

# Alkalinitet i danske vandløb og betydning for de bentiske algesamfund - FORPROJEKT

---

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 5. maj 2019

Kirstine Thiemer, Helena Kallestrup og Torben Linding Lauridsen

Institut for Bioscience

Rekvirent  
Miljøstyrelsen  
Att.: Ivan Karottki og Peter Kaarup

Faglig kommentering  
Anette Baisner Alnøe

Kvalitetssikring  
Signe Jung-Madsen

Antal sider: 7



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tlf.: 8715 0000  
E-mail: [dce@au.dk](mailto:dce@au.dk)  
<http://dce.au.dk>

## Baggrund

Det er tidligere vist, at de bentiske algesamfund i danske vandløb varierer langs gradienter i de vandkemiske forhold, og at disse betyder mere end de fysiske og hydrologiske forhold for algesammensætningen (Andersen et al., 2018). Således er det dokumenteret, at koncentrationen af orto-fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), alkalinitet og dernæst graden af organisk belastning er de vigtigste faktorer for artssammensætningen af bentiske alger i danske vandløb (Andersen et al., 2018). Artsdiversiteten er således negativ korreleret med både alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen, hvor vandløb med høj alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer har en mindre divers artssammensætning, domineret af få arter (Chessman et al., 1999; Soininen, 2007).

$\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen i vandløb afspejler både naturgivne forhold og menneskelig aktivitet, mens alkalinitet primært afspejler naturlige forhold og kun i mindre grad menneskelig påvirkning. Alkalinitet er et mål for vandets indhold af basiske ioner, som i vandløb primært er bikarbonat, men også karbonat og hydroxid ioner. Den er bestemt af geologien, hvor vandløb beliggende i Østdanmark har naturlig højere alkalinitet sammenlignet med vandløb beliggende i Vestdanmark.

Der ses ofte en sammenhæng mellem  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen i vandløb og vandets alkalinitet, således at de vandløb, der findes i områder med høj alkalinitet, også har naturlig højere  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationer. Dette bevirker, at det er vanskeligt at adskille betydningen af alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen for artssammensætningen. Endvidere kan det betyde, at et indsatsprogram til at reducere  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen i vandløb ikke nødvendigvis vil sikre målopfyldelse, hvis vandløbene geografisk er beliggende i naturligt næringsrige områder med naturlig høj alkalinitet.

På baggrund af nærværende forprojekt planlægges iværksat et hovedprojekt, der har til formål at undersøge betydningen af vandløbsvandets alkalinitet for tilstandsvurderinger i vandløb baseret på bentiske alger i Danmark. Til dette er der behov for at identificere vandløb med forskellig alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration. Der skal således identificeres en gruppe af vandløb med 1) høj alkalinitet og lav  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, 2) høj alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, 3) lav alkalinitet og lav  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration samt 4) lav alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration med henblik på en senere undersøgelse af, om der er forskel i de bentiske algesamfund i disse fire vandløbsgrupper. De bentiske algesamfund vil blive beskrevet vha. SID\_TID, som er det danske algeindeks.

## Projektets afgrænsning og formål

Nærværende notat, som er udarbejdet i overensstemmelse med kontrakt mellem Miljøstyrelsen og DCE/Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, har til formål at identificere data, der kan anvendes i et hovedprojekt til at analysere, hvordan det bentiske algeindeks for vandløb, SID\_TID, varierer i vandløb med forskellig alkalinitet.

## Metode

### Data

Data fra det Nationale Overvågningsprogram (NOVANA) er anvendt til at undersøge, om der kan identificeres ca. 50 stationer i hver af fire vandløbsgrupper med forskellig alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P-indhold. De fire grupper er vandløb med 1) høj alkalinitet og lav PO<sub>4</sub>-P-koncentration, 2) høj alkalinitet og høj PO<sub>4</sub>-P-koncentration, 3) lav alkalinitet og lav PO<sub>4</sub>-P-koncentration samt 4) lav alkalinitet og høj PO<sub>4</sub>-P-koncentration.

Data omfatter 522 økologiske kontrolovervågningsstationer, hvorpå algeundersøgelser med tilhørende vandkemiske parametre, alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P, er foretaget i perioden 2013-2017.

Vandkemiske data er beregnet for hver station som en 5 års middelværdi ud fra tilgængelige algemålinger fra NOVANA kontrolovervågningsprogrammet, foretaget for registreringsåret for algemålingen samt de fire foregående år. Denne tilgang er valgt for at reducere usikkerheden på de enkelte målinger (Andersen et al. 2018).

I tilfælde af at der ikke kan identificeres 50 stationer med algeundersøgelser i hver af de fire vandløbsgrupper med forskellig alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P, undersøges det, om dette kan opnås ved at supplere med eventuelle stoftransportstationer, hvorpå der i forbindelse med et hovedprojekt skal gennemføres en algeprøvetagning af MST. Dette omfatter stoftransportstationer i NOVANA-programmet med alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P målinger, svarende til 299 stationer.

### Dataanalyse

Indledningsvist blev det undersøgt, om gradienter i alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P på økologiske stationer med algeundersøgelser er dækkende for hele Danmark ved at sammenligne med stoftransportstationer i NOVANA-programmet.

Til identifikation af vandløb i de fire vandløbsgrupper, blev grænsen mellem høj og lav alkalinitet fastsat med to forskellige tilgange. De to tilgange er valgt idet fastsættelsen af grænserne mellem grupperne er essentielt for identifikation af stationer i de fire vandløbsgrupper og hermed forudsætningen for gennemførelsen af et hovedprojekt.

I den første tilgang blev grænsen fastsat ved at opstille en lineær regressionsmodel for sammenhængen mellem alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P. For at give en stærkere regression omkring skæringspunktet for høj og lav alkalinitet blev der til denne analyse anvendt et udsnit af alkalinitetsgradienten for det totale datasæt fra økologiske stationer med algeundersøgelser. Stationer med alkalinitet imellem 0-4 mmol L<sup>-1</sup> er anvendt. Fastsættelsen af grænsen mellem høj og lav alkalinitet blev bestemt på baggrund af den lineære regressionsmodel ved at aflæse alkalinitet til det change point, der er identificeret mellem PO<sub>4</sub>-P og SID\_TID-indekset jf. Andersen et al. 2018. Dette er svarende til en PO<sub>4</sub>-P-koncentration på 0,032 mg L<sup>-1</sup>. Denne tilgang er valgt, idet change pointet afspejler den PO<sub>4</sub>-P-koncentration, hvorved algesamfundene skifter (Andersen et al. 2018). Et tilsvarende change point for alkalinitet kan identificeres og anvendes som grænse mellem høj og lav alkalinitet, idet algesamfundene er fundet at være negativt korreleret med alkalinitet (Chessman et al., 1999; Soininen, 2007).

I den anden tilgang er eksisterende grænser for alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ , fundet i litteraturen, anvendt. Grænsen mellem høj og lav  $\text{PO}_4\text{-P}$  er identificeret ved "change pointet" mellem  $\text{PO}_4\text{-P}$  og SID\_TID-indekset, svarende til en  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration på  $0,032 \text{ mg L}^{-1}$ . Grænsen mellem høj og lav alkalinitet er fastsat efter den Geografiske Interkalibrerings gruppe Central-Baltic, som omfatter danske vandløb og er svarende til  $0,40 \text{ mmol L}^{-1}$ . Interkalibrering foretaget af den Europæiske Kommission (European Commission, 2009).

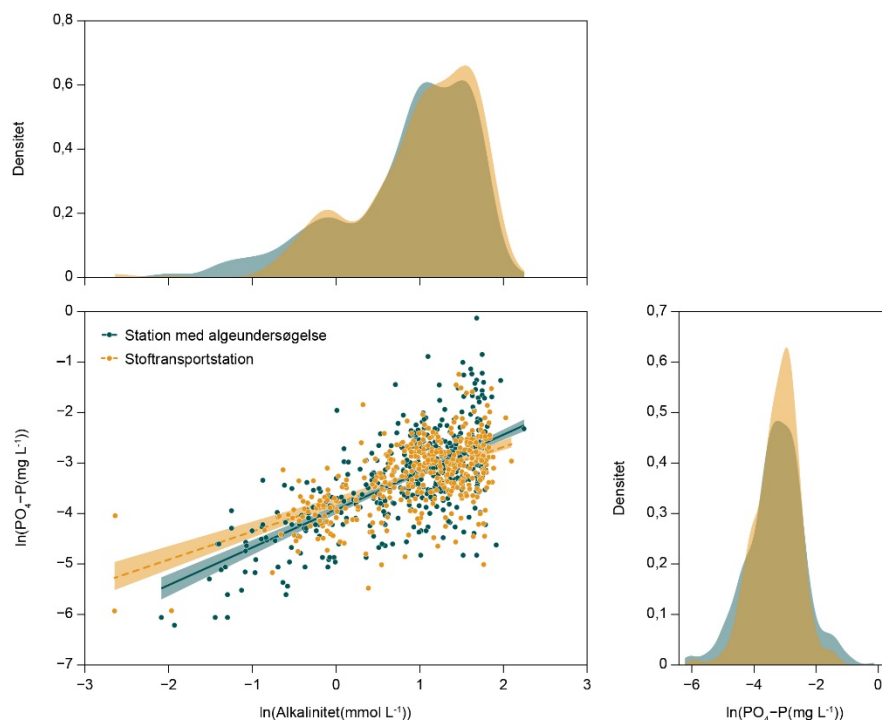
Analyserne er foretaget i R project for Statistical Computing, version 1.1.456 (R Core Team, 2018).

## Resultater

### Gradienter i alkalinitet og $\text{PO}_4\text{-P}$ på økologiske stationer

Det blev indledningsvist undersøgt, om gradienter i alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$  på de økologiske stationer med algeundersøgelser er dækkende for Danmark. Fordelingen af stationer i forhold til alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$  ses at være overlappende (Figur 1 a og b). Ligeledes er der ingen signifikant forskel på gradienterne i alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$  mellem økologiske stationer med algeundersøgelser og stoftransportstationer (ANCOVA,  $r^2=0,40$ ,  $p_{\text{stations type}}=0,301$ ) (Figur 1 c). Derfor betragtes de økologiske stationer med algeundersøgelser som dækkende for hele Danmark og er i det efterfølgende anvendt til at fastsætte grænserne mellem de fire vandløbsgrupper.

**Figur 1.** Fordelinger af alkalinitet (a) ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) og  $\text{PO}_4\text{-P}$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ) (b) for økologiske stationer med algeundersøgelser og stoftransportstationer. Sammenhængen mellem alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen er ikke signifikant forskellige mellem stationstyperne (c).



### Grænsefastsættelse af de fire vandløbsgrupper

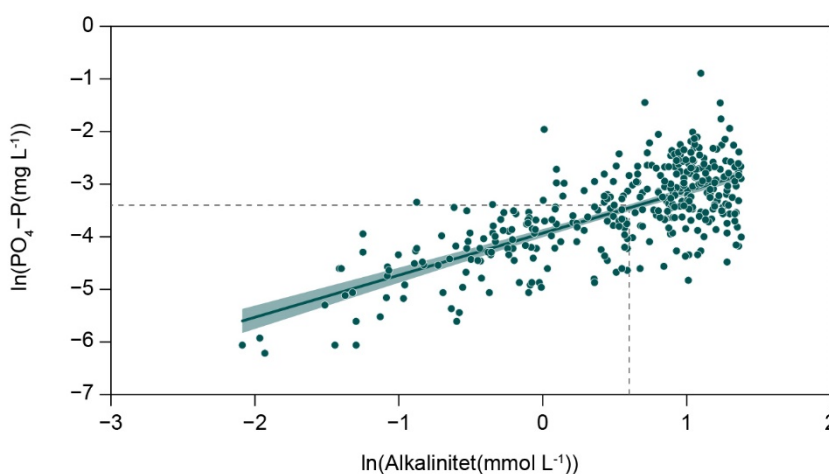
I den første tilgang til grænsefastsættelse af alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$  mellem de fire vandløbsgrupper er resultaterne fra den lineære regressionsmodel og change point for algeindekset anvendt.

Af figur 2 ses en signifikant positiv sammenhæng mellem alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$  (Lineær regression,  $r^2=0,45$ ,  $p<0,0001$ ), hvor change pointet for  $\ln(\text{PO}_4\text{-P}) = -3,45$   $\text{mg L}^{-1}$  (svarende til en  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration på  $0,032$   $\text{mg L}^{-1}$ ) har en tilhørende  $\ln(\text{Alkalinitet})$  på  $0,60$   $\text{mmol L}^{-1}$ , svarende til  $1,82$   $\text{mmol L}^{-1}$ . Grænsen mellem høj og lav alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen er således  $1,82$   $\text{mmol L}^{-1}$  og  $0,032$   $\text{mg L}^{-1}$ . Definitionen af de fire vandløbsgrupper fremgår af tabel 1.

**Tabel 1.** Inddeling af de fire vandløbsgrupper. 1) høj alkalinitet lav  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, 2) høj alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, 3) lav alkalinitet og lav  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration samt 4) lav alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration.

Vandløbsgruppe	Alkalinitet ( $\text{mmol L}^{-1}$ )	$\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )
1	>1,82	<0,032
2	>1,82	>0,032
3	<1,82	<0,032
4	<1,82	>0,032

**Figur 2.** Sammenhæng mellem alkalinitet ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) og  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentrationen ( $\text{mg L}^{-1}$ ) på kontrolovervågningsstationer i NO-VANA programmet, hvorpå der er algeundersøgelser. Både alkalinitet og  $\text{PO}_4\text{-P}$  er  $\ln$ -transformeret.



Definitionen af de fire vandløbsgrupper ved den anden tilgang fremgår af tabel 2. Ligesom for den første tilgang benyttes der for  $\text{PO}_4\text{-P}$  den koncentration, som Andersen et al. (2018) fandt, mens der for alkalinitet benyttes den af EU angivne koncentration (European Commission, 2009).

**Tabel 2.** Inddeling af de fire vandløbsgrupper. 1) høj alkalinitet lav  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, 2) høj alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration, 3) lav alkalinitet og lav  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration samt 4) lav alkalinitet og høj  $\text{PO}_4\text{-P}$ -koncentration.

Vandløbsgruppe	Alkalinitet ( $\text{mmol L}^{-1}$ )	$\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )
1	>0,40	<0,032
2	>0,40	>0,032
3	<0,40	<0,032
4	<0,40	>0,032

### Antal stationer i de fire vandløbsgrupper

Tabel 3 opsummerer antallet af stationer i de fire vandløbsgrupper for henholdsvis de økologiske stationer, stoftransportstationer samt det samlede antal stationer ved den første tilgang. De økologiske stationer med algeundersøgelser kan alene udgøre datagrundlaget for vandløbsgrupperne 1-3 og ved at supplere med stoftransportstationer kan ca. 50 stationer opnås i vandløbsgruppe 4.

**Tabel 3.** Oversigt over antal af stationer i de fire vandløbsgrupper ved den første tilgang. Vandløbsgrupperne er defineret ved 1) høj alkalinitet lav PO<sub>4</sub>-P-koncentration, 2) høj alkalinitet og høj PO<sub>4</sub>-P-koncentration, 3) lav alkalinitet og lav PO<sub>4</sub>-P-koncentration samt 4) lav alkalinitet og høj PO<sub>4</sub>-P-koncentration.

Vandløbs-gruppe	Økologisk stationer	Stoftransport-stationer	Total antal stationer
1	84	53	137
2	284	168	452
3	126	59	185
4	25	19	44

I tabel 4 findes antallet af stationer i de fire vandløbsgrupper for henholdsvis de økologiske stationer, stoftransportstationer samt det samlede antal stationer ved den anden tilgang. De økologiske stationer med algeundersøgelser kan alene udgøre datagrundlaget for vandløbsgrupper 1 og 2, men det ønskede antal stationer kan ikke opnås i hverken gruppe 3 og 4 ved at supplere med stoftransportstationer.

**Tabel 4.** Oversigt over antal af stationer i de fire vandløbsgrupper ved den anden tilgang. Vandløbsgrupperne er defineret ved 1) høj alkalinitet lav PO<sub>4</sub>-P-koncentration, 2) høj alkalinitet og høj PO<sub>4</sub>-P-koncentration, 3) lav alkalinitet og lav PO<sub>4</sub>-P-koncentration samt 4) lav alkalinitet og høj PO<sub>4</sub>-P-koncentration.

Vandløbs-gruppe	Økologisk stationer	Stoftransport-stationer	Total antal stationer
1	192	110	302
2	309	187	496
3	21	2	23
4	0	0	0

## Konklusion og anbefaling

Der er anvendt to tilgange til grænsefastsættelse af alkalinitet og PO<sub>4</sub>-P mellem de fire vandløbsgrupper. I den første tilgang er en lineær regression anvendt til at beregne grænsen for lav alkalinitet, som blev fundet at være 1,82 mmol L<sup>-1</sup>. Hvis denne tilgang anvendes, vil datagrundlag for et hovedprojekt kunne opnås ved at supplere med algeprøvetagninger på stoftransportstationerne.

Imidlertid kan en alkalinitet på 1,82 mmol L<sup>-1</sup> ikke betragtes som lav, da den overstiger gennemsnitsværdier tidligere rapporteret for vandløb beliggende i Vestdanmark, der har en gennemsnitværdi på 0,59 mmol L<sup>-1</sup> (±0,10) (Rebsdorf et al. 1991). Det anbefales i stedet at anvende tilgangen, hvor eksisterende grænseværdier benyttes til grænsefastsættelse mellem de fire vandløbsgrupper. På baggrund af de gennemførte analyser er der på nuværende tidspunkt ikke datagrundlag for i et hovedprojekt at kunne undersøge, hvordan det bentiske algeindeks for vandløb (SID\_TID) varierer i vandløb med forskellig alkalinitet. Det vil ikke være muligt at opnå ca. 50 stationer i vandløbsgrupperne 3 og 4 selvom de økologiske stationer suppleres med stoftransportstationer hvorpå algeundersøgelser gennemføres.

I den medsendte excel-fil findes en oversigt over stationer i de fire vandløbsgrupper samt hvilke stoftransportstationer det anbefales at gennemføre en algeprøvetagning på, førend et hovedprojekt påbegyndes.

## Referencer

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

Chessman, B., Grown, I., Currey, J., Plunkett-Cole, N., 1999. Predicting diatom communities at the genus level for the rapid biological assessment of rivers. *Freshwater Biology* 41, 317-331. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.00433.x>

European Commission, 2009. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 1: Rivers. EUR 23838 EN/1 – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability. Wouter van de Bund Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2009 – 136 pp. EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1018-5593 ISBN 978-92-79-12789-2 DOI 10.2788/23384

Soininen, J., 2007. Environmental and Spatial Control of Freshwater Diatoms – a Review. *Diatom Research* 22, 473-490. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2007.970572>

R Core Team, 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at: <http://www.R-project.org> 2018.

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.