) formentlig ikke kunne findes i et antal, så de udgjorde 17 % af søerne.

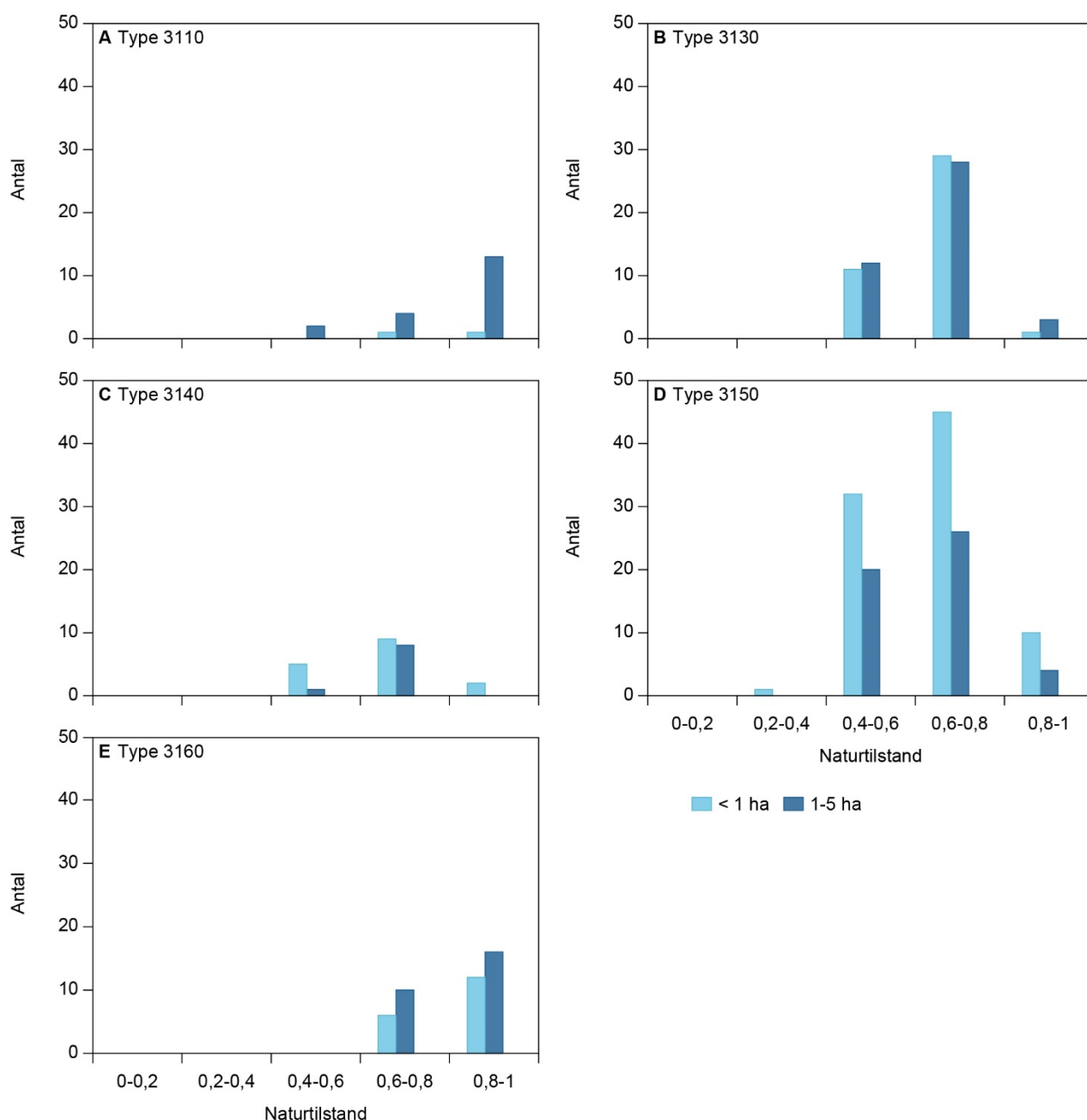
Fordelingen af de 411 søer i kontrolovervågningen på naturtyper og størrelseses i tabel 9.2. Det fremgår, at den ovennævnte ønskede fordeling mellem søtyperne ikke blev opnået, da en del af søerne blev bestemt til at være en anden type, end hvad der var forventet. Type 3110 udgjorde som ventet en mindre del af den samlede mængde af søer, nemlig 5 %. Omtrent en tredjedel af søerne blev, som for den samlede mængde af søer (se afsnit 9.1), bestemt til type 3150. Type 3130 og 1150 udgjorde 16-20 % af søerne (hvilket er ret tæt på den ønskede andel af hver type), mens type 3140 og 3160 udgjorde henholdsvis 6 og 11 % af søerne i kontrolovervågningen. Omkring 8 % kunne ikke henføres til nogen naturtype.

Tabel 9.2. Fordeling af vandhuller og småsøer <5 ha i kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer. Søerne er opdelt i størrelsesgrupperne over og under 1 ha.

Habitatnaturtype		Antal		
Nr.	Beskrivelse	<1 ha	1-5 ha	I alt
1150	Kystlaguner og strandsøer	35	30	65
3110	Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer)	2	19	21
3130	Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden	41	43	84
3140	Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger	16	9	25
3150	Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks	88	50	138
3160	Brunvandede søer og vandhuller	18	26	44
3100	Søer og vandhuller, der ikke kan henføres til en af habitatnaturtyperne	21	10	31
0	Naturtype kan ikke bestemmes, f.eks. pga. udtørring på undersøgelsestidspunktet	3	0	3
		224	187	411

I figur 9.4 ses fordelingen af naturtilstanden af søerne i kontrolovervågningen, fordelt på de enkelte naturtyper.

Blandt søer af både type 3110 og 3160 i kontrolovervågningen havde ca. 2/3 en naturtilstand på 0,8-1. For de øvrige søtyper lå alle søer på en naturtilstandsværdi mellem 0,4 og 0,8 (flest mellem 0,6 og 0,8), bortset fra en enkelt sø i 3150, hvor værdien var 0,34.



Figur 9.4. Antallet af søer i kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer med beregnet naturtilstandsindex på hhv. 0-0,2 (dårlig naturtilstand); 0,2-0,4 (ring naturtilstand); 0,4-0,6 (moderat naturtilstand); 0,6-0,8 (god naturtilstand) og 0,8-1 (høj naturtilstand). Søerne er fordelt på typerne 3110, 3130, 3140, 3150 og 3160 (se tabel 9.2) og er for hver type opdelt i grupper med areal <1 ha og 1-5 ha.

9.2.2 Vandkemiske undersøgelser

Som nævnt bliver kortlægningsdata i kontrolovervågningen suppleret med en analyse i vandoverfladen af vandkemiske nøgleparametre (se kapitel 2). Tabel 9.3 giver en oversigt over resultater af analyser af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og alkalinitet. Kun søer, der er registreret med observationsstednr. i naturdatabasen, og som derfor kan kobles direkte til kemidata, der ligger i Overfladevandsdatabasen (ODA), er medtaget i tabel 9.3. I alt 315 søer er inkluderet i denne opgørelse. Det skal bemærkes, at der pga. de tidligere omtalte fejlanalyser i 2016 ikke findes resultater for totalfosfor og totalkvælstof fra dette år. Resultaterne af vandkemianalyserne dækker kun over en enkelt måling i hver sø i løbet af sommeren, og prøverne er taget på forskellige tidspunkter (juni-

september). Der gives dermed ikke nogen informationer om sæsonvariationen og kun et meget overordnet billede af de kemiske forhold i de enkelte søtyper. Resultaterne af kemianalyserne skal derfor tolkes meget forsigtigt, idet søernes næringsstofindhold varierede betydeligt i løbet af sæsonen.

Totalfosforkoncentrationen var generelt højest i søer af type 1150, hvor medianen var 0,2 mg/l i begge størrelsesgrupper. I søer <1 ha fandtes der også tilsvarende høje koncentrationer i søer af type 3150 og i søer, som ikke kunne henføres til nogen habitatnaturtype ("type" 3100); medianværdierne var her henholdsvis 0,2 og 0,3 mg/l. De laveste fosforkoncentrationer fandtes i lobeliesøerne (type 3110) – 0,02-0,03 mg/l. Medianværdierne af kvælstofkoncentrationerne varierede mindre end fosforkoncentrationerne; den laveste værdi fandtes i lobeliesøer (0,7 mg/l) <1 ha og varierede ellers mellem 1 og 1,8 mg/l. Klorofylkoncentrationen varierede også en del. De højeste værdier fandtes her i søer af type 3160 (ca. 40-50 µg/l), men også søer af type 1150 lå relativt højt – omkring 30 µg/l for begge størrelsesgrupper. Generelt var klorofylkoncentrationerne relativt lave i lobeliesøerne (medianværdi henholdsvis 3 og 13 µg/l i de to størrelsesgrupper), men også de større søer af type 3130 lå lavt (6 µg/l). Den laveste alkalinitet blev målt i søer af type 3160 (medianværdier omkring 0,05 mmol/l), og også de større søer af type 3110 og 3130 lå på dette niveau. Alle medianværdier for type 3110, 3130 og 3160 lå under 0,6 mmol/l. Medianværdierne for resten af søtyperne lå mellem ca. 2 og 4 mmol/l, heriblandt var alkaliniteten i søer af type 3150 blandt de laveste værdier.

Overordnet ser det altså ud til, at søer af type 1150 og søer, der ikke kan henføres til nogen naturtype ("type" 3100), er de mest næringsrige. Dette er ikke overraskende; brakvandssøer i andre dele af overvågningen hører også til blandt de mest næringsrige. Et højt næringsniveau, som ses i type 3100, vil oftest medføre dårlige forhold for undervandsplanter (lav dækningsgrad og få arter) og kan forklare, hvorfor disse søer ikke kan henføres til nogen habitatnaturtype. Det er heller ikke overraskende, at søer af type 3110 er de mest næringsfattige.

Tabel 9.3. Udvalgte vandkemiske parametre i vandhuller og småsøer <5 ha i kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer i perioden 2011-2016. Søerne er fordelt på type og i størrelsesgrupper over og under 1 ha. Bemærk, at resultaterne af totalfosfor og totalkvælstof fra 2016 ikke er med i tabellen.

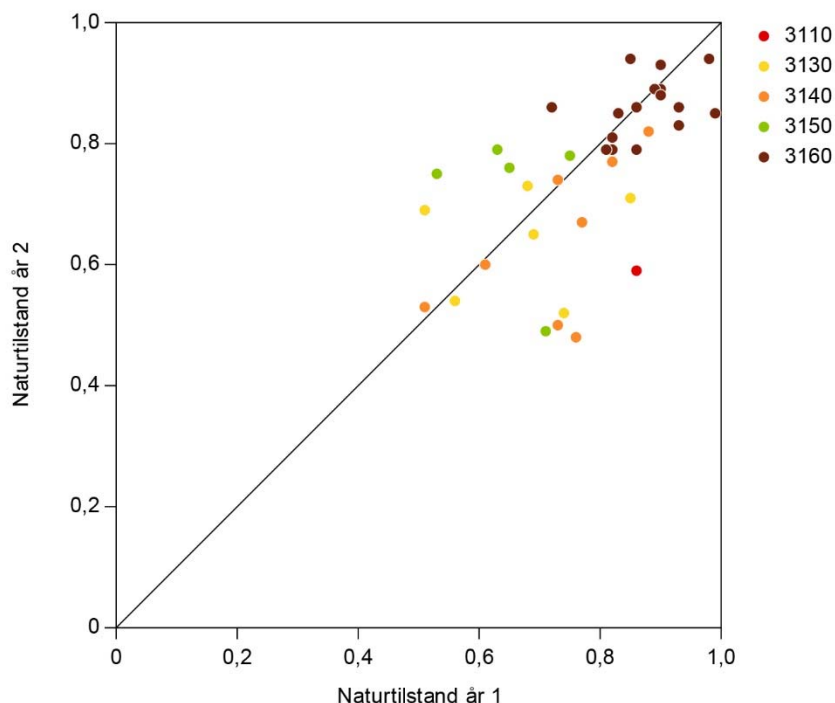
		Naturtype		1150		3110		3130		3140		3150		3160		3100	
	Størrelse	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha	<1 ha	1-5 ha
Totalfosfor (mg/l)	Antal	30	12	2	17	32	28	9	1	70	19	11	15	15	1		
	Median	0,215	0,200	0,016	0,032	0,073	0,042	0,024	0,050	0,210	0,070	0,088	0,082	0,320	0,037		
	Gennemsnit	0,549	0,600	0,016	0,036	0,215	0,072	0,132	0,050	0,477	0,179	0,134	0,200	0,965	0,037		
	Minimum	0,039	0,028	0,011	0,003	0,008	0,005	0,013	0,050	0,012	0,030	0,017	0,013	0,048	0,037		
	Maksimum	3,400	3,900	0,020	0,079	2,400	0,340	0,440	0,050	3,200	0,610	0,290	1,300	4,900	0,037		
Totalkvælstof (mg/l)	Antal	30	12	2	17	32	28	9	1	70	19	11	15	15	1		
	Median	1,700	1,650	1,200	0,670	1,200	1,050	0,990	1,600	1,600	0,960	1,100	1,000	1,800	1,100		
	Gennemsnit	2,286	1,789	1,200	0,811	2,018	1,140	1,431	1,600	2,049	1,103	1,350	1,225	2,949	1,100		
	Minimum	0,470	0,840	1,100	0,350	0,310	0,340	0,700	1,600	0,510	0,280	0,660	0,340	0,810	1,100		
	Maksimum	16,000	3,500	1,300	1,800	9,900	4,000	3,000	1,600	8,700	2,500	2,800	3,500	12,000	1,100		
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	Antal	32	17	2	17	36	35	12	3	72	25	13	23	18	4		
	Median	32,5	34,0	3,4	13,0	25,5	5,9	11,5	56,0	18,5	16,0	53,0	41,0	22,0	13,5		
	Gennemsnit	53,2	81,1	3,4	20,1	47,6	27,0	32,5	42,3	55,1	56,0	114,9	97,7	83,1	37,7		
	Minimum	4,3	2,6	2,7	1,1	1,5	0,7	2,0	12,0	1,0	1,1	8,2	3,7	2,3	3,7		
	Maksimum	320,0	600,0	4,1	56,0	270,0	180,0	150,0	59,0	380,0	300,0	430,0	470,0	670,0	120,0		
Alkalinitet (mmol/l)	Antal	32	17	2	18	33	36	12	3	75	25	14	23	18	4		
	Median	3,75	2,90	0,56	0,05	0,45	0,06	3,30	3,40	2,50	2,00	0,05	0,06	3,90	2,80		
	Gennemsnit	4,00	4,08	0,56	0,09	0,94	0,37	3,18	3,30	2,72	2,22	0,16	0,33	3,91	2,78		
	Minimum	0,41	1,50	0,31	-0,01	-0,01	-0,06	0,17	3,10	0,05	0,26	-0,07	-0,07	0,39	-0,08		
	Maksimum	14,00	12,00	0,81	0,38	5,30	2,40	7,40	3,40	6,90	4,50	0,49	3,10	6,50	5,60		

9.2.3 Sammenligning med tidligere undersøgelser

Som ovenfor beskrevet er en stor del af søerne i kontrolovervågningen også undersøgt før i perioden 2011-2016. For disse søer er det dermed muligt at sammenligne resultaterne fra to undersøgelser, der er foretaget med nogle års mellemrum. I den nævnte screeningsundersøgelse i 2007 blev naturtypen også bestemt, og der blev indsamlet de nødvendige data, således at naturtilstanden kan beregnes. I næsten halvdelen af tilfældene (54 af 119 søer – se nedenfor) er der for en given sø dog ikke bestemt samme naturtype ved første og anden undersøgelse. Som nævnt er naturtilstanden knyttet til naturtypen, og derfor er der kun foretaget sammenligning af naturtilstanden, hvis søen er bestemt til samme naturtype ved de to undersøgelser.

En GIS-analyse foretaget af Miljøstyrelsen på baggrund af data i Naturdata-basen viser, at 119 af de 411 søer, som er kortlagt i kontrolovervågningen i perioden 2011-2016, tillige blev undersøgt ved screeningsundersøgelsen i 2007. For 65 (hvoraf 29 er bestemt til type 1150) af disse søer er naturtypen bestemt til den samme ved de to undersøgelser. Det er ikke klart, hvorfor så mange af søerne ikke er bestemt til samme naturtype i begge undersøgelser. Siden 2007 er der opnået en større erfaring med dette arbejde, de tekniske anvisninger og retningslinjer er gentagne gange blevet præciseret, og der er opnået en fælles forståelse for disse. Endelig kan det ikke udelukkes, at plante-samfundet i en sø har ændret sig, og at dette vil give anledning til en ændring i bestemmelse af naturtypen. Som nævnt er der ikke udviklet et tilstandsvurderingssystem for type 1150. Derfor er det valgt kun at sammenligne naturtilstanden for i alt 36 søer. Figur 9.5 viser en grafisk afbildning af sammenligningen mellem de to undersøgelser for hver enkelt af de 36 søer.

Figur 9.5. Sammenligning af naturtilstand for 36 søer, der er undersøgt henholdsvis i 2007 og én gang i kontrolovervågningen i perioden 2011-2016, og som har samme naturtype ved hver undersøgelse. Hvert punkt repræsenterer én sø. 1:1 linje er indsat.

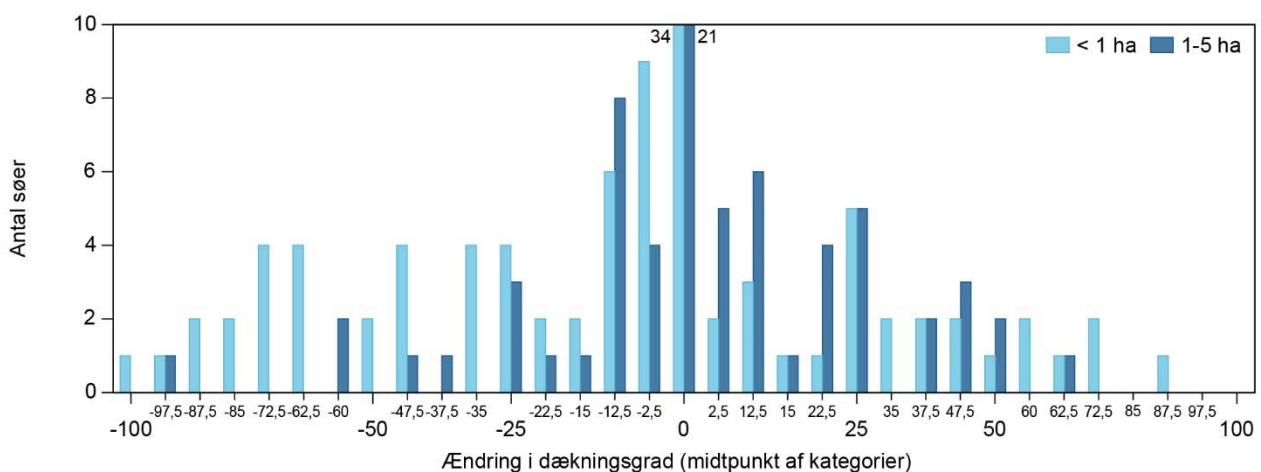


Samlet set er der 22 søer, hvor forskellen i naturtilstandsværdien mellem de to undersøgelsesår var mindre end 0,1. I ni af de resterende søer var naturtilstanden højest i den første undersøgelse, mens den for fem af søerne var højest i den seneste undersøgelse. Datamaterialet er meget sparsomt, og der er derfor ikke foretaget statistisk analyse af resultaterne, og der bør ikke foretages

yderligere tolkninger af udviklingen af naturtilstanden i søerne på baggrund af disse resultater.

En anden måde at få et indtryk af udviklingen i søerne kan være at fokusere på enkelte af de parametre, som indgår i beregning af naturtilstanden. For at undersøge en ændring i søernes tilstand på tværs af naturtyper kan man se på undervandsplanternes dækning. En god udbredelse af undervandsplanter er ofte et tegn på god vandkvalitet, og omvendt er planterne med til at give gode vilkår for søens øvrige organismer. Ud over kortlægningen i perioden 2011-2016 er i alt 178 af de 411 søer undersøgt enten i screeningsundersøgelsen i 2007, eller de har været undersøgt i overvågningsprogrammet som Ekstensiv-2 eller Ekstensiv-3 sø (se ovenfor). I kortlægningen og i screeningsundersøgelsen angives dækningsgraden på en skala fra 0 til 6. Hvert trin på skalaen svarer til følgende intervaller af dækningsgrader: 0:0 %, 1:>0-5 %, 2:>5-25 %, 3:>25-50 %, 4:>50-75 %, 5:>75-<100 %, 6:100 %. Hvis en sø tidligere har optrådt som en Ekstensiv-2 eller Ekstensiv-3 sø, er den eksakte dækningsgrad her omsat til en af de seks nævnte kategorier.

Figur 9.6 giver en oversigt over ændringerne i dækningsgraden i de søer, der er undersøgt to gange. Værdierne på x-aksen angiver ændringen i midtpunktet mellem to af de ovennævnte intervaller, negativt fortegn indikerer en reduktion i dækningsgraden, 0=ingen ændring, og positive værdier angiver en forøgelse i dækningsgraden.



Figur 9.6. Ændring i dækningsgraden mellem to undersøgelser i 178 søer. Forskellen er beregnet mellem to midtpunkter i de intervaller (se tekst) af dækningsgraden, der er registreret ved de to kortlægninger i samme sø. Alle naturtyper er inkluderet.

Blandt søerne med et areal <1 ha er der sket en reduktion i dækningsgraden i 44 % (47) af søerne og en forbedring i 24 % (25), og i 32 % (34) af søerne er der ikke sket nogen ændring. For søerne på 1-5 ha er der sket en reduktion i dækningsgraden i 30 % (22) af søerne, en forbedring i 40 % (29) og ingen ændring i 30 %, svarende til 21 søer. Overordnet ser det altså ud til, at lidt flere af søerne på 1-5 ha har gennemgået en forbedring end søerne med et areal <1 ha.

Samlet set er andelen af søer, hvor der er sket henholdsvis forbedring, reduktion og ingen ændring, næsten lige store (henholdsvis 30 %, 31 % og 38 %). De fleste ændringer i dækningsgraden ligger på +/- 12,5 %. Dette skal tages med forbehold, da sammenligningerne bygger på kun to undersøgelsesår.

10 Referencer

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

Boutrup, S., Holm, A.G., Bjerring, R., Johansson, L.S., Strand, J., Thorling, L., Brüsch, W., Ernsten, V., Ellermann, T. & Bossi, R. (2015): Miljøfremmede stoffer og metaller i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2004-2012. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 242 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 142 <http://dce2.au.dk/pub/SR142.pdf>

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

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.

Den Europæiske Union (2006): Kommissionens forordning (EF) nr. 1881/2006 af 19. december 2006 om fastsættelse af grænseværdier for bestemte forurenende stoffer i fødevarer. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&from=DA>

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.

Miljø- og Fødevareministeriet (2017): Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. BEK nr. 1625 af 19/12/2017.

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

Spry, D.J. & Wiener, J.G. (1990): Toxicity to fish in low-alkalinity lakes: A critical Review. Environmental Pollution 71, 243-304.

Thodsen, H., Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Ovesen, N.B., Rasmussen, J. & Kjeldgaard, A. (2016) Vandløb 2015. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 206 <http://dce2.au.dk/pub/SR206.pdf>

Bilag 1. Datagrundlag og metoder

Data i denne rapport er baseret på prøvetagninger ved fastlagte stationer i henholdsvis kontrolovervågningen og den operationelle overvågning af søer i NOVANA. For udvælgelse af stationer se afsnit 2. Frekvensen af prøvetagningen for de forskellige parametre fremgår ligeledes af afsnit 2.

Med hensyn til prøvetagningsmetodik for de enkelte parametre (kemiske og fysiske målinger i søvandet, prøvetagning i sediment, fiskeundersøgelser, planteundersøgelser, planktonprøvetagning og -oparbejdning og undersøgelser i naturtypesøer og artsovervågning) henvises der til de tekniske anvisninger for prøvetagning i søovervågningen på Fagdatacenter for ferskvands hjemmeside: <http://bios.au.dk/videnudveksling/fagdatacentre/fdcfersk/>.

De kemiske nøgledata og sigtddybde er præsenteret i tabeller og figurer for hver periode (et-flere år) ved gennemsnits-, median-, minimum- og maksimumværdier og i nogle tilfælde også ved 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler for det totale antal søer i den givne periode. Disse værdier er oftest baseret på de gennemsnitlige værdier af resultater fra sommerperioden (maj-september) og i nogle tilfælde på årsværdier for den enkelte sø.

Beregning af tidsvægtede gennemsnit

Årsgennemsnit: Der skal være minimum én måling i hver af de tre vinterperioder oktober-november, december-februar og marts-april samt minimum fire målinger i sommerperioden maj-september. Udregning af tidsvægtet gennemsnit for de enkelte parametre foregår på den måde, at der genereres en fiktiv start-observation med datoen 1. januar. Denne værdi er den samme som den første måling i året. Ligeledes genereres der en fiktiv slut-observation med dato 31/12 af samme værdi som den sidste måling i året. Herefter sker der en interpolering, således at hver dag i året får en værdi for den enkelte parameter. På grundlag af de målte og de interpolerede værdier beregnes et tidsvægtet gennemsnit for året som helhed.

Sommergennemsnit: Der skal være minimum fire målinger i perioden maj-september (begge inklusive). Som for årsgennemsnittet interpoleres der til dagsværdier, og sommergennemsnittet beregnes på baggrund af disse. Hvis der findes en måling minimum seks uger før en måling i maj, medtages denne i interpolationen. Hvis der ikke findes en måling minimum seks uger før maj, tildeles datoen 1/5 samme værdi som den første måling i maj. Tilsvarende for slutpunkter; hvis der findes en måling minimum seks uger efter målingen i september, tages denne med i interpolationen. Hvis der ikke findes en efterfølgende måling inden for seks uger efter målingen i september, får datoen 30/9 den samme værdi som den seneste september-måling.

Analyse af tidsmæssig udvikling i søerne i kontrolovervågningen af udvikling

For at vurdere eventuelle udviklingstendenser i søerne er der testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem overvågningsperioden eller eventuelt dele af overvågningsperioden har været en statistisk sikker ændring. Der er anvendt Mann-Kendall's ikke-parametriske test til at teste for monotome udviklingstendenser. Nulhypotesen er, at der ikke har været en udviklingstendens i overvågningsperioden, og den alternative hypotese er, at der er en statistisk sikker udviklingstendens. Vi har anvendt et signifikansniveau på 10 %, 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 %.

Kvalitetssikring

Data, der fra fagsystemerne (Stoq og Fiskbase) overføres til Overfladevands-databasen (ODA), undergår både automatisk og faglig godkendelse i Naturstyrelsen og DCE. Der pågår løbende en proces, hvor data i ODA bliver mærket efter denne kvalitetssikring. En beskrivelse af processen kan f.eks. ses i de datatekniske anvisninger på <http://bios.au.dk/videnudveksling/fagdata-centre/fdcfersk/>

[Tom side]

SØER 2016

NOVANA

Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2016 og beskriver udviklingen i udvalgte kemiske, fysiske og biologiske miljøindikatorer siden overvågningsens begyndelse i 1989. Generelt er tilstanden i søerne forbedret, men de største ændringer sås i de første 10 år af overvågningsperioden. I rapporten beskrives også forekomsten af miljøfarlige forurenende stoffer undersøgt i sedimentet og indholdet af kviksølv i fisk. For en mindre del af stofferne er der fastsat miljøkrav til sedimentet, og disse overskrides i nogle af søerne. Indholdet af kviksølv i fisk overstiger i størstedelen af fiskene vandrammedirektivets miljøkvalitetskrav, mens fødevarekravet overstiges i et fåtal af fiskene. Der gives en overordnet status for tilstanden i de 426 søer, der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2011-2016. Generelt er spændet for tilstanden af disse søer stort. Rapporten giver yderligere en oversigt over resultater af kortlægningen og kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i 3023 søer <5 ha. Næringsrige søer samt kystlaguner og strandsøer er de mest almindelige, mens lobeliesøer er den mest sjældne sønaturtype. I de fleste søer blev naturtilstanden beregnet til at være "god" eller "høj".

ISBN: 978-87-7156-309-2

ISSN: 2244-9981