

Reactie op artikel 'Risico op grondwateroverlast door infiltratie in beeld gebracht'

In nummer 13 van 25 juni van dit jaar stond het artikel 'Risico op grondwateroverlast door infiltratie in beeld gebracht'. Daarop is nu alsnog een reactie gekomen van de heer Reijs van DWR.

In het artikel wordt gesteld dat vergelijking 1 de grondwaterstijging geeft die optreedt als vanuit een oneindig lange infiltratievoorziening een constant debiet q infiltreert in de ondergrond. Daarbij lijkt het (zie afbeelding 1 van het genoemde artikel) te gaan om freatisch grondwater, dat wil zeggen: grondwaterstroming met een vrije waterspiegel.

Vergelijking 1 met bijbehorende definitieschets is waarschijnlijk afkomstig uit het boek 'Analytical solutions of geohydrological problems' (pag. 75, formule 124.33). Maar dit blijkt om een heel ander geval te gaan: namelijk horizontale stroming (eendimensionaal, in x -richting) tussen twee horizontale grensvlakken, waarvan het onderste volkomen ondoorlaatbaar is en het bovenste semi-doorlaatbaar met een verticale weerstand c . Bovendien vindt de onttrekking q plaats over de volle dikte D van de watervoerende laag (anders zou de stroming een verticale component moeten hebben en niet meer eendimensionaal zijn). Verder hebben de auteurs de factor S vervangen door ϵ . Beide factoren hebben een verschillende betekenis. ϵ is de freatische bergingscoëfficiënt, dat is ongeveer het poriënvolume. S is de bergingscoëfficiënt van verzadigde grond, zoals gedefinieerd in bovengenoemd boek (pag. 576, formules 57 en 59). De grootte φ die berekend wordt, is niet de hoogte van de vrije grondwaterspiegel, want die is er niet, maar het piëzometrisch niveau, dat is het niveau van de waterspiegel in een stijgbuisje dat in het watervoerende pakket gestoken wordt.

Ik ben van mening dat de auteurs de verkeerde formule hebben gegeven, althans een formule die niet bij het gegeven geval hoort en dat de lezer daardoor op het verkeerde been wordt gezet. Hoe het wel moet, weet ik ook niet: in genoemd boek is voor het gegeven geval geen oplossing te vinden. ❏

ing. M. Reijs (DWR)

Naschrift

De heer Reijs heeft het juist als hij opmerkt dat de gebruikte formule, inderdaad uit het boek van G. Bruggeman, formeel geen wiskundige oplossing geeft voor het geschetste grondwaterprobleem. Toch geeft de formule een goede inschatting van de te verwachten grondwaterstijgingen ten gevolge van infiltratie.

De kritiek van de heer Reijs richt zich op drie punten:

- Het geschetste probleem betreft freatisch grondwater, terwijl de gegeven formules oplossingen zijn voor (gedeeltelijk) afgesloten lagen;
- De oplossingen veronderstellen dat de infiltratie over de gehele dikte van het watervoerende pakket plaatsvindt, terwijl de infiltratie in de praktijk alleen in het bovenste deel van het pakket plaatsvindt;
- In de oplossingen worden de grootte φ (stijghoogte) en ϵ (freatische bergingscoëfficiënt) gebruikt.

Allereerst is verondersteld dat de dikte van het watervoerende pakket constant is. Het freatische pakket wordt dan feitelijk beschouwd als een (gedeeltelijk) afgesloten laag. Deze benadering geeft goede resultaten als de fluctuaties in de grondwaterstand klein zijn ten opzichte van de watervoerende dikte. Dit wordt ook beschreven in het genoemde boek van Bruggeman (pag. 12). Bruggeman noemt als criterium dat de fluctuaties niet meer dan circa tien procent van de watervoerende dikte bedragen.

De tweede veronderstelling is dat de stroomlijnen horizontaal zijn en de verdeling van de drukhoogte over de verticaal dus hydrostatisch is. Deze aanname (van Dupuit-Forchheimer) geeft over het algemeen een goede benadering voor stijghoogte en debiet tot een verhang van de grondwaterspiegel van ongeveer tien graden. Deze grens wordt alleen in extreme situaties overschreden, waarbij een groot debiet geïnfiltreerd wordt in een bodem met een klein doorlaatvermogen. Dit is binnen het toepassingsgebied waarvoor INFIGRO gebruikt wordt niet het geval.

Het tweede punt dat Reijs noemt, namelijk dat het water alleen bovenin de laag wordt geïnfiltreerd, zorgt dat deze tweede veronderstelling per definitie onjuist is. Toch geeft de benadering met deze veronderstelling goede resultaten. In het boek 'Artificial Groundwater Recharge' van L. Huisman en T. Olsthoorn wordt uitgebreid beschreven hoe groot de afwijking is door in een deel van een laag (bovenin) te infiltreren, tot enkele

procenten van de stijging op het infiltratie- of onttrekkingspunt. Naast de infiltratievoorziening neemt de afwijking snel af.

In het artikel wordt in de formules de stijghoogte gebruikt, terwijl we daar formeel beter de hoogte van de vrije grondwaterspiegel hadden kunnen gebruiken. In een freatisch pakket met alleen horizontale stroming zijn beide grootte-eenheden gelijk van grootte.

De bergingscoëfficiënt is gedefinieerd als de verhouding tussen de bergingsverandering en de stijghoogteverandering. In een afgesloten laag hangt de bergingscoëfficiënt daarom onder andere samen met de elastische samendrukking van water. Omdat die nihil is, is de bergingscoëfficiënt van een afgesloten laag ook zeer klein. In een freatische laag stijgt de grondwaterstand door een verandering in de berging. Deze freatische bergingscoëfficiënt hangt daarom samen met het poriënvolume en het vochtgehalte in de onverzadigde zone en bedraagt daarvoor 0,1 á 0,2.

De grootte van de onnauwkeurigheden, door de oplossingen voor een gesloten pakket met horizontale stroming te gebruiken, is ook afhankelijk van de waarde van de bodemparameters en van de afstand tot de infiltratievoorziening. De onnauwkeurigheid bedraagt voor de meeste gevallen minder dan zo'n vijf procent. Als we ons realiseren dat de bodemparameters, zoals de doorlatendheid, vaak met een onzekerheidsmarge van circa 50 procent bekend zijn, dan valt de fout door de aangehouden schematisatie daarbij in het niet.

Door deze aannames te gebruiken is het mogelijk om analytische oplossingen af te leiden voor een instationaire situatie. Zulke oplossingen zijn er namelijk niet voor de differentiaalvergelijking voor een freatisch pakket. Zonder de aannames kunnen de grondwaterstijgingen alleen berekend worden met een numeriek model. Het belangrijke voordeel van het gebruik van analytische formules is dat ze meer en sneller inzicht geven dan numerieke modellen.

In het artikel in H_2O nr. 13 zijn, voor de leesbaarheid, niet alle in het model INFIGRO gebruikte formules vermeld. De formule die in het artikel genoemd werd, betreft de situatie waarbij het water met een ongeveer constant debiet infiltreert. Als echter de grondwaterstand tot aan de infiltratievoorziening stijgt, wordt het infiltratiedebiet afgeremd door de grondwaterstand. Met INFIGRO is het mogelijk beide situaties te berekenen. ❏

Aart van Hell (Tauw)