

## 1 Introduktion

Daisy: En model for planteproduktion og miljø,

Daisy: En mekanistisk, deterministisk simuleringsmodel.

Daisy: En jord-, afgrøde- og atmosfæremodel.

<http://www.dina.kvl.dk/~daisy/>

daisy@dina.kvl.dk

Per Abrahamsen

KVL, Institut for Jordbrugsvidenskab.

Hej. Jeg er her for at snakke om modeludvikling, med udgangspunkt i Daisy, en edb-model jeg har været hovedprogrammør på de sidste 8 år.

Som I kan se har jeg skrevet tre titler. Den første er rettet mod brugere, modellen producerer forudsigelser for produktion og miljø, det er relativt sjældent modeller gør begge ting. Den midterste beskriver hvad slags model der er tale om. Den tredje fortæller hvad der er for et system der bliver simuleret.

Det er tre måder at tænke på modeller. Hvad de skal bruges til, hvordan der modelleres, og hvad der modelleres.

## 2 Baggrund

Videnskabelige discipliner i Daisy:

- Agronomi.
- Hydrologi
- Jordfysik.
- Plantebiologi.
- Mikrobiologi.
- Mikroklima.
- Meteorologi.
- Jordbundskemi.

Min baggrund:

- Datalogi.
- Matematik.

Mit perspektiv er nok noget anderledes end de fleste der arbejder med videnskabelige modeller, fordi jeg ikke er fagligt ansvarlig for selve modellen, men „kun“ for implementeringen af den. Jeg har da heller ikke nogen baggrund indenfor alle de fag der er listet, Derimod er jeg datalog, hvilket for en stor dels vedkommende vil sige „generaliseret modellør“, hvilket selvfølgelig farver min holdning til modeller. Søren Hansen fra KVL er den fagligt ansvarlige. Han implementerede også første version af modellen, mere om det senere.

### 3 Nyttige modeller?

„All models are wrong, but some are useful“ – Nils Toft

Den naturvidenskabelige metode:

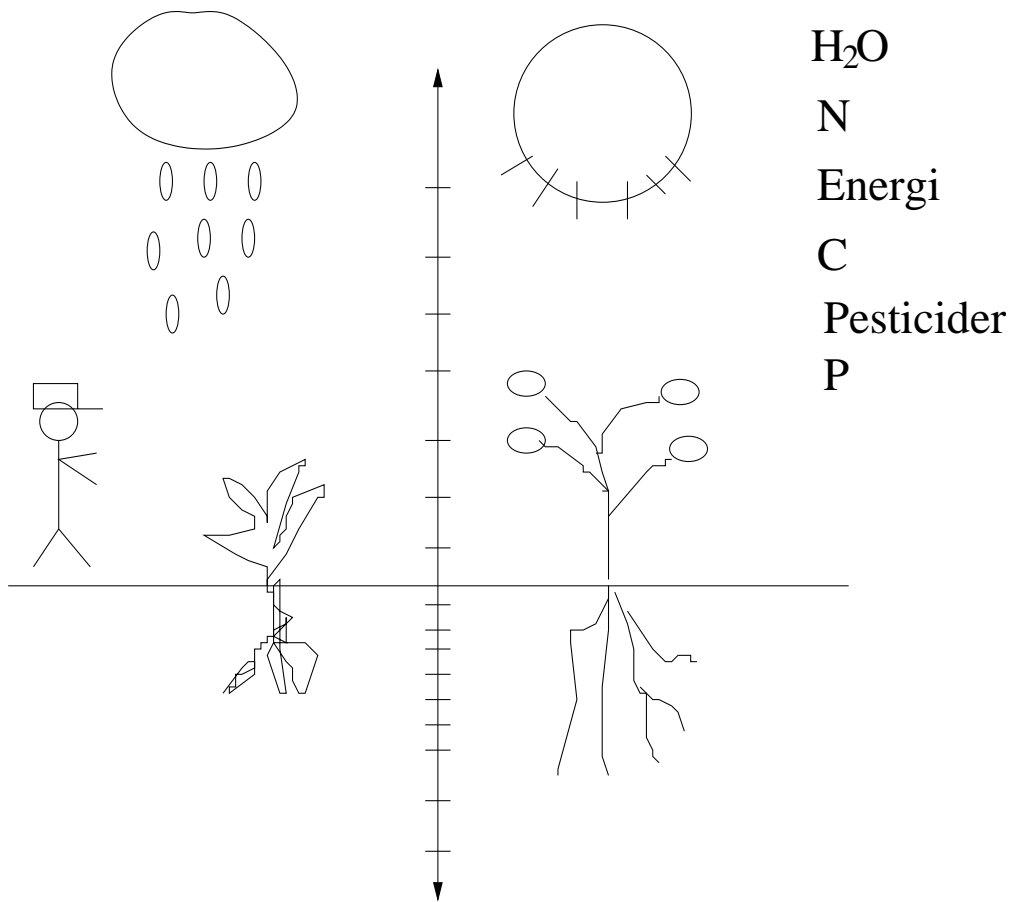
1. Observer.
2. Dan hypoteser.
3. Test hypoteser på nye observationer.

Ovenstående citat, der nok ikke stammer fra Nils Toft, men han gav det som forslag inspiration til disse oplæg, virker provokerende på mig. I datalogi og matematik har vi kun en stærkt begrænset tradition for at bruge empiri. Vi laver modeller for deres egen skyld. Blandt agronomer syntes det modsatte at være tilfældet, mange laver eksperimenter tilsyneladende for deres egen skyld, uden et hypotese der skal testes. For at bedrive naturvidenskab er både empiri (trin 1) og modellering (trin 2) påkrævet, og de skal flettes sammen i trin 3.

Så hvis man arbejder med naturvidenskabelig forskning burde der ikke være nødvendigt med yderligere begrundelse for at lave modeller. Men det er der selvfølgelig alligevel, Daisy har været udviklet primært på projektmidler, som afhænger af at nogen kan se en nytte. Mere om det senere.

Men først et ord om hvad det er for et system Daisy modellerer.

## 4 Daisy og verden



Daisy er en et dimensional markmodel. De vigtigste elementer er på den her tegning. Vi har vejret som giver i form af nedbør og stråling, som giver anledning til fotosyntese og plantevækst. Der kan være flere planter på marken, der i givet fald konkurrerer om lys over jorden, og vand og næring i jorden. Og så har vi bonden som griber ind i tide og utide. Han sår, høster, vander, sprøjter og så videre.

I simuleringen bliver systemet over og under jorden delt i en række numeriske lag, hvor der holdes rede på transport, omsætning og opbevaring af vand, kvælstof med energi med mere.

## 5 Daisy historie

Historie.

- Vandmiljøplan 1, NPO.
- Validering
- Ønske om brug
- Dina omskrivning
- UNCERSDSS (EU)
- RSMODEL (Rumudvalget)
- Økologisk jordbrug (FØJO)
- Daisy Standardisering (Amterne)
- FertOrgaNic (EU)

Daisy startede som et resultat af den første vandmiljøplan. Formålet var at prøve at forstå hvordan kvælstof opførte sig i en mark. Fordi formålet var at forstå systemet, er Daisy en mekanistisk, deterministisk simuleringsmodel. Der blev også udviklet empiriske modeller, beregnet på at regulere systemet.

Der blev udviklet en række sådanne et dimensionelle markmodeller i 80'erne rundt omkring i verden, og ved nogen internationale valideringer klarede Daisy sig bedst. Det gav selvfølgelig en interesse i at bygge videre på modellen.

Desværre var modellen ikke kodet med henblik på at blive udbygget med nye faciliteter, hvilket nødvendiggjorde en omskrivning. Den finansierede Dina, og det var her jeg kom ind i billedet. Mere om den senere.

Udviklingen efter Dina har været præget af hvilke projekter vi fik held at deltage i, og som kunne finansiere. Her er en oversigt over de vigtigste:

**UNCERSDSS** Usikkerhed i forbindelse med kobling af modeller. Resultatet blev at Daisy kunne kobles til en grundvandsmodel ved navn Mike/SHE.

**RSmodel** Et remote sensing projekt. Det gav os en bedre kulstofbalance, herunder CO<sub>2</sub> flukse, og en mere præcis model af fordampning.

**FØJO** De økologiske projekter har justeret vores model for organisk stof i jorden.

**Daisy Standardisering** Har gjort modellen lettere at bruge.

**FertOrgaNic** Skulle gerne give os en bedre kartofelmodel, og en ide om hvordan Daisy kan bruges til planlægning af vanding og gødning.

Og der er mange andre brugere.

## 6 Daisy brugere

Hvad Daisy bruges til:

- Politikere, miljølovgivning.
- Forskere.
- Undervisning.
- Administration, miljøgodkendelse.

Hvad vi gerne ville have desuden:

- Produktionsplanlægning.
- Præcisionsjordbrug.

To akser:

- Specifik vs. generel (tid, areal).
- Miljø vs. produktion.

Vi kan opdele brugerne i fire grupper. Politikerne, der har brugt Daisy til at evaluere vandmiljøplanerne, hvilket er ret rimeligt da de finansierede Daisy oprindeligt. Forskere, som bl.a er dem nævnt før. Undervisning, i kurser bliver Daisy brugt til at anskueliggøre de processer som foregår på en mark, og i specialer hvor en studerende går i dybden i en proces. Og så er den netop ved at skulle bruges til miljøgodkendelser, når for eksempel en svinefarm ønsker at udvide besætning. Vi ville også gerne have haft at den skulle bruges til produktion, og det er der faktisk også begyndt at komme. I Danmark har planteinfo in web side, hvor man kan indtaste oplysninger om sin mark, og så vil Daisy beregne om der er brug for eftergødning. I det seneste projekt FertOrgaNic håber vi også at få et værktøj til at lave gødnings- og vandingsplan ud fra Daisy. Og specielt indenfor præcisionslandbrug burde Daisy i nogen tilfælde kunne erstatte sensorer med modellering.

Brugen kan også opdeles af andre akser. Miljø, produktion har jeg allerede talt om. Det er rart der også er ved at komme lidt gang i produktionssiden. Tidsligt spænder bruger fra batch-forsøg der tager få timer, og til langtidssimuleringer af humus i jorden. For eksempel tager det op til 1200 år før humusindholdet i marken kommer i ligevægt når man vælger et nyt sædskifte. Her kommer et par eksempler.

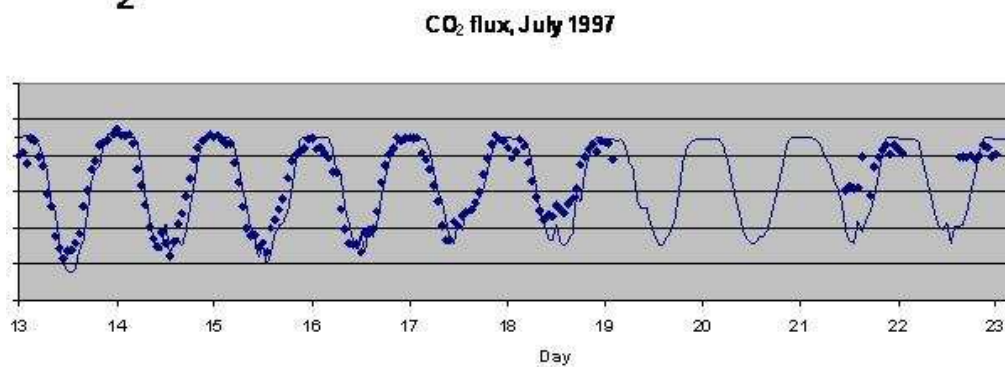
## 7 Lille skala



### Spring Barley at Foulum (RS-Model)

Spring Barley sown at April 28, 1997

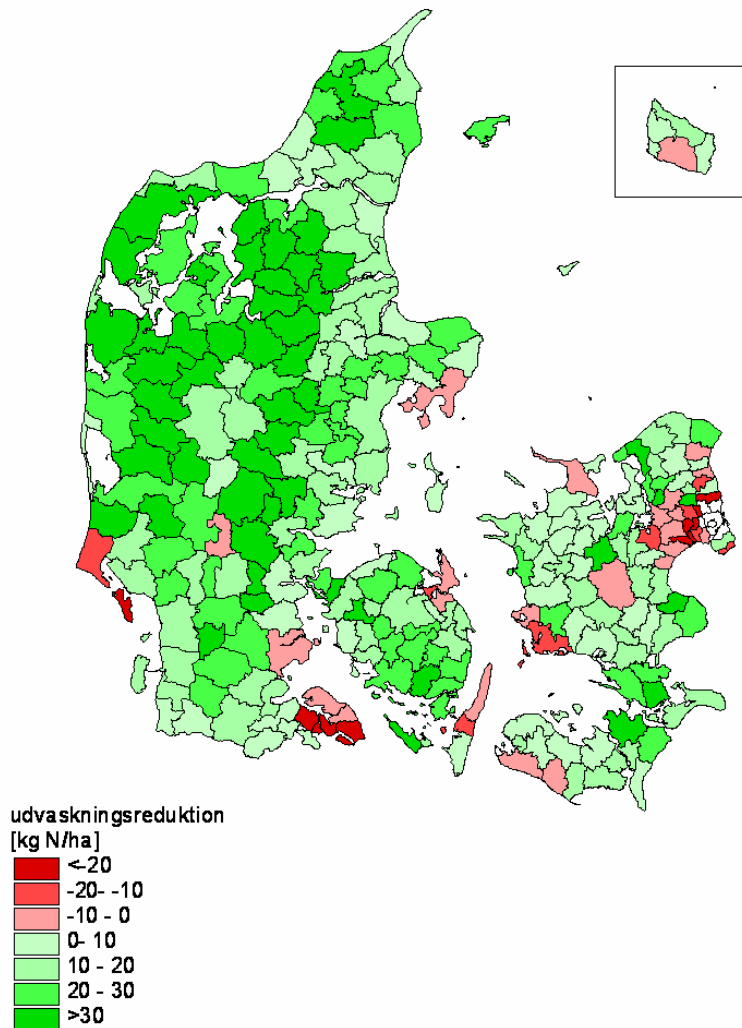
CO<sub>2</sub> flux



Her er et eksempel fra remote sensing projektet hvor vi havde meget fine målinger af klimatiske forhold på en velbeskrevet mark, og samtidig målte CO<sub>2</sub> flukse, som Daisy kunne simulere.

## 8 Stor skala

### Ændring i udvask N fra det dyrkede areal for perioden 1985-2000

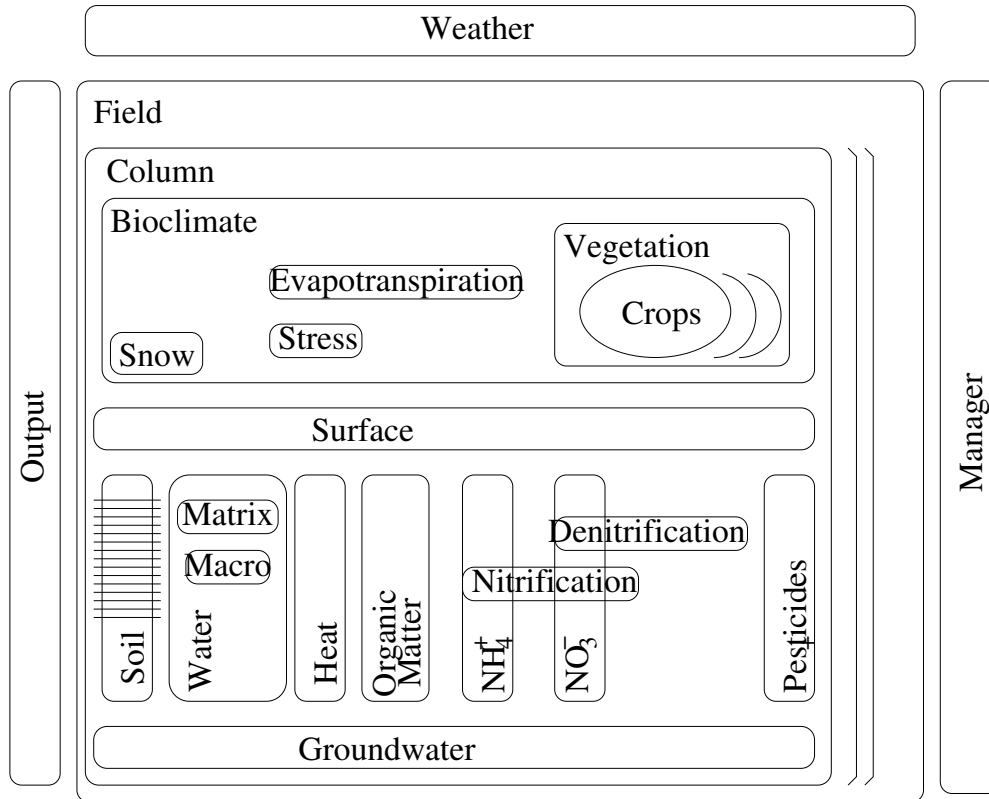


Her er et andet eksempel fra DJF's evaluering af vandmiljøplan, hvor de har opdelt Danmark i en række felter, brugt klimadata fra det enkelte felt, og kørt Daisy på kombinationer af jordtyper og bedriftstyper der kendetegner det feltet, for at se hvordan kvælstofudvaskningen har ændret sig.

At Daisy skulle kunne bruges i så mange sammenhænge gav selvfølgelig en række krav til det design i den omskrivning som Dina finansierede.

## 9 Daisy i computeren

### Daisy



Her er Daisy modellen en gang til, denne gang med kasser i stedet for tændstikmænd, for at vise at det er blevet proppet ind i en computer. Bonden er kassen ude til højre, solen og skyen er nu en del af kassen foroven der hedder „vejr“, og til venstre er en ny kasse der hedder „output“; som indikerer hvilke data vi ønsker at hive ud af simuleringen. Den store kasse i midten er selve marken, som man kan se indeholder den en række andre kasser. Bioklimakassen er alt det der foregår over jorden. De fleste medtagne processer er mellem jordoverfladen og grundvandet.

Det her er et oversigtsbillede, de enkelte kasser i diagrammet indeholder mange flere kasser end er medtaget. For eksempel indeholder kassen med ammonium to yderligere processer, transport i matrix og transport i makroporer.

## 10 Daisy komponenter

Daisy er opbygget af

- Komponenter (fysiske processer)
- Modeller
- Parameterisationer

Eksempel på parameterisering:

```
(defcrop "Vårbyg" simple
  (LAIvsTS ( 150.0 [dg C d] 0.0 [m2/m2])
    ( 850.0 [dg C d] 3.6 [m2/m2])
    (1620.0 [dg C d] 0.5 [m2/m2]))
  (potential_N 120.0 [kg N/ha]))
```

Kasserne i forrige billede er i Daisys terminologi komponenter. Komponenter svarer oftest til et eller andet fra den virkelige verden, det kan være en proces som nitrifikation, eller en genstand som en plante. En sådan proces eller genstand kan beskrives på mange måder, mere eller mindre detaljeret, og med vægt på forskellige egenskaber. En sådan beskrivelse kaldes en model. Modellerne kan ofte parameteriseres. Der er et en til mange forhold mellem hvert trin. Hvert komponent kan modelleres på mange måder. Hver model kan parameteriseres på mange måder. Komponenterne og modellerne er indbygget i Daisy. Parameterisationerne læses ind fra tekstfiler. Der følger en række sådanne parameterisationer med Daisy. En Daisy opsætning består af en fil hvor brugeren sammensætter de eksisterende parameterisationer og sine egne.

Eksemplet viser en sådan parameterisering. Vi definerer en afgrødeparameterisering ved navn „Vårbyg“, og bruger en model ved navn „simple“. Den har sit navn fordi afgrøden kan beskrives med kun to parametre. Til gengæld er den ikke særlig præcis eller robust.

## 11 Daisy modeller

Modeller består af

- Kode / formler
- Navne og typer på parametre
- Default værdier

Parametertyper kan være (bl.a.)

- Tal (+ dimension)
- Funktioner (stykvis lineære)
- Komponenter

Modellerne i Daisy består af kode, navne og typer på parametre, og default værdier for parametre. En sådan beskrivelse af en model ligger i en enkelt fil i Daisy programkoden. Det gør det meget let at tilføje nye modeller til Daisy, og er nøglen til hvordan vi har kunne få den til at skalere til de mange forskellige anvendelser. Vi har for eksempel en ret robust model for potentiel fordampning vi bruger når vi må nøjes med dagsværdier fra DMI (som i Danmarkseksemplet), og en anden når vi har timeværdier målt på selve marken (som i rsmodeleksemplet).

Koden bruges når vi kører simuleringen. Navne og typer på parametre bruges to steder, når vi læser opsætningsfilen (brugeren skriver navnet på en model, og Daisy ved hvilke parametre der skal være) og i referencemanualen. Referencemanualen består af en liste af komponenter, for hvert komponent en liste af modeller, og for hver model en liste af parametre, deres type og evt. default værdi. På den måde bliver både referencemanual og input sprog automatisk opdateret når man tilføjer en ny model.

Paramtertyper kan for eksempel være tal, stykvis lineære funktioner, eller andre komponenter. Andre komponenter giver de „kasser i kasser“ vi så i tegningen før. Hvor for eksempel vegetationen er en parameter i standard bioklima modellen.

## 12 Anderledes?

- Unødig fleksibilitet
- Daisy plug-in forkert, for tidlig
- GUI ikke integreret
- Testsuite

Der er altid ting man kunne have gjort bedre med bagklogskabens lys, men det meste er styret af tidslinjen.

Koden blev skrevet om en gang, men det ville være for tidligt at hyre en datalog i den første fase, hvor man skulle prøve at forstå systemet. Det var så et stort held at Dina eksisterede til at finansiere en omskrivning på det tidspunkt hvor der var brug for det. Og mindre heldigt at det næste projekt var en sammenkobling med et andet system, på et tidspunkt hvor Daisy koden var ny og uprøvet. Men sådan er det jo at være styret af projektmidler.

## 13 Ønskeliste

- Eksperimenter rettet mod modellering
- Fri adgang til data
- Mindre duplikering af arbejde
- Penge
  - mellem projekter
  - til generel software
  - til GUI
  - til fosfor (1.5 M kr)