
Reactie op "Debietontwikkeling van een onvolkomen putfilter en het effect ervan op de verlagingen" door André Blonk

Kick Hemker¹

Inleiding

De redactie van *Stromingen* doet in het meest recente nummer (JRG 22 #1) een oproep aan de lezers om de gepubliceerde artikelen kritischer te lezen en te reageren wanneer onderzoeksresultaten te rooskleurig worden gepresenteerd. Met die instelling ben ik gaan lezen en bij het tweede artikel was het al raak. Het gaat hier over grondwaterstroming in de omgeving van putfilters, een onderwerp waar ik me in de laatste jaren van de vorige eeuw met veel plezier mee bezig heb gehouden. De resultaten zijn uitvoerig gepubliceerd (Hemker, 1999) en ook in mijn proefschrift opgenomen (Hemker, 2000). Het artikel van André Blonk (2016) in *Stromingen* laat zich gemakkelijk lezen en het zal voor veel lezers een nieuw en interessant onderwerp zijn. De gebruikte theorie, berekeningsmethode en voorbeelden zijn duidelijk, maar aan het eind zit ik wel met een lijst fouten en foutjes, en met enkele veronderstellingen van de auteur waar de lezer mee op het verkeerde been wordt gezet. Daarom in deze reactie mijn belangrijkste punten van kritiek.

Onderzoek met een lange historie

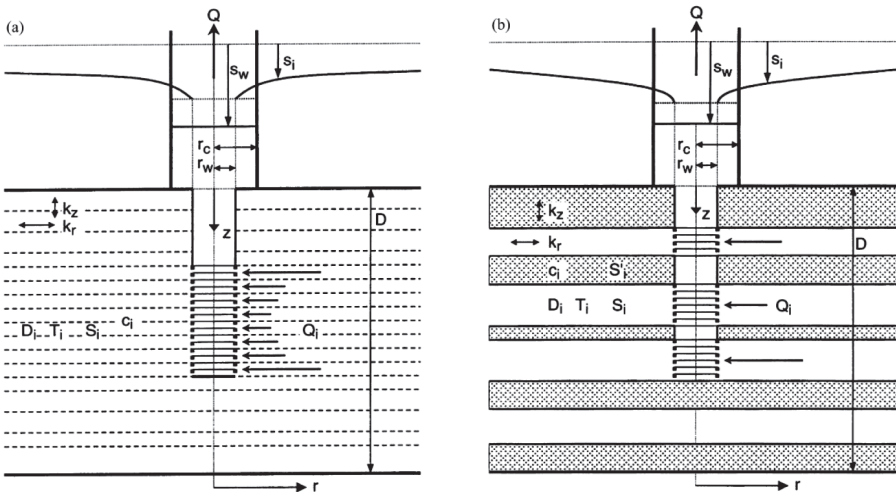
In zijn inleiding veronderstelt de auteur (Blonk, 2016) dat er in analytische berekeningen altijd wordt uitgegaan van een uniforme debietverdeling over het putfilter. Volgens Bear (1979, blz. 348) worden onvolkomen putfilters al in 1937 door Muskat gemodelleerd als verticale reeksen puntbronnen om de debietverdeling over het putfilter te berekenen. Ook Muskat gebruikte daarbij de methode van verticale spiegelingen. Muskat's berekeningen en ook die van velen daarna, betreffen echter alleen stationaire stroming. Székely (1992) en Cassiani en Kabala (1998) waren de eersten die instationaire oplossingen publiceerden voor speciale gevallen (o.a. constante hydraulische diffusiviteit, semi-oneindige pakketten). Mijn eigen oplossing (Hemker, 1999) is een uitbreiding van de meerlagen putstroming theorie (Hemker, 1984; Hemker en Maas, 1987) en houdt rekening met onvolkomen en heterogene (gelaagde) aquifers, putberging en weerstand op het putfilter (zie afbeelding). Deze methode kan voor

¹ MicroFEM en MLU software, Amsterdam, hemker@microfem.nl

elk moment, zonder convolutie, de verlagings in de pompput en op elke plaats in het gelaagde systeem berekenen. Latere publicaties met alternatieve oplossingen voor instationaire stroming in homogene aquifers zijn onder andere Chang en Chen (2003) en Perina en Lee (2006). De veronderstelling van de auteur dat bij analytische oplossingen altijd een uniform debiet wordt verondersteld is dus onjuist.

Geen oplossing voor freatische pakketten

Formule (1) voor een instationaire puntbron bevat een fout. In deze formule moet niet de bergingscoëfficiënt, maar de specifieke bergingscoëfficiënt worden gebruikt (Bruggeman, 1999, blz. 354, 590). In het rekenvoorbeeld wordt een bergingscoëfficiënt van 0,35 gebruikt. De resultaten, zoals in afbeelding 3, wijzen er echter op dat wel met een specifieke bergingscoëfficiënt van 0,35/50 is gewerkt. De waarde van 0,35 geeft aan dat hier een freatisch pakket wordt bedoeld. Echter, bij een freatisch pakket moet niet als specifieke bergingscoëfficiënt 0,35/pakketdikte worden gebruikt, maar de veel kleinere specifieke elastische bergingscoëfficiënt. Het water dat uit de freatische berging vrijkomt voedt het pakket alleen aan de bovenkant. Een dergelijke conditie kan met de gebruikte oplossingsmethode niet worden gemodelleerd, maar is voor de resultaten van essentieel belang.



Afbeelding (a): Schematische voorstelling van een onvolkomen put in een heterogene (gelaagde) aquifer. **(b):** Schematische voorstelling van een put met meervoudige filters in een multi-aquifer systeem. Voor beide gevallen bestaat dezelfde analytische oplossing met een uniforme verlagings in de put en een niet-uniforme tijdsafhankelijke debietverdeling op het putfilter (Hemker, 1999).

Conceptuele fout

Zoals hierboven vermeld is de beschreven oplossingsmethode voor stationaire stroming in het verleden al veelvuldig gebruikt. Voor instationaire stroming is de methode echter nieuw. Maar is de methode ook correct? Resultaten als in de afbeeldingen 2 en 3 (Blonk, 2016) zien er goed uit. Een specifiek debiet bij de top van het filter dat

tweemaal de gemiddelde waarde is, is zelfs bescheiden. Zelf vond ik een factor tien of meer, maar mijn verticale discretisatie was fijner. Ook de convolutieberekening, zie afbeelding 4, lijkt correct. Toch zit er volgens mij een kleine maar principiële denkfout in de methode. In afbeelding 4 wordt voor $t=t_1$ de debietverdeling over het filter getoond. De waarden zijn verkregen met het beschreven stelsel vergelijkingen (formule 3). Deze berekening gaat uit van een constant debiet voor elke puntbron vanaf $t=0$ die leidt tot een uniforme verlaging op het putfilter op $t=t_1$. De putverlaging is dus wel uniform, maar de puntbronnen zouden tussen $t=0$ en $t=t_1$ een variabel debiet moeten laten zien, zoals getoond in afbeelding 3. Kortom, de methode laat voor elk moment wel een andere debietverdeling zien, maar elke berekende debietverdeling is gebaseerd op een constante debietverdeling vanaf $t=0$.

Toepassing bij pompproeven

Volgens de auteur wordt bij de berekening van pompproeven nooit rekening gehouden met de variabele debietverdeling op het filter. Deze veronderstelling is onjuist. In het computerprogramma MLU (Hemker, 1999; Hemker en Post, 2014) kan een pomp-put filters hebben in één of meer lagen van het gemodelleerde gelaagde systeem (zie afbeelding). Bij filters in twee of meer lagen berekent het programma de debietverdeling zodanig dat de verlaging in elk filter gelijk is. Daarbij wordt ook met de putberging en filterweerstand rekening gehouden. Het verloop van de debieten per filter kan in een afzonderlijke grafiek worden getekend. Onttrekkingen uit gelaagde pakketten kunnen boeiende verschijnselen laten zien, zoals verder van de pompput gelegen peilfilters die eerder op de onttrekking reageren, of kortsluitstroming tussen lagen tijdens de recovery fase. Een variabele debietverdeling op een putfilter treedt op in alle gevallen waarbij verticale stroming van belang is. Dus niet alleen bij onvolkomen filters, maar ook bij (volkomen) filters in freatische en onderwater pakketten, bij multi-aquifer systemen en bij gelaagde pakketten.

Conclusies

De gepresenteerde methode is een voor instationaire putstroming bedoelde uitbreiding van een reeds langgeleden gepubliceerde oplossing. Omdat de berekening van de debietverdeling voor elk moment gebaseerd is op constante puntonttrekkingen, is de methode feitelijk onjuist. In 1999 is voor hetzelfde probleem een meerlagen oplossing gepubliceerd die geen tijdstappen (convolutie) nodig heeft en ook bruikbaar is voor freatische en gelaagde pakketten. Deze meerlagen oplossing is geïmplementeerd in het computerprogramma MLU for Windows (Hemker en Randall, 2013).

Literatuur

Bear, J. (1979) *Hydraulics of Groundwater*, McGraw-Hill, New York.

Blonk, A. (2016) Debietontwikkeling van een onvolkomen putfilter en het effect ervan op de verlagingen; in: *Stromingen*, vol 22, no 1, pag 19-31.

Bruggeman, G.A. (1999) Analytical solutions of geohydrological problems, Elsevier, Amsterdam.

Cassiani, G. en Kabala, Z.J. (1998) Hydraulics of a partially penetrating well: solution to a mixed-type boundary value problem via dual integral equations; in: *Journal of Hydrology*, vol 211, pag 100-111.

Chang, C-C. en Chen C-S. (2003) A flowing partially penetrating well in a finite-thickness aquifer: a mixed-type initial boundary value problem; in: *Journal of Hydrology*, vol 271, pag 101-118.

Hemker, C.J. (1984) Steady groundwater flow in leaky multiple aquifer systems; in: *Journal of Hydrology*, vol 72, pag 355-374.

Hemker, C.J. (1999) Transient well flow in layered aquifer systems: the uniform well-face drawdown solution; in: *Journal of Hydrology*, vol 225, pag 19-44.

Hemker, K. (2000) Groundwater flow in layered aquifer systems, PhD thesis, VU, Amsterdam.

Hemker, K. (2010) MLU for Windows: een integrale aanpak van putstroming voor de analyse van pompproeven; in: *Stromingen*, vol 16, pag 43-58.

Hemker, C.J. en Maas, C. (1987) Unsteady flow to wells in layered and fissured aquifer systems; in: *Journal of Hydrology*, vol 90, pag 231-249.

Hemker, K. en Post V. (2014) MLU for Windows: well flow modeling in multilayer aquifer systems; MLU User's guide; <http://www.microfem.nl/download/mlu-user.pdf>

Hemker, K. en Randall J. (2013) Modeling with MLU: applying the multilayer approach to aquifer test analysis. Tutorial; <http://www.microfem.nl/download/mlu-tutorial.pdf>

Muskat, M. (1937) The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media, McGraw-Hill, New York.

Perina, T. en Lee T.C. (2006) General well function for pumping from a confined, leaky, or unconfined aquifer; in: *Journal of Hydrology*, vol 317, pag 239-260.

Székely, F. (1992) Pumping test data analysis in wells with multiple or long screens; in: *Journal of Hydrology*, vol 132, pag 137-156.