

Vuistregels in de hydrologie

Ik kom nog even terug op vuistregel 23 uit het vorige nummer van STROMINGEN:

De inschakeltijd van een freatisch model is te schatten met

$$T > \frac{L^2}{kD}$$

waarin L de halve afstand tussen de voedende grenzen is.

(De inschakeltijd is een belangrijk gegeven als u tijdafhankelijk wilt rekenen en zeker als u tijdafhankelijk wilt ijken; daarover ging de vorige aflevering). Het rechterlid van deze uitdrukking doet direct denken aan de formule van Hooghoudt voor de maximale opbolling tussen twee evenwijdige sloten onder een constante aanvulling N (m/d). Bij Hooghoudt is L de hele afstand tussen de sloten, maar als we overgaan op de halve slootafstand, dan wordt de opbolling volgens Hooghoudt gegeven door

$$h_{\max} = \frac{NL^2}{2kD}$$

We kunnen dus vuistregel 23 alternatief schrijven als

$$T > 2 \frac{h_{\max}}{N}$$

en we genieten dan het voordeel dat er alleen nog maar direct meetbare grootheden in voorkomen. Voor Nederlandse omstandigheden is de grondwateraanvulling N zo'n kwart meter per jaar. Daarmee gaat vuistregel 23 over in

Vuistregel 23a:

De inschakeltijd van een freatisch model is te schatten met

$$T > 8h_{\max}$$

waarin T in jaren gerekend wordt, en h_{\max} in meters.

Hierin is h_{\max} dus de opbolling midden tussen de voedende grenzen. Dit lijkt me een heel handig regeltje – veel handiger dan vuistregel 23 – maar ik moet er aan toevoegen dat ik er geen ervaring mee heb; ik bedenk hem al schrijvende. Laten we eens een voorbeeld kiezen. In een duinstrook van 2 km breedte blijkt de hoogste grondwaterstand 4 meter boven het niveau van de zee en de aangrenzende polders te liggen. Volgens regel 23a is dan $T > 32$ jaar. Gevoelsmatig lijkt dit me erg lang. De afleiding van vuistregel 23 is weliswaar consistent, maar waarschijnlijk hebben we veiligheid op veiligheid gestapeld door steeds het $>$ teken te gebruiken. Persoonlijk zou ik het wel aandurven om te werken met

De inschakeltijd van een freatisch model is te schatten met

$$T > 2h_{\max}$$

waarin T in jaren gerekend wordt, en h_{\max} in meters.

Ik hoor graag commentaar van lezers die op dit punt meer ervaring hebben.

Omdat er over dit onderwerp geen nieuwe inzendingen binnengekomen zijn, sluit ik het voorlopig af om iets heel anders aan de orde te stellen. Er ligt al een poos een interessante bijdrage te wachten van Hans Klinkspoor, hydroloog bij de provincie Noord-Holland, die ik straks zal presenteren. Maar ik laat twee vuistregeltjes voor-

glippen die niet lang meer kunnen wachten, omdat ze nog aan de gulden gekoppeld zijn. Beide zijn feitjes; handzame weetjes die het zonder uitleg kunnen stellen.

Vuistregel 24:

Een hydrologisch adviesrapport kost duizend gulden per pagina.

Deze regel is van Jan Supèr, die in Assen de naam van Kiwa hooghoudt.

De volgende gaat over de energiekosten die met het verpompen van water gemoeid zijn. Dankzij de harde gulden geldt volgens Bram Bot, raadgevend ingenieur te Rotterdam, al jaren

Vuistregel 25:

1000 kuub 1 meter omhoog kost 1 gulden.

Zeer makkelijk te onthouden (en voor velen vaak een verrassend laag bedrag!), bruikbaar voor grondwater oppompen, oppervlaktewater opmalen en leidingwater onder druk brengen. Jammer dat deze regels nog maar drie jaar meegaan, en nog jammerder als de Euro niet hard zou blijken te zijn.

Terug naar de echte hydrologie, en naar de inzending van Hans Klinkspoor.

Vuistregel 26:

De mate waarin een radiaalsymmetrisch verlagingspatroon zal worden 'scheefgetrokken' door bestaande natuurlijke grondwaterstroming, mag rustig verwaarloosd worden zolang de gradiënt daarvan minder bedraagt dan ca. 1:100 (wat in Nederland vrijwel steeds het geval zal zijn).

Hans schrijft erbij dat dit wellicht een geruststelling is voor voorstanders van analytische rekenmethoden. Eerlijk gezegd

werd ik er zelf juist onrustig van, want volgens het superpositiebeginsel mogen afzonderlijke oplossingen bij elkaar opgeteld worden. Op die manier zou de radiaalsymmetrie van een verlagingskegel nooit door een natuurlijke gradiënt aangetast kunnen worden. In de toelichting presenteert Hans de 'complete' formule van Hantush voor freatisch grondwater:

$$s = \frac{Q}{4\pi kD} \exp \frac{ri \cos \theta}{2D} W \left(\frac{r^2 S}{kDt}, \frac{ri}{2D} \right)$$

De meeste parameters in deze formule zijn welbekend, op θ en i na. Dit zijn respectievelijk de hoek in het cilindrische coördinatenstelsel (r, θ) en de gradiënt die bij de natuurlijke afstroming hoort. Als de gradiënt nul wordt gaat de formule over in de formule van Theis. De exponentiële functie trekt inderdaad de kegel scheef, op een manier die niet zomaar uit superpositie van een natuurlijke gradiënt verklaard kan worden. (De tweede term onder de W -functie is trouwens ook curieus. Als ik niet oppas loopt deze aflevering van Hantsi-kD uit de hand). Hoe zit dat? Gauw nagezocht in Hantush' "Hydraulics of Wells". De verklaring is dat de formule rekening houdt met de afname van de pakketdikte, waardoor het systeem wiskundig 'niet-lineair' wordt. Voor niet-lineaire systemen gaat het superpositiebeginsel niet meer op, maar vuistregel 26 stelt ons inderdaad weer gerust.

Hantush noemt zelf nog als beperkende voorwaarde voor de toepasbaarheid van zijn formule dat de verlaging kleiner moet zijn dan 2% van de pakketdikte. Een wel heel opmerkelijke consequentie van de formule is dat er een stationaire eindtoestand bestaat; dit in tegenstelling tot de situatie zonder natuurlijke afstroming (die dus door de formule van Theis beschreven wordt). Voor dunne pakketten met een steile gradiënt zou dit nog wel eens een rol kunnen spelen. Zo reageert een freatisch pakket van 10

meter dikte met een natuurlijke gradiënt van 1% min of meer als een semi-spanningspakket met een spreidingslengte $\lambda = 2D/i = 2000$ m. Nooit geweten.

De inzenders worden weer bedankt voor hun bijdragen. Als u in uw hydrologische beroepspraktijk ook vuistregels hanteert (die nog niet in deze rubriek aan de orde zijn geweest) nodig ik u uit om ze op te sturen naar

Kees Maas

Kiwa Onderzoek en Advies
Postbus 1070
3430 BB Nieuwegein

TU Delft, Sectie Hydrologie en Ecologie

kmaas@kiwaoa.nl