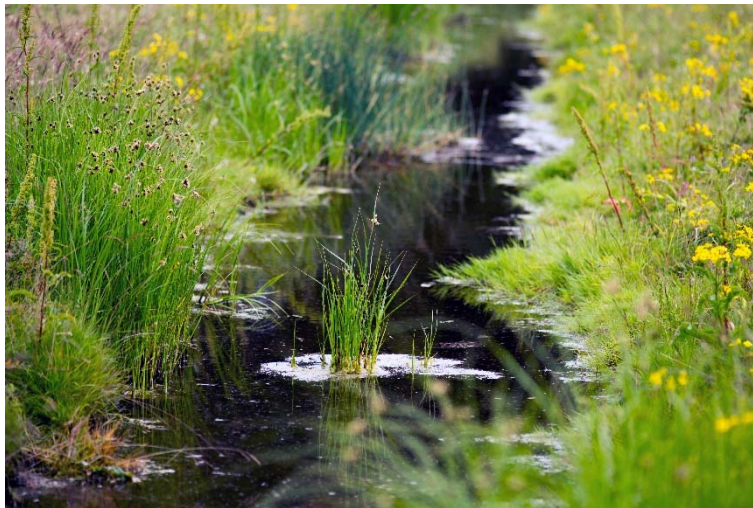


Alkalinitet i danske vandløb og betydning for de bentiske algesamfund – FORPROJEKT NR. 2

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 27 januar 2020 | 9



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Titel: Alkalinitet i danske vandløb og betydning for de bentiske algesamfund
– FORPROJEKT NR. 2

Forfattere: Annette Baatrup-Pedersen og Trine Just Johnsen
Institution: Institut for Bioscience

Faglig kommentering: Hans Estrup Andersen
Kvalitetssikring, DCE: Signe Jung-Madsen

Ekstern kommentering: Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her:
http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_9_komm.pdf

Rekvirent: Miljøstyrelsen, Att.: Kamilla Schneekloth Sjøgaard og Peter Kaarup

Bedes citeret: Baatrup-Pedersen, A. & Johnsen, T.J. 2020. Alkalinitet i danske vandløb og betydning
for de bentiske algesamfund – FORPROJEKT NR. 2. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt
Center for Miljø og Energi, 11 s. – Notat nr. 2020|9
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020|9.pdf

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Colorbox

Sideantal: 11

Indhold

Baggrund	4
Formål	5
Metode	5
Data	5
Analyse	6
Resultater	7
Gradienter i alkalinitet og PO ₄ -P i danske vandløb	7
Vandløb ved høje og lave værdier i alkalinitet og PO ₄ -P	9
Diskussion	10
Referencer	11

Baggrund

Alkalinitet i vandløb er et mål for mængden af basiske ioner i vandet i form af bicarbonat (HCO_3^-), carbonat (CO_3^{2-}) og hydroxid (OH^-). De basiske ioner tilføres vandløbet primært fra oplandets geologiske lag, som afvandes til vandløbet. De geologiske lag, som det afstrømmende vand passerer, er derfor afgørende for alkaliniteten i vandløbet. I Danmark er jorden øst for sidste istids opholdslinje karakteriseret ved lerede, kalkrige og svagt udvaskede jorde, således at vandløb i Østdanmark har en højere alkalinitet end vandløb vest for sidste istids hovedopholdslinje, hvor jorden er sandet, kalkfattig og stærkt udvasket (Thodsen et al. 2019).

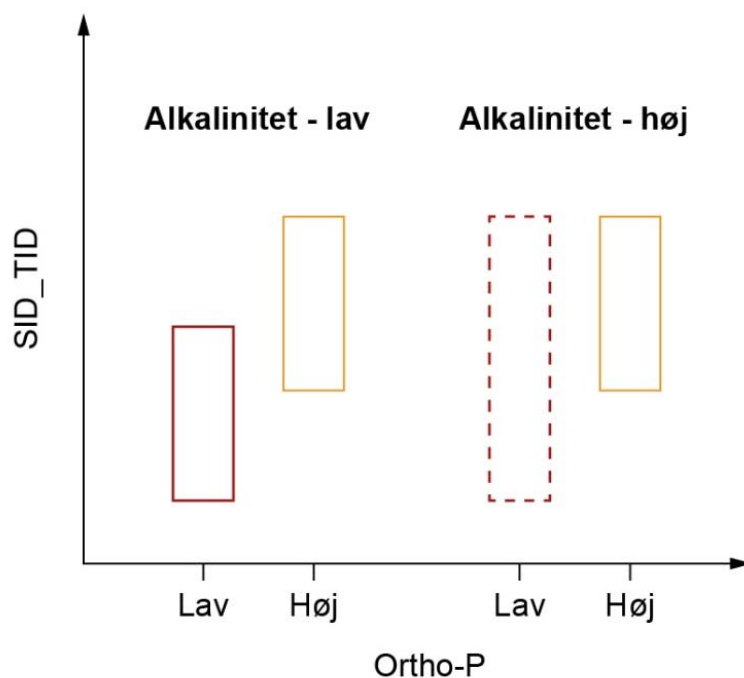
Der kan generelt identificeres en positiv sammenhæng mellem alkalinitet og fosfor udtrykt som $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer i danske vandløb, således at vandløb med lav alkalinitet også ofte har lave $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer, mens vandløb med en højere alkalinitet også ofte har højere $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer (Andersen et al. 2018). Fosforindholdet vil blandt andet afhænge af geologien i vandløbets opland ligesom brinkerrosion, tab fra landbrugsjorde og udledning fra punktkilder vil kunne spille en rolle for fosforindholdet (Kronvang & Rubæk 2005; Thodsen et al. 2019).

SID_TID er et bentisk algeindeks udviklet til brug for økologisk tilstandsvurdering i vandløb (Andersen et al. 2018). Den økologiske tilstandsvurdering beskrevet med anvendelse af indekset ændrer sig som funktion af $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen på en sådan måde, at indekxsværdien stiger med stigende $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer i vandløbene. Imidlertid kan vandløbsvandets alkalinitet også påvirke indekxsværdien (Andersen et al. 2018). Derfor kan det være svært at identificere betydningen af kun $\text{PO}_4\text{-P}$ for den økologiske tilstandsvurdering. Denne problematik har været adresseret i et tidligere studie, hvor kontrollerede laboratorieforsøg viste, at alkaliniteten kan være mere afgørende end fosfor for fordelingen af to ganske tæt beslægtede Nitzshia algearter i engelske vandløb (Kelly et al. 2015). Dette kan skyldes forskelle i arternes udnyttelse af uorganisk kulstof (CO_2 og HCO_3^-). Resultatet understreger vigtigheden af at kigge nærmere på hvordan alkaliniteten kan påvirke tilstandsvurderingen i danske vandløb uden en samtidig påvirkning fra fosfor og omvendt også hvordan fosfor kan påvirke tilstandsvurderingen uden en samtidig påvirkning fra alkalinitet.

Nærværende projekt har til formål at identificere data, der anvendes til at belyse dette. Således vil vi i projektet identificere vandløb med forskellig alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration med henblik på at analysere den naturlige variation i algesamfundene, og dermed SID_TID, langs gradienter af disse i danske vandløb. Vi vil især fokusere på at identificere vandløb, der ligger i henholdsvis den høje og lave ende af gradienterne, altså vandløb med henholdsvis høj og lav alkalinitet og vandløb med henholdsvis høj og lav $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration. Det vil således være i disse vandløb, at vi kan undersøge, om høj alkalinitet alene kan betinge høje SID_TID-indekxsværdier, og om disse kan være sammenlignelige med de værdier, vi finder i vandløb med høje $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer. På figur 1 er dette illustreret. Såfremt høj alkalinitet alene kan betinge, at SID_TID antager høje værdier, vil det være nødvendigt at se nærmere på, hvordan SID_TID kan anvendes i danske vandløb.

Formål

I dette projekt vil vi 1) beskrive gradienter i alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer i danske vandløb, 2) identificere data, der i et senere projekt kan anvendes til at beskrive variationen i SID_TID-indeksværdier med særlig fokus på at dække den høje og lave ende af de gradienter i alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer, der findes i danske vandløb.



Figur 1: Konceptuel figur til illustration af potentiel variation i SID_TID-indeksværdi for benthiske algesamfund i danske vandløb med hhv. lave og høje værdier for hhv. alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration. I vandløb med lav alkalinitet vil SID_TID-indeksværdien afspejle $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen (Andersen et al. 2019). I højalkaline vandløb forventes SID_TID-indeksværdien tilsvarende at være høj ved høj $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, men det er uvist, hvordan høj alkalinitet påvirker SID-TID-værdien, når $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen er lav. Formålet med nærværende projekt er at etablere grundlag for i et senere projekt at kunne beskrive variationen i SID_TID-indeksværdier med særlig fokus på at dække den høje og lave ende af eksisterende gradienter i alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer i danske vandløb. Herved bliver det muligt at identificere variationen i indekssværdien i vandløb med høj alkalinitet og lav $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration – altså en afgrænsning af variationen inden for det stiplede areal angivet på den konceptuelle figur.

Metode

Data

Med henblik på at beskrive gradienter i alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer i danske vandløb er data fra det Nationale Overvågningsprogram (NOVANA) anvendt. Disse data omfatter i alt 978 vandløbsstationer, hvoraf i alt 535 stationer er økologiske kontrolovervågningsstationer med benthisk algeprøvetagning, mens resten af stationerne er stoftransportstationer uden benthisk algeprøvetagning. Algeundersøgelser samt prøvetagning til bestemmelse af de vandkemiske parametre, alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$, er foretaget i perioden 2013-2017. Da der mangler data for alkalinitet på en delmængde af stationerne (88 stationer), er disse stationer udeladt fra analyserne. Antallet af vandkemiske målinger varierer på stationerne. På stoftransportstationerne er alkalinitet

målt 1-152 gange (median = 4) og PO₄-P-koncentrationen er målt 2-326 gange (median = 22). På de økologiske stationer er alkaliniteten målt 1-70 gange (median = 3) og PO₄-P-koncentrationen er målt 1-134 gange (median = 3).

Alkalinitet og PO₄-P-koncentrationer er beregnet for hver station som et 5 års gennemsnit ud fra tilgængelige data i NOVANA kontrolovervågningsprogrammet. På de økologiske kontrolovervågningsstationer er gennemsnittet beregnet fra koncentrationer målt i registreringsåret for algeprøvetagningen (2013-2017) samt de fire foregående år, da data senere skal kunne indgå i en analyse af betydningen af alkalinitet og PO₄-P-koncentrationer for SID_TID-indeksværdierne. Er algeprøven eksempelvis taget i 2013 beregnes gennemsnittene for alkalinitet og PO₄-P-koncentration på baggrund af målinger i årene 2009-2013. Det er valgt at anvende gennemsnit beregnet ud fra fem års målinger for at reducere usikkerheden på data (Andersen et al. 2018). Samme metode er anvendt på stoftransportstationerne, hvor de seneste fem års data anvendes i beregningen.

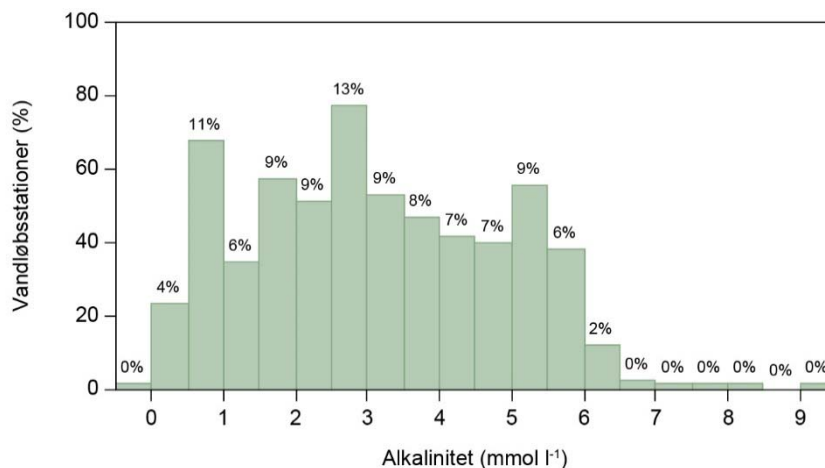
Analyse

Indledningsvist har vi undersøgt, om de økologiske stationer og stoftransportstationer fordeler sig sammenligneligt langs gradienter i alkalinitet og PO₄-P-koncentrationer under danske forhold. Analyserne viste, at der ikke var statistisk signifikant forskel på fordelingerne mellem de to typer for hverken alkalinitet eller PO₄-P. De gennemførte analyser er derfor baseret på analyser af ét samlet datasæt, hvori alle data, både data fra de økologiske stationer og stoftransportstationer, indgår.

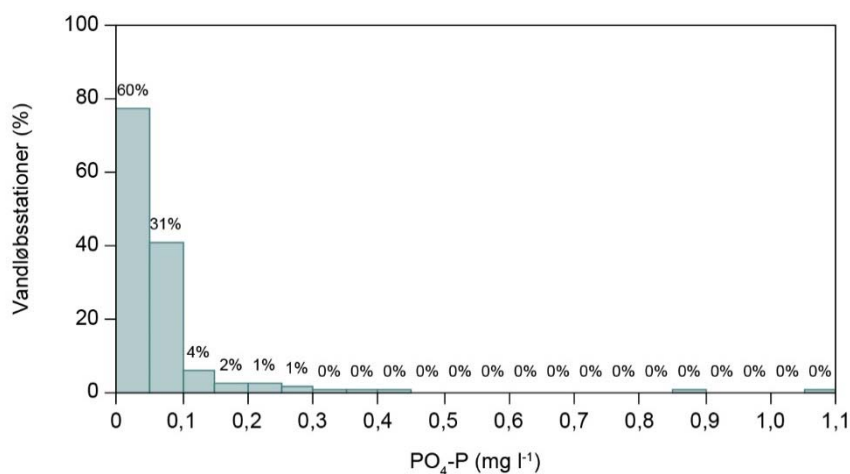
Vi har fjernet data, som vi anser for at være behæftet med stor usikkerhed. Således kan vi se, at alkalinitet findes med negative værdier i datasættet, ligesom nogle PO₄-P-koncentrationer er meget høje og det i en sådan grad, at der formentlig er tale om, at enkeltstående hændelser har været afgørende for det beregnede gennemsnit (se figur 2 og 3). De fjernede stationer er stationer hvor det beregnede gennemsnit for henholdsvis alkalinitet og PO₄-P-koncentrationen er mindre end den nedre 1% fraktil af alle data og større end den øvre 99% fraktil af alle data. I alt er der fjernet 29 datapunkter. Herefter er de resterende data anvendt til at beskrive gradienter i alkalinitet og PO₄-P-koncentrationer i danske vandløb.

Fraktilanalyser anvendes med henblik på at identificere data, der i et senere projekt kan anvendes til at beskrive variationen i SID_TID-indeksværdier med særlig fokus på at dække den høje og lave ende af gradienter i alkalinitet og PO₄-P i danske vandløb. Der anvendes nedre 25% fraktil af data til at identificere vandløb i den lave ende af gradienterne i alkalinitet og PO₄-P under danske forhold, og øvre 75% fraktil anvendes til at identificere vandløb i den høje ende af gradienterne i alkalinitet og PO₄-P i danske vandløb. Endvidere er anvendt henholdsvis nedre 30% og øvre 70% for at undersøge, om datagrundlaget for en senere analyse af variationen i SID_TID-indeksværdierne kunne blive markant større.

Figur 2: Fordelingen af danske vandløb som funktion af vandløbsvandets alkalinitet, når alle datapunkter er inkluderet.



Figur 3: Fordelingen af danske vandløb som funktion af vandløbsvandets PO₄-P-koncentration, når alle datapunkter er inkluderet.

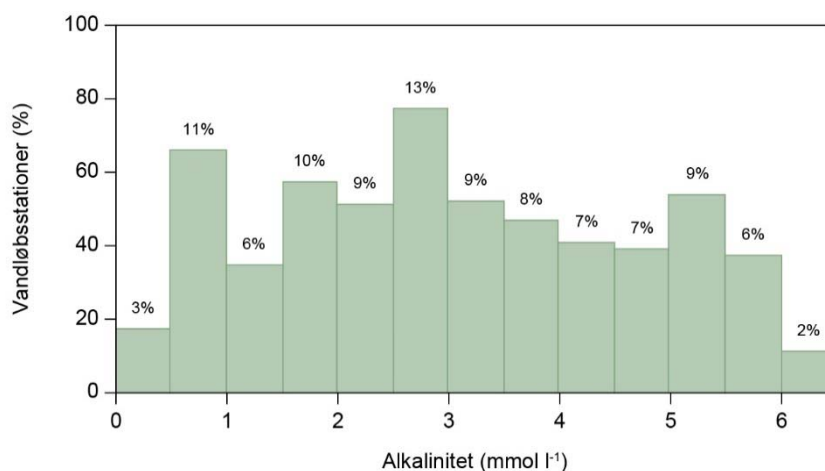


Resultater

Gradienter i alkalinitet og PO₄-P i danske vandløb

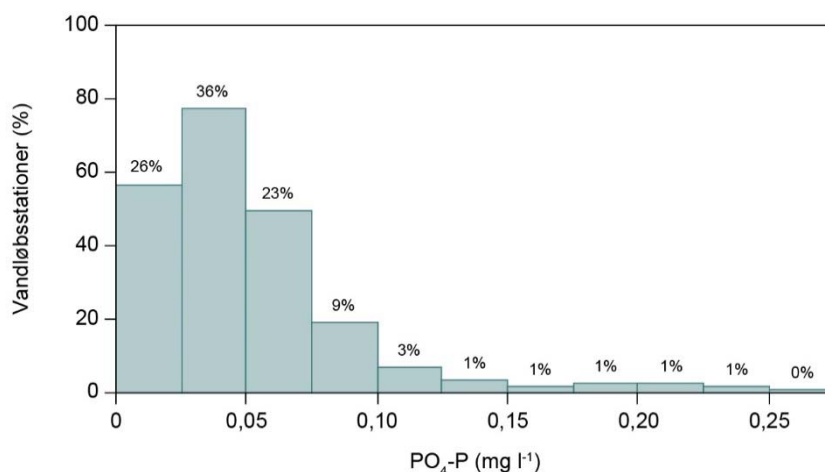
Figur 4 viser fordelingen af danske vandløb som funktion af vandløbsvandets alkalinitet, mens tabel 1 angiver maksimum- og minimum-værdier, medianen (50%), nedre og øvre kvartiler (25% og 75%) samt fraktilerne 30% og 70%. Det fremgår, at den højeste alkalinitet er 6,4 mmol l⁻¹, den laveste alkalinitet er 0,24 mmol l⁻¹, mens medianen er 2,86 mmol l⁻¹.

Figur 4: Fordelingen af danske vandløb som funktion af vandløbsvandets alkalinitet når datapunkter svarende til målinger, der er mindre end den nedre 1% fraktil af alle målinger og større end den øvre 99% fraktil af alle målinger, er fjernet.



I figur 5 ses tilsvarende fordelingen af danske vandløb som funktion af vandløbsvandets PO₄-P-koncentration, hvor tabel 1 angiver maksimum- og minimum-værdier, medianen (50%), nedre og øvre kvartiler (25% og 75%) samt fraktilerne 30% og 70%. Det fremgår, at den højeste PO₄-P koncentration er 0,257 mg l⁻¹, den laveste PO₄-P-koncentration er 0,004 mg l⁻¹, mens medianen er 0,040 mg l⁻¹.

Figur 5: Fordelingen af danske vandløb som funktion af vandløbsvandets PO₄-P-koncentration når datapunkter svarende til målinger, der er mindre end den nedre 1%-fraktil af alle målinger og større end den øvre 99%-fraktil af alle målinger, er fjernet.



Tabel 1: Maksimum- og minimum-værdier, medianen (50%), nedre og øvre kvartiler (25% og 75%) samt fraktilerne 30% og 70% for alkalinitet og PO₄-P-koncentration i danske vandløb

Fraktiler	Alkalinitet (mmol l ⁻¹)	PO ₄ -P (mg l ⁻¹)
minimum	0,243	0,004
25%	1,733	0,025
30%	1,969	0,028
50% (median)	2,863	0,040
70%	4,100	0,059
75%	4,437	0,063
maksimum	6,433	0,257

Vandløb ved høje og lave værdier i alkalinitet og PO₄-P

I tabel 2 er angivet antallet af vandløbsstationer i grupper med forskellig alkalinitet, hvor gruppe 1 er de vandløb, der har en alkalinitet lavere end den nedre kvartil (<25%), gruppe 2 er de vandløb, der har en alkalinitet i området mellem nedre og øvre kvartil (>25% og <75%), mens gruppe 3 er de vandløb, der har en alkalinitet højere end den øvre kvartil (>75%). De anvendte kvartiler til inddelingen af grupper fremgår af tabel 1, hvor gruppe 1 er vandløb med en alkalinitet lavere end 1,73 mmol l⁻¹, gruppe 2 er vandløb med en alkalinitet i området 1,73 mmol l⁻¹ - 4,44 mmol l⁻¹, mens gruppe 3 er vandløb med en alkalinitet større end 4,44 mmol l⁻¹. Som det fremgår af tabellen, er antallet af stationer i alt i den lave og høje ende af gradienten i gruppe 1 og gruppe 3 henholdsvis 212 vandløb og 217 vandløb.

Tabel 2: Antallet af vandløbsstationer i grupper med forskellig alkalinitet. Antallet af økologiske stationer i hver gruppe er også angivet.

Alkalinitet	Antal stationer, i alt	Antal stationer_økologiske
<25%	212	130
25%-75%	432	257
>75%	217	115

I tabel 3 er tilsvarende angivet antallet af vandløbsstationer i grupper med forskellig PO₄-P-koncentrationer, hvor gruppe 1 er de vandløb, der har en PO₄-P-koncentration lavere end den nedre kvartil (<25%), gruppe 2 er de vandløb, der har en PO₄-P-koncentration i området mellem nedre og øvre kvartil (>25% og <75%), mens gruppe 3 er de vandløb, der har en PO₄-P-koncentration højere end den øvre kvartil (>75%). De anvendte kvartiler til inddelingen af grupper fremgår af tabel 1, hvor gruppe 1 er vandløb med en PO₄-P-koncentration lavere end 0,0245 mg l⁻¹, gruppe 2 er vandløb med en PO₄-P-koncentration i området 0,0245 mg l⁻¹ - 0,0623 mg l⁻¹, mens gruppe 3 er vandløb med en PO₄-P-koncentration større end 0,0623 mg l⁻¹. Som det fremgår af tabellen, er antallet af vandløbsstationer i den lave og høje ende af gradienten i gruppe 1 og gruppe 3 henholdsvis 215 vandløb og 216 vandløb.

Tabel 3: Antallet af vandløbsstationer i grupper med forskellig PO₄-P koncentration. Antallet af økologiske stationer i hver gruppe er også angivet.

PO ₄ -P	Antal stationer, i alt	Antal stationer_økologiske
<25%	215	133
25%-75%	430	234
>75%	216	135

I tabel 4 er angivet antallet af vandløbsstationer i fire grupper med forskellige kombinationer af alkalinitet og PO₄-P-koncentrationer dækkende den lave og høje ende af de to gradienter. Gruppe 1 er vandløb, hvor både alkalinitet og PO₄-P er lavere end den nedre kvartil (25%), gruppe 2 er vandløb, hvor alkaliniteten er lavere end den nedre kvartil, mens PO₄-P er højere end den øvre kvartil (75%), gruppe 3 er vandløb, hvor alkaliniteten er højere end den øvre kvartil, mens PO₄-P er lavere end den nedre kvartil, og gruppe 4 er vandløb, hvor både alkaliniteten og PO₄-P-koncentrationen er højere end den øvre kvartil. I alt er der 141 stationer i gruppe 1, heraf 87 økologiske stationer, 4 stationer i gruppe 2, heraf 4 økologiske stationer, 17 stationer i gruppe 3, heraf 9 økologiske stationer og endelig 88 stationer i gruppe 4, heraf 50 økologiske

stationer. Af tabel 5 fremgår fordelingen af vandløb i de fire grupper såfremt henholdsvis 30% og 70% anvendes som fraktiler i analysen til at gruppere vandløb i den lave og høje ende af gradienterne.

Tabel 4: Antallet af vandløbsstationer i fire grupper med forskellige kombinationer af alkalinitet og PO₄-P koncentrationer dækkende den lave og høje ende af de to gradienter.

Vandløbstype		Antal stationer i alt	Antal stationer _økologiske
Alkalinitet	PO ₄ -P (mg l ⁻¹)		
<25%	<25%	141	87
<25%	>75%	6	4
>75%	<25%	17	9
>75%	>75%	88	50

Tabel 5: Antallet af vandløbsstationer i de fire grupper såfremt henholdsvis 30% og 70% anvendes som fraktiler i analysen til at gruppere vandløb i den lave og høje ende af gradienterne.

Vandløbstype		Antal stationer i alt	Antal stationer _økologiske
Alkalinitet	PO ₄ -P (mg l ⁻¹)		
<30%	<30%	177	112
<30%	>70%	11	7
>70%	<30%	29	14
>70%	>70%	115	68

Diskussion

De gennemførte analyser viser, at der kun er få vandløbsstationer, som enten har en lav alkalinitet og høj PO₄-P-koncentration eller en høj alkalinitet og lav PO₄-P-koncentration. Det betyder, at det vil være vanskeligt alene på baggrund af analyser af variationen i SID_TID-værdier i de identificerede vandløb at se nærmere på, hvordan alkalinitet og fosfor hver især påvirker indeksværdierne som beskrevet indledningsvist. Således forudsætter en nærmere undersøgelse af, hvordan alkalinitet påvirker SID_TID-indeksværdierne en solid beskrivelse af variationen i SID_TID i vandløb med høj alkalinitet og lav PO₄-P-koncentration, og gerne i en sammenligning af variationen i vandløb med lav alkalinitet og høj PO₄-P-koncentration.

På den baggrund vil vi anbefale, i) at variationen i SID_TID-værdierne i de vandløb, der er identificeret i de fire grupper, beskrives, og ii) at der gennemføres et kontrolleret forsøg i en række høj- og lav-alkaline vandløb, hvor der udsættes kunstigt algesubstrat med variation i PO₄-P-tilgængelighed med henblik på algekolonisering og senere bestemmelse af SID_TID-indeksværdier. Kunstigt algesubstrat er små glas filtre (2.5 cm diameter; Leco #528-042). De anvendes ofte til økologiske undersøgelser af biofilm i vandløb (se f.eks. Kap. 31 i *Methods in Stream Ecology*, red. af Lamberti og Hauer; Academic Press). Princippet i studiet er, at der forberedes små kopper med agar, der indeholder forskellige koncentrationer af PO₄-P. Ovenpå agaren placeres de kunstige substrater. Substraterne placeres i en ramme, der fikseres til vandløbsbunden. Biofilm koloniserer derefter substraterne og påvirkes samtidigt af den givne koncentration af PO₄-P, der frigives fra agaren i koppen.

Vandløbene til udsætning af algesubstrater udvælges blandt de identificerede vandløbsstationer inden for de fire grupper – se tabel 5.

På baggrund af ovenfor skitserede projekt vil det være muligt at beskrive variationen i SID_TID som funktion af både alkalinitet og PO₄-P og efterfølgende analyser kan fokusere på at undersøge, om der er særlige arter, grupper af arter, eller artsegenskaber, der kan anvendes til at adskille betydningen af PO₄-P og alkalinitet, såfremt det viser sig, at alkaliniteten kan være afgørende for, at vandløb ikke når målopfyldelse vurderet med indekset.

Referencer

Andersen, D., Larsen, S.E., Johansson, L., Alnøe, A., Baattrup-Pedersen, A., (2018) Udvikling af biologisk indeks for bentiske alger (fytobentos) i danske vandløb. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi Videnskabelig rapport nr. 296.

Kelly, M. G., Trobajo, R., Rovira, L., Mann, D. G. (2015). Characterizing the niches of two very similar *Nitzschia* species and implications for ecological assessment. *Diatom Research* 30, 27-33.

Kronvang, B. og Rubæk, G. Kvantificering af dyrkningsbidraget af fosfor til vandløb og søer. In: Poulsen, H.D. og Rubæk, G.H. (eds) 2005. Fosfor i dansk landbrug - Omsætning, tab og virkemidler mod tab. DJF rapport Husdyrbrug nr. 68. December 2005.

Rebsdorf, A., Thyssen, N., Erlandsen, M. (1991). Regional and temporal variation in pH, alkalinity and carbon dioxide in Danish streams, related to soil type and land use. *Freshwater Biology* 25, 419-435.

Resh, V. H, Myers, M. J. & Hannaford, M. J. (1996) Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality In: *Methods in Stream Ecology* (ed. Hauer, E. R. & Lamberti, G. A.), s.647-667. Academic Press.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Blicher-Mathiesen, G., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Windolf, J. & Kjeldgaard, A. (2019) Vandløb 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 74 s. – Videnskabelig rapport nr. 306.
<http://dce2.au.dk/pub/SR306.pdf>