Deltares

Methode voor de geohydrologische beoordeling van het met zandig materiaal verondiepen van plassen (aanvulling in kader van PFAS)

Methode voor de geohydrologische beoordeling van het met zandig materiaal verondiepen van plassen (aanvulling in kader van PFAS)

Auteur(s)
Wim de Lange

Methode voor de geohydrologische beoordeling van het met zandig materiaal verondiepen van plassen (aanvulling in kader van PFAS)

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Elmert de Boer
Referenties	Generieke methode, grondwater, diepe plassen, PFAS
Trefwoorden	De Lange W.J., 2022. Methode voor de geohydrologische beoordeling van het met zandig materiaal verondiepen van plassen (aanvulling in kader van PFAS). Deltares rapport 11205055-006-BGS-0002.

Documentgegevens	
Versie	0.1
Datum	08-03-2022
Projectnummer	11205055-006
Document ID	11205055-006-BGS-0002
Pagina's	17
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)		
	Wim de Lange	

Inhoud

	Deze pagina is niet voor publicatie	**4**
1	**Inleiding**	**6**
2	**Samenvatting van de methode**	**7**
2.1	Beschrijving uitvoering van de methode "omhullend vlak".	7
2.2	Aanvulling bij vergunningaanvraag	9
2.2.1	Toelichting stap 1:	9
2.2.2	Toelichting stap 2:	10
A	**Nadere onderbouwing**	**11**
A.1	Inleiding	11
A.2	Berekening van de stroming van / naar rivier met een regionaal model	11
A.3	Het effect van een putvulling op de grondwaterstroming	13
A.4	De potentiële grondwater beïnvloeding vanuit de vulling	13
A.5	Methode met gekleurde stroomlijnen	15
	Literatuur	**16**

1 Inleiding

Door de dynamiek rond PFAS is toepassing van grond en bagger voor herinrichting, van diepe plassen onder druk komen te staan. De strengere normstelling noopt om beter te kijken naar de mogelijkheid om "hydrologische isolatie" in te zetten bij vergunningverlening.

Ter ondersteuning van aanvragen voor deze vergunningverlening is door Deltares in 2011 de “Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen" opgesteld. Deze handreiking bevat twee belangrijke criteria (inleiding van hoofdstuk 7, Deltares 2011):

1 De doorstroming door de opvulling is verwaarloosbaar
2 Het potentieel beïnvloed grondwater blijft nabij de bron (de vulling van de plas)

In laag Nederland wordt aan het eerste criterium voldaan, omdat daar veel fijn slib wordt toegepast, waardoor de vulling nagenoeg dicht wordt. In midden en hoog Nederland bevat het toegepaste vulmateriaal in het algemeen te weinig fijn-slib van lage doorlatendheid om aan dit criterium te kunnen voldoen. Deze plassen kunnen daarom alleen beoordeeld worden op het tweede criterium. Hier wordt een methode gepresenteerd die toepasbaar is onafhankelijk van de samenstelling van de plasvulling. Deze methode is van toepassing op verondieping van voormalige zandwinplassen in midden en hoog Nederland dat wil zeggen met uitzondering van de grindplassen langs de Maas.

In plassen naast een rivier, zogeheten aangetakte plassen, kan door de variatie in de waterstand in rivier en plas afwisselend kwel en infiltratie optreden. Als de kwel overheerst terwijl infiltratie in mate en duur beperkt is, zal het grondwater slechts in de nabije omgeving van de plas worden beïnvloed. Diepe plassen die niet nabij een rivier liggen, heten vrijliggende plassen. De stroming uit deze plassen kan zodanig worden beïnvloed door ontwatering in de directe omgeving dat het invloedsgebied beperkt blijft. Omdat in een beide gevallen de beïnvloeding in het omliggende gebied beperkt is, wordt aan het tweede criterium voldaan. Deze omstandigheden zijn niet expliciet uitgewerkt in de Handreiking van 2011 en maken eenvoudige beoordeling van de situatie niet zonder meer mogelijk. In aanvulling op de Handreiking, wordt daarom voor deze gevallen een methode beschreven. In de bijlage (Deltares, 2022) is de geohydrologische onderbouwing nader uitgewerkt.

De hier beschreven methode is toepasbaar op het verondiepen van voormalige zandwinplassen langs grote rivieren in Nederland, behalve voor de plassen in grind langs de Maas, en op vrijliggende diepe plassen in midden en hoog Nederland. De methode specificeert de stappen inclusief gebruik van recente, beschikbare informatie en mondt uit in een figuur die eenduidig en eenvoudig aangeeft of wordt voldaan aan het criterium "het potentieel beïnvloed grondwater blijft (stroomt af) nabij de bron" (Deltares, 2011). Als hiermee niet kan worden aangetoond dat aan dit criterium wordt voldaan, is nader onderzoek nodig.

2 Samenvatting van de methode

In een drainerende rivier kan tijdens een tijdelijke (enkele weken) hoogwaterperiode infiltratie naar het grondwater optreden. Dat gebeurt dan ook in een aanliggende plas en deels via de plasvulling daarin. Na de hoogwater periode stroomt het geïnfiltreerde water terug naar de rivier of plas. Voor het criterium "beïnvloed grondwater blijft bij de bron" is dat toelaatbaar als het maximaal beïnvloede gebied een beperkte grootte heeft. Het beïnvloede gebied rond een vrijliggende plas kan voldoende beperkt worden door de aanwezige drainage in het gebied rond de plas. Om dat te bepalen maken we gebruik van de methode van het “omhullend vlak”. Het omhullend vlak is een 3 dimensionale begrenzing waarbinnen de beïnvloeding vanuit de plasvulling beperkt blijft. Het omhullend vlak wordt bepaald op basis van stroomlijnen in het grondwater rond de plas in een 10 jaar gemiddelde situatie. Bestaat zo'n vlak binnen een grens op 100 meter van de plas-rand dan wordt voldaan aan het criterium dat "het potentieel beïnvloed grondwater nabij de bron blijft". Voor een specifiek geval kan het bestaan van een omhullend vlak eenduidig worden vastgesteld met onderstaande methode.

2.1 Beschrijving uitvoering van de methode "omhullend vlak".

Stap 1 – Maak een lokaal model op basis van een beschikbaar, regionaal grondwater model.

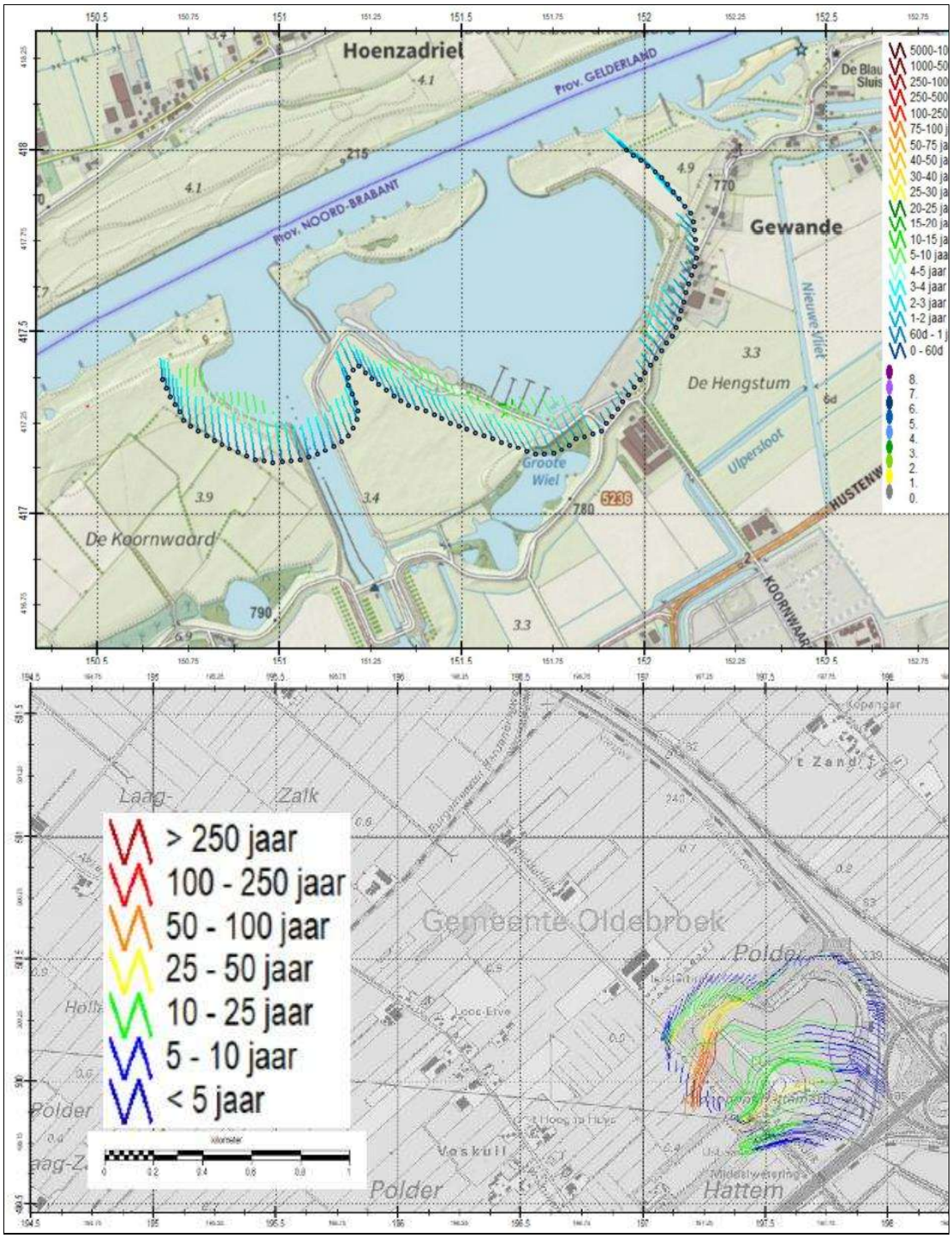
- Snijd een deelmodel uit een regionaal model met een cel grootte van 25 bij 25 m:
  - Neem langs de rivier een lengte van 5 km, met de plas in het centrum.
  - Gebruik de rivier daarbij als modelrand en leg de tegenover liggende rand op ca 5 km afstand.
  - Gebruik de celgrootte (25 bij 25 m) en de cel-diktes van het regionale model.
- Controleer de schematisatie en parameterwaarden van het oppervlaktewatersysteem in de omgeving van de plas aan de hand van de werkelijke situatie en pas waar nodig aan.
- Verdisconteer bekende hydrologisch-significante ontwikkelingen in de komende 10 jaar.
- Controleer de bathymetrie van de plas in de model-schematisatie met het inrichtingsontwerp op de volgende onderdelen:
  - de ligging van de plasrand in de eindsituatie en pas zo nodig het model aan
  - de eerste scheidende laag mag niet boven de plasbodem liggen
- Voor een plas aangehaakt aan de rivier: Controleer of het plaspeil met het rivierpeil meebeweegt in de modelrandvoorwaarde
- Geef een geohydrologische samenvatting van de grondwaterstroming ter plaatse van de plas.

Stap 2 – Bepaal of het omhullend vlak binnen de grens van 100 meter blijft.

- Voer met het model uit stap 1 een niet-stationaire modelberekening uit met tijdstappen van 1 dag voor een zo recent mogelijke periode van 10 jaar. Bij plassen naast een rivier wordt de periode mede bepaald door de beschikbaarheid van gemeten rivierwaterstanden.
- Voor een plas aangehaakt aan de rivier: Presenteer de berekende stijghoogte in de infiltrerende fase van een hoogwater op de rivier en, beschrijf de plausibiliteit en mogelijk impact.
- Reken voor iedere model cel rand de gemiddelde flux over die periode van 10 jaar uit.
- Bereken op basis van deze cel rand fluxen het patroon van de stroombanen, startend op 100 meter van de plas-rand en 10 meter onder maaiveld (of 10 m onder gemiddelde plas waterstand, indien dat relevant lager is) en onderling op (cel-) afstand van 25 meter.

- Kleur de verblijftijd langs de stroombanen: tot 10 jaar blauw, tot 25 jaar groen, tot 50 jaar geel, tot 100 jaar oranje tot 250 jaar en langere verblijftijden rood.
- Presenteer de figuur met legenda voor verblijftijden.

Hierna een voorbeeld figuur van een aangetakte plas (Sweco, 2020, plas Koornwaard), waarin een nog fijner onderscheid in verblijftijden is gehanteerd en een voorbeeld figuur van een vrijliggende plas uit de technische onderbouwing van deze aanvulling handreiking (Deltares 2022).



Figuur: Voorbeelden methode omhullend vlak met boven een aangetakte plas en onder een vrijliggende plas.

2.2 Aanvulling bij vergunningaanvraag

Bij de voorbereiding van de vergunningaanvraag wordt onderstaande checklijst gehanteerd door een inhoudelijk deskundig adviseur om de rapportage inhoudelijk te beoordelen. Onderstaande punten dienen duidelijk in de rapportage beschreven danwel als figuur of tabel opgenomen te zijn. Om zonodig na langere tijd verificatie te kunnen uitvoeren, wordt gevraagd de data van het 10 jaars-gemiddelde grondwatermodel aan te leveren.

<u>Checklist inhoud rapportage:</u>

1 Juiste model
   a recent regionale model
   b celgrootte
   c begrenzing lokale model
   d Modelgrootte volgens uitgangspunten voor begrenzing (zie toelichting stap 1)
2 geohydrologische samenvatting, inclusief
   a regionale stromingssituatie naar rivier
   b aan-/afwezigheid van scheidende lagen in watervoerend pakket
   c berekende gemiddelde kwel en infiltratie fluxen
   d lijst van alle bekende toekomstige hydrologische ingrepen die op grondwaterstroming van invloed kunnen zijn
3 oppervlaktewatersysteem, inclusief
   a juiste recente situatie in omgeving van plas
   b juiste bathymetrie van plas
   c werking aangehaakte plas in model
   d rivierwaterstanden op dag-basis in model

<u>Criteria beoordeling</u>

1 Kleur stroombanen in omhullend vlak blauw (<5 j) tot groen (<10 j); zit legenda bij figuur
2 Heeft aanlevering plaatsgevonden van de 10-jaar gemiddelde stijghoogtes per model cel.

2.2.1 Toelichting stap 1:

Langs de rivieren zijn regionale grondwater modellen gebouwd door regionale consortia. Deze worden voortdurend verbeterd en vormen een geaccepteerd uitganspunt voor detailstudies. Voor elke detail studie moet de lokale situatie worden gecontroleerd, met name de parameters en de ligging van het oppervlaktewater en de drainage. De plasomvang is belangrijk met oog op de stroming van grondwater en doorsneden kleilagen moeten juist in het model zijn opgenomen. Als de plas een kleilaag doorsnijdt is de methode niet toepasbaar. De samenstelling van de vulling is niet belangrijk voor de beoordeling van de modelresultaten.

De grootte van 5 bij 5 km is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

1 Een spreidingslengte van 1500 meter is voor deze toepassing gericht op zeer lokale stroomlijnen voldoende. Drie keer de spreidingslengte is dan 4.5 km.
2 De regionale stroomrichting van het grondwater is vrijwel loodrecht op de rivier.
3 De rivier vormt een waterscheiding omdat hij significant draineert.
4 De plas ligt nabij de rivier en heeft een omvang van in de orde van 1 km^2.
5 Omvang van de plas in eindsituatie bepaalt grens van 100 meter waar stroombanen starten

In de rapportage moet worden aangegeven dat aan deze uitgangspunten voldoende wordt voldaan.
Bij punt 2 en 3: als de situatie niet voldoet aan deze uitgangspunten zal blijken met methode dat dan ook niet wordt voldaan aan het criterium.

2.2.2 Toelichting stap 2:

Door de gemiddelde stijghoogte over een lange periode per cel te nemen wordt een consistent model voor het berekenen van grondstroming verkregen. [De gemiddelde snelheden worden bepaald door het gemiddelde van stijghoogteverschillen over rekenpunten, die "wiskundig" gelijk zijn aan de verschillen van de gemiddelde stijghoogtes]. Als alle stroombanen gemiddeld over 10 jaar duidelijk richting de rivier en plas stromen, zal al het eventueel tijdelijk uit de plasvulling komende water "afstromen nabij de bron".

De figuur met stroomlijnen kan worden gezien als bewijs dat de stroming uit de plas binnen een omhullend vlak met beperkt omvang optreedt. De figuur toont direct of de stroming richting rivier en plas is (of niet = afkeuring). De kleuring toont aan of de situatie hydrologisch stabiel is met de kleuren blauw, groen, geel. Als een significant aantal (>5%) stroomlijnen oranje of rood kleurt doet het grondwater 50 of meer jaar om over de afstand van 100 meter tot de rivier of plas te stromen. Is de grondwaterstroming gemiddeld over 10 jaar te langzaam dan is de situatie hydrologisch niet voldoende stabiel. Dan kunnen bijvoorbeeld kleine veranderingen in het rivier regiem tot omslag van de gemiddelde stromingsrichting leiden en moet nader onderzoek plaatsvinden.

A Nadere onderbouwing

Versie 0.9.1 (26 maart 2020).
Door: Wim J. de Lange, Deltares

A.1 Inleiding

De kern van de methode is het bestaan van een omhullend vlak in het grondwater waarbinnen potentiele beïnvloeding vanuit de plas blijft. Gebeurt dat binnen een vastgestelde grens rond de plas en is de stroming voldoende zeker dan wordt voldaan aan het criterium "beïnvloeding blijft nabij de plas".

Het begrensd omhullend vlak bestaat als de regionale grondwaterstroming gemiddeld over langere periode uitkomt in de rivier. Daarbij kan kwellend grondwater ook als oppervlakte water via de plas naar de rivier stromen.
Een begrensd omhullend vlak bestaat niet voor situaties waarin het grondwater landinwaarts stroomt. Dit onderscheid wordt gebruikt in de beoordeling van de situatie. Het berekend resultaat (figuur met stroomlijnen in gemiddelde situatie) toont afstroming naar de rivier of instroming vanuit de rivier en sluit daarin onduidelijke situaties uit. Dit wordt onderbouwd in het hiernavolgende.

Tijdens de ontwikkeling van de methode zijn de volgende criteria verworpen om de daarbij genoemde redenen.

- Langjarige gemiddeld kwel optredend in de plas. Dan geldt dat ook een niet volledig, niet permanent kwellende toestand ook goed kan zijn voor het criterium. En daartoe is niet helder en eenvoudig een criterium te formuleren.
- De maximale indringingsdiepte van water uit de vulling tijdens een tijdelijk hoogwater. Voor elke grens geldt dat daarover discussie ontstaat (en wat als dan 1 cm meer?) en dat de uitkomst zeer afhankelijk is van de parameterwaarden in het model.
- Een grens voor de maximale afstand waarbinnen geen kwetsbare objecten mogen liggen, gebaseerd op een "algemene snelheid (5 of 10 meter per jaar) en 100 jaar verblijftijd". Deze werkwijze sluit niet aan op het bovengenoemde criterium: De werkelijke stromingssituatie wordt niet meegenomen en volgens dit criterium kan het grondwater op lange termijn overal komen.

De onderbouwing is in 4 stappen opgesteld:

1. Berekening van de stroming van / naar rivier met een regionaal model
2. Het effect van een putvulling op de grondwaterstroming
3. De potentiële grondwater beïnvloeding vanuit de putvulling
4. Methode met gekleurde stroomlijnen

A.2 Berekening van de stroming van / naar rivier met een regionaal model

Het criterium "potentieel beïnvloed grondwater blijft nabij de bron" betekent dat het grondwater nabij de plasvulling tot uitstroming komt. Voor niet-vrij-liggende plassen komt dit neer op de situatie dat het grondwater draineert naar de rivier nabij de plas. Deze drainerende werking moet stabiel over langere tijd optreden en moet daarom regionaal bepaald zijn. Het grondwater stroomt dan vanuit het achterland naar de rivier.

Tijdens een periode van hoogwater op de rivier kan de stroming rond de plas tijdelijk omkeren en stroomt water vanuit de vulling in het watervoerend pakket. Om aan het criterium te voldoen moet het gebied van beïnvloeding beperkt zijn en het beïnvloede grondwater gemiddeld over langere tijd afstromen naar de rivier. Daarbij kan het via de plas stromen.

Voor de zandgebieden in Nederland bestaan regionale modellen die worden beheerd door consortia van het rijk, waterschappen, provincies en waterleidingbedrijven. Deze modellen zijn gekalibreerd en gedocumenteerd en kunnen worden beschouwd als de best beschikbare weergave van het grondwatersysteem in de regio. Voor toepassing op lokale schaal ervan moet de informatie lokaal worden gecontroleerd op weergave van de recente situatie met name van het oppervlakte water en drainage stelsel. De schaal van de modellen is horizontaal 25 bij 25 meter en in verticale richting wordt de hydrogeologische indeling van REGIS (en GeoTOP) als basis gebruikt. Dit is voldoende nauwkeurig voor het bepalen of de stroming rond de uiteindelijk plasvulling draineert in de rivier of niet.

De methode houdt in dat een deelmodel wordt geknipt uit het regionale model volgens bestaande werkwijzen (bijvoorbeeld zie iMOD handleiding). De aanbevolen gebiedsgrootte is 5 bij 5 kilometer eenzijdig langs de rivier met de plas in het midden. Dit is een praktische grootte qua rekensnelheid en is gebaseerd op een spreidingslengte van 1.7 kilometer. Dit is voldoende voor de zandige watervoerende pakketten langs de grote rivieren (NAGROM3). Bij de grindplassen langs de Maas kan de spreidinglengte sterk afwijken en moet de situatie apart worden beoordeeld.

De modelsimulaties voor de hydrologische onderbouwing van de methode zijn gebaseerd op een werkelijke situatie langs de Maas. Daarbij is de gemiddelde hydrologische situatie bepaald over een recente periode van 10 jaar. Dit is gedaan voor de werkelijk opgetreden waterstanden van de Maas, en voor een aantal scenario's met fictieve waterstanden die over de hele periode een vaste waarde lager dan wel hoger zijn genomen. Bij lagere waterstand wordt een sterker drainerende situatie gesimuleerd, bij een hogere waterstand kan de drainerende situatie omslaan in een situatie met infiltratie vanuit de rivier en de aangehaakte plas. Het model blijkt sterk onderscheidend te zijn voor het omslaan van de stroming en is eenduidig in de interpretatie van de grondwaterstroming van of naar de rivier zoals gebruikt in de methode (zie paragraaf 4).

Invloed van onzekerheden op de uitkomsten van model.

- De onzekerheden in de doorlatendheid in de vulling en het watervoerend pakket kunnen lokaal tot variatie in de stromingsrichting leiden, maar veranderen niet de cruciale afstroming naar de rivier.
- De inrichting van het oppervlaktewater rond de plas kan lokaal voor omkering van stroming zorgen. Daarom moet daarop zoveel mogelijk op voorhand worden gecheckt en geanticipeerd door de te verwachten situatie in de nabij toekomst in het model op te nemen.
- Klimaatveranderingen kunnen leiden tot langere periodes van droogte en heftiger neerslag. Dit kan leiden tot een langere periode van lage waterstand dus drainerende werking en tot een hogere waterstand tijdens hoogwater. Tijdens hoogwater vindt significante infiltratie vanuit de plasvulling alleen plaats zolang de uiterwaarden niet overstroomd zijn. Tijdens overstroming verkleint het potentiaalverschil tussen plas en grondwater door de infiltratie in de uiterwaarden. Het effect van hogere waterstanden op de grootte van de infiltratie vanuit de putvulling, en dus op het potentieel beïnvloed grondwater, is dan ook beperkt en valt binnen de ingecalculeerde onzekerheden.
- Toekomstige verandering van beheer van oppervlaktewaterpeilen (bijvoorbeeld polderpeil verandering in het binnenland) kan de regionale stroming naar de rivier doen omkeren.

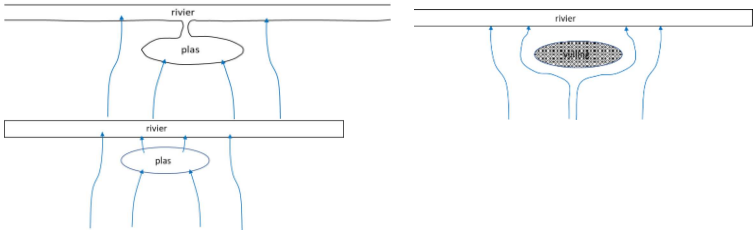
Dat geldt ook voor grote grondwateronttrekkingen. deze beide ingrepen zijn vergunningplichtig en zullen in de dan bestaande toestand moeten worden beoordeeld.

Is het model daarmee goed als representatie van de werkelijkheid? Daarvoor is het kerndoel maatgevend: is de regionale stroming naar de drainerende rivier of niet. Daarvoor zijn de peilen van het oppervlakte water in de lagere delen ronde de rivier de drijvende kracht. De weerstand en berging van het watervoerend pakket dempen het grondwatersysteem maar bepalen niet stromingsrichting. Het heeft daarom weinig zin om modelkalibratie te eisen, omdat daar in de weerstand en berging alleen veranderen. Belangrijk is dat de ligging en peilen van het oppervlaktewater in het model gebied juist zijn.

Conclusie: Het in de methode beschreven model is voldoende voor het bepalen of rivier langjarig gemiddeld draineert.

A.3 Het effect van een putvulling op de grondwaterstroming

De plas in het regionale model zal meestal de niet-gevulde toestand representeren. Een aangehaakte plas (figuur A.1 links) beweegt mee met het rivierpeil en draineert of infiltreert vrijwel in de zelfde periode als de rivier. Bij toenemende weerstand van de vulling zal het grondwaterstroming erdoor afnemen en om het obstakel gaan stromen (figuur A.1 midden). Een weerstandbiedend object in grondwater doet stroombanen afbuigen, maar keert stroming niet om van richting rivier naar richting achterland. Natuurlijk wordt de reistijd van water dat langs de gevulde plas stroomt groter. Dus: Is voor een aangehaakte plas de (langjarig gemiddelde) stroming duidelijk richting de plas en rivier, dan zal dat eveneens gelden als de plas (deels) gevuld is met minder goed doorlatend materiaal.



Figuur A.1. Stroming naar rivier bij aangehaakte (links), gevulde (midden) en losliggende plas (rechts)

Bij een niet-gekoppeld plas (figuur A.1 rechts) wordt het plaspeil gedurende het grootste deel van de tijd bepaald door neerslag, verdamping en grondwaterstroming in en uit de plas en dus niet door het rivierpeil. In dat geval stroomt het grondwater als het ware door de niet-gevulde plas naar de rivier. De stroming blijft gericht naar de drainerende rivier. Dat geldt ook als de niet-gekoppelde plas wordt gevuld (figuur midden).

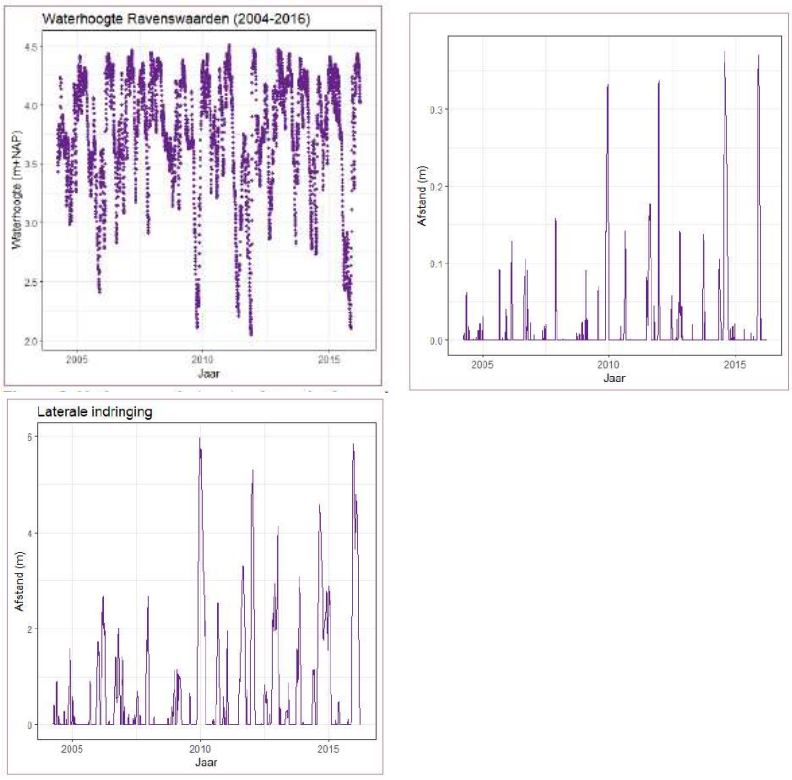
Conclusie: Als de grondwaterstroming in het geval van een niet-gevulde plas richting de rivier of plas is, dan zal dat ook gelden voor de gevulde plas, onafhankelijk van de samenstelling van de putvulling.

A.4 De potentiële grondwater beïnvloeding vanuit de vulling

De putvulling heeft een orde lagere doorlatendheid dan het watervoerend pakket, omdat het bestaat uit samengesteld restmateriaal dat niet is her te gebruiken als bouwstof. Grof zand wordt teruggewonnen als bouwstof. Het materiaal wordt in de put aangebracht werkende vanaf de rand naar het midden of vanaf pontons. Het materiaal is inherent heterogeen en wordt niet als één laag over de gehele plas aangebracht. Het is daarom onwaarschijnlijk dat zandbanen in de plas kunnen doorlopen over de volledige breedte of dikte van de plas.

Dat betekent dat er geen preferente stroombanen optreden tussen twee goed doorlatende randzones. De gemiddelde doorlatendheid in de plas is daarom tenminste een factor 10 lager dan die in het omliggende watervoerend pakket.

In een model met een lege plas (Ravenswaarden, Sweco, 2019) in grof zand naast de IJssel is de indringingsdiepte bepaald zoals dat gebeurt tijdens hoogwaters in de afgelopen 10 jaar (figuur A.2 links). De berekening in de situatie van een niet gevulde plas leidt tot hogere in en uitstroming dan bij een gevulde plas. In het model wordt een extreem potentiaal verschil in de eerste cellen in het watervoerend pakket gegenereerd. Dat geeft overdrijving van de beïnvloedingszone tijdens tijdelijke hoogwaters. De verticale indringing (figuur A2 midden) is in dit model berekend in de orde van centimeters, de horizontale kan meerdere meters zijn (figuur A.2 rechts). Bij dit model is de stroomsnelheid in het plasdeel onbeperkt in tegenstelling tot de stroming in de putvulling die door de lagere doorlatendheid kleiner is dan omgevingssnelheid.



Figuur A.2 Uit: Sweco 2020. Plas Ravenswaard. Links: Rivierwaterstand, midden: verticale indringing, rechts: horizontale indringing

Potentiële verspreiding in grondwater treedt alleen op vanuit de putvulling, dus niet uit het niet-gevulde gedeelte. De lage doorlatendheid van de vulling is maatgevend en limiterend voor de uittrede snelheid tijdens hoogwater. Rekening houdend met de factor 10 lagere doorlatendheid van het vulmateriaal zal de (tijdelijke) horizontale indringing maximaal over enkele meters plaatsvinden. In ieder geval is dit meer dan een orde kleiner dan de 100 meter grens die wordt gehanteerd voor "beïnvloeding nabij de bron".

Conclusie: Bij een drainerende rivier geldt dat beïnvloeding vanuit de vulling in horizontale richting binnen 100 meter van de plasoever blijft. Het beïnvloede water (enkele centimeters) onder de vulling stroomt dan zeker af naar de rivier.

A.5 Methode met gekleurde stroomlijnen

De methode schrijft voor dat stroomlijnen op 10 meter diepte op 100 meter landinwaarts van de putoever starten. Bij een drainerende rivier vormen deze stroombanen het zogeheten omhullend vlak in het eindplaatje.

De afstand van 100 meter is veel groter dan de horizontale beïnvloeding en is in de praktijk van uitvoering en modellering bruikbaar. In de beoogde situatie moeten alle stroomlijnen vanaf deze grens uitkomen in de drainerende rivier of in de plas.

Het startpunt op 10 meter diepte leidt ertoe dat stroomlijnen representatief zijn voor de stroming in het watervoerend pakket. In de beoogde situatie gaan al deze stroombanen naar de rivier of plas. Omdat in het watervoerend pakket geen scheidende lagen of onttrekkingen zitten, geldt dat alle stroombanen in het watervoerend pakket dan richting de rivier stromen.

Dat de methode onderscheidend is voor wel of geen drainerende rivier is gebleken uit ondersteunende modelberekeningen met een dynamisch rivierpeil, waarbij het rivierpeil gemiddeld is gevarieerd tussen twee meter omhoog en omlaag (Deltares 2020) ten opzichte van de huidige situatie. In de berekeningen is het rivierpeil met stappen van 0.5 meter omhoog en omlaag gebracht.
De omslag slaat op de richting van stroombanen (van of naar de rivier) berekend op basis van de 10 jaar gemiddelde grondwaterstanden en beginnend op 10 meter diepte en 100 meter buiten de plasoever. Daaruit is gebleken dat de omslag binnen één stapverhoging van 0.5 meter optreedt.

Ter ondersteuning zijn in het niet-stationaire model op dag-basis de stroombanen vanuit putbodem en putoever berekend op het moment dat een hoogwater begint. Daaruit is gebleken dat de stroombanen na verloop van tijd altijd richting plas en rivier gaan in de omstandigheden dat dit ook volgt uit de bovenbeschreven berekening met 10-jaar gemiddelde model.

Theoretisch gezien is de methode om met gemiddelde grondwaterstanden per cel de gemiddelde snelheid te berekenen toepasbaar omdat het gemiddelde van een verschil (snelheid is evenredig met stijghoogte verschil tussen cellen) gelijk is aan het verschil van gemiddelden (stijghoogte per cel).

Conclusie: Het resultaat van de methode is een eindplaatje met daarop stroombanen gekleurd volgens reistijden. Uit de reistijdkleuring van de modelresultaten blijkt dat de verblijftijdberekend als gemiddelde over 10 jaar voldoende is om de situatie met drainerende rivier vast te stellen. Dan stroomt het eventueel beïnvloed grondwater af naar de rivier en wordt aan het criterium "beïnvloeding blijft nabij de bron" voldaan. Zie ook toelichting bij beschrijving toepassing methode.

Literatuur

Deltares 2011, W.J. de Lange, Handreiking geohydrologische beoordeling bij herinrichting van diepe plassen, Rapport 1203224, Deltares Utrecht

Deltares 2020, Vergroesen et al, Technische onderbouwing van de Aanvulling Handreiking beoordeling herinrichting diepe plassen, Fase 1: Nabij een rivier gelegen diepe plassen, Rapport 11205055-000-BGS-0009, 2-6-2020.

Sweco 2020, Rapportage over Ravenswaarden – concept 18-12-2019

Sweco 2020, Rapportage over Koornwaard – concept 14-02-2020

Deltares 2022, Vergroesen, A.J.J., Romero Verastegui, B., De Lange, W.J., 2022. Technische onderbouwing van de Aanvulling Handreiking beoordeling herinrichting diepe plassen. Fase 2 Vrijliggende diepe plassen. Deltares rapport 11205055-006-BGS-0001.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl