



SØER 2017

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 307

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

SØER 2017

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 307

2019

Liselotte Sander Johansson
Martin Søndergaard
Frank Landkildehus

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. 307
Titel:	Søer 2017
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard & Frank Landkildehus
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2019
Redaktion afsluttet:	Februar 2019
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. 2019. Søer 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Videnskabelig rapport nr. 307. http://dce2.au.dk/pub/SR307.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten giver en status for den nationale søovervågning og omfatter data fra en række fysiske, kemiske og biologiske miljøindikatorer indsamlet til og med 2017. Søerne overvåges i henhold til EU's vandrammedirektiv og EU's habitatdirektiv via forskellige typer af overvågning. Kontrolovervågningen af tilstand omfattede i 2016-2017 i alt 64 søer, der som medianværdi havde et sommergennemsnitligt klorofylindhold på 40 µg/l og en sigtddybde på 1,29 m. For 29 af de 64 søer er der i de fleste tilfælde mindst otte års data, som er indsamlet i perioden 1989-2017. Udviklingen i disse søer viser, at sigtddybden generelt er øget, mens indholdet af klorofyl, totalkvælstof og totalfosfor er reduceret. De største ændringer er sket i løbet af 1990'erne, men for nogle parametre er udviklingen fortsat ind i 00'erne. I den operationelle overvågning af søernes tilstand er der i perioden 2011-2017 undersøgt i alt 447 søer. Denne overvågning har omfattet i alt 10 af de 11 danske søtyper, hvoraf søtype 9 og søtype 10 er de mest almindeligt undersøgte og tilsammen udgør 56% af søerne omfattet af den operationelle overvågning.
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan, NOVANA
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Hund Sø. Foto: Martin Søndergaard
ISBN:	978-87-7156-385-6
ISSN (elektronisk):	2244-9981
ISSN:	2445-6683
Sideantal:	42
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf): http://dce2.au.dk/pub/SR307.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 tilstand	7
0.3 Operationel overvågning af søernes tilstand	8
0.4 Klima og afstrømning	8
0.5 Fejlanalyser	8
1. Summary	9
1.1 The monitoring programme	9
1.2 Control monitoring of state	10
1.3 Operational monitoring of lake environmental state	11
1.4 Climate and runoff	11
1.5 Error analyses	12
2. Undersøgelsesprogrammet	13
2.1 Historik	13
2.2 Parametre i overvågningen	14
2.3 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet	15
2.4 Kontrolovervågning	15
2.5 Operationel overvågning	18
2.6 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer	18
3. Kontrolovervågning af søernes tilstand	19
3.1 Generel tilstand	19
3.2 Udviklingstendenser	20
3.3 Udvikling i KT-søer med lange tidsserier	23
4. Operationel overvågning af søernes tilstand	30
4.1 Generel tilstand	31
5. Klima og afstrømning	37
5.1 Temperatur og global indstråling	37
5.2 Nedbør	37
5.3 Afstrømning	38
5.4 Vindforhold	39
6. Referencer	40
Bilag 1. Datagrundlag og metoder	41

[Tom side]

Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NATuren (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2017.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og videngrundlag 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 Fødevareministeriet 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, der er ansvarlige for vandløb, søer, marine områder, landovervågning samt arter og naturtyper, er placeret hos Institut for Bioscience, Aarhus Universitet og fagdatacentret for atmosfæren hos Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for Ferskvand, og den har været i høring hos MST. Rapporten er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen. Parametrene i henholdsvis kontrolovervågningen og den operationelle overvågning undersøges med varierende frekvenser og ikke alle data afrapporteres hvert år. I dette års rapport præsenteres en status af kemiske og biologiske parametre i kontrolovervågning af søernes tilstand fra årene 2016 og 2017 samt en overordnet beskrivelse af udviklingen i perioden 1989-2017 i en del af søerne i denne del af overvågningen. Derudover vises en kort beskrivelse af søerne i den operationelle overvågning i perioden 2011-2017.

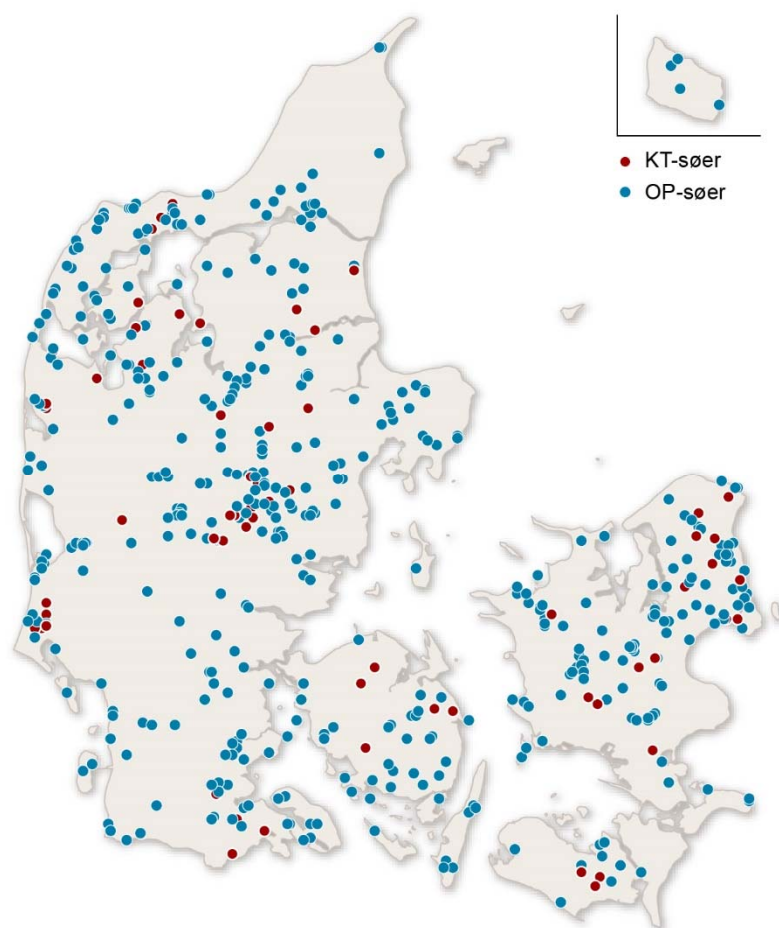
Data fra overvågning af arter og naturtyper er ikke med i rapporten. Disse data indgår sammen med de foregående års data fra overvågning af arter og naturtyper i grundlaget for Danmarks rapportering til EU i medfør af habitatdirektivets artikel 17. Dette grundlag vil blive rapporteret selvstændigt som DCEs bidrag til Miljø- og Fødevareministeriets rapportering til EU.

0 Sammenfatning

0.1 Overvågningsprogrammet

Det nuværende overvågningsprogram for søer (inkluderet i 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 og som omtales i denne rapport er vist i figur 0.1.

Figur 0.1. Geografisk placering af søerne, der overvåges jf. vandrammedirektivet, og som beskrives i denne rapport. Disse omfatter 64 KT-søer undersøgt i 2016/2017 (røde) og 447 OP-søer (blå) undersøgt i perioden 2011-2017. KT=kontrolovervågning af tilstand, OP=operationel overvågning.



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 sjette år), 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 2011-2017 undersøgt i alt 447 søer >5 ha (heri er ikke medregnet de søer i kontrolovervågningen, som også overvåges operationelt).

I tabel 0.1 er der givet en oversigt over søerne (antal og prøvetagningsår), der er repræsenteret i denne rapport.

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 tilstand	64	2016-2017
Operationel overvågning	447	2011-2017

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.

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 fire nøgleparametre (totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde) i de undersøgte overvågningssøer er givet i tabel 0.2. Overordnet ligner søerne, der blev undersøgt i 2016 og 2017 i de to overvågningsprogrammer hinanden. Medianværdien for indholdet af klorofyl *a* ligger for søerne i begge overvågningstyper omkring 40 µg/l. Dog er medianværdien for koncentrationen af totalfosfor lidt højere i OP-søerne end i KT-søerne, og sigtddybden i søerne i kontrolovervågningen er på 1,29 m, mens den i søerne i den operationelle overvågning er på 0,85 m.

Tabel 0.2. Næringsstofindhold, sigtddybde 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 tilstand (KT)	Operationel overvågning (OP)
Undersøgelsesår	2016-2017	2011-2017
Antal søer	Alle parametre: 64 Total-P og total-N: 29	Alle parametre: 447 Total-P og total-N: 444
Total-P (mg/l)	0,075	0,11
Total-N (mg/l)	1,4	1,2
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	40	37
Sigtddybde (m)	1,29	0,85

0.2 Kontrolovervågning af tilstand

De 64 KT-søer, der er undersøgt i 2016-2017 repræsenterer syv 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 40 µg/l) og en relativ lav sigtddybde (median af sommergennemsnit er 1,29 m).

Langt de fleste af de 64 KT-søer er nu undersøgt gennem tre perioder (2004-2009, 2010-2015 og 2016/2017). Der er store variationer søerne i mellem, men generelt er der kun tale om små ændringer over tid. I type 9-søerne er der en

tendens til øget plantedække og dybdegrænse, mens der i søtype 10-søerne er en tendens til et større antal fisk.

En del af KT-søerne er også undersøgt før 2004, og for 29 af disse søer er der i de fleste tilfælde mindst otte års data. Det gør det muligt at analysere de enkelte søers udvikling nærmere, set over hele perioden siden 1989. Denne analyse viser at det overordnede eutrofieringsniveau i søerne er faldet. Sigtdybden er øget, mens indholdet af klorofyl *a*, totalfosfor og totalkvælstof er reduceret. I omkring halvdelen af søerne er der sket forbedringer, mens den øvrige halvdel er uændret. De største ændringer er sket i løbet af 1990'erne, men for nogle parametre er udviklingen fortsat ind i 00'erne.

0.3 Operationel overvågning af søernes tilstand

I perioden 2011-2017 er der i den operationelle overvågning undersøgt 447 søer, som er i risiko for ikke at opfylde natur- og miljømålet. Søerne er udvalgt med henblik på at vurdere, om der er eller vil opnås målopfyldelse i søerne, eller om der er behov for indsats, og de er således ikke repræsentative for tilstanden i de danske søer. Overvågningen i perioden 2011-2017 omfatter 10 søtyper, hvoraf type 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 type 15 (kalkrig, brunvand, saltholdig, lavvand), og det er også her, der ses de højeste klorofylkoncentrationer og den laveste sigtdybde. De mest næringsfattige søtyper er type 1 (kalkfattig, lavvand, ikke-farvet, fersk), type 2 (som type 1, men dyb) og 10 (kalkrig, dyb, ikke-farvet, fersk), og det er også disse søtyper, der har de laveste koncentrationer af klorofyl og de højeste sigtdybder.

Undervandsplanternes dybdegrænse og dækningsgrad er størst i de tre næringsfattige søtyper (type 1, 2 og 10), hvor også sigtdybden er størst. Det gennemsnitlige antal arter af undervandsplanter er størst i søtype 10 og mindst i søtype 15.

0.4 Klima og afstrømning

Klimatisk set var 2017 lidt varmere end gennemsnittet for de seneste 26 år – årsmiddeltemperaturen for hele Danmark var 8,9 °C i 2017 mod 8,6 °C i perioden 1990-2017. Især i månederne maj og oktober var temperaturen højere end normalt. I forhold til perioden 1961-1990 var temperaturen 1,2 °C højere i 2017.

Nedbørmængden i 2017 var højere end normalt, 847 mm mod et gennemsnit på 714 mm for perioden 1961-1990 og 761 mm for perioden 1990-2017. Især perioden juni-oktober var nedbørsrig. Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning var i 2017 på 357 mm, hvilket er lidt højere end normalen for 1990-2017.

0.5 Fejlanalyser

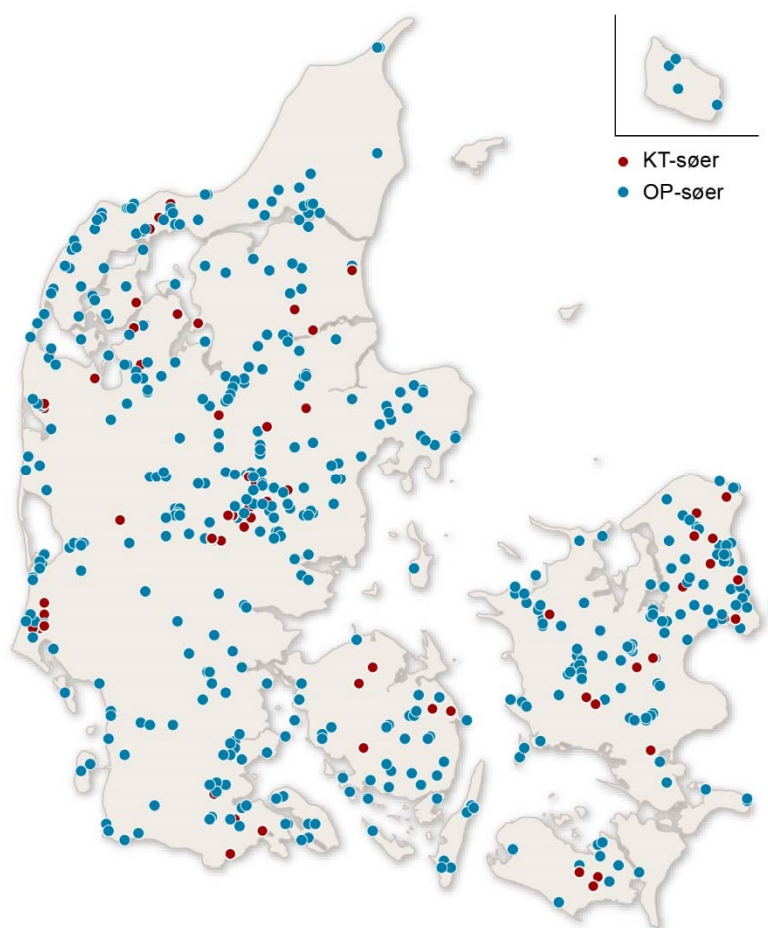
Analyserne af totalkvælstof og totalfosfor var fejlbehæftede i 2016. Derfor indgår de to parametre ikke i rapportering af data fra 2016. Der kan også være fejl i analyser af totalfosfor og totalkvælstof siden 2008, så derfor må tolkning af disse data indtil videre tages med forbehold.

1. Summary

1.1 The monitoring programme

The current monitoring programme for lakes (part of the National Monitoring Programme for Water and Nature - 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 habitat types are required. As to control monitoring and mapping of lake habitat types in small lakes and ponds <5 ha, a separate programme exists. The location covered by the various monitoring types according to the WFD and mentioned in this report is shown in Figure 1.1.

Figure 1.1. Geographical location of the lakes monitored according to the Water Framework Directive, described in this report. These include 64 KT lakes investigated in 2016/2017 (red) and 447 OP lakes (blue) investigated in the period 2011-2017. KT = control monitoring of state, OP = operational monitoring.



The control monitoring of lakes according to the WFD is divided into two types: monitoring of the general state of lakes (represented by the so-called KT-Lakes, which includes 180 lakes > 5 ha, where each lake is investigated every six years), as well as monitoring of the development of lakes (the so-called KU-Lakes, comprising 18 lakes > 5 ha). 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 447 lakes >5 ha were investigated (not including the KT lakes and KU lakes also being

monitored operationally) during the period 2011-2017. Table 1.1 provides an overview of the lakes (number and sampling year) represented in this report.

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

Table 1.1 Survey of the number of lakes, from which data are described in this report. Year of investigation is also provided.

	Number of lakes	Investigated in
Monitoring according to the Water Framework Directive (lakes > 5 ha)		
Control monitoring of state	64	2016-2017
Operational monitoring	447	2011-2017

The Danish Environmental Protection Agency (MST) is responsible for the standardised sample collection. 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 four key parameters (total phosphorus, total nitrogen, chlorophyll *a* and Secchi depth) in the investigated lakes in the monitoring programme is given in table 1.2. Generally, the lakes investigated in 2016 and 2017 included in the two monitoring programs are very similar. The median value of chlorophyll *a* for both monitoring types is around 40 µg/l. However, the median value of total P is slightly higher in the OP lakes than in the KT lakes, and the Secchi depth of the lakes in the control monitoring is around 1.29 m and around 0.85 m in the operationally monitored lakes.

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

Survey year	Control monitoring of state (KT) 2016-2017.	Operational monitoring (OP) 2011-2017.
Number of lakes	All parameters: 64 Total P and total N: 29	All parameters: 447 Total P and total N: 444
Total P (mg/l)	0.075	0.11
Total N (mg/l)	1.4	1.2
Chlorophyll <i>a</i> (µg/l)	40	37
Secchi depth (m)	1.29	0.85

1.2 Control monitoring of state

The 64 KT lakes monitored in 2016-2017 represent seven different lake types, of which type 9 (shallow) and type 10 (deep) are the two most common. Most of the lakes have a high content of chlorophyll (median of summer averages is 40 µg/l) and a relatively low Secchi depth (median of summer averages 1.29 m).

The vast majority of the 64 KT lakes have now been investigated during three periods (2004-2009, 2010-2015 and 2016/2017). There are considerable variations between lakes, though generally small changes through time. In the type 9 lakes, there is a tendency to increased vegetation cover and Secchi depth, while in the type 10 lakes there is a tendency to a larger number of fish.

Part of the KT lakes were also investigated before 2004, and for 29 of these lakes at least eight years of data are available. This makes it possible to analyse the development of the individual lakes in more detail, over the entire period since 1989. This analysis shows that the overall level of eutrophication in the lakes has decreased. Secchi depth has increased, while the levels of chlorophyll *a*, total phosphorus and total nitrogen have declined. In about half of the lakes improvements have occurred, while the other half remains unchanged. The biggest changes occurred during the 1990s, but for some parameters, the development continued into the 2000s.

1.3 Operational monitoring of lake environmental state

In the period 2011-2017, 447 lakes in risk of not complying with the goals for nature and the environment as far as their environmental state is concerned, were investigated. 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 programme included in 2011-2017 ten types of lakes, of which lake types 9 and 10 are the ones most commonly investigated and together they 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 most nutrient-poor lake types are type 1 (lime poor, non-brown water, fresh), type 2 (as type 1, but deep) and 10 (calcareous, non-brown water, fresh), which also have the lowest concentrations of chlorophyll and the highest Secchi depths.

The depth limit and coverage are largest in the three nutrient-poor lake types (type 1, 2 and 10) that also have the largest Secchi depth. The average species number of submerged macrophytes is highest in lake type 10 and lowest in lake type 15.

1.4 Climate and runoff

Climatically, 2017 was slightly warmer than the average for the past 26 years - the annual mean temperature for the whole of Denmark was 8.9 °C in 2017 against 8.6 °C for the period 1990-2017. Especially in the months of May and October, the temperature was higher than normal. Compared with the period 1961 to 1990, the temperature was 1.2 °C higher in 2017.

The amount of precipitation in 2017 was higher than usual, 847 mm relative to an average of 714 mm for the period 1961-1990 and 761 mm for the period 1990-2017. In particular the period June-October was rich in precipitation. The area-specific freshwater run-off in 2017 was 357 mm, which is slightly higher than the average for 1990-2017.

1.5 Error analyses

The analyses of total nitrogen and total phosphorus were flawed in 2016. Therefore, the two parameters are not included in the reporting of data from 2016. There may also be errors in the analyses of total phosphorus and total nitrogen since 2008, and interpretation of these data must so far be treated with caution.

2. Undersøgellesprogrammet

2.1 Historik

Siden vedtagelsen af Vandmiljøplan 1 i 1988 er der sket løbende ændringer og 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. Fra 2015 opførte overvågningen af dyreplankton i NOVANA.

Samtidigt med at antallet af de intensivt undersøgte søer i 2004 blev reduceret blev der inddraget væsentligt flere søer (både mindre og større end 5 ha) i et mere ekstensivt program. I dette program blev undersøgelserne i de enkelte søer 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 perioden 2004-2007 årligt ca. 60 i hver størrelsesgruppe. Undersøgelsesfrekvensen i hver af de ekstensivt undersøgte søer >5 ha blev fra 2015 reduceret fra syv årlige prøvetagninger til fem, som foregår i perioden maj-september. Disse søer (i alt 180 i en seksårig overvågningsperiode) er fra 2010 indeholdt i kontrolovervågningen af søernes tilstand.

Fra 2008 blev omfanget af overvågningen af søer <5 ha ændret. Udvalgte søer i størrelsesklassen 1-5 ha undersøges nu i det operationelle program, og søer med et areal på 0,01-5 ha (størstedelen i Natura 2000 habitatområder) undersøges i forbindelse med overvågningen af habitatnaturtyper i søer, i henhold til habitatdirektivet (Den Europæiske Union 1992). Samtidig overgik overvågningen af naturtyper i søer til søprogrammet.

Fra og med 2011 trådte en ny seksårig NOVANA-periode i kraft, som nu er videreført i den indeværende NOVANA-periode, der dækker årene 2017-2022. 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.

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).

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).

Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er 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.

2.2 Parametre i overvågningen

Til beskrivelse af søernes tilstand og udvikling måles der en række vandkemiske, fysiske og biologiske parametre. Ikke alle parametre måles i alle søer og frekvensen varierer mellem de enkelte overvågningstyper.

I søvandet beskrives næringsstofferne med målinger af både totale og, i nogle af søerne, uorganiske opløste fraktioner af kvælstof og fosfor. I udvalgte søer måles til- og fraførsel af vand, og der foretages analyser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern i søens til- og afløb. Sedimentets indhold af totalfosfor og totaljern bestemmes i udvalgte søer til understøttelse af analyserne af næringsstofomsætningen i søerne.

Søernes bufferkapacitet og forsyningstatus kan beskrives ved måling af alkalinitet og pH, som sammen med bl.a. totaljern kan indgå i beskrivelsen af næringsstoffdynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne, farvetal samt sigtddybde i en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet. Disse parametre anvendes også i forbindelse med fastlæggelse af søtype jf. vandrammedirektivet (se afsnit 2.3).

Mængden af partikulært materiale i søvandet måles som den totale koncentration af suspenderet stof sammen med glødetabet der udtrykker andelen af organisk materiale af det suspenderede stof. Indholdet af klorofyl *a* giver et estimat for biomassen af planteplankton.

Ud over de kemiske og fysiske faktorer undersøges en række biologiske komponenter, som også er nødvendige til beskrivelse af søers tilstand. Undervandsplanter beskrives ved deres tæthed, artssammensætning og dybdeudbredelse. Fiskebestandens arts- og størrelsessammensætning samt relative biomasse bliver opgjort og planteplanktons tæthed og taksonomiske sammensætning bliver ligeledes beskrevet i udvalgte søer. Bunddyr og bentiske kiselalger undersøges ligeledes i udvalgte søer.

Miljøfarlige forurenende stoffer inden for grupperne aromatiske kulbrinter, blødgørere, organotinforbindelser, phenoler, polyaromatiske kulbrinter (PAH'er) og metaller måles i sedimentet fra udvalgte søer. I muskelvæv fra fisk måles kviksølv og fra 2019 vil dioxiner og furaner, perflourerede forbindelser,

samt pesticiderne heptachlor og heptachlorepoxyd også indgå i målingerne. En række pesticider vil i begrænset omfang blive målt i vandfasen i 2020.

Til beskrivelse af bevaringsstatus og udbredelse og for at opnå et tilstrækkeligt videngrundlag for søerne i forhold til naturplanerne, foretages der kontrol- overvågning og kortlægning af habitatnaturtyper i søerne. Heri indgår en registrering af strukturelle faktorer og registrering af arter i de enkelte søer og deres nære omgivelser. I søer, der indgår i denne type kontrolovervågning bliver der foretaget ekstensive vandkemiske undersøgelser.

I afsnit 2.4-2.6 gives en kort beskrivelse af de enkelte overvågningstyper i søerne. En komplet beskrivelse af overvågningsprogrammet for søer i NOVANA 2017-2021 findes i Miljøstyrelsen (2017).

2.3 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

2.4 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 i henhold til vandrammedirektivet, ca. 1/3 af alle danske søer i denne størrelsesgruppe (tabel 2.3).

Tabel 2.2. Kontrolovervågning – antal søer i de forskellige arealklasser. ¹⁾Undersøges hvert andet år for fysik/kemi og hvert tredje år for vegetation

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 ¹⁾
Naturtyper		
Vandhuller (0,01-1 ha)	35	210
Små søer (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.

2.4.1 Kontrolovervågning af udvikling (søer >5 ha)

For at kunne give en detaljeret beskrivelse af tilstand og udvikling af udvalgte søtyper gennemføres der en intensiv overvågning af i alt 18 søer. Disse søer benævnes KU-søer (Kontrolovervågning af Udvikling). Femten af disse søer var indtil 2010 en del af "Det intensive program" og har således gennemgået kemiske undersøgelser i søvandet hvert år i perioden 1989-2014, herefter hvert andet år. De fysiske og kemiske undersøgelser omfatter i alt 17 vandkemiske og fysiske parametre (se den fulde liste i Miljøstyrelsen, 2017). Den årlige prøvetagningsfrekvens for de vandkemiske og fysiske parametre er 19 (to gange pr. måned i april-oktober, resten af året månedlige prøver). I udvalgte KU-søer måles til- og fraførsel af vand, og der foretages analyser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern i søens til- og afløb. Disse målinger foretages med en årlig frekvens på 12-22, afhængigt af afstrømningsmønsteret. På baggrund af dette kan næringsstoffdynamikken beskrives detaljeret. De enkelte søers sediment undersøges for totalfosfor, totaljern, tørstof og glødetab hvert 6. år, vegetation undersøges hvert tredje år, mens planteplankton (12 prøver pr. år), fisk og bunddyr undersøges hvert sjette år.

De intensive målinger i KU-søerne giver grundlag for at udarbejde en detaljeret beskrivelse af de enkelte søers 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.

2.4.2 Kontrolovervågning af tilstand (søer >5 ha)

Til overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand gennemføres der undersøgelser i gennemsnitligt 30 søer >5 ha hvert år, dvs. i alt 180 søer, over en seksårig periode. Disse søer benævnes KT-søer (Kontrolovervågning af Tilstand). Udvalgelsen af dem er geografisk stratificeret, og de væsentligste danske søtyper, herunder brakvandssøer, er omfattet. En del af

disse søer indgår tillige i det operationelle program. KT-søerne var i NOVANA 2004-2009 inkluderet i "Det ekstensive program" for de større søer (>5 ha) eller "Det intensive program". En stor del af KT-søerne er således undersøgt mindst tre gange (en stor del otte gange eller mere) i løbet af overvågningsperioden (1989-2017), hvilket gør det muligt at beskrive udviklingen i disse søer med statistisk sikkerhed.

Vandkemiske og fysiske forhold i KT-søerne følges månedligt i sommerperioden (maj-september) med i alt 11 nøgleparametre (se den fulde liste i Miljøstyrelsen, 2017). De biologiske undersøgelser omfatter i den enkelte sø fem årlige planteplanktonprøver (månedligt fra maj til september) samt undersøgelse af undervandsplanter og fisk én gang i en seksårig periode.

Ud over vandkemiske og biologiske undersøgelser undersøges sedimentet for totalfosfor, totaljern og miljøfarlige forurenende stoffer i udvalgte søer.

2.4.3 Kontrolovervågning af habitatnaturtyper i søer

Til vurdering af bevaringsstatus og udvikling af habitatdirektivets beskyttede naturtyper i søer bliver der årligt foretaget ekstensive undersøgelser i ca. 70 søer <5 ha i kontrolovervågningen af denne type søer. Tabel 2.4 giver en oversigt over de habitatnaturtyper, der findes i danske søer.

Tabel 2.4. 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 kontrolovervågningen af naturtyper i søer <5 ha er søerne udvalgt, så der på baggrund af tidligere undersøgelser er tilstræbt at opnå en nogenlunde ligelig fordeling mellem de seks naturtyper beskrevet i tabel 2.4.

Parametre, der indgår i kontrolovervågningen af naturtypesøerne <5 ha omfatter kemiske parametre, vegetationens dækning og taksonomisk sammensætning samt strukturelle faktorer, der knytter sig til søbredden og de nærmeste omgivelser

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 kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet.

2.5 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 af vandkemi i 95 søer, vegetation i 50 søer og fisk i 11 søer (antallet af søer er gennemsnitligt). En del af disse søer er også inkluderet i kontrolovervågningen. 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 op til 16 udvalgte vandkemiske og fysiske parametre. Ud over vandkemiske og biologiske undersøgelser undersøges sedimentet for totalfosfor, totaljern og miljøfarlige forurenende stoffer i udvalgte søer. Desuden undersøges fisk i udvalgte søer for miljøfarlige forurenende stoffer.

2.6 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer

For at sikre et tilstrækkeligt videngrundlag 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. Denne kortlægning fortsættes i de kommende år, indtil alle (ca. 10.000) vandhuller og småsøer i Natura 2000-områder er undersøgt.

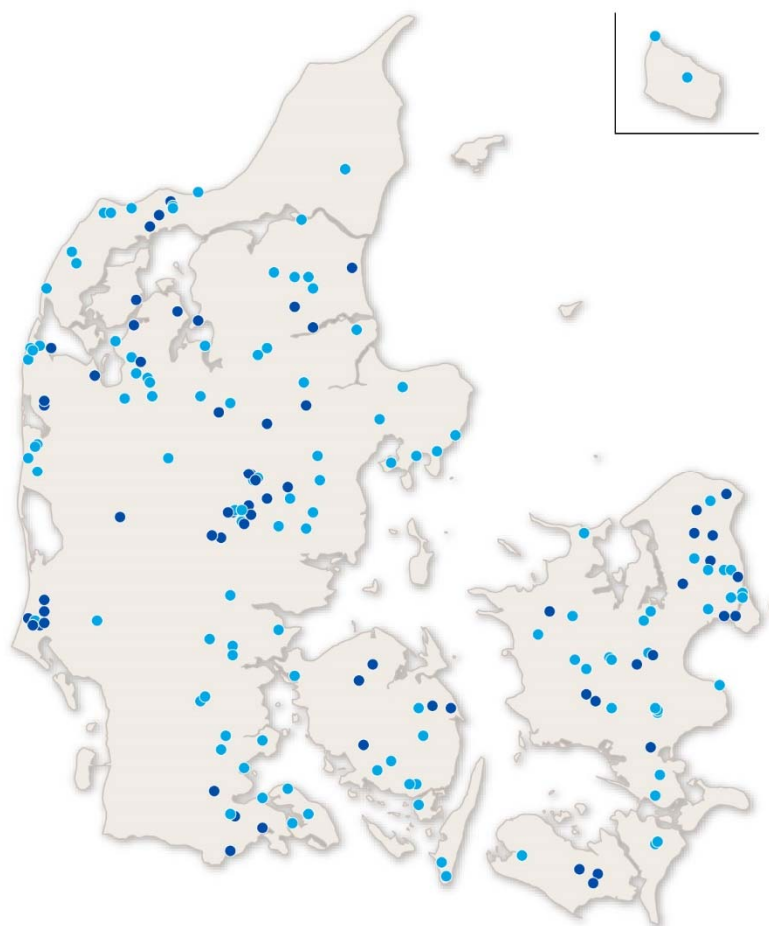
Til brug ved kortlægning af habitatnaturtyper i søer >5 ha anvendes de data, der indgår i overvågningen jf. vandrammedirektivet, hvilket vil sige, at der ikke indsamles yderligere data. Naturtypen for søer >5 ha bestemmes i henhold til Miljøstyrelsens habitatnøgle og habitatbeskrivelser.

3. Kontrolovervågning af søernes tilstand

Overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand omfatter i alt 180 søer (KT-søer) >5 ha over en seksårig periode. I 2016 påbegyndtes en ny seksårig overvågningsturnus, hvoraf 64 søer nu er undersøgt i 2016 eller 2017. Søernes placering fremgår af figur 3.1. Det er primært data fra disse søer, som præsenteres i dette kapitel.

Præsentationen af data omfatter undersøgelser af vandkemi, vandplanter og fisk. Data for koncentrationer af totalkvælstof og totalfosfor skal tages med forbehold på grund af fejlbehæftede laboratorieanalyser, og derfor er der ikke vist data fra 2016 (Larsen mfl., 2018). Udover beskrivelsen af resultater opnået i 2016 og 2017, gives der et overblik over udviklingen i en del af de 64 søer, som er undersøgt tidligere. Denne udvikling omfatter primært perioden tilbage til 2004, men for en del KT-søers vedkommende findes også data længere tilbage, og for disse er der lavet en selvstændig beskrivelse og analyse.

Figur 3.1. Geografisk placering af de 180 søer, der indgår i kontrolovervågning af søernes tilstand. De 64 KT-søer, der indgik i overvågningen i 2016 og 2017 er markeret med mørkeblåt.



3.1 Generel tilstand

I tabel 3.1 er der givet en samlet oversigt over morfometriske parametre, farvetal, sigtddybde og klorofyl *a* for de 64 undersøgte søer. De 64 søer omfatter fem forskellige søtyper, hvoraf type 9 og 10 er de to mest almindelige. Søernes areal spænder fra en nedre grænse på 5 ha op til 861 ha. Størstedelen er lav-

vandede søer (median for middeldybde er 1,7 meter og gennemsnittet 2,7 meter), men også dybe søer med en maksimaldybde på op til 30,9 meter forekommer. Flertallet af søerne har et forholdsvis højt klorofylindhold (median af sommergennemsnit er 40 µg/l) og en relativ lav sigtdybde (median af sommergennemsnit er 1,29 m).

Som gennemsnit har undervandsplanterne en dækningsgrad på 20,8 % og et plantefyldt volumen på 9,2 % (tabel 3.1). Halvdelen af søerne har en dækningsgrad på højst 13 %, og der er også søer, hvor der ikke er undervandsplanter (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 135 stk. og i vægt 3,69 kg pr. garn (tabel 3.1). Dette svarer stort set til medianværdien, men tallene dækker over store variationer blandt de 64 søer. I antal spænder fangsten fra 0,17 til 410 per garn og i vægt mellem 0,01 og 12,48 kg per garn.

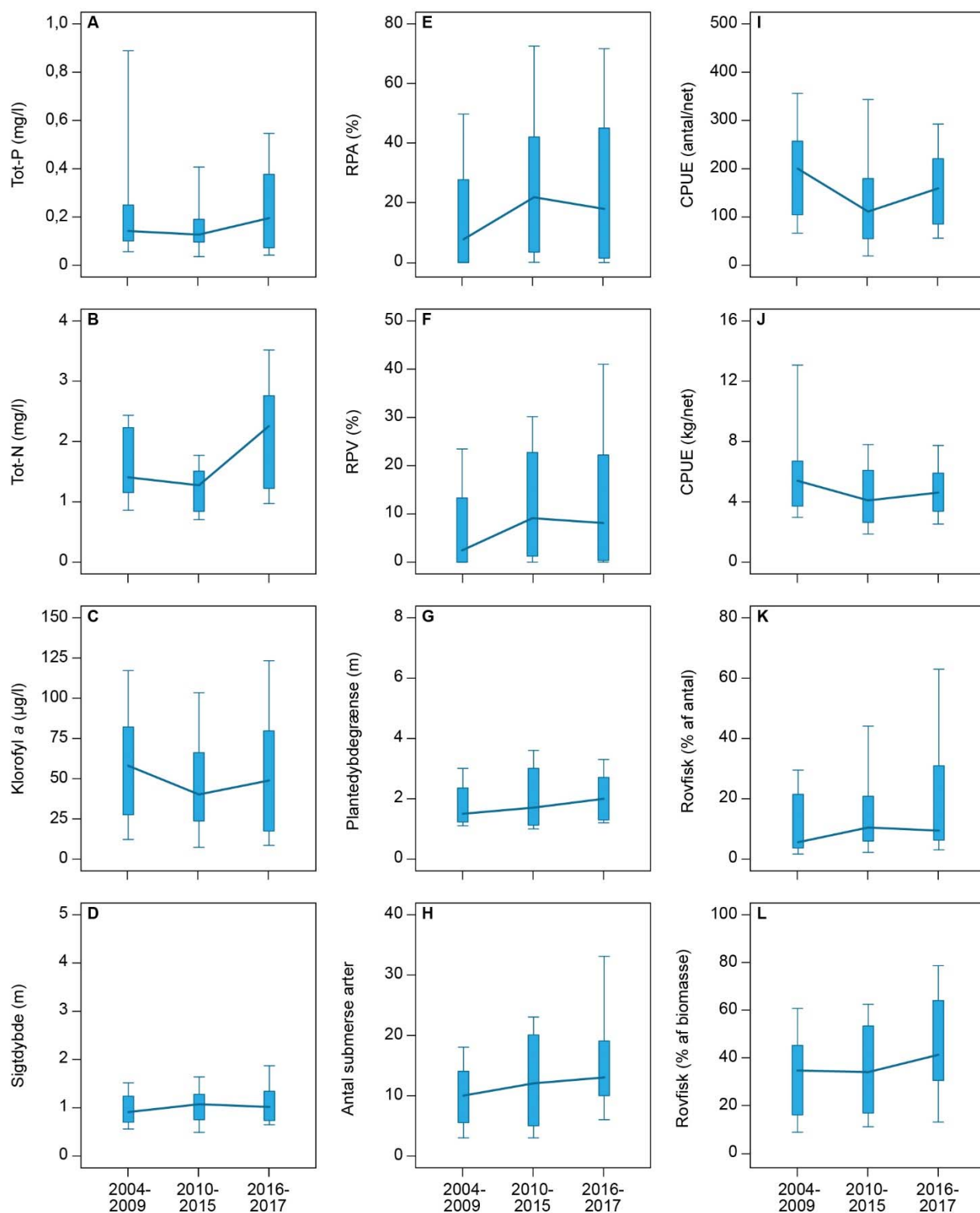
Tabel 3.1. Oversigt over morfometriske samt vandkemiske nøgleparametre (sommer-værdier) for de 64 KT-søer, som er undersøgt i 2016 og 2017. Resultater for totalfosfor og totalkvælstof fra 2016 er udeladt (se tekst). De 64 søer omfatter syv søtyper jf. typologien anvendt i forbindelse med vandrammedirektivet og udarbejdelsen af vandplaner (søtype 1: 1 sø, søtype 5: 3 søer, søtype 6: 1 sø, søtype 9: 30 søer, søtype 10: 16 søer, søtype 11: 7 søer og søtype 13: 6 søer).

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Søareal (ha)	100	23	5	861	64
Middeldybde (m)	2,7	1,7	0,4	13,4	60
Maksimumdybde (m)	5,5	3,5	1,0	30,9	64
Totalfosfor (mg/l)	0,15	0,075	0,015	0,58	29
Totalkvælstof (mg/l)	1,73	1,40	0,61	5,33	29
Sigtdybde (m)	1,45	1,29	0,24	4,44	64
Klorofyl a (µg/l)	52	40	5	389	64
Farvetal (mg Pt/l)	36	27	4	188	64
Undervandsplanter, dækningsgrad (%)	20,8	13,0	0,0	86,9	63
Undervandsplanter, plantefyldt vol. (%)	9,2	3,3	0,0	60,2	63
Undervandsplanter, dybdegrænse (m)	2,4	2,1	0,7	7,5	57
Fisk, CPUE-antal (antal/net)	135	110	0,17	410	64
Fisk, CPUE-vægt (kg/net)	3,69	3,39	0,01	12,48	64

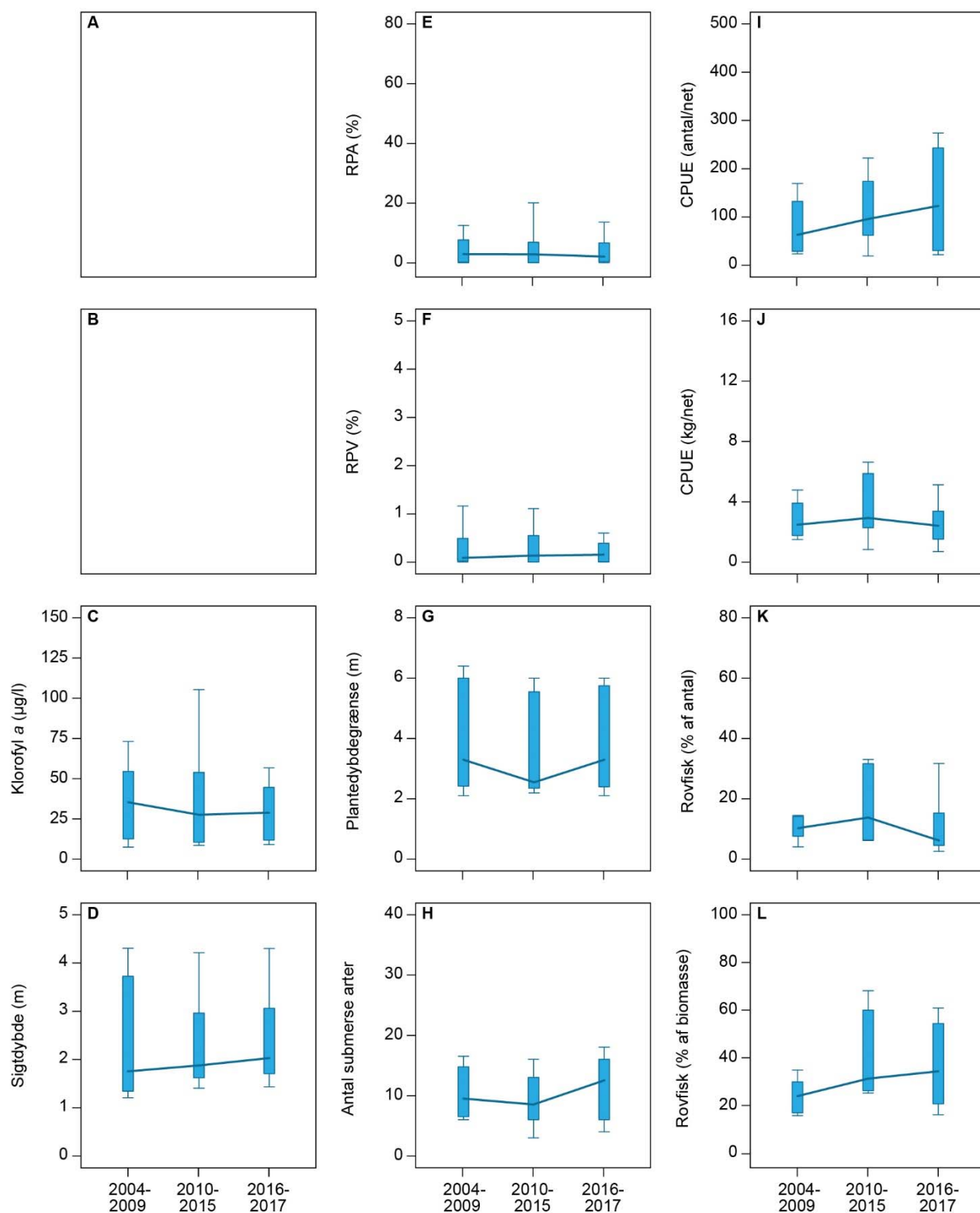
3.2 Udviklingstendenser

Langt størsteparten af de 64 KT-søer er nu undersøgt gennem tre perioder (2004-2009, 2010-2015 og 2016/2017), og det giver mulighed for at vurdere eventuelle udviklingstendenser blandt disse søer. En oversigt over værdierne for 12 nøglevariable, der beskriver vandkemiske og biologiske data for henholdsvis de lavvandede søer (søtype 9) og de dybe søer (søtype 10), er vist i figur 3.2 og 3.3. Det skal understreges, at denne analyse ikke giver et billede af de danske søer som helhed, men kun omfatter dem, der er undersøgt i alle tre perioder.

For søtype 9-søerne er der set over hele perioden generelt tale om små ændringer, og de tre perioder omfatter store variationer søerne i mellem. For undervandsplanterne synes der at have været en tendens til øget plantedækket areal, øget plantefyldt volumen, øget dybdegrænse og et øget antal arter. For søtype 10-søerne er der tilsvarende kun tale om små ændringer. Der er en tendens til at fiskesamfundet har ændret sig i retning af flere fisk (CPUE_antal), men også her er der store variationer i mellem de undersøgte søer.



Figur 3.2.Udviklingstendenser for totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl og sigtdybde (sommer gennemsnit) samt forhold, der beskriver undervandsplanter og fisk fra perioden 2004-2009 til 2010-2015 og til 2016/2017 i de 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. Næringsstofdata omfatter 13 søer, klorofyl- og sigtdybde data 30 søer, RPA og RPV 30 søer, dybdegrænse og artsantal 23 søer og fisk 28 søer. Boksplottene viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.



Figur 3.3 Udviklingstendenser for sigtdybde og klorofyl a (sommergenomsnit) samt forhold, der beskriver undervandsplanter og fisk fra perioden 2004-2009 til 2010-2015 og til 2016/2017 i de 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. Klorofyl- og sigtdybde data omfatter 16 søer, RPA og RPV 15 søer, dybdegrænse og artsantal 12 søer og fisk 12 søer. Boksplottene viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Der blev ikke undersøgt søer af type 10 i 2017 og pga. fejlanalyser af totalfosfor og totalkvælstof i 2016 (se afsnit 0.5) er der ikke vist resultater for disse parametre i denne figur.

3.3 Udvikling i KT-søer med lange tidsserier

I det foregående afsnit blev en række nøgleparametre, som var undersøgt i de tre perioder 2004-2009, 2010-2015 og 2016-2017 sammenlignet for at se, om der har været en udvikling over disse perioder, men en del af KT-søerne, som er undersøgt i årene 2016-2017, er også undersøgt før 2004. For mange af disse søer er der efterhånden opnået så lange tidsserier, at det er muligt at vurdere og teste udviklingstendenser for de enkelte søer. I alt er der 29 KT-søer, hvorfra der for langt størstedelen er mindst otte års data (tabel 3.2). Seksten af søerne er undersøgt i mindst 10 år og enkelte af søerne op til 20 år. Ud af de 394 søår, som datasættet omfatter, stammer næsten halvdelen fra før år 2000. Hovedparten af søerne tilhører søtype 9 eller søtype 10, der udgør i alt 26 ud af de 29 søer.

Tabel 3.2. Udviklingen (sommergennemsnit) i indholdet af klorofyl *a*, sigtdybde, totalfosfor og totalkvælstof i perioden 1989-2017 i de 29 KT-søer, som er undersøgt i mindst otte år (dog kun syv års næringsstofdata for fem søer og kun seks års data for enkelt sø pga. usikkerhed om korrekt analysemetoder). -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Type angiver VRD-søtype anvendt i vandområdeplanerne (tabel 2.1). Antal år angiver hvor mange år, der er data fra.

Sønr, sønavn	Type	Antal år	Klorofyl	Sigtdybde	Totalfosfor	Totalkvælstof
1200003 LEGIND SØ	9	7-9	0	0	0	-
1600006 KILEN	11	13-14	--	++++	---	--
1600037 SKØR SØ	1	8	0	0	0	0
2100014 STIGSHOLMSØ	9	8-11	0	0	0	0
2100016 LYNGSØ	9	7-8	0	0	--	-
2100264 KARL SØ	9	8	0	0	0	--
2100276 TORUP SØ	10	17-18	0	0	0	---
2100282 HALD SØ	10	22	----	++	----	0
2100293 ØRNSØ	10	18	--	0	----	----
2500020 HAMPENSØ	10	13-14	---	0	0	---
2500039 RØRBÆK SØ	10	16-18	----	++	----	----
2500076 ENSØ	9	9	0	0	0	0
3000088 ÅL PRÆSTESØ	13	9-10	---	++	0	--
4100056 KRUSÅ MØLLESØ	9	7-9	-	++	0	0
4200001 HOSTRUP SØ	9	12	0	0	0	0
4400005 HJULBY SØ	9	9-11	---	+	-	--
4400009 VOMME SØ	10	10-11	0	+	0	0
4500006 DALLUND SØ	9	12-15	-	+	--	0
4500007 LANGESØ	10	16-17	0	++++	----	----
4600005 SØBO SØ, FYN	10	14-18	0	+++	0	-
4800003 GURRE SØ	9	7-8	0	0	0	0
5200005 GUNDSØMAGLE SØ	9	23	----	++++	----	----
5300036 GENTOFTE SØ	9	8	0	0	---	0
5500001 SKARRESØ	9	6-8	0	-	0	0
5700020 TYSTRUP SØ	10	19-20	0	0	----	----
5800004 KIMMERSLEV SØ	10	7-8	--	+++	--	--
6400001 HEJREDE SØ	9	18	----	++++	----	-
6400003 RØGBØLLESØ	9	15-16	-	+	----	0
6400004 MARIBO SØNDERSØ	9	20-21	----	++++	0	--
I alt +/++/+++ /++++			0	15	0	0
I alt -/-/---/----			14	1	14	17

Hvis man ser samlet på de enkelte søers udvikling for hele perioden siden 1989, er der en klar tendens (Fig. 3.4). Sigtdybden er generelt øget, mens indholdet af klorofyl *a*, totalfosfor og totalkvælstof er reduceret. Man kan ikke tolke på de

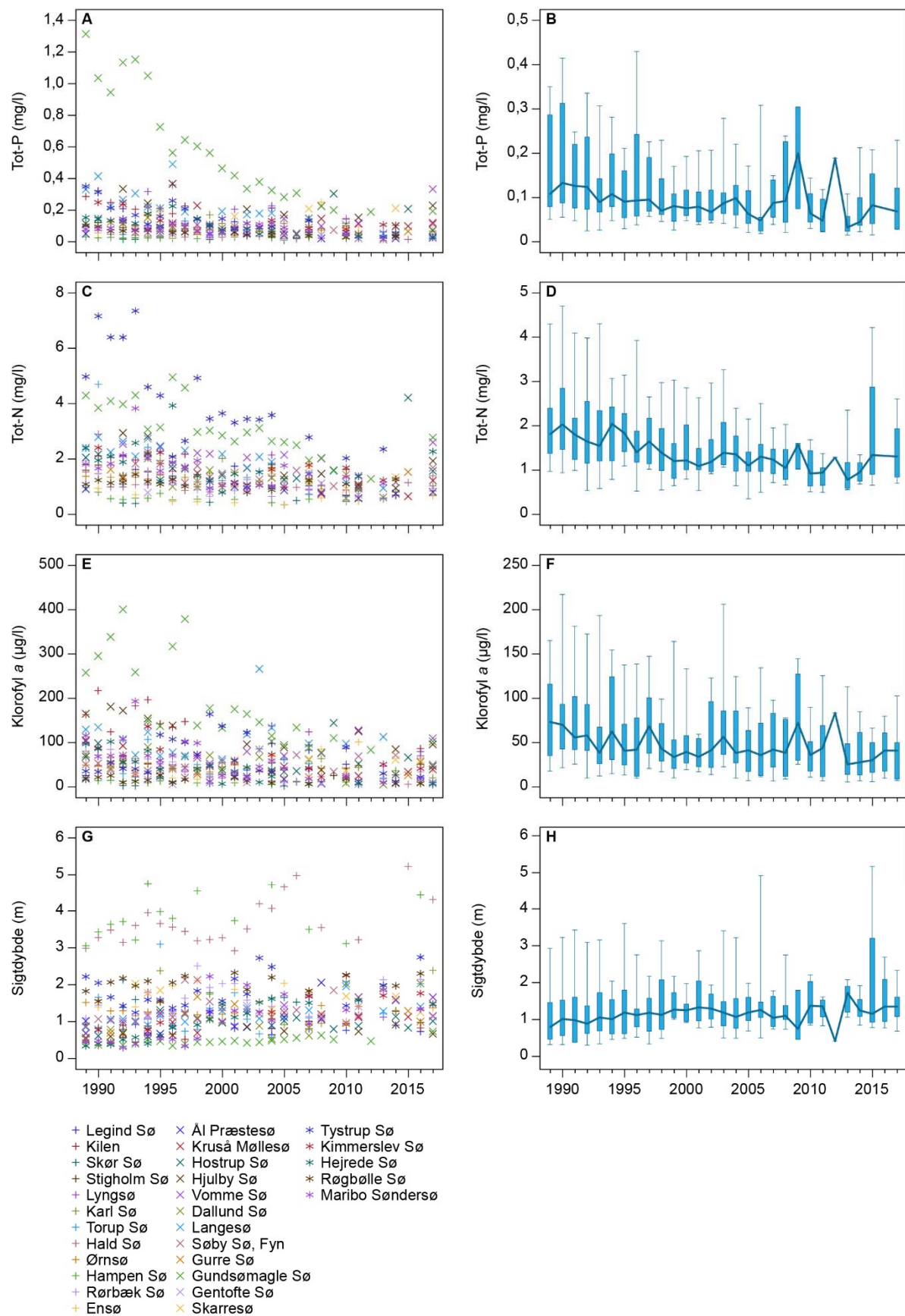
enkelte år i denne fremstilling, fordi alle søer ikke er repræsenteret alle år. Dette kommer for eksempel til udtryk for 2012, hvor der kun er data fra én sø, men det overordnede billede er, at eutrofieringsniveauet i søerne er mindsket. Ændringerne er især sket i løbet af 1990'erne. Udviklingstendensen i disse KT-søer bekræfter således den udvikling, der også er set i de intensivt undersøgte KU-søer (Johansson m.fl., 2018). Enkelte søer skiller sig ud fra de øvrige, eksempelvis Hald Sø og Hampen Sø med høje sigtddybder, Gundsømagle Sø med meget høje fosforkoncentrationer og Tystrup Sø med høje kvælstofværdier de første ca. 20 år af undersøgelsesperioden. Se også nedenfor.

TN (totalkvælstof):TP (totalfosfor) forholdet i søer kan bruges til at vurdere, hvorvidt fosfor eller kvælstof er det primært begrænsende næringsstof for planteplanktonet. TN:TP-forholdet i de 29 KT-søer ser som helhed ikke ud til at have ændret sig i perioden og ligger i de fleste søer på omkring 10-20 (vægtbasis), men med betydelige forskelle i mellem søerne (Fig. 3.5). Ved TN:TP over ca. 22 anses fosfor at være det primært begrænsende næringsstof, mens kvælstof anses for at være det primært begrænsende næringsstof ved TN:TP værdier under 8 (se også Olsen mfl. 2016). I det mellemliggende interval kan begge næringsstoffer være begrænsende, og det vil således også gælde det fleste af disse 29 søer. Endvidere er værdierne i fig. 3.5 sommergennemsnitlige værdier, og det er tidligere beskrevet for især lavvandede danske søer (Olsen mfl. 2016), hvordan forholdet varierer betydeligt hen over sæsonen, således at kvælstof lettere bliver det begrænsende næringsstof i løbet sommeren, hvor kvælstoffjernelsen via denitrifikation og den interne fosforfrigivelse er størst, - to forhold som begge medvirker til at mindske TN:TP-forholdet.

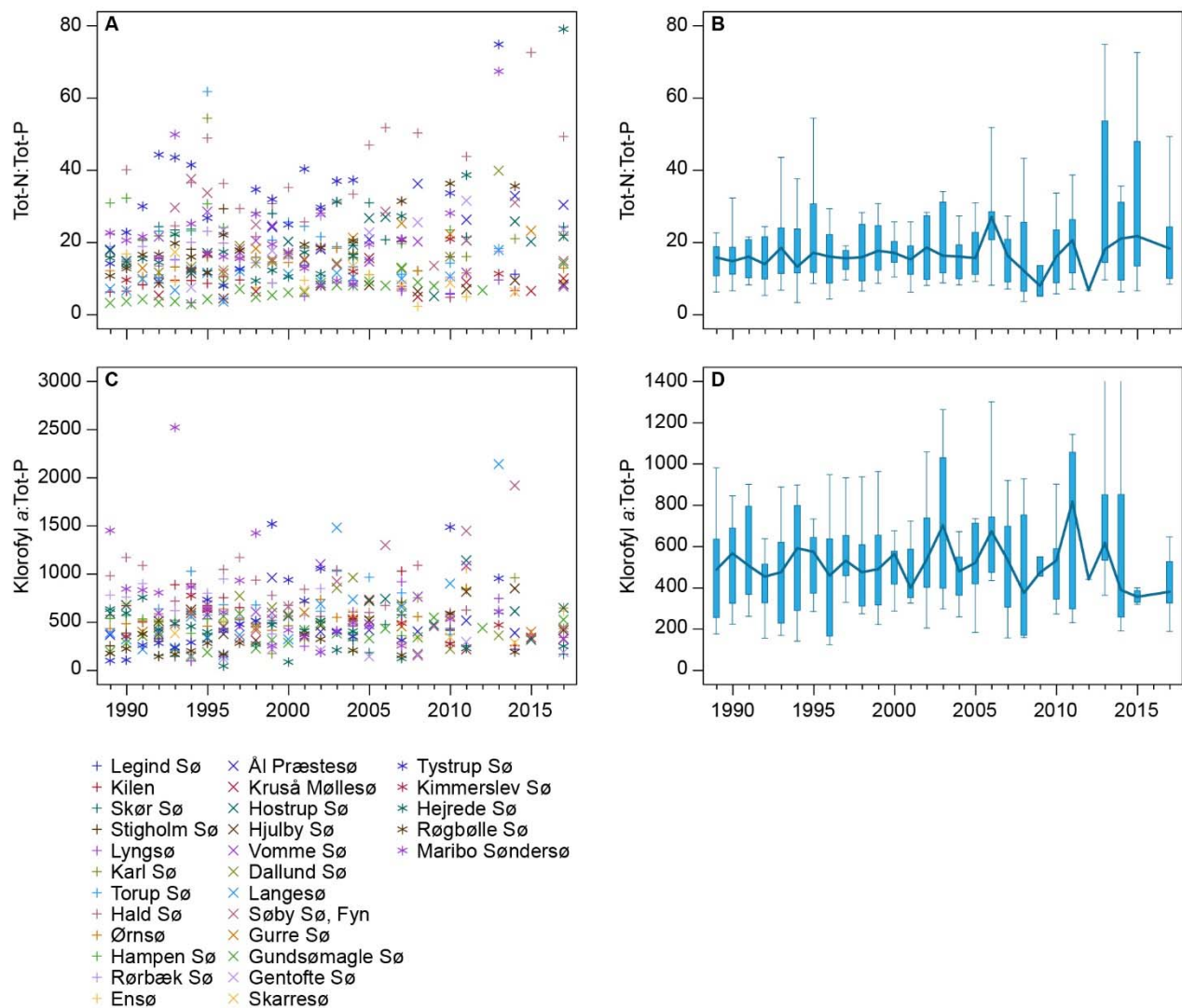
Klorofyl:TP-forholdet er et udtryk for, hvor meget planteplanktonbiomasse, der produceres pr. fosforenhed. Forholdet vil eksempelvis reduceres, hvis mængden af undervandsplanter øges, fordi klorofylindholdet her i højere grad vil begrænses af filtratorer (dyreplankton og plantetilknyttede filtratorer) end fosfor (Søndergaard mfl., 2016). Forholdet varierer i de 29 søer, men generelt og for perioden som helhed har der ikke været nogen udvikling.

I Fig. 3.6 er der for de 29 søer vist relationer mellem nogle af de målte variable. Relationen mellem sigtddybde og klorofyl viser den kendte inverse sammenhæng, hvor en høj sigtddybde kun opnås, når klorofylindholdet er lavt. Ikke alle søer følger dog den generelle sammenhæng lige godt. Således er der i perioder med klorofylværdier over 100 ug/l alligevel en sigtddybde på omkring 1,5 meter eller derover i Tystrup Sø, og i den ligeledes dybe Hald Sø var der i begyndelsen af 1990'erne sigtddybder på 3-4 meter selvom klorofylindholdet var omkring eller lidt over 50 ug/l. En del af forklaringen kan være, at i de lavvandede søer, som udgør størstedelen af søerne, vil sigtddybden også være påvirket af sedimentophvirvling.

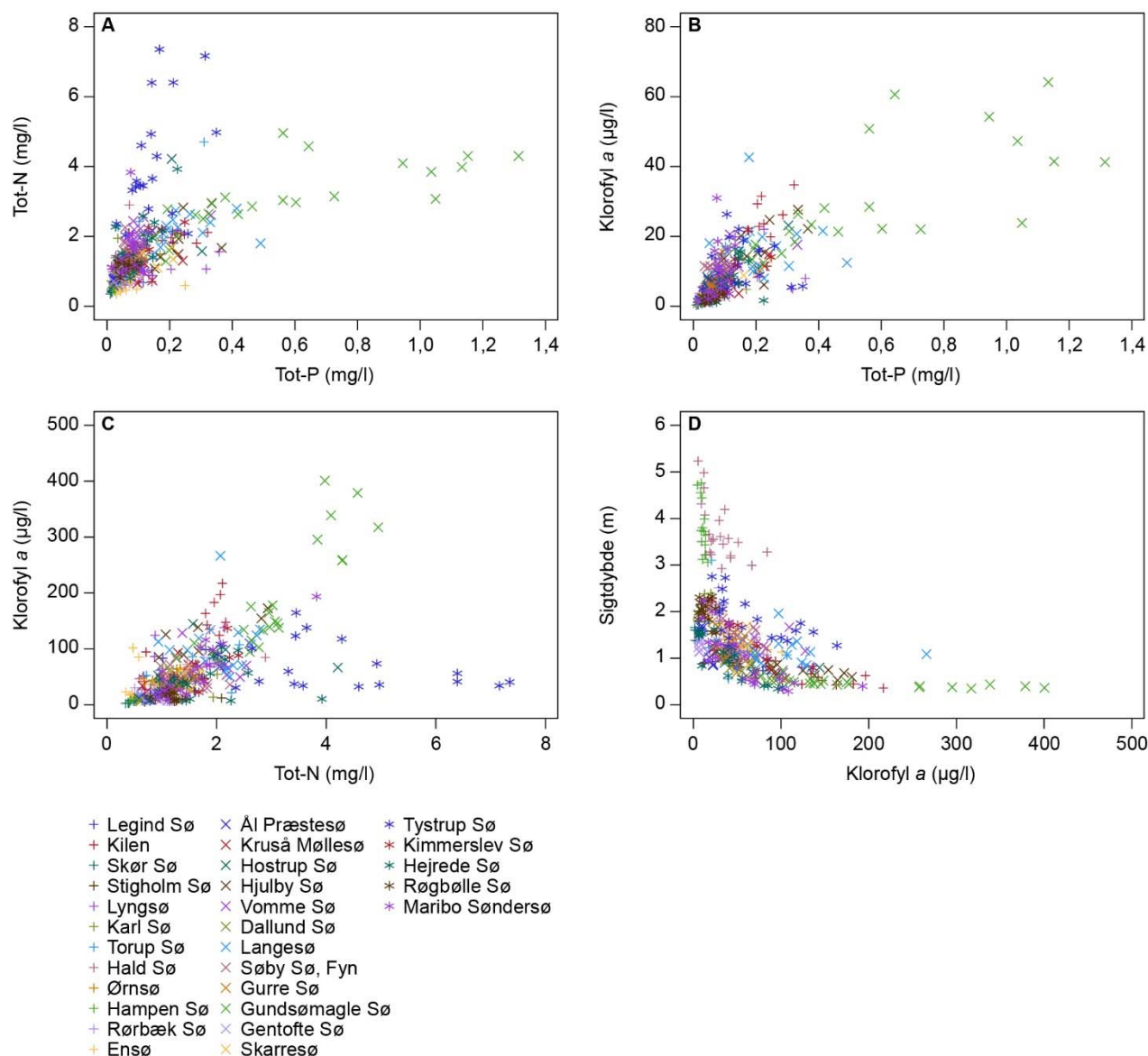
Relationen mellem totalfosfor og totalkvælstof følger ligeledes den forventede nær-lineære sammenhæng, men også her er der søer, som falder uden for den generelle sammenhæng. Således ses meget høje fosforkoncentrationer i Gundsømagle Sø, som ikke modsvares af tilsvarende høje kvælstofkoncentrationer. Dette er fra den periode i 1990'erne, hvor Gundsømagle Sø var meget belastet af en intern fosforfrigivelse fra den ophobede pulje på søbunden, som resulterede i meget høje fosforkoncentrationer. En anden "outlier" er Tystrup Sø, hvor der i begyndelsen af 1990'erne var meget høje kvælstofkoncentrationer i forhold til fosforkoncentrationer.



Figur 3.4. Udviklingen i sommergennemsnitlig sigtdybde, klorofyl a, totalfosfor og totalkvælstof i de 29 KT-søer, hvor der er mindst otte års data siden 1989. Vist som box-plots til højre (hvor linjerne forbinder medianværdier) og for enkelt søer til venstre. Bemærk: kun en enkelt sø i 2012 og tre søer i 2009.



Figur 3.5. Udviklingen i det sommergennemsnitlige TN:TP-forhold og klorofyl:TP-forholdet (ug/l / mg/l) i de 29 KT-søer. Signatur som i fig. 3.4 med sønavne angivet i tabel 3.2.



Figur 3.6. Relationer mellem det sommergennemsnitlige indhold af klorofyl *a*, sigtdybde, totalfosfor og totalkvælstof i de 29 KT-søer.

Også relationen mellem klorofyl *a* og totalfosforindhold viser en nær-lineær sammenhæng. Perioden med meget høje fosforkoncentrationer i Gundsømagle Sø på grund af en intern fosforbelastning falder noget uden for, fordi klorofylindholdet ved meget høje fosforkoncentrationer ikke er begrænset af fosfortilgængelighed. Relationen mellem klorofylindhold og totalkvælstof er ligeledes tæt på lineær, men mindre tydelig. Da totalfosfor og totalkvælstofindholdet er tæt korrelerede, kan det være vanskeligt at afgøre den mest betydende faktor. I denne relation er der også nogle af måleårene for Tystrup Sø, der er outliers.

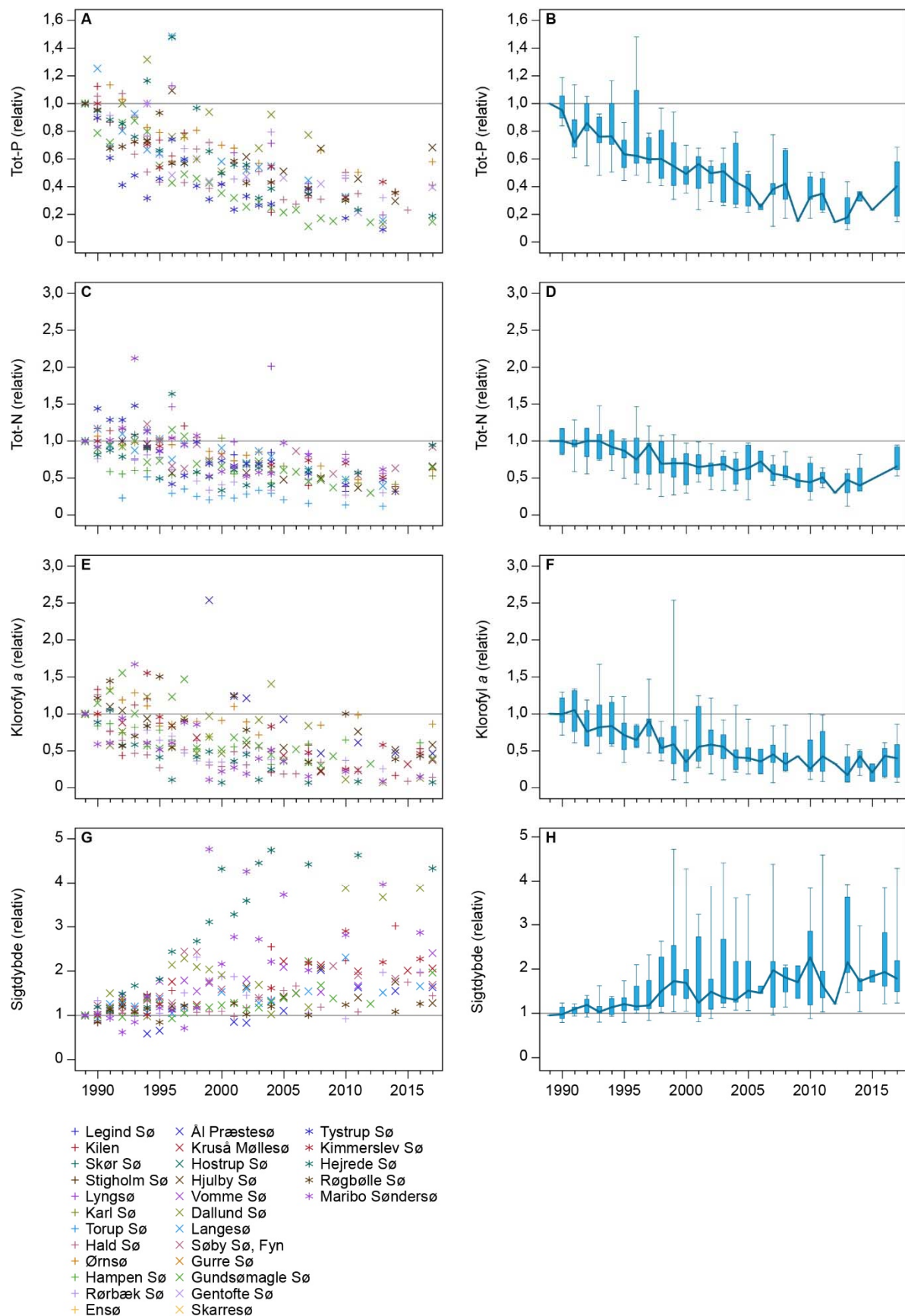
Udviklingen i de 29 søer er testet for statistisk signifikante ændringer i forskellige grad for de fire parametre (tabel 3.2). I testen anvendes data for gennemsnitlige sommerkoncentrationer af totalfosfor, totalkvælstof og klorofyl *a* samt sommergennemsnitlig sigtddybde. Analysen viser, at for omkring halvdelen af søerne er der sket ændringer i perioden 1989-2017. Ændringer i gået i retning af mindsket eutrofiering, således er klorofyl- og fosforindholdet mindsket i 14 søer, totalkvælstofindholdet i 17 søer, mens sigtddybden er øget signifikant i 15 søer (kun i én sø er sigtddybden reduceret). Ændringer har fundet sted i både dybe og lavvandede søer (søtype 9 og søtype 10). Bortset set fra Skarresø, hvor sigtddybden er reduceret (på 10% signifikansniveau) viser ingen de 29 søer tegn på forværring, hvis hele undersøgelsesperioden betragtes.

Den relative udvikling i søer med statistisk signifikante ændringer

Hvis man ser eksplicit på de søer, hvor der har været signifikante ændringer (undtagen den ene sø, hvor sigtddybden er reduceret på 10% signifikansniveau) tegner der sig et overordnet billede af, hvornår ændringerne er sket, og hvor store ændringerne har været i de søer, som er ændrede statistisk signifikant siden 1989 (Fig. 3.7). Der er store forskelle søerne imellem, og eksempelvis i enkelte søer som Hejrede Sø er der sket store relative ændringer, hvor den gennemsnitlige sommersigtddybde blev øget fra 0,34 m i 1989 til 1,62 m i 2004.

De største relative ændringer er dog generelt sket i løbet af 1990'erne, fulgt af mindre ændringer indtil midten eller slutningen af 00'erne, hvorefter søerne ikke har ændret sig meget. Eksempelvis blev den relative koncentration af totalfosfor mere end halveret i løbet af 1990'erne og frem til ca. 2005, formentlig som følge af reduceret ekstern fosfortilførsel og / eller aftagende intern fosforfrigivelse fra søbunden. Det relative indhold af totalkvælstof er ikke reduceret så meget som totalfosfor, måske som et udtryk for, at der ikke som for fosfor er tale om nogen betydelig intern belastning med kvælstof. Siden ca. 2005 er der generelt ikke sket ændringer i disse søers relative næringsstofindhold.

Den relative sigtddybde i de søer, hvor der har været signifikante ændringer, viser de største ændringer i den sidste halvdel af 1990'erne, men de relative ændringer i sigtddybden varierer generelt mere søerne imellem. Det relative indhold af klorofyl *a* reduceres primært i løbet af 1990'erne og er omkring årtusindskiftet omkring 50% af niveauet i 1989. I løbet af 00'erne og indtil ca. 2010 reduceres det relative klorofylindhold yderligere lidt, og når ned under 50% af niveauet i 1989.

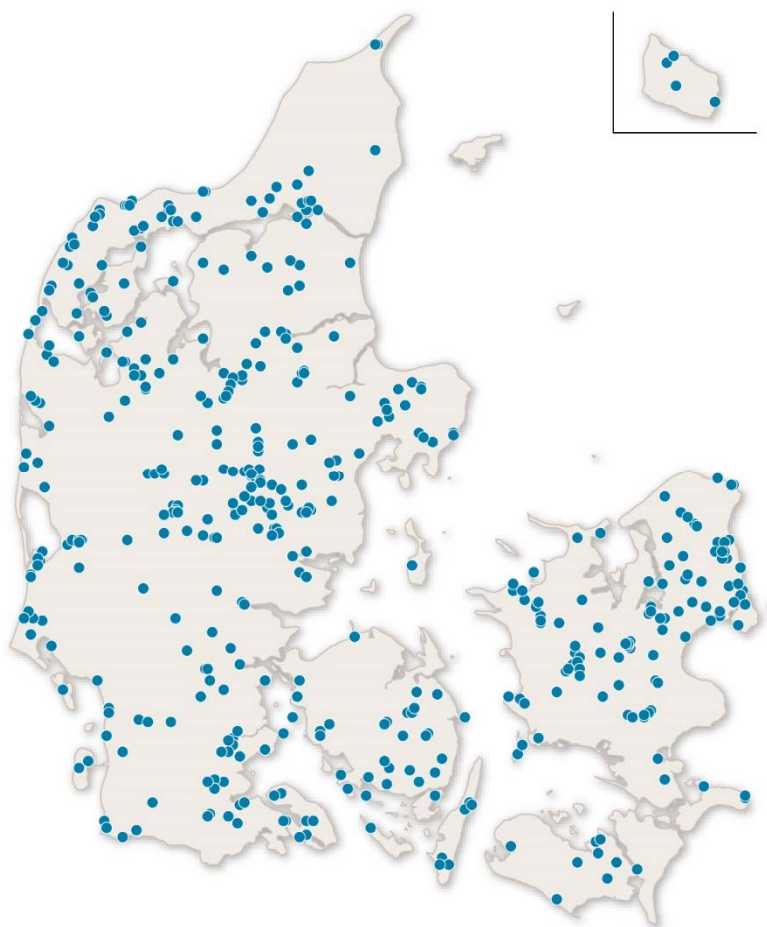


Figur 3.7. Udviklingen i den relative værdi af sigtdybde, klorofyl a, totalfosfor og totalkvælstof i de søer, hvor der har været signifikante ændringer (se tabel 3.2). Den relative værdi er udregnet som årets sommergennemsnit i forhold til sommergennemsnittet for det første måleår. Linjerne i boxplottene til højre forbinder medianværdier

4. 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 (2011-2017) er der nu foretaget overvågning af 447 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 4.1.

Figur 4.1. Geografisk placering af søer, der indgik i den operationelle overvågning af søer >5 ha i perioden 2011-2017. 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 forekomsten af vegetationen er ubetydelig. Endelig foretages der fiskeundersøgelser i udvalgte søer i det operationelle program.

Nedenfor gives en kort status for søernes tilstand i det operationelle program. Det bemærkes, at de 447 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. fejlbehæftede analyser, ikke præsenteres resultater af totalfosfor og totalkvælstof i søer, der er undersøgt i 2016.

4.1 Generel tilstand

Søerne i den operationelle overvågning repræsenterer i alt 10 søtyper (tabel 4.1). Den hyppigste er, som for de øvrige typer af overvågning, søtype 9 (lavvandede, kalkrige, ikke brunvandede, ferske søer).

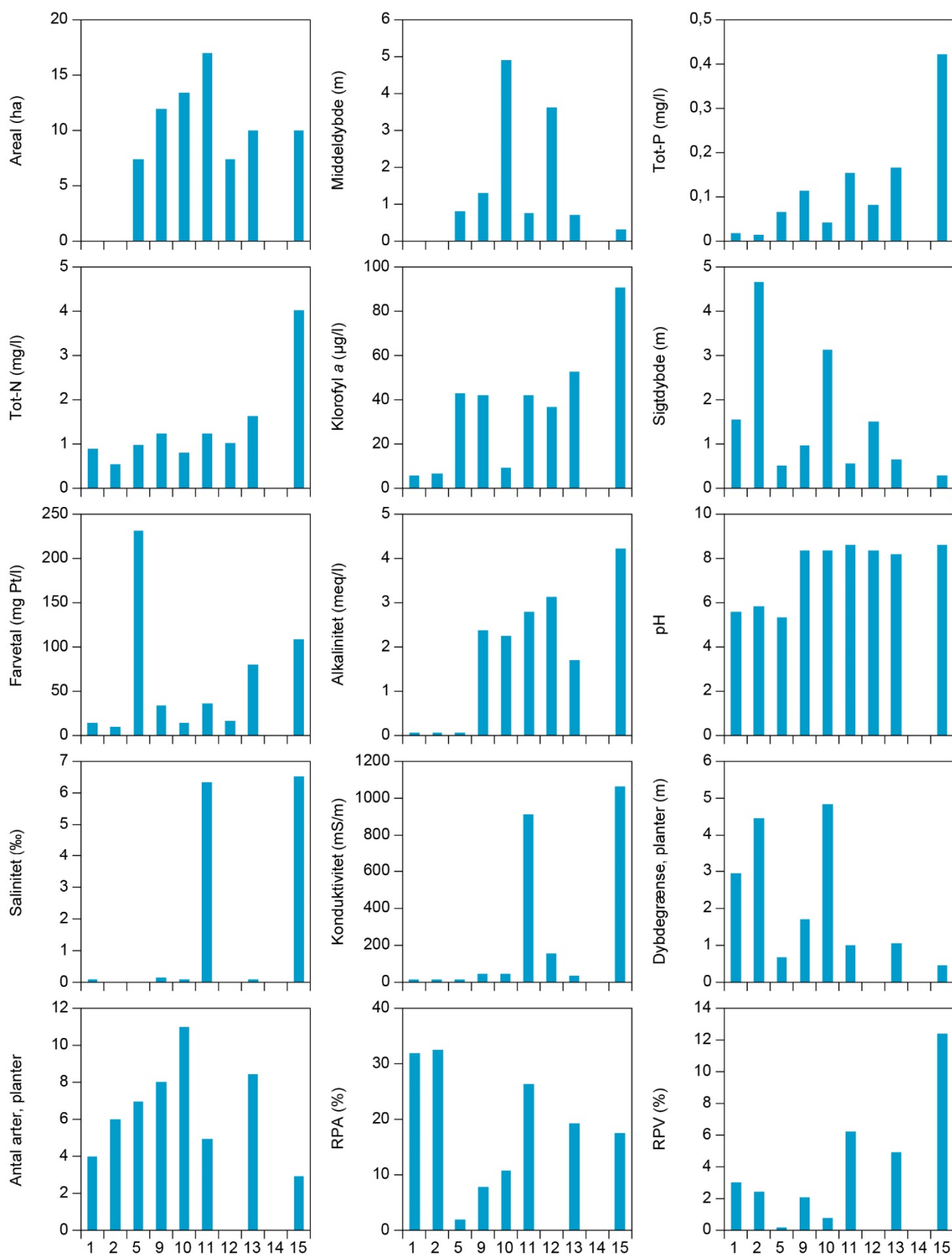
Tabel 4.1. Fordelingen af søerne i det operationelle program på de enkelte søtyper. For definition af søtyperne se afsnit 2. Tre af de i alt 447 søer kunne ikke henføres til en søtype pga. manglende data.

Søtype	Antal søer
1	8
2	7
5	27
9	180
10	64
11	51
12	5
13	76
14	2
15	24

En samlet beskrivelse af de morfologiske, vandkemiske og vegetationsmæssige forhold i de ti søtyper er givet i tabel 4.2. I figur 4.2 er medianværdien for en række af de morfologiske og vandkemiske parametre samt resultater af vegetationsundersøgelser vist for de enkelte søtyper. Nogle af søtyperne er kun repræsenteret ved få søer og kan ikke anvendes til at udtale sig om søtyperne generelt

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 4.2 og i tabel 4.2. Eksempelvis har søtyperne 1, 2 og 5 alle en meget lav alkalinitet med en medianværdi tæt ved 0 og middeldybden er højest (og kun over 3 m) i søtype 10 og 12. Blandt søtyperne inden for samme afgrænsning kan der også være væsentlige forskelle. Eksempelvis blandt de brunvandede søtyper (type 5, 13 og 15), hvor den lavalkaline søtype 5, som medianværdi er væsentlig mere brunvandet end de højalkaline søtyper 13 og 15. Ligeledes dækker gruppen af lavvandede søer også over væsentlige forskelle, hvor den brakke og brunvandede søtype 15 generelt omfatter mere lavvandede søer (median af middeldybde = 0,3 m) end den ferske og ikke-brunvandede søtype 9 (median af middeldybde = 1,3 m).

Der er store forskelle i de forskellige søtypers næringsstofindhold. Den mest næringsrige søtype, både hvad angår fosfor og kvælstof, er søtype 15, og det er også her, at der ses det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtddybde. De mest næringsfattige søtyper er søtype 1, 2 og 10 sammenfaldende med de laveste koncentrationer af klorofyl *a* og højeste sigtddybder. Sigtddybden er højest i søtype 2 med en mediansigtddybde på 4,7 m efterfulgt af søtype 10 med en mediansigtddybde på 3,1 m. Den relativt lave sigtddybde i søtype 1 skyldes formentlig, at dette er en lavvandet søtype, hvor sigtddybden når bunden.



Figur 4.2. Oversigt over morfologiske og vandkemiske parametre samt sigtdybde i de operationelt overvågede søer fordelt på søtype 1-15. Der er angivet medianværdier. Der er kun vist resultater, hvor der er data fra mindst fem søer. Se også tabel 4.1 og 4.2. 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 hænger formentlig sammen med, at søerne i denne type er meget lavvandede. Det gennemsnitlige antal arter varierer mellem 3 og 11 (medianværdier) og er højest i søtype 10. Det laveste gennemsnitlige antal arter er i søtype 15.

Tabel 4.2. Oversigt over kemiske og biologiske data fra de 444 søer (sommerværdier), der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2011-2017 og hvor søtypen kunne bestemmes, 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. Søer, hvor der ikke er registreret undervandsplanter, indgår ikke i opgørelser over dybdegrænse og artsantal. *) Lindholm Kridtgrav (type 10).

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)	4,1	3,3	1,6	9,0	6
Søareal (ha)	9,4	6,2	5,0	18,7	8
Totalfosfor (mg P/l)	0,030	0,017	0,005	0,114	8
Totalkvælstof (mg N/l)	1,05	0,88	0,30	2,10	8
Sigtdybde (m)	2,1	1,5	0,7	5,0	8
Klorofyl a (µg/l)	15,0	5,2	2,3	58,2	8
Alkalinitet (meq/l)	0,05	0,03	0,002	0,18	8
pH	5,8	5,5	5,2	6,9	8
Farvetal (mg Pt/l)	17	14	2	38	8
Suspenderet stof (mg/l)	6	2	2	27	8
Konduktivitet (mS/m)	19	14	10	40	8
Relativt plantedækket areal (%)	32,1	31,9	0,5	82,0	7
Relativt plantedækket volumen (%)	5,5	3,0	0,0	13,0	7
Plantedybdegrænse (m)	3,1	3,0	1,0	5,7	7
Antal arter af undervandsplanter	5,0	4,0	1,0	12,0	7
Type 2 (dyb, lavalkalin, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	5,9	4,9	4,7	8,0	3
Maksimumdybde (m)	12,0	12,0	12,0	12,0	1
Søareal (ha)	8,5	8,8	5,3	12,0	7
Totalfosfor (mg P/l)	0,012	0,013	0,004	0,019	7
Totalkvælstof (mg N/l)	0,62	0,51	0,34	1,30	7
Sigtdybde (m)	4,8	4,7	2,3	8,6	7
Klorofyl a (µg/l)	5,7	6,1	1,1	12,8	7
Alkalinitet (meq/l)	0,09	0,03	0,01	0,20	7
pH	5,4	5,9	3,0	7,8	7
Farvetal (mg Pt/l)	12	9	1	44	7
Suspenderet stof (mg/l)	2	2	1	3	7
Konduktivitet (mS/m)	29	15	5	99	7
Relativt plantedækket areal (%)	40,1	32,6	7,9	77,5	7
Relativt plantedækket volumen (%)	12,3	2,4	0,2	50,6	7
Plantedybdegrænse (m)	5,8	4,5	2,5	11,0	7
Antal arter af undervandsplanter	6,4	6,0	2,0	13,0	7

Type 5 (lavvandet, lavalkalin, farvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,9	0,8	0,3	2,8	18
Maksimumdybde (m)	2,3	1,6	0,6	8,0	23
Søareal (ha)	13,5	7,3	3,6	78,0	23
Totalfosfor (mg P/l)	0,120	0,067	0,034	0,615	25
Totalkvælstof (mg N/l)	1,22	0,96	0,78	3,84	25
Sigtdybde (m)	0,6	0,5	0,1	1,1	27
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	58,3	43,1	3,7	299,8	27
Alkalinitet (meq/l)	0,04	0,03	-0,03	0,17	27
pH	5,5	5,3	4,1	7,4	27
Farvetal (mg Pt/l)	268	232	62	930	27
Suspenderet stof (mg/l)	11	7	1	49	27
Konduktivitet (mS/m)	14	11	6	29	27
Relativt plantedækket areal (%)	10,5	1,8	0,0	69,1	21
Relativt plantedækket volumen (%)	2,7	0,2	0,0	16,0	21
Plantedybdegrænse (m)	0,8	0,7	0,2	1,8	17
Antal arter af undervandsplanter	7,2	7,0	2,0	17,0	17
Type 9 (lavvandet, alkalisk, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	1,4	1,3	0,3	3,0	163
Maksimumdybde (m)	3,1	2,4	0,6	15,5	167
Søareal (ha)	38,9	12,0	0,1	541,3	180
Totalfosfor (mg P/l)	0,159	0,112	0,007	0,996	172
Totalkvælstof (mg N/l)	1,38	1,21	0,38	5,48	172
Sigtdybde (m)	1,2	0,6	0,2	6,0	180
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	58	41,8	2,6	327,4	180
Alkalinitet (meq/l)	2,40	2,37	0,33	5,88	180
pH	8,4	8,3	7,1	9,8	180
Farvetal (mg Pt/l)	34	32	6	60	179
Suspenderet stof (mg/l)	19	12	2	231	180
Konduktivitet (mS/m)	44	39	17	112	179
Relativt plantedækket areal (%)	21,8	7,8	0,0	92,1	159
Relativt plantedækket volumen (%)	11,0	2,0	0,0	83,0	158
Plantedybdegrænse (m)	1,9	1,7	0,3	7,5	135
Antal arter af undervandsplanter	9,8	8,0	1,0	56,0	135
Type 10 (dyb, alkalisk, ufarvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	5,5	4,9	3,0	10,4	56
Maksimumdybde (m)	12,5	10,0	4,2	45,7 ¹⁾	56
Søareal (ha)	95,4	13,5	2,1	1660,0	64
Totalfosfor (mg P/l)	0,062	0,041	0,004	0,434	59
Totalkvælstof (mg N/l)	0,89	0,80	0,19	2,52	59
Sigtdybde (m)	3,3	3,1	0,7	7,2	64
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	19,5	8,6	2,1	106,5	64
Alkalinitet (meq/l)	2,30	2,23	0,63	4,72	64
pH	8,3	8,3	7,5	9,5	64
Farvetal (mg Pt/l)	13	13	1	33	62
Suspenderet stof (mg/l)	5	3	1	29	64
Konduktivitet (mS/m)	42	40	16	86	64
Relativt plantedækket areal (%)	16,6	10,8	0,0	70,2	63
Relativt plantedækket volumen (%)	2,9	0,7	0,0	30,5	63
Plantedybdegrænse (m)	4,9	4,9	0,2	12,0	60
Antal arter af undervandsplanter	11,8	11,0	1,0	44,0	60

Type 11 (lavvandet, alkalisk, ufarvet, brak)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,9	0,8	0,2	3,0	46
Maksimumdybde (m)	1,8	1,4	0,3	4,8	42
Søareal (ha)	144,1	17	4,9	1989,2	49
Totalfosfor (mg P/l)	0,237	0,156	0,025	1,856	49
Totalkvælstof (mg N/l)	1,48	1,24	0,60	4,55	49
Sigtdybde (m)	0,7	0,6	0,1	1,0	51
Klorofyl a (µg/l)	56,4	41,8	3,9	193,7	51
Alkalinitet (meq/l)	3,02	2,78	0,96	9,84	51
pH	8,6	8,6	7,1	9,5	51
Farvetal (mg Pt/l)	34	35	13	57	51
Suspenderet stof (mg/l)	29	19	4	117	51
Konduktivitet (mS/m)	1260	911	47	4745	51
Salinitet (‰)	8,192	6,410	0,500	29,600	49
Relativt plantedækket areal (%)	25,5	26,3	0,0	81,1	39
Relativt plantedækket volumen (%)	12,4	6,2	0,0	45,6	38
Plantedybdegrænse (m)	1,2	1,0	0,2	4,0	37
Antal arter af undervandsplanter	5,9	5,0	1,0	21,0	37
Type 12 (dyb, alkalisk, ufarvet, brak)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	4,6	3,6	3,1	8,9	5
Maksimumdybde (m)	8,1	6,5	6,0	14,1	5
Søareal (ha)	10,9	7,3	5,0	18,8	5
Totalfosfor (mg P/l)	0,124	0,080	0,028	0,236	5
Totalkvælstof (mg N/l)	1,08	1,03	0,86	1,41	5
Sigtdybde (m)	1,7	1,5	0,9	3,4	5
Klorofyl a (µg/l)	41,2	36,5	7,1	90,3	5
Alkalinitet (meq/l)	3,36	3,15	2,56	4,43	5
pH	8,3	8,3	7,7	8,9	5
Farvetal (mg Pt/l)	14	14	9	18	5
Suspenderet stof (mg/l)	9	11	2	14	5
Konduktivitet (mS/m)	157	152	52	218	5
Salinitet (‰)	0,953	1,060	0,700	1,100	3
Relativt plantedækket areal (%)	15,0	5,1	0,0	50,0	4
Relativt plantedækket volumen (%)	3,7	0,4	0,0	14,0	4
Plantedybdegrænse (m)	5,0	5,9	2,8	6,4	3
Antal arter af undervandsplanter	6,7	4,0	4,0	12,0	3
Type 13 (lavvandet, alkalisk, farvet, fersk)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,9	0,7	0,1	2,7	58
Maksimumdybde (m)	1,9	1,5	0,3	7,8	71
Søareal (ha)	28,2	10,0	1,9	450,0	72
Totalfosfor (mg P/l)	0,296	0,166	0,020	3,0	69
Totalkvælstof (mg N/l)	1,97	1,61	0,70	7,11	69
Sigtdybde (m)	0,7	0,6	0,1	2,6	75
Klorofyl a (µg/l)	86,2	52,2	4,8	769,6	76
Alkalinitet (meq/l)	2,17	1,71	0,14	6,08	76
pH	8,2	8,2	6,7	9,7	75
Farvetal (mg Pt/l)	95	80	60	406	75
Suspenderet stof (mg/l)	27	13	2	226	76
Konduktivitet (mS/m)	44	36	13	110	74
Relativt plantedækket areal (%)	24,8	19,1	0	85,1	61
Relativt plantedækket volumen (%)	14,6	4,9	0	68,9	61
Plantedybdegrænse (m)	1,2	1,1	0,2	5,2	50
Antal arter af undervandsplanter	12,3	8,5	2,0	38,0	50

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	0,044	0,044	1
Totalkvælstof (mg N/l)	1,46	1,46	1,46	1,46	1
Sigtdybde (m)	1,8	1,8	1,6	2,0	2
Klorofyl a (µg/l)	27,3	27,3	18,0	36,5	2
Alkalinitet (meq/l)	3,28	3,28	3,08	3,49	2
pH	8,3	8,3	8,2	8,3	2
Farvetal (mg Pt/l)	75	75	61	88	2
Suspenderet stof (mg/l)	6	6	5	8	2
Konduktivitet (mS/m)	52	52	48	56	2
Relativt plantedækket areal (%)	3,0	3,0	0,3	5,7	2
Relativt plantedækket volumen (%)	0,4	0,4	0,0	0,8	2
Plantedybdegrænse (m)	2,5	2,5	1,3	3,7	2
Antal arter af undervandsplanter	6,0	6,0	4,0	8,0	2
Type 15 (lavvandet, alkalisk, farvet, brak)	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Middeldybde (m)	0,3	0,3	0,1	0,9	21
Maksimumdybde (m)	0,8	0,7	0,1	2,2	22
Søareal (ha)	23,2	10,0	5,1	118,0	24
Totalfosfor (mg P/l)	0,904	0,422	0,060	3,273	24
Totalkvælstof (mg N/l)	4,70	4,04	1,61	12,67	24
Sigtdybde (m)	0,4	0,3	0,1	1,0	24
Klorofyl a (µg/l)	132,6	91,2	17,2	586,9	24
Alkalinitet (meq/l)	4,18	4,21	2,04	7,38	24
pH	8,6	8,6	7,5	9,8	24
Farvetal (mg Pt/l)	112	109	62	226	24
Suspenderet stof (mg/l)	109	51	8	1047	24
Konduktivitet (mS/m)	1162	1067	63	3898	23
Salinitet (‰)	7,61	6,58	0,80	24,32	22
Relativt plantedækket areal (%)	22,7	17,4	0,0	76,2	18
Relativt plantedækket volumen (%)	15,5	12,4	0,0	67,0	18
Plantedybdegrænse (m)	0,6	0,5	0,1	1,5	15
Antal arter af undervandsplanter	5,3	3,0	1,0	16,0	15

5. 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. (2019).

I dette kapitel gives der en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2017 sammenlignet med perioden 1990-2016 samt "normalperioden", der er defineret som årene 1961 til 1990.

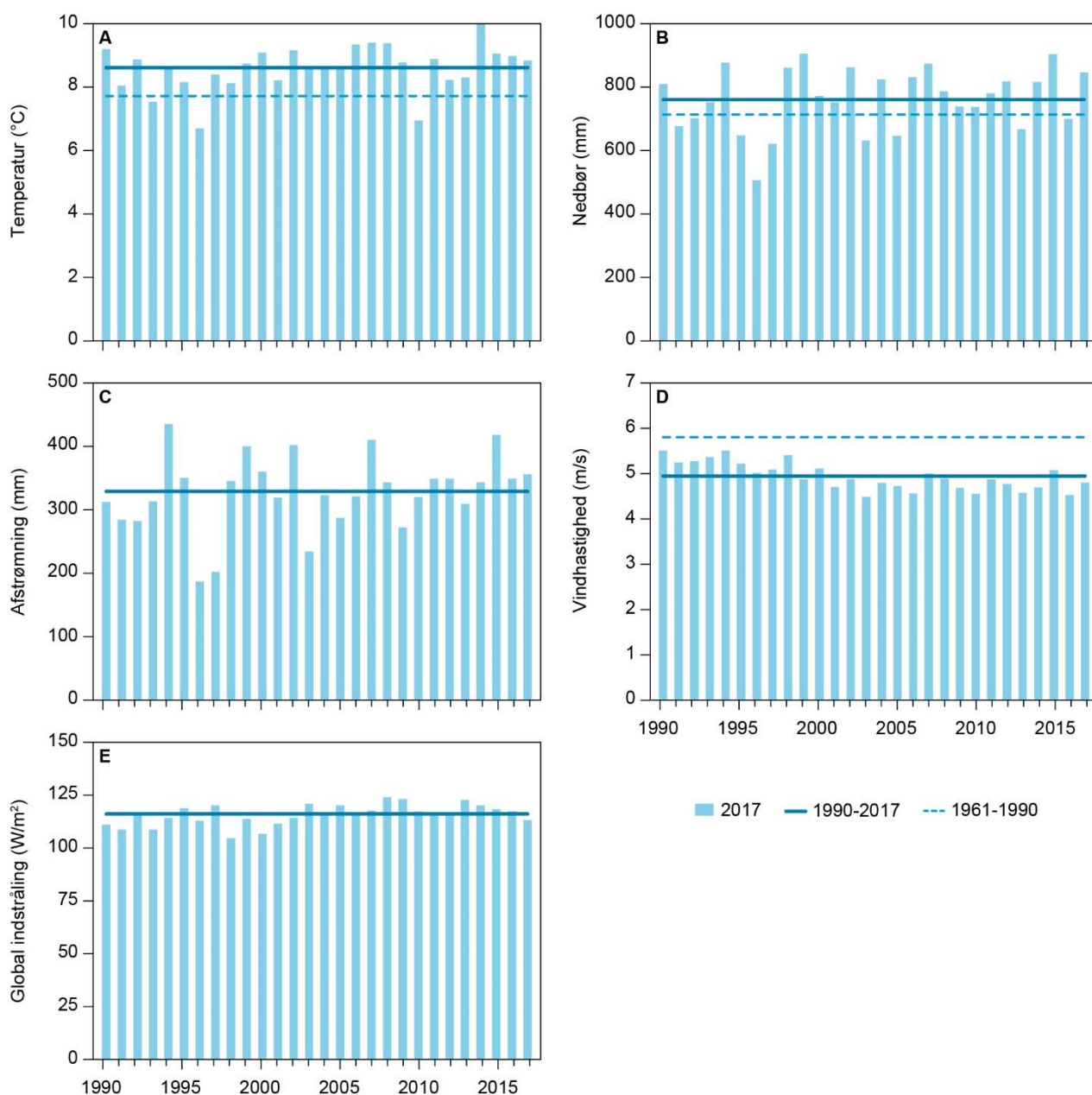
5.1 Temperatur og global indstråling

Årsmiddeltemperaturen for hele Danmark var i 2017 på 8,9 °C, hvilket var 0,3 grad højere end gennemsnittet for perioden 1990-2017 (8,6 °C) (figur 5.1A). Temperaturen var 1,2 °C højere end gennemsnittet for perioden 1961-1990 (7,7 °C). Temperaturen i maj og oktober var højere end normalen for perioden 1990-2017 (figur 5.2A).

Årsmiddelværdien for den globale indstråling varierer kun lidt fra år til år (figur 5.1E). I 2017 var den lavere end normalen for de forrige 26 år, og dette skyldes primært en lidt lavere indstråling sommer og efterår (figur 5.2E).

5.2 Nedbør

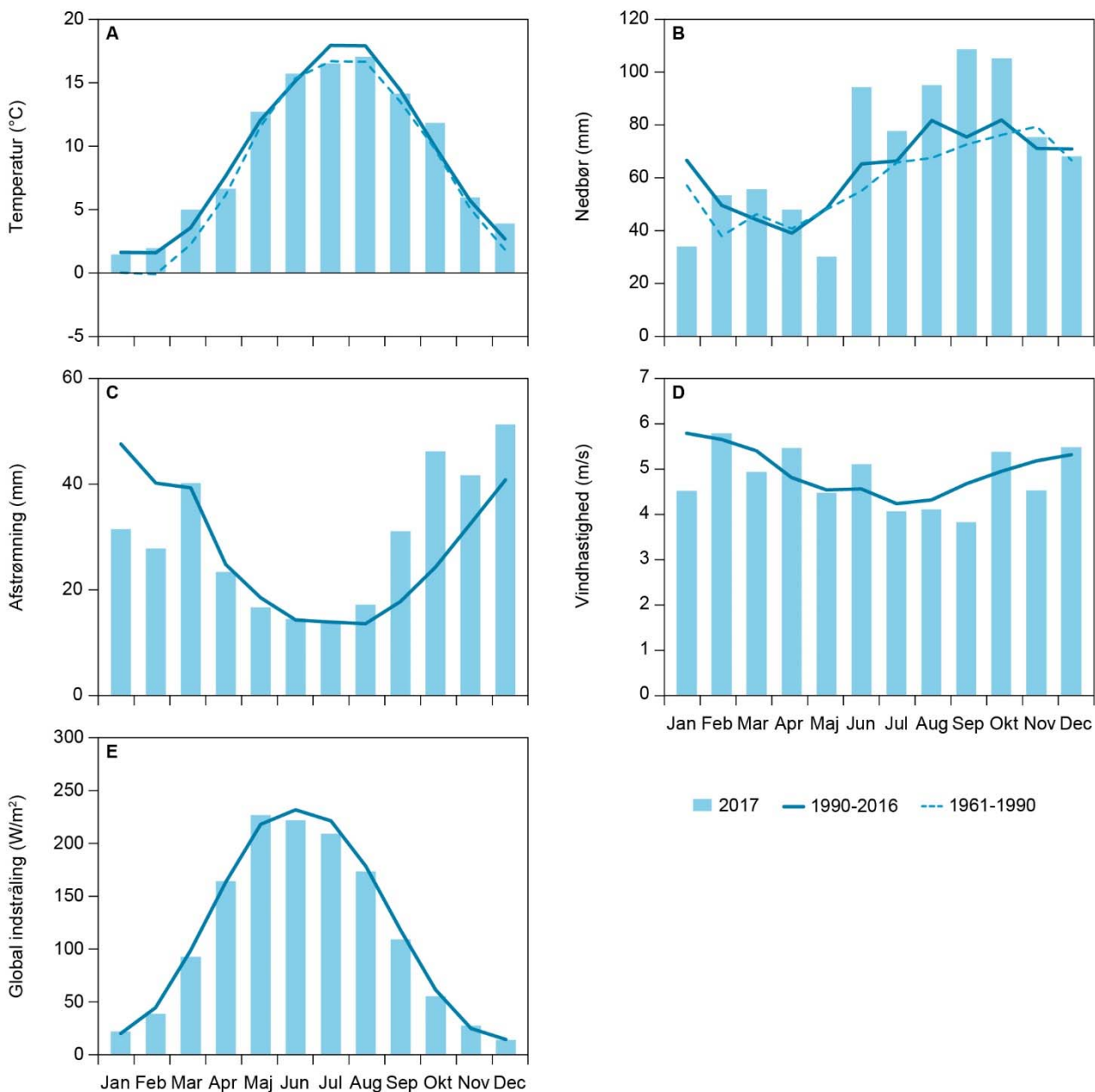
Ofte er der på årsbasis ikke store forskelle i nedbørsmængden fra år til år. Men 2017 var meget nedbørsrig, mængden var 847 mm, hvilket er højere end gennemsnittet, både for perioderne 1961-1990 (714 mm) og 1990-2017 (761 mm). I otte af månederne var nedbøren højere end normalen. I november og december lå nedbørsmængden tæt på gennemsnittet, mens januar og maj var relativt tørre måneder i 2017 (figur 5.2B).



Figur 5.1. Årsværdier for lufttemperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) for Danmark i 2017. Desuden er gennemsnit for perioderne 1961-1990 (rød linje (dog ikke for ferskvandsafstrømning og global indstråling)) og 1990-2017 (linje) indlagt. Data fra hele Danmark.

5.3 Afstrømning

Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning er på årsbasis korreleret med nedbørsmængden og var i 2017 på 357 mm, hvilket er lidt højere end i hele perioden 1990-2017 (329 mm). Afstrømningen var højere end normalt i perioden september-december. Specielt i september og oktober var nedbøren højere end normalt (figur 5.1C og 5.2C).



Figur 5.2. Månedsværdier for temperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) i 2017 samt gennemsnit for perioderne 1961-1990 og 1990-2016 (førstnævnte dog ikke for global indstråling, vindhastighed og ferskvandsafstrømningen). Data fra hele Danmark.

5.4 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 5.1D). I 2017 lå den på 4,8 m/s, hvilket er lidt under normalen for perioden 1990-2017 (4,9 m/s). Gennem året varierede vindhastigheden og især i april, juni og oktober var der lidt mere vind end normalt i perioden 1989-2016 (figur 5.2.D).

6. Referencer

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.

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>

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.

Larsen, S.E., Windolf, J., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Blicher-Mathiesen (2018). Genopretning af fejlbehæftede kvælstof- og fosforanalyser. Ferskvand. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 72 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 110.

Miljøstyrelsen (red.) og DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet, GEUS – De nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (2017): NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2017-2021. Programbeskrivelse. 184 s. <http://mst.dk/overvaagning/>

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

Olsen S., Søndergaard M., Jeppesen E., Zhao S. & Li W. (2016). Spiller kvælstof en rolle for tilstanden i søerne? Vand og Jord 23: 59-62.

Søndergaard, M., Larsen, S. E., Johansson, L. S., Lauridsen, T. L., & Jeppesen, E. (2016). Ecological classification of lakes: Uncertainty and the influence of year-to-year variability. Ecological Indicators, 61(2), 248-257.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.024>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Windolf, J. & Kjeldgaard, A. (2019). Vandløb 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 76 s. - Videnskabelig rapport nr. 306. <http://dce2.au.dk/pub/SR306.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 og mere udførligt i Miljøstyrelsen (2017).

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).

Beregning af tidsvægtede gennemsnit

Sommergennemsnit: Der skal være minimum fire målinger i perioden maj-september (begge inklusive). Der interpoleres til dagsværdier, således at hver dag i perioden får en værdi for den enkelte parameter 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

For at vurdere eventuelle udviklingstendenser i søerne er der testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem overvågningsperioden har været en statistisk sikker ændring. Der er anvendt Mann-Kendall's ikke-parametriske test til at teste for monotone 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 Miljøstyrelsen og DCE. Der pågår løbende en proces, hvor data i ODA bliver mærket efter denne kvalitetssikring. En beskrivelse af processen kan ses i de data-tekniske anvisninger på <http://bios.au.dk/videnudveksling/fagdatacentre/fdcfersk/>

SØER 2017

NOVANA

Rapporten giver en status for den nationale søovervågning og omfatter data fra en række fysiske, kemiske og biologiske miljøindikatorer indsamlet til og med 2017. Søerne overvåges i henhold til EU's vandrammedirektiv og EU's habitatdirektiv via forskellige typer af overvågning. Kontrolovervågningen af tilstand omfattede i 2016-2017 i alt 64 søer, der som medianværdi havde et sommergenemsnitligt klorofylindhold på 40 µg/l og en sigtddybde på 1,29 m. For 29 af de 64 søer er der i de fleste tilfælde mindst otte års data, som er indsamlet i perioden 1989-2017. Udviklingen i disse søer viser, at sigtddybden generelt er øget, mens indholdet af klorofyl, totalkvælstof og totalfosfor er reduceret. De største ændringer er sket i løbet af 1990'erne, men for nogle parametre er udviklingen fortsat ind i 00'erne. I den operationelle overvågning af søernes tilstand er der i perioden 2011-2017 undersøgt i alt 447 søer. Denne overvågning har omfattet i alt 10 af de 11 danske søtyper, hvoraf søtype 9 og søtype 10 er de mest almindeligt undersøgte og tilsammen udgør 56% af søerne omfattet af den operationelle overvågning.

ISBN: 978-87-7156-385-6

ISSN: 2244-9981