

Små og sårbare – livet i mindre vandløb i et fremtidigt klima

I denne artikel anvender vi eksisterende viden fra klimamodeller, hydrologiske modeller og biologiske undersøgelser til en vurdering af hvilke konsekvenser fremtidens klima vil have for livet i mindre vandløb.

ESBEN ASTRUP KRISTENSEN,
BRIAN KRONVANG, HANS THODSEN &
JES RASMUSSEN

Klimaet ændrer sig. Vi har alle en fornemmelse af, at vejret ikke er som det plejer og videnskabelige undersøgelser bekræfter vores fornemmelse. Overvågningsdata viser, at der gennem det forrige århundrede er sket en markant stigning i nedbørmængden over Danmark, og at afstrømningen i danske vandløb er steget som følge heraf /1/. Analyser af allerede indsamlede data indeholder derfor en klimahistorie i form af vandkemiske og økologiske responser på år-til-år variation i vandmængden. Et vigtigt redskab til at supplere denne viden og opnå en øget forståelse af konsekvenserne af fremtidens klima er prognoser fra klimamodeller ved forskellige emissionsscenerier (Boks 1). Ved at udnytte disse prognoser og kombinere klimamodeller med hydrologiske og vandkemiske modeller samt biologiske undersøgelser får vi en mulighed for at simulere fremtidens vilkår i danske vandløb og dermed være på forkant med og om fornødent tilpasse os til de ændringer, der højst sandsynligt vil komme.

Der er ca. 69.000 km vandløb i Danmark hvoraf langt hovedparten (ca. 75 %) er mindre vandløb under 2 meters bredde. Det er derfor vigtigt at undersøge, hvordan fremtidens klima vil påvirke livet i denne type vandløb, som huser mange af vores vigtigste plante- og dyrearter og er gyde- og opvækstområder for ørreder. Desuden er det i de mindre vandløb, at konsekvenserne af et ændret klima vil kunne iagttages først og blive størst. I denne artikel har vi valgt at fokusere på 4 forskellige påvirkninger af livet i mindre vandløb i fremtidens klima: 1) stigning i temperatur, 2) flere ekstremer i vandmængder, 3) hyppigere udtørring og 4) flere negative effekter

son følge af forøget anvendelse af pesticider i landbruget.

Mindre vandløb – stigning i temperatur

Temperaturen i vandløb vil stige som følge af forøget lufttemperatur i fremtiden. Hvor stor stigningen bliver i det enkelte vandløb afhænger bl.a. af grundvandsandelen i afstrømningen, hvor meget af vandløbet der løber i skygge samt antallet af solskinstimer. Modelberegninger af vandløbstemperaturen i forbindelse med klimaændringer viser stigninger om 100 år på 1,6 °C – 3 °C sommer og vinter mens stigningen er modelleret til mellem 4,4 °C og 6 °C forår og efterår i mindre danske vandløb /2/.

Mange arter af smådyr og fisk kræver rent og ilttrigt vand for at overleve, og da mængden af ilt i vandet falder med stigende temperatur vil fremtidens højere vandtemperatur få negative konsekvenser for en række af disse arter. Vandplanter er derimod ikke afhængige af iltforholdene i vandet men påvirkes direkte af temperaturen. Bl.a. må det forventes, at en række arter vil få længere vækstsæson, da en temperaturstigning om foråret vil betyde tidligere fremspirings-tidspunkt.

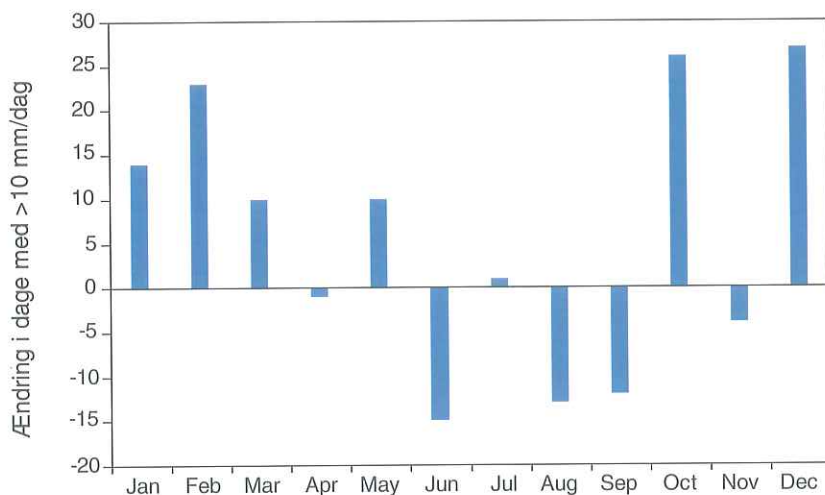
Mindre vandløb – flere ekstremt høje vandmængder

Afstrømningen i mindre danske vandløb er tidligere blevet modelleret med en Nedbørs-AfstrømningsModel (NAM), og tendensen i disse vandløb er, at fremtidens vandmængder overordnet set vil stige, men at denne stigning ikke er ligeligt fordelt henover året /3/. Der vil således være mindre vand i sensommeren og det tidlige efterår men mere i vinterhalvåret - en sæsonmæssig variation der overordnet set vil følge ændringer i nedbøren /4/. Klimamodellerne peger desuden på en generel stigning i hyppigheden af ekstreme nedbørshændelser. Figur 1 viser ændringen i antal dage med mere end 10 mm regn i fremtiden, og der ses en markant stigning, især i vinterhalvåret. For mindre vandløb kan dette betyde et mere varieret afstrømningsforløb med flere ekstreme vandføringer som følge af den intense nedbør.

Hvad betyder disse ændringer for livet i de små vandløb? Ekstremt høje vandføringer har mange negative påvirkninger på livet i vandløbene. Bl.a. kan det have store konsekvenser for smådyrene, da de ikke kan holde sig fast under høje vandhastigheder. Ørrederne i de små vandløb kan også blive negativt påvirket og især ørredernes tidligste livsstadium vil være udsat. Danmarks Miljøundersøgelser har udført modellering, der undersøger, hvordan rekrutteringen (hvor mange nye individer) bliver påvirket af vandføringen i fremtidens klima. I danske vandløb fremkommer ørredyngel fra gydegruset om foråret efter en udvik-

Boks 1: Klimamodellering

Forudsigelserne om ændringer i klimaet er modelleret med DMIs regionale klimamodel HIRHAM. HIRHAM kører i denne version i et ca. 25 km grid. IPCCs A2 emissionsscenario er anvendt som estimat af udledningen af drivhusgasser i fremtiden. HIRHAM giver resultater for 2 perioder, kontrolperioden 1961-1990 og scenarieperioden 2071-2100. Kontrolperioden bruges til at kontrollere at modellen kan reproducere fortiden. Scenarieperioden angiver klimaet i en fremtidig periode. Klimamodeldata anvendt i denne artikel er korrigerede for model afvigelser på månedsbasis. Kontrolperiode data sammenlignes på middelmånedsbasis med observationer, og korrigeres med en månedsspecifik faktor, for at matche observationerne. Scenarieperiode data korrigeres med den samme faktor, hvilket forudsætter at model afvigelsen er den samme for begge tidsperioder.



Figur 1. Ændring i antallet af dage med mere end 10 mm nedbør imellem kontrolperioden (1961-1990) og scenarioperioden (2071-2100). Ændringerne er modelleret med HIRHAM efter A2 emissionsscenarioet (se boks 1).

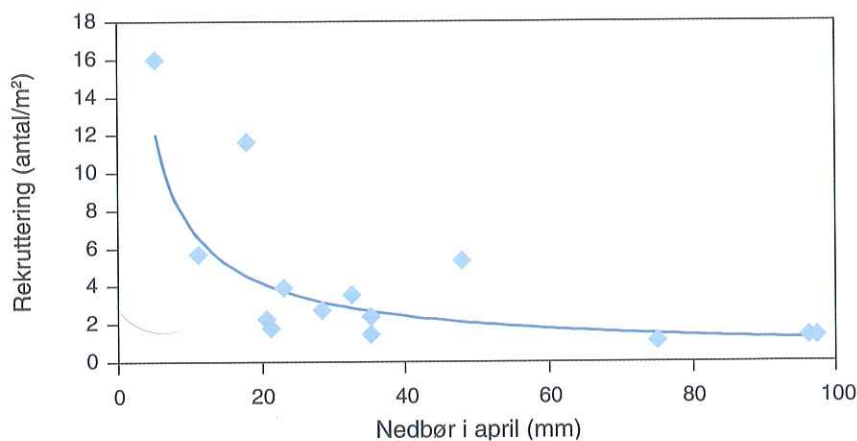
lingsperiode på 3-4 måneder. Tidspunktet omkring fremkomst fra gruset kaldes 'den kritiske periode', da den er forbundet med meget høj dødelighed. Vandføringen har utrolig stor betydning for dødeligheden i denne periode, da de små ørreder ikke kan modstå høje vandhastigheder og skylles nedstrøms. Mangeårige undersøgelser fra Bisballe Bæk (tilløb til Hald sø) har dokumenteret denne negative sammenhæng mellem vandføring (udtrykt som nedbør) og størrelsen på rekrutteringen (Figur 2). Tidspunktet for fremkomsten i Bisballe Bæk er i dag ca. 1. april, men modelleringen har vist, at fremtidens højere temperatur vil betyde en kortere udviklingsperiode for ørredæggene, og dermed vil de små ørreder komme frem fra gruset tidligere på året - allerede i midten af marts eller sårar i februar. Klimamodellerne forudsiger jo som sagt øget nedbørsmængde og flere ekstreme nedbørshændelser netop i disse måneder (Figur 1). Konsekvensen er højst sandsynligt en højere dødelighed blandt ørredyngelen. Hvor stor denne effekt vil blive er usikker, men hvis klimamodellernes forudsigelser holder stik kan effekten blive markant.

Udover at have en direkte effekt på livet i vandløbene, resulterer høje vandføringer ofte i øget sedimenttransport især som følge af øget brinkerosion. Der er en lang række negative konsekvenser af en stigning i sedimenttransporten for livet i vandløbene hvor især ødelæggelse af laksefiskenes gydeområder er veldokumenteret.

Små vandløb – udtørring

Små vandløb har per definition en relativ lille vandføring og er derfor meget sårbare overfor udtørring. Hydrologisk modellering viser et fremtidigt fald i vandmængderne i mindre

vandløb i sensommeren og efteråret, hvilket er betænkeligt, da det vil betyde en øget sårbarhed overfor udtørring med alvorlige konsekvenser for livet i de mindre vandløb. Modelleringen viste også en tydelig effekt af geologien i vandløbenes oplande på den hydrologiske respons ^{3/} med en tendens til, at ændringen i vandføring bliver mindre i sensommeren og efteråret jo mere sandet jordbunden er i oplandet (Figur 3). I denne type oplande udgør tilførsel af grundvand en betydelig del af vandløbenes vandføring, mens den hurtige drænafstrømning udgør en relativt større andel i mindre vandløb i lerede oplande. Mindre vandløb i sandede oplande har altså en naturlig buffer i forhold til at modstå længere perioder uden nedbør, og faldet i vandføring bliver derfor ikke så markant. I Ølholm Bæk (kun 11 % sandjord i oplandet) viser modelleringen således, at antal dage hvor bækken udtørre, i gennemsnit vil stige fra 11 til 20 pr. år, altså næsten en fordobling i udtøringsperiode i forhold til i dag. Omvendt vil der ikke ske en ændring i antallet af dage med udtørring i Oddebæk,



Figur 2. Sammenhæng mellem nedbør (udtryk for vandmængde) og rekruttering i Bisballe Bæk over 14 år (omtegnet fra ^{5/}).

som har mest sandjord i oplandet (Figur 3).

Længere perioder med udtørring er selvfølgelig fatal for de fleste vandløbsorganismer. Nogle vandløbsorganismer er tilpasset livet i et periodisk udtørret vandløb, mens andre ikke er. En forskydning hen imod tørketolerante organismer er derfor forventeligt, især i mindre vandløb i lerede oplande. En reduktion i vandmængden vil derudover også forstærke effekterne af fremtidens højere vandtemperatur.

Små vandløb – negative effekter fra brugen af pesticider

Det er veldokumenteret, at mange af de pesticider, der anvendes på danske marker, kan spores i vandløbene og at de kan have negative effekter på vandløbsorganismer ^{6/}. Særligt svampe- og insektmidler er potente overfor smådyr i vandløb, hvor selv meget kortvarige pulser i meget små koncentrationer påvirker organismene ^{7/}. Men hvorfor interessere sig for pesticider i forhold til klimaændringernes betydning for små vandløb? Der er flere årsager til dette. For det første er det forventeligt, at brugen af pesticider vil stige som følge af et varmere og fugtigere klima, samt at tidspunktet for sprøjtningen vil blive rykket til tidligere på året. Hvor meget brugen vil stige samt hvor tidligt på året det vil blive nødvendigt at sprøjte, er selvsagt ukendt, men med højere temperatur vil vækstsæsonen forlænges, og der vil komme nye mere behandlingskrævende afgrøder til ^{8/}. Kombineret med klimamodellernes forudsigelser om ændringer i nedbørsforhold og afstrømning i vandløb kan det have alvorlige konsekvenser for livet i især de mindre vandløb. Forskning ved Danmarks Miljøundersøgelser har vist at kraftige nedbørshændelser (> 10 mm pr. døgn), der forekommer lige efter sprøjtning med pesticider resulterer i høje koncentrationer af pesticiderne i drænrør under marken og dermed også i vandløbet,

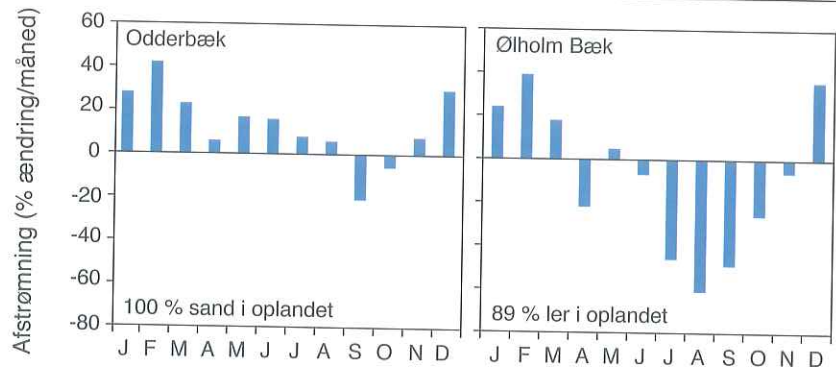
der modtager vand fra dræne (Figur 4). Klimamodellerne forudsiger både mere vinternedbør og dermed en længere periode i foråret med løbende dræn, samt flere kraftige nedbørshændelser (Figur 1). Hvis disse hændelser falder sammen med tidspunkt for sprøjtning af pesticider på marken er der stor sandsynlighed for, at vi vil se en øget negativ påvirkning på livet i vandløbene fra forekomst af flere pesticider og i højere puls koncentrationer. Drænrør er en meget direkte transportvej for pesticider fra mark til vandløb, så risikoen for negative påvirkninger vil være størst i de dele af landet, som er drænet med drænrør i marken (Figur 4).

Der er mange ting vi ikke ved omkring påvirkninger af pesticider på livet i og omkring vandløb, men der er ingen tvivl om, at en eventuel stigning i påvirkningsgrad vil være størst i de mindre vandløb da muligheden for at fortynde tilførte pesticider er begrænsede i disse vandløb. Derudover vil mindre vandløb som afvander marker med drænrør være udsatte.

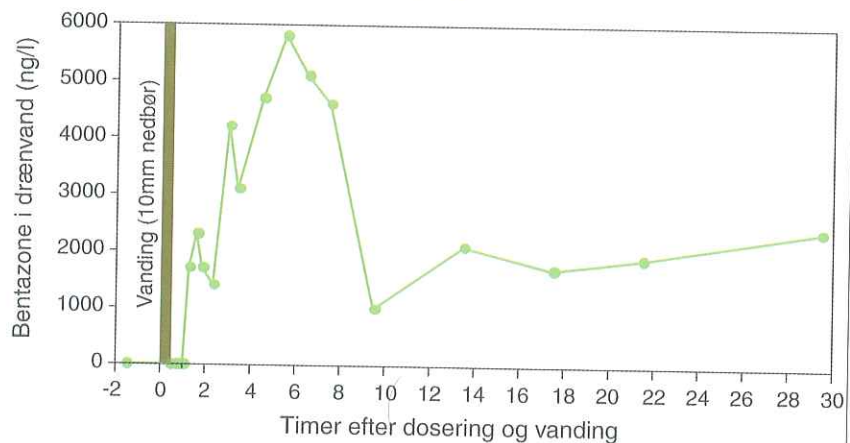
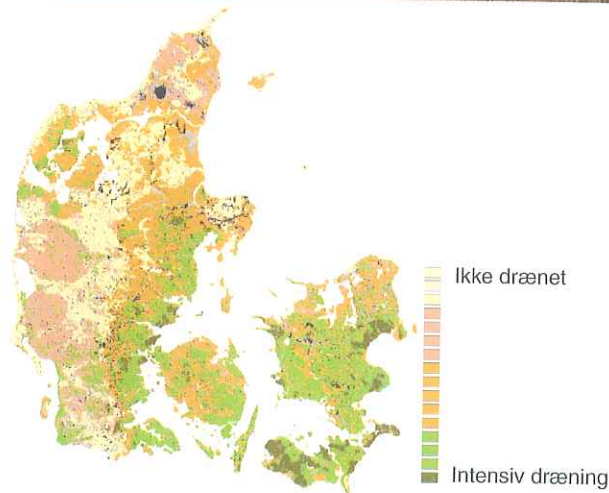
Fremtiden for små vandløb – en 3-trins-raket af negative påvirkninger

Denne artikel har præsenteret nogle resultater fra klimamodellering af effekter på mindre vandløb i Danmark med fokus på 4 væsentlige påvirkninger. Der er mange ubekendte i de forudsigelser vi får fra klimamodellerne, men som nævnt i indledningen så har klimaet allerede ændret sig igennem de sidste 50 år /9/ og det vil helt sikkert komme til at ændre sig yderligere. Derfor er det sandsynligt, at de negative påvirkninger af øget temperatur, ændrede afstrømningsforhold, mere ekstreme nedbørsforhold og ændringer i brugen af pesticider vil slå igennem i større eller mindre grad. Samlet set vil disse 4 påvirkninger udgøre en 3-trins-raket af negative påvirkninger på livet i mindre vandløb henover året (Figur 5). Først på året vil ekstreme vandføringer som følge af ændrede nedbørsforhold påvirke både smådyr og fisk negativt, senere på foråret vil et forventet øget forbrug af pesticider og flere ekstreme nedbørsforhold i kombination sende flere pesticider til vandløbene samt øge sedimenttransporten. Senere på sommeren vil især mindre vandløb i lerede oplande været udsatte for længerevarende udtørninger og højere temperatur.

Figur 4. Koncentration af et pesticid (Bentazone) i drænrør under en mark hvor sprøjtningen blev efterfulgt af kraftigt nedbør. Den vertikale bjælke viser tidspunkt for nedbør. Figuren viser også kort over dræning i Danmark.



Figur 3. Den procentvise ændring i afstrømning for Oddebæk og Ølholm Bæk.





Der er altså meget der peger på, at det bliver hårdt at være smådyr, fisk eller plante i et mindre dansk vandløb om 100 år, da denne type vandløb er meget sårbare over klimaændringerne.

Fremtidens forvaltning

Forudsigelserne fra klimamodelle er alvorlige for livet i mindre vandløb. Derfor er det allerede nu nødvendigt at overveje hvilke tilpasningsstrategier vi bør anvende for at mindske de negative konsekvenser af klimaændringerne. For mindre vandløb, samt for vandløb generelt, vil genskabelse af vådområder i ådalene og en samtidig afskæring af drænen være med til at dæmpe ekstremer i vandføringen og samtidig fjerne truslen for tilførsel af pesticider ad dette unaturlige link mellem mark og vandløb. Etablering af dyrkningsfri randzoner langs vandløb som planlagt i regeringens 'Grøn Væks' åbner mulighed herfor. Hvis randzonerne tilplantes med f.eks. elletræer, vil de modvirke erosion af brinker, og deres skyggevirkning vil kunne mindske store temperaturudsving om sommeren, når vandføringen er lille. Endelig er der behov for en fastsættelse af grænser for hvor meget vand der må indvindes til drikkevand fra grundvandet i de forskellige egne af landet med henblik på at være på forkant med at modvirke fremtidige skadevirkninger af udtørrede små vandløb.

Referencer

- /1/ Larsen, S.E., Kronvang, B., Ovesen, N.B. og Christensen, O.B. 2005. Afstrømnings udvikling i Danmark. Vand og Jord 12, 8-13.
- /2/ Pedersen, N.L. og Sand-Jensen, K. 2007. Temperature in lowland Danish streams: contemporary patterns, empirical models and future scenarios. Hydrological processes 21, 348-358.
- /3/ Hansen, K.M., Kronvang, B. og Guldberg, A. 2006. Afstrømning i små vandløb om 100 år? Vand og Jord, 13, 72-75.
- /4/ Thodsen, H. 2007. The influence of climate change on stream flow in Danish rivers. Journal of Hydrology, 33(2-4), 226-238.
- /5/ Lobon.Cervia, J. og Mortensen, E. 2005. Population size in stream-living juveniles of a lake-migratory brown trout *Salmo trutta* L.: the importance of stream discharge and temperature. Ecology of Freshwater Fish, 14, 394-401.
- /6/ Møhelberg, F., Schlüter, L., Gustavson, K., Andersen, T.T., Forbes, V., Cold, A., Friberg, N., Larsen, S.E. og Lauridsen, R.B. 2004. Effekt af bekæmpelsesmidler på flora og fauna i vandløb. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 82, 134 s.
- /7/ Rasmussen, J.J., Friberg og Larsen, S.E. 2008. Impact of lambda-cyhalothrin on a macroinvertebrate assemblage in outdoor experimental channels: Implications for eco-



Figur 5. 3-trins raket af negative påvirkninger, der vil ændre fremtidens levevilkår i mindre vandløb.

Fremtidens vejrudsigt lover mere regn i efterårs og vintermånederne og dermed stiger vandafstrømningen i det tidlige forår i de danske vandløb, med en deraf følgende større sedimenttransport.

Alt andet lige forventes et større og et fremrykket brug af pesticider i fremtidens varmere klima. Sammenkobles dette med en længere afstrømningsperiode for drænen, samt hyppigere og større nedbørshændelser så er der forøget risiko for tab af pesticider til vandløb og uønskede økologiske effekter.

Fremtidens varme og tørre somre vil især i mindre vandløb på lerjord uden buffer fra grundvand skabe hyppigere og længere udtørningsperioder med negativ påvirkning af de økologiske forhold i vandløb.

- system functioning. Aquatic Toxicology, 90, 228-234.
- /8/ Schriever, C.A. & Liess, M. 2007. Mapping ecological risk of agricultural pesticide runoff. Science of the Total Environment, 384, 264-279.
- /9/ Søndergaard, M., Kronvang, B., Pejrup, M. og Sand-Jensen, K. (eds). 2006. Vand og vejr om 100 år, klimaforandringer og det danske vandmiljø. Forlaget Hovedland.

ESBEN ÅSTRUP KRISTENSEN (ek@dmu.dk), HANS THODSEN (hath@dmu.dk), BRIAN KRONVANG (bkr@dmu.dk) og JES RASMUSSEN er alle ansat ved Afd. for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet og arbejder med forskellige emneområder indenfor vandløbs- og ådalsbiologi, hydrologi, næringsstoffer, næringsstofomsætning og miljøfremmede stoffer.