

Geohydrologische aanpak voorverkenning Sprok-Sterrenschans-Heteren

**De Innovatieversneller
Hoogwaterbescherming**

De Blomboogerd 1
4003 BX Tiel
Postbus 599
4001 AN Tiel

Contactpersoon
Han Knoeff

div@wsrl.nl

Datum
2022-04-22

Ons kenmerk
ons kenmerk

Uw kenmerk
Uw kenmerk

Bijlage(n)
bijlage

memo

Geohydrologische aanpak voorverkenning Sprok-Sterrenschans-Heteren

Inleiding

Voor de voorverkenning van dijkversterkingsproject Sprok – Sterreschans – Heteren wil Waterschap Rivierenland een lokaal verfijnd grondwaterstromingsmodel (MORIA) opzetten. Het MORIA-model dient om de scope beter vast te kunnen stellen en in de verkenningsfase een duidelijk uitgangspunt te hebben om dijkverbeteringen in te passen. Dit om te voorkomen dat in de verkenningsfase nieuwe inzichten (in aanpak of onderzoek) leiden tot grote wijzigingen in de scope.

Bij opzetten van en werken met het MORIA model wil het project rekening houden met de actuele kennis rondom modellering van de geohydrologie, zoals ontwikkeld in de Geohydrologische Aanpak Piping, en de kennisontwikkeling binnen KvK, HWBP, die relevant zijn voor het project. Hiervoor heeft de Innovatieversneller (DIV) een workshop georganiseerd met als doel het concept plan van aanpak aan te scherpen door aandachtspunten en aanbevelingen op te halen voor het werken met geohydrologische modellen, en om de relatie te leggen met overige ontwikkelingen op gebied van piping.

Deelnemers van de workshop waren: Ruben Jongejan (Jongejan Risk Management Consulting), Martine Brinkhuis (TAUW), Jacco Hoogewoud (Advies in Water), Ard-Jan Methorst (WSRL, SSH), Sander Kapinga (WSRL), Willem Leeuwdrant (WSRL, SSH), Dave Smulders (Geonius, SSH), Esther Rosenbrand (DIV).

Beslisprobleem

Het doel van het opzetten van een lokaal verfijnd model is om relevante informatie te verkrijgen voor het beslisprobleem dat voorligt. Voor het traject Sprok Sterrenschans Heteren (40 km) is in de voorverkenningfase in 2021 een veiligheidsanalyse uitgevoerd. Daaruit bleek niet dat de dijk overal evident onveilig is. De afstand tot de norm is voor een aanzienlijk deel niet zeer groot. Er is waarschijnlijk geen hoogte opgave (hooguit lokaal) en Piping (STPH) en Macrostabieleit binnenwaarts (STBI) zijn de belangrijkste mechanismen voor de versterkingsopgave. Het oordeel voor STBI en STPH is niet overal stabiel mede door onzekerheden in de ondergrondopbouw en de vereenvoudigde beschouwing van het geohydrologische systeem. Het doel is om de scope voor deze mechanismen stabiel te krijgen.

Voor macrostabieleit is het doel om de waterspanningen in het watervoerend pakket beter te bepalen. Hierbij wordt opgemerkt dat de meerwaarde van een geohydrologisch model beperkt is voor situaties waar de stijghoogte in de STBI analyse bepaald wordt door de grenspotential. Het model heeft meerwaarde voor situaties waarbij de waterspanning rond de Waterstand bij Norm (WBN) onder de

grenspotentiaal blijft. Dit is bij deeltraject D, het traject dat als eerste verdiepend wordt beschouwd, in de huidige schematisering bij 8 van de 14 beschouwde doorsneden het geval.

Voor piping zijn de waterspanningen binnendijks relevant, maar het primaire doel is om de spreidingslengte voor de analyse met het Sellmeijer model beter te bepalen. Terugschrijdende erosie, en niet opbarsten, is bepalend om een stabiele scope te krijgen voor piping.

Invloed van stoorlagen

Uit het grondonderzoek (diepe sonderingen, CPTu) van SSH blijkt de aanwezigheid van lokale lagen waar significante wateronderspanning wordt gemeten tijdens het sonderen die duiden op stoorlagen. Dit blijkt uit literatuur en ook uit dissipatietesten die in deze lagen zijn uitgevoerd. De verspreiding van deze lagen is onzeker, en deze hebben mogelijk een significant effect op de geohydrologie. De analyse met een lokaal verfijnd model zou idealiter gedaan worden voor een situatie waar de schematiseringsonzekerheid klein is, zodat het model maar voor 1 ondergrondscenario wordt opgezet. Dit was ook het geval bij het Innovatieproject Meanderende Maas.

De invloed van deze stoorlagen op de geohydrologie is afhankelijk van de ruimtelijke verspreiding van deze lagen. Als het beperkte geïsoleerde lagen zijn kan de invloed beperkt zijn, maar als deze grotere gebieden beslaan kan dat mogelijk een significant effect hebben.

Aanbevolen wordt om na te gaan in hoeverre deze lagen nu al in het Moria model zijn meegenomen, en, zo niet, of het mogelijk is deze in het model aan te brengen. Door in een ondiepe laag in blokken de doorlatendheid aan te passen kan het effect van een stoorlaag worden gesimuleerd. Dit biedt inzicht in de invloed van de stoorlaag op stijghoogtevoorspellingen en het beslisprobleem. Als de lagen veel effect hebben kunnen observaties van stijghoogtes, kwel, opdrijven e.d. wellicht worden gebruikt om te bepalen of het aannemelijk is dat deze lagen aanwezig zijn.

Om een beter beeld te krijgen van de mogelijke verspreiding van de lagen wordt aanbevolen om met geologen vanuit de ontstaansgeschiedenis van het gebied te kijken naar de ondergrondgegevens. Dit inzicht kan helpen om de verwachte afmetingen van stoorlagen te onderbouwen.

Aanpak modelopzet

Voor het opzetten van het MORIA model is het van belang dat het basis model goed is. Dat wil zeggen een model dat zo goed mogelijk de werkelijkheid benadert zonder ingebouwde extra veiligheidsfactoren: "Best Guess model". Pas daarna is het raadzaam om de stap te maken naar een stochastisch model dat ook de onzekerheden rond stijghoogtevoorspellingen beschrijft. Dat kan op verschillende manieren worden gedaan, zoals ook beschreven in het rapport voor Meanderende Maas. Zo kan worden gewerkt met spreidingen op basis van een vershilanalyse met metingen (als er tenminste een voldoende hoog hoogwater optreedt), kunnen de invoerparameters als stochastische variabelen worden gemodelleerd of kan worden gewerkt met overall-modelonzekerheidstermen. Het is raadzaam om de complexiteit van de aanpak af te stemmen op de benodigde nauwkeurigheid, gezien vanuit het beslisprobleem.

Voor het basismodel kan naast grondonderzoek gebruik gemaakt worden van bestaande ondergrondmodellen, zandbanenkaarten, wellenkaarten, ervaringen bij hoogwater (bijv. kwel) voor de opbouw van de ondergrond. Ook inzicht van geologen, en geohydrologen, is relevant.

Voor de doorlatendheden in het basismodel kunnen best guess waarden worden gehanteerd, op basis van beschikbare data uit bijvoorbeeld REGIS en afgeleid uit sonderingen of data van andere projecten.

Met best guess waarden wordt bedoeld op waarden die metingen, om observaties van kwel etc., zo goed mogelijk kunnen verklaren.

De onzekerheden kunnen als bandbreedte meegenomen worden, bijvoorbeeld als overall factor op berekende waterspanningen. Indien deze bepalend zijn voor het beslisprobleem kan het model stochastisch gemaakt worden, middels scripting, maar bij een dergelijk (random fields) model kan het verklaren van de resultaten ook beduidend lastiger zijn. Daar staat tegenover dat het met 1 modelrun lastig kan zijn om onzekerheden voldoende onderbouwd mee te nemen.

Aandacht is nodig voor zaken die anders zijn bij hoogwater dan onder dagelijkse omstandigheden. Hier kan gedacht worden aan de intredeweerstand in de rivierbodem en in plassen of strangen of geulen die meestromend worden. Ook elementen zoals drainage in het achterland kunnen anders zijn bij hoogwater. In dit specifieke geval zou ook kwel vanuit de Veluwe een rol kunnen spelen. Een grondwatermodel heeft meerwaarde om dit mee te kunnen nemen. Dit effect zit naar verwachting al in het model, maar aandacht is nodig om na te gaan of het belangrijk is en hoe goed dit meegenomen wordt.

De gridgrootte van het MORIA model is 25 meter, wat ook het geval was voor het model dat voor Meanderende Maas is opgezet. Daar was voor uitspraken op kleinere schaal waar nodig geïnterpoleerd op 5 meter blokken.

Een vuistregel is om een maximale celgrootte van 1/3 de spreidingslengte te gebruiken, waardoor mogelijk bij korte spreidingslengtes een verdere verfijning wenselijk is. Dit aanpassen is arbeidsintensief omdat dan elementen als sloten en de dijk ook verfijnd moeten worden zodat ze aansluiten.

Gebruik spreidingslengte voor piping analyse

De spreidingslengte uit een regionaal model is invoer voor de analyse van terugschrijdende erosie. Aan de hand van de spreidingslengte kan de fictieve kwelweglengte bepaald worden die in de rekenregel van Sellmeijer nodig is. Recente inzichten uit het Kennis voor Keringen onderzoek Voorlanden (2021) kunnen worden gebruikt om te onderbouwen dat de hele voorlandlengte meegenomen kan worden in de rekenregel (zie ook Helpdesk vraag Meanderende Maas, Waterschap Aa en Maas).

Wanneer spreidingslengtes met een regionaal model worden bepaald is aandacht nodig voor de combinatie van de ondergrondopbouw en de ondergrondparameters in het regionale grondwaterstromingsmodel en de rekenregel van Sellmeijer. Ter illustratie: de kD beïnvloedt de spreidingslengte, en idealiter wordt er consistent omgegaan met deze parameters in het geohydrologisch model en het pipingmodel, zowel bij een semi-probabilistische als bij een probabilistische analyse.

De werkwijze hiervoor is niet eenduidig uitgewerkt. In de werksessie zijn verschillende mogelijkheden besproken die echter nog nader onderzocht zouden moeten worden.

Discussie over omgang met spreidingslengte in piping analyse

Een ondergrenswaarde van spreidingslengte en een bovengrenswaarde van kD zouden conservatieve invoerwaarden zijn voor de analyse met de rekenregel van Sellmeijer. Maar in een geohydrologisch model draagt een hogere kD bij aan een langere spreidingslengte.

De consistentie is te behouden door *per realisatie* van de ondergrond(eigenschappen) zowel het geohydrologisch model te draaien als de rekenregel van Sellmeijer te evalueren. Feitelijk betekent dit dat beide modellen worden geïntegreerd tot een enkel model (een enkele 'input-output-relatie'). Een model met stochastische doorlatendheden zou dan gebruikt kunnen worden om trekkingen van kD en intredeweerstand te doen om de spreidingslengte en bijbehorende equivalente kD voor de Sellmeijer analyse te bepalen. Hierbij wordt *per trekking* van kD en c een geohydrologische en Sellmeijer analyse gedaan om de faalkans gegeven een waterstand te bepalen. Een nadeel van deze geïntegreerde opzet is wel dat er relatief veel realisaties van het geohydrologisch model nodig zullen zijn om kleine (voorwaardelijke) faalkansen te kunnen berekenen.

Een alternatief is de afhankelijkheid tussen de berekende spreidingslengte en de kD mee te nemen bij evaluaties van de rekenregel van Sellmeijer. Ter illustratie: als alléén de kD onzeker is, dan bestaat er volledige afhankelijkheid tussen de spreidingslengte en kD . Daarmee kan vervolgens rekening worden gehouden in probabilistische berekeningen met de rekenregel van Sellmeijer, zoals bij het random samplen van waarden uit de kansverdelingen van de spreidingslengte en kD in een Monte Carlo-analyse. Helaas wordt deze werkwijze met een losse beschrijving van statistische afhankelijkheden al snel zeer complex als de berekende spreidingslengtes het resultaat zijn van een samenspel van meerdere stochastische variabelen.

Omdat de spreidingslengte ook afhankelijk is van de waterstand, bijvoorbeeld doordat het voorland deels onder water staat, zou de faalkans bij verschillende waterstanden berekend kunnen worden om een fragility curve te construeren. Hierbij is aandacht nodig voor de kleine faalkansen bij lage waterstanden wat - vanuit het oogpunt van rekentijden- problematisch kan zijn.

Drie mogelijke praktische werkwijzen zijn:

1. Modellen (voor grondwater en terugschrijdende erosie) integreren (eventueel met de tussenstap van een 2D-geohydrologisch model dat het 3D-model benadert maar sneller rekent).
2. Modellen gescheiden houden maar zodanig vereenvoudigen dat het definiëren van en rekenen met statistische afhankelijkheden behapbaar blijft.
3. Werken met conservatieve (inconsistente) rekenwaarden. Dit is een veilige benadering.

Samenvatting

Bij het opzetten van een lokaal verfijnd model wordt aanbevolen van grof naar fijn te werken om de informatie te verkrijgen die nodig is voor het beslisprobleem.

Voor traject SSH wordt aanbevolen na te gaan of stoorlagen al in het model zitten, of deze relevant zijn voor de geohydrologie, en zo ja om met geologisch inzicht en ondergrondgegevens de verspreiding hiervan te onderzoeken. Idealiter is de onzekerheid in de ondergrondschematisatie klein, zodat met 1 ondergrondopbouw gewerkt kan worden.

Aanbevolen wordt om in eerste instantie te zorgen voor een goed basis model met best guess waarden voor bodemopbouw en doorlatendheden. Dit model kan worden gekalibreerd met metingen en gebruikt worden om observaties te verklaren. Voor het simuleren van een hoogwater is aandacht nodig voor zaken die anders zijn bij hoogwater dan bij dagelijkse omstandigheden. Onzekerheden kunnen in eerste instantie in een overall factor op de modeluitkomsten meegenomen worden. Afhankelijk van de impact op het beslisprobleem kan overwogen worden met een stochastisch model te werken.

Colofon:

Vraag: Sprok Sterrenschans Heteren

Auteurs: Esther Rosenbrand

Contactpersonen waterschap: Willem Leeuwdront

Kwaliteitsborging: Han Knoeff, Maurits van Dijk, Albert Wiggers

Relevante achtergrondinformatie: Syntheserapport GAP (nov2020),
Achtergrondrapport referentie grondwatermodel (nov2020), Achtergrondrapport
kwantificering onzekerheden stijghoogte (nov2020). LINK: [Documenten - De](#)

[Meanderende Maas](#) of [Regionaal grondwatermodellering voor piping \(GAP\) | TAUW](#);

Kennis voor Keringen Piping 2021: Achtergrondrapport Voorlanden.

