



# SØER 2023

## NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 631

2024



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



# SØER 2023

NOVANA

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 631

2024

Liselotte Sander Johansson  
Martin Søndergaard  
Juan Pablo Pacheco

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 631

Titel: Søer 2023  
Undertitel: NOVANA

Forfattere: Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard & Juan Pablo Pacheco

Institution: Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©  
URL: <https://dce.au.dk>

Udgivelsesår: December 2024  
Redaktion afsluttet: December 2024

Faglig kommentering: Torben Linding Lauridsen  
Kvalitetssikring, DCE: Maj-Britt Andersen Bjergager  
Sproglig kvalitetssikring: Anne Mette Poulsen

Ekstern kommentering: Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. [Kommentarerne findes her:](#)

Finansiel støtte: Ministeriet for Grøn Trepert

Bedes citeret: Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Pacheco, J.P. 2024. Søer 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 67 s. Videnskabelig rapport nr. 631

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: Overvågningsprogrammet for de danske søer er med justeringer gennemført siden 1989, og hvert år gives – som i denne rapport – en status for søernes tilstand og udvikling inden for udvalgte emner. Den såkaldte kontrolovervågning af tilstand omfatter i alt 180 søer, som senest er undersøgt i perioden 2018-2023, mens den såkaldte operationelle overvågning i perioden 2021-2023 omfattede 272 søer  $\geq 5$  ha og 66 søer  $< 5$  ha. Overordnet er tilstanden i de danske søer generelt forbedret siden overvågningens begyndelse, men disse forbedringer fandt især sted i 1990'erne, formentlig som følge af forbedret spildevandsrensning og en efterhånden aftagende intern fosforbelastning i søerne. De seneste ca. 20 år har der generelt kun været få ændringer i søernes tilstand, og sammenlignes de seneste seksårsperioder er der i mange af søerne endda tegn på øget næringsstofindhold, især hvad angår kvælstof. Der findes stadigvæk rentvandede søer i Danmark, men langt hovedparten er i dag stadig præget af højt næringsstofindhold, der generelt fører til uklart vand og biologiske forhold, som er påvirkede i negativ retning. I rapporten præsenteres for første gang resultater fra overvågningen af bentiske kiselalger, hvorfra der nu er data fra i alt 225 søer. Tilstandsvurderingen udtrykkes via et indeks, der anvender sammensætning og forekomst af bentiske kiselalger. Indekset er koblet til indhold af fosfor og kan derfor anvendes til at udtrykke eutrofiering.

Emneord: Søer, miljøtilstand, overvågning, vandområdeplaner, NOVANA

Foto forside: Lyngsø, Martin Søndergaard

ISBN: 978-87-7156-910-0  
ISSN (elektronisk): 2244-9981

Sideantal: 67

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>10</b>
<b>1 Undersøglesprogrammet</b>	<b>14</b>
1.1 Historik	14
1.2 Direktiver i overvågningen og afrapportering	15
1.3 Parametre i overvågningen	16
1.4 Fejlanalyser af totalkvælstof og totalfosfor	17
1.5 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet	17
1.6 Kontrolovervågning	18
1.7 Operationel overvågning	20
1.8 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer	21
<b>2 Kontrolovervågning af søernes tilstand</b>	<b>22</b>
2.1 Generel karakteristik	22
2.2 Generel tilstand	23
2.3 Vandkemi	23
2.4 Vegetation	35
<b>3 Fytobenthos i kontrolovervågningen</b>	<b>39</b>
3.1 Baggrund	39
3.2 Datahåndtering og kvalitetsvurdering	39
3.3 IPS-bentisk kiselalgeindeks	43
3.4 Status og udvikling i IPS-indekset	45
<b>4 Operationel overvågning af søernes tilstand</b>	<b>48</b>
4.1 Generel tilstand	49
4.2 Vandkemi, udviklingstendenser	57
<b>5 Klima og afstrømning</b>	<b>60</b>
5.1 Temperatur og global indstråling	60
5.2 Nedbør	61
5.3 Afstrømning	62
5.4 Vindforhold	62
<b>6 Referenceliste</b>	<b>63</b>
<b>Bilag 1. Datagrundlag og metoder</b>	<b>65</b>
<b>Bilag 2. Kriterier for kvalitetssikring af data for bentiske kiselalger indsamlet i søer i NOVANA i perioden 2013-2022</b>	<b>67</b>

## 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 i efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2023.

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 Ministeriet for Grøn Trepert og Miljøministeriet at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE med bidrag fra Institut for Ecoscience og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, arter og naturtyper samt miljøfarlige forurenende stoffer.

I overvågningsprogrammet er der en arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentrene, Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) og Miljøstyrelsen (MST). Fagdatacentret for grundvand og borerer er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for hydrologiske punktkilder hos SGAV, mens de øvrige fagdatacentre (vandløb, hydrometri og næringstransport, sø, det marine fagdatacenter, stofudvaskning fra dyrkede arealer (LOOP), biodiversitet og terrestrisk natur, luftkvalitet og miljøfarlige forurenende stoffer) er placeret hos DCE, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for sø, og SGAV har haft mulighed for at kommentere udkast til rapporten. Rapporten er baseret på data indsamlet af SGAV (tidligere MST). Dette års rapport er som udgangspunkt en opdatering af tidligere års rapporter om søer med data indsamlet i 2023.

Ikke alle indsamlede data bliver rapporteret hvert år. En rapportering sker først, når der er et tilstrækkeligt datagrundlag for en rapportering. I år beskrives status og udviklingstendenser for udvalgte parametre inden for vandkemi og vegetation i søer, der indgår i kontrolovervågningen af tilstand (de 180 KT-søer) for perioden 2006-2023. Derudover præsenteres en overordnet status for udvalgte parametre for vandkemi og vegetation i søerne i det operationelle program for perioden 2021-2023 og en analyse af udviklingen af de målte næringsstoffer i disse søer siden 2006. Endelig indeholder rapporten et afsnit om resultater fra indsamling af benthiske kiselalger i perioden 2013-2022.

Data fra overvågning af arter og naturtyper i søer i henhold til habitatdirektivet er ikke med i denne rapport. Seneste rapportering af habitatnaturtyper i søer i kontrolovervågningen foregik i den seneste rapport "Søer 2022" (Johansson m.fl. 2024) og af habitatarter i 2021, hvor rapporteringen af

habitatarten vandranke udkom som netrapportering på Novana.au.dk. Resultater fra overvågningen af de øvrige habitatarter og fra kortlægningen af sønaturtyper generelt blev senest afrapporteret i 2019 i forbindelse med Danmarks rapportering til EU i medfør af habitatdirektivets artikel 17 og fuglebeskyttelsesdirektivets artikel 12. Dette skete i form af et selvstændigt bidrag fra DCE til Miljø- og Fødevarerministeriets rapportering til EU (Fredshavn m.fl. 2019).

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenterrapporter i "Vandmiljø og natur 2023", som udgives i et samarbejde mellem DCE, GEUS og SGAV.

# Sammenfatning

## Overvågningsprogrammet

Overvågningsprogrammet for de danske søer er løbende blevet justeret siden dets start i 1989 efter vedtagelsen af Vandmiljøplan 1 i 1988. 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 i henhold til vandrammedirektivet til formål at "dokumentere søernes tilstand og den generelle udvikling, herunder de klimatiske relaterede og de menneskeskabte ændringer". Kontrolovervågningen omfatter en overvågning af den generelle tilstand i søer >5 ha (KT-søer, i alt 180 søer) og en overvågning af udviklingen i søer >5 ha (KU-søer, i alt 18 søer), vurderet på baggrund af lange tidsserier. Samlet udgør de 198 søer >5 ha ca. 1/3 af alle danske søer i denne størrelsesgruppe. Derudover foretages der en kontrolovervågning i henhold til habitatdirektivet, som skal give et generelt billede af tilstand og udvikling af de enkelte beskyttede sønaturtyper.

*Den operationelle overvågning* skal bl.a. danne baggrund for fastlæggelse af den økologiske tilstandsklasse, kemiske tilstand og indsatsbehov i søer, som ikke har målopfyldelse, som er i risiko for ikke at kunne fastholde målopfyldelsen samt i søer, hvor tilstanden er ukendt (Miljøstyrelsen, 2023). Derudover skal den operationelle overvågning levere data, der dokumenterer effekten af vandområdeplaner, nitrathandlingsprogrammer og andre forvaltningsmæssige tiltag.

Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. undersøgte parametre, frekvenser og antal søer. Til beskrivelse af søernes tilstand og udvikling måles der en række vandkemiske, fysiske og biologiske parametre, men ikke alle parametre måles i alle søer, og frekvensen varierer mellem de enkelte overvågningstyper.

De fysisk-kemiske parametre omfatter blandt andet målinger af indholdet af fosfor og kvælstof, klorofyl *a* (indikator for fytoplanktonbiomassen), alkalinitet (kalkholdighed), pH, ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne (salinitet), farvetal samt sigtddybde. Derudover måles forskellige grupper af miljøfarlige forurenende stoffer i sedimentet fra udvalgte søer, i væv fra fisk samt i begrænset omfang i søernes vandfase. Data for miljøfarlige forurenende stoffer rapporteres særskilt. De biologiske parametre omfatter undersøgelser af undervandsplanter, fisk, fytoplankton, bunddyr og kiselalger, der vokser på overflader under vandet (fytobenthos).

I implementeringen af EU's vandrammedirektiv og ved udarbejdelsen af vandområdeplaner arbejdes der i Danmark med 11 forskellige søtyper, der afgrænses i forhold til vanddybde (dyb, lavvandet), alkalinitet (kalkrig, kalkfattig), brunfarvning (brunvandet, ikke brunvandet) og saltholdighed (fersk, brak). Præsentationen af data i denne rapport følger i mange tilfælde denne inddeling.



## Kontrolovervågning af søernes tilstand

Kontrolovervågningen af tilstand omfatter i alt 180 KT-søer, der senest er undersøgt i perioden 2018-2023. Størstedelen af søerne er relativt små (medianværdien for søareal er 22 ha) og lavvandede (medianværdien for middeldybden er 1,6 m). De fleste søer er ferske, men der indgår også en del brakvandssøer i kontrolovervågningen. Blandt KT-søerne findes både kalkfattige og brunvandede søer, men flertallet er med høj alkalinitet (er kalkrige) og er ikke brunvandede.

### Vandkemiske forhold

KT-søerne er gennemgående næringsrige med en medianværdi for totalfosfor (sommerrmiddel) på 0,088 mg/L og totalkvælstof på 1,39 mg/L. Tilsvarende er søerne gennemgående uklare med en medianværdi for sigtddybde (sommergennemsnit) på 1,1 m og et klorofylindhold med median på 35 µg/L (sommergennemsnit). Blandt de fire mest almindelige søtyper (søtyper 9, 10, 11 og 13) er søtyper 11 (kalkrig, ikke-brunvandet, lavvandet og saltholdig) den mest næringsrige med en medianfosforkoncentration på 0,185 mg/L og en mediankvælstofkoncentration på 2,15 mg/L. Det er også i søtype 11, at de højeste medianværdier af klorofyl *a* ses (49 µg/L). Den mest næringsfattige blandt de fire hyppigst forekommende søtyper er type 10 (kalkrig, ikke-brunvandet, fersk og dyb), hvor medianfosforkoncentrationen er på 0,053 mg/L, og mediankvælstofkoncentrationen er 0,94 mg/L.

I mange af KT-søerne er der, siden overvågningsprogrammets start, opnået så lange tidsserier, at det er muligt at vurdere og teste udviklingstendenser for de enkelte søer. Blandt de 110-111 KT-søer, som er undersøgt mindst otte gange i løbet af perioden 1989-2023 (hvilket er kriteriet for statistisk test af udviklingen) ses statistisk signifikante ændringer på 0,1-10 % signifikansniveau i indholdet af næringsstoffer, klorofyl *a* og sigtddybde i op mod halvdelen af søerne. I langt de fleste tilfælde er der for perioden som helhed tale om positive ændringer forstået sådan, at næringsstof- og klorofylindhold er reduceret, mens sigtddybden er øget. Indholdet af totalfosfor er således reduceret i 56 søer og kun øget i fem søer, indholdet af totalkvælstof er reduceret i 44 og øget i fire søer, mens klorofylindholdet er reduceret i 47 søer og øget i fem søer.

Hvis der kun ses på udviklingen i de seneste 20 år, er der langt færre søer med et tilstrækkeligt stort datagrundlag til at vurdere ændringer. Blandt de syv søer, hvorfra der er mindst otte års næringsstofdata, er der signifikante ændringer i tre søers indhold af totalfosfor – i alle tilfælde reduceret indhold – mens der ikke er signifikante ændringer i indholdet af totalkvælstof i nogen af søerne. For indholdet af klorofyl *a* er der tale om signifikant mindske koncentrationer i to ud af de otte søer, hvorfra der er nok data til at teste. Indholdet er ikke øget i nogen af søerne. Sigtdybden kan testes i 12 søer, og blandt disse er der ingen signifikante ændringer.

En sammenligning, baseret på alle KT-søer på tværs af alle søtyper for de tre seneste seksårsperioder viser, at indholdet af totalkvælstof i KT-søerne er øget signifikant fra perioden 2006-2011 til 2018-2023 og også for perioden 2012-2017 til 2018-2023. Ved sammenligning mellem de to seneste perioder er der også sket en signifikant stigning i indholdet af totalfosfor. For så vidt angår totalfosfor, kan der dog være usikkerhed pga. fejlanalyser i perioden 2007-2016. De generelle forbedringer, der sås i de søer, der blev undersøgt i begyndelsen af overvågningsperioden, er altså ikke fortsat frem til den seneste seksårsperiode (2018-2023), men viser tværtimod tendenser til øget indhold af næringsstoffer.

## Vegetation

Udbredelsen af undervandsplanter i de 180 KT-søer varierer meget – fra uklare søer helt uden planter til klarvandede søer, hvor det meste af bunden er dækket. I den mest almindelige lavvandede søtype (søtype 9) er medianværdien for det plantedækkede areal på 15,6 % og det plantefyldte vandvolumen på 1,9%. Det betyder, at i hovedparten af de lavvandede søer er kun en lille del af vandvolumenet fyldt med planter. I den mest almindelige dybe søtype (søtype 10) varierer dybdegrænsen mellem 1,2 og 11,1 m. Ved sammenligning af de KT-søer, der er undersøgt siden 2006, er der mellem de to seksårs perioder 2006-2011 og 2018-2023 sket en signifikant forøgelse i planternes dybdegrænse, både for søtype 9, søtype 10 og når alle søtyper analyseres under ét.

## Fytobenthos i kontrolovervågningen

Fytobenthos i søerne er repræsenteret ved bentiske kiselalger. Vurdering af den økologiske tilstand på baggrund af artssammensætningen af de bentiske kiselalger er gennemført de seneste 10 år, og i dette års rapport gives for første gang en præsentation af disse data. Tilstandsvurdering udtrykkes i det såkaldte IPS-indeks (Indice de Polluo-sensibilité Spécifique), der anvender sammensætning og relativ forekomst af forskellige arter af kiselalger fundet ved skrab på overflader af plantestængler (normalt tagrør) 10 cm under vandoverfladen. Indekset er tidligere testet på søtype 9 og 10. I alt er der data fra 225 søer, repræsenteret ved 373 prøvetagninger indsamlet i perioden 2013-2022.

Overordnet viser IPS-indekset en signifikant sammenhæng med koncentrationen af totalfosfor, hvilket understøtter indeksets anvendelighed i forhold til at udtrykke en eutrofiering. Kiselalgesammensætningen er relateret til en række parametre herunder næringsstofindhold, klorofylkoncentration, ledningsevne og alkalinitet.

Udviklingen i søernes tilstand de seneste 10 år på baggrund af IPS-indekset er vurderet ved at sammenligne perioden 2013-2016 med perioden 2017-2022. Ved at anvende hele datasættet, kan der ikke påvises nogen signifikant ændring mellem de to perioder. Dette gælder også, hvis der kun anvendes data fra søtype 9 og 10.

## Operationel overvågning af søernes tilstand

I alt 272 søer  $\geq 5$  ha og 66 søer  $< 5$  ha indgik i perioden 2021-2023 i den operationelle overvågning af tilstand. Disse søer omfatter i alt 10 søtyper, og dermed er alle danske søtyper repræsenteret på nær én (søtype 6; fersk, kalkfattig, brunvandet, dyb). Ligesom for de kontrolovervågede søer dækker de operationelt overvågede søer over store forskelle både morfologisk, vandkemisk og biologisk. Den mest næringsrige søtype, med højest indhold af klorofyl og lavest sigtdybde er søtype 15 (kalkrig, brunvandet, saltholdig, lavvandet), der er repræsenteret med op til 17 søer.

Ved sammenstillingerne af data fra søerne i den operationelle overvågning fra de seneste tre seksårsperioder ses der kun en signifikant forskel for totalkvælstof i søtype 13, idet værdierne er højere i perioden 2018-2023, både i forhold til den første periode, 2006-2011, og den foregående periode, 2012-2017.

## Klima og afstrømning

For Danmark som helhed var årets gennemsnitlige temperatur i 2023 på 9,3 °C, hvilket var på samme niveau som 2022, men væsentlig højere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (8,7 °C). Januar og februar samt juni og september var varmere i 2023 end gennemsnittet for perioden 1990-2022, og der var ingen måneder, som var væsentligt koldere end gennemsnittet for perioden 1990-2022. Den globale indstråling i 2023 var lidt højere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 - dette skyldes især indstrålingen i april, maj og juni.

I 2023 kom der på landsplan 976 mm nedbør, hvilket er 29 % mere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (759 mm) og den højeste årlige nedbør for perioden 1990-2022. Der var store variationer over året. Januar, marts, juli og august 2023 var meget våde, mens maj, juni og september var tørre. Ligeledes var både oktober, november og december 2023 meget nedbørsrige i forhold til gennemsnittet for perioden 1990-2022. Den højere nedbørsmængde kom også til udtryk i den arealspecifikke ferskvandsafstrømning, der var 26% højere end gennemsnittet for perioden 1990-2022.

## Overordnede konklusioner

De overordnede konklusioner af NOVANA overvågningen er, at tilstanden i de danske søer generelt er forbedret siden overvågningens begyndelse i 1989, men at disse forbedringer især fandt sted i 1990'erne, formentlig som følge af forbedret spildevandsrensning og efterhånden aftagende intern fosforbelastning i søerne. De seneste ca. 20 år har der generelt kun været få ændringer i søernes tilstand, og sammenlignes de seneste seksårsperioder er der i mange af søerne endda tegn på øget næringsstofindhold - især hvad angår kvælstof.

Der findes stadigvæk rentvandede søer i Danmark, men langt hovedparten er i dag stadig præget af højt næringsstofindhold, der generelt fører til uklart vand og biologiske forhold, som er påvirkede i negativ retning.

# Summary

## The monitoring programme

The monitoring programme for the Danish lakes has continuously been adjusted since its implementation in 1989 after the adoption of the first National Aquatic Monitoring Programme in 1988. The most important needs for the monitoring of lakes are now based on the two EU directives - The Water Framework Directive (European Union 2000) and the Habitats Directive (European Union 1992). This means that the monitoring as from 2010 consists of *control monitoring* and *operational monitoring* of lakes.

The purpose of the *control monitoring* is to document the state of the lakes and the general development, including climatic-related and anthropogenic changes. The control monitoring includes monitoring of the general state of lakes >5 hectares (KT lakes, a total of 180 lakes) and monitoring of the development in lakes >5 hectares (KU lakes, a total of 18 lakes), assessed on the basis of long time series. In total, the 198 lakes >5 hectares constitute approx. 1/3 of all Danish lakes in this size group. In addition, control monitoring is carried out in accordance with the Habitats Directive, with the intention to provide a general picture of the state and development of the individual protected lake habitats.

*The operational monitoring* forms the basis for the establishment of the ecological state, the chemical state and the effort required in lakes that do not meet the objectives, lakes that are in risk of not maintaining the objectives and in lakes where the state is not known. In addition, operational monitoring shall provide data documenting the impact of *river basin management plans*, nitrate action programmes and other management actions.

The content of the various monitoring programmes is adapted to the individual descriptions of objectives, both in terms of parameters, frequencies and the number of lakes. A number of chemical, physical and biological parameters are measured for description of the state and development of the lakes, but not all parameters are measured in all lakes, and the frequency varies between the individual types of monitoring.

The physico-chemical parameters include measurements of the concentrations of phosphorus and nitrogen, chlorophyll *a* (indicator of phytoplankton biomass), alkalinity, pH, oxygen and temperature profiles, conductivity, colour and Secchi depth. Different groups of environmentally hazardous pollutants are measured in the sediment from selected lakes, in muscle tissue from fish and to a limited extent in the water phase of the lakes. Data on environmentally hazardous substances are reported separately. The biological parameters include studies of submerged macrophytes, fish and phytoplankton as well as benthic invertebrates and diatoms growing on structures below the water surface (phytobenthos).

In relation to the implementation of the EU Water Framework Directive and the preparation of water plans, Denmark operates with 11 different lake types defined according to water depth (deep, shallow), alkalinity (high, low), humic substances (brown water, not brown water) and salinity (fresh, brackish). The presentation of the data in this report mainly follows this classification.

### **Control monitoring of lake environmental state**

The control monitoring of lake environmental states covers a total of 180 KT lakes monitored during the period 2018-2023. The majority of the lakes are relatively small (the median value for lake area is 22 ha) and shallow (the median value for mean depth is 1.6 m). Most lakes are freshwater lakes, but a number of brackish lakes are also included in the control monitoring. Among the KT lakes are both lakes with low alkalinity and brown colored water, but the majority are not brown colored and have high alkalinity.

### **Water chemical state**

The KT lakes are generally nutrient-rich with a median total phosphorus (summer average) value of 0.088 mg/L and total nitrogen value of 1.39 mg/L. Similarly, the lakes are generally turbid with a median Secchi depth (summer average) of 1.1 m and a chlorophyll concentration with a median of 35 µg/L (summer average). Among the four most common lake types (lake type 9, 10, 11 and 13), lake type 11 (high alkalinity, non-brown water, shallow and saline) is the most nutrient-rich with a median phosphorus concentration of 0.185 mg/L and a median nitrogen concentration of 2.15 mg/L. It is also lake type 11 that has the highest median values of chlorophyll *a* (49 µg/L). The most nutrient-poor among the four most frequently occurring lake types is lake type 10 (high alkalinity, non-brown water, fresh and deep), where the median phosphorus concentration is 0.053 mg/l, and the median nitrogen concentration is 0.94 mg/L.

Since the monitoring programme was initiated, sufficiently long time series have been obtained for many of the KT lakes to allow assessment and testing of the development trends for the individual lakes. Among the approximately 110-111 KT lakes investigated eight times during the period 1983-2023 (the criterion for statistical tests of change), statistically significant changes of 0.1-10% significance level can be seen in the concentrations of nutrients, chlorophyll *a* and Secchi depth in up to half of the lakes. In the vast majority of cases, the changes are positive in that the nutrient and chlorophyll concentrations have declined, while Secchi depth has increased. The concentration of total phosphorus has thus been reduced in 56 lakes and only increased in five lakes, the concentration of total nitrogen has been reduced in 44 and increased in four lakes, while the chlorophyll concentration has been reduced in 47 lakes and increased in five lakes.

Looking at the development over the past 20 years, there are far fewer lakes with sufficient data to assess changes. Among the seven lakes with at least eight years of nutrient data, there were significant changes in the concentration of total phosphorus in three lakes – in all cases a reduction – while there were no significant changes in the concentration of total nitrogen in any of the lakes. For chlorophyll *a*, there is a significant decrease in concentration in two of the eight lakes from which there is enough data to test. The concentration has not increased in any of the lakes. Secchi depth can be tested in 12 lakes, and among these there are no significant changes.

A comparison, based on all KT lakes encompassing all lake types for the three most recent six-year periods, shows that the concentration of total nitrogen in the KT lakes has increased significantly from the period 2006-2011 to 2018-2023 and for the period 2012-2017 to 2018-2023. A comparison between the two most recent periods also exhibits a significant increase in the concentration of total phosphorus. As far as total phosphorus is concerned, there may, however, be uncertainties due to misanalyses in the period 2007-2016. Thus, the overall improvements seen in the lakes examined at the beginning of the monitoring period have not continued until the most recent six-year period (2018-2023), but on the contrary trends towards increased nutrient levels have emerged.

### **Vegetation**

The distribution of submerged macrophytes in the 180 KT lakes varies greatly – from turbid lakes without plants to shallow and clear-water lakes where most of the bottom is covered by plants. In the most common shallow lake type (lake type 9), the median value for the plant-covered area is 15.6%, and the plant-filled water volume is 1.9%. This means that in the majority of shallow lakes, only a small part of the water volume is plant-filled. In the most common deep lake type (lake type 10), the depth boundary ranged between 1.2 m and 11.1 m. When comparing the KT lakes studied since 2006 between the two six-year periods 2006-2011 and 2018-2023, there has been a significant increase in the depth limit of the plants in both lake type 9 and lake type 10 and when all lake types are analysed as one.

### **Phytobenthos in the control monitoring**

Phytobenthos in the lakes is represented by benthic diatoms. Assessment of ecological state based on the species composition of benthic diatoms has been carried out over the past ten years, and this year's report presents these data for the first time. Assessment of state is expressed by the so-called IPS index (Indice de Polluo sensibilité Spécifique), which is based on the composition and relative presence of different species of diatoms found by scraping on surfaces of plant stems (usually reeds) 10 cm below the water surface. The index has previously been tested on lake types 9 and 10. In total, there is data from 225 lakes, represented by 373 samples collected in the period 2013-2022.

Overall, the IPS index shows a significant relationship with the concentration of total phosphorus, which supports the index's usefulness in expressing eutrophication. The diatom composition is related to a number of parameters including nutrient concentrations, chlorophyll concentration, conductivity and alkalinity.

The development in the state of the lakes over the past ten years relative to the IPS index has been assessed by comparing the period 2013-2016 with the period 2017-2022. Using the entire dataset, no significant changes could be detected between the two periods. This also applies if only data from lake types 9 and 10 are used.

### **Operational monitoring of lake environmental state**

A total of 272 lakes  $\geq$  5 ha and 66 lakes  $<$ 5 ha in the period 2021-2023 were included in the operational monitoring of ecological state. These lakes comprise a total of ten lake types, which means that all but one Danish lake type is represented (lake type 6; fresh, low alkalinity, brown-watered, deep).

Similar to the control-monitored lakes, the operationally monitored lakes cover large differences both morphologically, hydrochemically and biologically. The most nutrient-rich lake type and that with the highest concentration of chlorophyll and the lowest Secchi depth is lake type 15 (high alkalinity, brown-watered, saline, shallow), which is represented by up to 17 lakes.

Comparisons of data from the lakes in the operational monitoring from the last three six-year periods show only a significant difference for total nitrogen in lake type 13 as the values are higher in the period 2018-2023, both compared to the first period, 2006-2011, and the previous period, 2012-2017.

### **Climate and runoff**

For Denmark as a whole, the average temperature of the year 2023 was 9.3 °C, which was at the same level as 2022 but significantly higher than the average for the period 1990-2022 (8.7 °C). January and February as well as June and September were warmer in 2023 than the average for the period 1990-2022, and there were no months significantly colder than the average for the period 1990-2022. Global radiation in 2023 was slightly higher than the average for the period 1990-2022 – this is mainly due to radiation in April, May and June.

In 2023, there was 976 mm of precipitation nationwide, which is 29% more than the average for the period 1990-2022 (759 mm) and the highest annual precipitation for the period 1990-2022. There were large variations throughout the year, and in January and March 2023 precipitation was high, while May and June were very dry. July and August 2023, on the other hand, were very wet but followed by a rather dry September. Both October, November and December 2023 were very wet compared to the average for the period 1990-2022. The higher precipitation was also reflected in the area-specific freshwater runoff, which was 26% higher than the average for the period 1990-2022.

### **Overall conclusions**

Since 1989, the Danish lakes have been monitored through a comprehensive and standardised monitoring programme that describes the state and development of the lakes at many levels.

The overall conclusions of the Danish monitoring programme (NOVANA) are that the state of the Danish lakes has generally improved since the monitoring began in 1989, but that these improvements took place mainly in the 1990s, probably as a result of improved wastewater treatment and a gradually decreasing internal phosphorus load in the lakes. During the past approx. 20 years, there have generally been only few changes in the condition of the lakes and compared with the past two six-year periods, there are even signs of increased nutrient concentrations – especially nitrogen – in some of the lakes.

There are still clean water lakes in Denmark, but today the vast majority are characterised by high nutrient concentrations, which generally leads to turbid water and adversely affected biological conditions.

# 1 Undersøgellesprogrammet

## 1.1 Historik

Siden vedtagelsen af Vandmiljøplan 1 i 1988 er der løbende sket ændringer og tilpasninger af overvågningsprogrammerne. I perioden 1989-1997 omfattede overvågningsprogrammet 37 søer >5 ha, hvori der hvert år blev foretaget intensive fysisk-kemiske og biologiske undersøgelser. Fysisk-kemiske undersøgelser og planktonundersøgelser blev i den enkelte 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 (se forordet) trådte i kraft, og i de efterfølgende år blev antallet af intensivt undersøgte søer reduceret yderligere til 15 søer i 2010. Samtidig skete der en reduktion i frekvensen af de biologiske undersøgelser, hvilket medførte, at planteundersøgelser blev foretaget hvert tredje år og fiske- og planktonundersøgelser hvert sjette år. Fra og med 2015 blev undersøgelsesfrekvensen af de fysisk-kemiske undersøgelser af søvandet i de intensivt undersøgte søer reduceret fra hvert år til hvert andet år. I 2011 blev programmet udvidet med tre søer (hvoraf to søer tidligere havde indgået i programmet) til 18 søer med intensive undersøgelser (*kontrolovervågning af søernes udvikling; KU-søer*, se nedenfor). Fra 2016 ophørte overvågningen af dyreplankton i NOVANA.

Samtidig med at antallet af de intensivt undersøgte søer i 2004 blev reduceret, blev der inddraget væsentligt flere søer 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 i perioden 2004-2007 årligt ca. 60 søer i hver størrelsesgruppe. Fra 2008 overgik søerne <5 ha i det daværende ekstensive program til en anden del af overvågningen – de fleste til den del af overvågningen, der foretages jf. habitatdirektivet (se nedenfor).

I 2010 blev overvågningen opdelt i *kontrolovervågning* og *operationel overvågning* (se nedenfor). Således blev 180 søer >5 ha fra den ekstensive overvågning videreført i *kontrolovervågningen af tilstand, KT-søer*, hvor hver sø bliver undersøgt i en seksårig turnus (dvs. 30 søer pr. år), i begyndelsen for vandkemiske parametre, sigtddybde, vegetation og fisk. I det ekstensive program blev algemængden indikeret ved klorofylkoncentrationen, og i 2011 blev fytoplankton og i 2013 fytobenthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger) inkluderet i *kontrolovervågningen af tilstand*. Fra 2015 blev den årlige undersøgelsesfrekvens i hver af KT-søerne reduceret fra syv årlige prøvetagninger til fem prøvetagninger i perioden maj-september.



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 henhold til habitatdirektivet (Den Europæiske Union 1992). Samtidig overgik overvågningen af naturtyper i søer og arter tilknyttet søer fra programmet for overvågning af arter og natur til søprogrammet.

Fra og med 2011 trådte en ny seksårig NOVANA-periode i kraft, som er videreført i NOVANA-perioden 2016-2021. Året 2022 blev anset som et overgangså, der stort set var en forlængelse af perioden 2016-2021; dog blev bundfauna fra 2022 introduceret i overvågningsprogrammet. Fra 2023 er en ny programperiode påbegyndt. Denne videreføres til 2027 og omfatter væsentlige ændringer i forhold til tidligere. Bl.a. er "trappemodellen" indført, hvor undersøgelsesfrekvensen og omfanget af de fysisk-kemiske og biologiske parametre i den enkelte sø i løbet af overvågningsperioden fastlægges i forhold til den senest fastlagte økologiske tilstand af søen. Se Miljøstyrelsen (2023) for nærmere forklaring. Indholdet af NOVANA-programmet for søer for perioden 2023-2027 opsummeres nedenfor.

Fra og med 2022 overgik overvågningen af miljøfarlige forurenende stoffer i søer til det tværgående "Delprogram for miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand og for punktkilder".

## 1.2 Direktiver i overvågningen og afrapportering

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 indsamle data, der "ligger til grund for bedømmelse af søernes kemiske og økologiske tilstand og udvikling samt giver et generelt billede af bevaringsstatus og udvikling af de enkelte sønaturtyper. Kontrolovervågning af arter i søer skal danne baggrund for en vurdering af bevaringsstatus på landsplan af de plante- og dyrearter, som findes på bilag II og IV i habitatdirektivet (habitatarter)". Desuden skal data fra kontrolovervågningen "dokumentere søernes tilstand og den generelle udvikling, herunder de klimatiske relaterede og de menneskeskabte ændringer" (Miljøstyrelsen, 2023). Kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet omfatter søer >5 ha, mens kontrolovervågningen i henhold til habitatdirektivet omfatter søer <5 ha.

*Den operationelle overvågning* omfatter ligeledes data, der skal ligge til grund for bedømmelse af søernes kemiske og økologiske tilstand. Den operationelle overvågning foregår i søer, som ikke har målopfyldelse eller er i risiko for ikke at kunne fastholde målopfyldelse, eller hvor tilstanden er ukendt. Derudover skal den operationelle overvågning levere data, der dokumenterer effekten af nationale vandmiljøplaner, vandområdeplaner, nitrathandlingsprogrammer og andre forvaltningsmæssige tiltag. I forbindelse med habitatdirektivet foregår den operationelle overvågning i form af kortlægning af søerne, hvor der indsamles data, der beskriver tilstanden for sønaturtyper og habitatarter, som udgør udpegningsgrundlaget for Natura2000-områder (Miljøstyrelsen, 2023).

Data fra både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning anvendes i forbindelse med vandområde- og Natura 2000-planlægningen. Derudover skal data anvendes til afrapporteringer i henhold til nationale forpligtelser, herunder f.eks. Artikel-17-afrapportering og rapportering i henhold til nitratdirektivet.

Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. undersøgte parametre, 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.

### 1.3 Parametre i overvågningen

Til beskrivelse af søernes tilstand og udvikling måles der en række fysisk-kemiske 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 forsureningsstatus kan beskrives ved måling af alkalinitet (kalkholdighed) og pH, som sammen med bl.a. totaljern kan indgå i beskrivelsen af næringsstoffodynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne (salinitet), farvetal samt sigtdybde i en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet. Nogle af disse parametre anvendes også i forbindelse med fastlæggelse af søtype jf. vandrammedirektivet (se afsnit 1.5).

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 fytoplankton.

Ud over de fysisk-kemiske faktorer undersøges en række biologiske komponenter, som også er nødvendige for beskrivelsen af søers tilstand. Undervandsplanter beskrives ved deres tæthed, artssammensætning og dybdeudbredelse. Fiskebestandens arts- og størrelsessammensætning samt biomasse bliver opgjort, og fytoplanktonets tæthed og taksonomiske sammensætning beskrives for udvalgte søer. Bunddyr og fytobenthos (repræsenteret ved benthiske kiselalger) undersøges ligeledes i udvalgte søer.

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

I afsnit 1.6-1.8 gives en kort beskrivelse af de enkelte overvågningstyper i søerne. En komplet beskrivelse af overvågningsprogrammet for søer i NOVANA 2023-2027 findes i Miljøstyrelsen (2023).

#### **1.4 Fejlanalyser af totalkvælstof og totalfosfor**

Analyser af totalkvælstof og totalfosfor fra vandprøver foretaget af et eksternt analyselaboratorium var igennem en årrække fejlbehæftede. Årsagen var, at der blev anvendt en ikke godkendt analysemetode (UV-metoden) i stedet for den korrekte autoklavemetode. Anvendelsen af UV-metoden førte til en utilstrækkelig destruktion/oplukning af prøvens indhold af kvælstof og fosfor bundet i organisk stof og dermed en underestimering af de målte koncentrationer af totalkvælstof og totalfosfor i prøverne. Der er redegjort for de nærmere detaljer i Larsen m.fl. (2018) og Larsen m.fl. (2020).

I Larsen m.fl. (2020) blev det anbefalet at gennemføre korrektion af koncentrationer af totalkvælstof, dog med forbehold for, at UV-analysemetoden, der blev anvendt i perioden 2007-2014 for hver enkelt prøve, var sammenlignelig med den UV-analysemetode, der blev anvendt i 2015, hvorpå korrektionsligningerne mellem resultaterne af autoklave- og UV-metoden kunne udregnes. Miljøstyrelsen vurderede, at der kunne tages udgangspunkt i, at det var de samme laboratorier og metoder, der har været anvendt for vandløbs- og søprøver i perioden 2007-2015. Med denne vurdering blev der i Tornbjerg m.fl. (2021) anbefalet og efterfølgende gennemført korrektioner af totalkvælstofkoncentrationen i søprøver for perioden 2007 til første kvartal 2017. Den relative middelfejl på totalkvælstofanalyserne, baseret på de to års indsamlede data for totalkvælstof målt med både UV- og autoklavemetoden, der har dannet baggrund for opstillingen af de anvendte korrektionsligninger, var på henholdsvis 14,6 % (2015) og 16,3 % (2017). I perioden 2007 til første kvartal 2017 blev der foretaget ca. 14.000 analyser af totalkvælstof i søprogrammet i NOVANA, hvoraf resultaterne af ca. 10.000, svarende til 71 % af prøverne, blev korrigeret. Korrektionen af disse data betyder, at tidligere præsentationer af resultater for totalkvælstof, der dækker perioden 2007-2017 og perioden før gennemførelsen af korrektioner, afviger fra præsentationerne i denne rapport.

For så vidt angår analyser af totalfosfor, blev det i Larsen m.fl. (2020) vurderet, at det ikke var muligt at finde gode korrektionsmuligheder på baggrund af de eksisterende data, fordi disse viste væsentligt varierende forskelle i korrektionsniveau mellem de to år, hvor der kunne opstilles korrektionsligninger. Ikke desto mindre blev det i Tornbjerg m.fl. (2021) bemærket, at problemstillingen i forhold til totalkvælstofanalyser efter al sandsynlighed også gælder for totalfosforanalyser gennemført i den samme periode. Det blev derfor anbefalet at vurdere forhold vedr. totalfosforanalyser nærmere.

#### **1.5 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 1.1).

**Tabel 1.1.** Oversigt over de 11 danske søtyper anvendt i forbindelse med vandrammedi- rektivets implementering. Grænserne for kalkrig-kalkfattig (alkalin – lav-alkalin) er ved en alkalinitet på 0,2 mmol/L, brunvandet – ikke-brunvandet ved et farvetal på 60 mg Pt/L, fersk – saltholdig (brak) ved en saltholdighed på 0,5 ‰ og lavvandet – dyb ved en middel- vanddybde på 3 m.

Søtyper	Alkalinitet	Farvetal	Saltholdighed	Middeldybde
1	Kalkfattig	Ikke-brunvandet	Fersk	Lavvandet
2	Kalkfattig	Ikke-brunvandet	Fersk	Dyb
5	Kalkfattig	Brunvandet	Fersk	Lavvandet
6	Kalkfattig	Brunvandet	Fersk	Dyb
9	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Fersk	Lavvandet
10	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Fersk	Dyb
11	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Saltholdig	Lavvandet
12	Kalkrig	Ikke-brunvandet	Saltholdig	Dyb
13	Kalkrig	Brunvandet	Fersk	Lavvandet
14	Kalkrig	Brunvandet	Fersk	Dyb
15	Kalkrig	Brunvandet	Saltholdig	Lavvandet

## 1.6 Kontrolovervågning

Kontrolovervågningen omfatter tre hovedtyper: en overvågning af udviklin- gen i søer >5 ha (KU-søer), vurderet på baggrund af lange tidsserier, en over- vågning af den generelle tilstand i søer >5 ha (KT-søer) samt en overvågning af den generelle tilstand i søer <5 ha til vurdering af habitatdirektivets beskyt- telse af sønaturtyper i denne størrelsesgruppe. En oversigt over kontrolover- vågningens omfang er givet i tabel 1.2. Ikke alle parametre i overvågningen undersøges med samme frekvens.

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 størrel- sesgruppe (tabel 1.3). Søerne er udpeget af DCE omfatter alle danske søtyper og har en stor geografisk dækning.

**Tabel 1.2.** Kontrolovervågning – antal søer i de forskellige arealklasser.

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

<sup>1)</sup>Undersøges hvert andet år for fysik-kemi, hvert tredje år for vegetation, fyto-benthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger), fytoplankton, fisk og bunddyr og hvert sjette år for sediment.

**Tabel 1.3** Oversigt over antallet af søer >5 ha i kontrolovervågningen af henholdsvis ud- vikling (KU-søer) og tilstand (KT-søer) i en seksårig overvågningsperiode med arealaf- grænsning 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 (ha)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Kontrolovervågning, udvikling	7-4000	18	} 33	2 <sup>1)</sup>
Kontrolovervågning, tilstand	5-1730	180		6

<sup>1)</sup>Vandkemiske parametre. Sedimentkemiske og biologiske parametre undersøges med lavere frekvens.

### **Kontrolovervågning af udvikling (søer >5 ha), 18 KU-søer**

For at kunne give en detaljeret beskrivelse af tilstand og udvikling i udvalgte søtyper gennemføres der en intensiv overvågning af i alt 18 søer, hvoraf 15 indtil 2010 var en del af "Det intensive program". Disse søer benævnes KU-søer (Kontrolovervågning af Udvikling). Tre nye søer blev i 2011 en del af KU-programmet, hvoraf én (Ulvedybet) tidligere har indgået i "Det intensive program", og to (Keldsnor og Tranemose) har været inkluderet i andre dele af overvågningsprogrammet. Når KU-søerne afrapporteres, indgår disse tre søer ikke i alle analyser af den generelle udvikling pga. afbrudt tidsserie eller uensartet prøvetagning.

De fysisk-kemiske undersøgelser omfatter i alt 17 vandkemiske og fysiske parametre (se den fulde liste i Miljøstyrelsen 2023). 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 afstrømningsmønstret. På baggrund af dette kan næringsstoffodynamikken beskrives detaljeret. De enkelte søers sediment undersøges for totalfosfor, totaljern, tørstof og glødetab hvert sjette år, og vegetation og fytobenthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger), planteplankton (12 prøver pr. år), fisk og bunddyr undersøges hvert tredje år.

Der er kun medtaget 18 søer (hvoraf kun de 15 har en lang tidsserie) i kontrol-overvågningen af udviklingen. Disse søer kan ikke betragtes som værende repræsentative for danske søer som helhed, men 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 kontrol-overvågningen af søernes tilstand.

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

### **Kontrolovervågning af tilstand (søer >5 ha), 180 KT-søer**

Til overvågning af de danske søers generelle økologiske og kemiske tilstand gennemføres der undersøgelser i gennemsnitligt 30 søer >5 ha pr. 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. Eftersom KT-søerne tidligere var inkluderet i "Det ekstensive program" eller "Det intensive program", er næsten alle KT-søer undersøgt mindst tre gange i løbet af overvågningsperioden (1989-2023). De fleste af dem er undersøgt otte gange eller mere, hvilket gør det muligt at beskrive udviklingen i hver af 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 2023). De biologiske undersøgelser omfatter i den enkelte sø fem årlige fytoplanktonprøvetagninger (månedligt fra maj til september) samt undersøgelse af undervandsplanter, fyto-benthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger), bunddyr og fisk én gang i en seksårig periode. Bemærk: Jævnfør "trappemodellen" (se Miljøstyrelsen 2023) undersøges ikke alle biologiske parametre i alle søer.

### Kontrolovervågning af habitatnaturtyper i søer

#### Søer <5 ha

Til vurdering af bevaringsstatus og udvikling af habitatdirektivets beskyttede naturtyper i søer (se tabel 1.4) bliver der i kontrolovervågningen årligt foretaget ekstensive undersøgelser i gennemsnitligt ca. 70 søer <5 ha.

For søerne <5 ha er disse udvalgt på baggrund af tidligere undersøgelser, så der sikres en nogenlunde ligelig fordeling mellem de seks naturtyper beskrevet i tabel 1.4.

De målte parametre i kontrolovervågningen af naturtypesøerne <5 ha omfatter vegetationens dækning og taksonomiske sammensætning samt strukturelle faktorer, der knytter sig til søbredden og de nærmeste omgivelser (se Fredshavn m.fl. 2009 for en fuld oversigt). Desuden undersøges en række kemiske parametre.

**Tabel 1.4.** Oversigt over de seks danske habitatnaturtyper i søer anvendt i forbindelse med overvågning jf. habitatdirektivet. Se nærmere beskrivelse i habitatnøglen og habitatbeskrivelserne her: <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/beskyttede-arter-og-naturtyper/>. Hvis en sø ikke tilhører nogen af de nævnte Søtyper, registreres den med "Søtype 3100".

#### 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

#### Søer >5 ha

Kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer >5 ha jf. habitatdirektivet foregår samtidig med kontrolovervågningen af disse søer jf. vandrammedirektivet. Naturtypen bestemmes i henhold til habitatnøglen og habitatbeskrivelserne (se <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/beskyttede-arter-og-naturtyper/>), og der indsamles ikke data ud over dem, der indgår i kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet.

## 1.7 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 foretages der i perioden 2023-2027 operationel overvågning i en stor del af de 986 søer, der er inkluderet i

vandområdeplanerne. En del af disse søer er også inkluderet i kontrolovervågningen. Søerne i den operationelle overvågning er udpeget af SGAV, og undersøgelserne omfatter udvalgte vandkemiske, fysiske og biologiske parametre og foregår i henhold til "trappemodellen" (se ovenfor samt i NOVANA-programbeskrivelsen, Miljøstyrelsen 2023).

## **1.8 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. Denne kortlægning fortsættes i de kommende år, indtil alle vandhuller og småsøer i Natura 2000-habitatområder 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 både under og over 5 ha bestemmes i henhold til Miljøstyrelsens habitatnøgle og habitatbeskrivelser, som kan findes her: <https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/beskyttede-arter-og-naturtyper/>.

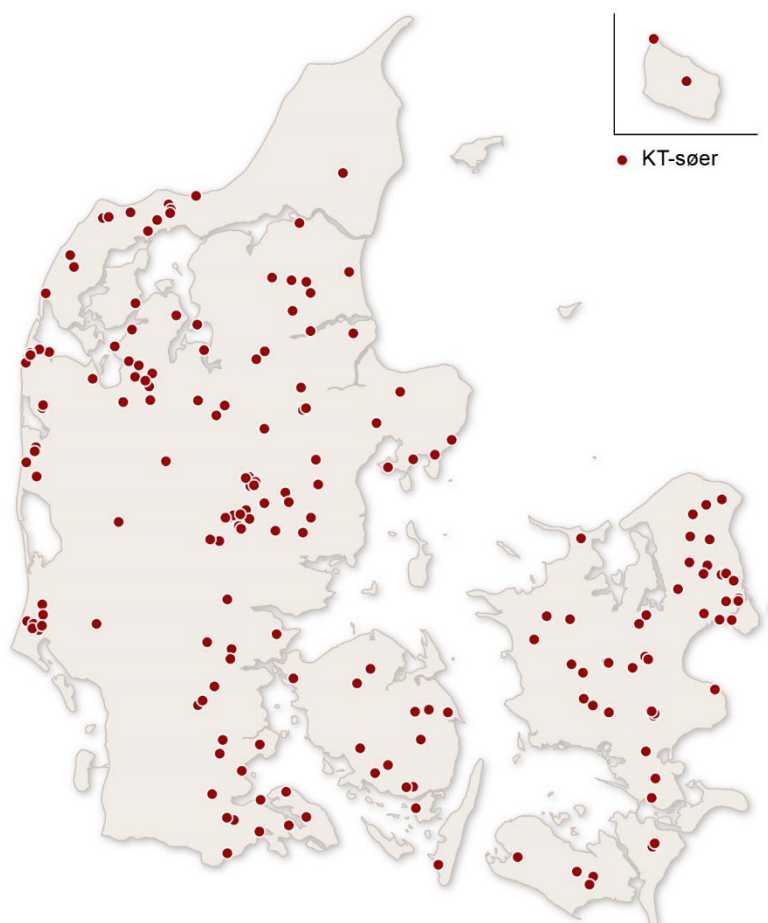
## 2 Kontrolovervågning af søernes tilstand

### 2.1 Generel karakteristik

Overvågning af de danske søers generelle tilstand omfatter i alt 180 søer (KT-søer) >5 ha, der overvåges over en seksårig periode. Perioden, der beskrives i dette afsnit, omfatter årene 2018-2023 og inkluderer data fra alle 180 søer. Her gives en overordnet status for KT-søerne med resultater for udvalgte fysisk-kemiske og biologiske parametre fra den seneste undersøgelse. Figur 2.1 viser placeringen af de 180 KT-søer. Præsentationen af data omfatter undersøgelser af vandkemi, sigtddybde og vandplanter. Præsentation af fyto-benthos indsamlet i perioden 2013-2022 findes særskilt i kapitel 3.

Ud over beskrivelsen af resultater opnået i 2018-2023 gives der et overblik over den tidlige udvikling i fysisk-kemiske nøgleparametre i den del af KT-søerne, for hvilke der findes et tilstrækkeligt datagrundlag. Analyser af udviklingen omfatter også en overordnet sammenligning mellem seksårsperioderne 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023 af fysisk-kemiske nøgleparametre og vegetationsparametre. Det bemærkes, at totalfosforanalyser foretaget i årene fra 2007 til første kvartal 2017 kan være fejlbehæftede, og at koncentrationerne dermed kan være underestimerede (se afsnit 1.4.).

**Figur 2.1.** Geografisk placering af de 180 KT-søer.





## 2.2 Generel tilstand

I tabel 2.1 er der givet en samlet oversigt over udvalgte morfometriske, fysisk-kemiske og vegetationsparametre for de 180 KT-søer. Søernes areal spænder fra en nedre grænse på 5 ha op til 1730 ha. Størstedelen er lavvandede søer (medianen for middeldybde er 1,6 m og gennemsnittet 2,4 m), men også dybe søer med en maksimumdybde på op til 30,9 m forekommer. De fleste søer er ferske, men blandt KT-søerne findes også brakvandssøer med ledningsevne op til næsten 4.000 mS/m, svarende til en salinitet på knap 20 ‰. Flertallet af søerne har et forholdsvis højt klorofylindhold (median af sommergennemsnit er 35 µg/L) og en relativt lav sigtddybde (median af sommergennemsnit er 1,1 m).

Dækningsgraden (dvs. andelen af søbunden, som er dækket af planter), varierer fra 0 (søer uden planter) til 85,4 % (tabel 2.1). Gennemsnitsværdien for dækningsgraden er 18,9 %, og for det plantefyldte volumen af søen er gennemsnittet 4,6 %. Halvdelen af søerne har en dækningsgrad på 9,5 % eller derunder. Den gennemsnitlige dybdegrænse for undervandsplanterne er 2,2 m. Det skal bemærkes, at dybdegrænsen i nogle søer er begrænset af søens totaldybde.

**Tabel 2.1.** Oversigt over morfometriske samt fysisk-kemiske og biologiske nøgleparametre (sommergennemsnit) for 180 KT-søer i perioden 2018-2023. Hvis der er data for flere år, indgår søen kun med det seneste års resultater. Se fodnoter.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Søareal (ha)	96,1	21,8	5	1730	180 <sup>1)</sup>
Middeldybde (m)	2,4	1,6	0,3	13,7	180 <sup>1)</sup>
Maksimumdybde (m)	5,3	3,0	0,7	30,9	180 <sup>1)</sup>
Totalfosfor (mg/L)	0,175	0,088	0,007	1,842	180 <sup>1)</sup>
Totalkvælstof (mg/L)	1,70	1,39	0,34	5,58	180 <sup>1)</sup>
Klorofyl <i>a</i> (µg/L)	58,4	35	1,1	333	180 <sup>1)</sup>
Sigtddybde (m)	1,4	1,1	0,2	5,7	180 <sup>1)</sup>
Alkalinitet (mmol/L)	2,09	2,15	0,003	4,56	180 <sup>1)</sup>
Farvetal (mg Pt/L)	40	23	1,7	606	180 <sup>1)</sup>
Konduktivitet (mS/m)	170	39	5	3908	177 <sup>2)</sup>
Undervandsplanter, dækningsgrad (%)	18,9	9,5	0	85,4	179 <sup>3)</sup>
Undervandsplanter, plantefyldt vol. (%)	4,6	0,9	0	72,4	179 <sup>3)</sup>
Undervandsplanter, dybdegrænse (m)	2,2	1,6	0	11,1	179 <sup>3)</sup>

1) To af søerne er senest undersøgt i 2017.

2) For enkelte af søerne var datagrundlaget ikke tilstrækkeligt til at beregne statistiske værdier.

3) For en enkelt sø var datagrundlaget ikke tilstrækkeligt til at beregne statistiske værdier. Seks søer er senest undersøgt i 2017.

## 2.3 Vandkemi

### Vandkemi, status

I tabel 2.2 er en oversigt over næringsstofindhold (totalfosfor og totalkvælstof), klorofyl *a* og sigtddybde i KT-søerne inddelt efter de søtyper, der anvendes i Danmark i forbindelse med vandrammedirektivets implementering (se også kapitel 1). En del af søtyperne er kun repræsenteret ved ganske få søer (f.eks. 1-2 søer af søtyperne 2, 6 og 15, se tabel 1.1 for søtyper), og det er derfor ikke muligt at give en generel vurdering af disse søtyper.

**Tabel 2.2.** Oversigt over sigtddybe og vandkemiske data fra de 180 KT-søer (sommeregnensnit) fordelt på ni søtyper (se tabel 1.1 for beskrivelser af de forskellige søtyper), som er undersøgt i perioden 2018-2023 (to af søerne er dog senest undersøgt i 2017). Hvis der for en given sø findes data for flere år, indgår søen kun med det seneste års resultater.

Søtyper	Totalfosfor (mg/L)					Totalkvælstof (mg/L)				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	N
1	0,027	0,025	0,011	0,041	6	0,66	0,60	0,56	0,84	6
2	0,024	0,024	0,015	0,033	2	0,51	0,51	0,37	0,66	2
5	0,101	0,085	0,022	0,289	7	1,31	1,30	0,61	2,36	7
6	0,027	0,027	0,027	0,027	1	0,49	0,49	0,49	0,49	1
9	0,193	0,113	0,022	0,956	89	1,90	1,71	0,54	5,10	89
10	0,071	0,053	0,007	0,424	43	1,14	0,94	0,34	3,12	43
11	0,309	0,185	0,044	1,567	20	2,23	2,15	0,61	5,03	20
13	0,345	0,119	0,023	1,842	10	2,24	1,48	0,91	5,58	10
15	0,354	0,354	0,045	0,663	2	2,86	2,86	0,83	4,90	2

Søtyper	Klorofyl <i>a</i> (µg/L)					Sigtddybe (m)				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	N
1	10	10	1	19	6	2,2	1,9	0,8	4,2	6
2	14	14	6	22	2	4,0	4,0	2,4	5,7	2
5	61	36	3	181	7	0,7	0,5	0,3	1,4	7
6	8	8	8	8	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1
9	71	46	2	307	89	1,1	0,9	0,2	3,0	89
10	28	23	3	106	43	2,5	2,1	0,8	5,4	43
11	78	49	2	308	20	0,8	0,8	0,3	1,8	20
13	65	15	5	333	10	0,8	0,7	0,2	1,7	10
15	126	126	12	241	2	0,8	0,8	0,4	1,3	2

Blandt de fire mest almindelige søtyper (søtype 9, 10, 11 og 13) er søtype 11 (kalkrig, ikke-brunvandet, lavvandet og saltholdig) den mest næringsrige med en mediankoncentration af totalfosfor på 0,185 mg/L og en mediankoncentration af totalkvælstof på 2,15 mg/L. Det er også i søtype 11, at den højeste medianværdi af klorofyl *a* ses (49 µg/L). De laveste sigtddyber (medianværdi 0,6 m) ses i søtype 13 (brunvandede søer), hvor lysets nedtrængning i vandet, ud over algerne, også hæmmes af humusstoffer. Det understreges, at sigtddyben i lavvandede søer (f.eks. type 9) skal ses i sammenhæng med søens dybde, da en angiven sigtddybe kan være begrænset af søens maksimumdybde og dermed ikke altid er sammenlignelig med sigtddyben i dybere søer.

Den mest næringsfattige blandt de fire hyppigst forekommende søtyper er søtype 10 (kalkrig, ikke-brunvandet, fersk og dyb), hvor medianfosforkoncentrationen er på 0,053 mg/L, og mediankvælstofkoncentrationen er 0,94 mg/L.

### Vandkemi, udviklingstendenser

I mange af KT-søerne er der, siden overvågningsprogrammet påbegyndtes, opnået så lange tidsserier, at det er muligt at vurdere og teste udviklingstendenser for de enkelte søer. I henhold til den statistiske test (Mann-Kendall, se bilag 1), der anvendes, bør der foreligge data fra mindst otte år, for at denne vurdering kan foretages. For perioden 1989-2023 opfylder 110-111 KT-søer dette kriterium for totalfosfor og totalkvælstof og 110-115 søer for sigtddybe og klorofyl *a*. Vurderes udviklingen alene over de seneste 20 år (2003-2022), opfylder kun syv søer kriteriet, hvad fosfor og kvælstof angår, og 8-12 søer

kriterierne, hvad sigtddybde og klorofyl angår. Resultaterne af disse analyser kan ses i tabel 2.3 og 2.4.

For næringsstoffer (totalfosfor og totalkvælstof) ses statistisk signifikante ændringer på 0,1-10 % signifikansniveau for perioden 1989-2023 i 48-61 søer af de 110-111 KT-søer med lange tidsserier. I langt de fleste tilfælde er der tale om et reduceret indhold af næringsstoffer, og kun i fire eller fem søer er der tale om stigninger (tabel 2.3). Tilsvarende er klorofylindholdet reduceret i 47 søer, men kun øget i fem søer, mens sigtddybden er øget i 39 søer og kun mindsket i syv søer (tabel 2.4). Set over hele overvågningsperioden siden 1989 er der således generelt tale om signifikante ændringer i op mod halvdelen af søerne, og i langt hovedparten af søerne er disse ændringer positive, dvs. mindsket koncentration af næringsstoffer og klorofyl *a* samt øget sigtddybde.

Hvis der kun ses på udviklingen i de seneste 20 år, er der er langt færre søer med tilstrækkeligt datagrundlag (dvs. nok år til at teste udviklingen vha. den valgte metode), og det gør det svært at vurdere udviklingen. Alle KT-søer undersøges hvert sjette år i kontrolovervågningen, mens de KT-søer, der indgår i den operationelle overvågning, undersøges hvert tredje år. Disse undersøgelsesintervaller gør det vanskeligt at se udviklingstendenser over kortere perioder. Ved indsamling af data hvert sjette år, vil det således tage 48 år at indsamle tilstrækkeligt med data til at teste for udviklingstendenser med den valgte metode, mens det ved indsamling af data hvert tredje år vil tage 24 år.

Blandt de syv søer, hvorfra der er mindst otte års næringsstofdata, er der signifikante ændringer i tre søers indhold af totalfosfor – i alle tilfælde reduceret indhold – mens der ikke er signifikante ændringer i nogen af søernes indhold af totalkvælstof. For indholdet af klorofyl *a* er der tale om signifikant reducerede koncentrationer i to ud af de otte søer, hvorfra der er nok data til at teste. I de øvrige seks søer er der ingen signifikante ændringer. Sigtdybden kan testes i 12 søer, og blandt disse er der ingen signifikante ændringer.

De procentvise andele af søer, hvor totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde er henholdsvis reduceret, uændret eller forøget for de to perioder 1989-2023 og 2003-2023, ses i figur 2.2.

**Table 2.3.** Udviklingen (sommergenomsnit) i indholdet af totalfosfor og totalkvælstof i perioderne 1989-2023 og 2004-2023 i de KT-søer, som er undersøgt i mindst otte (ofte ikke sammenhængende) år og testet ved Mann-Kendall. Signaturerne -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. Ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder er testen således også vurderet med et signifikansniveau på 10 %. Hvor der ikke har været nogen signifikant ændring, er det angivet med et 0. type angiver søtype anvendt i vandområdeplanerne (jf. tabel 1.1). Antal år angiver, hvor mange år der er data fra. For enkelte søer mangler den ene parameter i et enkelt år, hvilket er vist ved variationen i antallet. Hvis antallet af år ikke er angivet, er det <8.

Vand- områdenr.	Vandområde- navn	Type	1989-2023			2004-2023		
			Antal år	Total- fosfor	Total- kvælstof	Antal år	Total- fosfor	Total- kvælstof
80100029	Tømmerby Fjord	9	8	0	0			
80900003	Arup Vejle	11	9	0	0			
81200003	Legind Sø	9	10	0	--			
81300038	Lovns Sø	9	8	0	0			
81400006	Madum Sø	1	12	0	0			
81400017	Gravlev Sø	9	8	0	0			
81500013	Udbyover Sø	9	14	0	0			
81600002	Ferring Sø	11	18	--	0			
81600004	Holmgård Sø	9	8	--	---			
81600006	Kilen	11	16	---	--			
81600008	Sdr. Lem Vig	9	9	0	0			
81600037	Skør Sø	1	9	0	+			
81800014	Klejtrup Sø	9	15	0	0			
81800016	Hærup Sø	9	9	0	0			
81800018	Fussing Sø	10	9	--	0			
82000026	Stubbergård Sø	9	8-9	--	0			
82000148	Flyndersø, Nord	10	8	-	--			
82100013	Hallesø	9	11	0	0			
82100014	Stigsholm Sø	9	10	0	0			
82100016	Lyngsø	9	9	---	---			
82100264	Karl Sø	9	11	-	---			
82100272	Salten Langsø	10	8	--	---			
82100276	Torup Sø	10	21	--	----	9	--	0
82100277	Vestbirk Sø	10	8-9	-	0			
82100280	Brassø	10	8	---	-			
82100282	Hald Sø	10	25	----	0	9	0	0
82100293	Ørmsø	10	19	----	----			
82100326	Hylke Sø	10	10	-	---			
82100342	Vessø	10	8	0	0			
82100807	Ormstrup Sø	9	8	0	0			
82101053	Vedsø, Nonbo bassin	10	10	---	--			
82101054	Vedsø, Rindsholm bassin	10	8	---	-			
82200016	Byn	13	9	0	0			
82200022	Tang Sø	9	8	0	--			
82300013	Tillerup Sø	9	9	0	--			
82500020	Hampen Sø	10	17	---	0			
82500039	Rørbæk Sø	10	19	----	----			
82500043	Nørresø, Ringkøbing Amt	9	9	0	--			
82500045	Stadil Fjord	11	8	0	0			
82500076	Ensø	9	10	0	0			
82500297	Kulsø ved Trolhede	9	9	0	---			
82600013	Lading Sø	9	13	0	0			
82700007	Tebstrup Sø	10	10	--	0			
83000001	Fåresøen	5	10	++++	++			
83000005	Holm Sø	1	23	0	0	9	0	0
83000088	Ål Præstesø	1	12	--	--			

Vand- områdenr.	Vandområde- navn	Type	Antal år 1989-2023	Total- fosfor	Total- kvælstof	Antal år 2004-2023	Total- fosfor	Total- kvælstof
83200005	Fårup Sø	10	20	-	----			
83300004	Randsfjord	9	9	-	0			
83400006	Dons Nørresø	9	15	---	---			
83400010	Skærsø	9	18	--	--			
83400011	Stallerup Sø	9	8	0	0			
83600005	Søgård Sø, Jylland	9	24	----	----	9	0	0
83700016	Rygbjerg Sø	10	10	0	0			
83700017	Stevning Dam	9	11	----	--			
83800005	Jels Nedersø	10	8-9	0	-			
83800006	Jels Oversø	9	13	--	---			
84100002	Gråsten Slotsø	9	9	0	0			
84100003	Kettingnor	11	12-13	-	-			
84100006	Nordborg Sø	10	8	-	0			
84100056	Kruså Møllesø	9	9-10	0	-			
84200001	Hostrup Sø	9	11	--	0			
84300027	Gamborg Indrefjord	11	10	--	0			
84400002	Fjellerup Sø	9	11	+	0			
84400005	Hjulby Sø	9	11	--	--			
84400009	Vomme Sø	10	11	+	0			
84500006	Dallund Sø	9	15	-	0			
84500007	Langesø	10	20	----	----			
84500008	Nørresø, Fyn	9	18	++	0			
84600005	Søbo Sø, Fyn	10	15	0	0			
84700008	Hvidkilde Sø	9	17	0	0			
84700011	Ollerup Sø	9	11	0	--			
84700014	Tryggelev Nor	9	11	0	0			
84700015	Vejlen	11	8	0	0			
84700017	Store Øresø	13	8	0	0			
84800001	St. Grib Sø	2	8	-	0			
84800003	Gurre Sø	9	10	0	++			
85000001	Bagsværd Sø	9	22	----	---			
85000025	Bastrup Sø	10	18	0	0			
85000026	Lyngby Sø	9	10	0	0			
85000029	Farum Sø	10	9	0	0			
85000050	Store Donsedam	9	8	0	0			
85100039	Højby Sø	9	8	0	0			
85200002	Bue Sø	10	8	---	--			
85200005	Østrup-Gundsømagle Sø	9	24	----	----	9	0	0
85200013	Sønder Sø	10	19	----	-			
85300004	Holme Sø, Sj.	11	8	0	0			
85300018	Damhussøen	9	19	---	0			
85300025	Peblingsø	9	16	----	--			
85300027	Skt. Jørgens Sø sydbassin	10	11	0	-			
85300036	Gentofte Sø	9	11	---	0			
85300041	Vallensbæk Sø	9	8	0	--			
85500001	Skarresø	9	9-11	+	0			
85500002	Tissø	10	26	-	--	9	--	0
85500003	Tuelsø	10	10	---	0			
85600008	Bromme Lillesø	9	8	0	0			
85700013	Bavelse Sø	10	9	-	0			
85700020	Tystrup Sø	10	22	----	----			
85700053	Ulse Sø	10	8-9	0	0			
85700056	Ejlemade Sø	9	8	0				

Vand- områdenr.	Vandområde- navn	Type	Antal år 1989-2023	Total- fosfor	Total- kvælstof	Antal år 2004-2023	Total- fosfor	Total- kvælstof
85700058	Gørlev Sø	9	8	0	0			
85700060	Haraldsted Lillesø	9	8-9	--	0			
85800001	Borup Sø	9	20	----	----			
85800004	Kimmerslev Sø	10	13	---	----			
86000010	Hulemose Sø	9	9	-	0			
86000013	Snesere Sø	9	8	0	0			
86100001	Virket Sø	10	11	---	-			
86100002	Mølle Sø	10	10	0	+			
86200002	Nakskov Indrefjord	11	11	---	0			
86400001	Højrede Sø	9	20	----	0			
86400003	Røgbølle Sø	9	21	----	0			
86400004	Maribo Sønderø	9	24	--	--	9	--	0
I alt 0				50	62		4	7
I alt +/+/+/+/++++				5	4		0	0
I alt -/-/-/-/----				56	44		3	0

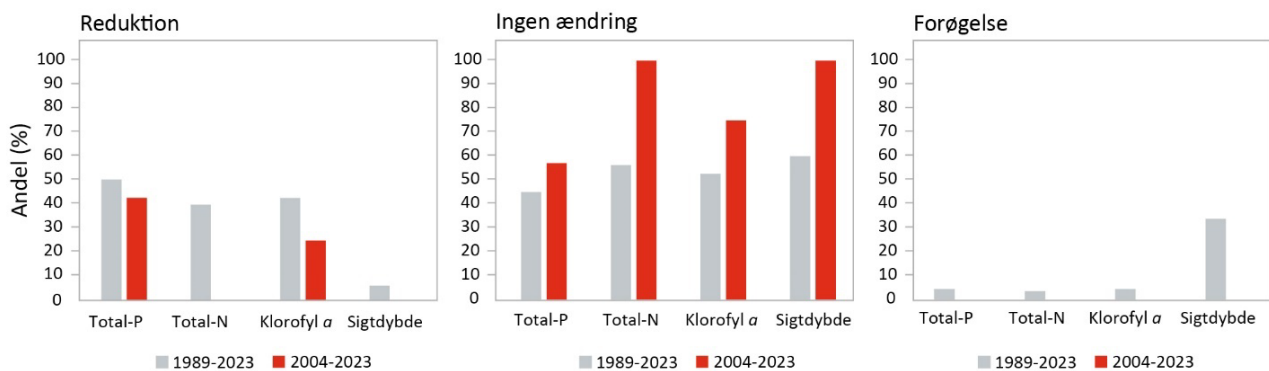
**Tabel 2.4.** Udviklingen (sommeregningsnit) i indholdet af klorofyl *a* og sigtdybde i perioderne 1989-2023 og 2004-2023 i de KT-søer, som er undersøgt i mindst otte (ofte ikke sammenhængende) år og testet ved Mann-Kendall. Signaturerne -/+, --/++, ---/+++ , ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. Ud over det normalt anvendte signifikansniveau på 5 % eller derunder er testen således også vurderet med et signifikansniveau på 10 %. Hvor der ikke har været nogen signifikant ændring, er det angivet med et 0. type angiver søtype anvendt i vandområdeplanerne (jf. tabel 1.1). Antal år angiver, hvor mange år der er data fra. For enkelte søer mangler den ene parameter i et enkelt år, hvilket er vist ved variationen i antallet. Hvis antallet af år ikke er angivet, er det <8.

Vandområdenr.	Vandområdenavn	Type	Antal år 1989-2023	Klorofyl <i>a</i>	Sigtdybde	Antal år 2004-2023	Klorofyl <i>a</i>	Sigtdybde
80100029	Tømmerby Fjord	9	8	0	0			
80900003	Arup Vejle	11	9	0	0			
81100001	Førbysø	13	8		0			
81200003	Legind Sø	9	10	0	0			
81300038	Lovns Sø	9	8	0	0			
81400006	Madum Sø	1	12	0	--			
81400017	Gravlev Sø	9	8	0	0			
81500013	Udbyover Sø	9	11-14	-	0			
81600002	Ferring Sø	11	18	--	0			
81600004	Holmgård Sø	9	8	---	+++			
81600006	Kilen	11	16	---	++++			
81600008	Sdr. Lem Vig	9	9	0	0			
81600037	Skør Sø	1	9	0	0			
81800014	Klejtrup Sø	9	15-16	0	-			
81800016	Hærup Sø	9	9-10	-	++			
81800018	Fussing Sø	10	9	---	0			
82000026	Stubbergård Sø	9	9	0	0			
82000148	Flyndersø, Nord	10	8		0			
82000149	Flyndersø, Syd	10	8		0			
82100013	Hallesø	9	11	+	--			
82100014	Stigsholmsø	9	10-14	0	0	9	0	
82100016	Lyngsø	9	9	0	0			
82100264	Karl Sø	9	11	0	0			
82100272	Salten Langsø	10	8	0	0			
82100276	Torup Sø	10	20-21	-	0	9	0	0
82100277	Vestbirk Sø	10	8-9	-	+			
82100280	Brassø	10	8	--	++			

Vandområdenr.	Vandområdenavn	Type	1989-2023			2004-2023		
			Antal år	Klorofyl	Sigt dybde	Antal år	Klorofyl	Sigt dybde
				a			a	
82100282	Hald Sø	10	25	----	+++	10	--	0
82100293	Ørnsø	10	19	---	0			
82100326	Hylke Sø	10	10	--	0			
82100342	Vessø	10	8	0	0			
82100807	Ormstrup Sø	9	8	++	0			
82101053	Vedsø, Nonbo bassin	10	10-11	--	+++			
82101054	Vedsø, Rindsholm bassin	10	8-9	---	+++			
82200016	Byn	13	9	0	0			
82200022	Tang Sø	9	8	0	0			
82300013	Tillerup Sø	9	8-9	0	0			
82500020	Hampen Sø	10	17	--	0			
82500039	Rørbæk Sø	10	19	----	+			
82500043	Nørresø, Ringkøbing Amt	9	9	0	0			
82500045	Stadil Fjord	11	8	0	0			
82500076	Ensø	9	10	0	0			
82500297	Kulsø ved Trolhede	9	9	0	0			
82600013	Lading Sø	9	13	0	+			
82700007	Tebstrup Sø	10	11-12	0	0			
83000001	Fåresøen	5	9-10	0	---			
83000005	Holm Sø	1	22-23	--	0	8	0	0
83000088	Ål Præstesø	1	12	----	+++			
83200005	Fårup Sø	10	20	----	++++			
83300004	Randsfjord	9	9	---	0			
83400006	Dons Nørresø	9	15	----	+++			
83400010	Skærsø	9	17-18	--	0			
83400011	Stallerup Sø	9	8	0	0			
83600005	Søgård Sø, Jylland	9	24	----	++++	9	0	0
83700016	Rygbjerg Sø	10	11	0	0			
83700017	Stevning Dam	9	10-19	--	++++	10		0
83800005	Jels Nedersø	10	9-16	++	---	8		0
83800006	Jels Oversø	9	13	--	++			
84100002	Gråsten Slotsø	9	9-24	0	---	11		0
84100003	Kettingnor	11	13-14	-	++			
84100006	Nordborg Sø	10	9-19	0	0	9		0
84100008	Varnæs Skovsø	11	8-12	0	0			
84100056	Kruså Møllesø	9	10-16	-	+++	9		0
84200001	Hostrup Sø	9	11-18	0	0			
84200081	Ralsøen	10	9		0			
84300027	Gamborg Indrefjord	11	8-10	0	0			
84400002	Fjellerup Sø	9	14	0	--			
84400005	Hjulby Sø	9	13	---	0			
84400009	Vomme Sø	10	12	+	++			
84500006	Dallund Sø	9	17	-	++			
84500007	Langesø	10	20	0	++++			
84500008	Nørresø, Fyn	9	21	0	++++			
84600005	Søbo Sø, Fyn	10	19	+	++			
84700008	Hvidkilde Sø	9	21	0	+++			
84700011	Ollerup Sø	9	14	---	0			
84700014	Tryggelev Nor	9	11	0	0			
84700015	Vejlen	11	8	0	0			
84700017	Store Øresø	13	9	0	0			
84800001	St. Gribbsø	2	8-9	---	+++			
84800002	Esrum Sø	10	12		+			

Vandområdenr.	Vandområdenavn	Type	Antal år			Antal år		
			1989-2023	Klorofyl a	Sigt dybde	2004-2023	Klorofyl a	Sigt dybde
84800003	Gurre Sø	9	10-11	0	0			
85000001	Bagsværd Sø	9	22	---	+			
85000025	Bastrup Sø	10	18	-	++			
85000026	Lyngby Sø	9	10	0	0			
85000029	Farum Sø	10	9-10	0	0			
85000050	Store Donsedam	9	8	0	0			
85100039	Højby Sø	9	8	0				
85200002	Bue Sø	10	8	--	0			
85200005	Østrup-Gundsømagle Sø	9	24	----	++++	9	0	0
85200013	Sønder Sø	10	19	----	++			
85300004	Holme Sø, Sj.	11	8	0	0			
85300018	Damhussøen	9	18-19	0	0			
85300025	Peblingesø	9	13-16	---	++++			
85300027	Skt. Jørgens Sø sydbassin	10	11-14	0	0			
85300036	Gentofte Sø	9	11	---	+			
85300041	Vallensbæk Sø	9	8	-	0			
85500001	Skarresø	9	9-11	0	0			
85500002	Tissø	10	26	--	++++	11	0	0
85500003	Tuelsø	10	10	0	0			
85600008	Bromme Lillesø	9	8	0	0			
85700013	Bavelse Sø	10	9	--	0			
85700020	Tystrup Sø	10	22	0	+			
85700053	Ulse Sø	10	8-9	0	0			
85700056	Ejlemade Sø	9	9		0			
85700058	Gørlev Sø	9	8	0	0			
85700060	Haraldsted Lillesø	9	8-9	0	0			
85800001	Borup Sø	9	20	----	++++			
85800004	Kimmerslev Sø	10	13-14	--	++++			
86000010	Hulemose Sø	9	9	0	+			
86000013	Snesere Sø	9	8	0	0			
86100001	Virket Sø	10	11	--	0			
86100002	Mølle Sø	10	10	0	0			
86200002	Nakskov Indrefjord	11	11	0	0			
86400001	Hejrede Sø	9	20	----	++++			
86400003	Røgbølle Sø	9	21	---	0			
86400004	Maribo Søndersø	9	24	----	++++	9	---	0
I alt 0				58	69		6	12
I alt +/+/+/+/++++				5	39		0	0
I alt -/--/--/----				47	7		2	0





**Figur 2.2.** Den procentvise andel af KT-søer med mindst otte års data, hvor indholdet af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde statistisk set er reduceret, uændret eller øget (10 % signifikansniveau). De viste data omfatter henholdsvis perioden 1989-2023 (110-111 søer) og perioden 2004-2023 (syv søer) (se også tabel 2.3 og tabel 2.4).

Resultaterne beskrevet ovenfor viser, at de største ændringer i søernes tilstand er sket i begyndelsen af overvågningsperioden, dvs. i løbet af 1990'erne, mens der – med forbehold for de få søer med mindst otte års data – ser ud til at have været færre ændringer i de seneste 20 år.

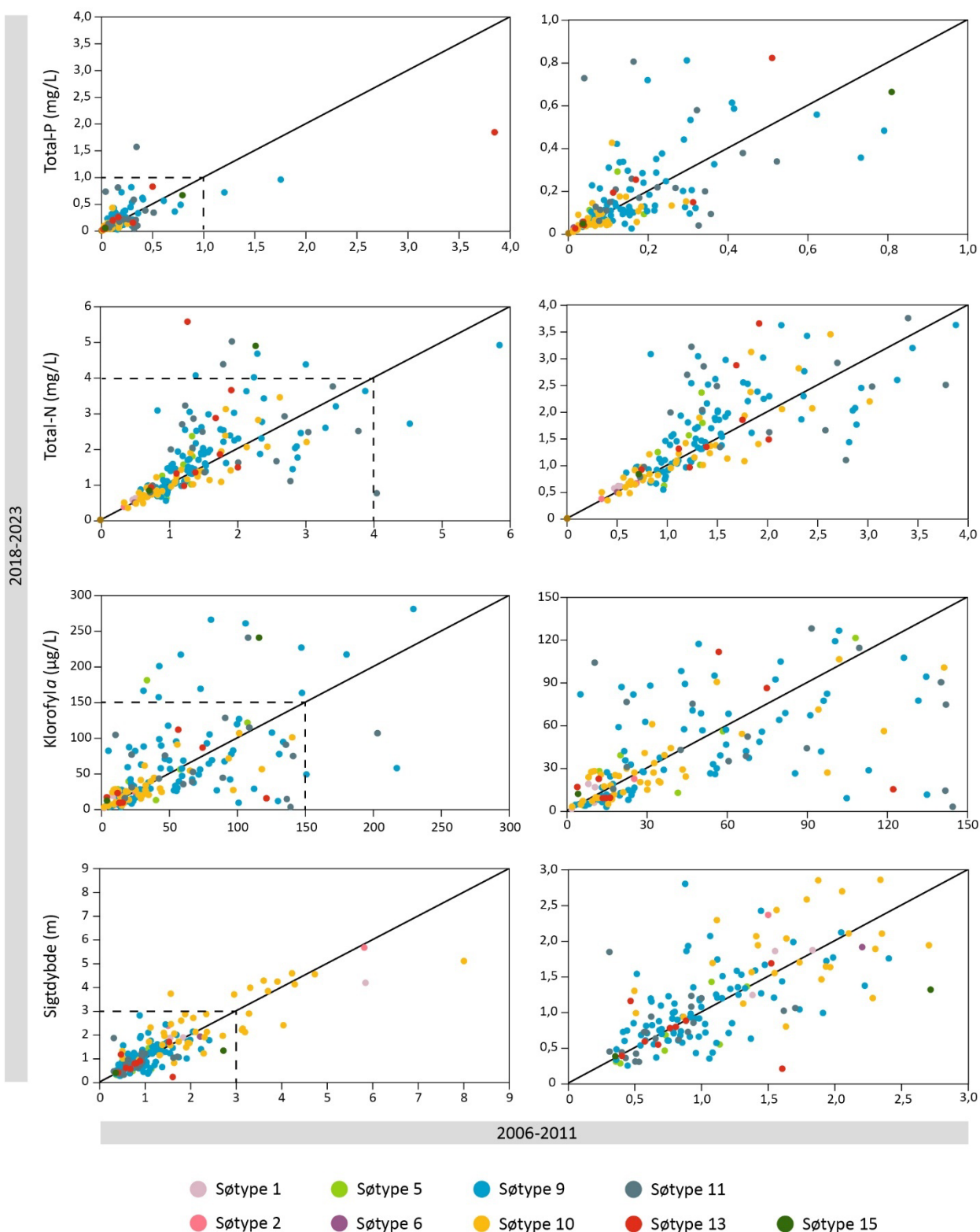
For at vurdere den seneste udvikling nærmere og uafhængigt af forudsætningen om mindst otte års data fra den enkelte sø er udviklingen vurderet på tværs af alle KT-søerne ved at sammenstille data fra de tre seneste seksårsperioder. Langt størstedelen af KT-søerne er undersøgt for fysisk-kemiske parametre og sigtddybde i alle tre perioder. Sammenligningen mellem den seneste seksårige periode (2018-2023) og seksårsperioden fra 2006-2011 er vist som scatterplots i figur 2.3 (se figurtekst for nærmere forklaring). Resultaterne for alle tre seksårsperioder er illustreret som boxplots i figur 2.4.

Der er testet for signifikante ændringer i de fire parametre (totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybde) mellem perioderne 2006-2011 og 2018-2023 og mellem de to seneste perioder 2012-2017 og 2018-2023, dels for alle søtyper tilsammen, og dels for de enkelte søtyper, hvor der findes data fra mindst ti søer (type 9, 10 og 11). Resultaterne ses i tabel 2.5. Til test af forskellene er der, hvis data er normalfordelt, anvendt *parret t-test*, og hvis data ikke er normalfordelt, er *Wilcoxon signed rank test* anvendt. Se bilag 1 for nærmere beskrivelse.

Som for de øvrige præsentationer og analyser i denne del af rapporten er resultaterne baseret på sommergennemsnit i de enkelte søer. I boxplottene i figur 2.4 er kun vist data fra de søtyper, hvor der er mindst ti søer (type 9, 10 og 11) og for søerne samlet set. Resultaterne for forskelle i sommergennemsnittet mellem to perioder ved den anvendte statistiske test er sammenlignet parvist for hver sø og ikke mellem søerne i hver seksårsperiode som helhed. Dette betyder, at det kan være svært eller evt. ikke muligt at se signifikante forskelle mellem to perioder på boxplottene. Desuden kan de værdier, for hvilke der ses de største forskelle, være udelukket fra boxplottene, da disse kun viser op til 90 %-fraktilen.

Sammenligningen af de to perioder 2006-2011 og 2018-2023 (figur 2.3, tabel 2.5) viser en signifikant stigning i totalkvælstof for alle søerne tilsammen. Det gælder for størstedelen af søerne af type 9, hvor koncentrationen er højere i den seneste periode end i den første. Ændringen er dog ikke statistisk signifikant ( $p=0,05$ ). For ingen af de øvrige parametre er der sket en signifikant ændring mellem de to perioder, hverken for de enkelte søtyper eller for søerne som helhed. Derimod ses ved sammenligning af de to seneste seksårsperioder (2011-2017 og 2018-2023) (figur 2.4, tabel 2.5) et statistisk signifikant øget indhold af totalfosforindhold i søtype 9 og 11 og for alle søerne samlet.

Totalkvælstofindholdet er ligeledes øget signifikant i søtype 9 og for søerne samlet set. For klorofylindhold og sigtddybde er der ikke konstateret signifikante ændringer.



**Figur 2.3** Sammenligning af sommergennemsnit mellem de to perioder 2006-2011 og 2018-2023 for totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a samt sigtddybde fordelt på søtyper (beskrivelserne af de enkelte søtyper fremgår af tabel 1.1). Hvert punkt repræsenterer én sø. Hvis den enkelte sø er undersøgt mere end én gang i den samme periode, er der anvendt et gennemsnit. Højre panel viser en forstørrelse af de laveste værdier. Linjen angiver 1:1-værdier, dvs. punkter på denne linje er udtryk for status quo. Hvis et punkt ligger over 1:1-linjen, er der sket en forøgelse fra perioden 2006-2011 til perioden 2018-2023 i den givne sø og omvendt, hvis et punkt ligger under 1:1-linjen. Resultater af statistiske tests er vist i tabel 2.5.

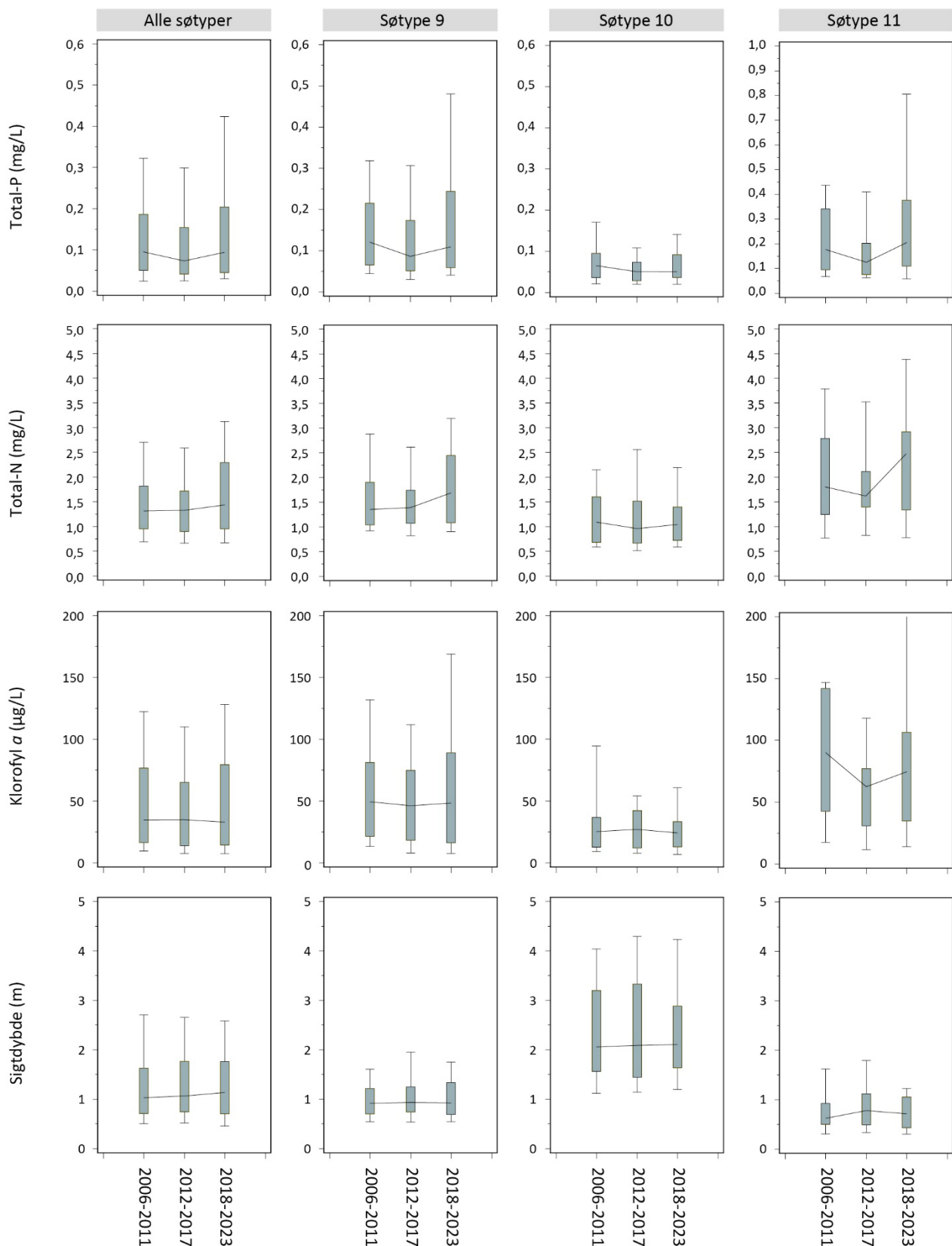
**Tabel 2.5.** Resultat af statistiske tests (p-værdier) af sammenligning af sommergennemsnit af vandkemiske nøglevariable (totalfosfor og totalkvælstof) samt en biologisk (klorofyl *a*) og en fysisk (sigtdybde) nøglevariabel for de søer, der blev undersøgt i de tre seneste seksårsperioder: 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023. Kun signifikante forskelle ( $p < 0,05$ ) er vist. Signaturen (+) angiver, at værdien er øget, mens "-" angiver, at der ikke er nogen signifikant ændring. Antal søer angiver det totale antal søer for hver søtype, som kan variere lidt mellem parametrene. Der er kun vist tests for søtyper, hvor der indgår data fra mindst ti søer. \*)Bemærk, at nogle resultater for totalfosfor i perioden 2011-2016 kan være underestimerede – se afsnit 1.4.

**Sammenligning af perioden 2006-2011 med perioden 2018-2023:**

VRD-søtype	Antal søer	Total-P <sup>*)</sup>	Total-N	Klorofyl <i>a</i>	Sigtdybde
9	87	-	-	-	-
10	41	-	-	-	-
11	19	-	-	-	-
Alle søer	172	-	0,02 (+)	-	-

**Sammenligning af perioden 2012-2017 med perioden 2018-2023:**

VRD-søtype	Antal søer	Total-P <sup>*)</sup>	Total-N	Klorofyl <i>a</i>	Sigtdybde
9	87	0,001 (+)	0,002 (+)	-	-
10	41	-	-	-	-
11	19	0,004 (+)	-	-	-
Alle søer	172	<0,001 (+)	<0,001 (+)	-	-



**Figur 2.4** Boxplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigtedybde mellem de tre seksårsperioder 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023 for KT-søerne. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de tre søtyper med flest data. Kun typer, hvor der er data fra mere end ti søer, er medtaget. Hver box med whiskers viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Resultater af statistiske tests er vist i tabel 2.5.

Årsagen til de generelt stigende næringsstofkoncentrationer er ikke undersøgt nærmere. Mulige årsager er ændringer i udledningen og transporten af næringsstoffer i søens opland, herunder også effekten af klimatiske ændringer. Det kan ikke udelukkes, at fejlanalyserne og eventuel underestimering af totalfosforkoncentrationen i perioden 2011-2016 også kan spille ind mht. stigning i totalfosfor.

## 2.4 Vegetation

### Vegetation, status

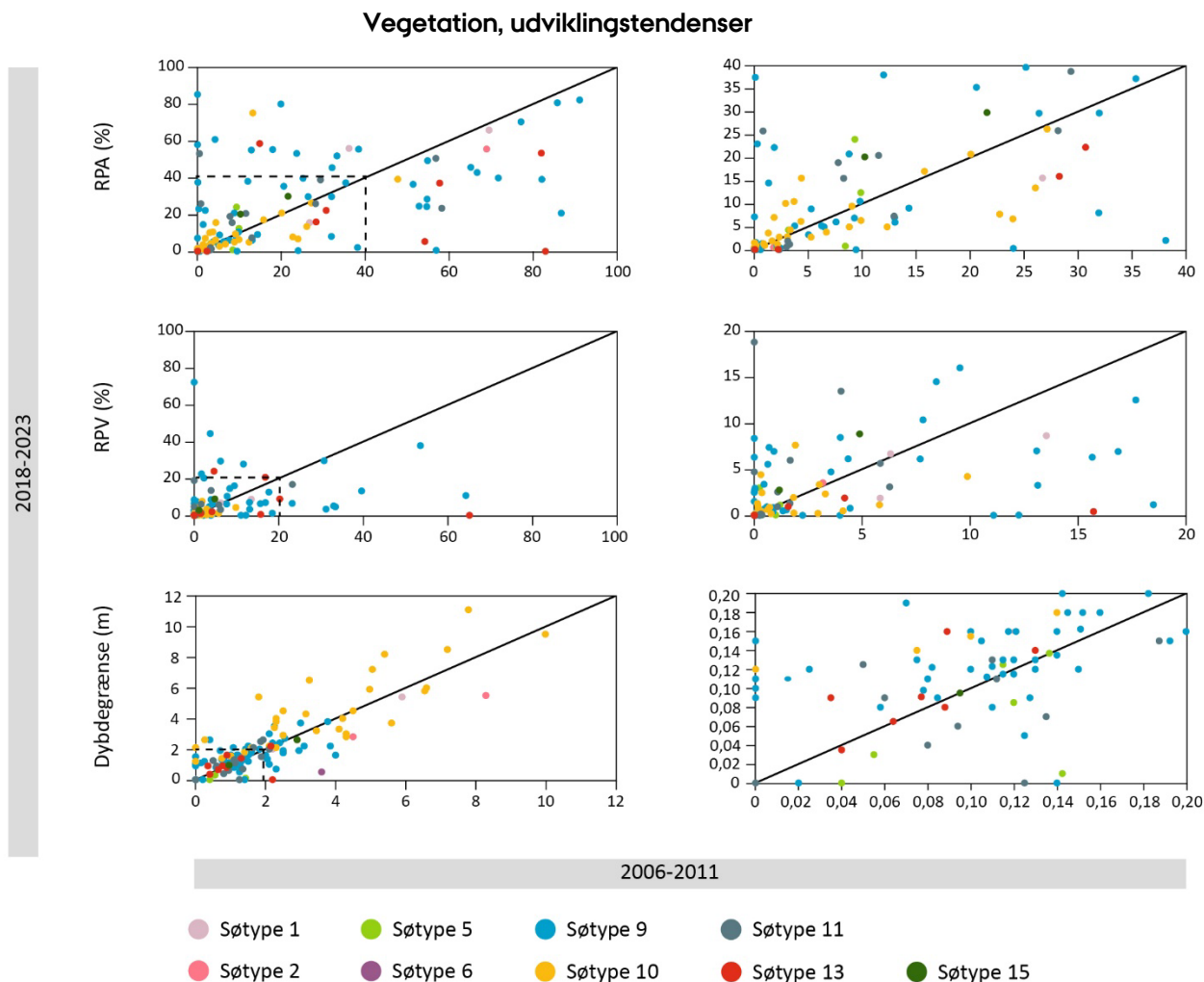
Kontrolovervågningen af undervandsplanter i perioden 2018-2023 omfattede i alt 180 søer. En oversigt over de tre undersøgte nøgleparametre (det plantede areal i procent af søarealet (relativt plantedækket areal – RPA), det plantefyldte volumen i procent af søens vandvolumen (relativt plantefyldt volumen – RPV) og planternes maksimale dybdegrænse i hver af de ni søtyper er givet i tabel 2.6. Nogle af søtyperne – især de kalkfattige søer (søtype 1-6) – er kun repræsenteret ved ganske få søer, hvorfor det ikke er muligt at anvende data til at udtale sig generelt om disse søtyper. Kun fra søtype 9, 10, 11 og 13 er der data fra mindst ti søer.

Data, der beskriver dybdegrænsen, er først og fremmest relevant for de dybe søtyper, fordi planterne i de lavvandede søtyper oftere end i de dybe søer vil kunne vokse helt ud til søens maksimale dybde. Dermed vil dybdegrænsen kunne begrænses af søens dybde. På samme måde kan man ikke forvente, at RPA eller RPV kan blive særlig høj i dybe søer sammenlignet med lavvandede søer, fordi planterne ofte ikke vokser i de dybe dele af søen, hvor lysnedtrængningen er naturligt begrænset.

**Tabel 2.6.** Oversigt over nøgleparametre vedr. undervandsplanter fra søerne i kontrolovervågningen af søernes tilstand fordelt på ni søtyper (se tabel 1.1 for en nærmere beskrivelse), som er undersøgt i perioden 2018-2023 (seks søer er senest undersøgt i 2017). For én sø er datagrundlaget ikke tilstrækkeligt til at beregne statistiske variable.

Søtype	Relativt plantedækket areal – RPA (%)					Relativt plantefyldt volumen – RPV (%)				
	Gns.	Median	Min.	Maks.	N	Gns.	Median	Min.	Maks.	N
1	41,7	45,1	15,6	65,9	6	4,9	5,8	0,6	8,7	6
2	28,1	28,1	0,5	55,6	2	1,8	1,8	0,003	3,5	2
5	9,1	2,1	0	24,0	7	1,3	0,1	0	5,2	7
6	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	1
9	23,4	15,6	0	85,4	88	6,7	1,9	0	72,4	88
10	9,1	5,0	0	75,2	43	1,0	0,3	0	7,6	43
11	14,4	9,7	0	50,6	20	3,3	1,0	0	16,8	20
13	22,6	19,1	0	58,6	10	6,4	1,4	0	24,0	10
15	25,0	25,0	20,2	29,8	2	5,8	5,8	2,8	8,9	2
Dybdegrænse (m)										
Søtype	Gns.	Median	Min.	Maks.	N					
1	2,3	1,8	0,42	5,4	6					
2	4,2	4,2	2,8	5,5	2					
5	0,8	0,7	0	1,7	7					
6	0,5	0,5	0,5	0,5	1					
9	1,5	1,5	0	4,2	88					
10	4,3	3,8	1,2	11,1	43					
11	1,2	1,1	0	2,7	20					
13	1,0	0,9	0	2,2	10					
15	1,8	1,8	1,0	2,6	2					

Generelt varierer de tre målte parametre meget inden for de enkelte søtyper. I mange af søtyperne dækker både RPA og RPV f.eks. en gradient fra 0 % (ingen undervandsplanter) til langt over 50 %. I den mest almindelige lavvandede søtype (søtype 9) er medianværdien for RPA 15,6 % og for RPV 1,9 %. Det betyder, at i hovedparten af de lavvandede søer er kun en lille del af vandvolumenet fyldt med planter. I den mest almindelige dybe søtype (søtype 10) varierer dybdegrænsen mellem 1,2 og 11,1 m.



**Figur 2.5.** Sammenligning mellem de to perioder 2006-2011 og 2018-2023 af plantedækket areal (RPA, %), plantefyldt vandvolumen (RPV, %) og undervandsplanternes dybdegrænse (m) i de forskellige søtyper (beskrivelserne af de enkelte søtyper fremgår af tabel 1.1). Hvert punkt repræsenterer én sø. Hvis den enkelte sø er undersøgt mere end én gang i den samme periode, er der anvendt et gennemsnit. Højre panel viser en forstørrelse af de laveste værdier. Linjen angiver 1:1-værdier, dvs. punkter på denne linje er udtryk for status quo. Hvis et punkt ligger over 1:1-linjen, er der sket en forøgelse fra perioden 2006-2011 til perioden 2018-2023 i den givne sø og omvendt, hvis et punkt ligger under 1:1-linjen. Resultater af statistiske tests er vist i tabel 2.7.

Der er ingen signifikante ændringer i hverken RPA eller RPV fra perioden 2006-2011 til perioden 2018-2023, hverken for de enkelte søtyper eller for alle søtyper samlet. Der ses heller ingen signifikante ændringer i hverken RPA eller RPV fra perioden 2012-2017 til perioden 2018-2023, hverken for de enkelte søtyper eller for alle søtyper tilsammen (tabel 2.7). Det er dog værd at bemærke, at der er en tendens til et fald i dækningsgraden og det relative plantefyldte volumen i søer, der i perioden 2006-2011 havde de højeste værdier af disse parametre. I søer med en RPA > 40 % og en RPV > 10 % i perioden

2006-2011 er der, på nær to søer, i perioden 2018-2023 konsekvent konstateret lavere værdier. Denne tendens er ikke undersøgt yderligere.

Ved sammenligning af de KT-søer, der er undersøgt siden 2006, er der mellem de to seksårsperioder 2006-2011 og 2018-2023 sket en signifikant forøgelse i planternes dybdegrænse for søtype 9 og 10 samt for alle søtyperne under ét. Der er ikke sket nogen ændring mellem de to seneste seksårsperioder. Normalt ville en øget dybdegrænse kunne forklares ved øget sigtdybde. Af tabel 2.5 ses det, at der ikke er sket nogen ændring i sigtdybden mellem perioderne. Det skal dog bemærkes, at ikke alle søer, hvor der er foretaget undersøgelser af vandkemi, er undersøgt for vegetation, hvorfor resultaterne for kemi og vegetation ikke er helt sammenlignelige.

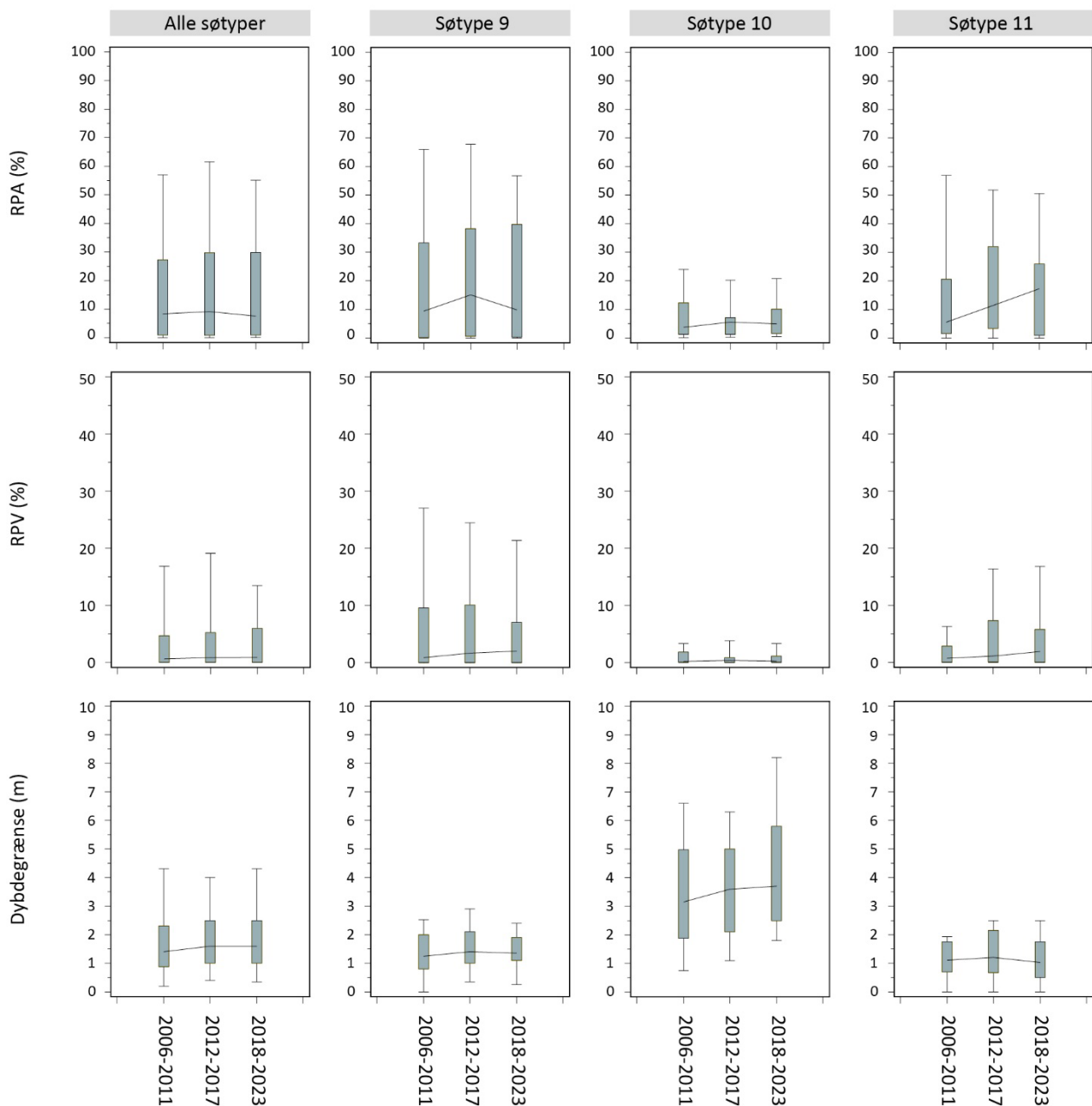
**Tabel 2.7.** Resultat af statistiske tests (p-værdier) af sammenligning af relativt plantedækket areal (RPA%), relativt plantefyldt volumen (RPV %) og dybdegrænse for de søer, der blev undersøgt i de tre seneste seksårsperioder: 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023. Kun signifikante forskelle ( $p < 0,05$ ) er vist. Signaturen (+) angiver, at værdien er øget, mens "-" angiver, at der ikke er nogen signifikant ændring. Antal søer angiver det totale antal søer for hver søtype, som kan variere lidt mellem parametrene. Der er kun vist tests for søtyper, hvor der indgår data fra mindst ti søer.

**Sammenligning af perioden 2006-2011 med perioden 2018-2023:**

VRD-søtype	Antal søer	RPA	RPV	Dybdegrænse
9	70	-	-	0,02 (+)
10	33	-	-	0,003 (+)
11	16	-	-	-
Alle søer	142	-	-	0,03 (+)

**Sammenligning af perioden 2012-2017 med perioden 2018-2023:**

VRD-søtype	Antal søer	RPA	RPV	Dybdegrænse
9	70	-	-	-
10	33	-	-	-
11	16	-	-	-
Alle søer	142	-	-	-



**Figur 2.6.** Boxplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis planternes dækningsgrad (RPA, %), det plantefyldte vandvolumen (RPV, %) og planternes dybdegrænse mellem de tre seksårs-perioder 2006-2011, 2012-2017, 2018-2023 for KT-søerne. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de tre søtyper med flest data. Kun typer, hvor der er data fra mere end ti søer, er medtaget. Hver box med whiskers viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Resultater af statistiske tests er vist i tabel 2.7.



## 3 Fytobenthos i kontrolovervågningen

### 3.1 Baggrund

Bentiske kiselalger bruges som en indikator for fytobenthos. Fytobenthos er – i overensstemmelse med kravene i vandrammedirektivet (Den Europæiske Union, 2000) – sammen med de højere vandplanter en af de fire biologiske indikatorer for den økologisk tilstand i søer. Tilsammen benævnes denne indikator "Anden akvatisk flora". Kiselalger anvendes pga. deres forskellige grader af følsomhed over for miljøforhold og den omfattende taksonomiske viden om gruppen (Kelly m.fl. 2008; Poikane m.fl. 2016).

I danske søer udtrykkes indikatorværdien af bentiske kiselalger vha. IPS-indekset (Indice de Polluo-sensibilité Spécifique, CEMAGREF 1982). Tests har vist, at dette indeks er en relevant indikator for den økologiske tilstand af danske Søtype 9- og 10-søer samt for koncentrationen af totalfosfor (Johansson m.fl. 2019).

Indsamling af bentiske kiselalger i søer blev inkluderet i NOVANA i 2013. Afrapporteringen i dette kapitel er den første præsentation af de resulterende data og omfatter perioden 2013-2022. Data præsenteres med brug af IPS-indekset og relaterede fysisk-kemiske variable, der ligeledes er indsamlet i NOVANA.

### 3.2 Datahåndtering og kvalitetsvurdering

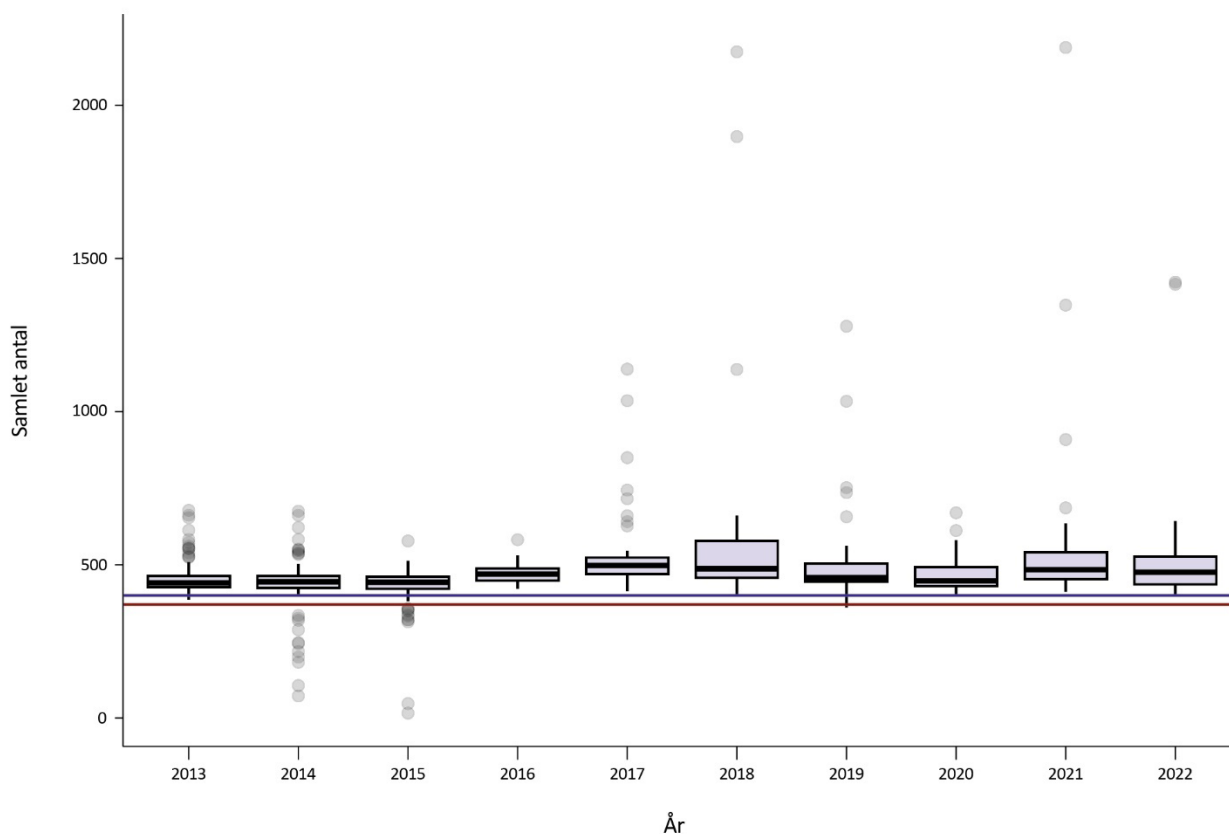
De bentiske kiselalgedata, der er anvendt i dette kapitel, blev kvalitetssikret forud for analyserne. I denne forbindelse blev det oprindelige datasæt analyseret for "mistænkelige værdier", der eventuelt skulle udelukkes fra den videre analyse. Der blev også analyseret for fejl og outliers, datafordeling, uforklarlige tællel, antal identificerede arter og slægter, artsnavne og identifikationskoder samt forekomst af arter uden for deres typiske miljø (f.eks. rent marine arter eller arter fra ekstreme miljøer). Se Bilag 2 for de anvendte kvalitets sikringskriterier.

Tællel og registreringer af kiselalgerne artssammensætning blev ikke analyseret i forhold til fysisk-kemiske variable for at undgå statistisk usikre sammenhænge mellem artssammensætningen og det omgivende miljø. Dette er især relevant på grund af forskelle i tidspunkterne for prøvetagningen til bestemmelse af bentiske kiselalger og fysisk-kemiske variable samt de korte successionstider og store variationer i fytobenthosarter.

Kriterier, som allerede var en del af kvalitetssikringen foretaget af SGAV's fagkoordinationsgruppe, blev ikke taget i betragtning for at undgå redundans.

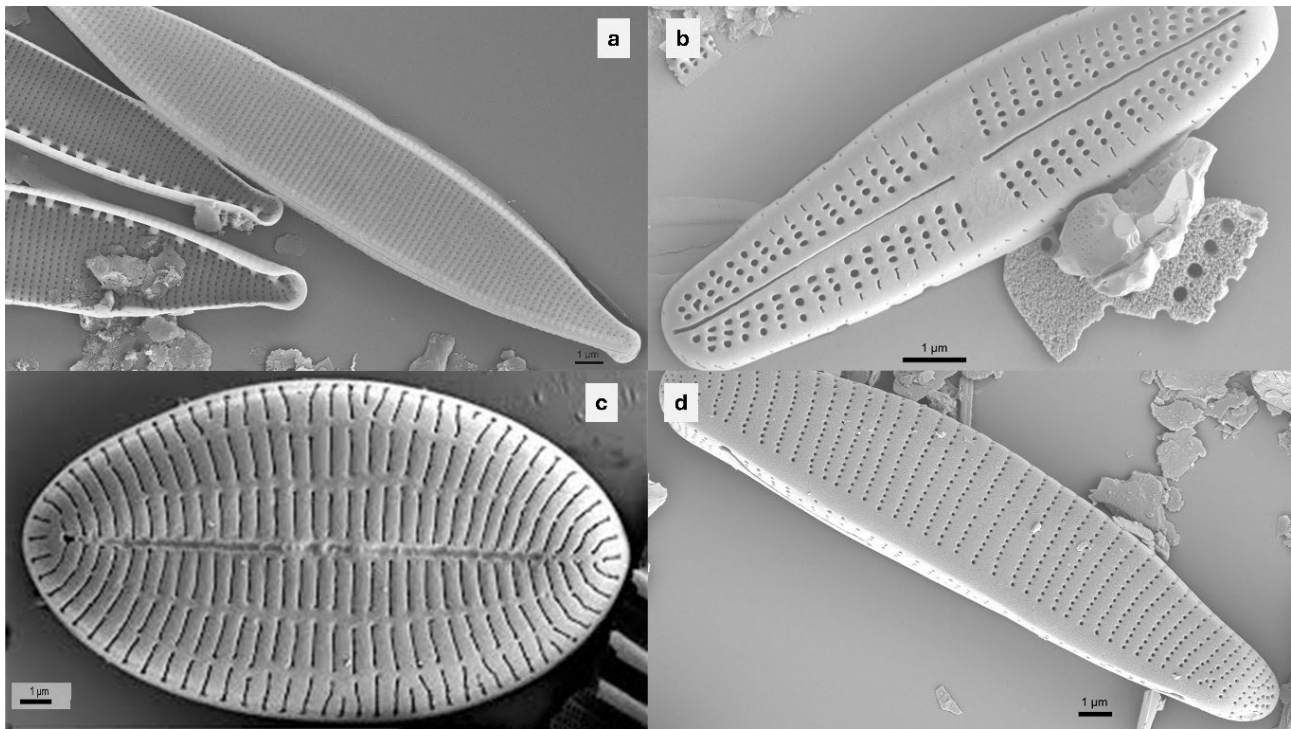
Det endelige datasæt udelukkede alle prøver, der med stor sandsynlighed indeholdt fejl. Kun data med stærke indikationer på fejlagtige værdier blev sorteret fra i det endelige datasæt for at undgå en bevidst tilpasning af datasættet til potentielt forventede mønstre. En sådan tilpasning kunne risikere at usynliggøre relevante miljømæssige typer af respons, som ofte er forbundet med ekstreme værdier.

Tælle­tallet pr. prøve var den primære faktor for at udelukke prøver fra data­settet, særligt for lavere outliers, hvor antallet af kiselalgeskaller var under 380 (figur 3.1). Disse outliers forekom især hyppigt i 2014 og 2015 (figur 3.1) og var ikke relateret til særlige prøvetagningsforhold, men blev i nogle til­fælde noteret som "lavt tælle­tal" i noterne. I alt var der 28 prøver med færre end 400 skaller, hvilket er minimumsgrænsen. Heraf havde 23 prøver under 380 optalte skaller, hvilket er den maksimale tolerance på 5 % for optællingen. Prøver med 380-400 skaller blev markeret til kontrol, men bibeholdt i det en­delige datasæt, mens prøver med færre end 380 skaller også blev markeret og udelukket fra videre analyse.



**Figur 3.1.** Optælling af bentiske kiselalger pr. prøve for danske søer i perioden 2013-2022. De blå og røde linjer markerer henholdsvis grænsen på 400 og 380 skaller, og prikkerne angiver outliers.

Alle stationer med høje tælle­tal svarede til prøver med stor dominans af få kiselalgearter (figur 3.2), hvilket – i overensstemmelse med TA SV1 v2 (Johansson & Wiberg-Larsen, 2021) – kræver et højere tælle­tal.

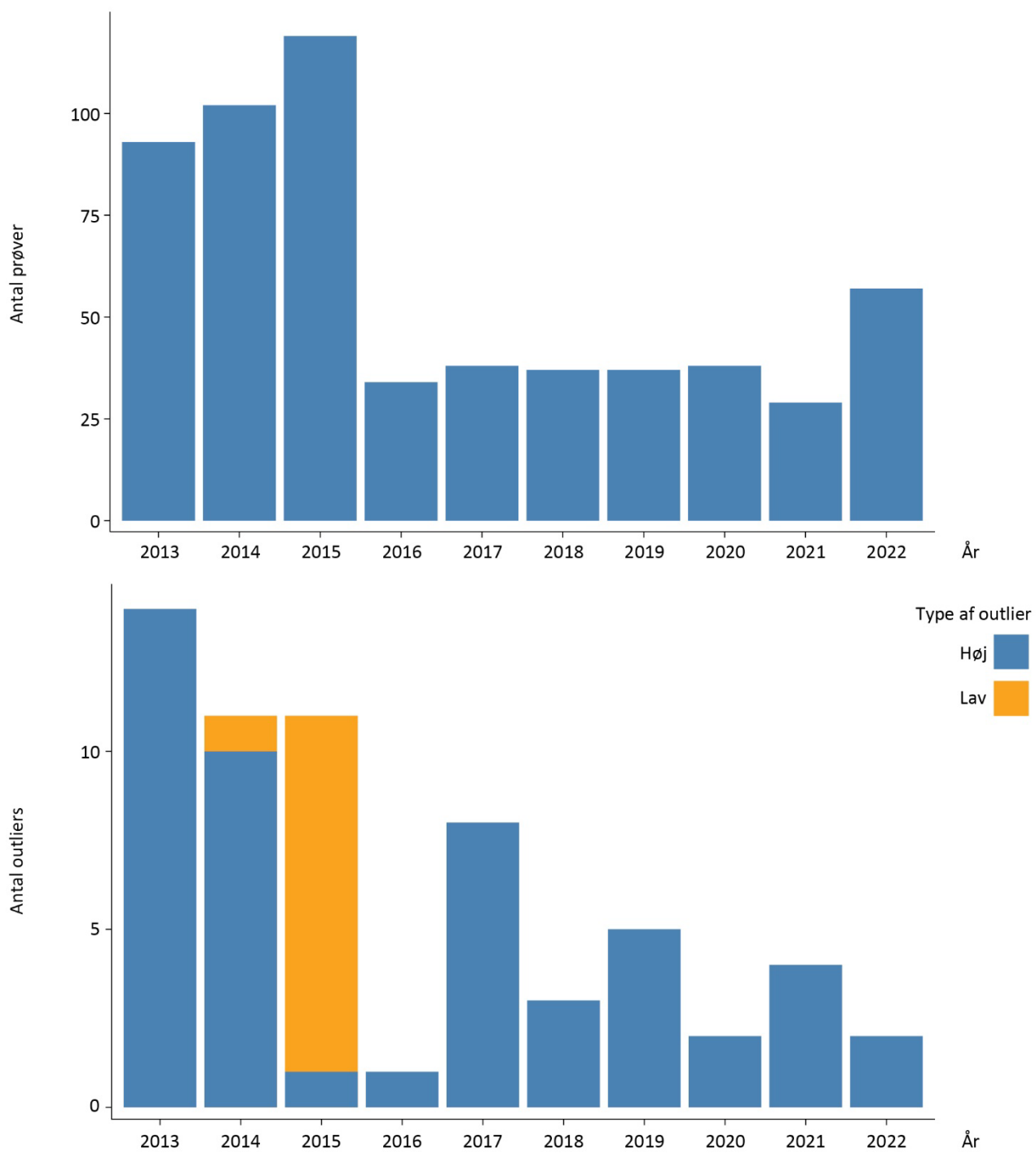


**Figur 3.2.** Fire eksempler på dominerende kiselalgearter i danske søers fytobenthos: a. *Nitzschia palea*, b. *Achnantes minutissimum*, c. *Cocconeis placentula*, d. *Eunotia incisa*. Spaulding m.fl. (2021).

Antallet af outliers i optællingerne var korreleret ( $R^2=67\%$ ) med antallet af prøver optalt pr. år, hvor antallet af lave outliers og det samlede antal prøver var højere i 2015 (figur 3.3). Efter dette faldt antallet af prøver pr. år drastisk, hvilket også medførte et fald i antallet af outliers (figur 3.3).

**Tabel 3.1.** Forekomst, diversitet, antal arter og slægter af bentiske kiselalger og IPS-indekset pr. prøve, baseret på samtlige prøvetagningsår.

Variabel	Middel	St.dev	Min.	Maks.
Forekomst	492	162	381	2189
Diversitet (Shannon)	3,3	0,8	0,7	5,0
Antal arter	29	8	6	70
Antal slægter	16	4	2	32
IPS	3,9	0,7	1,1	5



**Figur 3.3.** Optælling af kiselalger pr. år (øverste panel) og antal outliers fordelt på Søtype (høj/lav).

### Datatilgængelighed

Analysens endelige datasæt omfattede 560 prøvetagninger (i nogle tilfælde flere prøvetagninger for den samme station), 593 kiselalgearter og ti forskellige søtyper (tabel 3.2).

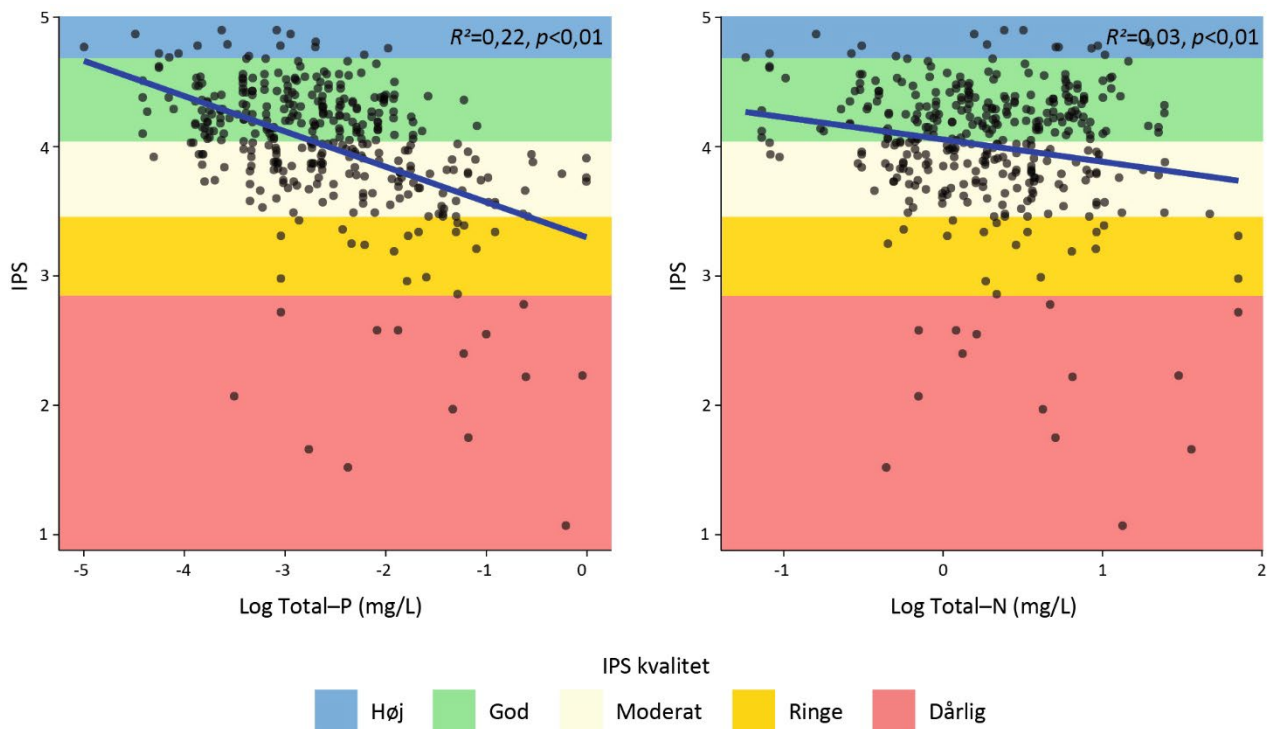
**Tabel 3.2.** Bentiske kiselalgedata fra de forskellige søtyper omfattet af analyserne.

Søtype	Antal prøvetagninger	Antal søer
1	16	9
2	4	3
5	15	11
6	1	1
9	161	93
10	91	51
11	46	28
12	2	2
13	29	22
15	4	2
Ukendt	4	3
Total	373	225

### 3.3 IPS-bentisk kiselalgeindeks

#### Sammenhæng mellem IPS og fysisk-kemiske variable

IPS-indekset viste en signifikant sammenhæng med totalfosfor for søtyperne 9 og 10 med en  $R^2$  værdi på 0,22 (figur 3.4). Sammenhængen med totalkvælstof var også signifikant, men dog svag med en  $R^2$ -værdi på 0,03 (figur 3.4). Dette understøtter, at IPS er en egnet indikator for økologisk tilstand i forhold til totalfosfor (jf. Johansson m.fl., 2019), men mindre egnet for totalkvælstof.

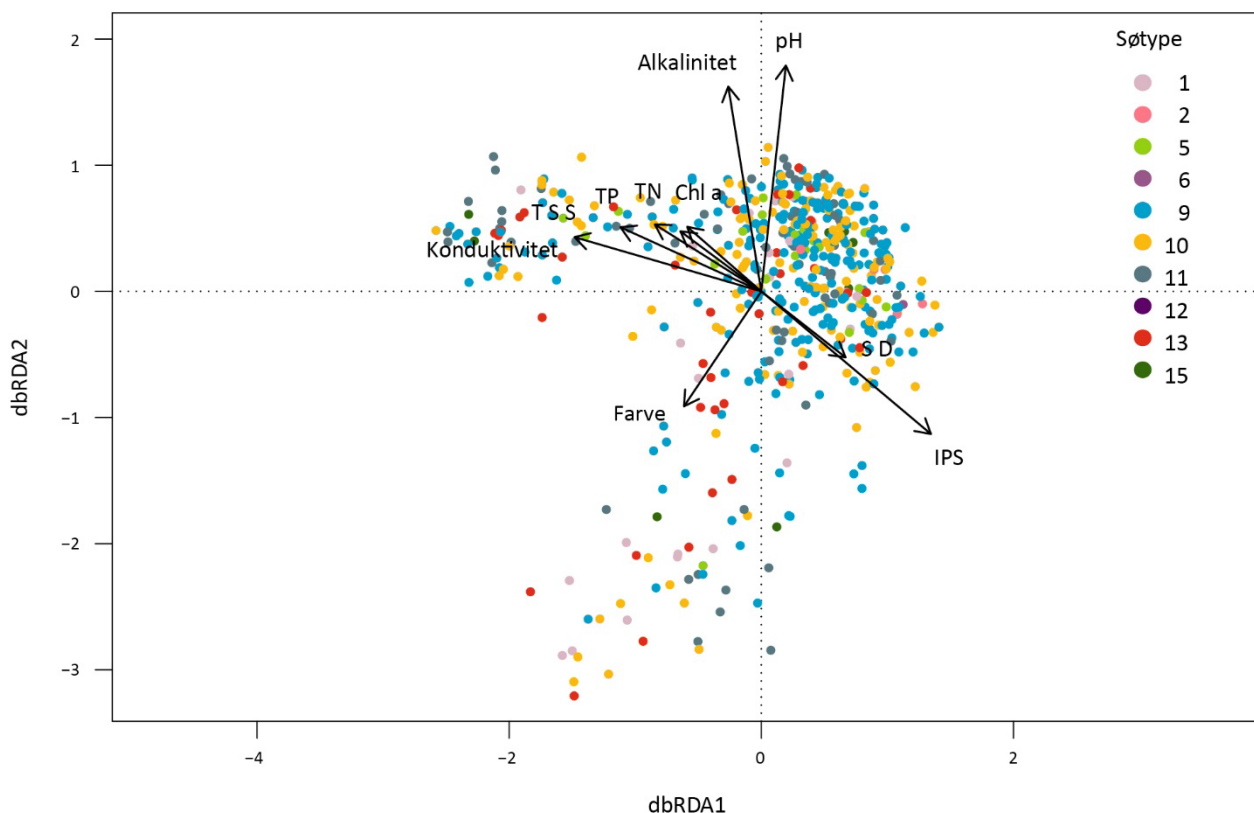


**Figur 3.4.** Sammenhæng mellem IPS og log-transformeret totalfosfor- og totalkvælstofkoncentration for søtype 9 og 10.  $R^2$ - og  $p$ -værdier er baseret på generelle lineære modeller. Farverne svarer til kategorierne for økologisk tilstand baseret på fyto-benthos ved anvendelse af på IPS-indekset ifølge bek. 792 (se afsnit 3.4). Det skal understreges, at figuren kun viser økologisk tilstand baseret på benthiske kiselalger. Ved endelig fastlæggelse af en søs økologiske tilstand skal de øvrige biologiske elementer.

For nærmere at beskrive, hvordan kiselalgesammensætningen og IPS påvirkes af miljømæssige faktorer, blev der foretaget en afstands-baseret redundansanalyse af kiselalgesammensætningen og tilknyttede miljøvariable for de forskellige søtyper. Analysen viste, at sammensætningen af benthiske kiselalger var forbundet med den kombinerede effekt af en række fysisk-kemiske variable, som også påvirkede IPS-indeksets respons (figur 3.5). Især var vandets ledningsevne, total suspenderet stof (TSS), totalfosfor (TP), totalkvælstof (TN), klorofyl *a* (Chl\_ *a*), alkalinitet, pH, sigtdybde (SD), IPS og farve forbundet med forskelle i kiselalgesammensætningen (figur 3.5).

Sammenhængen mellem variable og kiselalgesammensætningen kunne ikke forklare forskellene mellem søtyper (figur 3.5). I stedet var der stor variation i sammensætningen og de tilknyttede variable på tværs af søtyper.

IPS-indekset for økologisk tilstand hang positivt sammen med søernes sigtdybde (Pearson's korrelation SD,  $R=0,70$ ) og negativt sammen med det totale niveau af næringsstoffer (TP,  $R=-0,86$ ; TN,  $R=-0,80$ ), ledningsevne ( $R=-0,78$ ), suspenderet stof ( $R=-0,79$ ) og klorofyl *a* ( $R=0,74$ ). Derimod hang klorofyl *a* (indikator for fytoplanktonbiomassen) tæt sammen med høje næringsstofniveauer (TP,  $R=0,83$ ; TN,  $R=0,91$ ), lav sigtdybde (SD,  $R=-0,86$ ) og høje koncentrationer af suspenderet stof (TSS  $R=0,88$ ). Analysen indikerede også, at alkalinitet, pH og farve spillede en væsentlig rolle i forklaringen af sammensætningen af benthiske kiselalger i søer, og at alkaliniteten hang negativt sammen med IPS ( $R=-0,79$ ) (figur 3.5). Resultaterne viste, at søer med lave næringsstofniveauer, meget klart vand, lav turbiditet og lav fytoplanktonbiomasse havde en højere økologisk tilstand, udtrykt ved IPS.



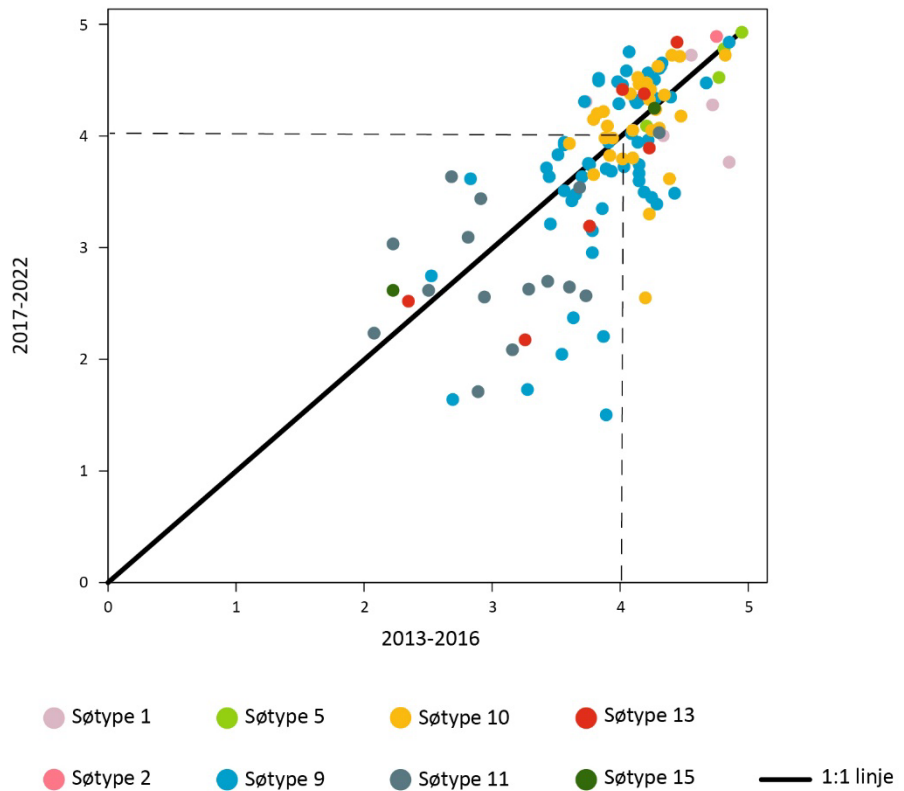
**Figur 3.5.** Afstands-baseret redundansanalyse (db\_RDA) af sammensætningen af benthiske kiselalger og tilknyttede milj variabel, inklusive IPS-indeksværdien for økologisk kvalitet. Signifikans ( $F=12,85$ ,  $p<0,001$ ) for 20 % af den samlede forklarende varians. Hvert punkt repræsenterer en prøvetagning i en s . S t yper er indikeret vha. punkternes farve. Jo længere en vektor (vist som en pil) er, jo mere betydningsfuld er den tilhørende variabel for artsfordelingen af kiselalger. Hvis man projicerer individuelle punkter vinkelret ned på vektoren (som også fortsætter i den modsatte retning i forhold til (0,0)), fås en vurdering af, hvor vigtig denne variabel er for artsfordelingen i den p g eldende s . (TN: totalkvælstof, TP: totalfosfor, TSS: total suspenderet stof, SD: sigtgybde).

### 3.4 Status og udvikling i IPS-indekset

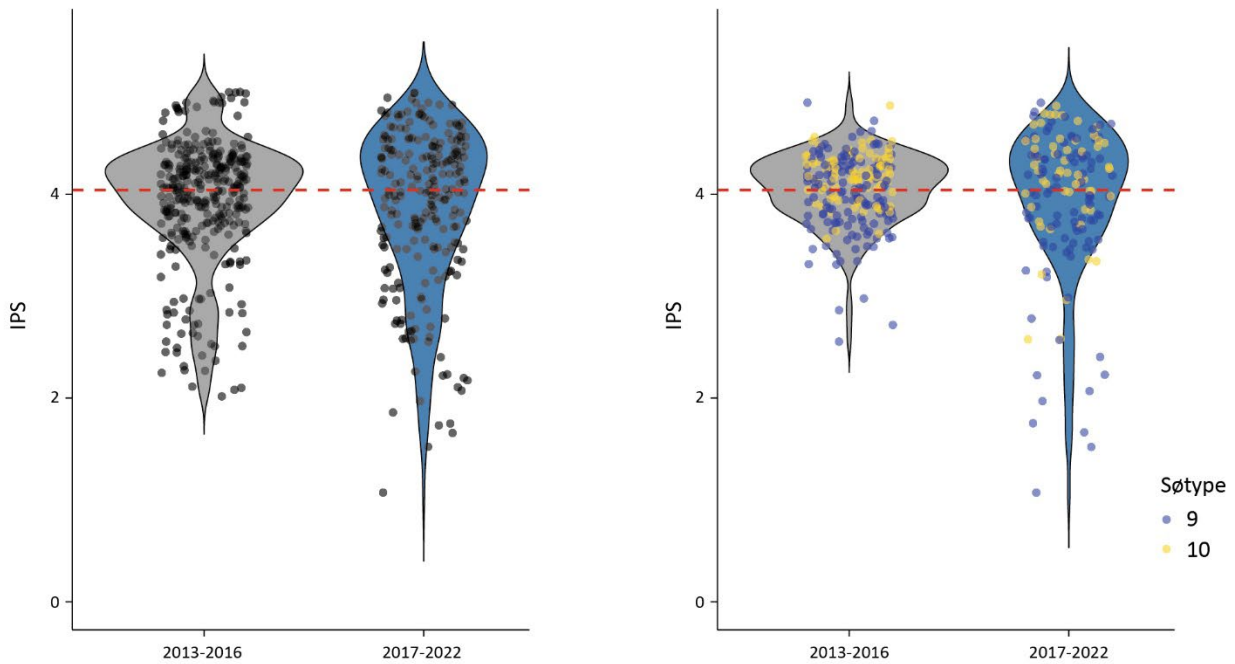
For at analysere den tidsmæssige udvikling i IPS i danske søer er data fra perioden 2013-2016 sammenlignet med perioden 2017-2022. Sammenligningen omfatter kun søer med gentagne prøvetagninger i de to perioder.

For alle s t yper havde cirka halvdelen af stationerne med gentagne prøvetagninger en IPS-værdi under 4,04 (53 %,  $N=125$ ), hvilket er under grænsen for god økologisk tilstand ifølge *bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder nr. 792* (bek. 792), når man betragter (del-)kvalitetselementet fytobenthos alene.

Af disse l  alle søer af type 1, 2 og 5 over grænsen for god økologisk tilstand. For så vidt angår de øvrige s t yper, lå der søer både over og under grænsen for god økologisk tilstand (figur 3.6), baseret på IPS. For flere af søerne, der lå under grænsen for god økologisk tilstand i perioden 2013-2016, forværredes tilstanden yderligere i perioden 2017-2022 (figur 3.6). Samlet set var der dog ingen signifikante forskelle i IPS mellem perioderne (t-test  $T=1,29$ ,  $p=0,19$ , figur 3.7). Desuden var der ingen forskelle i IPS ved en sammenligning af s t perne 9 og 10 ( $T=1,69$ ,  $p=0,09$ ) alene. Disse to s t yper udviste en lignende variation i IPS mellem perioderne som de generelle data (figur 3.7).



**Figur 3.6.** Økologisk tilstand baseret på IPS-indekset for benthiske kiselalger for hver søtype i perioderne 2013-2016 (x-akse) og 2017-2022 (y-akse). Hvert punkt repræsenterer en sø, der er undersøgt i begge perioder. Den sorte linje angiver lighed mellem perioderne (ingen ændringer i IPS). Punkter over linjen indikerer en stigning i IPS og punkter under linjen et fald i IPS. Den stiplede linje viser grænsen for IPS = 4,04 mellem god og moderat økologisk tilstand ifølge bek. 792.



**Figur 3.7.** IPS-værdier for danske søer i perioderne 2013-2016 og 2017-2022 for alle søtyper (venstre panel) og for type 9 og 10 alene (højre panel). De røde stiplede linjer angiver grænsen for IPS = 4,04 mellem god og moderat økologisk tilstand ifølge bek. 792.



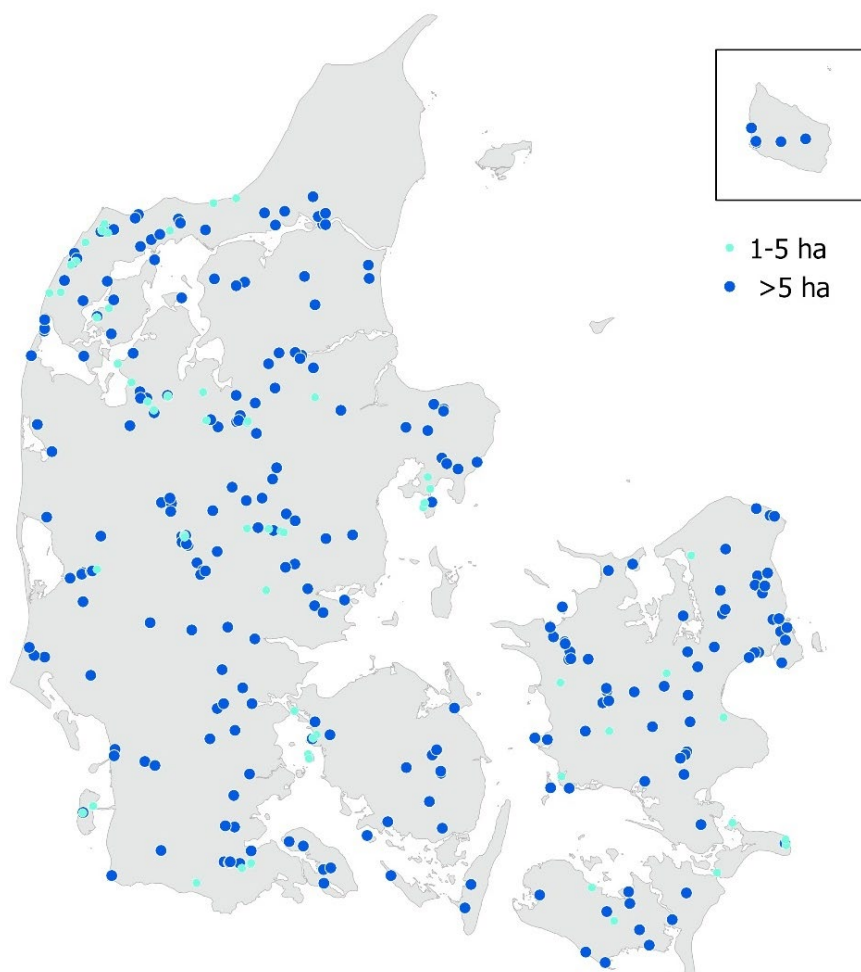
Resultaterne indikerer, at cirka halvdelen af danske søer undersøgt mellem 2013 og 2022 ikke har mindst god økologisk tilstand, baseret på IPS-indekset for bentiske kiselalger alene. (Bemærk: ved endelig fastlæggelse af en søs økologiske tilstand skal de øvrige biologiske kvalitetselementer også tages i betragtning, se tekst til figur 3.4). IPS hænger direkte sammen med totalfosfor, men påvirkes af samspillet mellem andre fysisk-kemiske variable. Klare søer med lavt næringsstofindhold er forbundet med højere IPS, mens højere næringsstofkoncentrationer, fytoplankton, turbiditet og alkalinitet forbindes med lavere IPS. Resultaterne viser desuden, at der for fytobenthos ikke er sket nogen overordnede ændringer i den økologisk tilstand mellem perioderne.

## 4 Operationel overvågning af søernes tilstand

Den operationelle overvågning af søer foretages bl.a. med henblik på at vurdere tilstanden for de søer, som ikke opfylder natur- og miljømålet fastsat i vandområdeplanerne, som er i risiko for ikke at kunne fastholde målopfyldelsen eller foretages i søer, hvor tilstanden er ukendt (Miljøstyrelsen 2023).

Dette kapitel omhandler de søer, der er undersøgt operationelt i perioden 2021-2023, og omfatter 338 søer af de i alt 521 søer, der er indeholdt i det operationelle program i perioden 2018-2023. Ud over de 338 søer indgår yderligere ca.  $\frac{3}{4}$  af de 180 søer, der er omfattet af programmet for kontrolovervågning, da det er vurderet, at disse søer ikke opfylder målet om "mindst god økologisk tilstand" og derfor er omfattet af behov for operationel overvågning. Operationelt overvågede søer, som også indgår i kontrolovervågningen, er dog ikke inkluderet i nærværende kapitel (se i stedet kapitel 2). Placeringen af de operationelt overvågede søer i 2021-2023, som ikke indgår i kontrolovervågningen, er vist i figur 4.1.

**Figur 4.1.** Geografisk placering af søer, der indgik i den operationelle overvågning af søer >1 ha i perioden 2021-2023. Operationelt overvågede søer, der også indgår i kontrolovervågningen, er ikke inkluderet.



Det operationelle overvågningsprogram omfatter søer, hvori der aldrig har været tilsyn, eller hvor statusoplysningerne er forældede, søer med manglende oplysninger i forhold til at fastlægge nødvendig indsats, søer med igangsatte indsatser samt søer med målopfyldelse, men som er i forværring. Det vandkemiske

måleprogram svarer som udgangspunkt til programmet for kontrolovervågningen af tilstand. I det nuværende program (2023-2027) foretages der vegetationsundersøgelser i alle søer i det operationelle program, og i alle søer >5 ha analyseres opløste fraktioner af kvælstof og fosfor. I udvalgte søer >5 ha foretages der desuden undersøgelser af fytoplankton, fyto-benthos og fisk. Udvalgelsen af, hvilke elementer der skal undersøges i hvilke søer, følger ”trappemodellen”. For yderligere beskrivelse se Miljøstyrelsen (2023).

Nedenfor gives en kort status for tilstanden i søerne omfattet af det operationelle program. Data fra søerne i det operationelle program er vist for de enkelte søtyper, men er derudover også inddelt i søer  $\geq 5$  ha og søer på 1-5 ha. Alle søer  $\geq 5$  ha er omfattet af Danmarks overvågningsforpligtelse jf. vandrammedirektivet, mens dette kun gælder for en mindre del af de danske søer på 1-5 ha. Det bemærkes, at de 338 søer, der er operationelt undersøgt i perioden 2021-2023, ikke er et repræsentativt udsnit af de danske søer som helhed.

## 4.1 Generel tilstand

Søerne i den operationelle overvågning i perioden 2021-2023 omfatter i alt ti søtyper, og dermed er alle danske registrerede søtyper, på nær én (søtype 6, fersk/kalkfattig/brunvandet/dyb), repræsenteret (tabel 4.1). Den hyppigste søtype i begge størrelsesgrupper er, som i kontrolovervågningen, søtype 9, der omfatter de lavvandede, kalkrige, ikke-brunvandede, ferske søer.

**Tabel 4.1.** Fordelingen af søerne i det operationelle program i perioden 2021-2023 på de enkelte søtyper. For definition af søtyperne se kapitel 1. Søerne er opdelt efter størrelse; 1-5 ha og  $\geq 5$  ha).

Søtype	Antal søer 1-5 ha	Antal søer $\geq 5$ ha
1	2	9
2	2	7
5	11	21
9	21	98
10	1	53
11	5	27
12	0	3
13	17	43
14	0	1
15	7	10
I alt	66	272

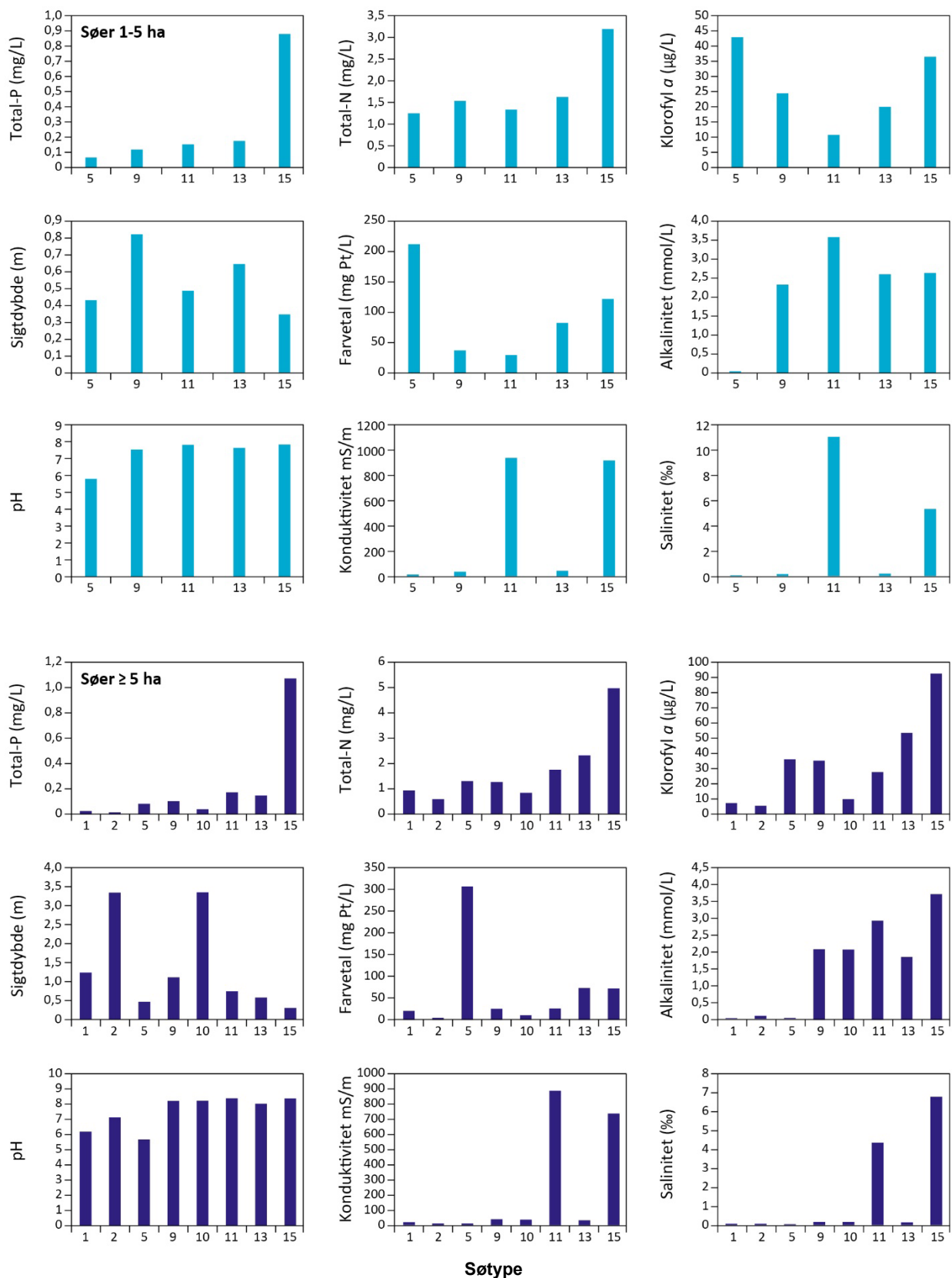
En samlet beskrivelse af de morfologiske, vandkemiske og vegetationsmæssige forhold i de ti søtyper, inddelt i de to størrelseskategorier, er givet i tabel 4.2. I figur 4.2a og 4.2b er medianværdien for en række af de morfologiske og vandkemiske parametre samt resultater af vegetationsundersøgelser vist for de enkelte søtyper og de to størrelser. Nogle af søtyperne er kun repræsenteret ved få søer og i flere tilfælde kun ved en enkelt sø. I figur 4.2a og 4.2b er kun vist resultater, hvis der er data fra mindst fem søer.

Inddelingen i søtyper sker på baggrund af forskelle i vanddybde, alkalinitet, brunfarvning og saltholdighed (se oversigt i kapitel 1 over de forskellige søtyper). Denne inddeling kommer tydeligt til udtryk i flere af parametrene vist i figur 4.2 og i tabel 4.2. F.eks. har søtyperne 1, 2 og 5 alle en meget lav alkalinitet med en medianværdi tæt ved 0, og middeldybden er højest (pr. definition kun over 3 m) i søtype 2 og 10 for søer  $\geq 5$  ha. Blandt søtyperne inden for samme størrelsesafgrænsning kan der også være væsentlige forskelle, f.eks.

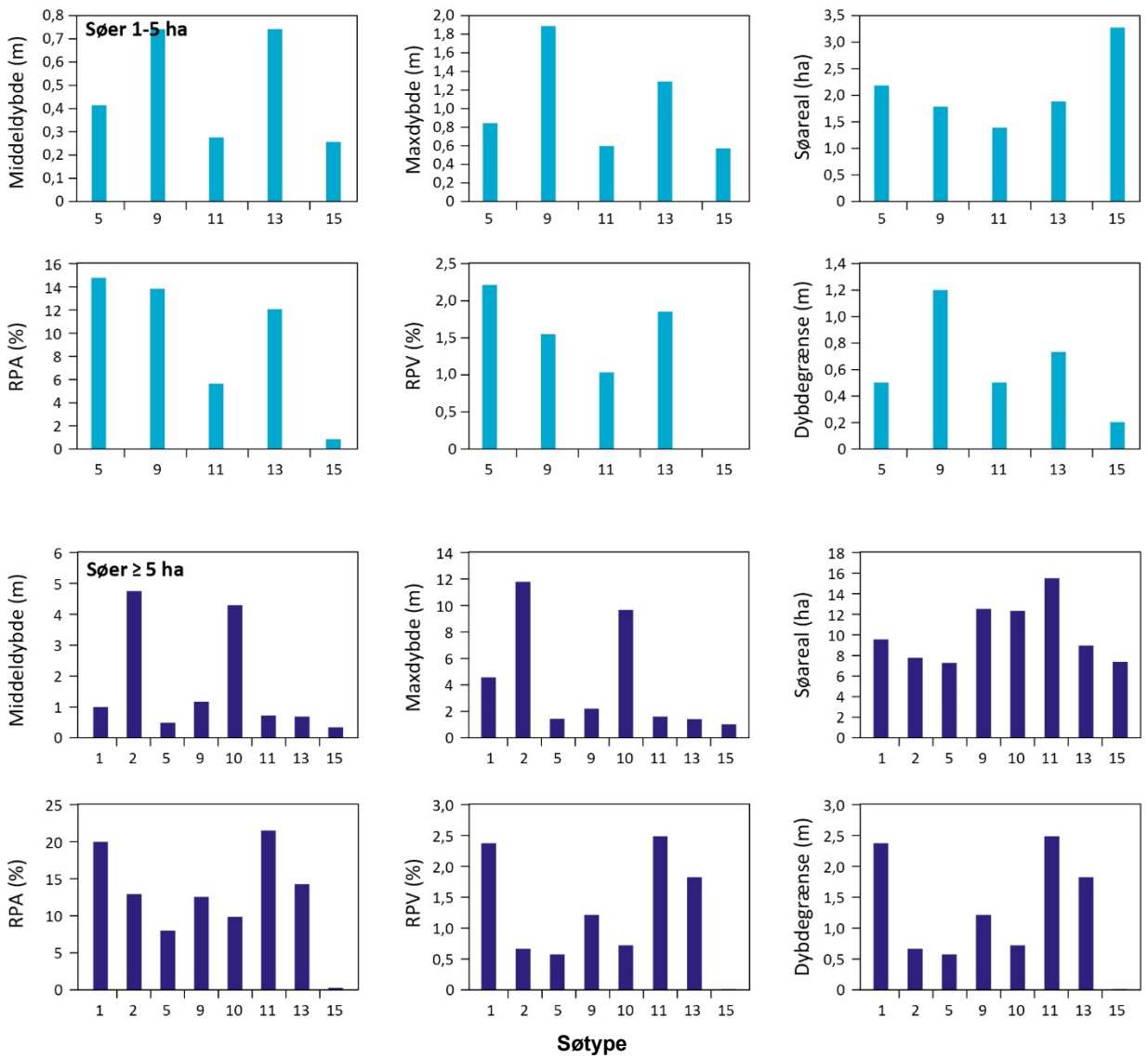
blandt de brunvandede søtyper (søtype 5, 13 og 15), hvor den lav-alkaline søtype 5 er væsentligt mere brunvandet (målt på medianværdien) end de høj-alkaline søtyper 13 og 15.

Der er store forskelle i de forskellige søtypers næringsstofindhold. Den mest næringsrige søtype, hvad angår fosfor og kvælstof, er søtype 15. Det gælder både for søer  $\geq 5$  ha og søer mellem 1 og 5 ha. For søer  $\geq 5$  ha er det også i denne søtype, at der ses det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtddybde. De mest næringsfattige søtyper ( $\geq 5$  ha) er søtype 1, 2 og 10, hvilket er sammenfaldende med de laveste koncentrationer af klorofyl *a* og de højeste sigtddybder. I nogle af søtyperne kan en relativt lav sigtddybde skyldes, at søerne er så lavvandede, at sigtddybden er lig med vanddybden.

Forekomst og udbredelse af undervandsplanter varierer ligeledes meget imellem de forskellige søtyper. I søerne større end 5 ha er dækningsgraden og planternes dybdegrænse størst i søtype 1 og 11, hvor medianværdien for dækningsgraden ligger på 20-22 %.



**Figur 4.2a.** Vandkemiske parametre samt sigtdybde i de operationelt overvågede søer fordelt på søtype 1-15 og størrelse 1-5 ha (øverst) og  $\geq 5$  ha (nederst). Medianværdier er angivet. Der er kun vist resultater, hvor der er data fra mindst fem søer, hvorfor der ikke er vist data for alle parametre for alle søtyper. Se også tabel 4.1 og 4.2.



**Figur 4.2b.** Morfometriske parametre og vegetationsdata i de operationelt overvågede søer fordelt på søtype 1-15 og størrelse (1-5 ha eller  $\geq 5$  ha). Medianværdier er angivet. Der er kun vist resultater, hvor der er data fra mindst fem søer. Se også tabel 4.1 og 4.2. Data vedr. undervandsplanter omfatter ikke trådalger.

**Tabel 4.2.** Vandkemiske (sommerværdier) og biologiske data fra de søer, der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2021-2023, fordelt på de enkelte søtyper og opdelt i søer mellem 1 og 5 ha og  $\geq 5$  ha. Hvis der for en given sø findes data for flere år, indgår søen med den gennemsnitlige værdi. Søer, i hvilke der ikke er registreret undervandsplanter, indgår ikke i opgørelser over dybdegrænse.

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha
<b>Søtype 1</b>										
Middeldybde (m)	0,3	1,3	0,3	1,0	0,1	0,5	0,5	2,5	2	9
Maksimumdybde (m)	0,6	4,8	0,6	4,6	0,1	1,8	1,0	9,6	2	9
Søareal (ha)	2,7	10,7	2,7	9,6	1,5	5,5	3,9	20,2	2	9
Totalfosfor (mg P/L)	0,045	0,037	0,045	0,023	0,035	0,006	0,055	0,101	2	9
Totalkvælstof (mg N/L)	1,17	0,98	1,17	0,96	1,13	0,19	1,20	1,69	2	9
Klorofyl a ( $\mu\text{g/L}$ )	7,3	18,7	7,3	7,5	6,3	0,8	8,2	52,9	2	9
Sigtdybde (m)	0,4	2,1	0,4	1,3	0,4	0,7	0,5	4,6	2	9
Alkalinitet (mmol/L)	0,02	0,07	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,26	2	9
pH	5,4	5,9	5,4	6,3	5,1	3,1	5,6	7,2	2	9
Farvetal (mg Pt/L)	169	34	169	21	167	1	172	184	2	9
Suspenderet stof (mg/L)	3,1	4,9	3,1	3,2	2,3	1,1	3,9	13,6	2	9
Konduktivitet (mS/m)	10	23	10	19	10	7	11	79	2	9
Salinitet (‰)	0,04	0,11	0,04	0,08	0,03	0,03	0,05	0,41	2	8
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	42,2	24,2	42,2	20,3	22,3	0,7	62,0	47,4	2	5
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	11,2	3,4	11,2	2,4	1,3	0,0	21,1	9,1	2	5
Dybdegrænse (m)	0,5	2,3	0,5	2,3	0,5	0,7	0,6	4,0	2	5
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 2</b>	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha
Middeldybde (m)	3,2	4,8	3,2	4,8	3,1	3,2	3,2	7,1	2	6
Maksimumdybde (m)	7,5	11,6	7,5	11,9	5,7	9,8	9,2	13,4	2	7
Søareal (ha)	1,7	11,6	1,7	7,8	1,2	5,4	2,2	35,8	2	7
Totalfosfor (mg P/L)	0,029	0,017	0,029	0,014	0,007	0,005	0,051	0,034	2	7
Totalkvælstof (mg N/L)	0,45	0,85	0,45	0,61	0,14	0,37	0,76	2,67	2	7
Klorofyl a ( $\mu\text{g/L}$ )	15,5	6,8	15,5	5,6	6,3	1,7	24,7	14,0	2	7
Sigtdybde (m)	2,0	3,9	2,0	3,4	1,2	2,1	2,8	6,0	2	7
Alkalinitet (mmol/L)	0,01	0,10	0,01	0,09	0,00	0,00	0,02	0,21	2	7
pH	5,5	7,0	5,5	7,3	4,2	4,0	6,7	8,2	2	7
Farvetal (mg Pt/L)	5	6	5	5	1	1	9	11	2	7
Suspenderet stof (mg/L)	6,7	2,2	6,7	1,7	2,6	1,0	10,8	3,8	2	7
Konduktivitet (mS/m)	13	13	13	10	4	4	22	24	2	7
Salinitet (‰)	0,06	0,07	0,06	0,07	0,02	0,02	0,11	0,12	2	5
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	16,0	16,6	16,0	13,1	8,8	0	23,2	47,8	2	6
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	4,7	0,9	4,7	0,7	0,5	0	8,9	2,0	2	6
Dybdegrænse (m)	3,7	5,4	3,7	5,3	3,0	2,4	4,3	10,2	2	6
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 5</b>	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha	1-5 ha	$\geq 5$ ha
Middeldybde (m)	0,5	0,8	0,4	0,5	0,1	0,3	1,3	2,8	11	18
Maksimumdybde (m)	1,2	2,1	0,9	1,4	0,1	0,5	3,0	8,0	10	18
Søareal (ha)	2,2	10,1	2,2	7,3	1,2	5,0	3,7	32,6	11	21

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
Totalfosfor (mg P/L)	0,074	1,102	0,069	0,082	0,013	0,046	0,162	20,186	10	21
Totalkvælstof (mg N/L)	1,28	1,76	1,28	1,34	0,63	0,83	2,18	4,40	10	21
Klorofyl a (µg/L)	44,5	51,3	43,8	36,9	1,5	3,8	108,8	260,8	10	21
Sigtdybde (m)	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,7	1,1	11	21
Alkalinitet (mmol/L)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,18	0,20	10	21
pH	5,8	5,7	6,0	5,8	4,9	4,4	7,2	7,2	11	21
Farvetal (mg Pt/L)	218	294	218	315	79	64	366	769	10	21
Suspenderet stof (mg/L)	10,0	8,8	6,2	5,2	0,7	1,7	49,8	29,8	10	21
Konduktivitet (mS/m)	13	11	12	10	6	5	23	25	11	21
Salinitet (‰)	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,11	0,10	8	17
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	24,2	18,5	14,9	8,1	0	0,5	83,5	67,1	10	18
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	5,7	4,3	2,2	0,6	0	0,001	22,0	24,8	10	18
Dybdegrænse (m)	0,5	0,9	0,5	0,8	0	0,2	0,98	2,5	10	18
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 9</b>	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Middeldybde (m)	0,9	1,3	0,8	1,2	0,2	0,3	2,2	3,0	21	97
Maksimumdybde (m)	2,1	2,9	1,9	2,2	0,9	0,5	4,5	7,9	17	97
Søareal (ha)	1,9	30,2	1,8	12,6	1,0	5,0	3,9	373,2	21	98
Totalfosfor (mg P/L)	0,324	0,164	0,120	0,104	0,012	0,016	3,558	2,280	21	98
Totalkvælstof (mg N/L)	1,74	1,55	1,57	1,30	0,30	0,27	5,08	6,01	21	98
Klorofyl a (µg/L)	35,2	50,2	24,9	36,1	1,7	3,9	154,0	405,1	21	97
Sigtdybde (m)	1,0	1,3	0,8	1,1	0,4	0,2	2,6	4,2	21	98
Alkalinitet (mmol/L)	2,46	2,33	2,39	2,15	0,01	0,25	5,56	5,30	21	98
pH	7,7	8,4	7,8	8,4	5,2	7,1	8,9	10,2	20	97
Farvetal (mg Pt/L)	42	30	38	26	7	5	99	82	21	98
Suspenderet stof (mg/L)	10,0	14,4	8,8	8,3	1,2	1,7	42,2	91,3	21	95
Konduktivitet (mS/m)	38	51	34	38	10	11	106	495	19	96
Salinitet (‰)	0,17	0,26	0,16	0,18	0,02	0,07	0,53	2,69	17	62
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	25,7	22,5	13,9	12,7	0	0	84,5	97,5	21	87
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	9,3	7,6	1,6	1,2	0	0	58,3	95,1	21	87
Dybdegrænse (m)	1,3	1,7	1,2	1,6	0	0	3,4	5,4	21	87
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 10</b>	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Middeldybde (m)	3,5	5,2	3,5	4,4	3,5	2,5	3,5	12,5	1	48
Maksimumdybde (m)	7,5	12,5	7,5	9,8	7,5	4,7	7,5	45,0	1	52
Søareal (ha)	4,1	110,5	4,1	12,4	4,1	5,0	4,1	1654,1	1	53
Totalfosfor (mg P/L)	0,013	0,053	0,013	0,038	0,013	0,010	0,013	0,333	1	53
Totalkvælstof (mg N/L)	0,51	0,93	0,51	0,86	0,51	0,31	0,51	2,68	1	53
Klorofyl a (µg/L)	5,3	18,3	5,3	10,1	5,3	2,4	5,3	124,9	1	53
Sigtdybde (m)	2,6	3,3	2,6	3,4	2,6	1,0	2,6	8,3	1	53
Alkalinitet (mmol/L)	0,37	2,07	0,37	2,13	0,37	0,33	0,37	3,59	1	53
pH	7,1	8,4	7,1	8,4	7,1	7,1	7,1	9,0	1	51
Farvetal (mg Pt/L)	16	11	16	11	16	1	16	30	1	53
Suspenderet stof (mg/L)	2,1	4,3	2,1	3,3	2,1	0,9	2,1	17,8	1	50



	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
Konduktivitet (mS/m)	21	37	21	35	21	9	21	89	1	51
Salinitet (‰)	0,10	0,18	0,10	0,17	0,10	0,06	0,10	0,44	1	37
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	0	12,8	0	10,0	0	0	0	38,4	1	42
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	0	1,5	0	0,7	0	0	0	6,9	1	42
Dybdegrænse (m)	0	4,8	0	4,5	0	0	0	14,3	1	42
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 11</b>	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Middeldybde (m)	0,5	0,9	0,3	0,7	0,1	0,1	1,5	2,4	5	25
Maksimumdybde (m)	1,0	2,1	0,6	1,6	0,3	0,2	3,0	4,3	5	25
Søareal (ha)	1,5	61,5	1,4	15,6	1,1	5,0	1,9	346,7	5	27
Totalfosfor (mg P/L)	0,274	0,256	0,155	0,176	0,067	0,049	0,579	1,239	5	27
Totalkvælstof (mg N/L)	1,65	2,03	1,37	1,79	0,78	0,79	2,50	5,28	5	27
Klorofyl a (µg/L)	31,5	50,2	11,0	28,4	6,2	4,4	110,7	298,7	5	27
Sigtdybde (m)	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3	0,2	0,6	3,2	5	27
Alkalinitet (mmol/L)	3,57	3,22	3,67	3,01	2,44	1,17	4,47	5,04	5	27
pH	8,1	8,6	8,1	8,6	7,9	7,9	8,5	9,2	5	27
Farvetal (mg Pt/L)	32	30	31	27	20	12	40	58	5	27
Suspenderet stof (mg/L)	21,7	22,8	15,9	14,9	11,6	1,7	49,5	72,5	5	26
Konduktivitet (mS/m)	1414	1348	957	902	106	98	2729	3479	5	23
Salinitet (‰)	10,63	7,27	11,27	4,44	0,69	0,30	19,30	21,98	4	26
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	10,4	25,4	5,7	21,9	0	0	24,2	77,0	5	22
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	1,6	6,4	1,0	2,5	0	0	3,9	42,3	5	22
Dybdegrænse (m)	0,5	1,4	0,5	1,3	0	0,2	1	3,9	5	22
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 12</b>	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Middeldybde (m)		9,5		8,9		3,4		16,2		3
Maksimumdybde (m)		17,7		14,1		7,0		32,0		3
Søareal (ha)		11,2		8,5		6,8		18,2		3
Totalfosfor (mg P/L)		0,134		0,100		0,010		0,292		3
Totalkvælstof (mg N/L)		1,25		1,05		0,37		2,32		3
Klorofyl a (µg/L)		53,5		16,2		2,8		141,4		3
Sigtdybde (m)		2,9		2,2		2,1		4,4		3
Alkalinitet (mmol/L)		3,35		3,14		2,63		4,28		3
pH		8,6		8,4		8,3		9,0		3
Farvetal (mg Pt/L)		10		10		4		15		3
Suspenderet stof (mg/L)		8,7		5,6		3,2		17,2		3
Konduktivitet (mS/m)		177		208		40		283		3
Salinitet (‰)		1,30		1,30		1,07		1,52		2
Relativt plantedækket areal, RPA (%)		2,2		2,2		0,2		4,2		2
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)		0,2		0,2		0,001		0,5		2
Dybdegrænse (m)		2,3		2,3		2,1		2,5		2
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	

	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
<b>Søtype 13</b>										
Middeldybde (m)	0,9	0,8	0,8	0,7	0,1	0,1	2,3	2,8	17	39
Maksimumdybde (m)	1,8	1,9	1,3	1,4	0,3	0,4	4,5	7,0	15	40
Søareal (ha)	1,9	24,2	1,9	9,0	1,1	5,0	4,3	405,5	17	43
Totalfosfor (mg P/L)	0,289	0,337	0,178	0,150	0,041	0,022	0,861	2,225	17	43
Totalkvælstof (mg N/L)	1,85	2,79	1,66	2,38	1,14	0,55	3,42	10,24	17	43
Klorofyl a (µg/L)	45,8	94,8	20,4	54,9	6,6	4,6	211,5	583,4	17	43
Sigtdybde (m)	0,8	0,7	0,7	0,6	0,2	0,2	1,5	2,0	17	43
Alkalinitet (mmol/L)	2,22	1,96	2,67	1,91	0,21	0,12	4,65	3,96	17	43
pH	7,8	8,1	7,9	8,2	6,6	6,9	8,7	9,4	17	42
Farvetal (mg Pt/L)	100	94	85	75	45	27	228	396	17	42
Suspenderet stof (mg/L)	12,3	33,6	8,0	13,9	2,3	1,7	37,8	459,1	17	42
Konduktivitet (mS/m)	253	42	42	32	9	10	2179	166	16	39
Salinitet (‰)	1,70	0,21	0,20	0,14	0,04	0,06	12,80	0,85	13	25
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	14,7	23,5	12,1	14,5	0	0	39,4	81,4	17	33
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	3,4	8,2	1,9	1,8	0	0	11,3	54,8	17	33
Dybdegrænse (m)	0,8	0,9	0,7	0,7	0	0	2,4	2,4	17	33
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 14</b>	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Middeldybde (m)		3,9		3,9		3,9		3,9		1
Maksimumdybde (m)		9,3		9,3		9,3		9,3		1
Søareal (ha)		8,2		8,2		8,2		8,2		1
Totalfosfor (mg P/L)		0,049		0,049		0,049		0,049		1
Totalkvælstof (mg N/L)		2,09		2,09		2,09		2,09		1
Klorofyl a (µg/L)		22,7		22,7		22,7		22,7		1
Sigtdybde (m)		1,1		1,1		1,1		1,1		1
Alkalinitet (mmol/L)		3,21		3,21		3,21		3,21		1
pH		7,9		7,9		7,9		7,9		1
Farvetal (mg Pt/L)		115		115		115		115		1
Suspenderet stof (mg/L)		4,9		4,9		4,9		4,9		1
Konduktivitet (mS/m)		52		52		52		52		1
Salinitet (‰)										0
Relativt plantedækket areal, RPA (%)		1,3		1,3		1,3		1,3		1
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)		0,04		0,04		0,04		0,04		1
Dybdegrænse (m)		2,7		2,7		2,7		2,7		1
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
<b>Søtype 15</b>	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha	1-5 ha	≥ 5 ha
Middeldybde (m)	0,3	0,4	0,3	0,4	0,1	0,1	0,5	0,6	7	9
Maksimumdybde (m)	0,6	1,1	0,6	1,0	0,4	0,3	0,9	2,1	6	9
Søareal (ha)	2,9	14,7	3,3	7,4	1,2	5,1	4,5	68,3	7	10
Totalfosfor (mg P/L)	1,022	1,122	0,899	1,098	0,103	0,158	2,298	2,915	7	10
Totalkvælstof (mg N/L)	4,64	5,37	3,26	5,10	1,48	2,47	9,28	11,48	7	10
Klorofyl a (µg/L)	83,2	152,2	37,3	94,8	29,0	21,2	247,2	438,0	7	10
Sigtdybde (m)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,5	0,7	7	9

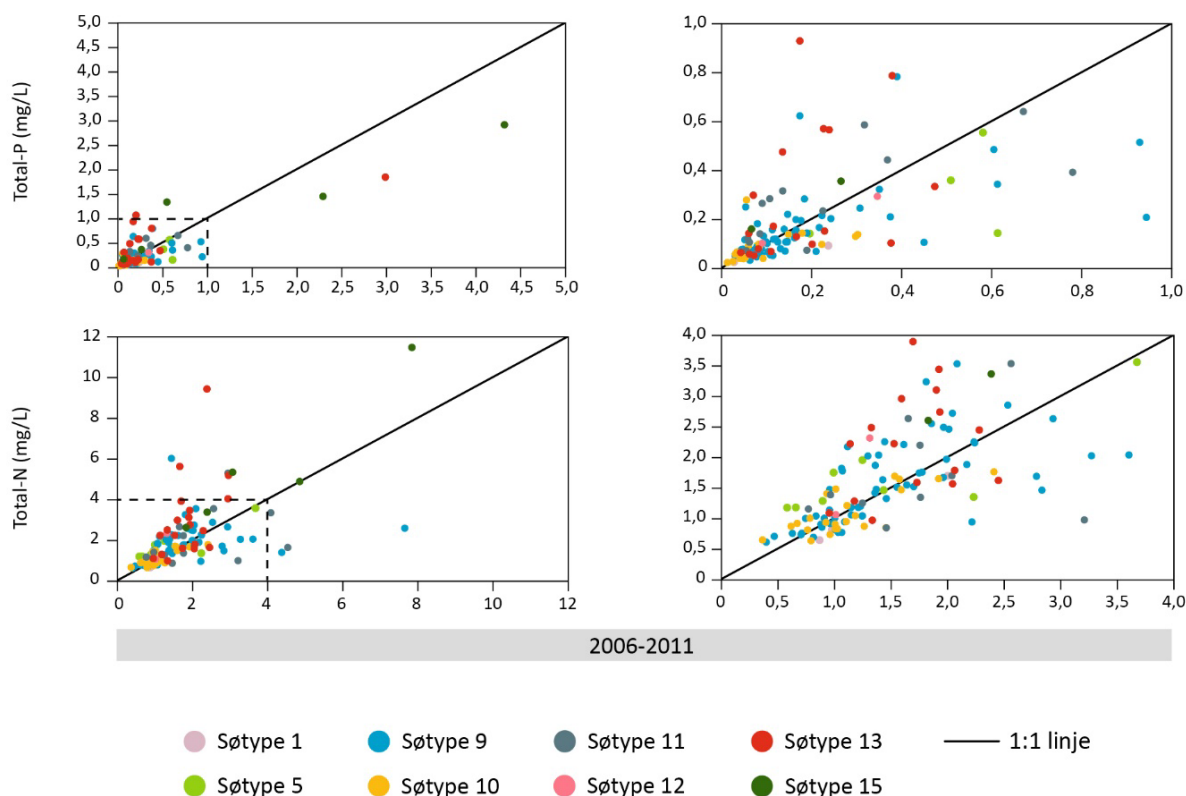
	Gns.		Median		Min.		Maks.		Antal	
Alkalinitet (mmol/L)	4,06	4,17	2,70	3,82	2,11	2,62	7,37	7,16	7	9
pH	8	9	8	9	8	8	9	9	7	8
Farvetal (mg Pt/L)	126	100	125	74	59	52	194	197	7	9
Suspenderet stof (mg/L)	43,0	69,7	22,9	36,4	7,5	12,7	159,9	204,1	7	10
Konduktivitet (mS/m)	1051	1148	935	750	114	205	2440	3068	7	8
Salinitet (promille)	6,60	8,72	5,43	6,91	0,48	1,06	16,75	19,24	7	8
Relativt plantedækket areal, RPA (%)	5,0	8,2	0,8	0,2	0	0	23,4	35,6	7	9
Relativt plantefyldt volumen, RPV (%)	0,5	1,4	0	0	0	0	3,5	6,8	7	9
Dybdegrænse (m)	0,3	0,5	0,2	0,3	0	0	0,71	1,7	7	9

## 4.2 Vandkemi, udviklingstendenser

På samme måde som for KT-søerne i kapitel 2 er der foretaget sammenstilling af næringsstofdata fra de tre seneste seksårsperioder. I alt er der 137 søer fra den operationelle undersøgelse, der blev undersøgt i perioden 2021-2023, som tillige er undersøgt mindst én gang i begge de foregående seksårsperioder, dvs. 2006-2011 og 2012-2017. Sammenligningen mellem den seneste seksårige periode (2018-2023) og seksårsperioden 2006-2011 er vist som scatterplot i figur 4.3. Resultaterne for alle tre seksårsperioder er illustreret ved boxplots i figur 4.4. Det skal bemærkes, at de operationelt overvågede søer er udvalgt med en anden baggrund end KT-søerne, og at der derfor ikke nødvendigvis kan forventes samme udviklingsmønster.

Der er testet for signifikante ændringer for alle søtyper tilsammen og for de enkelte søtyper for totalfosfor og totalkvælstof mellem perioderne 2006-2011 og 2018-2023 og mellem de to seneste perioder 2012-2017 og 2018-2023. Resultaterne ses i Tabel 4.3. Der er kun foretaget tests for forskelle for de søtyper, hvor der findes mindst ti søer, dvs. type 9, 10, 11 og 13 samt for søerne samlet set. Se kapitel 2 og bilag for forklaring af de statistiske tests, der afgør, om der er forskel mellem de sammenlignede perioder. Der henvises også til kapitel 2 for uddybende forklaringer ang. boxplots.

Ved sammenstillingerne af data fra søerne i den operationelle overvågning ses kun en signifikant forskel for totalkvælstof i søtype 13, idet værdierne er højere i perioden 2018-2023 end i både 2006-2011 og 2012-2017 (Tabel 4.3).



**Figur 4.3.** Sammenligning af sommergennemsnit mellem de to perioder 2006-2011 og 2018-2023 for totalfosfor og totalkvælstof fordelt på søtyper (beskrivelserne af de enkelte søtyper fremgår af tabel 1.1) i 137 af de søer, der indgår i den operationelle overvågning. Hvert punkt repræsenterer én sø. Hvis den enkelte sø er undersøgt mere end én gang i den samme periode, er der anvendt et gennemsnit. Højre panel viser en forstørrelse af de laveste værdier. Linjen angiver 1:1-værdier, dvs. punkter på denne linje er udtryk for status quo. Hvis et punkt ligger over 1:1-linjen, er der sket en forøgelse fra perioden 2006-2011 til perioden 2018-2023 i den givne sø og omvendt, hvis et punkt ligger under 1:1-linjen. Resultater af statistiske tests er vist i Tabel 4.3.

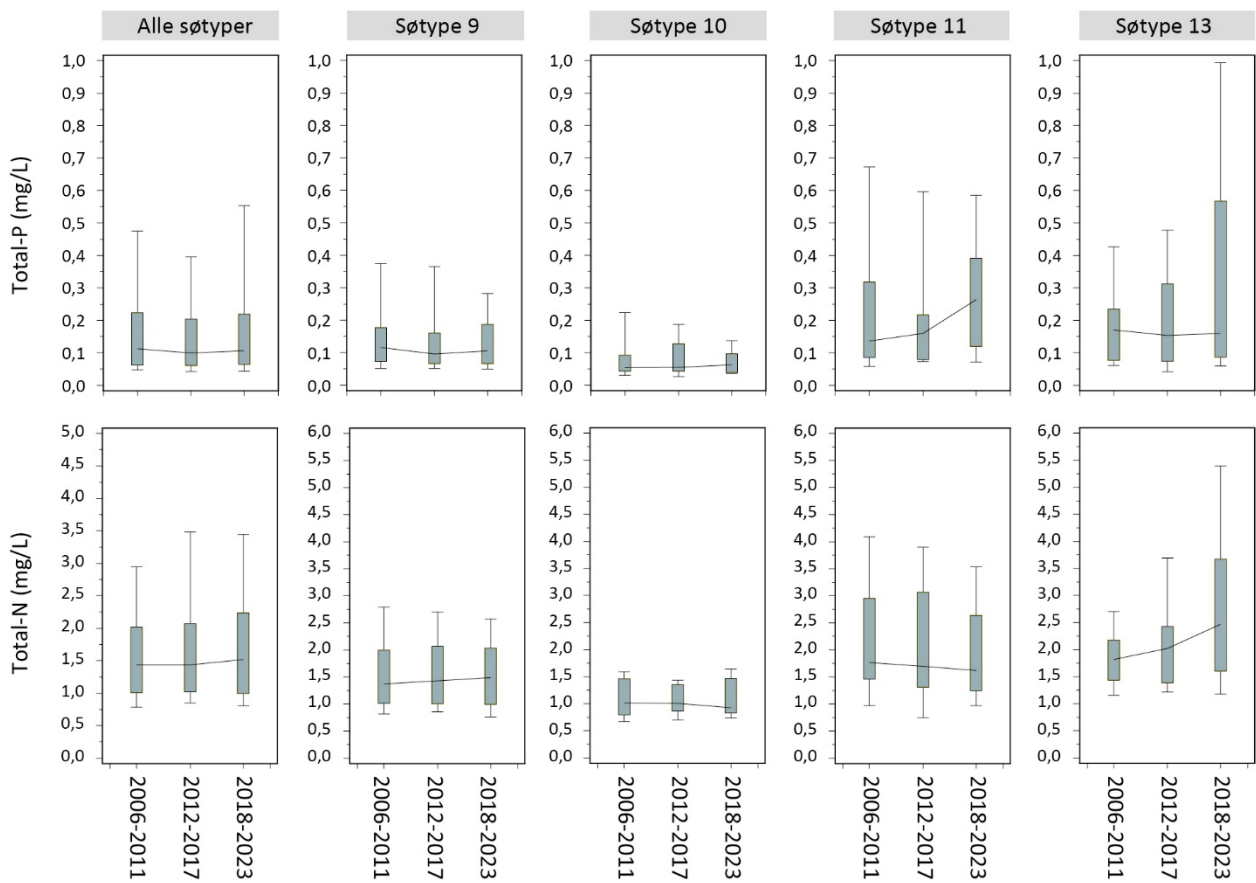
**Tabel 4.3.** Resultat af statistiske tests ( $p$ -værdier) af sammenligning af sommergennemsnit af totalfosfor og totalkvælstof for 137 af de søer, der blev undersøgt i den operationelle overvågning i de tre seneste seksårsperioder: 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023. Kun signifikante forskelle ( $p < 0,05$ ) er vist. Signaturen (+) angiver, at værdien er øget, mens "-" angiver, at der ikke er nogen signifikant ændring. Antal søer angiver det totale antal søer for hver søtype. Der er kun vist tests for søtyper, hvor der indgår data fra mindst ti søer. \*)Bemærk, at nogle resultater for totalfosfor i perioden 2011-2016 kan være underestimerede – se afsnit 1.4.

**Sammenligning af perioden 2006-2011 med perioden 2018-2023:**

VRD-søtype	Antal søer	Total-P <sup>*)</sup>	Total-N
9	63	-	-
10	23	-	-
11	13	-	-
13	20	-	0,004 (+)
Alle søer	137	-	-

**Sammenligning af perioden 2012-2017 med perioden 2018-2023:**

VRD-søtype	Antal søer	Total-P <sup>*)</sup>	Total-N
9	63	-	-
10	23	-	-
11	13	-	-
13	20	-	0,02 (+)
Alle søer	137	-	-



**Figur 4.4.** Boxplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis totalfosfor (øverst) og totalkvælstof, mellem de tre seksårsperioder 2006-2011, 2012-2017 og 2018-2023 i 137 af de søer, der indgik i den operationelle overvågning i perioden 2021-2023. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de fire søtyper med flest data. Kun typer, hvor der er data fra mere end ti søer, er medtaget. Hver box med whiskers viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier. Resultater af statistiske tests er vist i Tabel 4.3.

## 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, hvorfor der vil være tendens til, at stoftilbageholdelsen i søerne i procent af tilførslen vil være relativt mindre end i "tørre" år.

Temperaturen påvirker direkte en bred række af processer (f.eks. søernes temperaturlagdeling, fiskenes gydetidspunkt, organismernes vækst, tidspunkt for undervandsplanternes henfald eller udvekslingen af næringsstoffer mellem sediment og vand og dermed den interne fosforfrigivelse) i søerne. Derfor kan forskelle i temperaturniveauet og sæsonforløbet være en medvirkende årsag til forskelle i den generelle miljøtilstand mellem de enkelte år.

Også de øvrige klimatiske faktorer (f.eks. vindforhold eller solskinstimer) påvirker i højere eller mindre grad søernes tilstand og udvikling. Kendskab til variationer i de klimatiske forhold er således nødvendigt, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes. Der kan også være tale om mere generelle og vedvarende klimaforandringer, såsom ændringer i temperatur og nedbørsmønster, som kan påvirke søernes tilstand.

Klimadata vist i dette afsnit er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://nova.dmi.dk>). Temperaturdata, global indstråling og vinddata er baseret på data fra 20x20 km kvadrater, mens nedbørsdata er baseret på 10x10 km kvadrater. Disse data benævnes "grid-værdier", mens nedbøren er baseret på 10x10 km grids. For alle parametre er grids'ene "klippet" ved kystlinjen og derefter beregnet for arealet inden for kystlinjen. For datagrundlag og beregningsmetoder af ferskvandsafstrømningen henvises til Thodsen m.fl. (2024).

I dette kapitel gives der en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2023 sammenlignet med perioden 1990-2022.

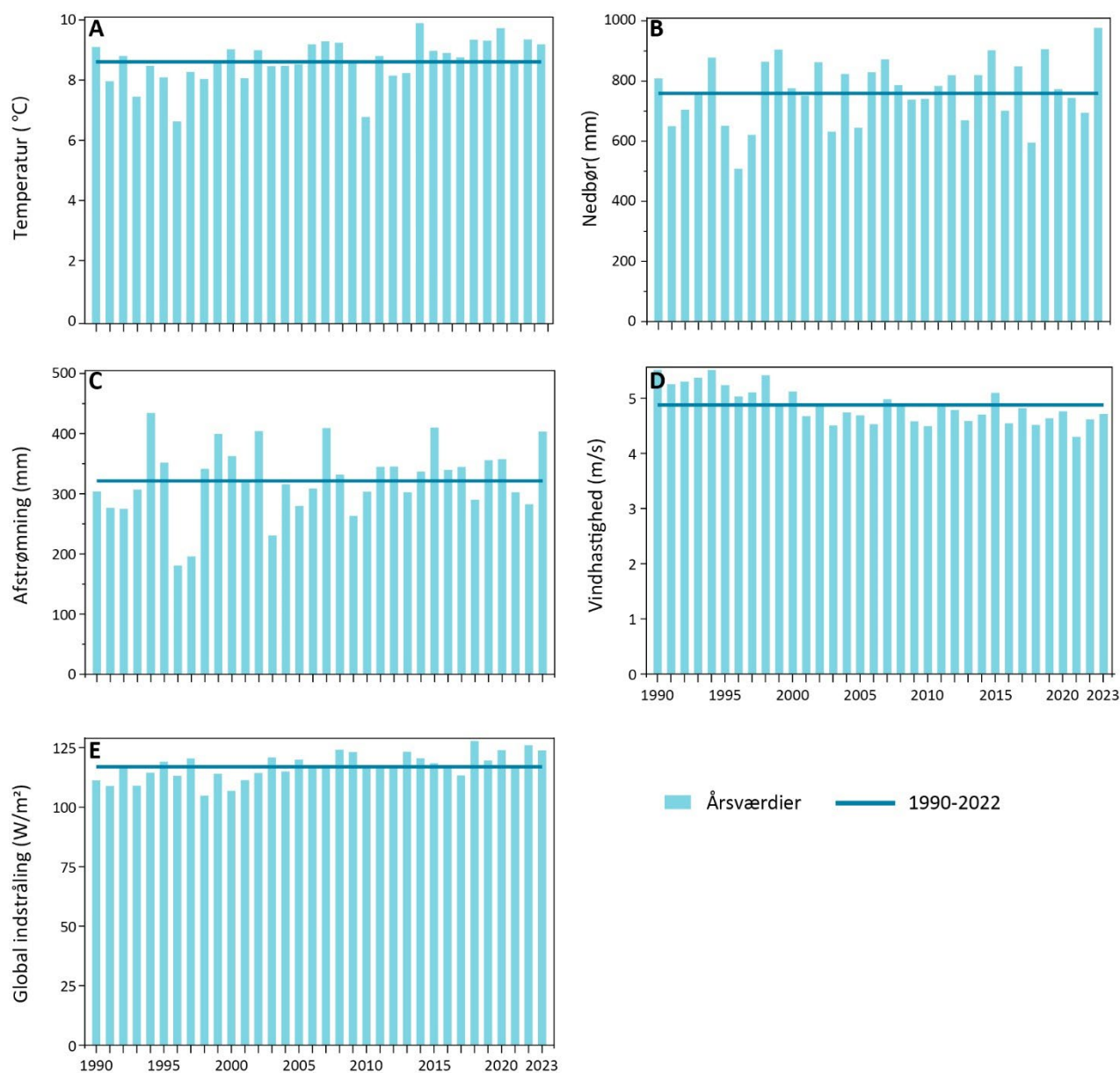
### 5.1 Temperatur og global indstråling

For Danmark som helhed var årets gennemsnitlige temperatur i 2023 på 9,3 °C, hvilket var på samme niveau som 2022 (9,4 °C), men en væsentlig højere temperatur end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (8,7 °C) (figur 5.1A). Januar, februar samt juni og september var varmere i 2023 end gennemsnittet for perioden 1990-2022, og der var ingen måneder, som var væsentligt koldere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (figur 5.2A).

Den gennemsnitlige årsværdi af den globale indstråling varierede kun lidt fra år til år (figur 5.1E). I 2023 var den lidt højere end gennemsnittet for perioden 1990-2022. Det skyldes, at indstrålingen i april, maj og juni var noget højere end gennemsnittet, mens indstrålingen i de øvrige måneder var omtrent gennemsnitlig (figur 5.2E).

## 5.2 Nedbør

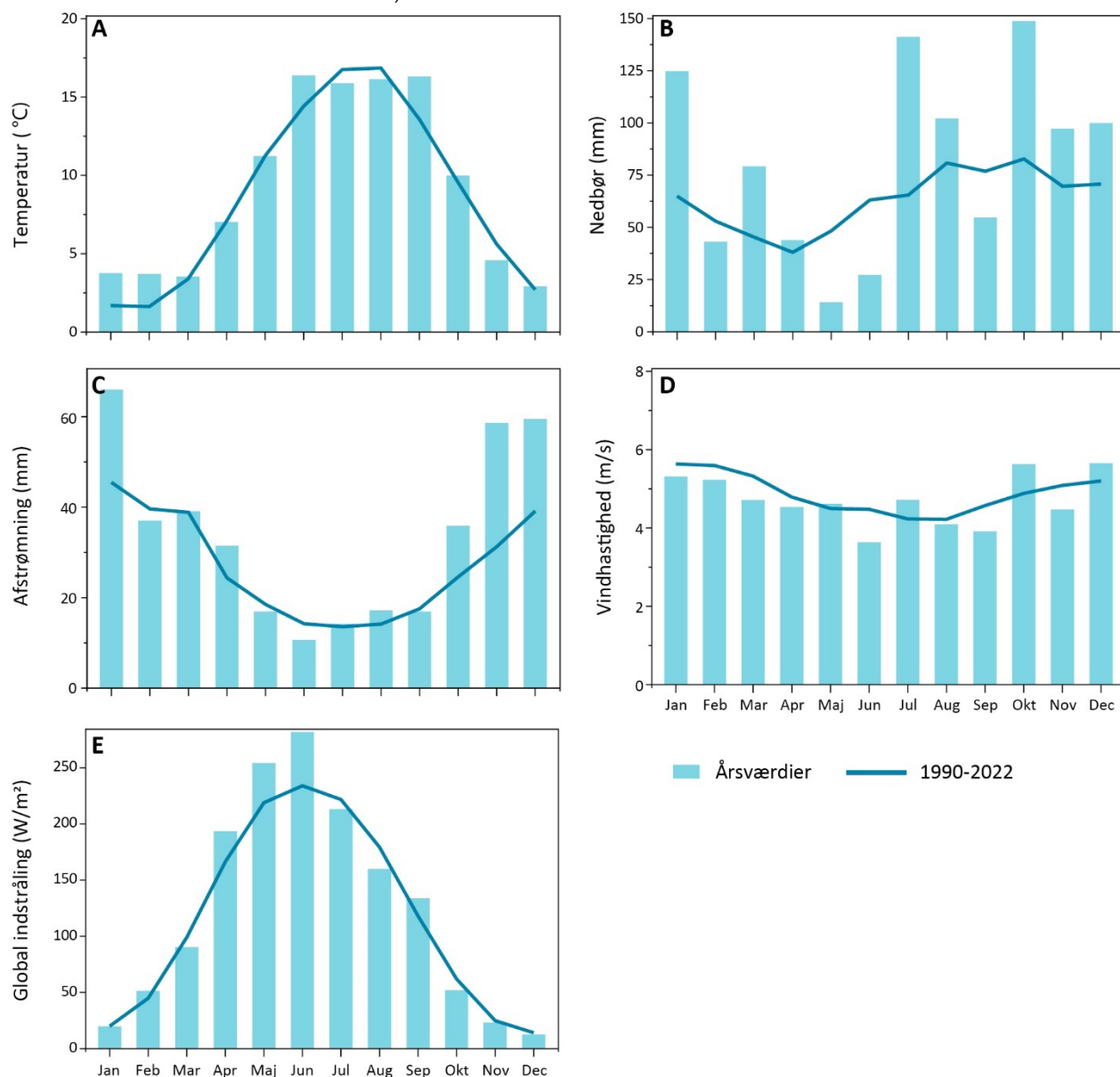
I 2023 kom der 976 mm nedbør, hvilket er 29 % mere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (759 mm) og den højeste årlige nedbør for perioden 1990-2023 (figur 5.1B). Der var store variationer over året, og i januar og marts 2023 kom der meget nedbør i forhold til de månedlige gennemsnit for perioden 1990-2022, mens maj og juni var meget tørre. Juli og august 2023 var til gengæld meget våde, men blev efterfulgt af en ret tør september 2023. Både oktober, november og december 2023 blev meget nedbørsrige i forhold til gennemsnittet for perioden 1990-2022 (figur 5.1B).



**Figur 5.1.** Gennemsnitlige årsværdier for lufttemperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) for Danmark fra 1990 til 2023. Data for temperatur, vindhastighed, nedbør og global indstråling er baseret på DMI's data. Ang. afstrømning se Thodsen m.fl. (2024). Desuden er gennemsnittet for hele Danmark for perioden 1990-2022 indlagt.

### 5.3 Afstrømning

Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning var i 2023 på 403 mm, hvilket er 26 % højere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (321 mm) (figur 5.1C). Afstrømningen var meget høj i januar, oktober, november og december sammenlignet med perioden 1990-2022, mens den i de øvrige måneder var på niveau med den gennemsnitlige afstrømning for perioden 1990-2022 (figur 5.2C).



**Figur 5.2.** Månedsværdier for temperatur (A), nedbør (B), ferskvandsafstrømning (C), vindhastighed (D) og global indstråling (E) i 2023 samt gennemsnittet for perioden 1990-2022. Data fra hele Danmark for temperatur, vindhastighed, nedbør og global indstråling er baseret på DMI's data. Ang. afstrømning se Thodsen m.fl. (2024).

### 5.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige årlige vindhastighed for hele Danmark var i 2023 4,7 m/s, hvilket er lidt lavere end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (4,9 m/s) (figur 5.1D). De månedlige vindhastigheder for første halvdel af 2023 var lidt under eller på niveau med gennemsnittet for perioden 1990-2022. Juli, oktober og december 2023 var lidt mere blæsende end gennemsnittet for perioden 1990-2022 (figur 5.2D).



## 6 Referenceliste

Bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder. BEK nr. 792 af 13/06/2023 (bek. 792).

Cemagref (1982). Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport. Q.E., Lyon-A.F. Bassion Rhône Méditerranée Corse 218.

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.

Fredshavn, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Damgaard, C., Therkildsen, O.R., Elmeros, M., Wind, P., Johansson, L.S., Baisner Alnøe, A., Dahl, K., Nielsen, E.H., Pedersen, H.B., Sveegaard, S., Galatius, A. & Teilmann, J. (2019). Bevaringsstatus for naturtyper og arter – 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340. <http://dce2.au.dk/pub/SR340.pdf>

Fredshavn, J.F., Jørgensen, T.B. & Moeslund, B. (2009). Beregning af naturtilstand for vandhuller og mindre søer. Tilstandsvurdering af Habitatdirektivets søtyper. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 38 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 706. <http://www.dmu.dk/Pub/FR706.pdf>

Johansson, L.S., Søndergaard, M., Larsen, S.E. & Bjerring, R. (2019). Udvikling af biologisk indeks for fytobenthos i danske søer, Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 98 s. – Videnskabelig rapport nr. 324.

Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Sørensen, P.B. (2024). Søer 2022. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 96 s. – Videnskabelig rapport nr. 591. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige\\_rapporter\\_500-599/SR591.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR591.pdf)

Johansson, L.S. & Wiberg-Larsen, P. (2021). Benthiske kiselalger – oparbejdning af prøver fra søer og vandløb, TA SV1 version 2, Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s.

Kelly, M.G., King, L., Jones, R.I., Barker, P.A. & Jamieson, B.J. (2008). Validation of diatoms as proxies for phytobenthos when assessing ecological status in lakes. *Hydrobiologia* 610: 125-129.

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. 424.

[http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrapporter/rapporter/FR426.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR426.pdf).

Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Søndergaard, M., Thodsen, H. & Blicher-Mathiesen, G. (2020). Forskelle i målt koncentration af totalkvælstof og totalfosfor i ferskvand ved at anvende de to oplukningsmetoder til organisk stof; autoklave- og UV-metode. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 53 s. – Fagligt notat nr. 38.

[https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet\\_2020/N2020\\_38.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_38.pdf)

Larsen, S.E., Windolf, J., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Blicher-Mathiesen, G. (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.

Lecoite, M., Coste, M. & Ector, L. (2016). Logiciel OMNIDIA version 6: re-fonte complète, 35ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Luxembourg, 13-15 septembre 2016, 38 p. [www.omnidia.fr](http://www.omnidia.fr)

Miljøstyrelsen (2023). NOVANA Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur 2023-27. 188 s. ISBN: 978-87-7038-556-5

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf>

Poikane, S. (Ed.), Kelly, M., Ács, E., Bertrin, V., Bennion, H., Borics, G., Burgess, A., Denys, L., Ecke, F., Kahlert, M., Karjalainen, S.M., Kennedy, B., Marchetto, A., Morin S., Picinska-Fałtynowicz, J., Phillips, G., Schönfelder, I., Schönfelder, J., Urbanič, G., van Dam, H. & Zalewski, T. (2014). Water Framework Directive Intercalibration Report. Lake phytobenthos ecological assessment methods, European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

Spaulding, S.A., Potapova, M.G., Bishop, I.W., Lee, S.S., Gasperak, T.S., Jovanoska, E. & Edlund, M.B. (2021). *Diatoms.org*: supporting taxonomists, connecting communities. *Diatom Research* 36(4): 291-304.

<https://doi.org/10.1080/0269249X.2021.2006790>

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

Thodsen m.fl. (2024). Vand- og stoftransport 2023. Videnskabelig rapport 629 Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

[https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige\\_rapporter\\_600-699/SR629.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR629.pdf)

Tornbjerg, H., Søndergaard, M., Johansson, L.S. & Larsen, S.E. (2021). Korrektion af totalkvælstofanalyser foretaget på søprøver i perioden 2007-2017. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 13 s. Fagligt notat nr. 2021 | 62.

[https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2021/-N2021\\_62.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2021/-N2021_62.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 kapitel 1. Frekvensen af prøvetagningen for de forskellige parametre fremgår ligeledes af afsnit 1 og er beskrevet mere udførligt i Miljøstyrelsen (2023).

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: <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/fagdatacentre/ferskvand/>

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, så hver dag i perioden får en værdi for den enkelte parameter, og sommergennemsnittet beregnes på baggrund af disse estimerede dagsværdier. Hvis der findes en måling maksimalt seks uger før en måling i maj, medtages denne i interpolationen. Hvis der ikke findes en måling maksimalt seks uger før maj, tildeles datoen 1/5 samme værdi som den første måling i maj. Tilsvarende for slutpunkter – hvis der findes en måling maksimalt seks uger efter målingen i september, tages denne med i interpolationen. Hvis der ikke findes en måling inden for seks uger efter målingen i september, får datoen 30/9 den samme værdi som den seneste septembermåling.

### 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. Mann-Kendalls ikke-parametriske test er anvendt 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 %.

### Sammenligning af resultater for vandkemi og naturtilstand mellem to seks-års perioder i henholdsvis KT-søer og i kontrolovervågningen af habitatnaturtyper i søer.

Data for de enkelte parametre er i nogle tilfælde logaritmetransformeret, og vha. Shapiro-Wilk-testen er det undersøgt, om forskellene mellem perioderne i de enkelte søer er normalfordelt. Ved normalfordeling anvendes der en

parret t-test for at afgøre, om der samlet set er forskel mellem perioderne. Hvis data ikke er normalfordelt, testes forskellen vha. en *Wilcoxon signed rank*-test.

#### **Automatisk beregnede data og kvalitetssikring**

Data indsamlet i NOVANA er registreret i databasen VanDa. Desuden er vegetationsparametrene RPA (Relativt Plantedækket Areal) og RPV (Relativt Plantefyldt Volumen) samt fiskeundersøgelsesparametrene CPUE (Catch Per Unit Effort) beregnet i VanDa. Disse beregnede data er anvendt i denne rapportering. Data i VanDa er kvalitetssikret af SGAV og DCE.

En beskrivelse af kvalitetssikringsprocessen for data i VanDa, foretaget af SGAV, kan ses i de datatekniske anvisninger på [AU Ecoscience - Fagdatacenter for ferskvand](#). Beskrivelser af kvalitetssikring foretaget af DCE er beskrevet i et særskilt notat, der findes på ovennævnte link.

## Bilag 2. Kriterier for kvalitetssikring af data for benthiske kiselalger indsamlet i søer i NOVANA i perioden 2013-2022

Validiteten af de samlede optællingsdata, antal arter og slægter blev vurderet ud fra en række kriterier:

1. Datafordeling på årsbasis for at vurdere potentielle fordelings- og tidsmæssige tendenser.
2. Forekomst af meningsløse data (f.eks. negative værdier, brøker i optællinger eller data på artsrigdom osv.).
3. Kontrol for ekstreme værdier, der potentielt kan være outliers. Disse blev defineret som værdier  $<Q1 - 1,5 * IQR$ , eller  $>Q3 + 1,5 * IQR$ , hvor  $Q1$  og  $Q3$  er henholdsvis kvartilerne af fordeling 1 og 3, og  $IQR$  er interkvartilområdet mellem  $Q1$  og  $Q3$ .
4. Ved forekomst af potentielle outliers blev de tekniske bemærkninger til prøvetagningen eller optællingen kontrolleret for at identificere mulige årsager til fejl eller bias (f.eks. substratets sammensætning eller prøvens tilstand under optællingen).
5. Hvis de potentielle outliers forekom på stationer, hvor der blev foretaget yderligere prøvetagninger, blev den potentielle outlier sammenlignet med de andre prøvetagningsværdier for at kontrollere, om de faldt uden for den forventelige variation for stationen.
6. Hvis en station alle år havde ekstreme værdier, og hvis disse var ens (f.eks. et lavt artsantal), blev de betragtet som ekstreme værdier i forhold til en normal variation, men ikke som outliers.
7. Kontrol af det årlige antal af potentielle outliers for den samlede optælling og for identifikationsniveauet for at påvise mulige tendenser eller bias i forekomsten af outliers.
8. De potentielle outliers blev sammenlignet mellem de analyserede variable for at se, om de kunne relateres til outliers for andre variable (f.eks. et lavt antal arter eller slægter, der kunne forklares med et lavt samlet antal af organismer).
9. I tilfælde af en potentiel outlier i artsantallet blev prøvetagningerne på stationen sammenlignet for artsantal, og arterne, der adskilte sig mellem prøvetagningerne, blev kontrolleret for mulige forvekslinger med andre lignende arter, ændringer i artsnavne eller manglende sammenhæng med habitattypen.
10. Navnene på alle de identificerede arter og identitetskoder for perioden blev korrigeret og, om nødvendigt, opdateret i henhold til databaserne Algaebase ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)) og Omnidia 6.1 (Leiconte et al. 2016).
11. I tilfælde af potentielle outliers, svarerende til høje tællel, blev dominansen af arter med høje forekomster kontrolleret for at bekræfte behovet for det generelt høje tællel.
12. I tilfælde af de samme "Sø-Dato"-kombinationer blev disse sammenlignet med hinanden for at kontrollere for større forskelle. Da replikaterne ikke viste større forskelle, blev gennemsnittet mellem replikaterne brugt til videre analyse.

# SØER 2023

NOVANA

Overvågningsprogrammet for de danske søer er med justeringer gennemført siden 1989, og hvert år gives – som i denne rapport – en status for søernes tilstand og udvikling inden for udvalgte emner. Den såkaldte kontrolovervågning af tilstand omfatter i alt 180 søer, som senest er undersøgt i perioden 2018-2023, mens den såkaldte operationelle overvågning i perioden 2021-2023 omfattede 272 søer  $\geq 5$  ha og 66 søer  $< 5$  ha. Overordnet er tilstanden i de danske søer generelt forbedret siden overvågningens begyndelse, men disse forbedringer fandt især sted i 1990'erne, formentlig som følge af forbedret spildevandsrensning og en efterhånden aftagende intern fosforbelastning i søerne. De seneste ca. 20 år har der generelt kun været få ændringer i søernes tilstand, og sammenlignes de seneste seksårsperioder er der i mange af søerne endda tegn på øget næringsstofindhold, især hvad angår kvælstof. Der findes stadigvæk rentvandede søer i Danmark, men langt hovedparten er i dag stadig præget af højt næringsstofindhold, der generelt fører til uklart vand og biologiske forhold, som er påvirkede i negativ retning. I rapporten præsenteres for første gang resultater fra overvågningen af bentiske kiselalger, hvorfra der nu er data fra i alt 225 søer. Tilstandsvurderingen udtrykkes via et indeks, der anvender sammensætning og forekomst af bentiske kiselalger. Indekset er koblet til indhold af fosfor og kan derfor anvendes til at udtrykke eutrofiering.