

# Den konceptuelle vandmodel - ferskvandets kredsløb (1)

Af Hans Jørgen Henriksen, seniorrådgiver  
og Per Nyegaard, geolog, GEUS

En konceptuel model udgør en drejebog for, hvordan et givent hydrologisk system skal fortolkes og modelleres. Artiklen fortæller om arbejdet med konfirmation af de konceptuelle modeller for Øerne og Jylland.

Opgørelse af udnyttelig vandressource handler primært om at forstå ferskvandets kredsløb. Om hvordan nedbør, fordampning, afstrømning til dræn og vandløb, underjordisk afstrømning, oppumpning og magasinering er i balance, og hvordan fx ændret oppumpning påvirker de øvrige størrelser i vandbalancen.

Vi har med DK-model prøvet at smide alle de data og forudsætninger, vi havde til rådighed, ind i en landsdækkende hydrologisk model og derefter sendt hele molevitte i elektronisk kredsløb i computerne for at se, om der var konsistens i de forskellige data, og om indvindingen af vand var bæredygtig.

I artiklen vil vi fortælle lidt om, hvordan vi undervejs i arbejdet med den hydrologiske model ofte måtte gå et eller flere skridt tilbage til den konceptuelle model for at finde den rigtige vej frem. Den konceptuelle model er geologens og modellørens vigtige drejebog for, at man når i mål, bevarer overblikket og får en slutmodel, der honorerer forud fastlagte krav til nøjagtighed.

## Konfirmation og validering

I gamle dage tog det 15 år at konfirmere en konceptuel model. Dengang havde man imidlertid ikke adgang til avancerede numeriske modelværktøjer, der i dag anvendes rutinemæssigt bl.a. i forbindelse med kortlægning og modellering rundt omkring i amterne.

I dag søger man at dokumentere kvaliteten af en konceptuel model ved at kalibrere og validere den hydrologiske model på

## konceptuel model

En konceptuel model er en tolkning eller arbejdsbeskrivelse med karakteristika og dynamik af det fysiske system, dvs. processer, modelstruktur, tidsrum, skala, randbetingelser og vandbalance.



Fotoet viser Grenå syd for Fannerup mod Louisehøj. (Foto: Peter Moors)

baggrund af observationer af trykniveau, vandføring eller grundvandets alder. Det tager derfor kun nogle få måneder eller år at konfirmere en opstillet konceptuel model.

Oftentimes laves der i forbindelse med eller forud for en konceptuel model en geologisk model og tilhørende GIS-processering for at fastlægge de væsentligste strukturer og beregningslags rumlige forløb og sammenhæng. I arbejdet med DK-model er denne del sket i tæt samarbejde med amtsgeologer.

Der er anvendt to forskellige metodikker til arbejdet med indbygning af geologi i DK-modellen. For Øerne er anvendt en lagmodel, mens der for Jylland og Bornholm er anvendt en kassemodel (se boksene på de to følgende sider).

## På jagt efter de vigtige frie parametre

Den konceptuelle model indeholder en opskrift på, hvordan strukturer skal forenkles, og hvordan hydrauliske egenskaber skal tilknyttes de enkelte lag. Der må ikke være

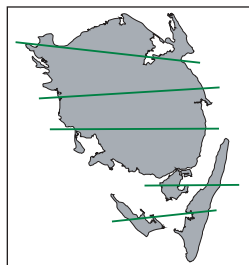
for mange såkaldte frie parametre, så mister man overblik, gennemskuelighed, og måske slipper man ikke helskindet gennem valideringstests.

Frie parametre er de parametre, der kalibreres på, og da modellen ikke er lige følsom over for alle parametre, skal der udvælges et passende antal, der kalibreres. Med lidt flere frie parametre kan man ofte kalibrere sig frem til et lidt bedre kalibreringsresultat. Men det er ikke ensbetydende med, at modellen af den grund blive bedre. Tværtimod viser valideringstests ofte dårligere resultater, når man forøger antallet af frie parametre.

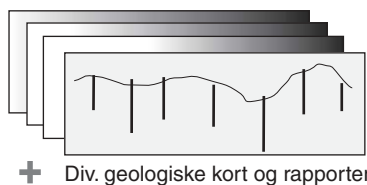
Det skyldes, at man tilpasser og tuner modellen til et bestemt observationsdatasæt fx trykniveau eller afstrømning, med det resultat at modellen kommer længere ud af trit med andre uafhængige observationsdatasæt. Det er derfor lidt af en kunst at vælge det optimale antal frie parametre og sikre en gennemskuelig fremgangsmåde.

# Øernes model (håndtolkning)

## Modelområde

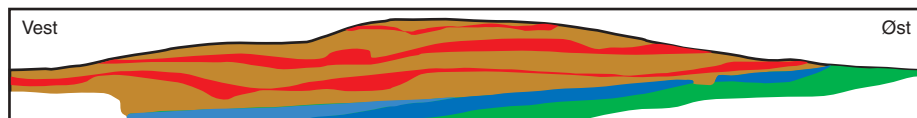


## Profiler



For det udvalgte modelområde udtegnes der først geologiske profiler og ud fra disse sammenholdt med, hvad der ellers findes af geologiske informationer, opstilles en konceptuel hydrogeologisk model. Modellen skal opfylde kravene til den matematiske strømningsmodel (MikeShe) og har derfor samme antal gennemgående lag i hele modelområdet. For Fyn er der således anvendt 3 sandlag (smeltevand) og på Sjælland 4 sandlag.

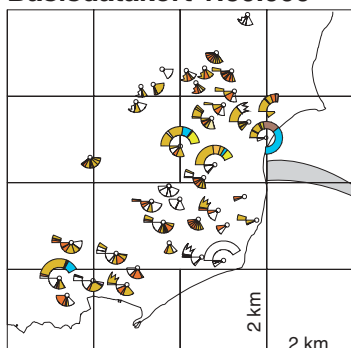
## Konceptuel model



- Lag 1 - Moræneler
- Lag 2 - Smeltevandssand
- Lag 3 - Moræneler
- Lag 4 - Smeltevandssand
- Lag 5 - Moræneler
- Lag 6 - Smeltevandssand
- Lag 7 - Moræneler
- Lag 8 - Palæocæn-/Eocæner
- Lag 9 - Kalk

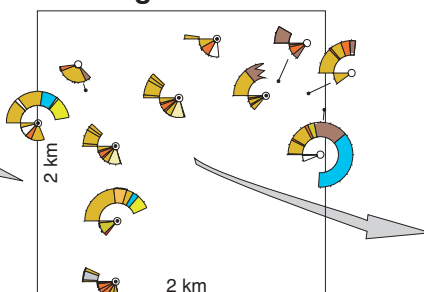
Tolkningen af geologien er foretaget på de trykte basisdatakort i 1:50.000 - evt. på nyere s/h-plots. Kortene er inddelt i 2 x 2 km. celler, og ud fra borerer placeret i cellen er der tolket en "virtuel boring" i centrum af cellen. Hvis der ingen borerer er, anvendes oplysninger fra de omgivende celler.

## Basisdatakort 1:50.000

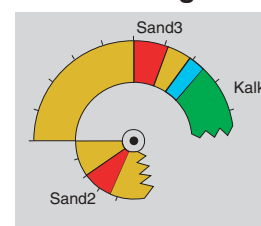


Cyklogrammer er en anden måde at vise et boreprofil på. Boreprofilen drejes rundt til en ring, som repræsenterer 100 m. Uden på den lægges en ny ring, som svarer til 100 m. Kote 0 m ligger altid ved 270 grader. Større sammenhængende sandmagasiner vil derfor blive afbildet med nogenlunde samme vinkel i cyklogrammerne.

## Tolkning



## Virtuel boring



Tolkningen er skrevet ind i en datafil, hvor sandlagenes topkote og tykkelse er angivet. Lagenes kote og tykkelse er tolket med hele meterangivelser. Hvor sandlagene ikke er beskrevet i borerne, er tykkelsen angivet som et decimaltal. Dette princip anvendes pga. kravet om gennemgående lag. Decimalangivelsen er anvendt for at vise, hvilke lag der er skønnet og er ikke et udtryk for præcision.

## Datafil

X-utm	Y-utm	Sand1		Sand2		Sand3		præ-Q		Kalk	
		K2	T2	K4	T4	K6	T6	K8	Bja.	K9	Bja.
567000	6135000	45	15	15	0,1	-25	0,1				
571000	6135000	45	4,1	8	19	-20	0,1				
573000	6135000	50	5,1	15	10	-15	0,1				
575000	6135000	50	15	12	10	-10	0,1	-12	r	-82	bk
577000	6135000	55	10	5	15	-10	8				
579000	6135000			15	12	-20	20	-40	pl	-62	bk
583000	6135000			5	5	-22	14	-36	pl		
587000	6135000			5	2	-20	15	-36	pl	-57	zk
589000	6135000			20	15	-5	5	-40	pl	-47	bk

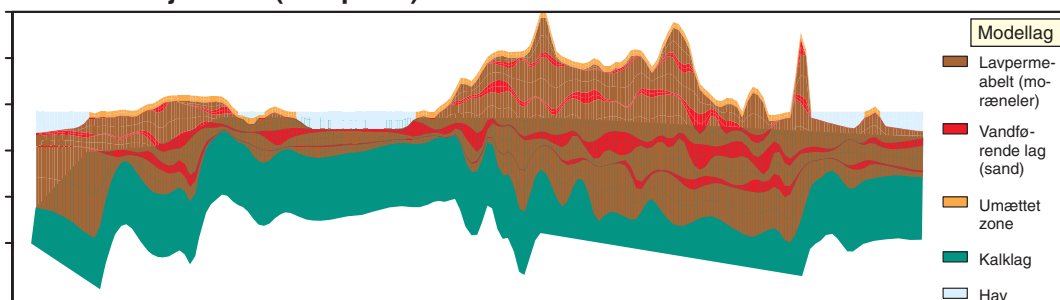
K = Lag-topkvote, T = Tykkelse

præ-Q = Prækvartær overflade  
 pl = Palæocænt ler  
 r = Skifer  
 bk = Bryozokalk  
 zk = Danien-kalk

- Lag 2 (Sand 1 - smeltevandssand) mangler - over terræn.
- Lag 6 (Sand 3 - smeltevandssand) mangler i boring og tykkelsen af laget er sat til 10 cm.
- Lag 2 (Sand 1 - smeltevandssand). Laget er ikke beskrevet/fundet i borerer, men er lagt ind i den virtuelle boring.

Sand1 svarer i strømningsmodellen til lag2, det der antages at være et lerlag - primært moræneler over og under sandlaget. Datafilen med oplysninger om lagkoter og tykkelser omformes og importeres til MikeShe-strømningsmodellen, hvor der så interpoleres mellem punkterne (de "virtuelle borerer"), og den hydrologiske tolkning omdannes til celler med forskellig tykkelse afhængigt af geologien. Herved fremkommer der en hydrologisk opbygning som vist i N-S-profilen for Sjælland. Øverst er indsat en fast umættet zone på 10 meter. På Sjælland er der tolket 4 sandlag, hvor det øverste kun ses i de højtliggende områder, medens sandlag mangler, hvor kalken er højtliggende.

## DK-model Sjælland (N-S-profil)



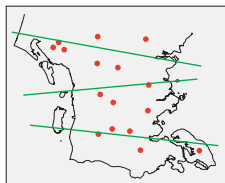
(Grafik: Per Nyegaard)

# Jyllands-modellen

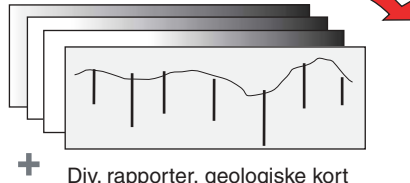
## (Interaktiv hydrogeologisk tolkning)

For det udvalgte modelområde udtegnes der først geologiske profiler og ud fra disse, sammenholdt med hvad der ellers findes af geologiske informationer, opstilles en konceptuel hydrogeologisk model. Der laves en liste med de lag, som er beskrevet i områdets borer. Lagene inddeles i grupper med ensartede strømningsegenskaber og tildeles en talkode, der anvendes i den efterfølgende databehandling.

### Modelområde



### Profiler



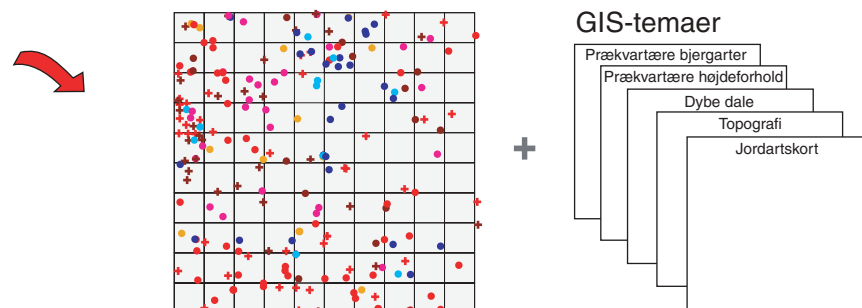
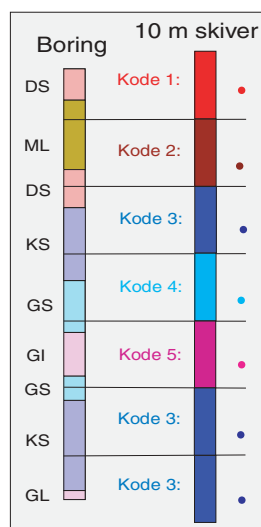
+ Div. rapporter, geologiske kort

### Konceptuel model

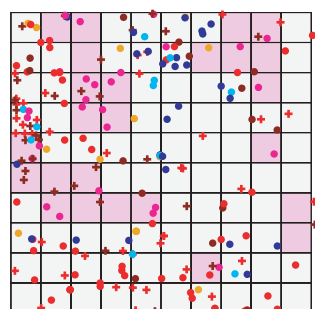
• Kode 1:	Glacial, sen- og post-glacial sand og grus	DS DG DZ MS MG MV QS FS ES IS HS HG YG YS TS TG
• Kode 2:	Glacial, sen- og post-glacial ler og silt	ML MI DL DI DV QL QI IL IT IP HL HI HP HT HV FL FI FP FT FV YL YI TL TI TP
• Kode 3:	Miocæn kvartsand og -grus	KS KG
• Kode 4:	Prækvarter glimmersand	GS OS
• Kode 5:	Prækvarter ler og silt	GL GI GV GC GP LL OL OI VL PL RL SL J PJ PR R XL ED
• Kode 6:	Kridt og Danien kalk	K KK LK SK ZK DK BK PK TK
+ Kode 7:	Sand og grus	S G Z
+ Kode 8:	Ler og silt	L I
• Kode 9:	Andet	O B X osv.

I hver boring "skæres" geologien i skiver med en tykkelse på 10 m. Hvor der indgår flere forskellige bjergarter i skiven, vælges den bjergartsgruppe, der udgør over 50 % til kodningen. Dette betyder, at lagtykkelser kan blive både over- og underestimeret. I den anvendte skala forventes dette ikke at give større problemer.

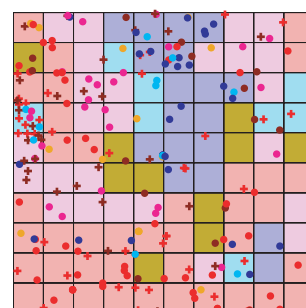
Der dannes en datafil for hver skive med oplysninger om koordinater og den geologiske kodning. Datafilerne importeres i et GIS-system som punkter med forskellige farver og symboler. Desuden anvendes et tema med polygoner i et 1x1 km net, som anvendes til tolkningen af den hydrogeologiske model. Endvidere indlæses alle de geologiske GIS-temaer, som kan være relevante for tolkningen.



Som eks. er her vist tolkningen af prækvarter ler (miocæn glimmerler og -silt). I nogle celler er der flere forskellige bjergartskoder, hvor det så er skønnet, hvilken der dominerer, og det er forsøgt at danne nogenlunde sammenhængende geologiske lag. Denne tolkning foregår interaktivt. Tolkningen foretages oppefra, og resultatet af tolkningen af den ovenliggende skive anvendes også.

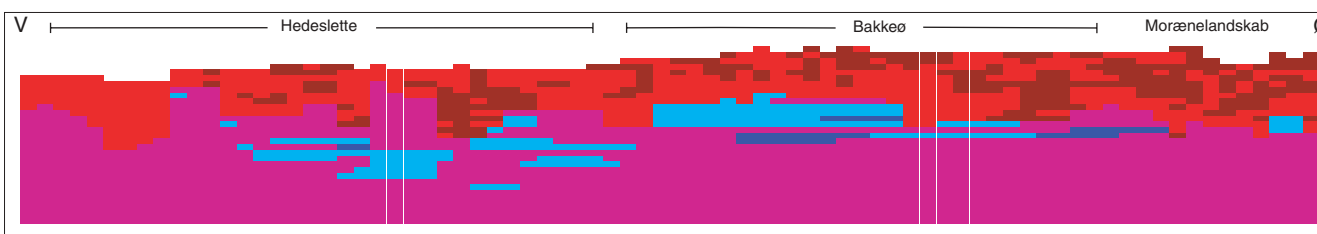


Her er vist slutresultatet af den hydrogeologiske tolkning, hvor cellerne er tolket som miocæn kvartsand (mørkeblåt), glimmersand (lyseblåt) og glimmerler (violet) samt i glacialt sand (rødt) og glacialt ler (olivengrønt).



Når hydrogeologien er interaktivt tolket i alle 10 m skiver i GIS-systemet, bliver data eksporteret som punkter (cellecentrum) til en datafil, og alle oplysningerne samles i en database. Herfra eksporteres data videre til MikeShe-strømningsmodellen, hvor data interpoleres, og der dannes beregningslag.

Efter at alle skiver er tolket, kan der udtegnes profiler af den tolkede hydrogeologi. Profiler herunder viser morænelandskab mod øst, derpå en bakkeø og endelig helt mod vest et hedeslettelandskab. Under de kvartære aflejringer dominerer glimmerler og -silt med indslag af glimmersand og lidt kvartssand. Den prækvarter overflade er gennemskåret af dybe dale med kvartære aflejringer.



(Grafik: Per Nyegaard)

Det optimale antal frie parametre vil typisk ligge i intervallet 5-10 parametre fx: horisontal ledningsevne for sand, vertikal ledningsevne for ler, ledningsevne for kalk, hydraulisk ledningsevne for vandløbsbunden, det frie magasintal og drænkonstant. Ofte vil man starte med et sådant begrænset antal og så evt. indbygge mere kompleksitet efterhånden.

### Stationær og dynamisk model

Modelkoden til DK-model er baseret på MIKE SHE-modellen, og det er fordelagtigt at arbejde med både en stationær og en dynamisk model. Herved kan man udnytte, at den stationære model er god til automatisk kalibrering, en teknik som er hensigtsmæssig, fordi PC'en så selv kan justere på de frie parametre, så man får et mere objektivt bud på de optimale parametre.

Samtidig giver den stationære model relevant feedback på randbetingelser og evt. fejl i opsætningen, idet den regner på en ligevægtssituation og ikke er afhængig af startbetingelser eller effekter af magasinering, der påvirker en dynamisk model.

Omvendt er det nødvendigt at foretage dynamiske simuleringer for at kunne validere modellen i forhold til afstrømninger og vandbalancer. Der er også visse parametre fx tidskonstanter (dræn), magasintal (frit og artesisk), der kun kan kalibreres med den dynamiske model.

Med den stationære model kan hydrauliske ledningsevner som regel fastlægges rimeligt sikkert. For en model med DK-model-størrelse med knap 100.000 beregningskasser i grundvandsdelen i hver delmodel, og med beregninger for både grundvand og overfladevand tager det typisk 6-10 timer for 20 års simulering med en dynamisk kørsel.

Stationære kørsler tager kun 15-30 min., og da man ikke styrer de parameterværdier, modellen regner sig frem til, så giver automatisk kalibrering her vigtige informationer om, hvorvidt de estimerede parametre er realistiske og beliggende inden for et forud fastlagt interval.

Man får derved vigtig feedback af både kvantitativ og kvalitativ karakter. Opnåede urealistiske parameterværdier kan påvise svagheder eller grundlæggende fejl i den opstillede model. De fortæller modelløren og geologen, at der er noget galt med enten input, modelstruktur eller randbetingelser.

Som i filmen må scenen evt. skydes om med nye randbetingelser, nye input eller ny modelstruktur, dvs. måske en større ændring i den konceptuelle model, i tolkningen af et lag, fordeling af parametre osv. I tabellen ovenfor er vist en oversigt over de estimerede parametre for hydraulisk ledningsevne med DK-model.

Den automatiske kalibrering returnerer også andre nyttige informationer, her kan nævnes de estimerede konfidensintervaller, der kan bruges til at sige noget om usikkerhederne på modellen.

Parameter-estimat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fyn	Vestsjæl.	Sydsjæl.	NØ-Sjæl.	Sydjyl.	SV-Jyl.	SØ-Jyl.	Vestjyl.	Østjyl.	Nordjyl.
$K_z$ opsprækket moræneler	$1,5 \times 10^{-7}$	$1,45 \times 10^{-7}$	$1,45 \times 10^{-7}$	$1,45 \times 10^{-7}$	-	-	-	-	-	-
$K_z$ moræneler	$5 \times 10^{-9}$	$1,9 \times 10^{-9}$	$1,9 \times 10^{-9}$	$1,9 \times 10^{-9}$	$1,76 \times 10^{-8}$	$6,21 \times 10^{-9}$	$2,28 \times 10^{-8}$	$1,23 \times 10^{-8}$	$7,97 \times 10^{-9}$	$7,97 \times 10^{-9}$
$K_z$ glimmerler og -silt	-	-	-	-	$3,04 \times 10^{-9}$	$1,63 \times 10^{-7}$	$2,62 \times 10^{-8}$	$1,50 \times 10^{-7}$	$1,07 \times 10^{-8}$	$1,07 \times 10^{-8}$
$K_x$ smeltevands-sand	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$	$1,40 \times 10^{-3}$	$2,19 \times 10^{-4}$	$5,00 \times 10^{-4}$	$6,80 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-4}$
$K_x$ glimmer-sand	-	-	-	-	$2,09 \times 10^{-4}$	$9,79 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-4}$	$2,94 \times 10^{-5}$	$3,45 \times 10^{-5}$	$3,45 \times 10^{-5}$
$K_x$ kvartssand	-	-	-	-	$6,19 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-4}$	$4,57 \times 10^{-4}$	$9,89 \times 10^{-4}$	$2,18 \times 10^{-4}$	$2,18 \times 10^{-4}$

Estimerede hydrauliske parametre (m/s) for hydraulisk ledningsevne ( $K_x$ : horisontal,  $K_z$ : vertikal). (Grafik: Forfatterne og UVH)

### Intuition og analytisk sans er påkrævet

Først når vi har sammenlignet de numeriske modelsimuleringer med uafhængige data for afstrømning og trykniveau, kan vi begynde at sige noget kvantitativt om modellens "performance", dvs. give en samlet vurdering af kvaliteten i tolkningen af geologien, modelopstillingen, kalibreringen og den numeriske kodes præcision.

Først her begynder vi at få en fornemmelse for iboende usikkerhedsfaktors betydning og indvirkning på modellens resultater. Men det er lidt af et analysearbejde, når modellens "performance" viser sig at give problemer, hvad enten det drejer sig om dårlige vandbalancer, afvigelser på trykniveau i grundvandet i visse områder eller forfejlet simulering af afstrømninger i forhold til målte daglige vandføringer.

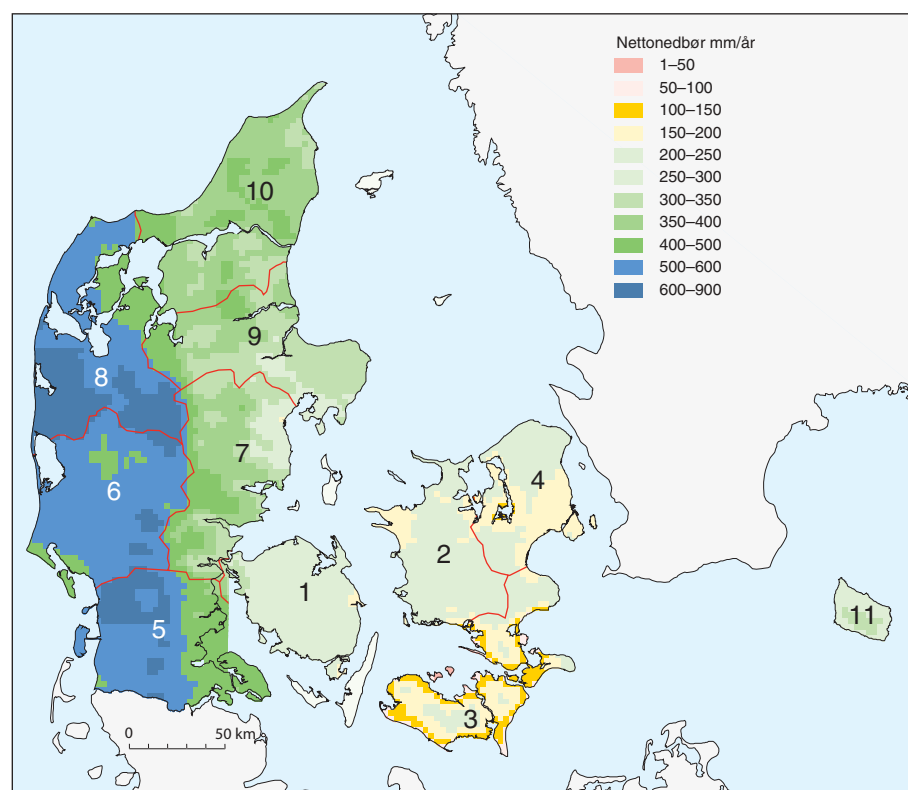
Her må vi som Sherlock Holmes og Doktor Watson vende hver en sten og bruge både logik og menneskelig intuition for at få identificeret problemet og få rettet fej-

len. Måske skal drejebogen skrives lidt om.

Nogen gange kan det være modelkoden, der volder problemer, andre gange forkerte data for vandløb, geologi, topografi eller hydrauliske parametre, andre gange mangler ved den konceptuelle model eller fejl i modelopstilling.

Det er med andre ord let at påvise fejlene eller de områder og punkter, hvor modellens "performance" halter, dvs. hvor modellen ikke kan opfylde de forud fastlagte krav til nøjagtighed. Det er derimod svært at give en præcis forklaring på, hvorvidt disse uoverensstemmelser mellem model og virkelighed skyldes fejl i den konceptuelle model, i modelkoden eller i opstilling og kalibrering af den stedspecifikke model.

Med DK-modellen er det lykkedes at opfylde de opstillede krav til nøjagtighed både for trykniveau og afstrømning for 10 deloplande. Modellen er opstillet for Bornholm, men her refterer fortsat en endelig kalibrering og validering (figuren nedenfor).



Nettonedbør (mm/år) og modeloplande for DK-model (Kilde GEUS)

## Om at regne forlæns eller baglæns

I Vandrammedirektiv-sammenhæng ville vi helst angribe problemstillingen ved blot at regne baglæns nede fra fjordene og opad i vandløbssystemerne. Men vi må erkende, at vi ikke kommer uden om også at regne "forlæns" på vandkredsløbet. Kun derved kan vi validere den konceptuelle model på baggrund af uafhængige data (se boksen på modstående side).

Vi kender kun alt for mange uheldige eksempler på uigennemtænkte lidt for forenkede betragtninger. Hvor tit har vi ikke set eksempler på vandbalancer, hvor fx en fejl i vandbalancen er blevet fortolket som "underjordisk afstrømning" eller "grundvandstyreri" til/fra et naboopland, uden at man har været kritisk over for de øvrige størrelser fx nedbørsinput eller fordampning.

Et andet eksempel på, hvor galt det kan gå med forsimplede empiriske metoder, er Vandrådets opgørelse af nettonedbøren så sent som i 1992 til 12 mia. m<sup>3</sup>/år på basis af ufuldstændige vandbalancer og regnen baglæns fra afstrømninger i vandløb. Det nyeste skøn med DK-model viser 16 mia. m<sup>3</sup>/år altså en forskel på hele 25 %.

Et tredje eksempel er beregninger af vandbalancen for LOOP-områder baseret på simple metoder, der efterfølgende viste fejl i perkolationen/afstrømningen på ca. 20-40 %, en fejl der forplantede sig til en fejl af samme størrelsesorden på kvælstofudvaskningen. (LOOP består af fem landovervågningsoplande, tre leroplande og to sandoplande. Landovervågningen giver detaljerede beskrivelser af dyrkningspraksis, fysisk-kemiske målinger i rodzonen, kemiske analyser af grundvand, gylle og vandløb).

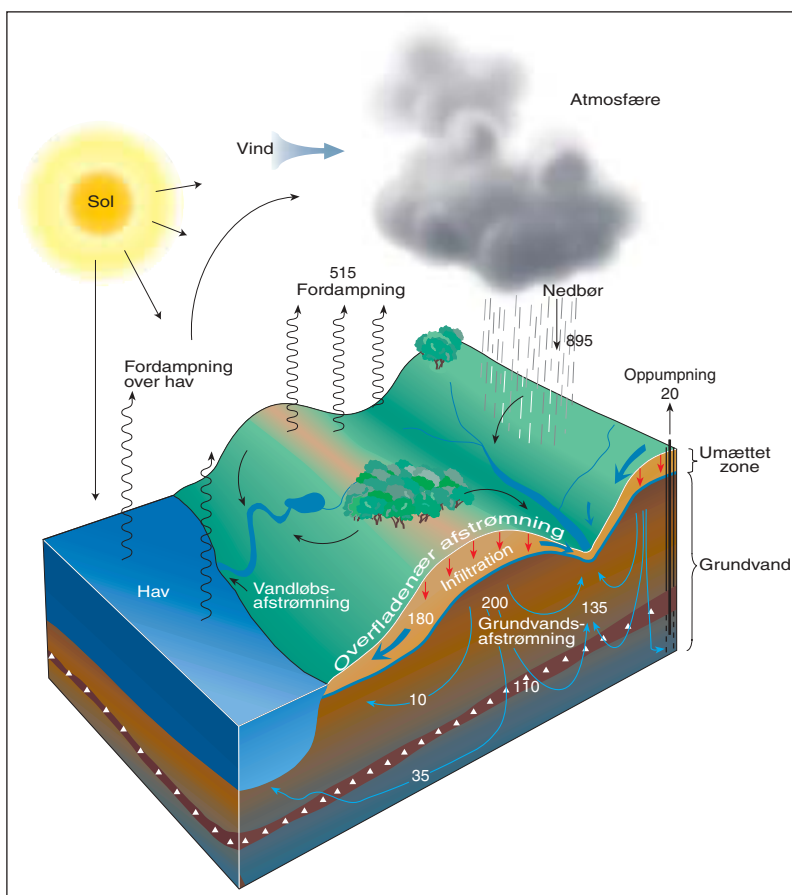
Netop LOOP-oplandene er relativt små, og derfor var det svært at lukke vandbalancen for disse oplande, fordi den underjordiske afstrømning her spiller en meget stor rolle i forhold til de øvrige størrelser i vandbalancen.

Med den færdige DK-model har det været muligt at gennemføre en lang række simuleringer med forskellig nettonedbør og oppumpning, hvorved ressourcens størrelse har kunnet vurderes på basis af forskellige forudsætninger, se figurene til højre øverst og nederst. I disse forudsætninger specificeres det, hvor meget grundvandsdannelsen eller hvor meget vandføringen må ændre sig som følge af vandindvinding.

## DK-modellen som referenceramme

DK-modellen har vist sig at være et godt støtteværktøj (referenceramme) i mange zoneringsopgaver, hvor amterne og vandværkerne foretager detailkortlægning og modellering for områder med særlige drikkevandsinteresser og oplande til vandværker. DK-modellen er velegnet til ressourceopgørelse på større skala, svarende til den, der er påkrævet for vandområdedistrikter i forbindelse med Vandrammedirektivet og i NOVANA sammenhæng, det nye Natur- og miljøovervågnings-

Nettonedbør (mm/år) og modeloplande for DK-model (Kilde GEUS)



program, der igangsættes ved årsskiftet.

DK-modellen udgør et godt grundlag for studier af klimapåvirkningens indflydelse på vandressourcerne i Danmark.

Potentielt er modellen desuden et godt grundlag for studier af nitratkredsløb på oplandsskala. Der er i 2003 startet et ph.d.-projekt, der kigger nærmere på dette potentiale.

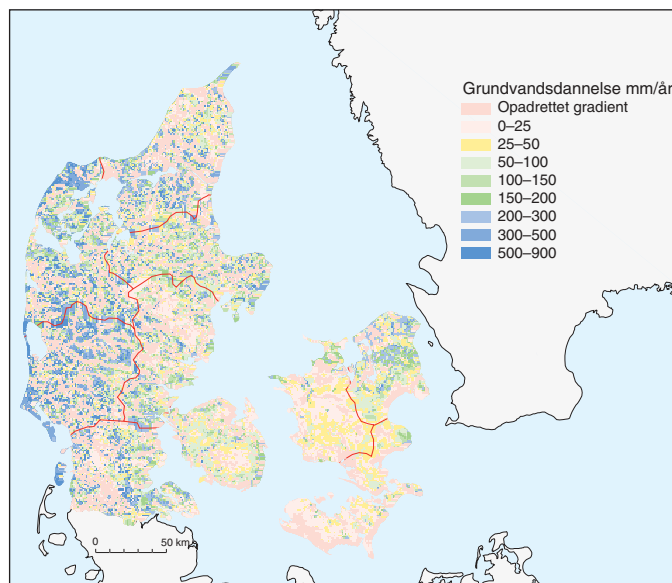
Vi står overfor en række udfordringer med hensyn til at kunne mestre systematiske, kvantitative usikkerhedsvurderinger. Vi har med DK-modellen lært, at nøglen til en større bevidsthed om usikkerhed, nøjag-

tighed og gyldighed forudsætter, at vi fra starten laver en bedre drejebog, og at vi undervejs arbejder ud fra den, og om nødvendigt går tilbage til den konceptuelle model, og evt. justerer den, når det viser sig påkrævet.

## Litteratur:

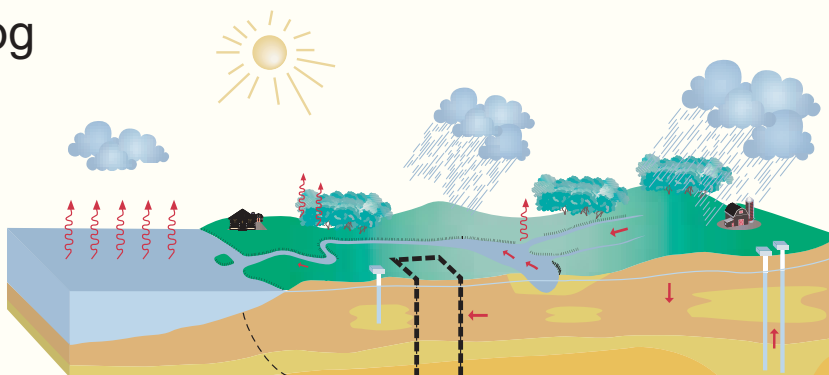
Harrar, W.G., Sonnenborg, T.O og Henriksen, H.J. (2003) Capture zone, travel time, and solute-transport predictions using inverse modeling and different geological

Grundvandsdannelse i mm/år til dybere reserver i 30-50 m's dybde (Kilde GEUS)

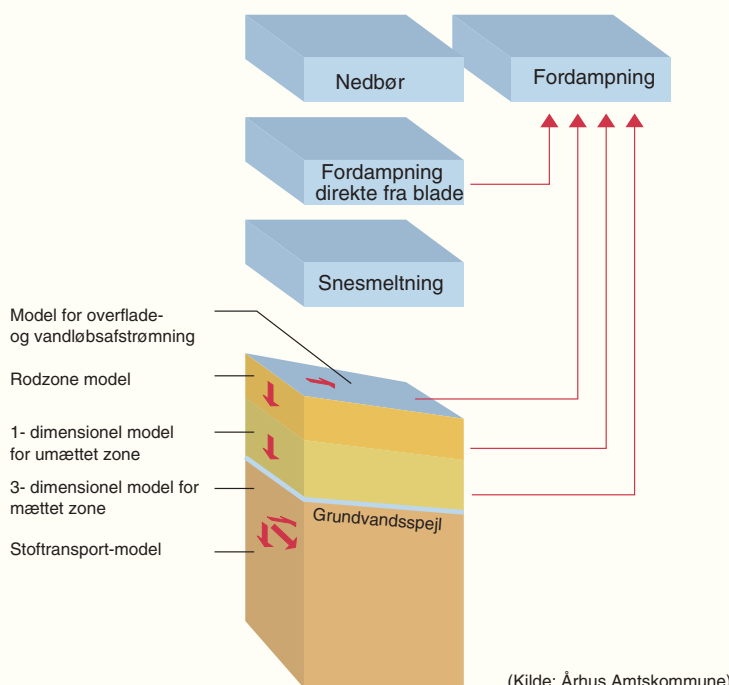
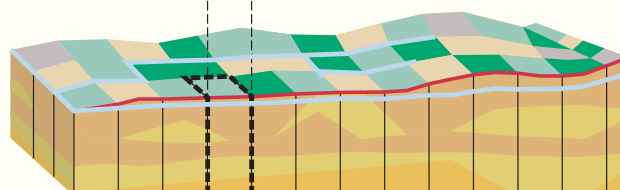


## En geologisk model og en grundvandsmodel

En geologisk model viser den rumlige fordeling af bjergarter og jordlag, der findes i undergrunden i et område. Før i tiden blev geologiske modeller konstrueret og tegnet i hånden, men i dag foregår det meste af arbejdet af på computere, mens indsamlingen af data til brug for opstillingen af modellerne stadig i høj grad foregår i felten.



En grundvandsmodel er en matematisk beskrivelse af vandets strømning i de forskellige jordlag (se figur) der er opstillet i den geologiske model. Det vigtigste grundlag for en grundvandsmodel er derfor den geologiske model og tal for nedbør og fordampning. Til hvert geologisk lag er der i grundvandsmodellen parametre, der karakteriserer lagets strømningsegenskaber. Eksempelvis gives sandlag højere talværdier (permeabilitet) for vandets evne til at strømme igennem mediet end lerlag. I praksis er en grundvandsmodel et computerprogram, som udfører og sammenkæder alle de beregninger, der tilsammen beskriver vandets strømnings- og opmagasineringsforhold i grundvandssystemerne, såvel som udvekslingen mellem grundvand, vandløb og søer.



En model er en forenklet beskrivelse af den faktiske virkelighed og vil derfor aldrig kunne vise et fuldt korrekt billede af grundvandsforholdene. Jo flere informationer og data, for eksempel geologiske data, man putter ind i en grundvandsmodel, desto bedre og mere nøjagtig kan det forventes, at modellens efterligning af virkeligheden (naturen) bliver, i lighed med meteorologernes vejrprognoser.

models. *Hydrogeology Journal*. Springer-Verlag 2003. Published online 20. juli 2003.

Refsgaard, J.C and Henriksen, H.J. (in press) *Modelling guidelines - Terminology and guiding principles*. Accepted for publication in *Advances in Water Resources*.

Sonnenborg, T.O., Christensen, B.S.B., Nye-gaard, P., Henriksen, H.J. og Refsgaard, J.C. (2003) *Transient modeling of regional groundwater flow using parameter estimates from steady-state automatic calibration*. *Journal of Hydrology* (273) 188-204. ■

<b>NYHED!</b> Ny software til SAS 1000/4000 - 150-200 % forbedring i forhold til tidligere versioner (lavere end version 3.00)	<b>NYHED!</b> Terrameter logging/SAS LOG til SAS 4000
	<b>NYHED!</b> RAMAG - Ny software til WADI VLF
<b>NYHED!</b> Georadar fra Malå Geoscience AB	
<b>Dyno Nobel Danmark A/S</b> Telefon 43 45 15 38 Homepage <a href="http://www.dynonobel.dk">www.dynonobel.dk</a>	