

## Ferskvandets kredsløb

Hans Jørgen Henriksen og  
Alex Sonnenborg, GEUS (Eds)

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse  
Miljøministeriet

Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

Danmarks JordbrugsForskning  
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks Meteorologiske Institut  
Trafikministeriet

# INDHOLDSFORTEGNELSE

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Forord</b>  | <b>Side 1-3</b>  |
| <b>Kapitel 1 - Sammendrag</b>  | <b>Side 1-7</b>  |
| <b>Kapitel 2 - Summary</b>   | <b>Side 1-7</b>  |
| <b>Kapitel 3 - Opgørelse af den udnyttelige ferskvandsressource</b>  | <b>Side 1-29</b> |
| 3.1 Kapitel sammenfatning  | 2                |
| 3.2 Metodik til vurdering af udnyttelig vandressource  | 3                |
| 3.2.1 Teknisk indgangsvinkel   | 3                |
| 3.2.2 Valg af reference scenarie for simuleringskørsler  | 5                |
| 3.2.3 Definition af udnyttelig grundvandsressource   | 6                |
| 3.2.4 Metodik for opgørelse af udnyttelig ressource i relation til grundvandsdannelse (Indikator 1 og 2)           | 7                |
| 3.2.5 Metodik for opgørelse af udnyttelig ressource i relation til vandløbspåvirkning (Indikator 3 og 4)           | 10               |
| 3.3 Resultater af ressourceopgørelsen  | 13               |
| 3.3.1 Simuleret nettonedbør og grundvandsdannelse  | 13               |
| 3.3.2 Ressourceopgørelse for hele landet   | 18               |
| 3.3.3 Ressourcesituation i OSD områder   | 21               |
| 3.3.4 Ressourcesituation i 50 underområder   | 21               |
| 3.3.5 Bemærkninger til opgjort ressource   | 24               |
| 3.4 Usikkerheder på opgørelsen af udnyttelig ressource og yderligere vidensbehov                                   | 26               |
| 3.5 Vandrådets metodik og resultater   | 27               |
| 3.6 Referencer   | 29               |
| <b>Kapitel 4 - Sammenfatning af behov for viden, overvågning og dataadgang</b>                                     | <b>Side 1-11</b> |
| 4.1 Kapitel sammenfatning  | 2                |
| 4.2 Vidensbehov i forbindelse med landsdækkende ressourceopgørelse   | 3                |
| 4.3 Vidensbehov i forbindelse med overvågning  | 6                |
| 4.3.1 Vandbalanceproblemer   | 6                |
| 4.3.2 Nye krav fra Vandrammedirektivet   | 7                |
| 4.3.3 Behov for bedre integration af modellering og monitorering   | 8                |
| 4.4 Behov for dataadgang   | 10               |
| <b>Kapitel 5. Vandkvalitet og kvantitet hænger sammen</b>  | <b>Side 1-20</b> |
| 5.1 Kapitel sammenfatning  | 2                |
| 5.2 Formålet med NOVA  | 3                |
| 5.3 Kortfattet beskrivelse af vandkredsløbet og elementer i opgørelsen af den udnyttelige vandressources størrelse | 6                |
| 5.3.1 Begrænsninger i ressourcen som følge af påvirkning af vandkvalitet fra terræn (bl.a. arealanvendelse)        | 6                |
| 5.3.2 Begrænsninger i grundvandsressourcen som følge af intensiv vandindvinding / overudnyttelse                   | 10               |
| 5.3.3 Begrænsninger i ressourcen som følge af maksimal påvirkning af vandløb, søer og vådområder                   | 12               |
| 5.3.4 Vandrådets opgørelse af udnyttelig grundvandsressource   | 13               |
| 5.3.5 Skalaeffekter  | 15               |
| 5.4 Vandrammedirektivet  | 18               |
| 5.5 Forudsætninger for nye opgørelse af vandressourcen   | 19               |
| 5.6 Referencer   | 20               |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Kapitel 6. Ferskvandets kredsløb og tidlige variationer</b>                       | <b>Side 1-48</b> |
| 6.1 Kapitel sammenfatning  | 2                |
| 6.2 Nettonedbør og vandbalance   | 4                |
| 6.2.1 Vandets kredsløb   | 4                |
| 6.2.2 Processer og definitioner - vandbevægelse over jorden                          | 5                |
| 6.2.3 Processer og definitioner - umættet zone                                       | 6                |
| 6.2.4 Processer og definitioner - mættet zone  | 7                |
| 6.2.5 Udveksling mellem grundvand og vandløb   | 8                |
| 6.2.6 Vandbalanceligningen   | 8                |
| 6.2.7 Tidligere opgørelser af vandbalancen   | 9                |
| 6.2.8 Usikkerheder på de enkelte komponenter i vandbalancen                          | 11               |
| 6.3 Nedbør   | 13               |
| 6.3.1 Metoder til måling af nedbør   | 13               |
| 6.3.2 Nedbørkorrektion (læforhold, wetting, flydende/fast nedbør mv.)                | 14               |
| 6.3.3 Tidslig variation i nedbør 1991-2000 / 1961-1990                               | 17               |
| 6.3.4 Usikkerhed på nedbør.  | 20               |
| 6.4 Fordampning  | 21               |
| 6.4.1 Måling af fordampning  | 21               |
| 6.4.2 Måling af klimaparametre til beregning af reference fordampning efter Penman   | 21               |
| 6.4.3 Bestemmelse af referencefordampning (ET <sub>0</sub> ) og afgrødekoefficienter | 22               |
| 6.4.4 Fordampning fra mark, skov og vådområder                                       | 24               |
| 6.4.5 Tidslig variation i reference fordampning 1991-2000 / 1961-1990                | 28               |
| 6.4.6 Usikkerhed på fordampning  | 28               |
| 6.5 Afstrømningsdata   | 31               |
| 6.5.1 Måling af afstrømning  | 31               |
| 6.5.2 Karakteristiske størrelser for afstrømningen                                   | 31               |
| 6.5.3 Betydning af medianminimumafstrømning og variation for økologiske forhold      | 32               |
| 6.5.4 Tidslige variationer i afstrømning for 1991-2000 / 1961-1990                   | 32               |
| 6.5.5 Usikkerhed på afstrømningsmålinger   | 34               |
| 6.6 Vandspejlsvariationer i grundvand  | 36               |
| 6.6.1 Måling af grundvandstand i det nationale pejlestationsnet                      | 36               |
| 6.6.2 Tidslig variation i grundvandsstand  | 36               |
| 6.6.3 Usikkerhed på pejledata  | 37               |
| 6.7 Vandindvinding   | 39               |
| 6.7.1 Måling af oppumpede vandmængder og fordeling på enkeltboringer                 | 39               |
| 6.7.2 Vandindvindingsstatistik og fordeling på forbrugskategorier                    | 39               |
| 6.7.3 Den tidslige udvikling i vandforbrug til markvanding, vandværker og industri   | 40               |
| 6.7.4 Usikkerhed på vandindvindingsdata  | 42               |
| 6.8 Vurdering af perioden 1991-2000 i forhold til længere tidsserier                 | 43               |
| 6.9 Referencer   | 46               |

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Kapitel 7. Vandkredsløbets og vandressourcens regionale variationer og klimainput til den nationale vandressourcemodel</b> | <b>Side 1-19</b> |
| 7.1 Kapitel sammenfatning   | 2                |
| 7.2 DMI's klimagrid (40x40 km)  | 2                |
| 7.3 Regionale variationer i nedbør  | 4                |
| 7.3.1 Regionale variationer i årsnedbør 1991-2000   | 7                |
| 7.3.2 Regionale forskelle i vinternedbør  | 9                |
| 7.4 Regionale forskelle i reference fordampning   | 10               |
| 7.5.1 Årsafstrømning  | 11               |
| 7.5.2 Hydrologiske regimer  | 12               |
| 7.5.2 Medianminimumsafstrømning   | 14               |
| 7.6 Korrektionsfaktorer på nettonedbør bestemt ud fra DK-model  | 15               |
| 7.7 Betydning af forskellige antagelser vedr. nedbørskorrektion og fordampning, for vandbalancen.                             | 18               |
| 7.8 Skalaforhold og opgradering af inddata til DK-model   | 18               |
| 7.9 Referencer  | 19               |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Kapitel 8. Konstruktion, kalibrering og validering af den nationale vandressourcemodel (DK-model)</b> | <b>Side 1-57</b> |
| 8.1 Kapitel sammenfatning  | 2                |
| 8.2 Formål og succeskriterier for den Nationale Vandressource Model (DK-model)                           | 3                |
| 8.2.1 Formål med den nationale vandressource model   | 3                |
| 8.2.2 Succeskriterier for den nationale vandressourcemodel   | 4                |
| 8.2.3 Øvrige anvendelser af DK-model i vandressourceforvaltningen  | 6                |
| 8.3 Metodik for konstruktion af national vandressourcemodel  | 7                |
| 8.3.1 Udfordringer ved opstilling af storskala model for hele landet                                     | 7                |
| 8.4 Tolkningsmetodik   | 8                |
| 8.4.1 Øerne (Fyn, Sjælland mm.)  | 8                |
| 8.4.2 Jylland  | 15               |
| 8.4.3 Bornholm   | 20               |
| 8.4.4 Diskussion af hvordan forskellige metoder forventes at påvirke slutresultatet i modellering        | 21               |
| 8.5 Sammenfatning vedr. konceptuel model for hele landet   | 24               |
| 8.6 Modelkode  | 25               |
| 8.6.1 DK-modellens rodzonemodul  | 27               |
| 8.7 Modelopstilling og parameterfastsættelse   | 30               |
| 8.8 Fastlæggelse af nøjagtighedskriterier  | 30               |
| 8.9 Kalibrerings- og valideringsmetodik for Sjælland og Fyn  | 34               |
| 8.10 Kalibrerings- og valideringsmetodik for Jylland   | 43               |
| 8.10.1 Observationsdata og kalibreringsmetodik for Jylland   | 43               |
| 8.10.2 Kalibrerings- og valideringsresultat for Jylland  | 47               |
| 8.11 Sammenligning af DK-model med Suså model  | 52               |
| 8.12 Validering i forhold til ældre data for Hovedstadsregionen  | 54               |
| 8.13 Betydning af konceptuel model for indvindingsoplande og opholdstider                                | 55               |
| 8.14 Referencer  | 56               |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Kapitel 9. Bedre overvågning af ferskvandskredsløbet i NOVANA og i relation til Vandrammedirektivet</b> | <b>Side 1-15</b> |
| 9.1 Kapitel sammenfatning  | 2                |
| 9.2 Vandmiljøplanens overvågningsprogram   | 3                |
| 9.2.1 Indledning   | 3                |
| 9.2.2 Om at forstå tingene hver for sig og i sammenhæng  | 3                |
| 9.3 Hvad er NOVANA?  | 5                |
| 9.4 Forudsætninger for NOVANA  | 6                |
| 9.4.1 NOVA 2003  | 7                |
| 9.4.2 Vilhjelmudvalget   | 7                |
| 9.4.3 Den videre process i NOVANA's endelige udformning  | 7                |
| 9.4.4 Behovsopgørelsen   | 7                |
| 9.4.5 Vandrammedirektivet  | 7                |
| 9.5 Hovedprincipper i NOVANA   | 9                |
| 9.5.1 Landovervågning i NOVANA   | 10               |
| 9.5.2 Vandløb i NOVANA   | 11               |
| 9.5.3 Grundvandsovervågning i NOVANA   | 12               |
| 9.5.4 Arter og terrestriske naturtyper - en nyhed i NOVANA   | 13               |
| 9.5.5 Klimatiske og meteorologiske data og landbrugspraksis og arealanvendelse                             | 13               |
| 9.5.6 Overvågning af ferskvandskredsløb og vandbalance i forbindelse NOVANA                                | 13               |
| 9.6 Referencer   | 15               |

**Bilag 1: Sammenstilling af simuleringer for 10 DK-model deloplande**

- 1 Fyn
- 2 Vestsjælland
- 3 Sydsjælland
- 4 Nordsjælland
- 5 Sydjylland
- 6 Sydvestjylland
- 7 Sydøstjylland
- 8 Vestjylland
- 9 Østjylland
- 10 Nordjylland
- 11 Bornholm (mangler)

**Bilag 2: Ordliste**