

Vandets kredsløb og balance – på regional skala

ANNE STEENSEN BLICHER

Blicher, A.S. 2005–11–21: Vandets kredsløb og balance på regional skala. DGF Grundvandsmøde 2005. *Geologisk Tidsskrift* 2005 hæfte 2, pp. 3–6, København.

Kendskab til vandets kredsløb og balance er grundlaget for en konceptuel forståelse af et områdes egenskaber og afhængigheder. Viden om vandets kredsløb og balance kan dermed være med til at danne baggrund for udpegning og afgrænsning af sårbare områder. Vandbalancen kan endvidere være med til at kvantificere vandets delstrømninger med hensyn til grundvandvandsdannelse og underjordisk afstrømning.

Dette indlæg skal beskrive vandets kredsløb og balance på regional skala og forsøge at sætte ord på de hyppigst anvendte termer, samt give en genopfriskning af vandbalanceligningen som grundlag for forståelsen af de tre efterfølgende indlæg.

tionær situation, hvor der er ligevægt mellem den vandmængde, der modtages via nedbør, og den mængde der forlader systemet via aktuel fordampning, overjordisk og underjordisk afstrømning, således at magasinændringer kan negligeres.

Nedbøren fordeler sig til

- direkte overfladisk afstrømning som en del af den overjordiske afstrømning i vandløb,
- aktuel fordampning via rodzonen
- infiltration til umættet zone som udgøres af nedbørsoverskuddet.

Den umættede zone modtager således nedbørsoverskuddet som fordeles mellem

- interflow som en del af den overjordiske afstrømning i vandløb
- grundvandsdannelse i den mættede grundvandszone.

Det hydrologiske kredsløb

Det hydrologiske kredsløb på regional skala er beskrevet i Fig. 1. Følgende beskrivelse gælder i en sta-

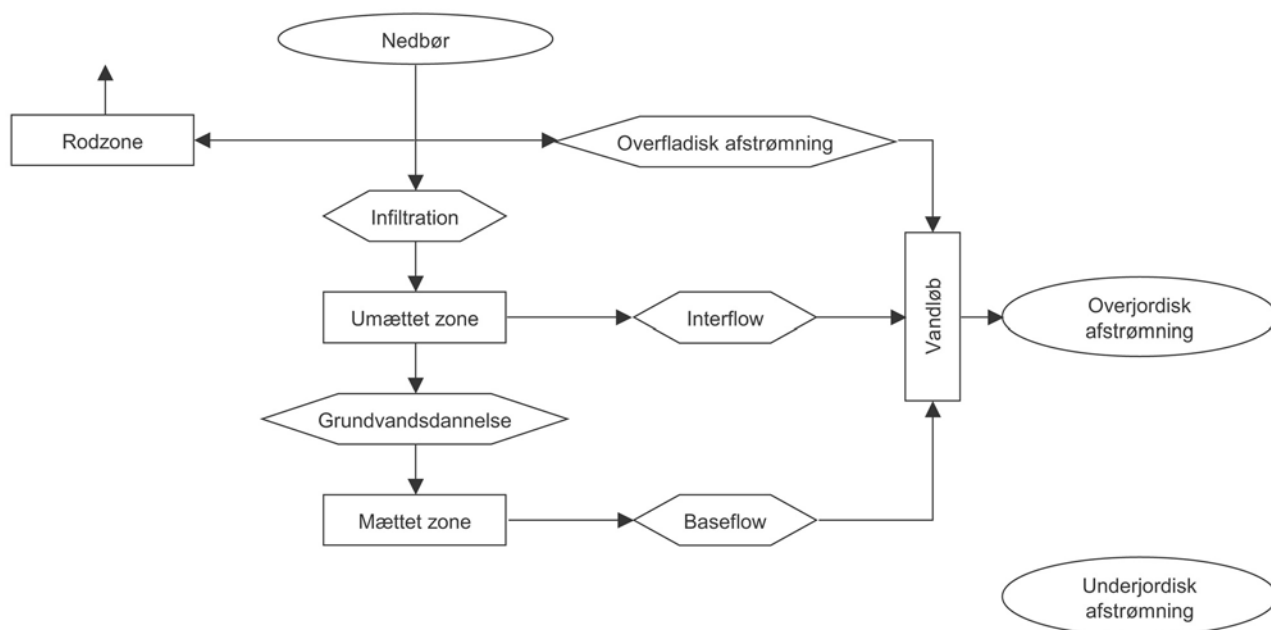


Fig. 1. Det hydrologiske kredsløb på regional skala.

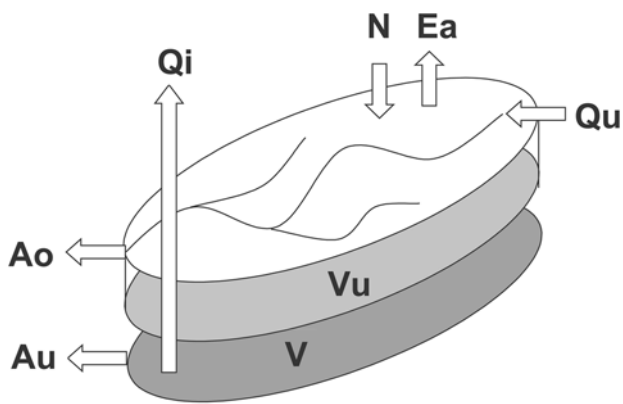


Fig. 2. Vandbalance for delopland.

Fra den mættede zone fordeler grundvandsdannelsen sig til

- baseflow som en del af den overjordiske afstrømning til vandløb
- underjordisk afstrømning til havet.

Således udgøres den overjordiske afstrømning af tre bidrag fra

- overfladisk afstrømning
- interflow fra umættet zone
- baseflow fra den mættede grundvandszone.

Vandbalance for et delopland

Vandbalancen for et delopland er illustreret i Fig. 2, der viser vandbalancens overordnede elementer inklusive fjerntransport i form af udledning til vandløb (Qu) og indvinding (Qi) fra grundvand.

Nedbøren (N) falder i deloplandet, en del af ned-

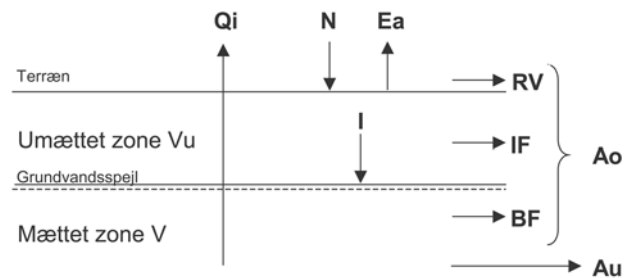


Fig. 3. Vandbalance umættet zone ($A_o = RV + IF + BF$). Nedbøren (N) fordeler sig til aktuel fordampning (Ea), overfladisk afstrømning (RV), infiltration til den mættede zone (I) og interflow (IF).

børen fordampes fra deloplandet som aktuel fordampning (Ea). Nettonedbøren ($N - Ea$) fordeler sig til umættet zone (Vu) og mættet zone (V) samt på overjordisk (A_o) og underjordisk (Au) afstrømning.

Nedbøren

Nedbøren måles ved nedbørsstationer fordelt over landet. Nedbøren varierer med både øst/vest komponenten og nord/syd komponenten. Endvidere varierer nedbøren med højden over havet, således at jo højere stationen står over havet, jo mere regner det. Nedbøren varierer også med læforholdet, således at det regner mindre ved en station, der står i læ, end ved en station der ikke står i læ. Nedbøren målt ved målestationen korrigeres til jordoverfladen som funktion af læforholdet ved anvendelse af læfaktorer.

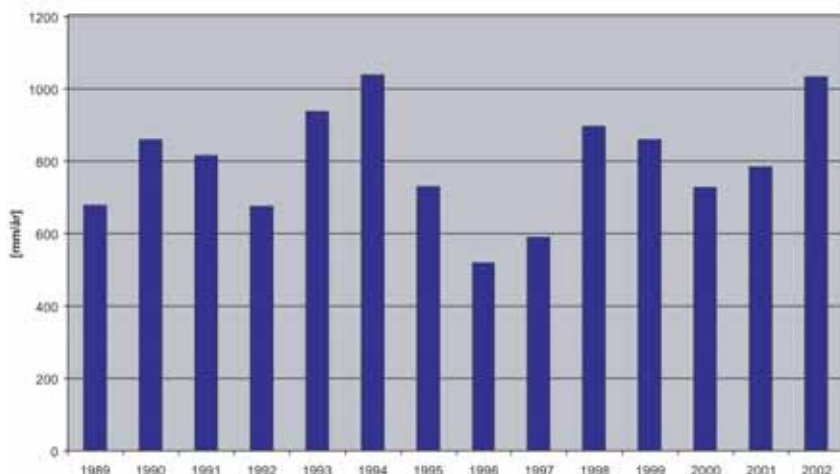
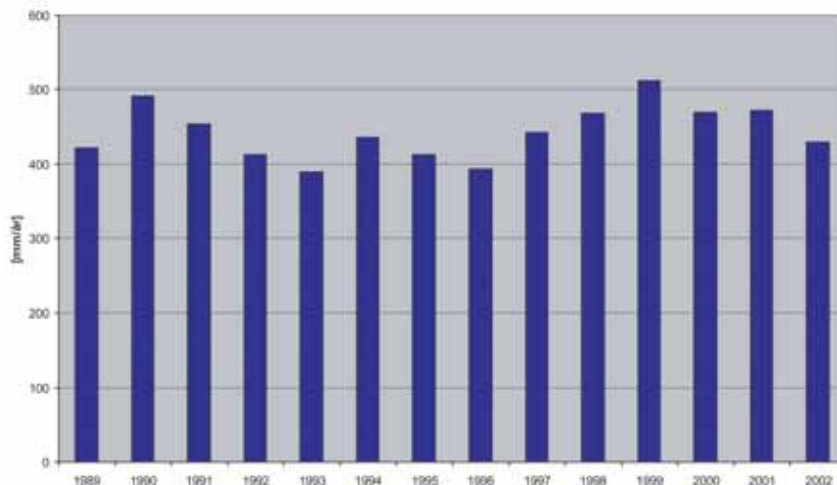


Fig. 4. Nedbør i Suså Indsatsområde 1989–2002. Nedbøren varierer mellem godt 500 mm i 1996 og over 1000 mm i 1994 og 2002, altså omkring 500 mm/år i denne periode. Gennemsnitsnedbøren i perioden er knapt 800 mm/år.

Fig. 5. Aktuell fordampning i Suså indsatsområde 1989–2002. Den aktuelle fordampning varierer mellem knapt 400 mm i 1993 og 1996 og over 500 mm i 1999, altså godt 100 mm/år, hvilket kun svarer til omkring en femtedel af variationen for nedbøren. Den gennemsnitlige aktuelle fordampning i perioden er knapt 450 mm/år.



Den aktuelle fordampning

Den aktuelle fordampning kan måles specifikt, men beregnes ofte som funktion af den potentielle fordampning (referencefordampningen), arealanvendelsen og jordtypen eller vandindholdet i rodzonen. Der er flere forskellige måder/modeller at beregne den aktuelle fordampning på.

Den overjordiske afstrømning

Den overjordiske afstrømning måles ved vandløbsmålestationer, hvor enten vandføringen bliver målt kontinuert (sjældent) eller hvor vandstanden bliver målt kontinuert og omsat til vandføring (oftest). Den overjordiske afstrømning udgøres af tre bidrag: Et hurtigt overfladisk bidrag direkte i forbindelse med en nedbørshændelse (f.eks. regnvandsafstrømning fra befæstede arealer), et lidt langsommere bidrag (fra mindre sekundære magasiner og dræn) og et langsomt bidrag fra det dybere grundvandsmagasin (baseflow).

Den underjordiske afstrømning

Den underjordiske afstrømning kan vanskeligt måles, men estimeres ved overslagsberegninger udfra viden om gradient og transmissivitet eller ved hjælp af grundvandsmodeller.

Vandbalanceligning for delopland

Vandbalancen for et delopland kan opstilles ved følgende ligning:

$$N = Ea + Ao + Au + Q + \Delta V$$

hvor N: nedbør; Ea: aktuell fordampning; Ao: overjordisk afstrømning; Au: underjordisk afstrømning; Q: fjerntransport til eller fra delopland (Q_i og Q_u), og ΔV : magasinændring.

Vandbalance for umættet zone

Vandbalancen for den umættede zone er beskrevet i Figur 3, som illustrerer vandbalancens elementer i relation til den umættede zone.

Vandbalancen for ændringen af vandindholdet i den umættede zone (dV_u/dt) kan opstilles udfra følgende ligning:

$$dV_u/dt = N - Ea - RV - IF - I$$

Den overjordisk afstrømning (Ao) består af bidrag fra overfladisk afstrømning (RV), interflow (IF) fra umættet zone og baseflow (BF) fra den mættede zone.

Vandbalancen for ændringen af vandindholdet i den mættede zone (dV/dt) kan opstilles udfra følgende ligning, idet infiltrationen til den mættede zone fordeler sig til baseflow (BF), underjordisk afstrømning (Au) og indvinding (Q_i):

$$dV/dt = I - BF - Au - Q_i$$

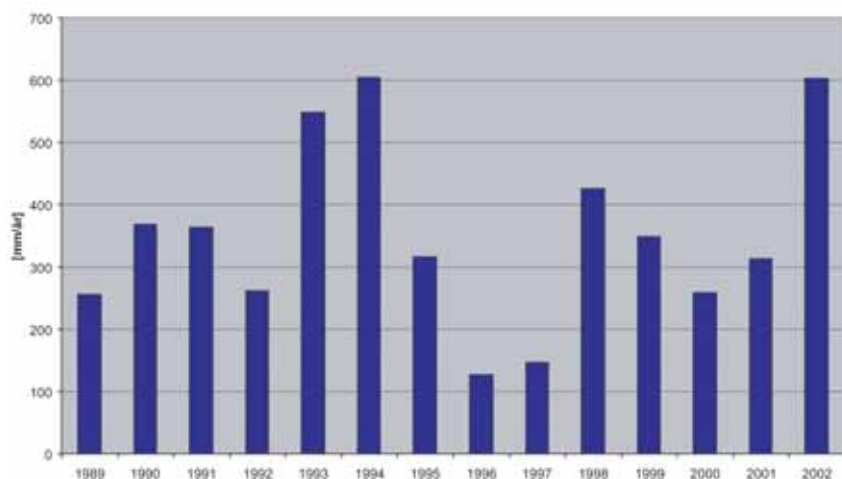


Fig. 6. Nettonedbør i Suså indsatsområde 1989–2002.

Vandbalancens variation

Vandbalancen er dynamisk og varierer over både øjeblikke, dage, måneder og år. Nedbøren varierer inden for både sekunder og minutter ligesom den aktuelle fordampning og den overjordiske afstrømning i vandløbene. Jordlagene har imidlertid en forsinkende effekt således at variationerne mindskes, efterhånden som vandet nedsiver gennem dem, og især baseflowafstrømningen i vandløbene, som udtrykker overløbet fra de dybe grundvandsmagasin, varierer langsomt over året. Derfor er det vigtigt, at betragte en længere tidsperiode, når vandbalancen skal vurderes. Målet er, at både nedbørsrige og nedbørsfattige år er indeholdt i vurderingen, og at middelværdien herigennem repræsenterer en reel gennemsnitssituation.

Figure 4, 5 og 6 viser henholdsvis nedbør, aktuel fordampning og nettonedbør i Suså Indsatsområde som eksempel på, hvor meget de enkelte vandbalanceparametre kan variere. Perioden fra 1989 til 2002 som er vist, indeholder både meget tørre år (1996 og 1997) og meget våde år (1994 og 2002). Bemærk den forskellige skala på figurerne.

Betragtes nettonedbøren ses det at den varierer langt mere, idet nettonedbøren de tørreste år kun er på 120 mm i 1996 og 150 mm i 1997, mens nettonedbøren de vådeste år er på over 600 mm i 1994 og i 2002. Nettonedbøren varierer altså næsten 500 mm/år i perioden fra 1989 til 2002 – næsten tilsvarende nedbørens variation. Nettonedbøren er i gennemsnit godt 350 mm/år og variationen i perioden overstiger således gennemsnittet betydeligt.