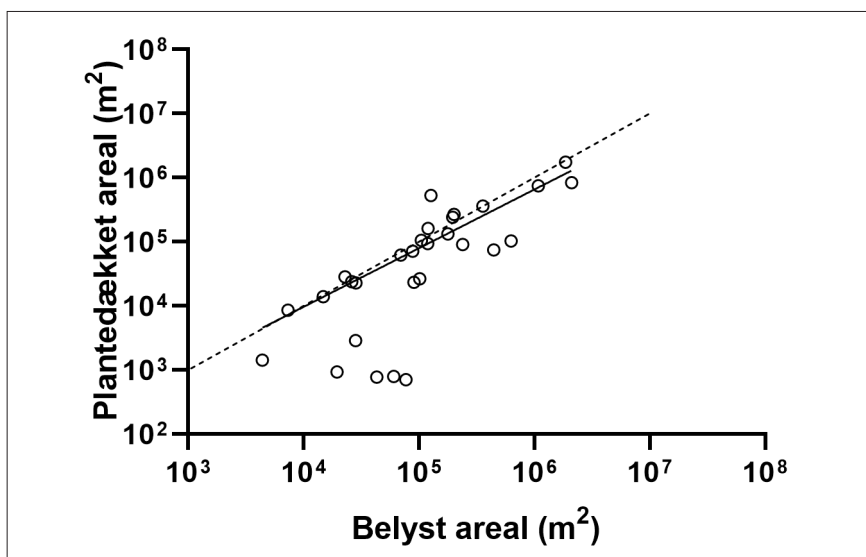


Vandplanternes artsrigdom og udbredelse i nye søer

Vandplanter spiller en vigtig rolle i søer. De bidrager både direkte til søernes biodiversitet og indirekte ved at skabe fødegrundlag og levesteder for smådyr, fisk og fugle. Derudover har vandplanter en række strukturerende effekter, der kan forbedre søernes vandkvalitet. Vi studerer her de fysiske og miljømæssige forhold, der påvirker udbredelsen og artsrigdommen af vandplanter i nye søer. Herved kan vi bidrage til at identificere den optimale fysiske udformning af nye søer.

LARS BÅSTRUP-SPOHR, JONAS STAGE SØ,
KENNETH THORØ MARTINSEN, NATHALIE
BRANDT ZAK, EMIL KRISTENSEN, THEIS
KRAGH, MARTIN SØNDERGAARD, JENS
BORUM & KAJ SAND-JENSEN

Vandplanternes udbredelse varierer kraftigt mellem forskellige søer. I dybe og uklare søer er kun en lille del af søbunden dækket af planter, mens lavvandede søer med klart vand ofte har et stort plantedække. Det er altså især lysintensiteten, der når søbunden, som styrer plantedækket selvom andre faktorer også spiller ind. For biodiversiteten af vandplanter, som handler både om antal arter, arternes indvidtal og indbyrdes hyppighed, kan forklaringen på forskellene mellem søer være en smule mere kompliceret. Der findes dog den generelle regel i økologien: jo større areal des flere arter. Derfor forventer man, at det plantedækkede areal påvirker antallet af arter positivt. Et større areal med vegetation giver både mere plads og større heterogenitet i levestederne. Endvidere betyder store bestande, at der er mindre risiko for, at arter forsvinder af tilfældige årsager. Yderligere kan man forestille sig, at søer med en bugtet kystlinje og mange øer vil have flere arter, fordi der eksisterer flere levesteder.

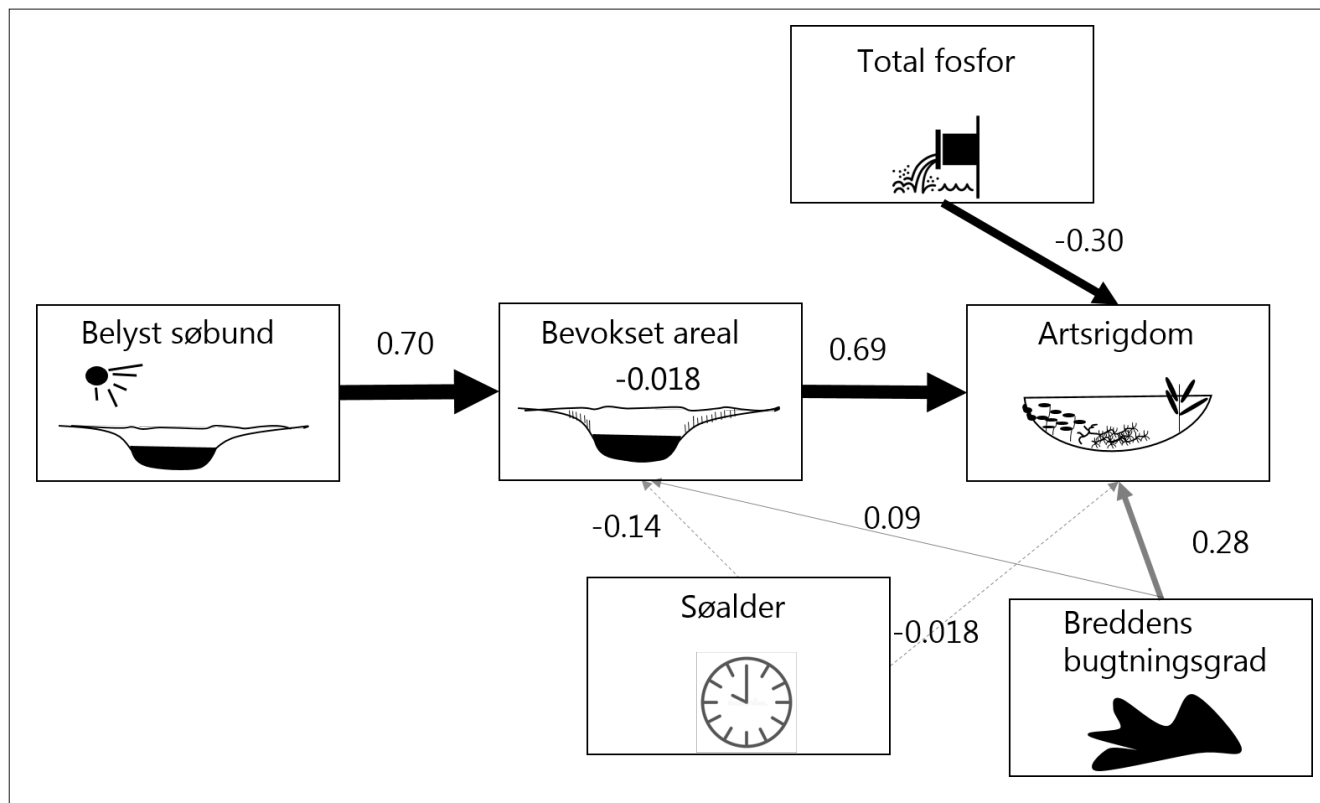


Figur 1. Det plantedækkede areal stiger med det belyste areal. Den fuldt optrukne linje er regressionslinjen, mens den stiplede er 1:1 linjen. Plottet er vist med logaritmiske akser.

Artsrigdommen i en sø omfatter en lang række arter, der alle har deres egne udbredelsesmønstre. Udbredelsesmønstrene er i høj grad bestemt af arternes præferencer for forskellige miljøforhold, deres evne til at sprede sig og deres konkurrencemæssige foråen. Det er derfor vigtigt at undersøge, hvilke arter der er almindelige og forekommer i mange søer og hvilke der er sjældne og kun vokser i få søer. Hvilke særlige karakteristika, der kendetegner de almindelige og sjældne

arter, får særlig opmærksomhed.

For nye søer kan søens alder fra den blev dannet til den blev undersøgt have en særlig betydning for både plantedækket og artsrigdommen. Man kan forvente, at alderen påvirker det plantedækkede areal, så der i helt nye søer var få planter, selvom lyset var til stede, pga. forsinket indvandring. Ligeledes kan man forestille sig, at artsrigdommen vil stige med tiden efterhånden, som arterne indvandrer, indtil artsrigdommen topper.



Figur 2. Sammenhænge mellem det belyste bundareal, det bevoksede areal og artsrigdommen i nye søer. Sorte pile angiver signifikante sammenhænge, mens grå pile viser ikke-signifikante sammenhænge. Fuldt optrukne pile er positive sammenhænge mens stiplede pile er negative sammenhænge. Tallene ved hver pil angiver de standardiserede estimater af effekten af en given sammenhæng. Effekten af breddens bugtningsgrad på artsrigdommen udviser en tydelig positiv tendens, som er tæt på signifikant ($P = 0.052$). Model: Structural equations model.

Vi analyserer her udviklingen i vegetationen af vandplanter i 31 nye søer for på den måde at udpege de faktorer, der fremmer et udbredt plantedække og en høj biodiversitet.

Vandplanternes artsrigdom og udbredelse i nye søer

Af de undersøgte søer er 25 meget næringsrige lavvandede søer med middeldybder fra 0,3 til 2,7 m, mens de sidste seks er lav-middel næringsrige råstofsøer med middeldybder mellem 0,9 og 4,3 m /1/. Råstofsøerne inddrager næringsfattige søer og sikrer dermed en betydelig variation i søernes næringsrigdom (total-fosfor 11–583 $\mu\text{g L}^{-1}$), men alle søer er ret kalkrige og alkaliske med middel til høje pH værdier /1/. Vi har altså ikke undersøgt kalkfattige og ofte klarvandede Lobelie-søer med meget lavt næringsindhold og pH-værdier under 7.

I undersøgelserne indgår en detaljeret kortlægning af vanddybderne og måling af sigtddybden fem gange i vækstperioden. Man ved af erfaring, at de fleste vandplanter kan vokse ned til sigtddybden, hvor lysintensiteten typisk er 10-15% af lysintensiteten umiddelbart under vandoverfladen /2/. Vi har derfor i hver sø ud fra vanddybder og sigtddybden beregnet det belyste bundareal, som vi forventer vandplanterne kan vokse på. Det belyste bundareal sti-

ger i sagens natur med større sigtddybde og med lavere middeldybde i søen. Det belyste bundareal bliver selvfølgelig utilgængeligt for ægte vandplanter, hvis søbunden tørlægges, eller hvis rørsumpen optager pladsen, men manglende vækst kan også skyldes voldsom bølgeeksponering eller en bundtype, der ikke tillader stabilt rodfæste og vækst.

Ved at studere søernes fysiske udformning har vi beregnet et indeks for kystlinjens uregelmæssighed. Kystlinje-indekset er kort og godt den faktiske længde af kystlinjen, inklusive øer, divideret med omkredsen af en cirkel med samme areal som søen. Er kysten meget uregelmæssig med mange bugtninger, holme og vige, får vi indeksværdier markant større end 1, og omvendt, er kysten helt regelmæssig i en rund sø får vi indeksværdien 1. I søer med holme vil der være eksponerede og beskyttede sider med mulighed for, at forskellige plantearter kan vokse der. En vig kan have klart vand i bunden af vigen, hvis en tæt bevoksning yderst i vigen nedsætter vandudskiftningen, forbruger næringsstofferne, fremmer græsning af fytoplankton og udsynkning af partikler. Det var tilfældet i flere af de undersøgte nye søer, f.eks. Botofte Skovmose, hvor Tornløs Hornblad med sit tætte løv dannede den ydre barriere, der skabte overgangen fra mørkegrønt vand i hovedbassinet til klart

vand med vandplanter i vigen.

Undersøgelserne er udført efter forskrifterne i det landsdækkende NOVANA-program /3/. De giver os mulighed for at beregne de enkelte plantearters detaljerede udbredelse i søen og alle arters samlede udbredelse. Her behandler vi planternes samlede arealudbredelse = plantedækket (1 m^2) i søen, og dette kan vi så relatere til det beregnede belyste bundareal (m^2) og vurdere, om vandplanterne samlet set har opnået en udbredelse som forventet ud fra det belyste areal. Undersøgelserne fortæller os samtidigt, hvor mange og hvilke arter, der vokser i de nye søer. Her behandler vi artsrigdommen, altså det samlede artstal af deciderede vandplanter (under-vandsplanter og flydebladsplanter) for hver enkelt sø. Vi kan dermed relatere artsrigdommen til det plantedækkede areal, kystlinje-indekset og næringsrigdommen i søerne.

Vi viser, hvilke arter, der ialt er fundet i de nye søer, hvilke arter der er udbredte i mange af de nye søer, og hvilke, der blot gror i ganske få søer. Vi har identificeret både højere planter og kransålgler, men har valgt blot at kalde dem vandplanter. Mens der i snart mange år har været tradition for at identificere højere vandplanter til art, har det knebet med artsidentifikationen af kransålgler. Men nu er nøgler, tegninger og fotos af kransålg-

algerne så gode /4/, at det er muligt at identificere alle arterne, selv om man fortsat skal bruge et stereomikroskop for at kunne se nøglekaraktererne og være helt sikker på artsbestemmelsen.

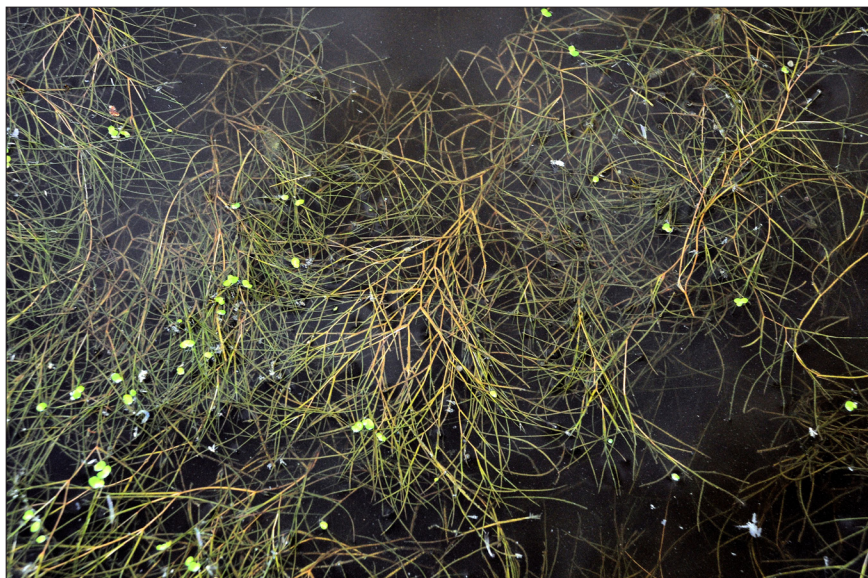
Søernes alder og planternes udbredelse

De 25 etablerede søer var 0,5–30 år gamle, da vi undersøgte dem, mens råstof søerne, der er opstået i bunden af råstofgrave, var 5–24 år. Indvandring og udbredelse af vandplanter kan gå lynhurtigt, hvis søvandet er klart. Rønnebæk Sø ved Næstved blev etableret i vinteren 2018 og var i begyndelsen af juli samme år uklar med blot 1% af bunden dækket af vandplanter. Men søvandet klarede op henover sommeren og over 60% af bunden (næsten hele det belyste areal) var dækket af planter i oktober /5/. De 25 etablerede søer havde samme store variation i plantedække fra 0,1 til 80% som råstof søerne. Det giver grundlag for at vurdere alle søerne under et.

Det plantedækkede areal i søerne var meget tæt relateret til det belyste bundareal (Figur 1). Derimod havde søalder og kystlinjens forløb ingen signifikant indflydelse på det plantedækkede areal (Figur 2). Søerne var i gennemsnit 10 år gamle, da de blev undersøgt og planterne dækkede i gennemsnit 32% af søbundens samlede areal. Så søerne var gennemgående præget af en veludviklet undervandsvegetation, som i gennemsnit udfyldte 21% af deres vandvolumen. Den rigelige planteopkomst baner vejen for mange smådyr på de store planteoverflader og for fisk, som dels udnytter føderessourcen af smådyr og dels skjuler sig for større rovfisk mellem planterne /6/. Det er velkendt, at lavvandede søer med undervandsplanter giver levesteder til mange fuglearter – ænder, vandhøns, lappedykkere med flere. I Ølundgård Inddæmningen, for eksempel, er fem lappedykkerarter - Lille, Sorthalset, Gråstrubet, Nordisk og Toppet lappedykker - observeret. Disse koblinger mellem plantedække, fisk og fugle vurderer vi ikke yderligere her.

Artsrigdommen

Den lokale artsrigdom i hver sø var i gennemsnit 12 arter. Variationen var betydelig mellem søerne, med Filsø Mellemsø som den artsrigeste (27) og Solbjerg Eng sø som den artsfattigste (1). Artsrigdommen var signifikant koblet til det plantedækkede areal i overensstemmelse med vores indledende hypotese, mens en bugtet kystlinie også havde en tendens til at øge artstallet, omend denne effekt ikke var helt signifikant ($p=0,052$, Figur 2). I denne undersøgelse havde søens alder ikke



Børstebladet Vandaks er den hyppigst forekommende art. Den vokser i 21 af de 31 nye søer. Foto J.C. Schou.

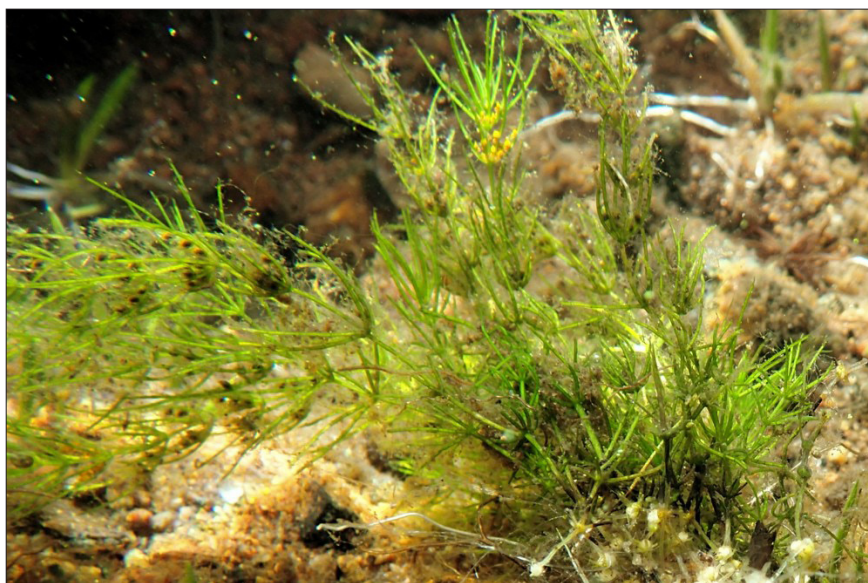
en signifikant effekt på artsrigdommen, men i en tidligere analyse af en større gruppe af nye søer med især flere ældre søer repræsenteret toppede artsrigdommen først efter omtrent 20 år, omend de yngste søer også havde ret mange arter /7/.

Indholdet af total-fosfor i vandet påvirkede artstallet signifikant negativt. Højt fosforindhold danner grundlag for mere fytoplankton, dårligere lysforhold og dermed mindre planteudbredelse, men denne effekt indgår allerede via det plantedækkede areal. Men fosforindholdet har derudover en selvstændig negativ indflydelse på artstallet. Denne effekt kan skyldes, at højt fosforindhold øger tilvæksten af trådalger og vidt udbredte næringselskende arter såsom Børstebladet Vandaks, Tornløs og Tornfrøet Hornblad, Liden og Spinkel Vandaks, Aks-Tusindblad og Alminde-

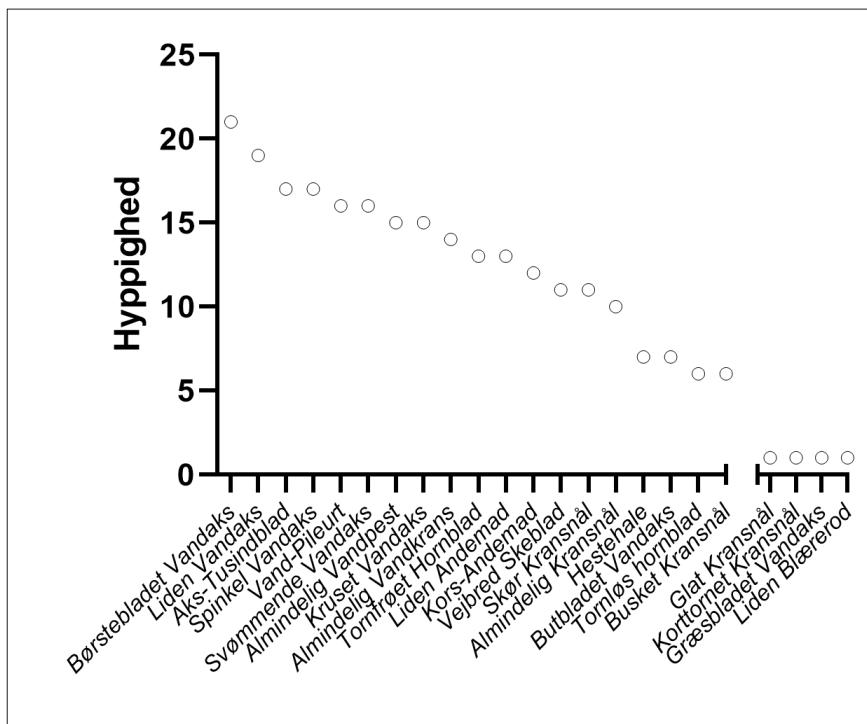
lig Vandpest (Figur 3), som dermed kan udkonkurrere mindre næringskrævende arter /8/. Arter som Børstebladet Vandaks og Aks-Tusindblad er høje og kan udvikle et tæt løv nær vandoverfladen og dermed øge udskygningen af konkurrerende arter. En meget tæt vegetation kan, som følge af intens fotosyntese, også give anledning til høj pH på 9-10, som en del arter ikke tåler. Høj pH medfører tillige et yderst lavt CO_2 -indhold, som flere arter heller ikke bryder sig om, mens ovennævnte arter kan klare sig effektivt ved høj pH ved at udnytte bikarbonat. Denne negative effekt af høj pH på artstallet af vandplanter er også blevet påvist i en tidligere undersøgelse af mange naturlige danske søer /9/.

Hvor mange og hvilke arter?

Vi fandt ialt 72 arter i de 31 nye søer, og der-



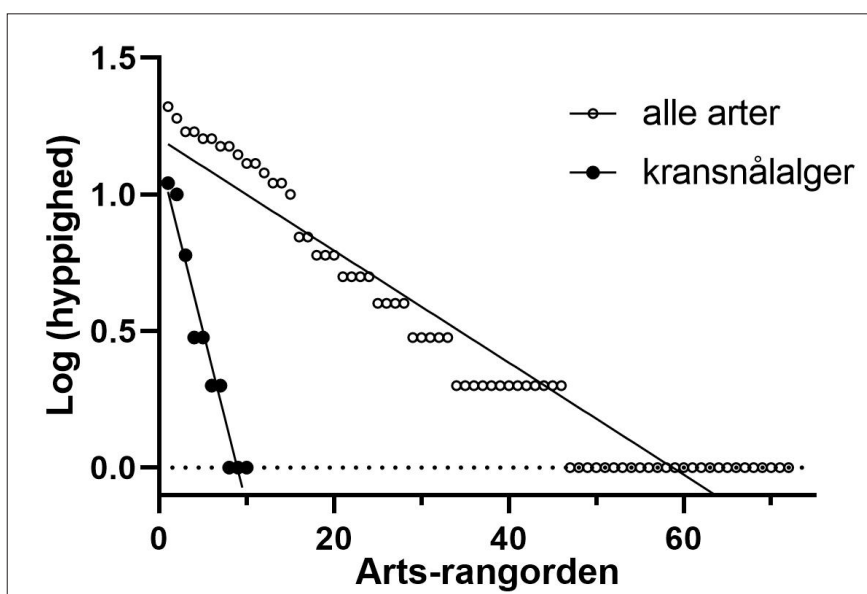
Busket Kransnål vokser i hver femte af de nye søer. Foto J.C. Schou.



Figur 3. De hyppigste arters tilstedeværelse (antal søer) i de 31 nye søer samt eksempler på den store gruppe af fåtallige arter.

med rummede de nye søer en stor andel af den samlede artspulje af danske vandplanter. Arternes forekomst i søerne varierede til gengæld meget, idet nogle få arter, de mest næringselskende, forekom i mange af søerne, mens mange arter af mere blandet type blot forekom i en enkelt af søerne (Figur 3). De 10 hyppigste arter (14% af artspuljen) svarede således til 43% af samtlige artsregistreringer. De 39 sjældneste arter (54% af artspuljen) blev blot fundet i én enkelt sø og svarede samlet set til blot 10% af samtlige artsregistreringer.

Logaritmen til hyppigheden af arternes forekomst over alle søer afbildet mod deres rangorden fra den mest almindelige til den sjældneste tegner tilnærmelsesvis en ret nedgående linje (Figur 4). Det er faktisk et generelt fænomen for dyr og planter både lokalt, regionalt og globalt, at nogle få arter er meget hyppige, mens mange arter er sjældne. At det også viser sig tydeligt i det trods alt begrænsede datasæt fra 31 søer er lidt overraskende. Vi genfandt præcis det samme hyppigheds-mønster blandt de blot ti arter af kransnål-



Figur 4. Logaritmen til alle arternes (åbne cirkler) og kransnålgærens (sorte cirkler) tilstedeværelse i de 31 nye søer afbildet mod deres rangorden danner en faldende ret linje.

ger, vi fandt i de 31 søer (Figur 4). Det er helt som forventet fra større undersøgelser af danske søer, at Skør Kransnål og Almindelig Kransnål er almindelige arter udbredt i mange søer, mens Korttornet Kransnål og Glat Kransnål er sjældne arter og blot blev fundet i en enkelt sø /10/. De ti arter af kransnålgær står samlet set for 11% af alle registreringer i søerne, hvilket understreger, at kransnålgær nok rummer mange sjældne arter, men at de som gruppe også rummer vidt udbredte arter og derfor bør identificeres til art og indgå i vegetationsundersøgelser på lige fod med højere vandplanter.

Artsudskiftning over tid

Arternes tilstedeværelse og indbyrdes dominans ændrer sig med søernes alder, men 31 søer er for få til at afsløre denne dynamik. Imidlertid har vi i projektet også analyseret data fra andre nye danske søer med flere plantestudier i deres levetid /7/. Analysen viser, at der er stor variation mellem arternes størrelse i de alleryngste søer, hvor små arter som Vandpeber-Bækærve og Kors-Andemad kan optræde, mens de mindste arter forsvinder eller optræder fåtalligt, når søerne bliver ældre end 20 år. Til gengæld bliver de store, højt-voksende og konkurrencesterke arter – Aks-Tusindblad, Børsteblandet Vandaks, Tornfrøet Hornblad og Vandkrans – blot hyppigere og optræder derfor som stadig stærkere konkurrenter over tid. Desværre har man ikke fulgt de enkelte søer regelmæssigt i op til 30 år, og vi kan derfor ikke belyse de individuelle forskelle i artssammensætningen mellem søerne.

Hvad har vi lært?

Tre forhold falder i øjnene ved undersøgelsen. For det første er mange arter samlet set til stede i de 31 nye søer, og dannelsen af nye søer bidrager hermed til at opretholde den samlede pulje af danske vandplanter. Et fåtal af arterne forekommer i mange søer, mens langt de fleste blot findes i én eller to søer. Dette mønster finder vi både blandt højere planter og kransnålgær. Endvidere er de få, men vidt udbredte arter, helt overvejende næringselskende planter, som med tiden forventes at udkonkurrere mere nøjsomme arter i de gennemgående næringsrige søer. For det andet indvandrer planterne lynhurtigt til de nye søer allerede i løbet af den første sommer ved rimelige lys- og bundforhold. Er søvandet meget uklart bliver etableringen beskedet. Indvandringen sker med løsvævne skud eller frø sandsynligvis tilført med fugle eller via vandløb. Søernes alder er altså ikke så vigtig for vandplanternes etablering, som vi oprindeligt troede.

For det tredje kunne vi forudsige det plantede areal ud fra det beregnede belyste bundareal, som vi kunne estimere fra sigtddybde og vanddybder. Det lokale artstal i søerne kunne så videre forudsiges fra det plantedækkede areal med en vis positiv effekt af en uregelmæssig søbred med vige og holme og en negativ effekt af fosforindholdet.

Disse sammenhænge betyder, at man med et godt fysisk design af nye søer og en tilpas lav næringstilførsel kan sikre gode forhold for udbredelse af en artsrig vegetation af vandplanter, som kan være til gavn for både biodiversitet og vandkvalitet.

Referencer

- /1/ Egemose S., Kolath T., Søndergaard M., Jensen H.S., Reitzel K., Møller M.J., Kristensen E. & Sø J.S. 2020. Nye søer og deres vandkvalitet. Artikel i dette nr. af Vand & Jord.
- /2/ Middelboe A. L. & Markager S. 1997. Depth limits and light requirements of freshwater macrophytes. *Freshwater Biology* 37: 553-568.
- /3/ Lauridsen T.L., Søndergaard M., Jensen J. P. & Jeppesen E. 2005. Studier i søer —NOVANA. National Environmental Research institute (NERI), Silkeborg.
- /4/ Schou J.C., Moeslund B., Sand-Jensen K & Båstrup-Spohr L. 2017. Danmarks Vandplanter. BFNs Forlag.
- /5/ Brandt N.Z. 2019. Den tidlige invandring af planter til nye søer. Bachelor-rapport, KU: 1-39.
- /6/ Jeppesen E., Søndergaard M., Søndergaard M. & Christoffersen K. 1998. The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. In: *Ecological Studies*. Springer, New York, USA.
- /7/ Sø J.S., Sand-Jensen K. & Baastrup-Spohr L. 2020. Temporal development of biodiversity of macrophytes in newly established lakes. *Freshwater Biology* 65: 379-387.
- /8/ Sand-Jensen K., Rasmussen N.M., Sø J.S & Båstrup-Spohr L. 2018. Karaktertræk hos planter i nye danske søer. Kort review. *Flora & Fauna* 124 (1-2): 54-59.
- /9/ Vestergaard O. & Sand-Jensen K. 2000. Artsrigdom i søer. *URT* 24: 2-9.
- /10/ Båstrup-Spohr L., Dahl-Nielsen, J & Sand-Jensen K. 2013. Kransålgler rummer mange truede arter. *URT* 37: 66-70.

Adjunkt LARS BÅSTRUP-SPOHR, lektor JENS BORUM, professor KAJ SAND-JENSEN, Ph.D. EMIL KRISTENSEN, specialestuderende NATHALIE BRANDT ZAK er ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet. Ph.D.-studerende JONAS STAGE SØ og lektor THEIS KRAGH er ved Biologisk Institut, Syddansk Universitet. Seniorforsker MARTIN SØNDERGAARD er ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.