



# Kvalitetssikring af hydrologiske modeller

Proceduren for kvalitetssikringen ved opstilling af hydrologiske modeller kan inddeles i fire hovedfaser; dataindhentning, databehandling, modelopsætning og modelkalibrering. Modelløren kan med fordel oprette en logbog, hvori der løbende noteres hvilke og hvordan data benyttes i modellen. I det følgende beskrives de fire hovedfaser. Til faserne databehandling, modelopsætning og kalibrering/validering er der opstillet en række spørgsmål, som skal overvejes ved opstilling af ny model, men som også kan anvendes som udgangspunkt ved vurdering af eksisterende modeller og deres anvendelighed.

## 1. Dataindhentning

Det første skridt ved opsætning af en hydrologisk model er indhentning af data. Datafangsten bør dokumenteres og placeres i en relevant filstruktur, således at det efterfølgende kan dokumenteres, hvilke data der er benyttet ved modelopsætningen. Data og datakilder kan være:

- DK-modellen (GEUS, modeldatabase)
- Jupiterdatabasen (GEUS)
- Pejledata fra andre kilder end Jupiterdatabasen. F.eks. fra loggerdata, kommunen, regionen, større anlægsprojekter og vandforsyninger
- Vandløbsdata, både daglige værdier og medianminimumsværdier (Naturstyrelsen, Orbicon, kommunen)
- Supplerende indvindingsdata fra kommunen eller vandforsyninger
- Spildevandsdata (Naturstyrelsen)
- Klimadata (DMI eller Naturstyrelsen).

## 2. Databehandling

Ved opsætning af en hydrologisk model indgår forskellige typer data, og for de fleste datatyper gælder, at de skal bearbejdes og kvalitetssikres på den ene eller anden måde. Modelløren bør undervejs beskrive databehandlingen i logbogen, især de overvejelser modelløren har gjort sig i forbindelse med de valg, der tages undervejs i databehandlingen. Overordnet behandles følgende datatyper:

### *Indvindingsdata*

- Hvilke indvindingsmængder anvendes i modellen? Er det aktuelle eller tilladte mængder? Hvis aktuell, er det så tidsserier med indberettede mængder for hvert år, eller er der "vurderet" en middelindvinding, fx middelindvinding over de sidste 5-10 år?
- Hvordan er data for indvinding fremkommet, og hvordan er de kvalitetssikrede? Hvordan er "huller" i Jupiterdatabasens data håndteret - ved anvendelse af tidsserier, evt. beregnet middelindvinding eller årsindvindinger? Er mængderne tjekket for fejlindberetninger, fx meget store værdier? Har kommunen kvalitetssikret tilladelser/boringer og fordelinger på boringer? Hvordan er indvindingsmængder fordelt på kildepladsernes indvindingsboringer?
- Hvordan er markvanding og andre sæsonbetingede indvindinger håndteret? Er de indsat som tidsvarierende indvinding, hvor den årlige mængde kun indvindes i forårs- og

sommermånederne? Ved stationær model er indvindingen så fordelt på alle årets måneder eller evt. slet ikke medtaget?

- Vær opmærksom på over- og underanlæg. I Jupiterdatabasen kan der registreres indvinding på begge typer, så de i modellen risikerer at være medtaget dobbelt. Det er hensigtsmæssigt, at al indvinding lægges ind under det respektive underanlæg.
- Er det overvejet, hvilke indvindere der medtages i modellen, alt efter modelstørrelse og område? I en stor model er det måske ikke nødvendigt at medtage enkeltindvindere. I en mindre model, eller en model i landområder, kan enkeltindvindere udgøre en stor del af den samlede indvinding, og er derfor vigtige. Ligeledes kan kommunerne ligge inde med viden om enkeltindvindere, der ikke har DGU nr. og derfor ikke er registreret i Jupiterdatabasen.
- Hvilken mængde er benyttet for enkeltindvindere, der ikke indberetter?
- Er tilladelser og indberettede mængder af samme størrelsesorden?
- Hvordan håndteres anlæg, der er blevet inaktive i modelperioden?
- Er det tjekket, at alle indvindingsboringer er filtersat passende i magasinet? Hvis indvindingsboringen ikke sidder i et magasin, vurderes det, om dette har betydning for modellen og formålet med modellen.
- Er kommunen blevet spurgt til råds ved eventuelle spørgsmål til data fra Jupiterdatabasen? F.eks. inaktive anlæg, der kun er inaktive, fordi de skal have fornyet deres tilladelse, manglende indberetninger, usikkerhed omkring boringer, m.m.
- Er det sikret, at afværgeanlæg og tilhørende indvinding er med i modellen fx ved kontakt til regionen?
- Er der ATEs anlæg i området? Hvordan håndteres dette?

### **Pejledata**

- Hvor kommer pejledata fra, fx Jupiterdatabasen? Findes der pejledata andre steder? F.eks. hos kommunen, Naturstyrelsen, vandværker eller fra større anlægsprojekter.
- Er kvaliteten af pejleboringerne gennemgået og inddraget i udvælgelsen/vægtningen?
- Er der foretaget lagtildeling af filterintervaller på pejleboringer?
- Ved boringer med flere indtag i samme magasin: Er der foretaget et aktivt fravalg, således at der kun er ét indtag (pejledata) pr. magasin?
- Ved boringer med flere indtag på samme stamme skal der foretages en vurdering af, hvilket magasin pejlingen repræsenterer eller om pejledata skal fravælges.
- Er der lavet en prioritering af pejledata, der passer til modeltypen og formålet?
- Er drifts-pejlinger frasorterede eller bevidst anvendt?
- Er der inddraget pejleboringer uden angivet filtersætning – dvs. er der tildelt filterintervaller på baggrund af geologi eller andet?
- Er der inddraget pejledata fra enkeltindvindere – hvordan er placeringen af boringen angivet (ejendomsniveau eller koordinater på boringen) og i hvilken dybde er den indsat i modellen?
- Ser pejletidsserierne fornuftige ud?
- Passer pejlekoterne med den hydrogeologiske forståelse? Er der tegn på magasiner med hængende vandspejl?
- Er afvigende pejlinger frasorteret?
- Geografisk dækning af pejledata – er der inddraget supplerende data i datasvage områder, og er der frasorteret/udtyndet i data i områder med mange datapunkter. Er den tidsmæssige dækning god nok?
- Afrapporteringen skal indeholde en liste med alle pejlinger, også de frasorteret, samt begrundelse hvorfor de er frasorteret.

### **Klimadata, befæstelse og arealanvendelse**

- Hvilken type input benyttes i modellen?  
Dynamisk model:
  - Input af "direkte" klimadata (nedbør, temperatur og fordampning)
  - Input af eksternt beregnede nettonedbørsdata, i så fald hvordan håndteres befæstelse?
  - Input af data til arealanvendelseStationær model:

- Typisk input af eksternt beregnede nettonedbørsdata, i så fald hvordan håndteres befæstelse?
- Er der lavet en vurdering af, om den tidsperiode som benyttes, er repræsentativ i forhold til tørre/våde år?
- Benyttes der observerede nedbørsmålinger for DMI's observationsstationer, frem for klimagrid? Vær obs på om, og hvordan, nedbørsdata er korrigeret for fejkilder.

#### ***Afstrømningsdata***

- Er der afstrømningsdata i området, og er disse gennemgået og opdateret?
- Er der ud fra afstrømningsdata konkret vurderet på grundvandsbidraget for delstrækninger?
- Hvilken beregningsmetode er anvendt til vurdering af grundvandsbidrag?
- Er der god datadækning af afstrømningsdata, og hvilken tidsperiode er der data fra?

#### ***K-værdier, litteratur og prøvepumpninger***

- Er informationer om kalibrerede k-værdier indhentet fra tidligere opsatte modeller, fra geologien, prøvepumpninger eller litteraturen? Hvis der er mange data kan disse med fordel vises på GIS kort for en bedre forståelse.

#### ***Hydrostratigrafisk model, lagflader og udbredelse***

- Ser fladerne og udbredelserne fornuftige ud. Hvis udbredelserne selv beregnes ud fra tykkelserne, skal en afskæringstykkelse besluttes. Typisk benyttes 0,5-1 m, men det afhænger af områdets geologi.

### **3. Modelopsætning**

Under modelopsætningen vil det være godt at notere i logbogen, hvilke valg modelløren tager undervejs og hvorfor. Det kan være en iterativ proces at sætte en model op, hvor der undervejs i processen ændres på valgene.

#### ***Hydrostratigrafisk model, lagflader og udbredelse***

- Gennemgående lag – hvordan er krav til minimumstykkelse i beregningsceller håndteret?
- Er de øverste hydrostratigrafiske lag evt. slået sammen? Hvis de er, hvordan er dette håndteret i forhold til K-værdier?
- Ser tværsnit troværdige ud eller er der fx tynde gennemgående sandlag langs dalflanker, som kan have væsentlig betydning for resultatet?
- Ser tværsnit troværdige ud ved borer til almen vandforsyning?
- Vær opmærksom på usikkerheden på beskrivelsen af lithologien for de enkelte enheder. Er der evt. enheder, som er beskrevet på baggrund af få borer eller udelukkende med udgangspunkt i geofysiske metoder? Dette kan have betydning for den efterfølgende vurdering af k-værdier.

#### ***Modelcellestørrelse***

- Stemmer valg af celledørrelse overens med kompleksiteten og nøjagtigheden af den hydrostratigrafiske model?
- Stemmer valg af celledørrelse overens med modellens overordnede formål, modelområdets størrelse og datadækningen?

#### ***Randbetingelser***

- Er modelranden lagt, så der kan benyttes fornuftige randbetingelser?
- Er modelranden lagt, så eventuelle indvindingsoplande ikke påvirkes af randen?
- Hvad er baggrunden for udvælgelse af de ydre randbetingelser?
- Hvad er de indre randbetingelser; dræn, vandløb og søer?
- Er der større søer i modelområdet, som forventes at være i hydraulisk kontakt med grundvandsmagasiner, og hvordan er disse evt. behandlet i modellen?

#### ***Befæstelse***

- Hvordan implementeres befæstelse og vegetation? Er der overensstemmelse mellem valg af befæstelse, nedbør og spildevandsudledning?
- Er der nedsivning af betydning i forbindelse med LAR løsninger eller lignende i byområder?
- Er spildevandsudledningsspunkterne blevet gennemgået og opdaterede (hvis anvendes)?
- Benyttes en reduceret værdi for udledningen i modellen i forhold til den "virkelige" værdi?

#### **Dræn og vandløb**

- Er alle relevante vandløbsstrækninger medtaget i modellen?
- Er der valgt en passende løsning til at beskrive grundvands- og vandløbsinteraktionen i modellen, jf. de lokale forhold?
- Er det tjekket om vandløbsstrækninger ligger under topografien, således at vandudvekslingen mellem vandløb og grundvand bliver retvisende?
- Er dræn implementerede?
- Hvordan afgrænses drænoplandene (DMU oplande eller topografi)?
- Drænes der til områder med "depression"/lavninger og er det hensigtsmæssigt? Typisk samles områder, der dræner til lavninger, med naboområder, der dræner til vandløb.
- Hvad er drændybden? Er den kalibreret eller valgt? Den sættes typisk til 0,5 m, med mindre man ved andet.
- Hvad er dræntidskonstanten/drænkonduktansen? Denne parameter er typisk en kalibreringsparameter.

#### **4. Modelkalibrering**

Der bør føres en kalibreringslogbog, hvori det noteres hvilken ting der er afprøvet, hvad resultater var, og hvad næste aktion skal være.

##### **Generelt**

- Følg retningslinjerne opstillet af GEUS i Geovejledning 7. Opfyld, så vidt muligt, målene for *detailmodellering* og overvej rimeligheden af afvigelser fra disse mål - giver det mening i forhold til modellen og det aktuelle datagrundlag?
- Er der stor tidsmæssig forskel på kalibrerings- og valideringsperioden eller udgør valideringsperioden evt. en delmængde/split-sample af pejlingerne fra kalibreringsperioden? Hvis der er en periode med markante forskelle i indvindingen kan denne periode med fordel vælges. En markant ændring kan f.eks. stamme fra nye kildepladser eller ændringer i indvindingstilladelse for større almene vandforsyningsanlæg
- Er der særlige udfordringer i området i forhold til kalibreringen? Markante topografiske variationer og/eller store geologiske variationer som f.eks. begravede dalsystemer, forkastningszoner mm.?

##### **Følsomhedsanalyse**

- Er der foretaget en følsomhedsanalyse og er alle relevante parametre medtaget? Er der parametre, hvor modellen er særlig følsom?
- Er antallet af parametre, der udvælges til kalibreringen fornuftige og i overensstemmelse med følsomhedsanalysen og datadækning?

##### **Kalibrering**

- Er kalibreringen udført ved manuel eller automatisk kalibrering? – eller en kombination heraf?
- Er der stor variation i datadækningen for de enkelte modellag?
- Hvilke parametre kalibreres modellen imod? Trykniveauer og/eller vandføringer?
- Hvilke objektivfunktioner benyttes (RMSE, ME, ...)? Hvad bliver der lagt vægt på ved kalibreringen, dynamik, mættede zone, vandløb, etc.?
- Er der foretaget zonerings i forhold til k-værdier og på hvilken baggrund (MRS/SSV)?

##### **Validering**

- Er modellen valideret?

- Er de estimerede parametre realistiske, og stemmer de overens med, hvad der forventes i forhold til geologi/hydrologi?
- Stemmer de simulerede potentialer overens med potentialekort fra synkronpejlerunder og evt. andre modeller?
- Er residualerne fornuftigt fordelt, eller er der specifikke lag, områder eller perioder med afvigende tilpasning?
- Stemmer vandbalancen med det forventede? Sammenhold med vandføringsdata for området. Er der områder, hvor der strømmer vand ud/ind af modelområdet, og er disse områder undersøgt/afgrænset i forbindelse med zonerings af vandbalancen?
- Passer de kalibrerede værdier med, hvad der forventes ud fra geologien, prøvepumpninger, litteraturen og tidligere modeller?