

*IDAmiljø "Har vi ferskvand nok, og hvad gør vi?" - 11.09.2003*

# Ferskvandets kredsløb - usikkerheder, vidensbehov og perspektiver

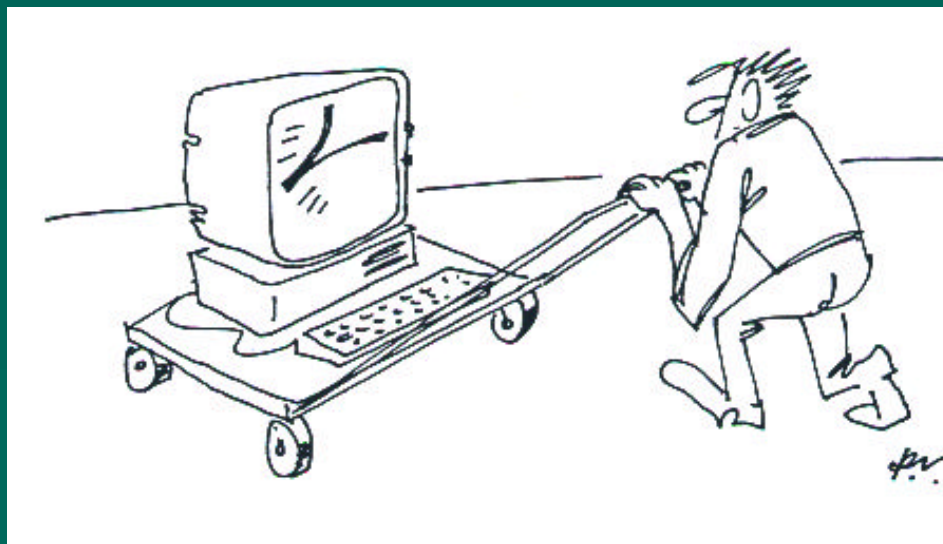
*Jens Christian Refsgaard (GEUS)*

- Behov for usikkerhedsvurderinger
- Usikkerheder på resultater fra DK-model
  - vandbalance
  - model
  - kriterier for bæredygtighed
- DK-modellens prediktionsevne (nøjagtighed/begrænsninger)
- Konklusioner



GEUS

# Behov for usikkerhedsvurderinger



- Vi/modeller kan ikke forudsige med sikkerhed ➔ Information om usikkerhed bør indgå i beslutningsgrundlaget
- Usikkerhed ➔ mere nuanceret opfattelse af modellers troværdighed
- Øget fokus på usikkerhed - også uden for forskerkredse
  - EU: Vandrammedirektiv og Guidance Documents
  - USA: Interagency Steering Committee on Multimedia Environmental Modelling ➔ Fokus på usikkerhed
  - DK: Amter ➔ JA - MST Vejledning til VRD Art 5 ➔ ???



# Usikkerheder på resultater fra DK-model

- Hvor mange ressourcer har vi benyttet til at vurdere usikkerhederne?
  - Stor opmærksomhed + følsomhedsanalyser
    - ➔ semi-kvantitative vurderinger i tekstafsnit
  - Ikke gennemført systematisk omfattende beregninger med fx Monte Carlo metoder (fase 2 ?)
- Usikkerhedskilder
  - vandbalance (klimadata og beregning af aktuel fordampning)
  - model (hydrogeologisk tolkning, parameterverdier)
  - forudsætninger for bæredygtighed (de fire kriterier)



*Usikkerhed pga vandbalance*

## Vandets kredsløb

- hvor har vi problemerne ?

### Definitioner og teorier

- Lærebogsstof (Kap. 6 i Rapport)

➔ **Ingen faglig uenighed**

### Størrelsen af de enkelte led

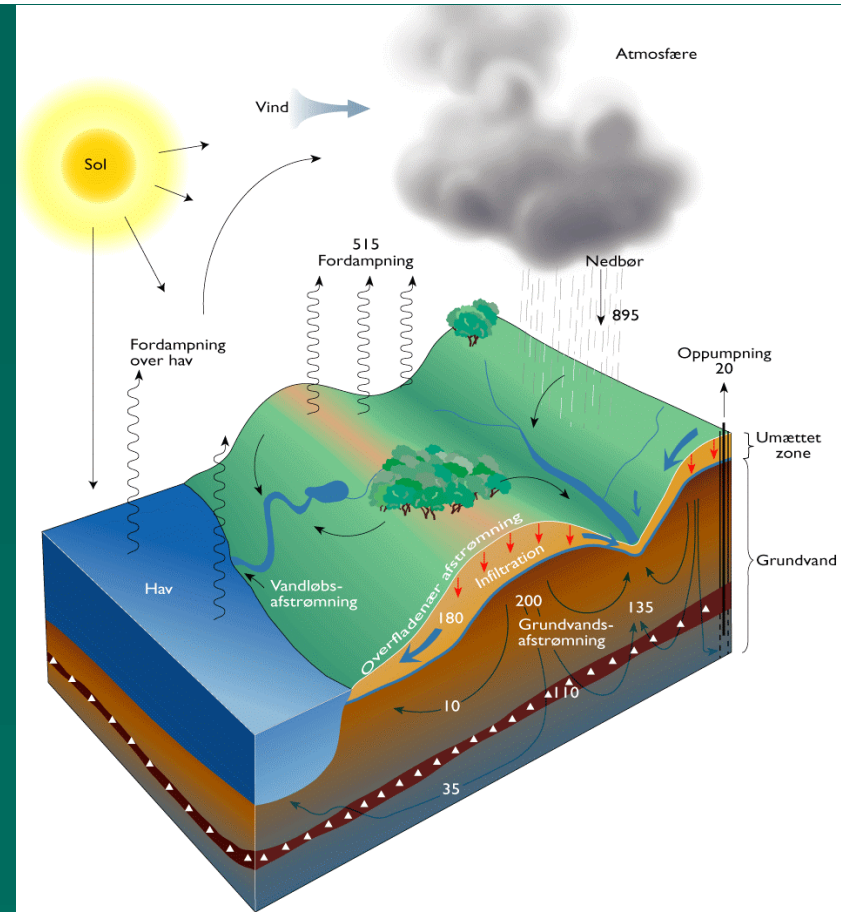
- Betydelig usikkerhed specielt på nedbør og aktuel fordampning

➔ **Usikkerhed**

### Lukning af kredsløbet - opgørelser for større oplande

- Strømning over rand
- Integration på tværs af discipliner - og institutioner. Sker sjældent i forskningssammenhæng

➔ **Problemer**



GEUS

## Historien om den danske vandbalance

- 1860 - Colding laver fordampningsmålinger i Peblingesøen og vurderer grundvandsdannelsen i omegnen af København
- 1939-52: Vandbalanceudvalget
- 1971 - Forureningsrådet: Første opgørelse på landsplan
- 1979 - DMI: Nedbørskorrektion + 16%
- 1980'erne: Flere vandbalanceopgørelser på oplandsbasis baseret på hydrologisk modellering (Suså, Karup, mv.) → Konsistens med fordampnings/nedbørsteorier og vandbalance
- 1992: Vandrådets - ikke baseret på vandbalance/oplands - metode
- 1990'erne - Nye DMI/DJF tal: Lavere referencefordampning (50-100 mm/år) og højere nedbørskorrektion (+21%)
- 2001 - GEUS/KVL: 100 mm for meget vand.
- 2002 - DJF/GEUS/DMU/DMI: Fællesnotat
- 2003 - GEUS/DMU/DJF/DMI: Temarapport om ferskvand



*Usikkerhed pga vandbalance*

## Hvor er de største vidensbehov ?

### Nedbørskorrektion

- Sne - feltdata
- Nedbørskorrektion testet mod oplandsstudier

### Fordampning

- Paradigmeskift ➔ Penman-Monteith
- Feltdata for aktuel fordampning for forskellige vegetationer (landbrugsafgrøder, skove, vådområder)

### Opskalering fra punkt til areal

- Inddragelse af remote sensing data
- Metodikker for interpolation over det danske land
- Gridnedbør har flere nedbørsdage end punktnedbør ➔ større fordampning
- Konvektivt led ➔ horisontale påvirkninger fra en vegetation til naboområdet



GEUS

*Usikkerhed pga vandbalance*

## Moniterings- og forskningsprogram

### Behov

- Presset på vandressourcerne stiger - kravene til nøjagtighed i data, modeller og svar stiger
- Samfundet bruger flere mia kr/år på vandressourcer  
➔ vidensgrundlaget skal være tilsvarende i orden
- Ikke et spørgsmål om at forhandle sig frem til konsensus  
Der er brug for nye facts - frembragt ved kombinerede feltstudier og modellering

### Fejlsagne forsøg på at etablere nye programmer i 2002-2003

- Moniteringsprogram: ikke prioriteret i NOVANA
- FIVA forskningsansøgninger: afslag fra forskningsrådene



GEUS

*Usikkerhed pga model (hydrogeologisk tolkning og parameterverdier)*

## **Hydrogeologisk grundlag, model kode, parameterestimering og validering**

### **Hydrogeologisk tolkning**

- GEUS boringsdatabase + hydrogeologisk tolkning
- ➔ Grundigt kvalitetssikret, tolkning med henblik på regionale studier

### **Modelkode**

- MIKE SHE + GEUS rodzonemodul
- ➔ Veldokumenteret, velegnet, state-of-the-art

### **Parameterestimering**

- Kombineret dynamisk/stationær simulering og invers modellering
- ➔ Nyskabende, veldokumenteret (journal papers)

### **Modelvalidering**

- Systematisk valideret mod trykniveauer (H) og vandløbsafstrømning (Q)
- Sammenligninger med resultater fra andre modeller (Suså, Esbjerg, mv)
- ➔ Nøjagtighed af H+Q: veldokumenteret
- ➔ Nøjagtighed af dyb grundvandsdannelse: kun indirekte dokumenteret

*Usikkerhed pga forudsætninger for bæredygtighed (de 4 kriterier)*

## Kriterier for bæredygtig/udnyttelig vandindvinding

### Kriterier for bæredygtighed vanskelige at fastlægge

- afvejning mellem forskellige hensyn er i sidste ende politisk
- opstilles ofte på et uigennemskueligt grundlag

### Principper for GEUS kriterier

- hensyn til grundvandskvalitet og vandløbspåvirkning (Vandrammedirektiv)
- genneskuelighed
- let at lave nye beregninger hvis kriterier ændres

### Opstillede kriterier

1. Max indvinding = 35% naturlig grundvandsdannelse
2. Max øget grundvandsdannelse = 30%
3. Max reduktion af gns afstrømning = 10%
4. Max reduktion af sommervandføring = (5-50%) afhængig af recipientmålsætning

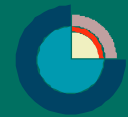


GEUS

*Usikkerhed pga forudsætninger for bæredygtighed (de 4 kriterier)*

## Kriterier mht vandløbspåvirkning

- Krav til begrænset påvirkning af minimumsvandføring det begrænsende kriterie for udnyttelig vandresource i de fleste områder
- Minimumsvandføringskriteriet baseret på sammenstilling af recipientkvalitetsmålsætninger og gamle vejledninger for hvor meget vandføringsreduktion et vandløb kan tåle  
➔ lige efter principperne i Vandrammedirektivet
- Usikkerheder:
  - Valg af tilladelig % reduktion
  - Modelberegninger af vandløbspåvirkning



*Usikkerhed pga forudsætninger for bæredygtighed (de 4 kriterier)*

## Kriterier mht vandløbspåvirkning (fortsat)

### Usikkerheder

- Valg af tilladelig reduktion: god (?) gammel 1979 vejledning
  - diskutabel og meget usikker
- Modelberegninger af vandløbspåvirkning
  - direkte beregning på baggrund af bedst mulige data, viden og modeller (i modsætning til Vandrådets opgørelse)
  - pålidelig på regional skala

### Muligheder for forbedringer

- Tilladelig % reduktion kan forbedres ved ny viden
  - Habitatmodeller ➔ vandløbs økologisk tilstand = f{vandføring, fysisk tilstand, vandkvalitet}
- Regional ➔ lokal skala: Kræver mere detaljeret model



GEUS

*Usikkerhed pga forudsætninger for bæredygtighed (de 4 kriterier)*

## Kriterier mht grundvandskvalitet

- Begrænsende for udnyttelig ressource i få områder
- Empirisk grundlag

### Usikkerheder

- Kriterier: empirisk fastsatte ➔ stor usikkerhed
  - ikke tilstrækkelige monitoringsdata (GRUMO) til alene at lave opgørelse på baggrund heraf
- Ingen direkte modelberegninger af grundvandskvalitet

### Muligheder for forbedringer

- Kombination af modelberegninger (stoftransport + vandkvalitet) og monitoringsdata
  - gode muligheder for at forbedre grundlaget
  - metodeudvikling påkrævet først



GEUS

# DK- modellens prediktionsevne

## Grundvandsdannelse, vandløbspåvirkning

<i>Skala</i>	<i>Anvendelighed</i>	<i>Usikkerhed</i>
National	JA	+/- 10%
Regional/VOD (11 DK-submodeller)	JA	+/- 20%
Opland (50 DK-underområder)	JA	+/- 40%
Zonering – indsatsplaner	Referenceramme/ støtteværktøj	
Mark	NEJ	

## Stoftransport (fx N-kredsløb på oplandsskala)

- ikke dokumenteret
- stort potentiale ➔ kræver videreudvikling (GEUS PhD projekt påbegyndt)

## Klimaforskning (vandressourceaspekt)

- ikke veldokumenteret
- godt grundlag ➔ kræver kobling med klimamodel



# Usikkerhed på beregning af udnyttelig ressource - national skala

<i>Usikkerhedskilde</i>	<i>Usikkerhed</i>	<i>Udnyttelig ressource (mia m<sup>3</sup>/år)</i>
Model (inkl inputdata)	+/- 10%	[0,9 – 1,1]
Vandløbspåvirkning (B1 = 10% ➔ 5-15%)	+/- 25%	[0,7 – 1,3]
Grundvandskvalitet (max indvinding 35% ➔ 30-40%)	+/- 20%	
<b>I ALT Model + kriterier</b>	<b>+/- 30%</b>	<b>[0,7 – 1,3]</b>



# Konklusioner

## DK-model

- Velegnet til ressourceopgørelse på national og VOD skala (kræves af Vandrammedirektiv + NOVANA)
- Potentiale for beregninger af stoftransport og effekter af klimaændringer

## Vigtigste usikkerheder/vidensbehov for opgørelse af udnyttelig ressource

- Vandbalance
- Acceptable vandløbspåvirkninger - habitatmodeller
- Stoftransport/vandkvalitetsmodel på oplandsskala

## Usikkerhedsvurderinger

- Behov for systematiske/kvantitative sikkerhedsvurderinger af DK-model
- Usikkerhedsvurderinger bør indgå i tankesættet bag karakterisering af status for vandressourcer (VRD - Artikel 5 Vejledning)

