

GW toolkit van de Waterschappen

Ontwikkeld oor Acasia-water, te Gouda (2012)

T.N.Olsthoorn

02-04-2025

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Toolbox grondwater		snelkiezer			referenties		contact Acacia Water				
2	overzicht											
3												
4												
5	Bemaling		Gegevens aanvraag:									
6	Drainage		Behandelaar: A. de Bee									
7	Opbarsting		Datum uitvoer: 01/Apr/25									
8	Zetting		Zaaknummer: 321BA									
9	Stoftransport		Toelichting: Dit is een voorbeeld. Hier kan nog toelichting worden gegeven. De gegevens die in dit en bovenstaande velden worden ingevuld komen ook op de print/opgeslagen versie. Alles wat in dit veld past, komt dus ook op de print.									
10	Peilverandering											
11	Overige berekeningen											
12	Snelkiezer		Indien andere datum dan 'huidig' gewenst, hier invullen [DD-MMM-YYYY]:									
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30	 Acacia Water Solutions In Groundwater											
31												
32												

Inhoudsopgave

I De GWtoolbox en vergunningverlening door Waterschappen	3
1 Intro	3
2 Wat zit er in de GWtoolbox	3
II Bemaling	5
3 Freatisch	5
3.1 Stationair	5
3.2 Stationair bij open water	5
3.3 Stationair bij onvolkomen bronnen	5
3.4 Niet-stationair	6
4 Freatisch boven spanningswater	6
4.1 Stationair	6
4.2 Niet-stationair	6
5 Semi-spanningswater	7
6 Bemaling bij spanningswater (ondoorlatende deklaag)	8
III Drainage	9
7 Hooghoudt en Ernst (opbolling en drainafstand)	9
IV Grond	10
8 Opbarsting	10
9 Zetting	10
V Stoftransport	11
10 Invloedssfeer van de bemaling	11
VI Peilverandering	12
VII Overige berekeningen	13
10.1 Reikwijdte bemaling	13
10.2 Opstuwing in drainagebuizen	13
10.3 Tussen-c	14
10.4 De gemiddelde <i>k</i> -waarde	14
10.5 Equivalente straal van een bouwput	14
Referenties	14

Deel I

De GWtoolbox en vergunningverlening door Waterschappen

1 Intro

Vergunningverlening voor bemalingen en andere ingrepen in het oppervlakte- en grondwatersysteem is rond de eeuwwisseling overgegaan van provincies naar de waterschappen. Uitzondering hierop zijn ontrekkingen voor de drink- en industrietwatervoorziening. De waterschappen zouden zodoende een grote stroom vergunningaanvragen moeten gaan behandelen. Om in de nodige opleiding te voorzien en een uniforme benadering van de beoordeling mogelijk te maken is op initiatie van enkele waterschappen onder leiding van het Stowa de ontwikkeling van een grondwatertoolkit gefinancierd, waarvan de ontwikkeling werd opgedragen aan Acacia-water in Gouda. Deze ontwikkeling heeft geleid tot een GWtoolbox als gebruikersvriendelijke schil binnen Excel. Tevens zijn cursussen gegeven waaraan medewerkers van verschillende Waterschappen hebben deelgenomen. Ook zou een website worden gerealiseerd waar ook aanvragers van gebruik zouden kunnen maken. Na enkele jaren bleek de belangstelling om de toolbox in de lucht te houden te zijn verdwenen, werd de financiering ingetrokken, stopten de cursussen en verdween de website.

De GWtoolbox bleek ruimt tien jaar later nog bij sommige medewerkers en bij Acacia-water op de computer aan wezig te zijn en de auteurs deszes kreeg toestemming van Acacia water om hem te bestuderen in het kader van het onderhavige project ter modernisering van de Voortoets en heeft daartoe het Excel-bestand met de GWtoolbox ontvangen.

De onderbouwing van de berekeningen in de Voortoets is te vinden in **Brond12**.

2 Wat zit er in de GWtoolbox

De GWtoolbox bestaat nu uit een uitgebreid Excel workbook dat middels VBasic is omgezet in een gebruikersvriendelijke omgeving die enigszins is te vergelijken met de website van de Voortoets, maar dan zonder achterliggende kaarten of databases voor de bodemgegevens. Het is dus veeleer een applicatie die de gebruiker stuurt in keuzes om grondwaterberekeningen te maken ter onderbouwing van de vergunningaanvraag.

De GWtoolbox kent een hoofdindeling die gebaseerd is op het doel van de aanvraag:

1. Bemaling
 - (a) Freatisch
 - (b) Freatisch boven semi-spanningswater
 - (c) Semi-spanningswater
 - (d) Spanningswater
2. Drainage
 - (a) Hooghoudt
 - (b) Ernst (drains boven scheiding)
 - (c) Ernst (drains onder scheiding)
3. Grond
 - (a) Opbarsting
 - (b) Stoftransport
 - (c) Peilverandering
4. Overige berekeningen

- (a) Reikwijdte bemaling
- (b) Opstuwing in een drainagesysteem
- (c) Tussen-c
- (d) Gemiddelde k-waarde
- (e) Equivalente straal bouwput

Hierna wordt deze hoofdindeling gevolgd en de verschillende punten uit de GWtoolbox besproken.

Deel II

Bemaling

3 Freatisch

3.1 Stationair

Bij een onttrekking Q uit een freatisch pakket met uniforme vlakke bodem en uniforme doorlatendheid k en een oorspronkelijk natte dikte H en een vaste rand op $r = R$ voldoet de grondwaterstand h aan

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln \left(\frac{R}{r} \right)$$

en dus aan

$$h = \sqrt{H^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \left(\frac{R}{r} \right)}$$

Voor de verlaging in de bouwput moet de bouwputstraal worden ingevuld.

Voor het stationaire onttrekingsdebiet geldt in deze situatie

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\ln \left(\frac{R}{r} \right)}$$

Voorwaarde voor de geldigheid is dat er een zinvolle waarde voor R kan worden gevonden.

3.2 Stationair bij open water

Verondersteld wordt dat zich een langerekt open water in de buurt van de bouwput bevindt dat in direct contact staat met de freatische laag waaruit wordt onttrokken. De verlaging wordt nu bepaald door spiegeling van de onttrekking ten opzichte van de oever van het open water. Het onttrekingsdebiet is dan tweemaal zo groot.

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)$$

Met r_1 de afstand van het observatiepunt tot het hart van de bouwput en r_2 de afstand van het observatiepunt tot het hart van de gespiegelde bouwput. Om het debiet van de bouwput te bepalen neemt men als observatiepunt het punt op de rand van de bouwput dat zo dicht mogelijk ligt bij de oever zodat r_1 de straal van de bouwput is. Voor r_2 kiest men dan de afstand van ditzelfde observatiepunt tot de rand van de gespiegelde bouwput, $2e$, met e de afstand van het observatiepunt tot de oever

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\ln \left(\frac{2e}{r_1} \right)}$$

Met H de oorspronkelijke natte pakkedikte en $h = H - s$ met s de gewenste verlaging in de bouwput.

3.3 Stationair bij onvolkomen bronnen

In de praktijk worden meestal onvolkomen bronnen toegepast, bronnen die alleen bovenin de watervoerende laag een filter hebben. Minder diep boren is goedkoper en de lokale verlaging direct onder de bouwput is wat groter. Voor de verlaging op afstand van de bouwput is echter alleen de totale onttrekking van belang. De detailberekening van de bemaling van de bouwput zelf is geen aspect bij de Voortoets en kan hier verder buiten beschouwing blijven.

3.4 Niet-stationair

Voor de niet-stationaire verlaging door bemaling wordt verwezen naar „Theis-Jacob-Edelman”. De alegemene formule voor verlaging s door constante onttrekking Q in een oneindig uitgestrekt uniform pakket met constant doorlaatvermogen kD en bergingscoëfficiënt S , is die volgens Theis

$$s = \frac{Q}{4\pi kD} W(u), \quad u = \frac{r^2 S}{4kDt}$$

Een benadering voor s is volgens Jacob

$$s \approx \frac{Q}{4\pi kD} \ln \left(\frac{2.25kDt}{r^2 S} \right)$$

Het debiet volgt uit omkeren van deze vergelijkingen. Maar voor de berekening moet dan een tijd worden ingevuld of een reikwijdte gelijk aan

$$R = \sqrt{\frac{2.25kDt}{S}}$$

waardoor de vergelijking van Jacob overgaat in

$$s \approx \frac{Q}{2\pi kD} \ln \left(\frac{R}{r} \right)$$

Dit is de formule van Dupuit, waarin R echter van de tijd afhangt. Wanneer de reikwijdte gelijk is geworden aan de radius waarop de verlaging is gefixeerd, is de laatste vergelijking de stationaire eindverlaging volgens Dupuit. In de praktijk zal veelal gezocht worden aan een geschikte R voor de eindverlaging.

De formules van Edelman gelden niet voor onttrekking door putten of min of meer ronde bouwputten, maar voor lange sleuven, sloten of drains. Dit wordt in de GWtoolbox niet verder uitgediept.

4 Freatisch boven spanningswater

4.1 Stationair

De essentie is dat de verlaging nabij de bouwput een relatief groot deel van het oorspronkelijke freatisch pakket droogtrekt, wat mogelijk bemaling in meerdere trappen noodzakelijk maakt. Voorts is een kernmerk van deze situatie dat de stijghoede onder de scheidende laag beneden de bouwput hoog is ten opzichte van de vloerhoede van de bouwput waardoor risico bestaat dat de vloer van de bouwput opbarst. Opbarsten wordt elders in de GWtoolbox behandeld.

Voor de verlaging wordt de formule van **Glee30** voorgesteld die geldt voor onttrekking uit een semi-gespannen pakket met een scheidende deklaag waarboven een vast peil heerst. In dit geval bevindt de scheidende laag zich onder het freatische pakket. De voorgestelde formule is voor de berekening niet geheel geschikt omdat nu de stijghoede in de laag onder de scheidende laag met zekerheid niet constant blijft. Enerzijds is het verwaarlozen van de verlaging in de diepere laag ongevaarlijk omdat het voor het opbarsten een ongunstig is zodat de situatie veiliger zal zijn dan wanneer deze verlaging wel zou worden meegenomen. Anderzijds wordt hiermee de in de diepere laag opgewekte horizontale stroming verwaarloosd, waardoor het totale waterbezwaar van de bouwput hoger zal zijn dan wanneer de verlaging in de diepere laag wel zou zijn meegenomen. Maar dit meenemen vergt een analytische oplossing voor een tweelaags systeem, die een stuk ingerikkelder is en buiten het kader van de GWtoolbox valt.

4.2 Niet-stationair

Voor de niet-stationaire situatie wordt de formule van Hantush voorgesteld die geldt voor de tijdsafhankelijke verlaging door onttrekking aan een semi-gespannen pakket. Voor toepassing hiervan in een situatie met een scheidende laag onder in plaat van boven het watervoerende pakket gelden dezelfde aandachtspunten als hiervoor zijn beschreven. Tegelijkertijd dient vanwege het freatische karakter van de toplaag hier de freatisch bergingscoëfficiënt worden gebruikt.

5 Semi-spanningswater

De bemaling vindt nu plaats in een watervoerende laag die wordt afgedekt door een slecht doorlatende laag. Deze situatie komt gereeld voor in gebieden die gekenmerkt worden door een deklaag. Zulke gebieden zijn van nature drassig zodat de deklaag goed wordt ontwaterd om geschikt te zijn voor landbouw of veeteelt; of het gebied is een moeras, waarin de deklaag permement dras is. In elk geval bevindt zich op de deklaag voldoende water om de grondwaterstand bovenin de deklaag goed vast te houden ondanks de bemaling.

Deze situatie kennen we als het schema van Blom. Binnen een bepaalde straal zakt het grondwater niveau mogelijk tot onder de basis van de deklaag. Hier geldt dan een vaste voeding van het grondwater gelijk aan de grondwaterstand bovenin de deklaag minus de hoogte van de onderzijde van de deklaag gedeeld door de weerstand van de deklaag. Hierbuiten is de grondwaterstand minder verlaagd en blijft deze geheel binnen de deklaag. Daar is de voeding die de verlaging opwekt evenredig met de verlaging. Zonder verlaging is er geen voeding, dan wordt al het neerslagoverschot direct afgevoerd naar het lokale oppervlakewater zonder ooit het watervoerende pakket eronder te bereiken. Het pakket onder de deklaag kan dan stagnaat zijn, maar meestal ontvangt het water uit kwel en toestroming uit hoger terrein in de wijde omgeving. Dit is het geval in overgangsgebieden, waar een hoog gebied met diepe grondwaterstanden zonder oppervlakewater overgaat in een laag gebied zoals een beekdal, met ondiepe grondwaterstanden dat goed wordt ontwaterd en wordt gekenmerkt door kwel. Beekdalen, moerassen, maar ook lage polders vallen hieronder.

In situaties waarin het goed ontwaterde gebied niet is afgedekt door een deklaag of waarin de deklaag nog een aanzienlijke doorlatendheid heeft, kan het daar dichte oppervlakewaterstelsel worden samengevat door een drainageweering. Dit is het schema van vrije ontwatering volgens **Blom73**, waarbij de verlaging een binnengebied veroorzaakt waarin de grondwaterstand tot onder de slootbodem zakt. De verminderde afvoer was vantevoren gelijk aan het neerslagoverschot plus kwel en voedt nu in zijn geheel het grondwater. Buiten de ring waarop de het gronwater juist tot aan de slootbodem is verlaagd is de extra voeding door verminderde afvoer evenredig met de verlaging. De sloten voeren daar nog steeds het resterende deel van het neerslagoverschot af. Het verschil tussen de situatie met de dikke deklaag en die zonder deklaag maar met vrije ontwatering is het niveau waarop het grondwater los raakt van het lokale oppervlakewater. In de situatie die de GWtoolbox schetst is dat de onderzijde van de deklaag; in de situatie volgens Blom met vrije ontwatering is dat de hoogte van de slootbodem. Zolang we de weerstand van de deklaag of de drainageweering constant mogen beschouwen, zijn de formules voor beide situaties hetzelfde. Bij vrije afwatering varieert de drainageweering echter met de slootdiepte en wordt oneindig groot op het moment dat de sloten droog vallen. De GWtoolbox gaat niet op deze verschillen in.

De stationaire verlaging in een pakket met semi-spanningswater met constante weerstand van de deklaag is volgens **Glee30**

$$s = \frac{Q}{2\pi k D} K_0 \left(\frac{r}{\lambda} \right)$$

Binnen de ring met radius R waarbinnen de verlaging onder de basis van de deklaag zakt is de verlaging gelijk aan $s = H - h$ met

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} \left(\frac{R}{r} \right) + \frac{N}{\pi k} (R^2 - r^2)$$

Hierin is N de lek door de deklaag bij daling van de stijghoogte tot aan zijn basis vermeerdert met eventuele lokale kwel κ afkomstig uit de hogere wijde omgeving.

$$N = \frac{H - h_b}{c} + \kappa$$

De radius waarop het freatische binnengebied overgaat in het semi-gespannen buitengebied kan alleen iteratief worden bepaald.

In de situatie zonder deklaag maar een intensieve ontwatering is de voeding van het binnengebied gelijk aan het neerslagoverschot vermeerdert met eventuele kwel. De grens tussen binnengebied en buitengebied wordt daar bepaald tot de ring waarop de verlaging gelijk is aan N .

In een numeriek grondwatermodel als Modflow kan deze situatie worden gemodelleerd met zogenoemde RIV randvoorwaarden. Deze laten in- en exfiltratie toe zolang de grondwaterstand zich boven de sloot/rijverbodem bevindt maar daaronder is alleen infiltratie mogelijk die constant is en gelijk aan de riverdiepte gedeeld door de weerstand.

Bij vrije drainage dient de weerstand toe te nemen met de verlaging. Hiervoor zijn geen analytische oplossingen beschikbaar, maar deze situaties kunnen wel worden gemodelleerd door de reciproke drainageweerstand boven de slootbodem te laten afnemen van 0 tot de reciproke drainageweerstand die geldt voor de gemiddelde situatie, die met gemiddelde slootpeilen, grondwaterstanden en gemiddeld neerslagoverschot voorafgaand aan de bemaling.

6 Bemaling bij spanningswater (ondoorlatende deklaag)

Verondersteld wordt dat de bouwput zich in een watervoerende laag bevindt die wordt afgedekt door een waterdichte deklaag. Deze situatie is feitelijk niet van belang omdat in de praktijk een deklaag nooit geheel waterdicht is. Een hoge weerstand kan best voorkomen, maar geheel waterdicht komt in de praktijk niet voor. Bovendien zouden we zonder lek ook geen grens voor de verlaging kunnen aangeven, want daarvoor is een vaste stijghoogte in het pakket of boven de deklaag nodig waar het grondwater in de watervoerende laag mee in contact staat.

Deel III

Drainage

7 Hooghoudt en Ernst (opbolling en drainafstand)

Het hoofdstuk drains in GWtoolbox gaat in feite over het ontwerpen van drains in situaties met twee lagen. Bij Hooghoudt bevinden de drains zich aan de onderzijde van de eerste laag, zeg de ploegbasis. De formules zijn gebaseerd op Hooghoudt en Ernst. Verschillen tussen buisdrains, drains in een grindkoffer en sloten betreffen alleen de radiale weerstand als gevolg van contractie van stroomlijnen waarvoor Hooghoudt afzonderlijke formules hanteert. Ernst veralgemeniseerde de formules van Hoogshoudt voor drains die binnend de eerste laag liggen. Ernst veralgemeniseerde ook de drainageweerstand en de radiale weerstand, die nu kunnen direct wiskundig kunnen worden berekend voor elke vorm van drain of sloot. Met Ernst is Hooghoudt niet meer nodig.

Voor de speelt het ontwerp van buisdrainage echter geen rol, waardoor dit onderwerp hier niet verder wordt uitgediept.

Deel IV

Grond

8 Opbarsting

Opbarsten van de bouwputbodem is een serieus vraagstuk overal waar de zich onder de bouwput nog een deel van de deklaag of een anderszins dunne slecht doorlatende laag bevindt waarin de stijghoogte hoger is dan de bodem van de bemalen bouwput. Voor de Voortoets speelt opbarstenen geen rol omdat de Voortoets zich richt op de gevolgen voor de ruimere omgeving wanneer zich daar natuur bevindt in een speciale beschermingszone.

9 Zetting

Zettingen zijn altijd belangrijk wanneer grondwaterstanden worden verlaagd bodems bestaande uit zachte klei en veen. Voor klei dit is vooral het geval wanneer de grondwaterstand wordt verlaagd tot onder eerder voorgekomen lage grondwaterstanden, maar voor veen geldt dit ook voor minder grote verlagingen, omdat verlaging van de grondwaterstand gepaard gaat met verdroging en de oxydatie van veen die daarvan het gevolg is. Dit leidt niet alleen tot doorgaande verlaging maar ook tot het vrijkomen van voedingsstoffen die tot een vorm van vermeesting leiden met verandering van de vegetatie als gevolg, vooral van tegenwoordig zeldzame soorten die afhangen van een voedingsarme omgeving.

In de Voortoets worden zettingen niet direct meegenomen, omdat zettingen nadere analyse vergen waar de Voortoets niet voor is bedoeld. De Voortoets concentreert zich op de verlaging van de grondwaterstanden en door die te overlappen met kaarmateriaal met informatie over zettingsgevoeligheid, kan het risico van zettingen al in de Voortoets worden gesignaliseerd, zonder deze explicet binnen de Voortoets te hoeven berekenen. Om deze reden kunnen zettingen hier verder buiten beschouwing blijven.

Deel V

Stoftransport

10 Invloedssfeer van de bemaling

Eer wordt op deze pagina van de GWtoolbox gesproken over de invloedssfeer van de bemaling. Voor de niet-stationaire situatie wordt deze gelijk gesteld aan de invloedsstraal volgens de formule van Jacob (ver-eenvoudige Theis-formule)

$$R = \sqrt{\frac{2.25kDt}{S}}$$

met S niet de porositeit maar de freatische bergingscoëfficiënt.

Er wordt op deze pagina van de GWtoolbox nog een andere reikwijdte genoemd als die waarbij de verlaging minder is dan 5 cm. Het is mij alleen niet duidelijk waar de daarbij gegeven op gebaseerd is evenmin als de grafiek in het plaatje op de pagina. De verlaging volgens Jacob (en grotendeels ook Theis) moet op halflogschaal lineair zijn, wat de grafiek niet is.

De pagina over stoftransport gaat in feite niet over stoftransport maar over de reikwijdte van de verlaging. Dezelfde reikwijdte van de verlaging wordt ook bij de pagina's van de freatische verlaging zelfd gegeven.

Deel VI

Peilverandering

De tijdsafhankelijke verlaging door een peilverandering (of door een sleufbemaling) op $t = 0$ ter plaatse van $x = 0$ wordt evenals in de Voortoets het geval is berekend met de eendimensionale formule die in de GWtoolbox niet aan de gebruiker wordt geopenbaard maar wel op de achtergrond wordt toegepast

$$s = \Delta s \operatorname{erfc}(u), \quad u = \sqrt{\frac{x^2 S}{4kDt}}$$

waarbij

$$\operatorname{erfc}(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_u^\infty e^{-y^2} dy$$

Het debiet per meter sloot of drain q [L²/T] gelijk is aan

$$q = \Delta s kD \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} \frac{u}{x} = \Delta s \sqrt{\frac{kDS}{\pi t}} e^{-u^2}$$

zodat voor $x = 0$ met $q = q_0$ volgt dat

$$q_0 = \Delta s \sqrt{\frac{kDS}{\pi t}}$$

Bij stroming van twee zijden en over een lengte L moet q_0 met $2L$ worden vermenigvuldigd, wat de uitdrukking oplevert die in de GWtoolbox wordt gegeven.

Er wordt in dit deel van de GWtoolbox niet gerept over een stationaire verlaging die mogelijk is wanneer er op een bepaalde afstand een andere waterloop aanwezig is die verdere verlaging voorkomt of wanneer de verlaging in een gebied optreedt met zoveel oppervlaktewater dat dit kan worden geschematiseerd tot een vlakdekkende drainageweerstand. Beide situaties zullen in de praktijk van belang zijn. Voor de stationaire eindverlaging in geval van een onttrekking onder een deklaag met gegeven weerstand of in een gebied waarin het oppervlaktewater is geschematiseerd tot een drainageweerstand, ontstaat een binnengebied waarin de grondwaterstand tot onder de deklaag wordt verlaagd en een buitengebied waarin dit niet het geval is. In het binnengebied is de voeding van het grondwater dan constant en in het buitengebied is deze evenredig met de verlaging. In dit gebied ligt de grens tussen binnenv- en buitengebied op de afstand waarop de grondwaterstand is verlaagd tot de onderzijde van de deklaag; in de situatie met drainageweerstand ligt deze grens op de afstand waarop de grondwaterstand is verlaagd met Nc met N het neerslagoverschot en c drainageweerstand. In gebieden met kwel moet deze bij het neerslagoverschot worden opgeteld. Deze situatie wordt voor de Voortoets uitgewerkt maar ontbreekt in de GWtoolbox.

De stationaire eindverlaging s in de semi-gespannen situatie, dus in het buitengebied voldoet aan

$$s = s_L e^{-\frac{L-x}{\lambda}}$$

Met $s_L = s_{x=L} = Nc$ in een gebied met drainageweerstand of met $s_L = h_{sloot} - z_{deklaag}$ in gebied met een dikkere deklaag. Voor $x < L$ geldt

$$s_{x < L} = Nc + \frac{Q}{kD} (L - x) - \frac{N}{2kD} (L^2 - x^2)$$

met $L = \frac{q_0}{N} - \lambda$

Deel VII

Overige berekeningen

10.1 Reikwijdte bemaling

De pagina die dit de keuzen binnen onderwerp en de formules weergeeft is engelszins verwaarden. Er wordt onderscheid gemaakt naar langdurige en kortdurende bemaling. De voorgesloten formules zijn hoofdzakelijk empirisch. De reikwijdte voor een langdurige niet-stationaire verlaging in dw GWoolbox

$$R = 1.5 \sqrt{\frac{kD}{\epsilon} t}$$

is gelijk aan de formule die in de Voortoets wordt gebruikt

$$r = \sqrt{\frac{2.25kDt}{S}}$$

mits $S = \epsilon$. Hierbij mag voor ϵ niet de porositeit worden gebruikt van 35%, zoals in de GWtoolbox als uitgangswaarde staat ingevuld.

Voor kortdurende bemaling geeft de GWtoolbox een reikwijdte volgens Sichardt, die echter al decennia achterhaald is (**Olst76**).

De verlaging in semi-spanningswater volgt de besselfunctie $K_0(r/\lambda)$ die voor $r < 0.2\lambda$ praktisch gelijk is aan $\ln(1.123\lambda/r)$

$$K_0\left(\frac{r}{\lambda}\right) \approx \ln\left(\frac{1.123\lambda}{r}\right) \text{ voor } r < 0.2\lambda$$

Door de verlaging volgens de benaderende functie, hier de $\ln(\dots)$ gelijk aan nul te stellen, dus het argument van de $\ln(\dots)$ gelijk aan 1, verkrijgt men een radius

$$R = 1.123\lambda$$

die echter niets met een reikwijdte van doen heeft. De reikwijdte voor de verlaging in semi-spanningswater ligt op ongeveer 3λ en is dus veel groter dan de R die de GWtoolbox voor deze situatie gebruikt.

Voor de reikwijdte van drains gebruikt de GWtoolbox een empirische formule

$$R = 1750\Delta h \sqrt{k}$$

Zonder dat duidelijk is waar die formule op is gebaseerd.

De stationaire verlaging door een sleuf of drain voldoet zonder andere randvoorwaarden aan

$$s = \Delta h e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

Stel dat de verlaging mag worden verwaarloosd wanneer deze nog 5% is van Δh , dan vogt

$$e^{-\frac{x}{\lambda}} = 0.05 \rightarrow x \approx 3\lambda$$

net als bij semi-spanningswater. Voor freatisch water wordt de invloedsafstand bepaald door de randvoorwaarden en wanneer het oppervlaktewatersysteem gebiedsdekkend als drainageweerstand kan worden beschouwd door 3λ waarbij $\lambda = \sqrt{kDc}$ met c de drainageweerstand. Zonder randvoorwaarden of drainage-weerstand kan niet zinvol een invloedsgrens worden afgebakend.

Voor het begrip reikwijdte biedt de GWtoolkit geen duidelijk en consistent verhaal. Wat ook ontbreekt is de basis waarop de formules berusten. Er wordt wel verwezen naar SBR, 2003, pag. 27-28.

10.2 Opstuwing in drainagebuizen

Hiervoor bestaan standaard formules. Valt echter buiten bestek van de Voortoets.

10.3 Tussen-c

Hiermee wordt bedoeld de weerstand tussen twee lagen waarvan de dikte en de verticale doorlatendheid zijn gegeven, gerekend vanaf het midden van de eerste tot het midden van de tweede laag. Deze tussen-c speelt alleen bij grondwatermodellen die het watervoerende pakket een meer lagen onderverdeelen. Bij watervoerende lagen heeft de tussen-c in de regel een verwaarloosbare invloed op de verlaging. Deze tussen-c kan altijd worden berekend als

$$c = \frac{1}{2} \left[\frac{D_1}{k_{z1}} + \frac{D_2}{k_{z2}} \right]$$

10.4 De gemiddelde k -waarde

De gemiddelde horizontale doorlatendheid van een gelaagd watervoerende pakket kan altijd worden berekend uit

$$\bar{k}_h = \frac{\sum_{i=1}^n D_i k_i}{\sum_{i=1}^n D_i}$$

De gemiddelde verticale doorlatendheid van een gelaagd pakket kan altijd worden berekend uit

$$\bar{k}_v = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n c_i}$$

10.5 Equivalente straal van een bouwput

Zolang de vorm van de bouwput min of meer rond tot vierkant is kan de equivalente straal van een bouwput worden geraamd op basis van zijn oppervlak

$$\pi R^2 = bd$$

of op basis van zijn omtrek

$$2\pi R = 2(b+d)$$

Voor $b = d$ volgt $R = d/\sqrt{\pi} = 0.56 d$ en $R = 2d/\pi = 0.63 d$. Het verschil is zo niet groot.

De GWtoolbox hanteert de laatste benadering, maar het is niet duidelijk op grond waarvan.

Wat betreft de verlaging door de bemaling van de bouwput is voor de invloed op de omgeving uitsluitend de totale onttrekking van belang. De grootte daarvan wordt bepaald door wat nodig is om de verlaging tot in alle hoeken van de bouwput op het gewenste niveau te houden. Dit vergt in de praktijk een aparte berekening.

Referenties

- [Blom (1973)] Blom, J. (1973). Verlagingen van het freatisch vlak bij grondwateronttrekking in een gebied met vrije afwatering. RID mededeling 74-7. Rijkswaterstaat Instituut Drinkwatervoorziening, Den Haag.
- [Bronders et al. (2012)] Bronders J, Patyn J, Van Keer I, Desmet N, Vos J, Peelaerts Q, Decorte L, Gobin A. (2013) Voortoets, Module 3 - Inhoudelijke uitwerking van module 3 in de online toepassing van de voortoets: het bepalen van de reikwijdte van effecten voor de indirecte effectgroepen - Thema grondwater. Studie uitgevoerd in opdracht van ANB, 2013/RMA/R/120. VITO NV, Mol, B. 84pp.
- [De Glee (1930)] De Glee, C. (1930). De invloed van grondwateronttrekkingen op de grondwaterstand. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- [Olsthoorn (1976)] Olsthoorn, TN (1976). De Sichardt-snelheid en het maximaal toelaatbare debiet van waterwinningsputten. H2O, 9(11): 212-2014