

Scenarier for fremtidig kvælstofbalance og -udvaskning i Odense Å oplandet

Kvælstofbelastningen af vandmiljøet spiller en meget stor rolle for den økologiske kvalitet i fjorde, søer og vandløb samt for kvaliteten af grundvand til drikkevand. I Danmark er den landbrugsmæssige arealanvendelse afgørende for kvælstofbelastningen, og der har været stor fokus på tiltag til reduktion af belastningen. Klimaændringer kan medføre betydelige stigninger i kvælstofudledningen. Her belyser vi kvælstofbelastningen af Odense Å med kombinationer af scenarier for arealanvendelse og klimaændringer.

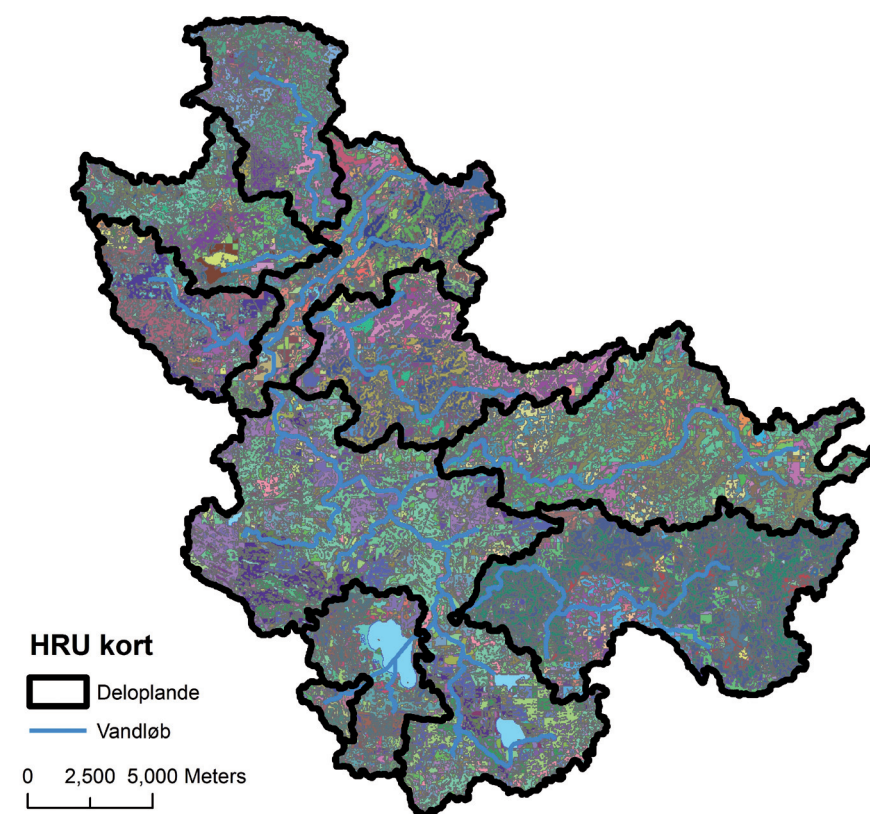
JØRGEN E. OLESEN, ERIK JEPPESEN,
CHRISTEN DUUS BØRGESSEN, DENNIS
TROLLE, ISIK ÖZTÜRK, JENS CHRISTIAN
REFSGAARD, TORBEN SONNENBORG &
IDA BJØRNHOLT KARLSSON

Indledning

Dansk landbrug har i århundreder været eksportør af fødevarer, først med levende kvæg til Tyskland og overskudskorn til Norge, og senere efter oprettelse af andelsbevægelsen i 1880'erne med smør og bacon til Storbritannien. I løbet af det 20. århundrede er især husdyrproduktionen i dansk landbrug blevet intensiveret og danske landbrugsprodukter eksporteres nu til hele verden.

Opindeligt var fødevareroverskuddet drevet af kvælstof fra biologisk kvælstoffiksering i græsmarker og bælgæd samt af en udvidelse af landbrugsarealet, især efter tabet af Sønderjylland efter krigen i 1864. Den største stigning i fødevarerproduktionen skete dog efter Anden Verdenskrig hvor kvælstoftilførslen med handelsgødning steg fra 15 kg N/ha på landbrugsarealet i 1945 til 143 kg N/ha i 1983, hvor den toppede. Nu ligger niveauet for handelsgødning på 74 kg N/ha.

Stigningen i kvælstofinput til dansk landbrug fra både handelsgødning og husdyrgødning sammenholdt med at en meget høj an-



Figur 1. Deloplande i Odense Å oplandet opstrøms Kratholm målestation med farvekoder svarende til HRU (Hydrologic Response Unit) inddelingen i SWAT modellen.

del af det samlede areal er i landbrug (62 %) med en høj andel (74 %) i korn og andre enårige afgrøder giver et højt potentiale for

tab af kvælstof til vandmiljøet via udvaskning. Siden 1985 har adskillige Vandmiljøplaner og nu senest Vandplanerne forsøgt at rette op på

den alt for høje kvælstofbelastning af grundvand, vandløb, søer og fjorde. Meget tyder dog på at klimaændringerne vil forværre situationen og øge udledningen af kvælstof fra danske landbrugssystemer, selv med øget brug af virkemidler som f.eks. efterafgrøder /1/.

I denne artikel vil vi med baggrund i modelbaserede analyser af Odense Å oplandet undersøge hvordan klimaændringer i samspil med ændringer i arealanvendelsen vil påvirke kvælstofbalancen og udvaskningen af kvælstof til Odense Å. Dette har været en del af CRES-projektet, hvor der har været stor fokus på kvantificering af usikkerheder. Vi har derfor gennemført analyserne for klimascenarier beregnet med forskellige klimamodeller og med to forskellige oplandsmodeller (Daisy-MIKESHE og SWAT). De endelige beregninger for Daisy-MIKESHE foreligger dog endnu ikke, og derfor præsenteres her især resultater for SWAT.

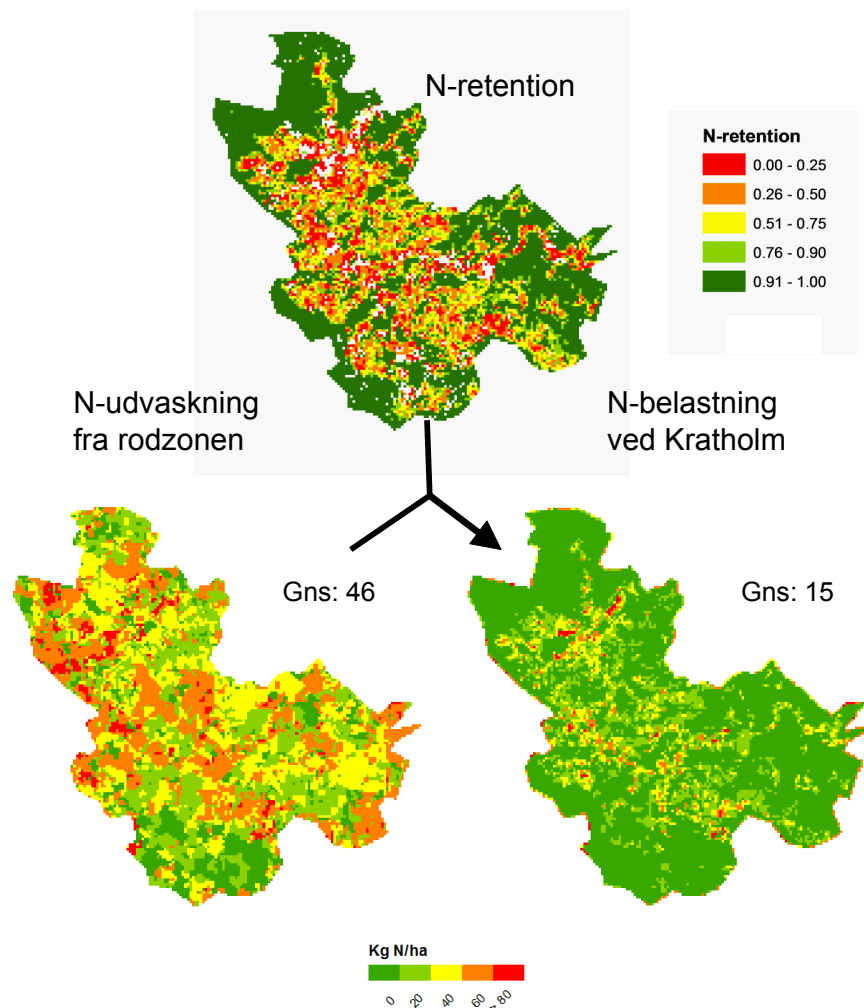
Modeller og scenarier

I CRES projektet er der fokuseret på oplandsarealet til Odense Å opstrøms Kratholm station (Figur 1). For dette opland har vi opsat både Daisy-MIKESHE (Boks 1) og SWAT (Boks 2). Daisy-MIKESHE er opsat som en geografisk distribueret model med et grid på 200 x 200 m (4 ha) svarende til den aktuelle arealanvendelse /2/. Hvert grid repræsenterer dermed en bestemt arealanvendelse, herunder bestemte sædskifter og husdyrintensiteter.

SWAT er opsat med i alt 10 deloplande og 1411 såkaldte Hydrologic Response Units (HRU) (se forklaring på HRU i Boks 2 og Figur 1), svarende til et gennemsnitligt HRU areal på ca. 35 ha. Landbrugs HRU'er er endvidere underinddelt i syv brugstyper med hver to sædskifter/rotationer, og skov er underinddelt i hhv. stedsegrønt og løvskov, resulterende samlet set i 4755 unikke kombinationer af arealanvendelse, jordtype og hældningsklasse indenfor hele oplandet.

Vi har på basis af resultater fra EU projektet ENSEMBLES udvalgt fire klimamodeller, som har beregnet klimaændringer under IPCC emissionsscenarioet A1B. Modellerne er udvalgt så de repræsenterer en våd, en median, en tør og en varm klimaudvikling blandt ENSEMBLES modellerne (Tabel 1). Her præsenterer vi resultater for to fremtidsperioder (2050: 2041-2060, 2090: 2080-2099). For 2090 giver to af modellerne (DMI og SMHI) en stigning i vandføringen i Odense Å, mens de to andre modeller giver et fald i vandføringen /3/.

Scenarierne for arealanvendelse følger to akser i forhold til udvikling i markeds kræfter og samfundsmæssige prioriteringer i fremti-



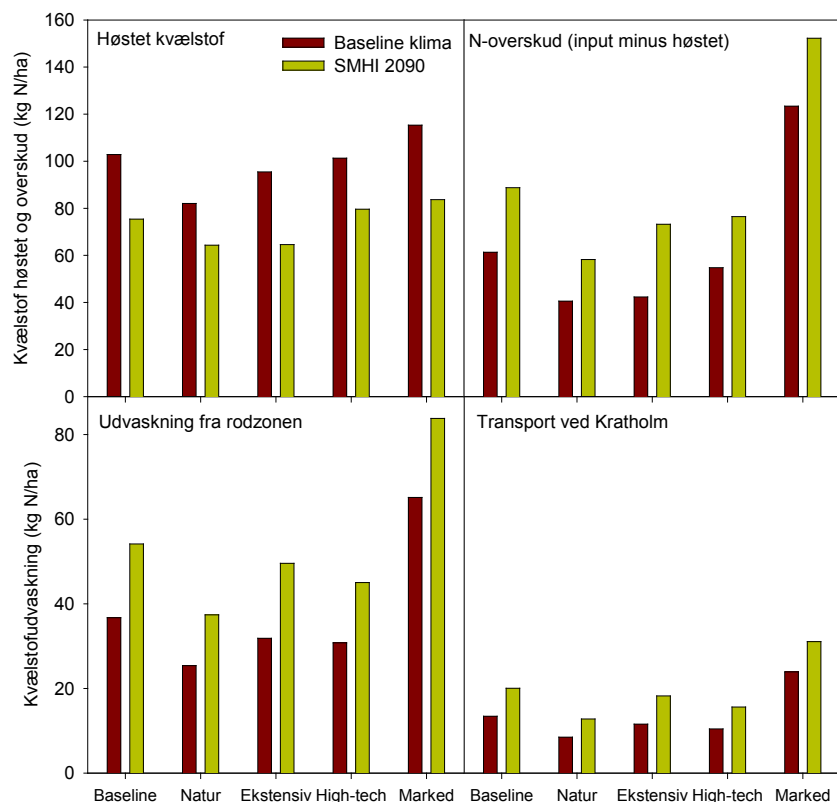
Figur 2. I Daisy-MIKESHE opsætningen beregnes kvælstofbelastningen (kg N/ha) i vandløbet ved Kratholm ved at summere belastninger fra forskellige dele af oplandet, beregnet som udvaskningen fra rodzonen korrigeret for en retentionsfaktor.

den /2/. Den ene akse er markedsprisen på fødevarer og andre landbrugsprodukter, og den anden akse er den ikke-markedsmæssige værdi af landskabet, som kan relatere til rent miljø (grundvand og overfladevand) og til

rekreative værdier. Dette resulterer i fire forskellige scenarier for arealanvendelse: 1) Landbrug for naturen (reduktion i landbrugsareal og husdyrbrug), 2) Ekstensivt landbrug (reduceret intensitet i landbruget og husdyr-

Boks 1. Daisy - MIKESHE

MIKESHE – Daisy systemet er en løs kobling mellem den distribuerede hydrologiske model MIKESHE og den punktbaserede jord-plante-atmosfæremodel Daisy. Daisy simulerer vandstrømme og stofomsætning af kulstof og kvælstof i planter og planternes rodzone, dog i den sammenhæng alene for landbrugsafgrøderne. For skove og pil er der benyttet standardværdier for kvælstofudvaskning fra rodzonen, hvorimod udvaskningen fra rodzonen for landbrugsafgrøder er beregnet med Daisy for en række forskellige sædskifter. Både Daisy og MIKESHE har anvendt et grid på 200 x 200 m til beregningerne, og den beregnede daglige udvaskning fra Daisy er anvendt i MIKESHE opsætningen til at kalibrere dybden til redox-grænsen, således at den beregnede kvælstoftransport i vandløbet ved Kratholm stemmer med den observerede. Dette giver en betydelig arealvariation i hvor stor en del af den udvaskede kvælstofmængde fra rodzonen, der når frem til Kratholm (Figur 2).



Figur 3. SWAT-simuleret effekt på kvælstof balance (høstet kvælstof i afgrøder og kvælstofoverskud) samt kvælstofudvaskning fra rodzonen og kvælstoftransport i Odense Å ved Kratholm for forskellige scenarier for arealanvendelse ved to klimascenarier (nuværende (baseline) og klimændring for 2090 med SMHI modellen).

bruget), 3) High-tech landbrug (højere produktivitet i landbruget), og 4) Markedsdrevet landbrug (øget landbrugsareal og højere intensitet).

Kvælstofoverskud

Kvælstofoverskuddet er beregnet som forskellen mellem input af kvælstof i gødning og kvæstoffiksering i forhold til høstet kvælstof (Figur 3). Den høstede kvælstofmængde ligger i baseline scenariet på 102 kg N/ha, og varierer under det nuværende klima fra 82 i natur-scenariet til 115 kg N/ha i markeds-scenariet. I klimascenariet for 2090 falder den høstede kvælstofmængde betydeligt og de laveste niveauer på ca. 64 kg N/ha fås for både natur og ekstensiverings scenarierne. Selv med markeds-scenariet ligger den høstede kvælstofmængde på 84 kg N/ha, hvilket er på

niveau med naturscenariet i det nuværende klima. For 2050 er der kun et mindre fald i den høstede kvælstofmængde i forhold til det nuværende klima (Figur 4), og der er kun en mindre variation mellem de fire klimamodeller, dog med højere høstede kvælstofmængder for det varme METO scenarie.

Kvælstofoverskuddet ligger under baseline for tre af scenarierne for arealanvendelse, men betydeligt højere i markeds-scenariet, og det gælder både for nuværende og fremtidigt klima (Figur 3). Som for høstet kvælstof er der kun mindre forskelle mellem klimamodellerne, men dog med mindre overskud for METO.

Kvælstofudvaskning

Kvælstofudvaskningen følger generelt forskellene i kvælstofoverskuddet. Der er således

både dobbelt så højt kvælstofoverskud og kvælstofudvaskning i markeds-scenariet som i naturscenariet. For scenarierne med ekstensivering og high-tech er der derimod tydelige forskelle mellem effekter på kvælstofoverskud og kvælstofudvaskning. Det højere kvælstofoverskud i high-tech resulterer i en lavere kvælstofudvaskning både fra rodzonen og i vandløbet ved Kratholm (Figur 3). Den lavere udvaskning i high-tech scenariet hænger sammen med at dette scenarie indeholder et større areal med flerårige energiafgrøder (pil) og øget brug af efterafgrøder. Begge dele øger lagringen af kvælstof i jorden og dermed mindskes kvælstofudvaskningen.

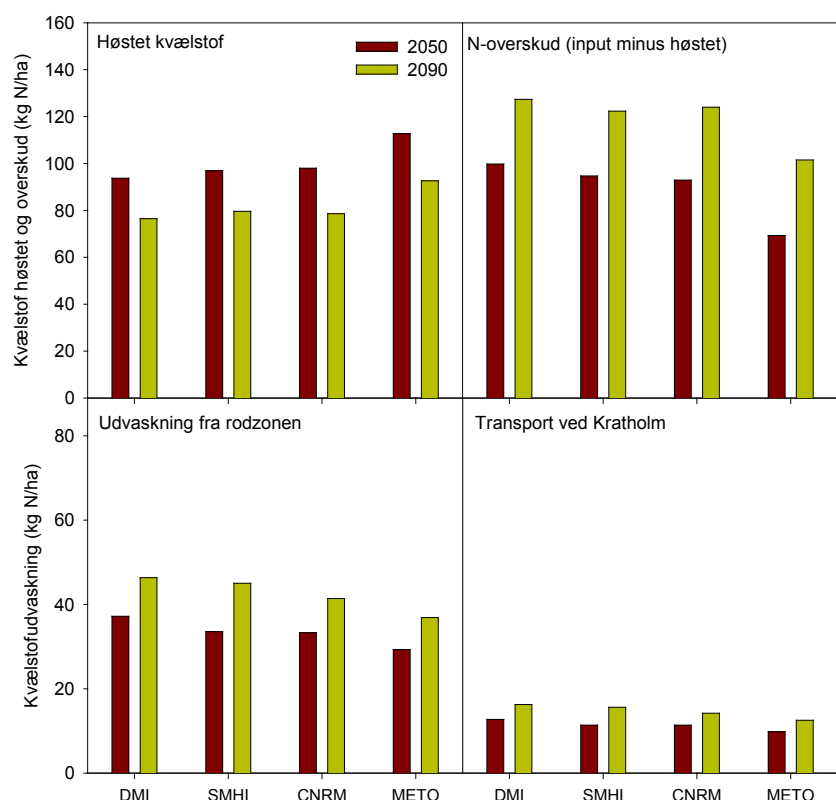
I gennemsnit er det med SWAT-beregningerne 35 % af kvælstofudvaskningen, der når frem til målestationen i vandløbet ved Kratholm. For Daisy-MIKESHE er det tilsvarende tal for basis-scenariet 33 %. Der er således stor overensstemmelse i den overordnede beregning af kvælstofretention i oplandet. For SWAT er der kun mindre forskelle mellem arealanvendelsesscenarier i andelen af N-udvaskningen, der når frem til Kratholm. Andelen ligger på 33 % i naturscenariet, 34 % i high-tech scenariet, 36 % i ekstensiveringsscenariet og 37 % i markeds-scenariet. Dette afspejler blandt andet forskelle i arealanvendelse i nærheden af vandløbet i de forskellige scenarier /2/. I naturscenariet er en stor del af den vandløbsnære landbrugsareal således omlagt til permanent græs, og i high-tech scenariet er en del af dette areal omlagt til flerårige energiafgrøder. Med de betydelige forskelle i kvælstofretention på tværs af oplandet, der er beregnet for Daisy-MIKESHE, må det forventes at forskellene her vil være noget større. En afklaring af dette afventer dog de endelige beregninger med dette modelkompleks.

Klimændringer kontra arealanvendelse

Beregningerne med SWAT illustrerer betydningen af at medtage effekter af ændret arealanvendelse ved vurdering af fremtidige effekter af klimændringerne. Resultaterne viser at arealanvendelsen er af større betydning end klimændringer frem til 2050, men herefter vil klimændringer kunne påvirke landbrugsproduktion og kvælstofudvaskningen mere end de ganske store forskelle i arealanvendelse, som vi har medtaget her (Figur 4). Der er flere grunde til at klimændringer giver lavere udbytter og større kvælstofudvaskning, herunder en kortere vækstsæson for kornafgrøder og dermed længere periode med bar jord og mulighed for tab af kvælstof. Noget af dette vil kunne mindskes gennem justering af sortsvalget, og sådanne tilpasninger er ikke

Tabel 1. Klimamodeller (GCM og tilhørende RCM) brugt i scenarieberegningerne af klimændringer under IPCC A1B.

Institution	GCM og RCM	Modelkarakteristika
DMI	ECHAM5 – HIRHAM5	Våd
SMHI	ECHAM5 – RCA3	Median
CNRM	ARPEGE – RM5.1	Tør
METO	HadCM3 – HadRM3	Varm



Figur 4. SWAT-simuleret effekt på kvælstof balance (høstet kvælstof i afgrøder og kvælstofoverskud) samt kvælstofudvaskning fra rodzonen og kvælstoftransport i Odense Å ved Kratholm for forskellige klimamodeller anvendt for A1B emissionsscenariet for 2050 og 2090 for high-tech arealanvendelsesscenariet.

medtaget i vores analyser. Dette illustrerer behovet for øget fokus på teknologiske, driftsmæssige og planlægningsmæssige løsninger, som vil kunne afhjælpe den betydelige risiko for øget kvælstofudvaskning i et varmere klima.

Referencer

- /1/ Doltra, J., Lægdsmand, M., og Olesen, J.E. 2014. Impacts of projected climate change on productivity and nitrogen leaching of crop rotations in arable and pig farming systems in Denmark. *Journal of Agricultural Science* 152, 75-92.
- /2/ Olesen, J.E., Jeppesen, E., Porter, J.R., Børgesen, C.D., Trolle, D., Refsgaard, J.C., Sonnenborg, T., og Karlsson, I.B., 2014. Scenarier for fremtidens arealanvendelse i Danmark. *Vand & Jord*, dette nummer.
- /3/ Sonnenborg, T.O., Karlsson, I.B., Trolle, D., Børgesen, C.D., Jeppesen, E., Olesen, J.E., og Refsgaard, J.C., 2014. Scenarier for fremtidig vandbalance og vand-

strømning i Odense Å. *Vand & Jord*, dette nummer.
 /4/ Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. *Journal of American Water Resources Association* 34, 73-89.

JØRGEN E. OLESEN (JorgenE.Olesen@agrsci.dk) er professor ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi
 ERIK JEPPESEN (ej@dmu.dk) er professor ved Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
 CHRISTEN DUUS BØRGESSEN (Christen.Borgesen@agrsci.dk) er seniorforsker ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi
 DENNIS TROLLE (trolle@bios.au.dk) er seniorforsker ved Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
 ISIK ÖZTÜRK (Isik.Ozturk@agrsci.dk) er postdoc ved Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi
 JENS CHR. REFSGAARD (jcr@geus.dk) er professor ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 TORBEN SONNENBORG (tso@geus.dk) er seniorforsker ved De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 IDA BJØRNHOLT KARLSSON (ika@geus.dk) er PhD studerende ved GEUS og Københavns Universitet

Boks 2. SWAT

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) er en semi-distribueret øko-hydrologisk model /4/, der bl.a. simulerer vandets kredsløb, og hvordan forskellige typer af jord og arealanvendelse har indflydelse på dette. Vandets afstrømning opgøres i overfladeafstrømning, grundvandsafstrømning (og drænastrømning) samt lateral afstrømning (også kaldet interflow) fra de øvre jordlag direkte til vandløb. Modellen inkluderer desuden procesbaserede beskrivelser af næringssalt-transporten igennem et opland, herunder detaljeret landbrugspraksis (og afgrødemodellering) samt vandløbsprocesser. SWAT inddeler et opland i en række deloplande på baggrund af topografien (størrelsen af disse deloplande bestemmes af brugeren, og er afhængig af den detaljegråd der ønskes simuleret (Figur 1)). Indenfor hvert delopland aggregeres arealerne i beregningsenheder kaldet Hydrologic Response Units (HRU), som udgør en unik kombination af jordtype, arealanvendelse samt overfladehældning (hældningsklasse). Disse HRU'er har indflydelse på vandafstrømning og tab af næringssalte, som samlet ledes igennem en vandløbsstrækning i hvert delopland.

Nordisk klimatilpasningskonference 2014

Hvilke områder trænger sig mest på? Hvor findes barriererne, som er med til at hindre en effektiv og videnbaseret klimatilpasning i de nordiske lande? Og er vi overhovedet tilpassede til det nuværende klima? Disse og andre spørgsmål var sat til diskussion ved den nordiske klimatilpasningskonference i København, som CRES var vært for den 25. - 27. august 2014.

MARTIN DREWS OG MARTIN OLESEN

Adapting to Change: From Research to Decision-making

Klimatilpasning har længe været på dagsordenen i de nordiske lande. Med god grund. For som illustreret gennem en lang række af mere end 130 bidrag ved den nordiske klimatilpasningskonference i København, så er vi også i Norden sårbare over et ændret klima. En af udfordringerne er at få sat viden og dialog i fokus, så vi bliver bedre til at træffe langsigtede og videnbaserede beslutninger og undgår de mange nu-og-her tiltag, som hyppigt viser sig at være fejlinvesteringer på sigt. Ét af konferencens hovedmål var da også – ligesom sine forgængere i Stockholm (2010) og Helsinki (2012) – at være et bredt og åbent forum for dialog. Det omfatter dialog mellem på den ene side forskerne, studerende og andre eksperter og på den anden side beslutningstagerne såvel som folk, der arbejder med strategisk og operationel klimatilpasning i både den private og offentlige sektor. I alt 230 deltagere fra mere end 15 forskellige lande - hovedsageligt Norden og det nordlige Europa - havde fundet vej til Hotel Scandic Sydhavnen, hvor leder af Center for regionale klimaforandringer (CRES), professor Jens Hesselbjerg Christensen, sammen med klima-, energi- og bygningsminister Rasmus Helveg Petersen og EU's klimakommissær Connie Hedegaard bød velkommen. Konferencen var ar-



Stine Bosse taler til konferencen om bl.a. erhvervslivets – og ikke mindst banker og forsikringselskaber – rolle i forhold til klimaet.

rangeret af CRES i samarbejde med en række forskellige samarbejdspartnere, herunder Det Strategiske Forskningsråd, Nordisk Ministerråd, det svenske klimatilpasningsprogram "Mistra Swecia", det nordiske topforskningscenter "NORD-STAR" og BALTIX sekretariatet ved Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Centre for Materials and Coastal Research.

IPCC AR5 – og hvad så?

Indholdet af konferencen koncentrerede sig om fire aktuelle hovedtemaer. Det første tema "IPCC AR5; what now?" tog udgangspunkt i de

seneste resultater fra IPCC's femte vurderingsrapport, hvor den samlede synteserapport vedtages og præsenteres i København i oktober 2014. Tre af de centrale bidragydere til IPCC's arbejde herunder den verdensberømte klimaforsker Chris Field, "co-chair" for IPCC's Working Group II (om klimapåvirkninger, tilpasning og sårbarhed) var med til at kridte banen op. Ét af de helt centrale spørgsmål er, hvorledes ny viden om klimaændringerne og deres påvirkninger kan og bør sættes i spil med henblik på eventuelle justeringer af eksisterende klimatilpasningstiltag såvel som



Nogle af deltagerne ved den nordiske klimatilpasningskonference.

i form af et fundament for nye. En af konklusionerne var, at bevidstheden om de forøgede risici som følge af klimændringerne kan være stærkt "skalaafhængige". Der var således en række eksempler hvor både lokale og regionale aktører (herunder forsikringsselskaber) havde været ude af stand til at indramme risici – eller havde valgt bevidst ikke at anerkende samme – på trods af pres fra det nationale niveau. En anden vigtig konklusion opfordrede til forsigtighed i fortolkningen af observerede trends i klimaudviklingen. Ikke mindst lokalt og regionalt er menneskeskabte klimændringer sjældent hele historien eller den væsentligste udfordring, hvilket i nogen tilfælde udgør en væsentlig hindring for implementeringen af passende klimatilpasning. Dette blev påpeget af flere konferencedeltagere. Samtidig presser et nyt spørgsmål sig på: om samfundet overhovedet er tilpasset til det nuværende klima? De omfattende oversvømmelser som følge af kraftige nedbørshændelser, der har plaget Norden de senere år, taler deres eget sprog. Som konferencen imidlertid også tydeligt udstillede, så findes en række løsninger allerede eller er på vej, bl.a. gennem et øget fælles nordisk samarbejde om "klimatjenester".

Mainstreaming – limits and opportunities

Under temaerne "Mainstreaming" og "Limits and opportunities" blev der stillet skarpt på såvel videndeling som dialog, f.eks. mellem forskningen og beslutningstagerne. Implementering af klimatilpasning, løsninger og teknologier, institutionelle og økonomiske barrierer, samt klimatilpasning af den private sektor (bl.a. transport og bank- og forsikringssektoren) var blandt emnerne. Blandt hovedtalerne var Stine Bosse, direktør i CONCITO; Elisabeth Eide, medieforsker ved Oslo og Akershus University College og Daniel Zimmer,

direktør i Climate-KIC – EU's særlige initiativ for innovation inden for klimaområdet. Specielt ét emne stjal i nogen grad billedet, og det var emnet "climate change communication". Behovet for og kompleksiteten ved effektiv og målrettet kommunikation af "klimaviden" på mange forskellige niveauer blev i bred forstand fremhævet i mange af konferencens diskussioner og fremhævet som en væsentlig barriere for handling. Det er tydeligt, at området er i udvikling men at en fælles terminologi er en af mange byggesten, der fortsat mangler. Andre centrale emner omfattede kritiske barrierer i forhold til klimatilpasning, herunder den nødvendige udvikling af de institutionelle roller og funktioner, og de eksisterende juridiske rammer for tilpasningen.

Yderligere et tema blev anslået, idet handling under betydelig usikkerhed ikke behøver at være helt så modsætningsfyldt som det må lyde. Det er velkendt, at der er mange usikkerheder i informationskæden fra udslipsscenarioer via klimamodeller og effektstudier til klimatilpasningsplaner. Et område, som ofte ignoreres, men er en reel usikkerhed af praktisk betydning, er om tiltagene så også virker efter hensigten. Her er der ikke megen viden at arbejde videre med, da klimaforandringerne dels er noget, der tager til, og hvor der dels kun i ringe omfang er egentlige erfaringer at trække på.

Low probability / high impact

Konferencens fjerde og sidste tema "Low probability / high impact" beskæftigede sig i høj grad med ekstreme vejrhændelser (og specielt kraftig regn), som har lav sandsynlighed, men som i kraft af deres omfattende potentielle konsekvenser, medfører store samfundsmæssige risici. Dette illustreres klar ved oversvømmelserne i København i 2010, 2011 og helt aktuelt 2014. Et af de meget spændende resultater, som blev berørt af flere

deltagere, omhandlede menneskelig adfærd og forskellige opfattelser af klimændringerne. Et andet fokus var risikokortlægning og anvendelsen af sådanne værktøjer. Det tredje og sidste fokus handlede om økonomi og specielt udgifterne forbundet med forskellige typer af tilpasningstiltag. Forskellige virkemidler blev præsenteret til formidling af usikkerhederne, bl.a. en prototype på et "serious game" rettet imod beslutningstagere og byplanlæggere. En række andre bidrag havde deres udspring i CRES projektet selv - med udgangspunkt i de mest alvorlige af IPCC's klimascenarier. Det gælder f.eks. RCP 8.5 scenariet, og et helt nyt scenarie fra DMI, som udstiller nogle af de potentielt enorme konsekvenser for Europa i en for nærværende "utænkelig" 6 °C globalt opvarmet verden. En verden, som trods meget lav sandsynlighed, alligevel ikke kan afskrives.

Hvordan ser fremtiden ud?

Et tværgående emne, som naturligt indgik i mange af konferencens præsentationer og også i høj grad under den afsluttende debat, var "fremtiden". Som understreget af professor Hans von Storch under sit indlæg ved den afsluttende paneldiskussion, så spiller vores billeder af fremtiden ofte en helt afgørende rolle under planlægning og implementering af tiltag. Fremtiden er imidlertid ikke en "stationær" tilstand, som det ofte forudsættes i f.eks. økonomiske vurderinger, men er en proces i stadig forandring. Det stiller store krav til beslutningstagerne og betyder, at den "traditionelle" værktøjskasse ikke længere er tilstrækkelig. Tag for eksempel 100 års returværdien for nedbør. Værdien angiver en sandsynlighed under vores nuværende klima, som også er meningsfyldt under ikke stationære forhold. Omvendt siger 100 års returværdien for nedbør ikke noget om, hvorvidt en sådan hændelse reelt finder sted i de kommende 100 år. Der er også andre forhold,



Chris Field præsenterer resultater fra IPCC's Working Group II

der er under stadig forandring, og som påvirker sårbarheden som f.eks. folks adfærd, præferencer, konflikter, arealanvendelse og teknologi. Forhold, som må inddrages på forskellige niveauer, før man kan udtale sig om en mulig eller sandsynlighed "fremtid". Sidst men ikke mindst, er det afgørende at forstå, at alle beslutninger fundamentalt set er politiske, lød det fra flere sider. Klimatilpasningsforskningens rolle er bibringe viden, der kan

hjælpe med til at fremhæve f.eks. de tekniske aspekter ved forskellige løsninger, og specielt hvad angår effektiviteten.

Hjemmeside

Yderligere information om den nordiske klimatilpasningskonference herunder delta-gerliste, præsentationer og abstracts kan findes på konferencens hjemmeside: <http://nordicadaptation2014.dk>. Et egentlig "white

paper", som udstiller de vigtigste resultater og konklusioner, vil blive udarbejdet i løbet af efteråret 2014.

MARTIN DREWS (mard@dtu.dk) er assisterende projektleder i CRES og seniorforsker ved "Climate Change & Sustainable Development"-gruppen ved Institut for Systemer, Produktion og Ledelse, Danmarks Tekniske Universitet. MARTIN OLESEN (mol@dtu.dk) er klimaforsker ved Danmarks Klimacenter".

Brugerbehov og forskningsfokus

Der er et stort behov for tættere samarbejde mellem forskere, brugere og interessenter omkring klimatilpasningen i Danmark. CRES' vision er at styrke samarbejdet og gennem en tæt dialog være med til at rette forskningsfokus mod brugernes behov.

MARTIN DREWS, FLEMMING GERTZ,
TORBEN WEISS GARNE, NIELS PHILIP
JENSEN, CARSTEN JESPERSEN, GERT
LAURSEN, JØRGEN E. OLESEN &
JENS HESSELBJERG CHRISTENSEN

Indledning

Det er ikke længere tvivl om, at der også i Danmark er et betydeligt behov for klimatilpasning. Det gælder både i det nuværende og ikke mindst i et fremtidigt ændret klima med mere ekstremt vejr. Nogle af de mest åbenlyse eksempler er selvfølgelig de kraftige skybrud, som i de senere år og så sent som i august 2014 har trukket store overskrifter i medierne – og ikke mindst på grund af de betydelige samfundsøkonomiske tab som følger af oversvømmelserne. Eller stormene Allan og Bodil, der i 2013 gjorde os opmærksomme på sårbarheden over for vind og hav, når vejret viser tænder – de to hændelser kostede henholdsvis forsikringselskaberne 4,2 mia. kr. og Stormflodsordningen ca. 700 mio. kr. Også inden for andre områder begynder konsekvenserne at føles af selv små ændringer i temperaturen og nedbøren og ikke mindst i variationerne heraf. Det gælder for eksempel inden for landbrugsproduktionen, kvaliteten af vores søer og vandløb, grundvandet, biodiversiteten og sundhedssektoren. Samtidig buldrer den teknologiske, samfundsmæssige og politiske udvikling derudaf med sine stadig nye muligheder - og nye udfordringer - for klimatilpasningen. Begge dele stiller store krav til de mange private og offentlige beslutningstagere og professionelle, der arbejder inden for tilpasningsområdet. De skal på den ene side forholde sig til de nyeste forskningsresultater og på den anden side holde sig den samfundsmæssige og økonomiske udvikling samt de teknologiske muligheder for øje.



Istedgade i København efter skybruddet i 2011.
Foto: Imer Eskildsen.

Brugerfokus

Der er et stort anerkendt behov for bedre viden og mere specialiserede værktøjer til at understøtte klimatilpasningen og ikke bare i Danmark men også i høj grad internationalt. For at implementere tilpasning, der inddrager såvel de forventede klimaændringer som den samfundsmæssige og teknologiske udvikling, kræves en videnskabelig tilgang, som fordrer en præcis forståelse af, hvordan menneskelige processer og aktiviteter vekselsvirkende med naturlige processer. Den aktuelle forståelse er vist gennem forskellige klimascenarier. Klimascenarierne er dog sjældent målrettede konkrete sektorspecifikke behov, men opfylder i stedet primært de forskningsmæssige spørgsmål, som de er udsprunget af. Et af de store problemer - og et væsentligt omdrejningspunkt for CRES – er, at scenarier for fremtidens klima og relaterede effekter generelt mangler en sammenhængende

forståelse for de involverede usikkerheder og også ofte er utilstrækkelige i regional detalje.

Anvendelsen af klimascenarier er en stor udfordring for de offentlige og private beslutningstagere, der skal træffe beslutningerne om passende tiltag. Ofte er der tale om valg af ét klimascenarie - og om tilsvarende fravalg. Dermed er det ikke sikkert, at den bedste tilgængelige viden udnyttes optimalt. Det er heller ikke sikkert, at forskere og praktikere inden for bestemte områder har en fælles forståelse for de aktuelle videns- og forskningsbehov. For eksempel så kunne offentlighedens fokus på de seneste katastrofer lokalt føre til valg af et ekstremt scenarie, som imidlertid er dårligt undersøgt grundet begrænset videnskabelig interesse. Dette vil i yderste konsekvens betyde, at de "forkerte" (og suboptimale) projekter iværksættes.

En af CRES' afgørende strategiske kvaliteter er at bidrage til at koble klimaforskningen og

brugersiden tættere sammen og derigennem være med til at styrke klimatilpasningen i Danmark. Dette sker blandt andet gennem et specielt fokus på at inddrage centrale private og offentlige organisationer i forskellige dele af centrets forsknings- og udviklingsaktiviteter. Det gælder Forsikring og Pension, Videncentret for Landbrug, Kommunernes Landsforening, DANVA samt kommunerne i Odense og Århus, der alle er tilknyttet centret. Målet med partnerskabet er at forbedre grundlaget for vidensbaseret beslutningstagning i Danmark, men i særdeles også at give begge sider (forskere og praktikere) en unik mulighed for at få bedre indblik i det, der ligger "under motorhjelm", og dermed at forbedre kommunikationen af klimaviden.

Dialog

For at målrette centrets forskningsfokus og samtidig direkte at involvere brugersiden indledte CRES i 2011 en række dialogmøder med sine interne partnere, som også deltog på centrets faglige årsmøder.

I stedet for de traditionelle åbne brugermøder, som typisk er stærkt domineret af vidensinstitutionerne, var målet for dialogmøderne, at forskningssiden og brugersiden skulle være ligeligt repræsenterede med sigte på at styrke en åben dialog samt at skabe personlige netværk mellem forskere og interessenter. Af samme årsag fandt alle møder sted hos interessenterne, som også forestod den konkrete planlægning af møderne. På den måde kunne arrangementerne tilpasses organisationernes særlige behov og ønsker. Det typiske deltagerantal ved dialogmøderne var mellem 10 og 20, hvoraf halvdelen typisk repræsenterede interessenterne. Fra 2011 til 2013 fandt fire sådanne møder sted hos henholdsvis Videncentret for Landbrug, Forsikring og Pension, Odense Kommune og Kommunernes Landsforening. Et afsluttende møde for alle centrets interessenter foruden specielt inviterede gæster, bl.a. fra Naturstyrelsen, afholdtes i Taulov i november 2013.

Landbrug

En af hovedpointerne fra mødet hos Videncentret for Landbrug var, at landmændene helt naturligt foretager en løbende tilpasning af afgrøder med ændret klima. Et eksempel på dette er den øgede udbredelse af majs som følge af stigende temperaturer. Langsigtede investeringer som for eksempel investering i jord og driftsspecifik teknologi sker typisk over en 10-20 årig tidshorisont, hvor regionale klimamodeller endnu ikke er i stand til at levere den tilstrækkelige præcise viden. Tilpasning til øget behov for afvanding af marker er

allerede i dag et stort emne, som ikke bliver mindre, når vandmiljøplanernes behov for miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse samtidig skal opnås. Sammentænkning mellem klimatilpasningsløsninger i det åbne land for at mindske risikoen for oversvømmelser i byerne sker allerede i nogen grad for eksempel i projektet "landmanden som vandforvalter" /2/ og er et godt eksempel på eksisterende samspil mellem forskere, interessenter og myndigheder. Et andet centralt område for landbruget er udladninger af drivhusgasser. Det er selvfølgelig ikke mindst på grund af et stigende politisk pres for at øge landbrugets rolle i forhold til at begrænse dets udladninger såvel som reduktioner i de næringsstoffer fra landbrugsproduktionen som udledes til vandmiljøet. Konkrete værktøjer i form af f.eks. målrettet formidling og dokumentation af relevant viden rettet mod landbrugskonsulenterne og i sidste ende landmændene udgjorde et stort ønske fra Videncentret.

Forsikring

Forsikringsbranchen i Danmark har stort fokus på klimatilpasning. Det gælder specielt med henblik på at forebygge oversvømmelser forårsaget af skybrud og mere generelt af vejrrelaterede skader. Med brancheforeningen Forsikring og Pension i spidsen har forsikringsbranchen de senere år opbygget et tæt samarbejde med forskere bl.a. fra DMI og DTU. Blandt resultaterne er "Forsikringsvejret", der viser om forsikringen dækker efter en bestemt vejrhændelse, og "Husets Vejralarm", som udsender varsler om farligt vejr og giver gode råd om forebyggelse. Begge tjenester er udviklet i samarbejde med DMI. Forsikringsbranchen har gennem et partnerskab med Miljøministeriet medfinansieret bedre hydrologiske kort til kommunerne og indgået aftaler med 70 kommuner om brug af forsikringsskadedata med henblik på at styrke kommunernes klimahandlingsplaner. Samtidig vinder individuel fastsættelse af forsikringspræmier gradvist indpas i forretningsmodellerne. Det skyldes i høj grad de nye muligheder som IT-baserede værktøjer giver for at analysere risikoen og præmiefastsætte helt ned på individniveau – også kaldet mikrotariffering. Det stigende antal skader giver selskaberne bedre viden om skadesårsager og tilbagevendende omkostninger på samme ejendomme. Det er dog fortsat nødvendigt med en stadig mere detaljeret risikokortlægning både under nutidige og fremtidige klimatiske forhold. Herudover er det vigtigt, at kortlægningen er troværdig og de involverede usikkerheder velforståede. Begge dele – og ikke mindst potentialerne for

at forbedre og udvikle eksisterende metoder og modelværktøjer – var hovedtemaer for dialogmødet.

Kommuner

De to sidste dialogmøder var rettet mod kommunale aktører. Det første fandt sted hos Odense kommune med deltagelse af lokale embedsmænd med ansvar for klimatilpasningen. Det andet møde fandt sted hos Kommunernes Landsforening med deltagelse af KL's "klimagruppe". Fælles for de to møder var stor opmærksomhed omkring regeringens handlingsplan for håndtering af regnvand /1/ og de klimatilpasningsplaner kommunerne var ved at udarbejde. En af de ting, der blev fremhævet ved begge møder, var, at kommunerne generelt efterspørger lettere adgang til den nyeste forskningsbaserede viden, komplicerede dataprodukter og værktøjer i deres arbejde, herunder estimer af de tilhørende usikkerheder. En anden pointe berørte det store fokus på skybrud som følge af hændelserne i København i 2010 og 2011. Det blev her påpeget fra begge sider, at den nuværende udvikling i kommunerne i meget høj grad er drevet af disse ekstreme begivenheder og på baggrund af statens udpegning af risikoområder. Og i mindre grad af kommunernes reelle kortlagte sårbarhed. Andre risici forbundet med klimaændringerne såsom et stigende grundvandsspejl forbigås således ofte i planlægningen selv om visse områder sandsynligvis vil komme til at "drukne nedefra" uden passende tiltag som f.eks. dræning. Sidst men ikke mindst var tilbagemeldingen fra kommunerne, at usikkerhederne om effekternes størrelse hindrer politisk handlekraft, det gælder både lokalt og på Christiansborg. Troværdig viden er derfor nødvendig for at overbevise politikerne om at investere i klimatilpasning, også selv om kommunen ligger langt væk fra kysten, og i øvrigt ikke er blandt de særligt udpegede 10 oversvømmelsestruede områder. Generelt er det vigtigt at kunne legitimere klimatilpasningsindsatsen og påvise den samfundsøkonomiske effekt af den klimatilpasning, som implementeres i kommunerne. Det er endeligt vigtigt, at den nationale lovgivning ikke bliver en barriere i forhold til at implementere de rigtige klimatilpasningsløsninger i kommunerne men løbende justeres på baggrund af den nyeste viden.

Afslutning

Som afslutning på møderækken afholdtes i slutningen af 2013 et samlet "brugermøde" på tværs af sektorerne. Mødet fandt sted i Taulov og her deltog foruden CRES forskerne og de



Fremtidens udsigter for landmanden? Foto: Erik Skov Nielsen

interne partnere en række yderligere gæster, herunder Naturstyrelsen. Tre hovedtemaer var med til at danne rammerne om debatten: (i) Hvilke kilder (eller "rygter") ligger til grund for nuværende klimatilpasning; (ii) Hvor er de største øjeblikkelige behov for konsolideret viden inden for klima- og klimatilpasningsområdet - set fra en brugersynsvinkel; (iii) Hvor ligger de fremtidige vidensbehov?

Ikke overraskende er konklusionen på (i), at grundlaget for langt de fleste klimatilpasningsplaner nøje følger de centralt udmeldte retningslinjer fra ministeriet vedrørende f.eks. valg af klimascenarie (A1B) og tidshorisont (2050). De største behov for konsolideret viden hidrører ovennævnte risikokortlægning, herunder udviklingen af bedre modeller og mere monitorering, som kan hjælpe med til at reducere usikkerhederne både for det fremtidige klima, men også på effekten af virkemidlerne i klimatilpasningen. Her kan fremhæves ønsket om mere viden om mulighederne og konsekvenserne ved at bruge vandressourcer til f.eks. vanding frem for at bruge vandet i forhold til naturbeskyttelse.

"Hvornår får ændringerne konsekvenser i naturen?", kunne f.eks. være et centralt spørgsmål? Endelig hvad angår (iii) pegede diskussionen på behovet for forbedrede prognoser for påvirkningerne inden for hhv. industri/produktion, samfund og miljø. Altså en tæt kobling mellem klimadata og effektmodeller på den ene side og tekniske og samfundsmæssige modeller og data på den anden side. Hvilken rolle spiller koblede hændelser, og hvor ligger de potentielle "high impact events" nu og i fremtiden?

Konklusion

Samlet set har den tætte dialog med interessenterne tydeligt understreget de strategiske kvaliteter i CRES herunder den åbenlyse mérværdi, der opnås, gennem kobling af forskningsfokus og brugerbehov. Det er også lykkedes gennem samarbejdet at etablere en stærk relation, som kan være med til at løfte klimatilpasningen i Danmark og til at stimulere nye innovative ideer og arbejdsformer. Et af mange interessante forslag, som skal nævnes her, var at etablere et fælles projektkatalog, hvorved de studerende (bachelor,

master og ph.d. studerende) med forskellige baggrunde kunne få mulighed for at være direkte tilknyttet og lave fælles projekter i kommunerne.

MARTIN DREWS er seniorforsker ved Institut for Systemer, Produktion og Ledelse, Danmarks Tekniske Universitet. FLEMMING GERTZ er landbrugskonsulent ved Videncentret for Landbrug. TORBEN WEISS GARNE er underdirektør i brancheforeningen Forsikring og Pension. NIELS PHILIP JENSEN er konsulent hos Kommunernes Landsforening. CARSTEN JESPERSEN er biolog og klimamedarbejder og GERT LAURSEN SLOTSGEOLG i Odense Kommune. JØRGEN E. OLESEN er professor ved Institut for Agrokologi - Klima og Vand, Aarhus Universitet. JENS HESSELBERG CHRISTENSEN er centerleder for CRES, adjungeret professor ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet, og forskningsleder ved Danmarks Klimacenter, DMI.

Referencer

- /1/ Regeringen 2012. Sådan håndterer vi skybrud og regnvand – Handlingsplan for klimasikring af Danmark.
- /2/ www.vandforvalter.dk