

VARM SOMMER MED UVENTEDE KONSEKVENSER FOR VANDMILJØET

Forfatterne



Kaj Sand-Jensen er professor, ksandjensen@bio.ku.dk



Kenneth Thorø Martinsen er videnskabelig assistent, kenneth.martinsen@bio.ku.dk



Theis Kragh er lektor, tkragh@bio.ku.dk

Alle ved Sektion for Ferskvandsbiologi, Biologisk Institut, Københavns Universitet.

Den ekstreme sommer i 2018 medførte udbredt udtørring og iltsvind i vandområder i Norden. Det har gjort det tydeligt, at der eksisterer hidtil undervurderede trusler mod de ferske vandes kvalitet som følge af de klimaændringer, vi kan forvente i fremtiden.

Sommeren 2018 blev ekstrem tør og rekordvarm. Det udløste overraskende og voldsomme konsekvenser såsom uset tørke på markerne, i villahaverne og i naturen, nødslagtning af kreaturer og store miljøproblemer i damme, søer og vandløb. I tal endte middelnedbøren helt nede på 27 mm om måneden i maj-juli sammenlignet med 56 mm i 30-årsnormalen i 1961-1990. Og middeltemperaturen blev hele 3 grader højere end 30-årsnormalen.

Vi gik ind i forsommeren med en forventning om, at vi kunne gennemføre vore studier som planlagt og lidet anende, at vejret ville kuldaste al forudgående planlægning.

I de seneste år har vi studeret stofomsætningen i damme på Øland i Sverige. Denne sommer skulle vi vurdere betydningen for planternes fotosyntese af den daglige udfældning og genopløsning af kalk. I den store Filsø ved Varde skulle vi bare gennemføre den årlige opgørelse af fiskebestandenes sammensætning, mens de mange automatiske sensorer løbende overvågede søens miljøtilstand.

Men sommerens vejrrekord ændrede alt. Vi blev mindet om, at der eksisterer undervurderede trusler mod de ferske vandes kvalitet som følge af klimaændringerne. Varme og tørke øger risikoen for både udtørring og øget frigivelse af driv-

husgasser fra dammene. Og varme og tørke afbrudt af skybrud øger risikoen for pludselig iltsvind i søer og vandløb.

Udtørrende damme

Da vi nåede frem til Øland først i juni, kunne det umuligt blive "business as usual". Den varme og tørre maj havde enten udtørret vores undersøgelsesdamme eller blot efterladt 10-15 cm vand. Denne situation skabte nye muligheder for at sammenligne det ekstreme med det normale fra tidligere år.

Med den lave vanddybde nåede vandtemperaturerne i dagtimerne op på 30 grader. De sammenpressede planter havde sværere ved at



↑ Tørken i sommeren 2018 slog særlig hårdt igennem på Øland, som det fremgår af satellitfotos i 2018 (til venstre) sammenlignet med året før. Foto fra Landsat 8, USGS Earthexplorer.

← Delvis udtørrende damme og søer er generelt et stigende fænomen. Det omfatter nu næsten alle vandområder på Øland på nær den dybe sø Hornsjön. På fotoet ses en udtørrende dam på Øland juni 2018. Indsat foto: en lille gedde har overlevet på det lave vand. Fotos: Theis Kragh.

udføre fotosyntese og producere ilt og var begyndt at henfalde. Den normale, regelmæssige iltudvikling over døgnet i overfladevandet var afløst af springende iltværdier, ofte meget lave eller nul, på grund af manglende opblanding af vandet i den tætte vegetation. Kun meget tolerante dyr og planter overlever hyppige iltsvind og vandtemperaturer på 30 grader i sådanne ekstreme miljøer.

Det er ganske vist ikke usædvanligt, at lavvandede damme tørrer ud hen på sommeren. Frøer, salamandre, insekter og damrøkker er alle tilpasset til situationen og forlader den udtørrende dam som voksne individer eller overlever i dammen som æg eller andre modstandsdygtige stadier i sedimentet. Men i 2018 skete udtørringen allerede i foråret eller forsommeren. De store mose-snegle, som ellers er meget robuste og kan klare sig i nogle dage uden ilt, var allerede døde, da vi ankom. Fiskene overlever heller ikke iltsvind

og udtørring af dammene. Derfor undgår haletudser og de fleste insekter at blive ædt af fisk, omend salamandre og store insekter rykker op som toprovdyr og i et vist omfang overtager fiskenes plads.

Hyppigere udtørring og mindsket vanddækning er et tiltagende fænomen i det stadigt varmere klima ikke bare på Øland men på hele Jorden. Allerede nu er 0,81 millioner km² (29 %) sæsonmæssigt udtørrende områder, sammenlignet med 2,78 million km² permanente ferske vande på globalt plan. Med forudsigtelsen af varmere og tørrere somre og vådere vintre og forår i Norden, kan vi forvente, at betydningen af vekslen mellem udtørring og vanddækning i fremtiden vil stige og omfatte en stadig større del af vandområderne.

Vand i tankbiler

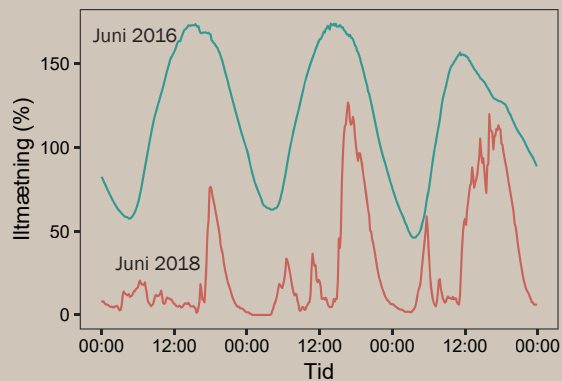
På Øland står grundvandet rekordlavt, og de store fladvandede søer på de 85 km² store udyrkede kalk-

flader ("Store Alvaret") udtørres i stigende grad om sommeren, hvis de ikke allerede er blevet permanent tørre, for den stigende vintertør er i de senere år gået uden om Kalmar og Øland, der ligger i regnlø af det smålandske højland.

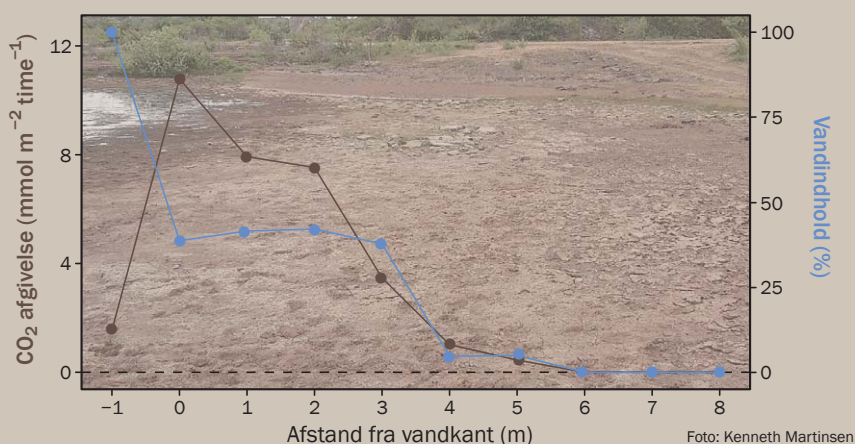
Det sænkede grundvandsniveau er ikke blot vigtig for naturen på Øland, men også for landbruget. Vandforbruget i det ølandske landbrug til markerne og mælkeproduktionen er stort og stigende. En malkeko drikker omkring 100 liter vand om dagen. Siden 2016 er der i sommerperioder blevet kørt 1000 m³ vand om dagen i tankbiler fra fastlandet til Øland. En meget dyr og energikrævende løsning. En permanent forsyningslinje over Kalmarsund med samme kapacitet blev etableret i juni 2018. Allerede i 2017 blev et anlæg til afsaltning af havvand taget i brug på nord-Øland, og et tilsvarende anlæg skal stå klar på syd-Øland i 2019 med en

Når dammen tørrer ud

Lav vandstand i dammene på Øland førte til høje vandtemperaturer og mere vekslende iltindhold sammenlignet med de samme damme med højere vandstand i tidligere år. Lavt iltindhold eller total iltsvind sammen med høje vandtemperaturer skaber et voldsomt stress, som de færreste organismer overlever. Figuren viser iltindholdet i samme dam over tre døgn med lav vandstand i juni 2018 (rød kurve) sammenlignet med ved højere vandstand i juni 2016 (blågrøn kurve).



Når dammene tørrer helt ud, og sedimentet eksponeres til luftens ilt, øges nedbrydningen af organisk stof og frigivelsen af CO₂ til luften, så længe sedimentet er fugtigt. Frigivelse af CO₂ fra dammenes overflade både ved høj og lav vandstand er således meget lavere end fra de lufteksponerede fugtige sedimenter. Figuren viser frigivelsen af CO₂ til luften fra dammens overflade (-1 m) og fra de lufteksponerede sedimenter i stigende afstand fra vandkanten (brune punkter). Vandindholdet i sedimenterne er vist med blå punkter.



daglig kapacitet på 3000 m³. Det er altså Sverige 2018 og ikke landene på den arabiske halvø. Det er et åbent spørgsmål, om vandressourcen rækker til at fortsætte den nuværende landbrugsstruktur på Øland.

Som tørken blev værre og værre i løbet af sommeren, udbrød der store skovbrande i Sverige, noget uhørt for Norden, mens vi er vant til at læse om naturbrande i Sydeuropa, Californien og Australien.

Udtørring kan give mere drivhusgas

Vekslende udtørring og vanddækning i søer, damme og vådområder påvirker ikke blot organismene. Disse fænomener er også vigtige for omsætningen af organisk kulstof og dermed for frigivelsen af drivhusgasserne CO₂ og metan til luften.

I søer og damme med permanent vandfyldning sker der en løbende ophobning af organisk stof i bun-

den. Både gamle og nyanlagte søer er effektive til at parkere organisk kulstof i søbunden. Ophobningen er betinget af, at der sædvanligvis er iltfrit i de vanddækkede sedimenter, idet fraværet af ilt hæmmer bakteriernes nedbrydning af det organiske stof.

Da dammenes sedimenter som følge af udtørringen var blevet eksponeret til luftens ilt, kunne vi på de udtørrede sedimentflader måle, at nedbrydning af organisk stof til CO₂ var ti gange højere end under vand. Det varer ved, indtil det blotlagte sediment er tørret ud, og bakteriernes omsætning går i stå. Hvis vi antager, at de lufteksponerede sedimenter holder sig fugtige i blot 17 dage om sommeren, eventuelt på grund af perioder med regn, så vil nedbrydningen af det organiske stof i det lufteksponerede sediment modsvare hele ophobningen af organisk stof under vand i dammen i resten af året. Det samme forhold finder vi sandsynligvis i andre lav-

vandede vandområder rundt om i verden, hvor vandstanden kan veksle kraftigt over tid. Søers og dammes evne til at fjerne kulstof fra kredsløbet kan altså mindskes eller helt forsvinde, hvis de i fremtidens klima i stigende omfang tørrer ud.

Iltsvindskatastrofe i Filsø

Senere på sommeren nåede vi frem til endnu en øjenåbner, denne gang den 6. august i Søndersø, der er sydbassin i Filsø. Da båden gled ud på den 25 grader varme, spejlblanke sø, lå der døde fisk overalt, flydende rundt i overfladen eller opskyllet på bredderne. En optælling viste, at de fleste store gedder og aborrer var døde, mens nogle småfisk havde overlevet på ganske lavt vand. Op mod 80 % af fiskebiomassen var gået til. Hvad pokker var der sket?

Normalt blæser det ved Filsø, og krappe bølger kruser næsten altid overfladen i den lavvandede sø, hvis middeldybde blot er 1,3 m.



Løbende iltmålinger på to faste stationer i Søndersø havde derfor indtil sommeren 2018 aldrig tidligere vist mindre end 70 % iltmætning. Vejrdata, vandtilførsel, vandets temperatur og iltindhold fra faste stationer samt indholdet af organisk stof i vandprøver indsamlet hver 10. dag dannede grundlag for vores arbejde med at afdække årsagerne til fiskedøden.

I en lang tør, varm og stille periode med begrænset iltudveksling med luften forud for iltsvindet og fiskedøden svingede iltmætningen i søvandet mellem 70 % om natten og maksimalt 170 % om dagen. Vandmasserne blev opblandet ved afkøling og nedsynkning af overfladevandet hver nat, og iltmætningen på dybeste sted (3,35 m) var trods det varme og stille vejr over 50 %; først under 20-40% opstår der problemer med fiskenes overlevelse. Altså tilsyneladende fred og ingen fare for, at pludselig opblanding



En prøve af vandet fra Søndersø den 8. august viser tydeligt den voldsomme brunfarvning af vandet.
Foto: Jan Skriver.

af det begrænsede volumen af bundvand kunne skabe iltproblemer i søen. Opblanding af bundvandet skete jo allerede hver nat.

Skybrud og organisk stof var synderen

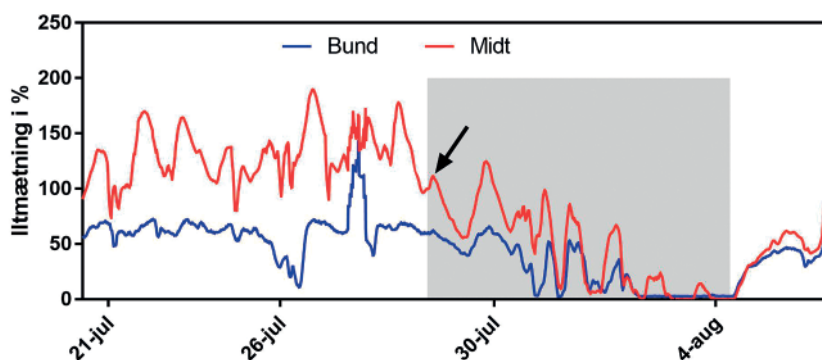
Vores undersøgelser viste derimod, at kilderne til iltsvindet skulle søges i det store opland. Efter kraftig

nedbør over oplandet den 28. juli skete der en pludselig og markant øgning af tilstrømningen af vand til Søndersø, hvilket samlet over flere dage summerede op til cirka 20 % af søens vandvolumen. Det tilstrømmende vand øgede mængden af opløst organisk stof og brunfarvning af søvandet med mellem 170 og 200 %. På samme tid steg iltforbruget i hele vandmassen med 2,5 gange, og fytoplanktonets iltproduktion blev stærkt nedsat på grund af lysmangel i det brune vand. Det bakterielle iltforbrug i vandmasserne om natten steg så meget, at 80 % af indholdet i fuldt iltmættet vand kunne forbruges på otte timer. Øget bakterielt iltforbrug i kombination med mindsket iltproduktion gennem fotosyntese, selvfølgelig forstærket af høje vandtemperaturer og den lave iltudveksling med luften, udløste totalt iltsvind og fiskedød i dagene 2.-4. august.

Fiskedøden i Filsø var massiv. Masser af døde fisk flød rundt i Søndersø mellem 28. juli og 4. august 2018.
Foto: Theis Kragh



Siden iltsvindet i Søndersø er der foregået en betydelig indvandring af fisk fra Mellemsø, som ikke blev ramt af iltsvindet. Det drejer sig især om små skaller, som drager fordel af at kunne leve i fred for de store rovfisk som gedder og aborrer, der døde under iltsvindet og endnu ikke er genindvandret. Fotoet er taget 37 dage efter iltsvindet. Foto: Emil Kristensen.



Kraftig nedbør over Filsø den 28. juli medførte kraftig tilstrømning af brunt vand med let omsætteligt organisk stof fra det store opland til det sydlige bassin Søndersø. Brunfarvningen i søen og den samlede koncentration af organisk stof steg med 170-200 %. Det øgede iltforbrug i søvandet, den lavere iltproduktion ved fytoplanktonets fotosyntese som følge af brunfarvning og endelig den usædvanligt lave ilttilførsel fra luften i det stille, varme vejr udløste i de følgende dage totalt iltsvind i hele vandmassen med udbredt fiskedød til følge. Figuren viser iltmætningen i overfladevand (rødt) og i bundvandet (blåt) i Søndersø i perioden før og efter iltsvindet i sommeren 2018.

Da det organiske stof var blevet nedbrudt og fotosyntesen igen kommet i omdrejninger, og vinden igen øgede iltudvekslingen mellem søen og luften, steg iltmætningen igen til 100 % og lagde den fatale hændelse bag sig. Havde vi ikke haft de løbende målinger og vandkemiske data, ville vi næppe have kunnet afdække årsagen til fiskedøden.

Vi har endnu ikke målinger af kilderne til det iltforbrugende og det brunfarvede organiske stof fra oplandet. Men vi har paralleller til dette hændelsesforløb fra denne sommer i blandt andet Lyngbygård Å og tidligere i Lindenberg Å og Alling Å. Efter tørre perioder førte skybrud i alle tre vandløb til udskylning af mørkebrunt og iltforbrugende vand fra de omgivende tørvejorder med det resultat, at der opstod iltsvind i vandløbene

og fiskene flygtede eller døde.

Hidtil har vi især været opmærksomme på effekterne af nærings-tilførsler fra land til ferske vande og kystvande. Men nu kan vi se, at pludselige tilførsler af organisk stof fra oplandene også kan skabe problemer i forbindelse med varme, tørke og efterfølgende skybrud.

Klimaændringer og bæredygtighed

Vi er med sommerens studier blevet bevidste om, at der eksisterer undervurderede trusler mod de ferske vandes kvalitet som følge af klimaændringerne. Risikoen forstærkes af en uhenigtsmæssig omgang med vandressourcen og en pludselig afstrømning fra land.

Et overset forhold, man skal være

opmærksom på ved svingende udtørring og vanddækning af jorder samt ved etablering af nye søer, er risikoen for methanfrigivelse, da methan er en meget kraftigere drivhusgas end CO_2 . Vi har målt en kraftig methanfrigivelse i den første sommer i en nyanlagt sø ved Næstved. Frigivelsen af CO_2 fra den oversvømmede søbund i august svarede til 40 % af frigivelsen fra de lufteksponerede, men stadigvæk fugtige sedimenter omkring dammene på Øland. Men dertil skal så lægges methanfrigivelsen, som i kulstof var fem gange mindre end CO_2 fra de lufteksponerede sedimenter, men i drivhuseffekt var seks gange større. Methanfrigivelsen fra den nyanlagte sø er langt den højeste, vi har målt, og den klinger nok af i de efterfølgende år, hvorefter deponeringen af kulstof i sedimentet under vand igen bliver den dominerende proces.

Der er mange sociale, økonomiske og politiske aspekter af klimaændringer. Men der er også mange og tilmed udforskede økologiske og ressourcemæssige aspekter, eksempelvis som følge af øget udtørring og frigivelse af klimagasser. Vi fik med den tørre og varme sommer 2018 en forsmag på, hvad klimaforandringerne kan komme til at betyde, takket være nogle få igangværende forskningsprojekter, som gav os baggrundstal til sammenligning med den ekstreme sommer. Dermed har vi sat fokus på fænomener i naturen og i kulturlandskabet, som må undersøges nærmere. ■