

Samarbejde om klimatilpasning i Rødby Fjord oplandet

I oplandet til Rødby Fjord er gennemført et klimatilpasningsprojekt, der viser en vej for, hvordan samtlige interessenter i området kan opnå en fælles forståelse af klimatilpasning i oplandet og hvordan fremtidige oversvømmelser kan imødegås.

Det vigtigste værktøj, der tages i brug i samarbejdsprojektet, er en hydraulisk model, som udarbejdes under hensyntagen til drøftelser i interessentgruppen. Herved opnås enighed om, hvilke forhold, der er mest betydende for afdræningen af oplandet. Projektmodellen kan meget vel tænkes anvendt andre steder i Danmark.

Lolland Kommune påtog sig rollen som projektleder på baggrund af oversvømmelserne i det åbne land, hvor uhøstede landbrugsafgrøder stod under vand, og oversvømmelser i dele af sommerhusområderne i august 2011.

DAN RAAHAUGE, REGITZE LASSEN,
PREBEN HANSEN, JAN GREGERSEN, JACOB
GUDBJERG & BIRGIT PALUDAN

Baggrund

I 2012 fik Lolland Kommune tilskud fra Miljøministeriet på 400.000 kr. til et projekt om tværgående samarbejde om klimatilpasning i Rødby Fjord oplandet. Baggrunden for ansøgningen var blandt andet et ønske fra "Afvandingsgruppen Lolland" om, at kommunen skulle udarbejde en strategi for klimatilpasning og en overordnet handlingsplan for Rødby Fjord. Afvandingsgruppen Lolland repræsenterer landbruget, sommerhusejere og pumpelag i Lolland Kommune. Gruppen blev dannet efter de omfattende oversvømmelser af landbrugsarealer og dele af nogle sommerhusområder i august 2011.

Der blev dannet en projektgruppe med deltagelse af: Dansk Landbrug Sydhavsoerne, Landvindingslaget Rødby Fjord, Grundejerforeningen for sommerhusområdet Hummingen Strand, Fritidshusejerforeningen, Lolland Kommune og Lolland Forsyning.

Som en væsentlig del af projektet skulle der udarbejdes en hydraulisk model for Rødby Fjord oplandet. Modellen skulle sikre en fælles forståelse og viden om, hvordan vandstand, afstrømning, nedbør og oversvømmelser hænger sammen i området. Endvidere skulle den hydrauliske model være med til at belyse, om der fandtes muligheder for fysisk og økonomisk at klimatilpasse, således at der ikke var falske/urealistiske forventninger til en fremtidig afvandingsikkerhed.

Ønsket var at belyse, hvilket serviceniveau

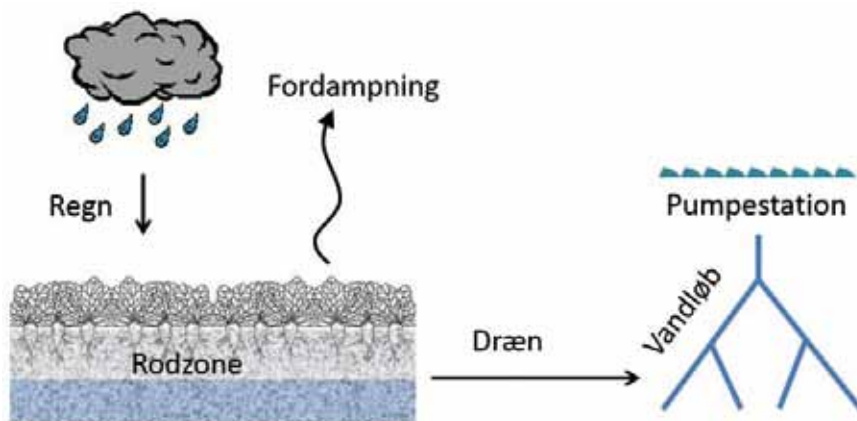
for afvanding det var muligt at opnå i området, når omkostningerne ved tiltag skulle sammenholdes med omkostningerne til skader.

Projektfremgangsmåden

1. Der blev udarbejdet en hydraulisk model, der ved brug af målinger kom til at repræsentere virkeligheden i tilstrækkelig høj grad.
2. Der blev opnået konsensus i projektgruppen om hydraulikken i området ved sammenligninger mellem modelresultater og



Figur 1. Rødby Fjord oplandet. Hovedkanalerne er markeret med mørkeblå og i de lyseblå områder ligger terrænet under havoverfladen.



Figur 2. Konceptuel model.

målinger, og ved at der blev gennemført følsomhedsberegninger af forskellige forhold, som var relevante for de forskellige parter. Følsomhedsberegningerne blev foreslået af interessenterne for at der kunne nås enighed om diverse hydrauliske forhold.

3. Projektparterne definerede kritiske koter for deres interesser og definerede deres forventning til afvandingen i fremtiden
4. Der blev gennemført beregninger af forskellige løsninger (større pumpe, større vandløb osv), så parternes forventninger kom på samme niveau, og der blev regnet økonomi på disse løsninger

I projektet var integreret en særskilt opfølgning og evaluering af samarbejdet mellem interessenterne, som forløb sammen med tilvejebringelsen af modellen, så samarbejdet blev sikret.

Rødby Fjord oplandet

Rødby Fjord var oprindeligt en fjord, der forbandt købstaden Rødby med Femern Bælt. I dag er Rødby Fjord tørlagt og udnyttes til intensiv landbrugsproduktion. Afstrømningen fra området ledes via et kanalsystem til Kramnitse pumpestation, hvor vandet pumpes ud i Femern Bælt.

Oplandet til Kramnitse pumpestation er cirka 200 km². Området er relativt fladt og ca. 20 % ligger under havniveau (lyseblåt område på figur 1). Den samlede længde af hovedkanalerne (vist med mørkeblå på figur 1) er 86 km. Pumperne er dimensioneret til en afstrømning på omkring 100 l/s/km², hvilket svarer til 9 mm/døgn eller 20 m³/s. Vandspejlet ved pumpestationen holdes omkring kote -4 m. Der findes i kanalsystemet 9 styrt, hvor vandet løber over en betonkant og danner et lille vandfald. De maksimale faldhøjder for disse styrt varierer fra 45 cm til 113 cm.

Vandløbene har generelt svage hældninger, typisk under en promille i den nedre del af

systemet, med Rødby Kanal (39) som den fladeste.

Arealanvendelsen fordeler sig således, at 80 % af oplandet er opdyrket, 6 % er bymæssige arealer, 5 % er skov, og 1 % er søer og vandløb. På landbrugsarealerne blev der i 2012 dyrket vinterhvede/vinterbyg på 35 %, vårbyg på 28 % og roer på 23 %. Alt landbrugsjord forventes at være drænet. De bymæssige arealer udgøres af Rødby, Holeby, Dannemare og sommerhusområderne Kramnitse og Hummingen. Den samlede befæstelsesgrad (altså veje, parkeringspladser, hustage, terrasser) for hele oplandet er ca. 6 %.

Modelkrav

Hovedformålet med den opstillede model var 1) at fastslå årsagerne til oversvømmelserne i 2011 og 2) at vurdere områdets evne til at dræne på lang sigt, hvor der må påregnes ændrede klimatiske forhold. Herunder at vurdere hydrauliske konsekvenser af forskellige tiltag til at imødegå ændrede klimaforhold. Sådanne tiltag kunne for eksempel være ændret praksis for grødeskæring, ændringer af kanalernes geometri og ændringer på bygværker som styrt og pumpe. Modellsystemet skulle kunne bidrage til bestemmelse af hyppigheden af hydraulisk kritiske forhold både med det eksisterende system og med tiltag, som nævnt ovenfor, og dermed bidrage til at træffe kvalificerede beslutninger.

Konceptuel model

Figur 2 viser en skematisk fremstilling af den konceptuelle model for det hydrauliske system. Nedbøren falder på marken, og hvis ikke fordampningen er stor nok, opfuges rodzone. Ved fuld vandmætning vil overskydende vand via dræne løbe til vandløbene, hvor det til sidst pumpes i havet ved pumpestationen. I sommerperioden vil fordampningen typisk være højere end nedbøren, og vandindholdet i rodzone vil falde. Derfor vil

det kræve en periode med langvarig regn, før der om sommeren kan forekomme oversvømmelse. Et bymæssigt område vil være følsomt over for korte intense nedbørshændelser, hvorimod der i et landområde skal flere langvarige hændelser til med meget nedbør, før det bliver kritisk.

Bemærk, at det ikke var nødvendigt at modellere grundvand dybere end dræne. Det skyldes dels områdets flade karakter, dels at vi primært er interesseret i at modellere situationer med stor afstrømning, hvor grundvandsbidraget spiller en mindre rolle.

De betydende processer, som modelkonceptet skulle håndtere, var:

1. Nedbør (historisk og fremtidig)
2. Fordampning (herunder plantevækst)
3. Strømning i rodzone til dræne
4. Urban afstrømning
5. Strømning i vandløbene

Numerisk hydraulisk Model

Rødby Ford modellen er en sammenkobling af rodzone- og plantevækstmodellen Daisy / 1/ og vandløbsmodellen HEC-RAS / 2/. Begge modeller er gratis at anvende. Daisy modellen beskriver de hydrologiske processer i jordlagene over dræne. Daisy beregner den tidlige variation af fordampning, snesmeltning og tilstrømning til dræn på baggrund af klimatiske inputdata (nedbør, temperatur globalindstråling) og den stedlige variation af afgrøder. Daisy leverer dermed tilstrømning fra landområderne til vandløbsmodellen HEC-RAS. Vandløbsmodellen beregner vandstanden i vandløbene ud fra tilstrømningen, vandløbets tværsnit og vandløbets ruhed. Ruheden er typisk bestemt af mængden af grøde. Mængden af grøde afhænger i modellen af årstiden og vedligeholdelsen af vandløbet. På baggrund af arealanvendelsen, afgrøderotationen og jordtypen blev der defineret 22 unikke Daisy-opsætninger. Ud fra højdemodellen blev der beregnet ca. 700 deloplande til vandløbssystemet, se figur 4. For hvert delopland blev der beregnet en unik afstrømningstidsserie ved arealvægtning af Daisy-tidsserierne.

Kalibrering, validering og accept af model

Da fokus i samarbejdsprojektet var at sikre enighed om hvordan afstrømningen foregår i fjorden, blev Rødby Fjord modellen kalibreret mod de målte udpumpninger samt målte vandstande fra fire vandstandsloggere. Modellen blev valideret i forhold til udbredelser af oversvømmelserne, der blev registreret ud fra flyfoto af oversvømmelsen i august 2011 og marts 2010.

Ved sensitivitetanalyser blev det vist, at

modellen opførte sig som forventet og det blev accepteret i projektgruppen, at modellen gav en tilfredsstillende repræsentation af virkeligheden. Hermed kunne den bruges som grundlag for efterfølgende beslutninger.

Resultater

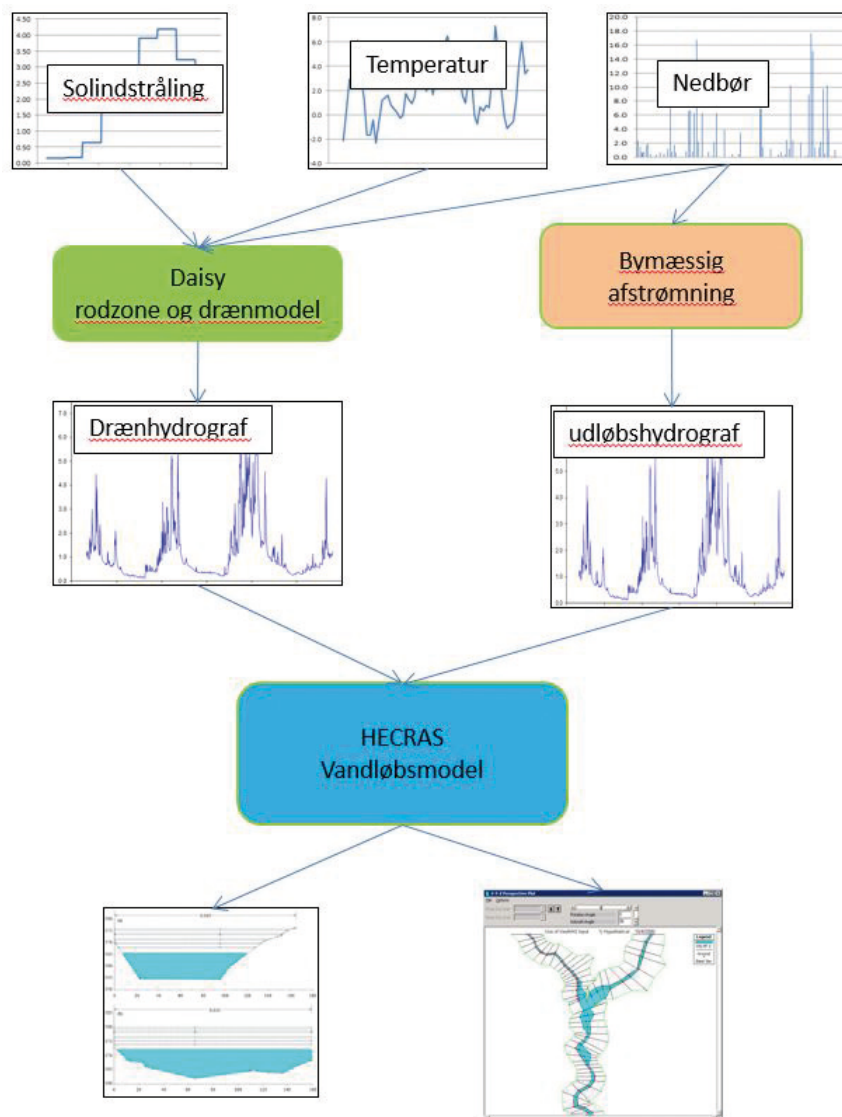
I første omgang blev modellen brugt til at svare på spørgsmål fra projektgruppen, herunder betydningen af styrterne, størrelsen på pumpen, effekten af forbedret dræning, betydningen af den urbane afstrømning. Styrterne havde kun meget lokal betydning for vandstanden, og det ville ikke kunne forhindre oversvømmelse at fjerne styrterne. Øget udpumpning ved Kramnitse kunne ikke have forhindret oversvømmelserne, idet beregningerne viste at det var kanalernes hydrauliske kapacitet som var begrænsningen i systemet. Omvendt ville en markant større afstrømning ved ændringer i systemet også betyde at pumpekapaciteten skulle øges for at klare større spidsbelastninger. Bedre dræning af jorden ville i august 2011 hændelsen have givet mere oversvømmelse og ikke mindre, da større vandmængder ville være blevet ført hurtigere til de kritiske lavtliggende nedstrøms områder. Den kapacitet, der er i rodzonen om sommeren, skyldes fordampningen og ikke afdræningen. En lerjord som på Lolland bliver kun udtørret via fordampning og ikke via dræning.

En langvarig oversvømmelse som i august 2011 kan ikke forhindres ved at begrænse afstrømningen fra de urbane områder. Det er heller ikke hensigtsmæssigt at etablere forsinkelsesbassiner eller lignende for at forhindre oversvømmelse af landbrugsland.

Basalt set er den eneste måde at forhindre oversvømmelse på at grave vandløbene større, når det forudsættes, at der er tilstrækkeligt grødeskåret.

Kritiske hændelser

Når der er tale om oversvømmelse af bymæssige områder er oversvømmelser ofte kritiske. Dette gælder ikke for landområder, hvor kortvarige oversvømmelser normalt kan accepteres. Derudover er det af stor betydning, hvornår på året oversvømmelsen finder sted. I vinterperioden hvor der ikke er afgrøder på markerne, er oversvømmelser knap så kritiske, hvorimod det i sommerperioden kan ødelægge hele høsten. Ud over problemet med deciderede oversvømmelser udtrykte landbruget også bekymring for en generel forsumpning, hvor rodzonen bliver mere våd. Det vil, afhængig af årstiden, medføre et reduceret udbytte. Udbyttetabet ved en forhøjet vandstand kan således ses som en funktion



Figur 3. Schematisk fremstilling af modelkonceptet.

af tidspunktet, varigheden og afgrøden på marken. Med det vidensniveau som der var under projektet var det dog ikke muligt at kvantificere afgrødetab (sætte kroner og øre på) tilstrækkeligt detaljeret til at der kunne udledes denne funktion.

Problemstillingen i sommerhusområderne er, at der ved langvarig regn er vand på terræn med "svappende græsplæner", som forringer eller udelukker brugen af sommerhuset, og at der er oversvømmelser i de laveste dele af sommerhusområderne som har medført betydelige bygningsskader.

Derfor måtte projektgruppen definere nogle kritiske hændelser, der kunne arbejdes videre med i analysen. Der blev enighed om, at 3 dage med vand på terræn i dyrkningsperioden var kritisk for landbruget, og 10 dage med vand på terræn i løbet af et år var kritisk for sommerhusområderne.

Gentagelsesperioder for kritiske hændelser

Når man skal se på om det er nødvendigt at gøre noget ved en given oversvømmelse er det nødvendigt at vide, hvad risikoen er for at det sker. Den risiko finder man typisk ved en ekstremværdianalyse, hvor man finder gentagelsesperioden. I forbindelse med nedbør tager man således den største nedbørshændelse hvert år og tilpasser en fordelingsfunktion. I dette tilfælde, hvor det er længerevarende regn som er kritisk kan den tilgang dog ikke bruges, da den største nedbørshændelse ikke nødvendigvis er kritisk og da der ikke er etableret en direkte sammenhæng mellem nedbør og afstrømning. I stedet er benyttet afstrømningstidsserien fra Kramnitse Pumpestation, og den maksimale gennemsnitlige afstrømning over tre dage for henholdsvis sommerperioden og vinterperioden er fundet. Resultatet ses på figur 5.

Endvidere er der ved hjælp af modellen fundet den gennemsnitlige afstrømning, der



Figur 4. Deloplandsgrenser vist med sort

giver anledning til oversvømmelse af dyrkede arealer. Der blev fundet både en kritisk vinterafstrømning og en kritisk sommerafstrømning. Forskellen på disse to skyldes, at friktionen i vandløbet er højere om sommeren på grund af øget grødevækst. På baggrund af denne analyse blev august 2011 hændelsen beregnet til at være en 37-års hændelse, og det blev fundet, at der statistisk set vil forekomme kritiske oversvømmelser i sommerperioden hvert 32 år.

Klimafremskrivning

Ovenstående analyse baserede sig på historiske data og tog således ikke hensyn til klimaforandringer. I forbindelse med klimatilpasning i byområder, hvor det er primært enkelte nedbørshændelser, der er afgørende, foretages klimafremskrivning ved at multiplicere de ekstreme hændelser med en faktor. Den tilgang er ikke umiddelbart anvendelig i dette tilfælde, hvor det er flere dage i træk med regn, der giver oversvømmelse.

I /3/ har GEUS udviklet en tidsserie for klimat i Danmark frem til år 2100. Det svarer basalt set til en vejrsigt for de næste 100 år.

I dette studium, er der foretaget kørsler med tre forskellige klima-modeller. Disse vejrdata blev brugt som klimainput til Rødby Fjord modellen, og kunne således direkte simulere, hvor tit der ville forekomme kritiske forhold. Problemet med den tilgang er, at vi ikke ved om disse tidsrækker dækker hele udfaldsrummet. Derudover er 3 gange 100 år heller ikke nok realisationer nok til at finde eksempelvis 20 års hændelser. Det der er brug for, for at der kan regnes på fremtidens klima, er en fremtidens nedbørstidsrække med 1000 forskellige realisationer af vejret i år 2050. Den ville så kunne påtrykkes Rødby Fjord modellen og det kunne afgøres, hvor tit det giver anledning til oversvømmelser. Kravet til en sådan tidsrække er, at den har den rette sandsynlighed for både, hvor meget det regner, og om det regner flere dage i træk. Så længe sådan en tidsrække ikke findes kan der ikke gives et troværdigt estimat for hvor tit en oversvømmelse i et landområde vil kunne ske i et fremtidigt klima.

Konklusion

Samarbejdspartnerne om klimatilpasning i

Rødby Fjord har ved brug af den opstillede hydrauliske model opnået enighed om, hvilke faktorer som er betydende, og hvilke som ikke er betydende, for afstrømningen i Rødby Fjord. Det indbyrdes forhold mellem de faktorer, der var gældende for de enkelte interessenter blev afklaret. For eksempel at afledningen fra kloakerede områder ikke havde nogen væsentlig betydning for varigheden af oversvømmelserne. Det er blevet klart for interessenterne, hvilke tiltag der bør arbejdes videre med i fremtiden, så marker ikke skal forsumpe, som følge af et evt. vådere klima med hyppigere længerevarende regn. Ligeledes er det ved brug af modellen blevet klart, hvilke tiltag sommerhusejerne kan tage i anvendelse, så dræningen sikres i sommerhusområderne.

Referencer

- / 1/ Styczen, M., Hansen, S., Jensen, L. S., Svendsen, H., Abrahamsen, P., Borgesen, C. D., Thirup, C. & Østergaard, H. S. (2006): Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund. Version 1.2, april 2006. DHI Institut for Vand og Miljø. 62 pp.
- / 2/ U.S ARMY CORPS. HEC-RAS. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- / 3/ Henriksen, H.J., Olsen, M. & Trolborg, L. 2013. "Klimækstemvandføring, Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning". GEUS 2013/29

DAN RAAHAUGE (dara@lolland.dk) er ingeniør fra DIA-B, 1972, fra 1984 teamleder for teknik- og miljøområdet i Rudbjerg kommune, var projektkoordinator for vandløbsområdet i Lolland kommune og projektleder for opgaven.

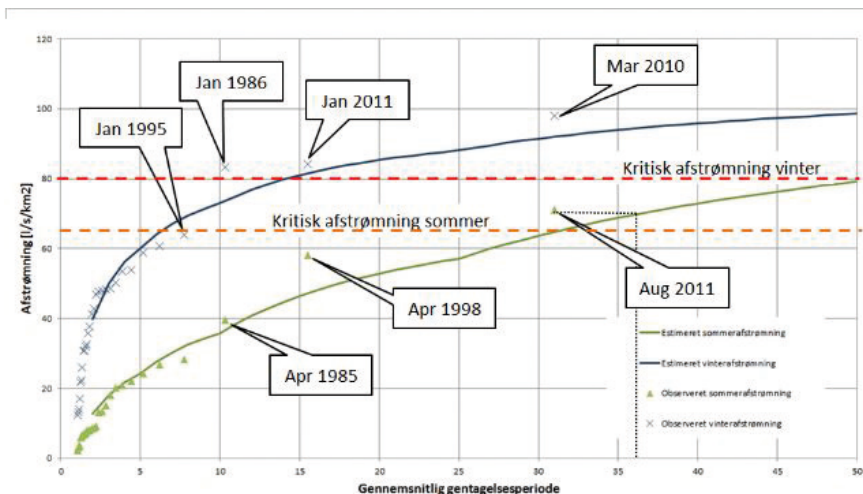
PREBEN HANSEN (paha@lolland.dk) er vandløbsmedarbejder i Lolland Kommune

JAN GREGERSEN (gregersen@hydroinform.com) er M.Sc. (1988) og Ph.D. (1995) fra DTU. Han er stifter af HydroInform.

JACOB GUDBJERG (jacobgudbjerg@gmail.com) er M.Sc. (1999) og Ph.D. (2003) fra DTU og ansat i HydroInform

BIRGIT PALUDAN (birgit@birgitpaludan.dk) er M.Sc. (1995) fra DTU og er selvstændig rådgivende ingeniør med speciale i klimatilpasning og hydraulik. Birgit har været byherre rådgiver for Lolland Kommune gennem samarbejdsprojektet i Rødby Fjord.

REGITZE LASSEN (relas@lolland.dk) er agronom fra KVL (1980) og klimakoordinator i Lolland Kommune



Figur 5 Gentagelsesperioder for kritisk afstrømning