

---

Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. xx, 2024

## Søer 2023

Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard & Juan Pablo Pacheco

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience  
DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

# Udkast

# Datablad

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

Titel: Søer 2023  
Undertitel: NOVANA

Forfattere: Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard, Juan Pablo Pacheco  
& Peter Mejlhede Andersen  
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

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

Udgivelsesår: xx 2024  
Redaktion afsluttet: xx 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:  
xx

Finansiel støtte: Ministeriet for grøn trepart

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

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: xxx

Emneord: Søer, miljøtilstand, overvågning, vandområdeplaner, NOVANA

Layout: xxx  
Foto forside: xxx

ISBN: xxx  
ISSN (elektronisk): xxx

Sideantal: xx

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>7</b>
Overvågningsprogrammet	7
Kontrolovervågning af søernes tilstand	8
Operationel overvågning af søernes tilstand	9
Fytobenthos	9
Klima og afstrømning	10
Overordnede konklusioner	10
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Undersøgellesprogrammet</b>	<b>12</b>
1.1 Historik	12
1.2 Direktiver i overvågningen og afrapportering	13
1.3 Parametre i overvågningen	14
1.4 Fejlanalyser af totalkvælstof og totalfosfor	15
1.5 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet	15
1.6 Kontrolovervågning	16
1.7 Operationel overvågning	19
1.8 Kortlægning af habitatnaturtyper i søer	19
<b>2 Kontrolovervågning af søernes tilstand</b>	<b>20</b>
2.1 Generel karakteristik	20
2.2 Generel tilstand	21
2.3 Vandkemi	21
2.4 Vegetation	33
<b>3 Fytobenthos i kontrolovervågningen</b>	<b>38</b>
3.1 Baggrund	38
3.2 Datahåndtering og kvalitetsvurdering	38
3.3 IPS-bentisk kiselalgeindeks	43
3.4 Tidsmæssig variation i IPS-indekset	45
<b>4 Operationel overvågning af søernes tilstand</b>	<b>48</b>
4.1 Generel tilstand	49
4.2 Vandkemi, udviklingstendenser	59
<b>5 Klima og afstrømning</b>	<b>62</b>
5.1 Temperatur og global indstråling	62
5.2 Nedbør	62
5.3 Afstrømning	65
5.4 Vindforhold	66
<b>6 Referenceliste</b>	<b>67</b>
<b>Bilag 1. Datagrundlag og metoder</b>	<b>70</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 vidensgrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for 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 borer 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 indenfor vandkemi og vegetation i søer, der indgår i kontrolovervågningen af udvikling (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 bentiske 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

47 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).

54 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

58

### Overvågningsprogrammet

59

60

61

62

63

64

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.

65

66

67

68

69

70

71

72

73

*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.

74

75

76

77

78

79

80

*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.

81

82

83

84

85

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.

86

87

88

89

90

91

92

93

De fysisk-kemiske parametre omfatter blandt andet målinger af indholdet af fosfor og kvælstof, klorofyl *a*, alkalinitet (kalkholdighed), pH, ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne (salinitet), farvetal samt sigtdybde. 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).

94

95

96

97

98

99

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.

100

101

102

## Kontrolovervågning af søernes tilstand

103

104

105

106

107

108

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 brunfarvede.

109

## Vandkemiske forhold

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

KT-søerne er gennemgående næringsrige med en medianværdi for totalfosfor (sommermiddel) på 0,088 mg/L og totalkvælstof på 1,39 mg/L. Tilsvarende er søerne gennemgående uklare med en medianværdi for sigtdybde (sommeregningsmiddel) på 1,1 m og et klorofylindhold med median på 35 µg/L (sommeregningsmiddel). 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 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.

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

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 sigtdybde 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 sigtdybden 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.

134

135

136

137

138

139

140

141

142

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.

143

144

145

146

147

148

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-



149 2016. De generelle forbedringer, der sås i de søer, der blev undersøgt i begyn-  
150 delsen af overvågningsperioden, er altså ikke fortsat frem til den seneste seks-  
151 årsperiode (2018-2023), men viser tværtimod tendenser til øget indhold af næ-  
152 ringsstoffer.

### 153 **Vegetation**

154 Udbredelsen af undervandsplanter i de 180 KT-søer varierer meget - fra uklare  
155 søer helt uden planter til klarvandede søer, hvor det meste af bunden er dækket.  
156 I den mest almindelige lavvandede søtype (søtype 9) er medianværdien for det  
157 plantedækkede areal på 15,6 % og det plantefyldte vandvolumen på 1,9%. Det  
158 betyder, at i hovedparten af de lavvandede søer er kun en lille del af vandvolu-  
159 menet fyldt med planter. I den mest almindelige dybe søtype (søtype 10) varierer  
160 dybdegrænsen mellem 1,2 og 11,1 m. Ved sammenligning af de KT-søer, der er  
161 undersøgt siden 2006, er der mellem de to seksårs perioder 2006-2011 og 2018-  
162 2023 sket en signifikant forøgelse i planternes dybdegrænse, når alle søtyper ana-  
163 lyses under ét.

### 164 **Operationel overvågning af søernes tilstand**

165 I alt 272 søer  $\geq 5$  ha og 66 søer  $< 5$  ha indgik i perioden 2021-2023 i den operationelle  
166 overvågning af tilstand. Disse søer omfatter i alt 10 søtyper, og dermed er alle danske søtyper repræsenteret på nær én (søtype 6, fersk/kalkfattig/brunfarvet/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 43 søer.

173 Ved sammenstillingerne af data fra søerne i den operationelle overvågning  
174 fra de seneste tre seksårsperioder ses der kun en signifikant forskel for total-  
175 kvælstof 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.

### 177 **Fytobenthos**

178 Fytobenthos i søerne er repræsenteret ved bentiske kiselalger. Vurdering af  
179 den økologiske tilstand på baggrund af artssammensætningen af de bentiske  
180 kiselalger er gennemført de seneste 10 år, og i dette års rapport gives for første  
181 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.

187 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.

192 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

195 ændringer mellem de to perioder. Dette gælder også, hvis der kun anvendes  
196 data fra søtype 9 og 10.

## 197 **Klima og afstrømning**

198 For Danmark som helhed var årets gennemsnitlige temperatur i 2023 på 9,3  
199 °C, hvilket var på samme niveau som 2022, men væsentlig højere end gen-  
200 nemsnittet for perioden 1990-2022 (8,7 °C). Januar og februar samt juni og sep-  
201 tember var varmere i 2023 end gennemsnittet for perioden 1990-2022, og der  
202 var ingen måneder, som var væsentligt koldere end gennemsnittet for perio-  
203 den 1990-2022. Den globale indstråling i 2023 var lidt højere end gennemsnit-  
204 tet for perioden 1990-2022 - dette skyldes især indstrålingen i april, maj og  
205 juni.

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

## 214 **Overordnede konklusioner**

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

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

225

## Summary

226

Indsættes i endelig version

# 1 Undersøgellesprogrammet

228

## 1.1 Historik

229

230

231

232

233

234

235

236

237

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.

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

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.

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

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).

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

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, sigtdybde, 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.

269

270

271 Fra 2008 blev omfanget af overvågningen af søer <5 ha ændret. Udvalgte søer i  
272 størrelsesklassen 1-5 ha undersøges nu i det operationelle program, og søer  
273 med et areal på 0,01-5 ha (størstedelen i Natura 2000-habitatområder) undersø-  
274 ges i forbindelse med overvågningen af habitatnaturtyper i henhold til habitat-  
275 direktivet (Den Europæiske Union 1992). Samtidig overgik overvågningen af  
276 naturtyper i søer og arter tilknyttet søer fra programmet for overvågning af ar-  
277 ter og natur til søprogrammet.

278 Fra og med 2011 trådte en ny seksårig NOVANA-periode i kraft, som er vide-  
279 reført i NOVANA-perioden 2016-2021. Året 2022 blev anset som et over-  
280 gangså, der stort set var en forlængelse af perioden 2016-2021; dog blev  
281 bundfauna fra 2022 introduceret i overvågningsprogrammet. Fra 2023 er en  
282 ny programperiode påbegyndt. Denne videreføres til 2027 og omfatter væ-  
283 sentlige ændringer i forhold til tidligere. Bl.a. er "trappemodellen" indført,  
284 hvor undersøgelsesfrekvensen af de fysisk-kemiske og biologiske parametre  
285 i dem enkelte sø fastlægges i forhold til den senest fastlagte økologiske til-  
286 stand af søen. Se Miljøstyrelsen (2023) for nærmere forklaring. Indholdet af  
287 NOVANA programmet for søer for perioden 2023-2027 opsummeres neden-  
288 for.

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

## 292 1.2 Direktiver i overvågningen og afrapportering

293 De væsentligste behov for overvågning af søer gennemføres nu med udgangs-  
294 punkt i de to EU-direktiver vandrammedirektivet (Den Europæiske Union  
295 2000) og habitatdirektivet (Den Europæiske Union 1992). Således omfatter  
296 overvågningen fra og med 2010 dels en *kontrolovervågning* og dels en *operatio-  
297 nel overvågning* af søer.

298 *Kontrolovervågningen* har til formål at indsamle data, der "ligger til grund for  
299 bedømmelse af søernes kemiske og økologiske tilstand og udvikling samt giver  
300 et generelt billede af bevaringsstatus og udvikling af de enkelte sønaturtyper.  
301 Kontrolovervågning af arter i søer skal danne baggrund for en vurdering af be-  
302 varingsstatus på landsplan af de plante- og dyrearter, som indgår på bilag II og  
303 IV i habitatdirektivet (habitatarter)". Desuden skal data fra kontrolovervågnin-  
304 gen "dokumentere søernes tilstand og den generelle udvikling, herunder de  
305 klimatiske relaterede og de menneskeskabte ændringer" (Miljøstyrelsen, 2023).  
306 Kontrolovervågningen i henhold til vandrammedirektivet omfatter søer >5  
307 ha, mens kontrolovervågningen i henhold til habitatdirektivet omfatter søer  
308 <5 ha.

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

319 Data fra både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning an-  
320 vendes i forbindelse med vandområde- og Natura 2000-planlægningen. Der-  
321 udover skal data anvendes til afrapporteringer i henhold til nationale forplig-  
322 telser, herunder f.eks. Artikel-17 afrapportering og rapportering i henhold til  
323 nitratdirektivet.

324 Indholdet i de forskellige undersøgelsesprogrammer er tilpasset de enkelte  
325 formålsbeskrivelser både mht. undersøgte parametre, frekvenser og antal  
326 søer. Måleprogrammerne er opnået ved at sammenstille de hidtidige erfaringer  
327 fra søovervågningsprogrammet, bl.a. igennem en statistisk optimering  
328 (Larsen m.fl. 2002) og tidligere erfaringer ved opstilling af undersøgelsespro-  
329 grammer for søer (Søndergaard m.fl. 1999), ligesom et internationalt evaluering-  
330 spanel har givet anbefalinger vedrørende disse forhold.

### 331 **1.3 Parametre i overvågningen**

332 Til beskrivelse af søernes tilstand og udvikling måles der en række fysisk-ke-  
333 miske og biologiske parametre. Ikke alle parametre måles i alle søer, og fre-  
334 kvensen varierer mellem de enkelte overvågningstyper.

335 I søvandet beskrives næringsstofferne med målinger af både totale og, i nogle  
336 af søerne, uorganiske opløste fraktioner af kvælstof og fosfor. I udvalgte søer  
337 måles til- og fraførsel af vand, og der foretages analyser af totalkvælstof, to-  
338 talfosfor og totaljern i søens til- og afløb. Sedimentets indhold af totalfosfor og  
339 totaljern bestemmes i udvalgte søer til understøttelse af analyserne af nær-  
340 ingsstofomsætningen i søerne.

341 Søernes bufferkapacitet og forsøringsstatus kan beskrives ved måling af alkali-  
342 nitet (kalkholdighed) og pH, som sammen med bl.a. totaljern kan indgå i be-  
343 skrivelsen af næringsstoffodynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og  
344 temperaturprofiler, ledningsevne (salinitet), farvetal samt sigtdybde i en beskre-  
345 velse af de fysiske forhold i søvandet. Nogle af disse parametre anvendes også  
346 i forbindelse med fastlæggelse af søtype jf. vandrammedirektivet (se afsnit 1.5).

347 Mængden af partikulært materiale i søvandet måles som den totale koncen-  
348 tration af suspenderet stof sammen med glødetabet, der udtrykker andelen af  
349 organisk materiale af det suspenderede stof. Indholdet af klorofyl *a* giver et  
350 estimat for biomassen af fytoplankton.

351 Ud over de fysisk-kemiske faktorer undersøges en række biologiske kompo-  
352 nenter, som også er nødvendige for beskrivelsen af søers tilstand. Under-  
353 vandsplanter beskrives ved deres tæthed, artssammensætning og dybdeud-  
354 bredelse. Fiskebestandens arts- og størrelsessammensætning samt biomasse  
355 bliver opgjort, og fytoplanktonets tæthed og taksonomiske sammensætning  
356 beskrives i udvalgte søer. Bunddyr og fytobenthos (repræsenteret ved benti-  
357 ske kiselalger) undersøges ligeledes i udvalgte søer.

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

364 I afsnit 1.6-1.8 gives en kort beskrivelse af de enkelte overvågningstyper i sø-  
365 erne. En komplet beskrivelse af overvågningsprogrammet for søer i NO-  
366 VANA 2023-2027 findes i Miljøstyrelsen (2023).

#### 367 **1.4 Fejlanalyser af totalkvælstof og totalfosfor**

368 Analyser af totalkvælstof og totalfosfor fra vandprøver foretaget af et eksternt  
369 analyselaboratorium var igennem en årrække fejlbehæftede. Årsagen var, at  
370 der blev anvendt en ikke godkendt analysemetode (UV-metoden) i stedet for  
371 den korrekte autoklavemetode. Anvendelsen af UV-metoden førte til en util-  
372 strækkelig destruktion/oplukning af prøvens indhold af kvælstof og fosfor  
373 bundet i organisk stof og dermed en underestimering af de målte koncen-  
374 trationer af totalkvælstof og totalfosfor i prøverne. Der er redegjort for de nær-  
375 mere detaljer i Larsen m.fl. (2018) og Larsen m.fl. (2020).

376 I Larsen m.fl. (2020) blev det anbefalet at gennemføre korrektion af koncen-  
377 trationer af totalkvælstof, dog med forbehold for, at UV-analysemetoden, der  
378 blev anvendt i perioden 2007-2014 for hver enkelt prøve, var sammenlignelig  
379 med den UV-analysemetode, der blev anvendt i 2015, og hvorpå korrektions-  
380 ligningerne mellem resultaterne af autoklave- og UV-metoden kunne udreg-  
381 nes. Miljøstyrelsen vurderede, at der kunne tages udgangspunkt i, at det var  
382 de samme laboratorier og metoder, der har været anvendt for vandløbs- og  
383 søprøver i perioden 2007-2015. Med denne vurdering blev der i Tornbjerg  
384 m.fl. (2021) anbefalet og efterfølgende gennemført korrektioner af totalkvæl-  
385 stofkoncentrationen i søprøver for perioden 2007 til første kvartal 2017. Den  
386 relative middelfejl på totalkvælstofanalyserne, baseret på de to års indsam-  
387 lede data for totalkvælstof målt med både UV- og autoklavemetoden, der har  
388 dannet baggrund for opstillingen af de anvendte korrektionsligninger, var på  
389 henholdsvis 14,6 % (2015) og 16,3 % (2017). I perioden 2007-første kvartal 2017  
390 blev der foretaget ca. 14.000 analyser af totalkvælstof i søprogrammet i NO-  
391 VANA, hvoraf resultaterne af ca. 10.000, svarende til 71 % af prøverne, blev  
392 korrigeret. Korrektionen af disse data betyder, at tidligere præsentationer af  
393 resultater for totalkvælstof, der dækker perioden 2007-2017 og perioden før  
394 gennemførelsen af korrektioner, afviger fra præsentationerne i denne rapport.

395 For så vidt angår analyser af totalfosfor, blev det i Larsen m.fl. (2020) vurderet,  
396 at det ikke var muligt at finde gode korrektionsmuligheder på baggrund af  
397 de eksisterende data, fordi disse viste væsentligt forskellige forskelle i korrek-  
398 tionsniveau mellem de to år, hvor der kunne opstilles korrektionsligninger.  
399 Ikke desto mindre blev det i Tornbjerg m.fl. (2021) bemærket, at problemstil-  
400 lingen i forhold til totalkvælstofanalyser efter al sandsynlighed også gælder  
401 for totalfosforanalyser gennemført i den samme periode. Det blev derfor an-  
402 befalet at vurdere forhold vedr. totalfosforanalyser nærmere. Ved præsentation  
403 af resultater af totalfosfor i søvand i denne rapport er perioden 2007-2017  
404 markeret med grå skravering.

#### 405 **1.5 Søtyper i henhold til vandrammedirektivet**

406 I forhold til vandrammedirektivets implementering og udarbejdelsen af  
407 vandområdeplaner arbejdes der i Danmark med 11 forskellige søtyper. Søty-  
408 perne defineres med udgangspunkt i forskelle i kalkholdighed, brunfarvning,  
409 saltholdighed og middelvanddybde (tabel 1.1).

**Tabel 1.1.** Oversigt over de 11 danske søtyper anvendt i forbindelse med vandrammedirektivets 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 middelvanddybde ved 3 m.

Søtype	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 udviklingen i søer >5 ha (KU-søer), vurderet på baggrund af lange tidsserier, en overvågning 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 beskyttelse af sønaturtyper i denne størrelsesgruppe. En oversigt over kontrolovervågningens 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 størrelsesgruppe (tabel 1.3). Søerne er udpeget af DCE, og 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 udvikling (KU-søer) og tilstand (KT-søer) i en seksårig overvågningsperiode med arealafgrænsning af programmerne samt måleprogrammets turnus. "% af alle" angiver, hvor stor en andel de udvalgte søer udgør af det samlede antal danske søer >5 ha.

Programtype	Areal (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.

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422



423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432

### 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. Disse tre søer indgår ikke i alle analyser af den generelle udvikling i denne rapport pga. afbrudt tidsserie eller uensartet prøvetagning.

433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443

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 næringsstoffdynamikken beskrives detaljeret. De enkelte søers sediment undersøges for totalfosfor, totaljern, tørstof og glødetab hvert sjette år, vegetation og fytobenthos (repræsenteret ved bentiske kiselalger), planteplankton (12 prøver pr. år), fisk og bunddyr undersøges hvert tredje år.

444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451

Der er kun medtaget 18 søer (hvoraf kun de 15 har en lang tidsserie) i kontrol-overvågningen af udviklingen, og 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 kontrolovervågningen af søernes tilstand.

452  
453  
454  
455  
456  
457

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

458

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

459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469

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). Udvalgte søer 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.

470  
471

Vandkemiske og fysiske forhold i KT-søerne følges månedligt i sommerperioden (maj-september) med i alt 11 nøgleparametre (se den fulde liste i

472  
473  
474  
475  
476  
477

Miljøstyrelsen 2023). De biologiske undersøgelser omfatter i den enkelte sø fem årlige fytoplanktonprøver (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: jf. "trappemodellen" (se Miljøstyrelsen 2023) undersøges ikke alle biologiske parametre i alle søer.

478

### Kontroloverbåning af habitatnaturtyper i søer

479  
480  
481  
482

#### Søer <5 ha

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

483  
484  
485

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.

486  
487  
488  
489  
490

De målte parametre i kontroloverbåningen 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 overvåning 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 typer, registreres den med "type 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

491  
492  
493  
494  
495  
496  
497

#### Søer >5 ha

Kontroloverbåningen af habitatnaturtyper i søer >5 ha jf. habitatdirektivet foregår samtidig med kontroloverbåningen 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 kontroloverbåningen i henhold til vandrammedirektivet.

498

## 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 indgår alle i vandområdeplanerne og er udpeget af SGAV.

Søerne er af SGAV udvalgt efter følgende kriterier:

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

Undersøgelserne i den operationelle overvågning omfatter op til 16 udvalgte vandkemiske og fysiske parametre. (se nærmere i 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

533

### 2.1 Generel karakteristik

534

535

536

537

538

539

540

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.

541

542

543

544

545

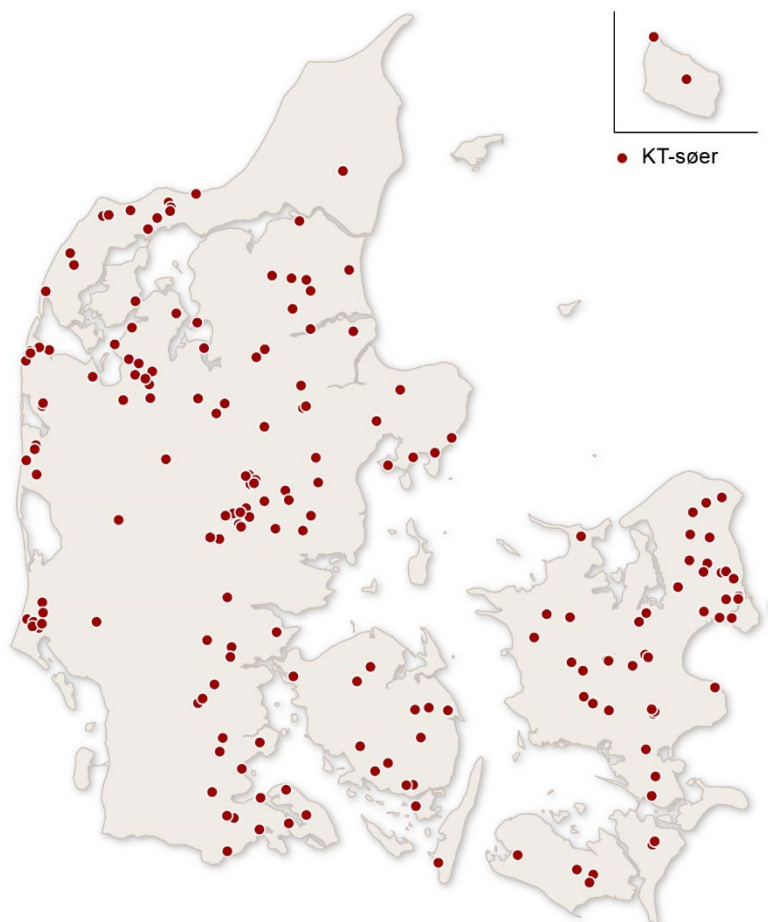
546

547

548

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 og biologiske nøgleparametre. 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.



549

## 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 sigtdybde (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>
Sigtdybde (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>

<sup>1)</sup> To af søerne er senest undersøgt i 2017.

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

<sup>3)</sup> 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 sigtdybde 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 sigtddybde og vandkemiske data fra de 180 KT-søer (sommergennemsnit) 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.

Søtype	Totalfosfor (mg P/L)					Totalkvælstof (mg N/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

Søtype	Klorofyl <i>a</i> (µg/L)					Sigtddybde (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

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

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 sigtddybder (medianværdi er på 0,6 m) ses i søtype 13 (brunvandede søer), hvor lysets nedtrængning i vandet, udover algerne også hæmmes af humusstoffer. Det understreges, at sigtddybden i lavvandede søer (f.eks. type 9) skal ses i sammenhæng med søens dybde, da en angiven sigtddybde kan være begrænset af søens maksimumdybde og dermed ikke altid er sammenlignelig med sigtddybden i dybere søer.

588

589

590

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.

591

### Vandkemi, udviklingstendenser

592

593

594

595

596

597

598

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, skal der normalt 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 sigtddybde og klorofyl *a*. Vurderes udviklingen alene over de seneste 20 år

599 (2003-2022), opfylder kun syv søer kriteriet for så vidt angår fosfor og kvælstof  
600 og 8-12 søer kriterierne for så vidt angår sigtddybde og klorofyl. Resultaterne  
601 af disse analyser kan ses i tabel 2.3 og 2.4.

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

612 Hvis der kun ses på udviklingen i de seneste 20 år, er der er langt færre søer  
613 med tilstrækkeligt datagrundlag (dvs. nok år til at teste udviklingen vha. den  
614 valgte metode), og det gør det svært af vurdere udviklingen. Mange KT-søer  
615 undersøges kun hvert sjette år, hvilket gør det vanskeligere at se udviklings-  
616 tendenser over kortere perioder. Ved indsamling af data hvert sjette år, vil det  
617 således tage 48 år at indsamle tilstrækkeligt med data til at teste for udvik-  
618 lingstendenser med den valgte metode, mens det ved indsamling af data  
619 hvert tredje år vil tage 24 år.

620 Blandt de syv søer, hvorfra der er mindst otte års næringsstofdata, er der sig-  
621 nifikante ændringer i tre søers indhold af totalfosfor – i alle tilfælde reduceret  
622 indhold – mens der ikke er signifikante ændringer i nogen af søernes indhold  
623 af totalkvælstof. For indholdet af klorofyl *a* er der tale om signifikant reduce-  
624 rede koncentrationer i to ud af de otte søer, hvorfra der er nok data til at teste.  
625 I de øvrige seks søer er der ingen signifikante ændringer. Sigtdybden kan tes-  
626 tes i 12 søer, og blandt disse er der ingen signifikante ændringer.

627 De procentvise andele af søer, hvor totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og  
628 sigtddybde er henholdsvis reduceret, uændret eller forøget for de to perioder  
629 1989-2023 og 2003-2023, ses i figur 2.2.

630

631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638

**Tabel 2.3.** Udviklingen (sommeregnensnit) i indholdet af totalfosfor og totalkvælstof i perioderne 1989-2023 henholdsvis 2004-2023 i de KT-søer, som er undersøgt i mindst otte (ikke nødvendigvis 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 antallet <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	Stigsholmsø	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	Ørnsø	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	Hampensø	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. Gribbsø	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	Peblingesø	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	Hejrede Sø	9	20	----	0			
86400003	Røgbøllesø	9	21	----	0			
86400004	Maribo Søndersø	9	24	--	--	9	--	0
I alt 0				50	62		4	7
I alt +/+/+/+/+/+				5	4		0	0
I alt -/-/---/----				56	44		3	0

639

640

641

642

643

644

645

646

**Tabel 2.4.** Udviklingen (sommergennemsnit) i indholdet af klorofyl *a* og sigtddybe i perioderne 1989-2023 henholdsvis 2004-2023 i de KT-søer, som er undersøgt i mindst otte (ikke nødvendigvis 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 antallet <8.

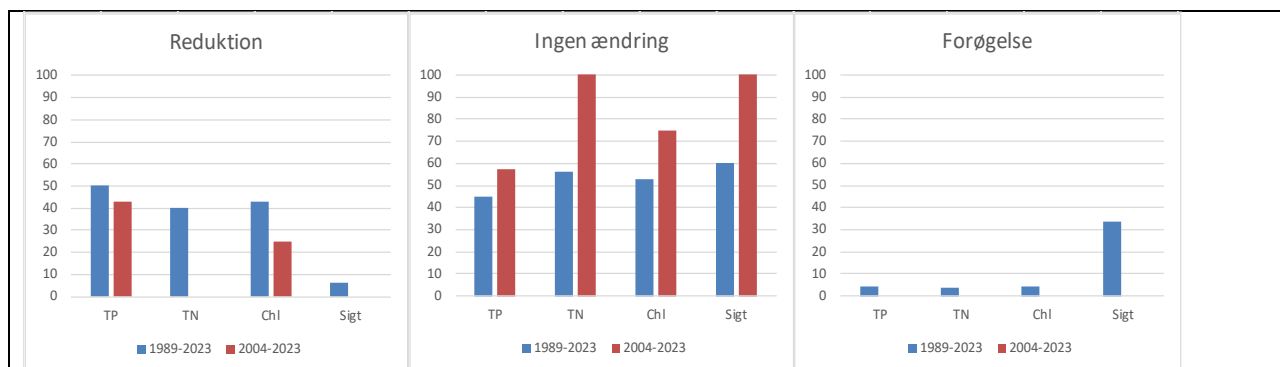
Vandområdenr.	Vandområdenavn	Type	Antal år 1989-2023	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybe	Antal år 2004-2023	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybe
80100029	Tømmerby Fjord	9	8	0	0			
80900003	Arup Vejle	11	9	0	0			
81100001	Førby Sø	13	8		0			
81200003	Legind Sø	9	10	0	0			
81300038	Lovns Sø	9	8	0	0			
81400006	Madum Sø	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	--	++			
82100282	Hald Sø	10	25	----	+++	10	--	0

Vandområdenr.	Vandområdenavn	Type	1989-2023			2004-2023		
			Antal år	Klorofyl	Sigt dybde	Antal år	Klorofyl	Sigt dybde
			1989-2023	a		2004-2023	a	
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. Gribso	2	8-9	---	+++			
84800002	Esrum Sø	10	12		+			
84800003	Gurre Sø	9	10-11	0	0			

Vandområdenr.	Vandområdenavn	Type	1989-2023			2004-2023		
			Antal år	Klorofyl	Sigt dybde	Antal år	Klorofyl	Sigt dybde
			1989-2023	a		2004-2023	a	
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	Røgbøllesø	9	21	---	0			
86400004	Maribo Sønderø	9	24	----	++++	9	---	0
I alt 0				58	69		6	12
I alt +/++/+++/++++				5	39		0	0
I alt -/--/---/----				47	7		2	0

647

648



**Figur 2.2.** Den procentvise andel af KT-søer med mindst otte års data, hvor indholdet af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybe 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).

650  
651  
652  
653

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 de seneste 20 år.

654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661

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 sigtddybe i alle tre perioder. Sammenligningen mellem den seneste seksårige periode (2018-2023) og seksårsperioden fra 2006-2011 er vist som scatterplot i figur 2.3 (se figurtekst for nærmere forklaring). Resultaterne for alle tre seksårsperioder er illustreret som boxplots i figur 2.4.

662  
663  
664  
665  
666  
667  
668

Der er testet for signifikante ændringer af de fire parametre (totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtddybe) mellem perioderne 2006-2011 og 2018-2023 og mellem de to seneste perioder 2012-2017 og 2018-2023 dels for alle søtyper tilsammen, dels for de enkelte søtyper, hvor der findes data fra mindst 10 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.

669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678

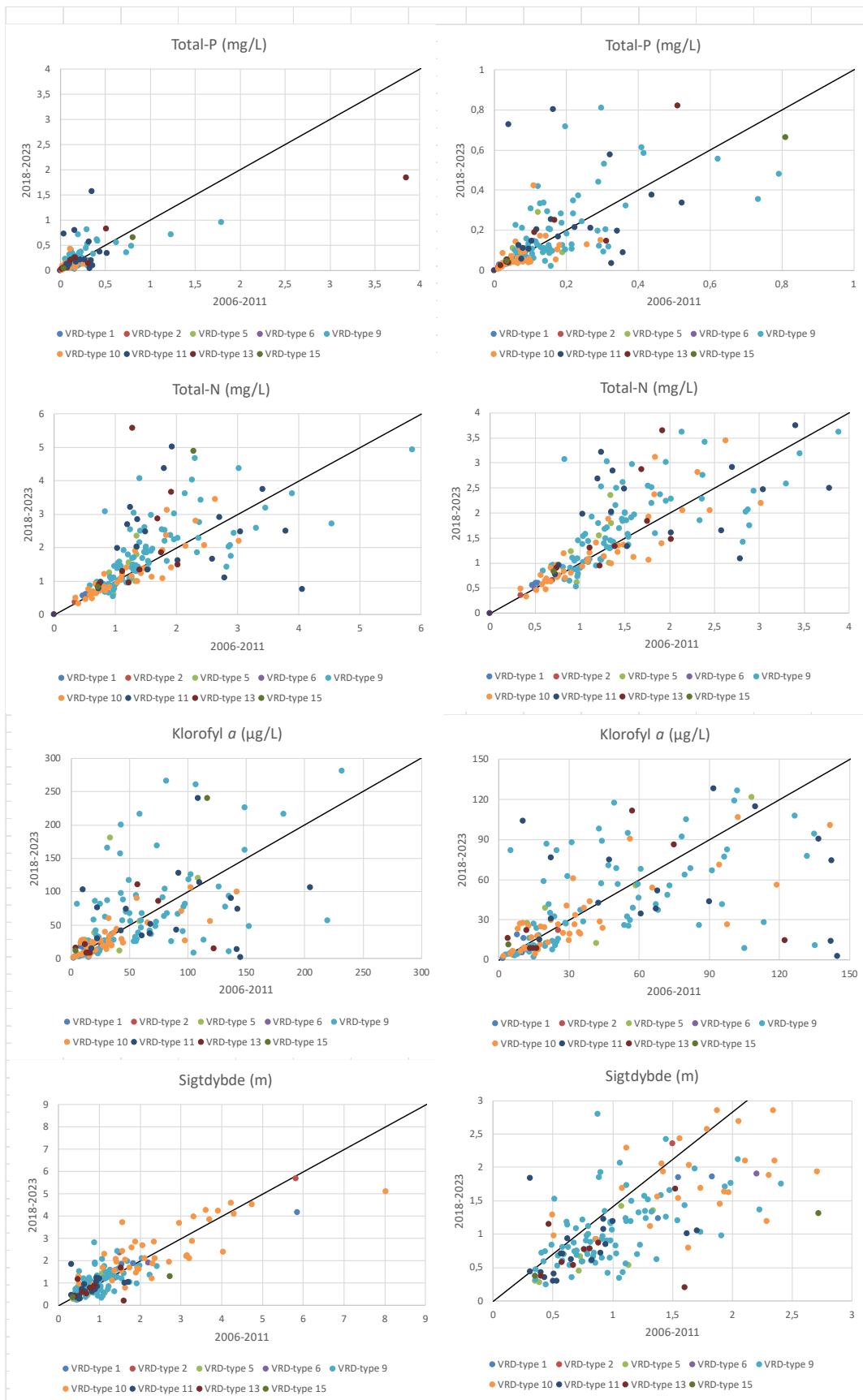
Som for de øvrige præsentationer og analyser i denne del af rapporten er resultaterne baseret på sommergennemsnit i de enkelte søer. I boxplots'ne i figur 2.4 er kun vist data fra de søtyper, hvor der er mindst 10 søer (type 9, 10 og 11) og for søerne samlet set. Resultaterne for forskelle i sommergennemsnittet 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 ikke nødvendigvis muligt at se signifikante forskelle mellem to perioder på boxplots. Desuden kan de værdier, for hvilke der ses de største forskelle, være udelukket fra boxplottene, da disse kun viser op til 90 %-fraktilen.

679  
680  
681  
682  
683  
684

Sammenligningen af de to perioder 2006-2011 og 2018-2023 (figur 2.3, tabel 2.5) viser en signifikant stigning af 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

685  
686  
687  
688  
689  
690

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 sigtdybde 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 sigtdybde 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.

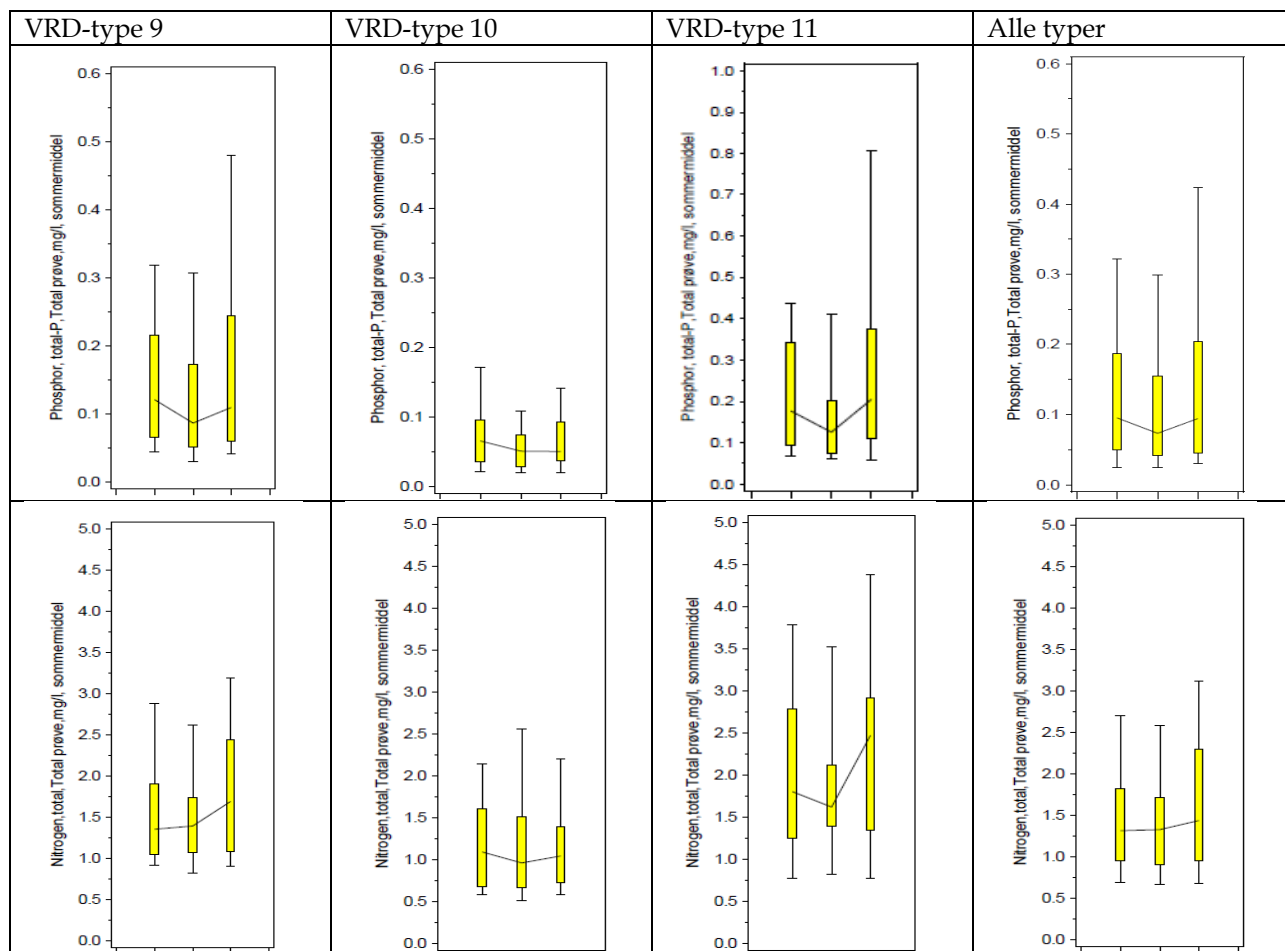
**Tabel 2.5.** Resultat af statistiske tests (p-værdier) af sammenligning af sommergennemsnit af vandkemiske nøglevariable (totalfosfor og totalkvælstof) samt en biologisk (klorofyl a) og en fysisk (sigtdybde) nøglevariabel for de søer, der blev undersøgt i de tre seneste seksårsperioder: 2006-2011, 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 10 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>1)</sup>	Total-N	Klorofyl a	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>1)</sup>	Total-N	Klorofyl a	Sigtdybde
9	87	0,001 (+)	0,002 (+)	-	-
10	41	-	-	-	-
11	19	0,004 (+)	-	-	-
Alle søer	172	<0,001 (+)	<0,001 (+)	-	-





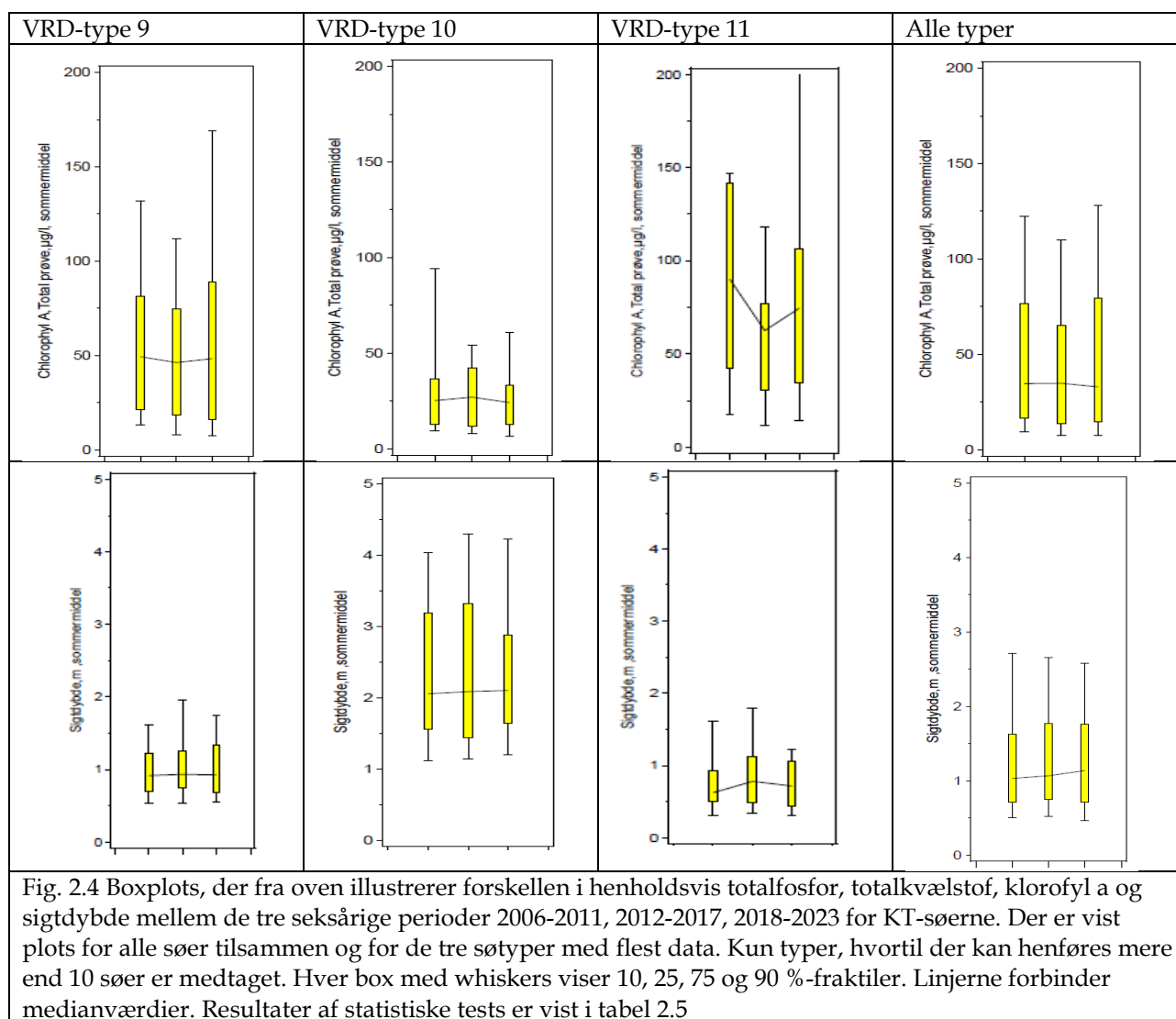


Fig. 2.4 Boxplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl a og sigt dybde mellem de tre seksårige perioder 2006-2011, 2012-2017, 2018-2023 for KT-søerne. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de tre søtyper med flest data. Kun typer, hvortil der kan henføres mere end 10 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

693  
694

695

## 2.4 Vegetation

696

### Vegetation, status

697

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 10 søer.

705

706

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.

707

708

709

710

711

712

**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 undersøgt senest 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

Søtype	Dybdegrænse (m)				
	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

713

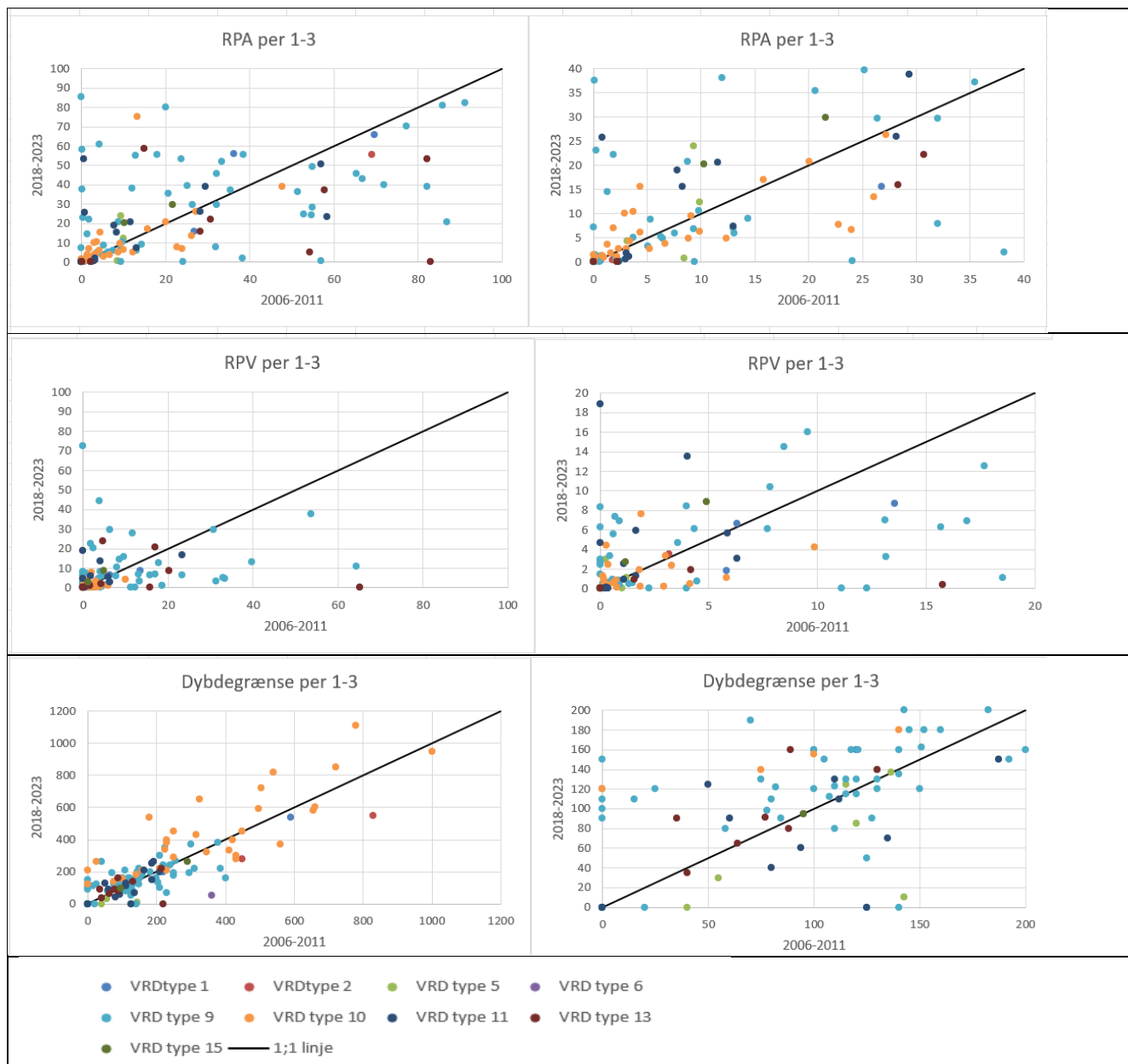
714

715  
716  
717  
718  
719  
720  
721

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 på 17,6 % og for RPV på 2,0 %. 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 og 11,1 m.

722

### Vegetation, udviklingstendenser



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 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

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

Der er ingen signifikant ændringer i hverken RPA eller RPV fra perioden 2006-2011 til perioden 2018-2023, hverken for de enkelte søtyper eller for en samlet betragtning af alle søtyper. 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 med de højeste værdier for disse to parametre i perioden 2006-2011 (RPA>40% og RPV>10% (pånær to søer)) er der i perioden 2018-2023 konsekvent konstateret lavere værdier. Denne tendens er ikke undersøgt yderligere.

**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 10 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	-	-	-

735

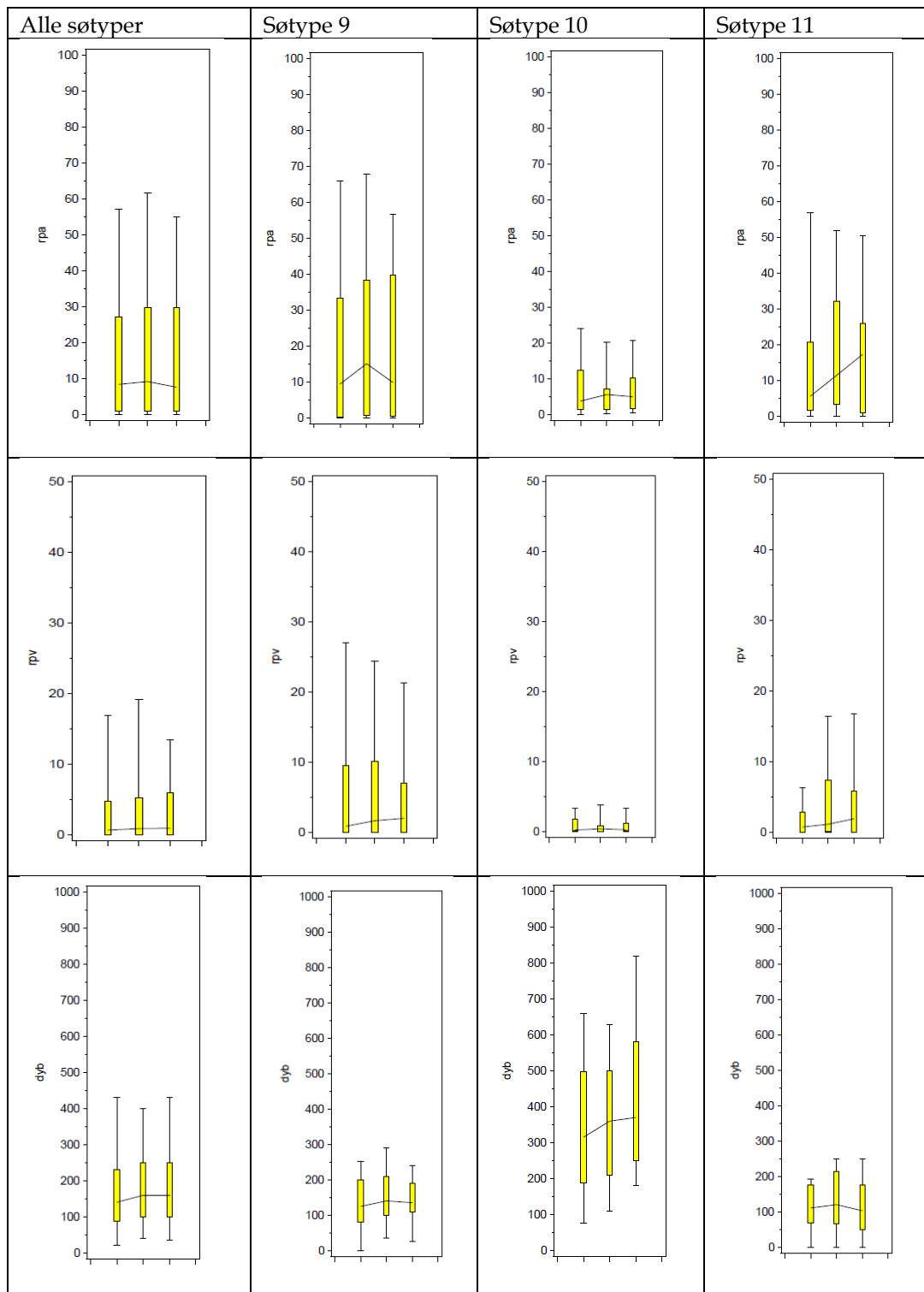


Fig. 2.6 Boxplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis planternes dækningsgrad (RPA, %), det plantefyldte vandvolumen (RPV, %) og planternes dybdegrænse mellem de tre seksårige perioder 2006-2011, 2012-2017, 2018-2023 for KT-søerne. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de tre søtyper med flest data. Kun typer, hvortil der kan henføres mere end 10 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.

736

737

### 3 Fytobenthos i kontrolovervågningen

739

#### 3.1 Baggrund

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

Bentiske kiselalger bruges som en indikator for fytobenthos, som – i overensstemmelse med kravene i vandrammedirektivet (Den Europæiske Union, 2000) – er en af de fire biologiske indikatorer for økologisk kvalitet, der anvendes i NOVANA-programmet for søer. 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, dette indeks er en relevant indikator for den økologiske kvalitet af danske type 9- og 10-søer samt for koncentrationen af totalfosfor (Johansson m.fl., 2019).

Dette kapitel præsenterer data om danske søer med brug af IPS-indekset og relaterede fysisk-kemiske variable i henhold til NOVANA-overvågningsprogrammet for perioden 2013-2022.

757

#### 3.2 Datahåndtering og kvalitetsvurdering

758

759

760

761

762

763

764

Bentiske kiselalgedata, anvendt i dette kapitel, blev i første omgang kvalitets-sikret. Herunder blev det oprindelige datasæt analyseret for "mistænkelige værdier", der eventuelt skulle udelukkes fra den videre analyse. Dette omfattede en analyse for fejl og outliers, datafordeling, uforklarlige optællingsværdier, antal identificerede arter og slægter, artsnavne og identifikationskoder samt forekomst af arter uden for deres typiske miljø (f.eks. udelukkelse af marine arter eller arter fra ekstreme miljøer).

765

766

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

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

1. Datafordeling på årsbasis for at vurdere potentielle fordelings- og tids-mæssige 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 forfatning 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.

- 783  
784  
785
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
- 786  
787  
788
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.
- 789  
790  
791  
792
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).
- 793  
794  
795  
796  
797
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.
- 798  
799  
800
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).
- 801  
802  
803
11. I tilfælde af potentielle outliers, der svarer til høje optællingstal, blev dominansen af arter med høje forekomster kontrolleret for at bekræfte behovet for det generelt høje optællingstal.
- 804  
805  
806  
807
12. I tilfælde af de samme "sø-tid"-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.

808

809  
810  
811  
812  
813  
814

Tælleletal og registreringer af artssammensætningen blev ikke analyseret i forhold til fysisk-kemiske variable for at undgå statistisk usikre sammenhænge mellem sammensætning og miljø. Dette er især relevant på grund af forskelle i tidspunkterne for prøvetagning af bentiske kiselalger og fysisk-kemiske variable i søer samt de korte successionstider og store variationer i fyto-benthosarter.

815  
816  
817  
818

Kriterierne, som allerede var en del af kvalitetssikringen foretaget af fagkoordinationsgruppen i SGAV, blev ikke taget i betragtning for at undgå redundans.

819  
820  
821  
822  
823  
824  
825

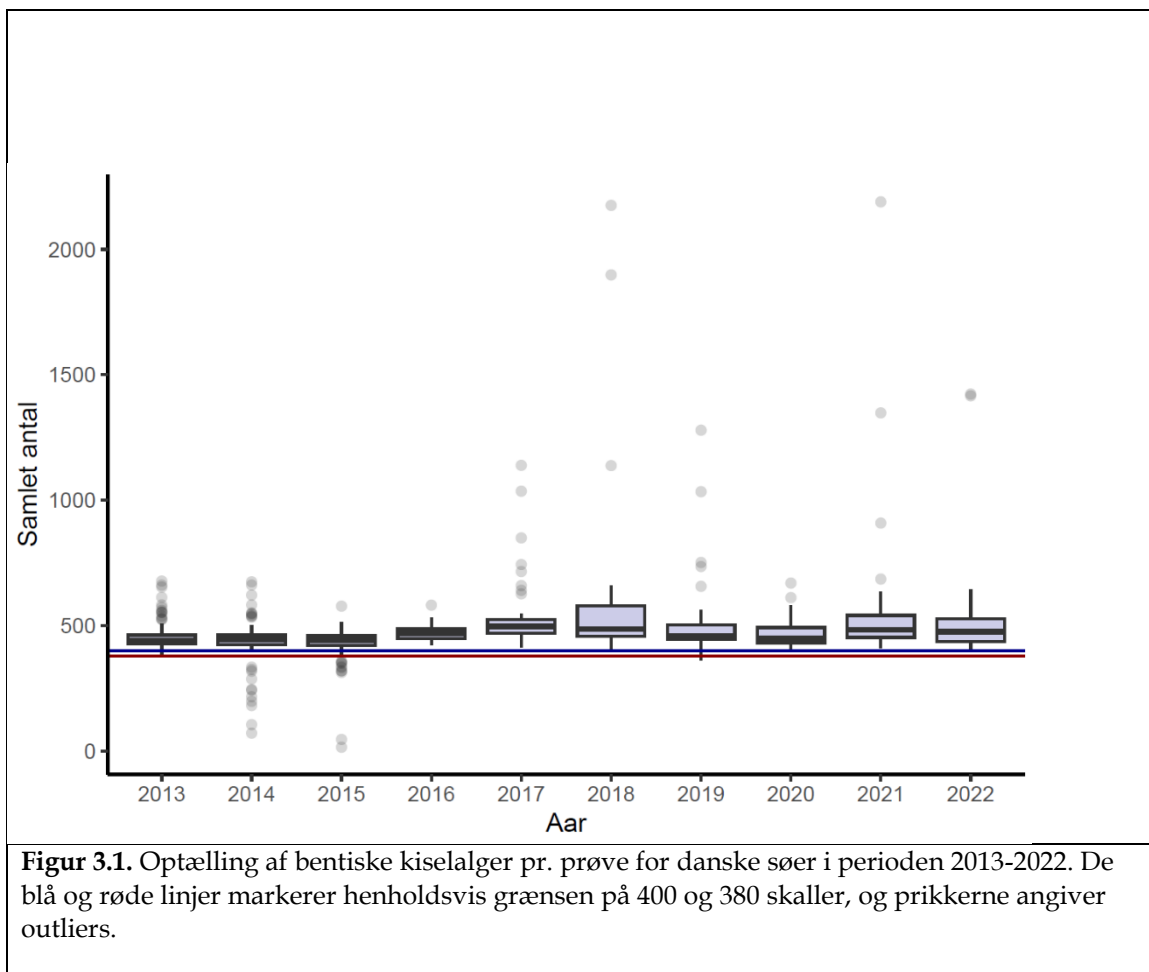
Det endelige datasæt, der blev anvendt i dette kapitel, udelukkede alle prøver, der med stor sandsynlighed indeholdt fejl. Kun data med stærke indikationer på fejlagtige værdier blev sorteret fra for at undgå en bevidst tilpasning af datasættet til potentielt forventede mønstre. En sådan tilpasning kunne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

826  
827  
828  
829  
830  
831  
832

Optællingstallet pr. variabel var den primære faktor for at udelukke prøver fra datasættet, særligt for lavere outliers, hvor antallet af kiselalgeskaller var under 380 (Fig. 3.1). Disse outliers forekom især hyppigt i 2014 og 2015 (Fig. 3.1) og var ikke relateret til særlige prøvetagningsforhold, men blev i nogle tilfælde noteret som "lavt optællingstal" 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 inkluderer den maksimale tolerance

833  
834  
835  
836

på 5 % for optællingen. Prøver med 380-400 skaller blev markeret til kontrol, men beholdt i det endelige datasæt, mens prøver med færre end 380 skaller også blev markeret og udelukket fra videre analyse.

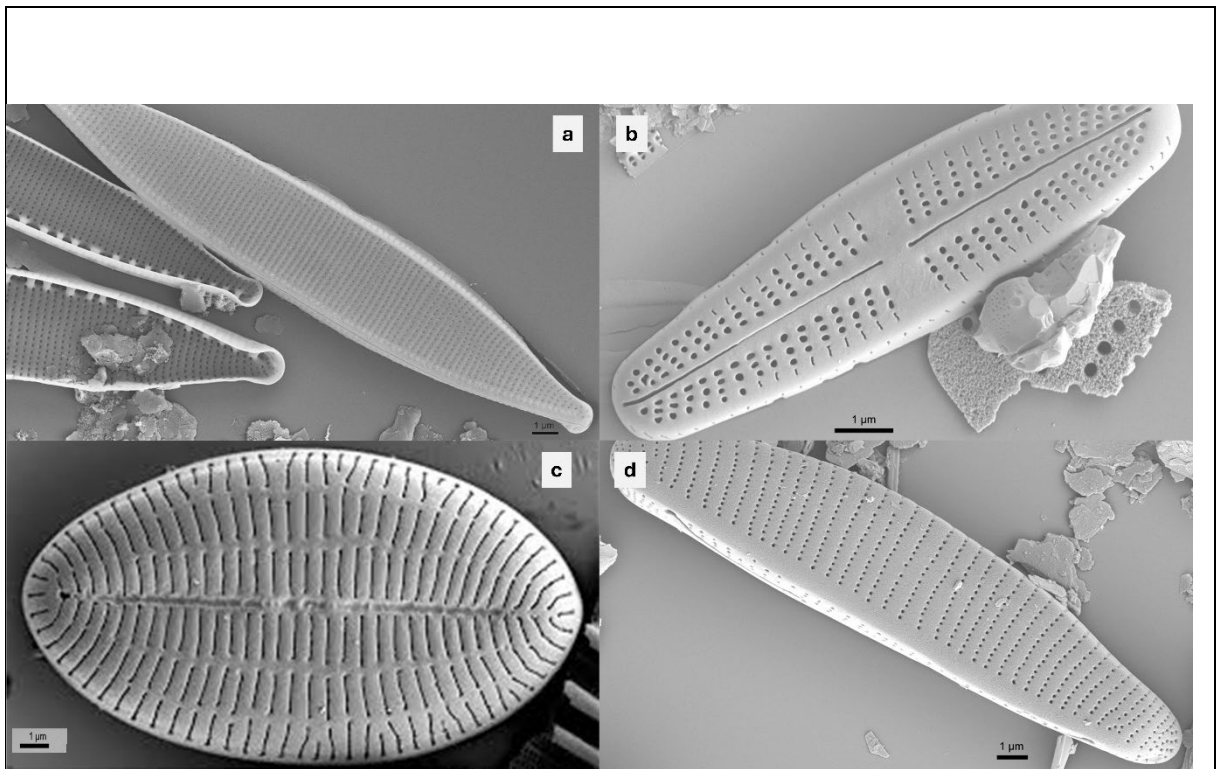


**Figur 3.1.** Optælling af bentiske kiselalger pr. prøve for danske søer i perioden 2013-2022. De blå og røde linjer markerer henholdsvis grænsen på 400 og 380 skaller, og prikkerne angiver outliers.

837  
838  
839  
840  
841

Alle stationer med høje optællingsantal svarede til prøver med stor dominans af få kiselalgearter (Fig. 3.2), hvilket - i overensstemmelse med TA SV1 v2 (Johansson & Wiberg-Larsen, 2021) - kræver en øget optælling.





**Figur 3.2.** Fire eksempler på kiselalgearter med stor dominans i danske søers fytobenthos: a. *Nitzschia palea*, b. *Achnantes minutissimum*, c. *Cocconeis placentula*, d. *Eunotia incisa*. Spaulding *et al.* (2021).

842

843

844

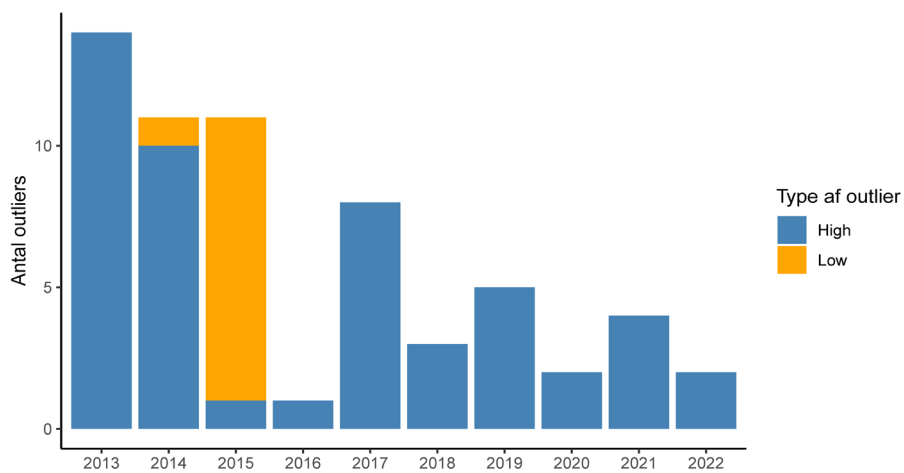
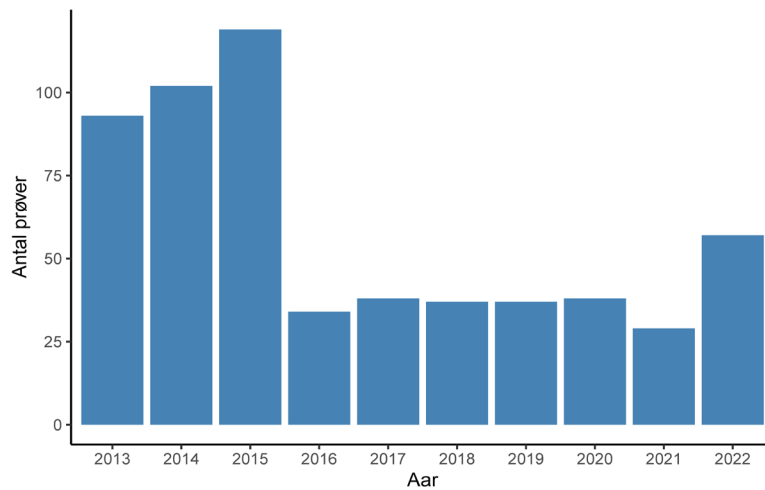
845

846

847

848

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 (Fig. 3.3). Efter dette faldt antallet af prøver pr. år drastisk, hvilket også medførte et fald i antallet af outliers (Fig. 3.3).



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

849  
850  
851

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

Variabel	Middel	Standardafvigelse	Min.	Maks.
Forekomst	492	162	381	2189
Diversitet (Shannon's)	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

852  
853

854

855

856

857

858

859

860

### Datatilgængelighed

Analysens endelige datasæt omfattede 560 prøvetagninger (i nogle tilfælde flere prøvetagninger for samme station), 593 kiselalgearter og 10 forskellige søtyper (Tabel 3.2).

**Tabel 3.2.** Data om bentiske kiselalger fra de forskellige søtyper, der er anvendt i 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

861

862

863

864

## 3.3 IPS-bentisk kiselalgeindeks

865

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

866

867

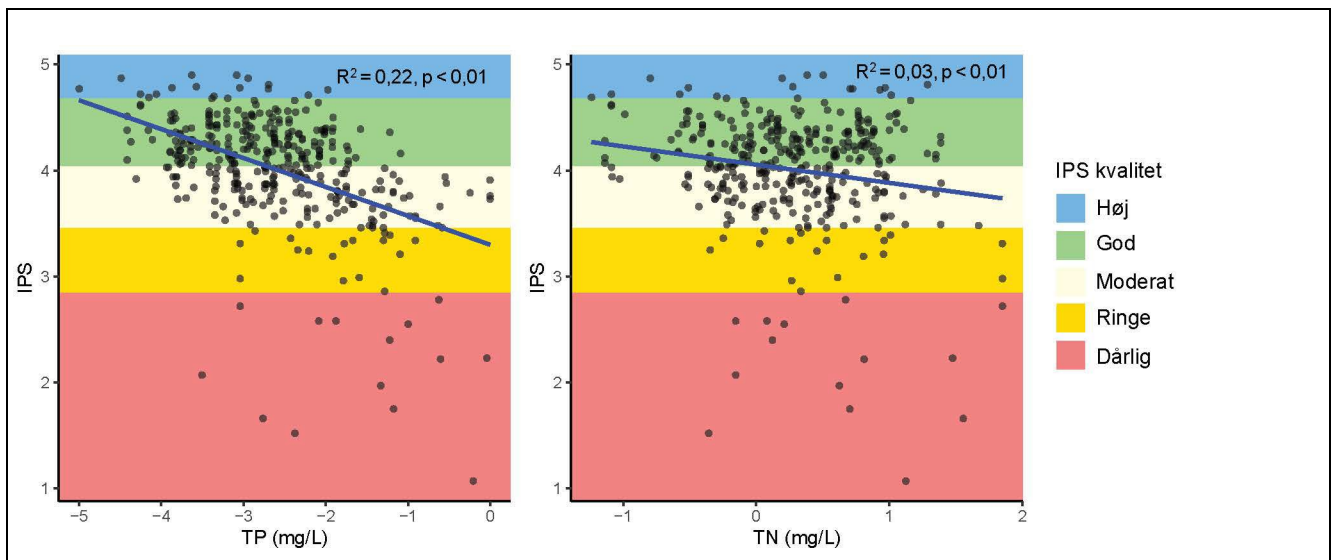
868

869

870

871

IPS-indekset viste en signifikant sammenhæng med total fosfor for søtyperne 9 og 10 med en  $R^2$  værdi på 0,22 (Fig. 3.4). Sammenhængen med totalkvælstof var også signifikant, men meget svag med en  $R^2$ -værdi på 0,03 (Fig. 3.4). Dette understøtter, at IPS er en egnet indikator for økologisk kvalitet i forhold til totalfosfor, jf. Johansson et al. (2019), men med ringe sammenhæng med totalkvælstof.



**Figur 3.4.** Sammenhæng mellem IPS og log-transformeret totalfosfor og totalkvælstof for søtype 9 og 10. R<sup>2</sup>- og p-værdier er baseret på generelle lineære modeller. Farverne svarer til kategorierne for økologisk kvalitet baseret på IPS-indekset ifølge bekendtgørelse nr. 792 om overvågning af tilstanden af overfladevand, grundvand og beskyttede områder samt naturbeskyttelse af internationale naturbeskyttelsesområder.

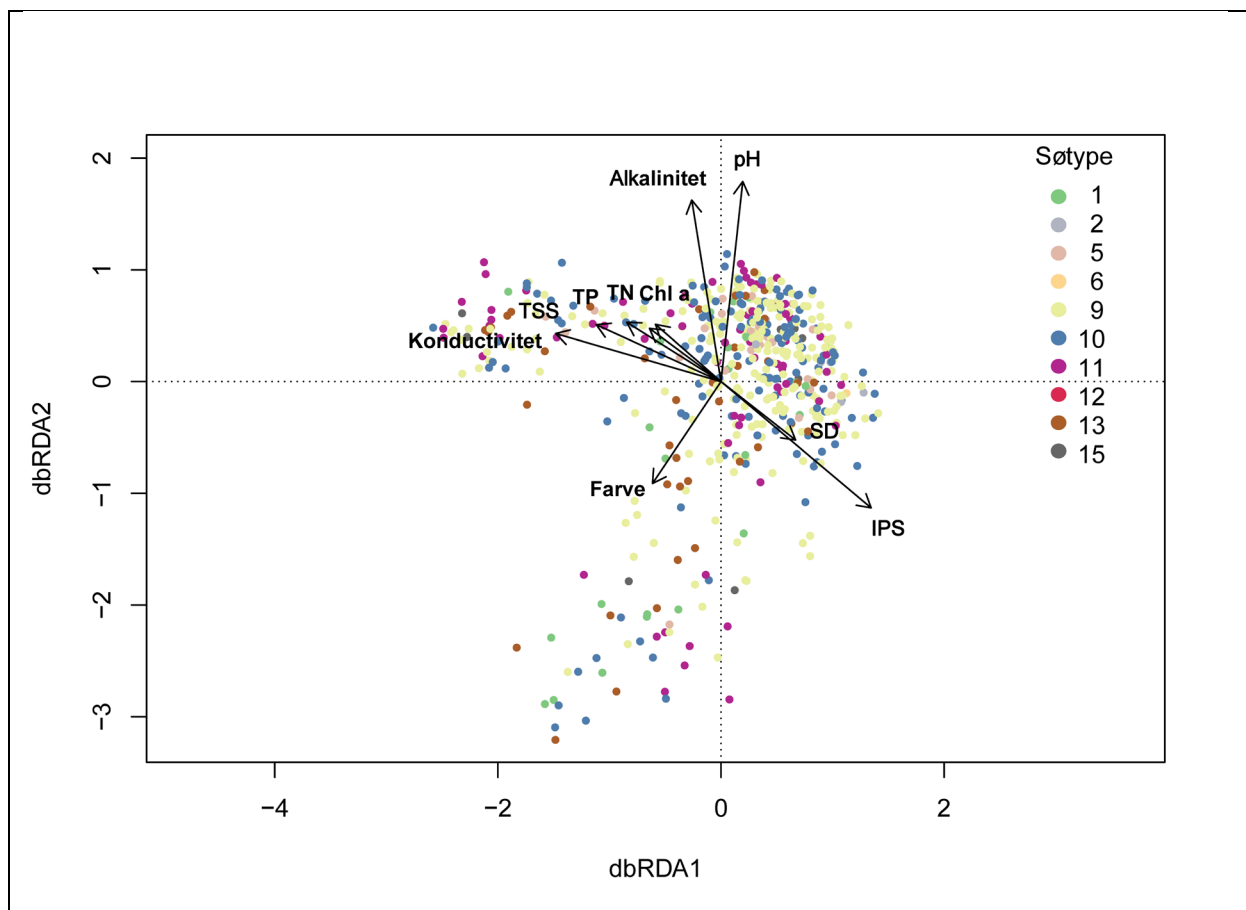
872

873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900

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 (Fig. 3.5). Især var vandets ledningsevne, total suspenderet stof (TSS), total fosfor (TP), totalkvælstof (TN), klorofyl *a* i vandet (Chl\_ *a*), alkalinitet, pH, sigtddybde (SD), IPS og farve forbundet med forskelle i kiselalgesammensætningen (Fig. 3.5).

Der var ingen forskelle mellem søtyper, der kunne forklares ved denne sammenhæng mellem variable og kiselalgesammensætningen (Fig. 3.5). I stedet var der høj variation i sammensætningen og tilknyttede variable på tværs af søtyper.

IPS-indekset for økologisk kvalitet hang positivt sammen med søernes sigtddybde (Pearsons korrelation SD, R=0,70) og negativt 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), stærkt sammen med høje næringsstofniveauer (TP, R=0,83; TN, R=0,91), lav sigtddybde (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) (Fig. 3.5). Resultaterne viste, at søer med lave næringsstofniveauer, meget klart vand, lav turbiditet og lav fytoplanktonbiomasse havde en højere økologisk kvalitet, udtrykt ved IPS.



**Figur 3.5.** Afstandsbaseret redundansanalyse (db\_RDA) af sammensætningen af benthiske kiselalger og tilknyttede miljøvariabler, inklusive IPS-indekset for økologisk kvalitet. Signifikans  $F=12,85$ ,  $p<0,001$ , for 20 % af den samlede forklarende varians. Hvert punkt repræsenterer en prøvetagning for en søtype (farvekode). Jo længere vektoren er, desto mere betydningsfuld er variabelen 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 pågældende sø. (TN: totalkvælstof, TP: totalfosfor, TSS: total suspenderet stof, SD: sigtdybde).

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

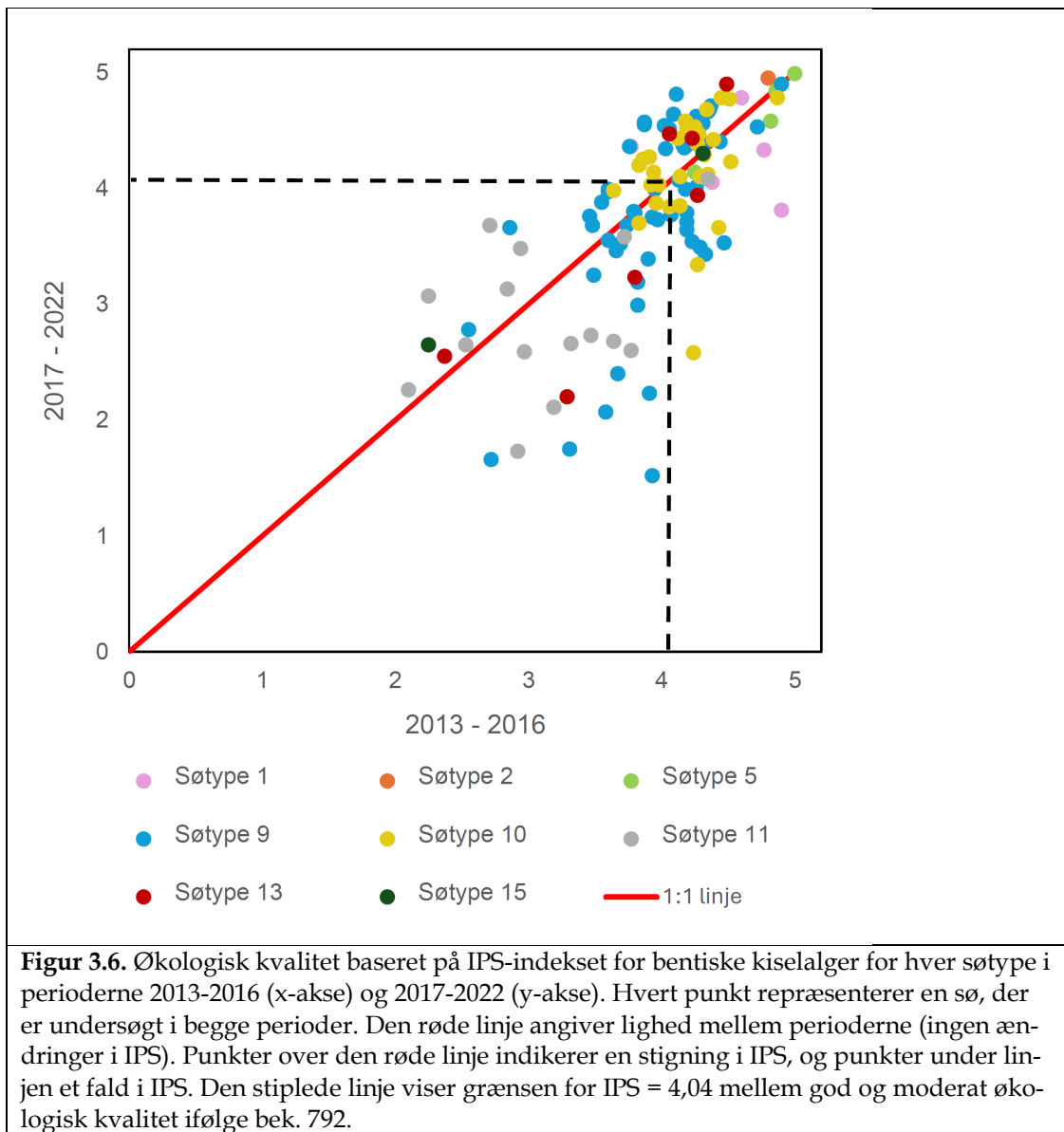
919

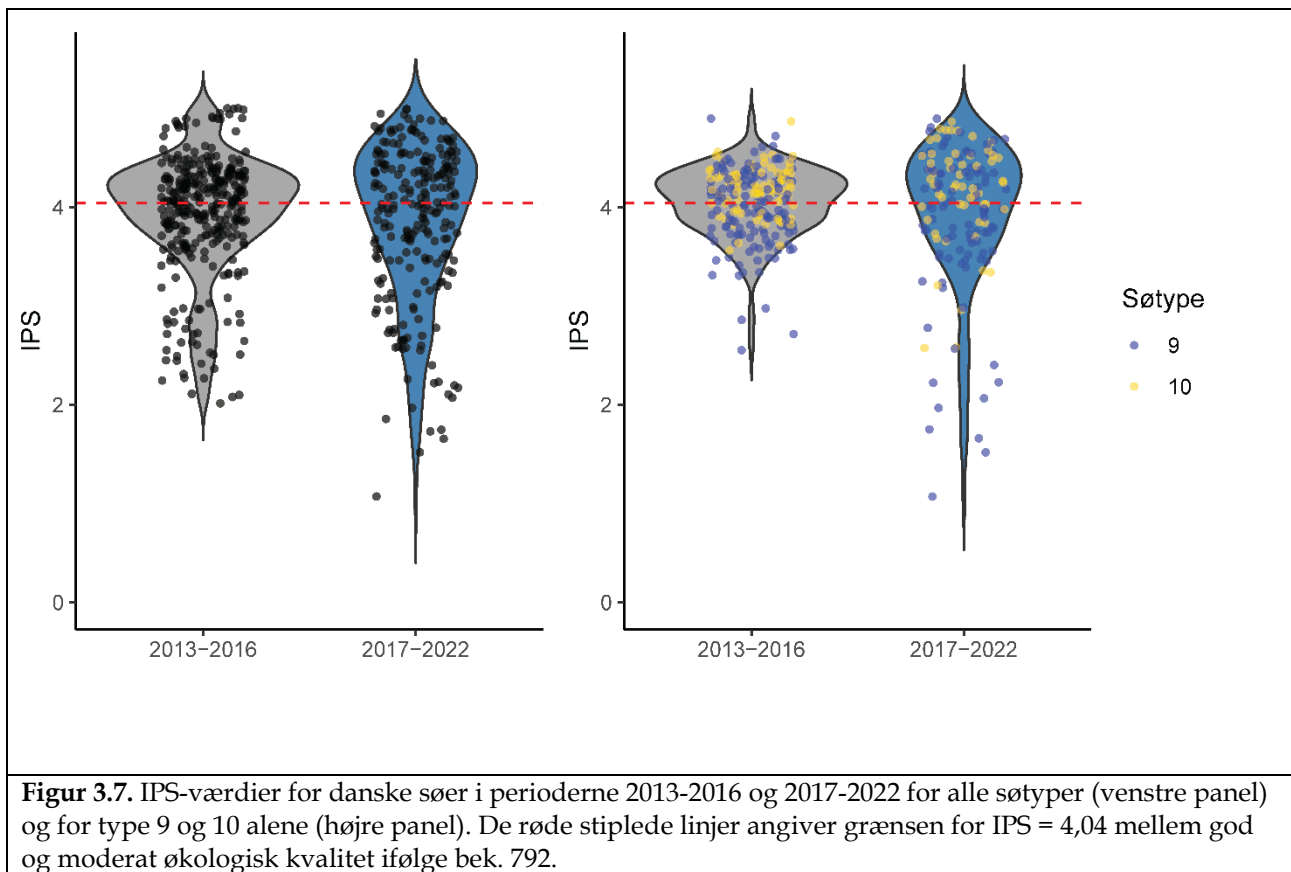
920

### 3.4 Tidsmæssig variation i IPS-indekset

For at analysere den tidsmæssige variation i IPS i danske søer er data fra perioden 2013-2016 sammenlignet med perioden 2017-2022. Til sammenligningen blev kun søer med gentagne prøvetagninger i de to perioder inkluderet. For alle søtyper havde cirka halvdelen af stationerne med gentagne målinger en IPS-værdi på 4,04 (53 %,  $N=125$ ), hvilket er under grænsen for god økologisk kvalitet ifølge *bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandet og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder nr. 792* (bek. 792).

Alle søer af type 1, 2 og 5 lå over grænsen for god økologisk tilstand i mindst én af overvågningsperioderne, mens de øvrige søer lå under (Fig. 3.6). I flere af søerne, der lå under grænserne for god økologisk tilstand i perioden 2013-2016 forværedes tilstanden yderligere i perioden 2017-2022 (Fig. 6). Samlet set var der dog ingen signifikante forskelle i IPS mellem perioderne (t-test  $T=1,29$ ,  $p=0,19$ , Fig. 3.7). Desuden var der ingen forskelle i IPS ved sammenligning af søtyperne 9 og 10 ( $T=1,69$ ,  $p=0,09$ ) alene. Disse to søtyper fulgte en lignende variation i IPS som de generelle data mellem perioderne (Fig. 3.7).





**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 kvalitet ifølge bek. 792.

922

923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931

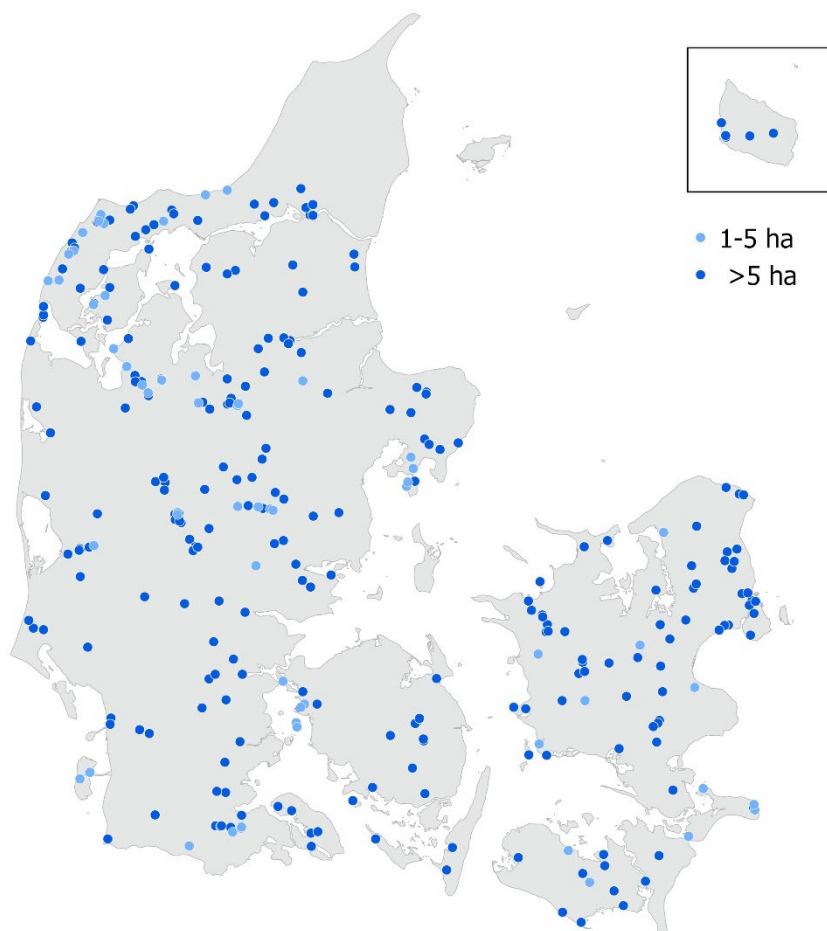
Resultaterne indikerede, at cirka halvdelen af de danske søer, der blev undersøgt mellem 2013 og 2022, ikke viste god økologisk status ifølge IPS-indekset for bentiske kiselalger. IPS hænger direkte sammen med totalfosfor, men påvirkes af samspillet mellem andre fysisk-kemiske variable. Klare søer med lavt næringsstofindhold er forbundet med højere IPS, mens højere næringsstofkoncentrationer, fytoplankton, turbiditet og alkalinitet er faktorer forbundet med lavere IPS. Resultaterne viste desuden, at der ikke var nogen overordnede ændringer i den gennemsnitlige økologiske kvalitet 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 de fastsatte mål 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. For udvalgte søer er der desuden foretaget



954  
955  
956  
957  
958  
959

sedimentanalyser, belastningsopgørelser samt analyser af opløste fraktioner af kvælstof og fosfor i vandet. Vegetationsundersøgelser er som udgangspunkt foretaget i alle søer bortset fra dem, som forventes at være i dårlig tilstand, eller søer, hvor der er viden om, at forekomsten af vegetationen er ubetydelig. Endelig er der foretaget fiskeundersøgelser i udvalgte søer i det operationelle program.

960  
961  
962  
963  
964  
965  
966

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.

967

#### 4.1 Generel tilstand

968  
969  
970  
971  
972

Søerne i den operationelle overvågning i perioden 2021-2023 omfatter i alt 10 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

973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980

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.

981  
982  
983  
984  
985  
986  
987

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 10 og 12. Dette gælder både for søer  $\geq 5$  ha og for søerne mellem 1 og 5 ha. Blandt søtyperne inden for samme størrelsesafgrænsning kan der

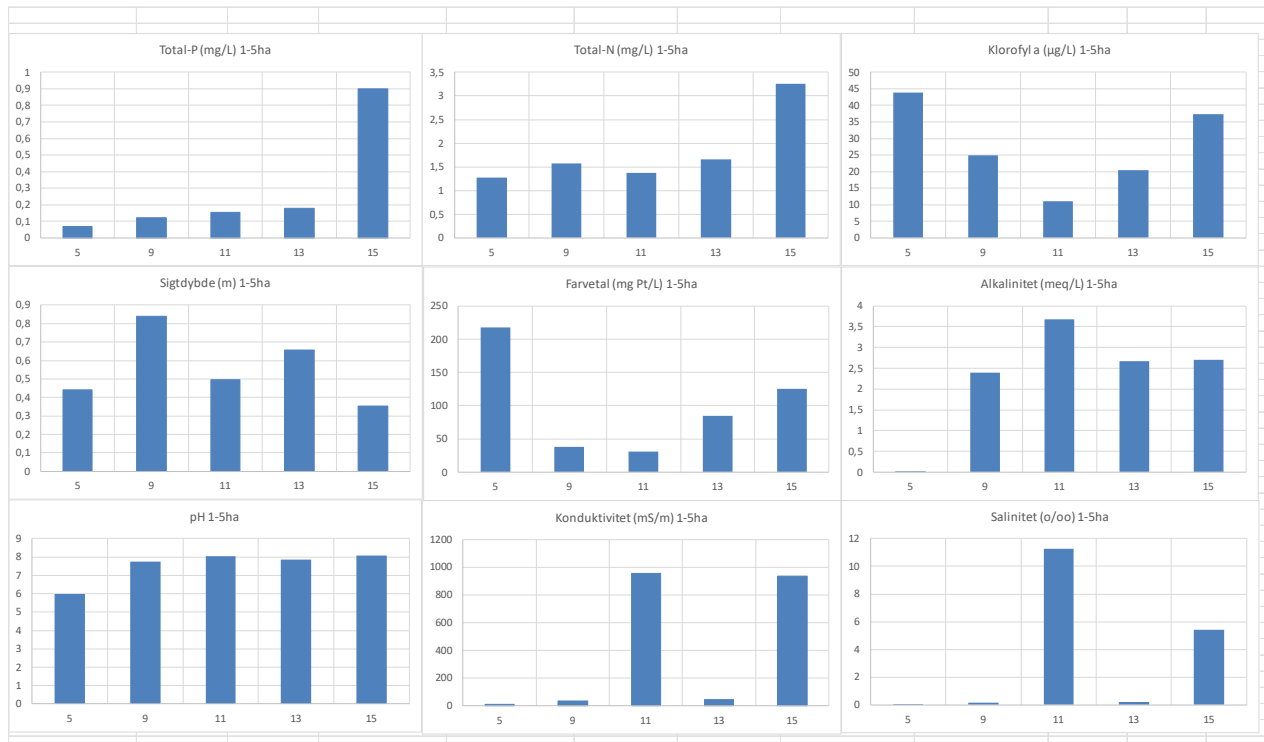
988 også være væsentlige forskelle, f.eks. blandt de brunvandede søtyper (type 5,  
989 13 og 15), hvor den lavalkaline søtype 5, er væsentligt mere brunvandet (målt  
990 på medianværdien) end de højalkaline søtyper 13 og 15.

991 Der er store forskelle i de forskellige søtypers næringsstofindhold. Den mest  
992 næringsrige søtype, hvad angår fosfor og kvælstof, er søtype 15. Det gælder  
993 både for søer  $\geq 5$  ha og søer mellem 1 og 5 ha. Det er også i denne søtype, der ses  
994 det højeste indhold af klorofyl *a* og den laveste sigtddybde. De mest næringsfat-  
995 tige søtyper er søtype 1, 2 og 10, hvilket er sammenfaldende med de laveste  
996 koncentrationer af klorofyl *a* og højeste sigtddybder. For søerne  $\geq 5$  ha er sigt-  
997 dybden højest i søtype 2 og 10 med en mediansigtddybde på 3,4 m. I nogle af  
998 søtyperne kan en relativt lav sigtddybde skyldes, at søerne er så lavvandede,  
999 at sigtddybden er lig med vanddybden.

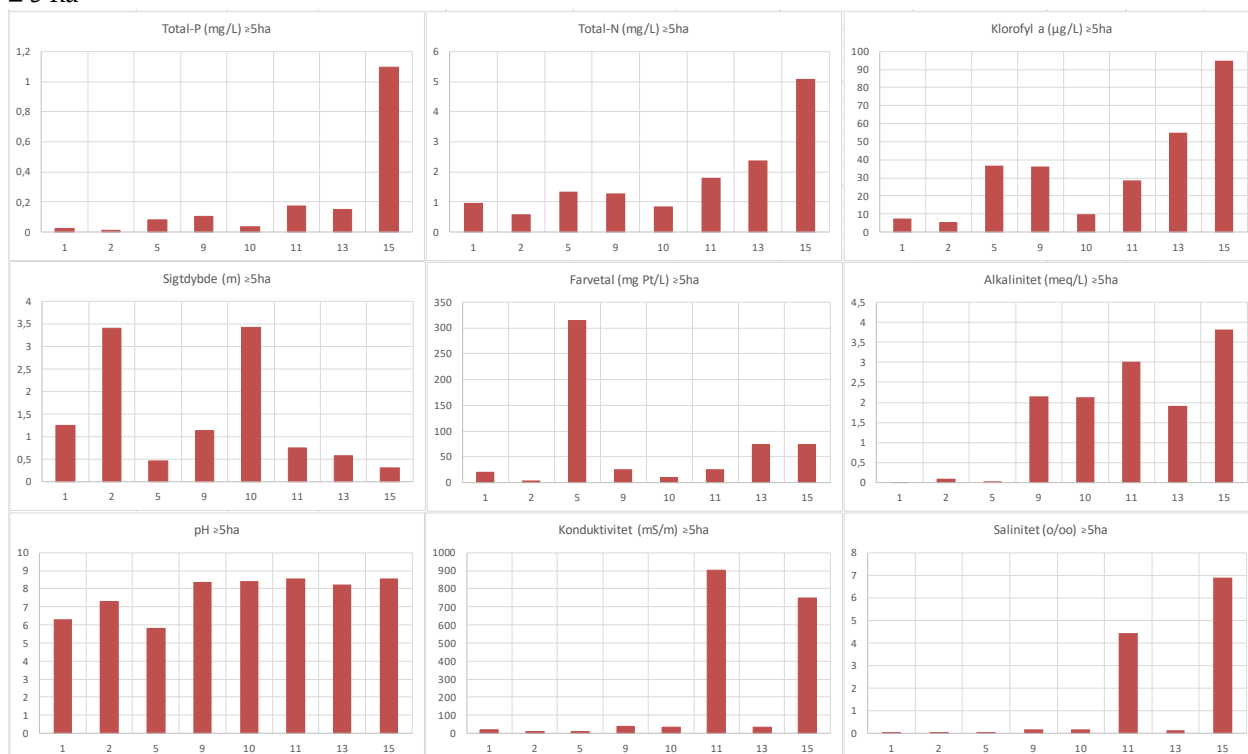
1000 Forekomst og udbredelse af undervandsplanter varierer ligeledes meget imel-  
1001 lem de forskellige søtyper. I søerne større end 5 ha er dækningsgraden og  
1002 planternes dybdegrænse størst i søtype 1 og 11, hvor medianværdien for dæk-  
1003 ningsgraden ligger på 20-22 %.

1004

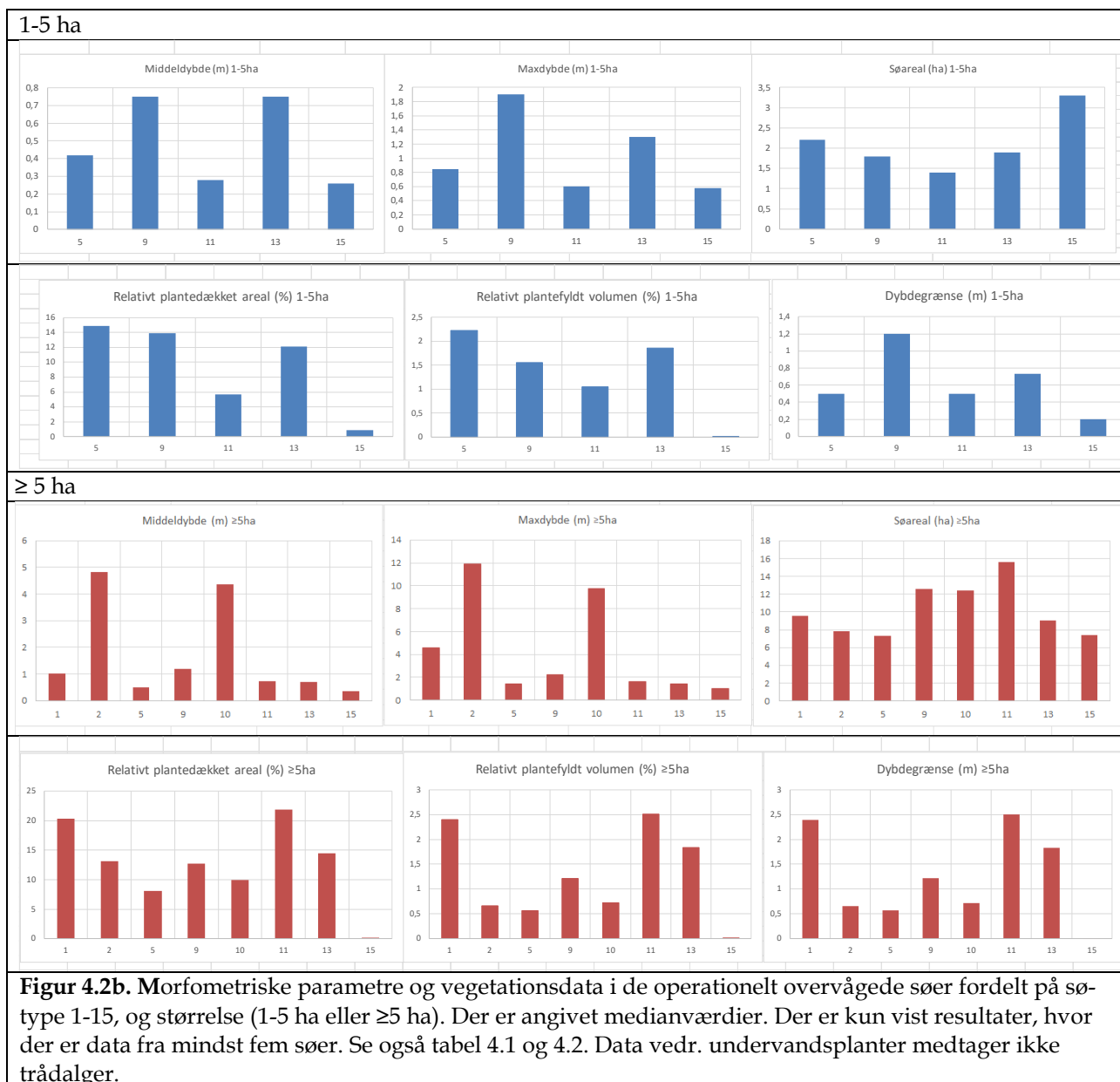
## 1-5 ha



## ≥ 5 ha



**Figur 4.2a.** Vandkemiske parametre samt sigtdybde i de operationelt overvågede søer fordelt på søtype 1-15 og størrelse 1-5 ha (øverst) og ≥5 ha (nederst). Der er angivet medianværdier. 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.



**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 er data for flere år, indgår søen med den gennemsnitlige værdi. Søer, i hvilke der ikke er registreret undervandsplanter, indgår ikke i opgørelser over dybdegrænse.

Type 1	Gns.		Median		Min.		Max.		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
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
Sigt dybde (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 (promille)	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.		Max.		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
Type 2										
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 (µg/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 (promille)	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.		Max.		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
Type 5										
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
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 (promille)	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.		Max.		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
Type 9										
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
Sigt dybde (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 (promille)	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.		Max.		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
Type 10										
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
Sigt dybde (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
Konduktivitet (mS/m)	21	37	21	35	21	9	21	89	1	51
Salinitet (promille)	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.		Max.		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
Type 11										
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 (promille)	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.		Max.		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
Type 12										
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 (promille)		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.		Max.		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
Type 13										
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
Sigt dybde (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 (promille)	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.		Max.		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
Type 14										
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
Sigt dybde (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 (promille)										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.		Max.		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
Type 15										
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
Sigt dybde (m)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,5	0,7	7	9
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 vo- lumen, 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

1015

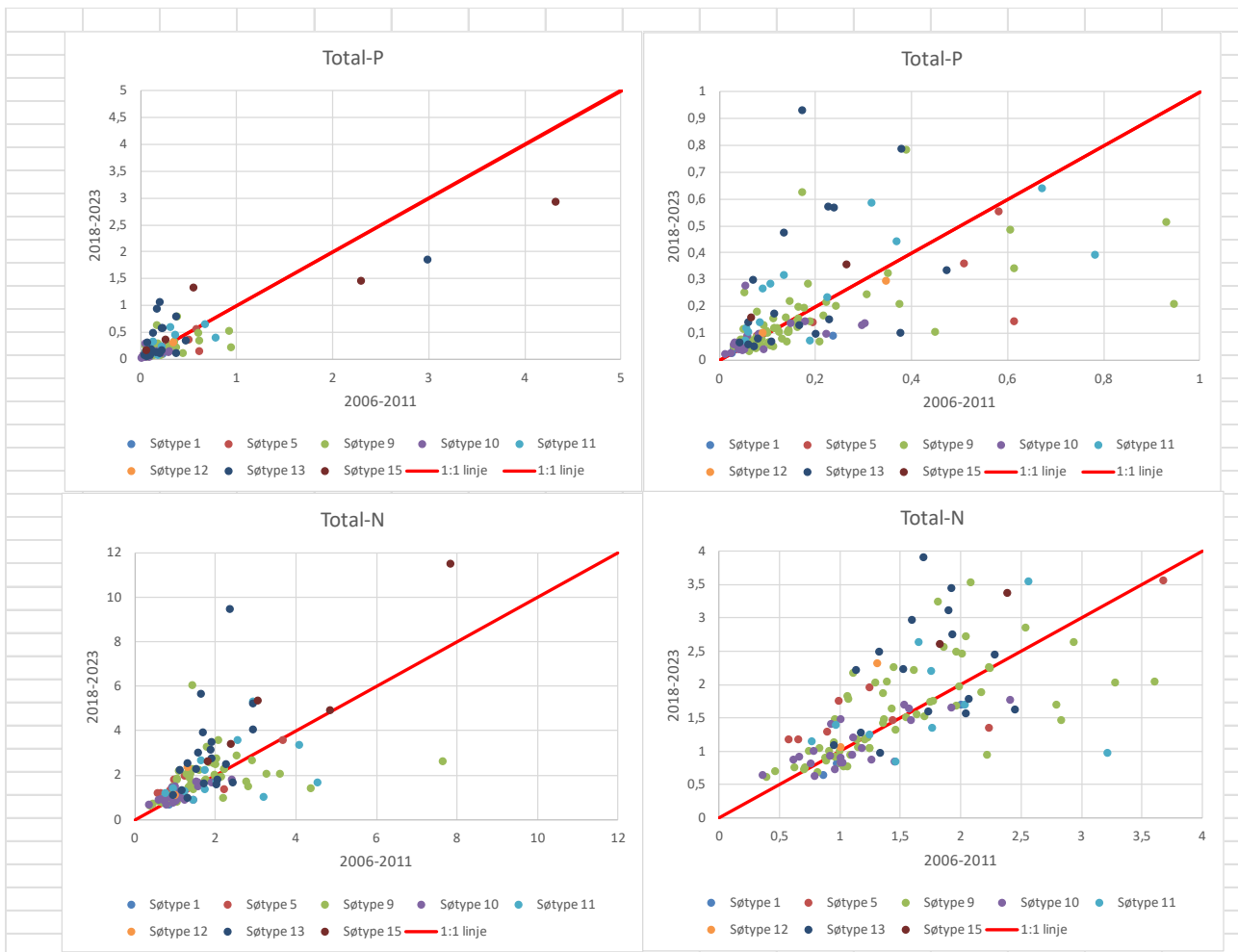
1016 **4.2 Vandkemi, udviklingstendenser**

1017 På samme måde som for KT-søerne i kapitel 2 er der foretaget sammenstilling  
1018 af næringsstofdata fra de tre seneste seksårsperioder. I alt er der 137 søer fra  
1019 den operationelle undersøgelse, der blev undersøgt i perioden 2021-2023, som  
1020 tillige er undersøgt mindst én gang i begge de foregående seksårsperioder,  
1021 dvs. 2006-2011 og 2012-2017. Sammenligningen mellem den seneste seksårige  
1022 periode (2018-2023) og seksårsperioden fra 2006-2011 er vist som scatterplot i  
1023 figur 4.3. Resultaterne for alle tre seksårsperioder er illustreret ved boxplots i  
1024 figur 4.4. Det skal bemærkes, at de operationelt overvågede søer er udvalgt  
1025 med en anden baggrund end KT-søerne, og at der derfor ikke nødvendigvis  
1026 kan forventes samme udviklingsmønster.

1027 Der er testet for signifikante ændringer for alle søtyper tilsammen og for de  
1028 enkelte søtyper for totalfosfor og totalkvælstof mellem perioderne 2006-2011  
1029 og 2018-2023 og mellem de to seneste perioder 2012-2017 og 2018-2023. Resul-  
1030 taterne ses i tabel 4.5. Der er kun foretaget test for forskelle for de søtyper,  
1031 hvor der findes mindst 10 søer, dvs. type 9, 10, 11 og 13 samt for søerne samlet  
1032 set. Se kapitel 2 og bilag for forklaring af de statistiske tests, der afgør, om der  
1033 er forskel mellem de sammenlignede perioder. Der henvises også til kapitel 2  
1034 for uddybende forklaringer ang. boxplots.

1035 Ved sammenstillingerne af data fra søerne i den operationelle overvågning  
1036 ses kun en signifikant forskel for totalkvælstof i søtype 13, idet værdierne er  
1037 højere i perioden 2018-2023 end i både 2006-2011 og 2012-2017 (tabel 4.5).

1038



**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 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 4.5.

1039  
1040

**Tabel 4.5.** 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 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 10 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*)	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*)	Total-N
9	63	-	-
10	23	-	-
11	13	-	-
13	20	-	0,02 (+)
Alle søer	137	-	-

1042

1043

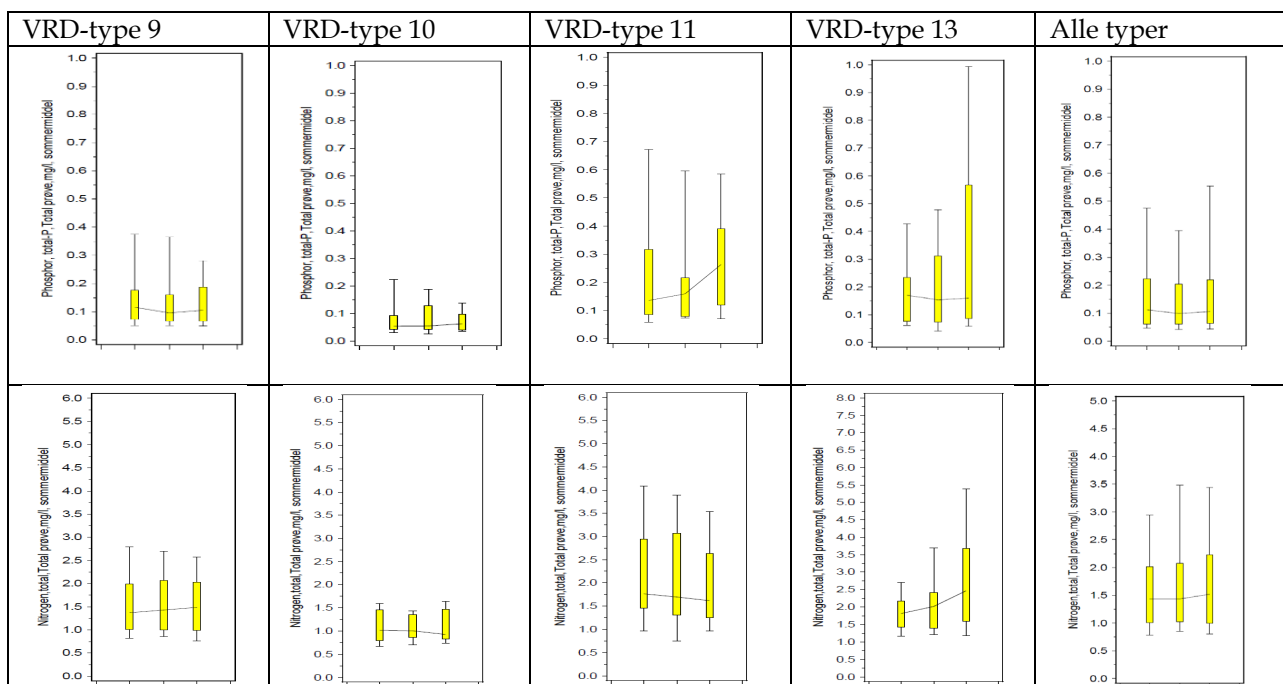


Fig. 4.4 Boxplots, der fra oven illustrerer forskellen i henholdsvis totalfosfor (øverst) og totalkvælstof, mellem de tre seksårige perioder 2006-2011, 2012-2017, 2018-2023 i 137 af de søer, der indgår i den operationelle overvågning i perioden 2021-2023. Der er vist plots for alle søer tilsammen og for de fire søtyper med flest data. Kun typer, hvortil der kan henføres mere end 10 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 4.5.

1044

1045

## 5 Klima og afstrømning

1046  
1047  
1048  
1049  
1050  
1051

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.

1052  
1053  
1054  
1055  
1056  
1057

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.

1058  
1059  
1060  
1061  
1062  
1063

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.

1064  
1065  
1066  
1067  
1068  
1069  
1070

Klimadata vist i dette afsnit er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://no-vana.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).

1071  
1072

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

1073

### 5.1 Temperatur og global indstråling

1074  
1075  
1076  
1077  
1078  
1079

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, 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 (figur 5.2A).

1080  
1081  
1082  
1083  
1084

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).

1085

### 5.2 Nedbør

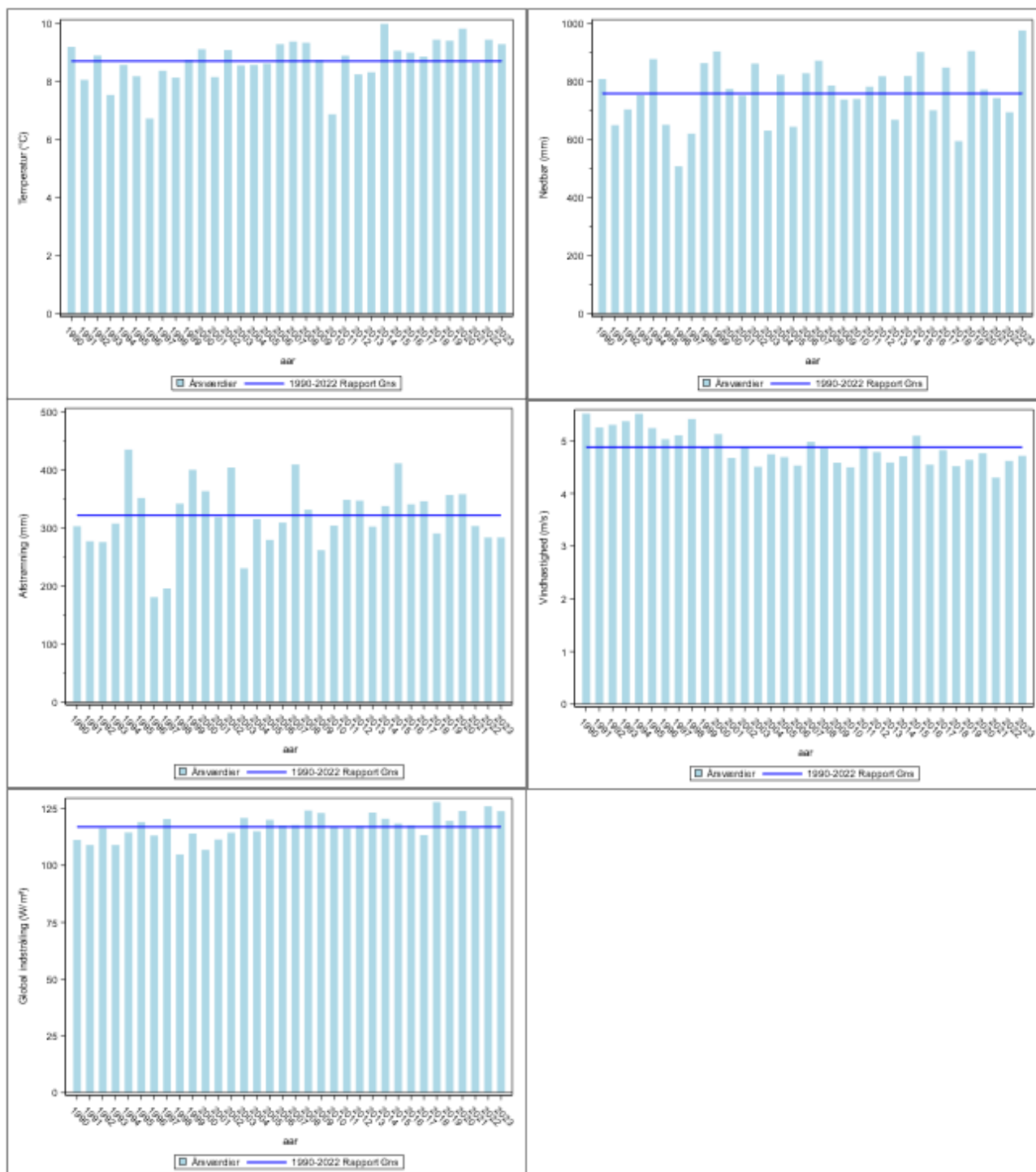
1086  
1087

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-

1088  
1089  
1090  
1091  
1092  
1093

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).

1094



**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.



1098

1099

1100

1101

1102

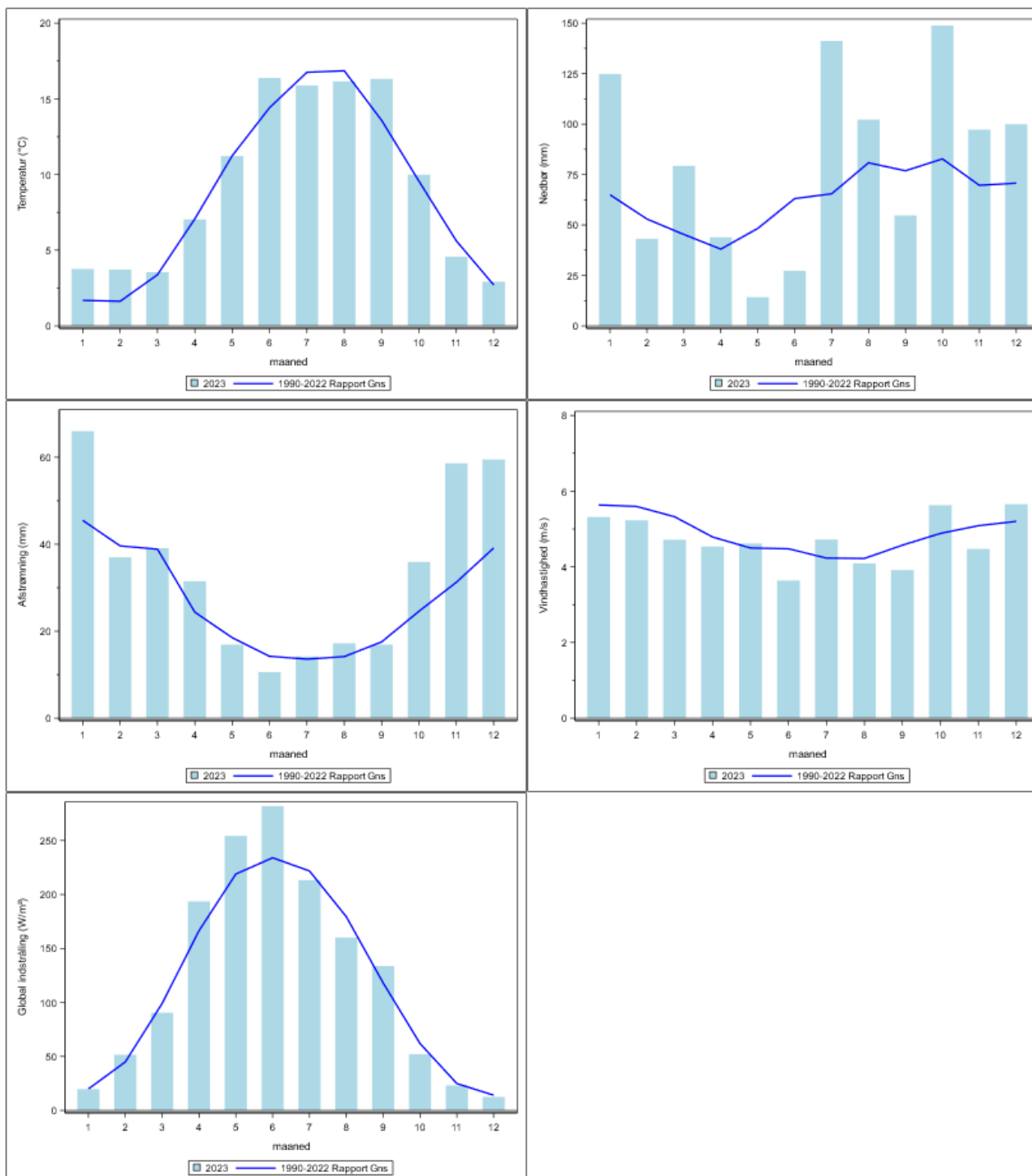
1103

1104

1105

### 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).

1106

## 5.4 Vindforhold

1107

1108

1109

1110

1111

1112

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).

1113

## 6 Referenceliste

- 1115 Bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og be-  
 1116 beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale natur-  
 1117 beskyttelsesområder. BEK nr. 792 af 13/06/2023
- 1118
- 1119 Cemagref (1982): Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantita-  
 1120 tive de la qualité des eaux. Rapport. Q.E., Lyon-A.F. Bassion Rhône Méditer-  
 1121 anée Corse 218.
- 1122
- 1123 Den Europæiske Union (1992). Rådets direktiv nr. 92/43/EØF af 21. maj 1992  
 1124 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter. (Habitatdirektivet). EF-  
 1125 tidende L206 af 22. juli, s. 7-50.
- 1126
- 1127 Den Europæiske Union (2000). Europaparlamentets og rådets direktiv nr.  
 1128 2000/60/EC af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesska-  
 1129 bets vandpolitiske foranstaltninger. (Vandrammedirektivet). EF-tidende L327  
 1130 af 22. december s. 1-73.
- 1131
- 1132 Fredshavn, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Damgaard, C., Therkildsen, O.R., El-  
 1133 meros, M., Wind, P., Johansson, L.S., Baisner Alnøe, A., Dahl, K., Nielsen,  
 1134 E.H., Pedersen, H.B., Sveegaard, S., Galatius, A. & Teilmann, J. (2019). Beva-  
 1135 ringsstatus for naturtyper og arter – 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-  
 1136 rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52  
 1137 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr.  
 1138 340. <http://dce2.au.dk/pub/SR340.pdf>
- 1139
- 1140 Fredshavn, J.F., Jørgensen, T.B. & Moeslund, B. (2009). Beregning af naturtil-  
 1141 stand for vandhuller og mindre søer. Tilstandsvurdering af Habitatdirektivets  
 1142 søtyper. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 38 s. – Faglig rap-  
 1143 port fra DMU nr. 706.
- 1144
- 1145 <http://www.dmu.dk/Pub/FR706.pdf>
- 1146 Johansson, L.S., Søndergaard, M., Larsen, S.E. & Bjerring, R. (2019): Udvik-  
 1147 ling af biologisk indeks for fytobenthos i danske søer, Aarhus Universitet,  
 1148 DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 98 s. - Videnskabelig rapport nr.  
 1149 324.
- 1150
- 1151 Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Sørensen, P.B. 2024. Søer 2022. NOVANA.  
 1152 Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 96 s. - Viden-  
 1153 skabelig rapport nr. 591  
 1154 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige\\_rap-  
 1155 porter\\_500-599/SR591.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR591.pdf)
- 1156
- 1157 Johansson, L.S. & Wiberg-Larsen, P. (2021): Bentiske kiselalger – oparbejd-  
 1158 ning af prøver fra søer og vandløb, TA SV1 version 2, Aarhus Universitet,  
 1159 DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s.
- 1160
- 1161 Kelly, M.G., King, L., Jones, R.I., Barker, P.A. & Jamieson, B.J. (2008): Validat-  
 1162 ion of diatoms as proxies for phytobenthos when assessing ecological status  
 1163 in lakes. *Hydrobiologia* 610: 125-129.
- 1164

1165 Lecointe, M., Coste, M. & Ector, L. (2016): Logiciel OMNIDIA version 6: re-  
1166 fonte complète, 35ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue  
1167 Française, Luxembourg, 13-15 septembre 2016, 38 p. [www.omnidia.fr](http://www.omnidia.fr)  
1168

1169 Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. (2002). Statistisk optimering af  
1170 monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. 195 s.  
1171 – Faglig rapport fra DMU, nr. 424.  
1172 [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/rapporter/FR426.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR426.pdf).  
1173

1174  
1175 Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Søndergaard, M., Thodsen, H. & Blicher-  
1176 Mathiesen, G. (2020). Forskelle i målt koncentration af totalkvælstof og total-  
1177 fosfor i ferskvand ved at anvende de to oplukningsmetoder til organisk stof;  
1178 autoklave- og UV-metode. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for  
1179 Miljø og Energi, 53 s. – Fagligt notat nr. 38.  
1180 [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)  
1181

1182  
1183 Larsen, S.E., Windolf, J., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Bli-  
1184 cher-Mathiesen, G. (2018). Genopretning af fejlbehæftede kvælstof- og fosfor-  
1185 analyser. Ferskvand. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og  
1186 Energi, 72 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi  
1187 nr. 110.  
1188

1189 Miljøstyrelsen – søtyper. <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandomraadeplaner/vandplanprojekter/soeprojekter/ny-typeinddeling-af-de-danske-soeer/>  
1190  
1191

1192  
1193 Miljøstyrelsen (2023). NOVANA Det nationale overvågningsprogram for  
1194 vandmiljø og natur 2023-27. 188 s. ISBN: 978-87-7038-556-5  
1195 <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf>  
1196  
1197

1198 Poikane, S. (Ed.), Kelly, M., Ács, E., Bertrin, V., Bennion, H., Borics, G., Bur-  
1199 gess, A., Denys, L., Ecke, F., Kahlert, M., Karjalainen, S.M., Kennedy, B.,  
1200 Marchetto, A., Morin S., Picinska-Fałtynowicz, J., Phillips, G., Schönfelder, I.,  
1201 Schönfelder, J., Urbanič, G., van Dam, H. & Zalewski, T. (2014): Water  
1202 Framework Directive Intercalibration Report. Lake phytobenthos ecological  
1203 assessment methods, European Commission Joint Research Centre, Institute  
1204 for Environment and Sustainability.  
1205

1206 Spaulding, S.A., Potapova, M.G., Bishop, I.W., Lee, S.S., Gasperak, T. S., Jo-  
1207 vanoska, E. & Edlund, M.B. (2021): *Diatoms.org*: supporting taxonomists,  
1208 connecting communities. *Diatom Research* 36(4): 291-304.  
1209 <https://doi.org/10.1080/0269249X.2021.2006790>  
1210

1211 Søndergaard, M., Jeppesen, E. & Jensen, J.P. (1999). Danske søer og deres re-  
1212 staurering. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. Temarapport fra DMU nr. 24.  
1213 Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. Temarapport fra DMU nr. 24.  
1214 Thodsen m.fl. (2024) Vandløb 2023. **Videnskabelig rapport xxx**  
1215

1216 Tornbjerg, H., Søndergaard, M., Johansson, L.S. & Larsen, S.E. (2021). Korrek-  
1217 tion af totalkvælstofanalyser foretaget på søprøver i perioden 2007-2017. Aar-  
1218 hus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 13 s. Fagligt notat  
1219 nr.2021 | 62

1220  
1221  
1222

[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).

1223

## Bilag 1. Datagrundlag og metoder

1224  
1225  
1226  
1227  
1228

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).

1229  
1230  
1231  
1232  
1233  
1234

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/>

1235  
1236  
1237  
1238  
1239

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).

1240

### Beregning af tidsvægtede gennemsnit

1241  
1242  
1243  
1244  
1245  
1246  
1247  
1248  
1249  
1250  
1251

*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.

1252  
1253  
1254  
1255  
1256  
1257  
1258  
1259  
1260  
1261

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

1262

### Analyse af tidsmæssig udvikling i søerne i kontrolovervågningen

1263  
1264  
1265  
1266  
1267

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

1268 alternative hypotese er, at der er en statistisk sikker udviklingstendens. Vi har  
1269 anvendt et signifikansniveau på 10 %, hvorfor der i flere tilfælde kun er tale om  
1270 udviklingstendenser. I præsentationen er der dog foretaget opdeling i fire klas-  
1271 ser baseret på testsandsynligheden: <10 %, <5 %, <1 % og <0,1 %.

1272 **Sammenligning af resultater for vandkemi og naturtilstand mellem to seks-**  
1273 **års perioder i henholdsvis KT-søer og i kontrolovervågningen af habitatna-**  
1274 **turtyper i søer.**  
1275 Data for de enkelte parametre er i nogle tilfælde logaritmetransformeret, og  
1276 vha. *Shapiro-Wilk*-testen er det undersøgt, om forskellene mellem perioderne  
1277 i de enkelte søer er normalfordelt. Ved normalfordeling anvendes der en par-  
1278 ret t-test for at afgøre, om der samlet set er forskel mellem perioderne. Hvis  
1279 data ikke er normalfordelt, testes forskellen vha. en *Wilcoxon signed rank* test.

1280 **Automatisk beregnede data og kvalitetssikring**  
1281 Data indsamlet i NOVANA er registreret i databasen VanDa. Desuden er ve-  
1282 getationsparametrene RPA (Relativt Plantedækket Areal) og RPV (Relativt  
1283 Plantefyldt Volumen) samt fiskeundersøgellesparametrene CPUE (Catch Per  
1284 Unit Effort) beregnet i VanDa. Disse beregnede data er anvendt i denne rap-  
1285 portering. Data i VanDa er kvalitetssikret af SGAV og DCE.

1286 En beskrivelse af kvalitetssikringsprocessen for data i VanDa, foretaget af  
1287 SGAV kan ses i de datatekniske anvisninger på  
1288 [AU Ecoscience - Fagdatacenter for ferskvand](#). Beskrivelser af kvalitetssikring  
1289 foretaget af DCE er beskrevet i et særskilt notat, der findes på ovennævnte  
1290 link.