

Voortoets FDM klein

T.N.Olsthoorn

Okt 14, 2025

1 Intro

De Voortoets is een digitaal instrument van de Vlaamse Overheid om aanvragen voor een vergunning betreffende een ingreep in het grondwatersysteem te bespoedigen. Doel is een snelle screening via een website om te bepalen of een voorgenomen ingreep gevolgen kan hebben voor beschermde gebieden en op grond daarvan al dan niet een dieper gaand onderzoek behoeft naar effecten van de ingreep.

Na het invullen op de bewuste website van essentiële concrete kenmerken van de voorgenomen ingreep, waaronder locatie, omvang en diepte, wordt een berekening uitgevoerd van de te verwachten verlaging van de grondwaterstanden in de ruime omgeving van de ingreep. Deze verlaging worden automatisch getoetst aan de ligging van beschermde gebieden, waarna eveneens een beoordeling volgt of er een nadere studie nodig is vooraleer de aanvraag wordt ingediend.

Om de Voortoets eenvoudig te houden, maken de berekeningen binnen de Voortoets gebruik van relatief eenvoudige wiskundige formules toe toepasbaar zijn voor gestileerde situaties. Aan deze formules zitten beperkingen die voortvloeien uit de vereenvoudigingen waaraan de omgeving moet worden onderworpen om ze toepasbaar te maken. Een alternatief is gebruik te maken van de grondwatersimulator die voor Vlaanderen is ontwikkeld. Deze beslaat geheel Vlaanderen en houdt rekening met de lokale geologie en het oppervlaktewater. Een nadeel van de grondwatersimulator voor de Voortoets is zijn grotere complexiteit, die hem zeer geschikt maakt voor dieper nader onderzoek maar minder voor gebruik voor snelle screening.

Verbeteringen van de bestaande Voortoets, zodanig dat de berekeningen eenvoudig blijven maar toch beter rekening houden met lokale omstandigheden, zouden meer geavanceerde wiskundige formules kunnen zijn of een keuze binnen de Voortoets van welke wiskundige formule(s) toepasbaar zijn in de specifieke situatie van een willekeurige aanvraag. De mogelijkheden langs deze weg zijn beperkt en maken de Voortoets bovendien complex zonder uiteindelijk voldoende algemeen te zullen worden. Een hier voorgesteld alternatief zou wel aan de eisen van eenvoud, snelheid en voldoende algemene toepasbaarheid voldoen. Dit is het gebruik van een automatisch gegenereerd enkellaags eindig differentiemodel van bijv. 15x15 km rondom de voorgenomen ingreep. Het voordeel is dat zo'n model wel rekening houdt met het in algemene zin complexe stelsel van oppervlaktewater dat men rond een ingreep aantreft. Met wiskundige formules (analytische oplossingen van grondwaterstromingssituaties) is dit niet mogelijk. De methode lijkt algemeen toepasbaar en de snelheid is zonder meer acceptabel, zeg. hooguit 10 seconden op een gewone laptop.

2 Motivatie en stapsgewijze opzet

Motivatie is de eis tot eenvoud. Bovendien is al in de onderbouwing van de huidige Voortoets gesteld dat de berekeningen van de Voortoets beperkt zullen worden tot het freatisch pakket en dus slechts een enkele grondwaterlaag zullen omvatten. Door hieraan het oppervlaktewater als bovenrandvoorwaarde toe te voegen krijgen we een complete vereenvoudigde benadering van het grondwatersysteem dat gemakkelijk in een eenvoudig numeriek stationair of niet-stationair eindig differentiemodel kan worden gevatt. Aangezien het bij de Voortoets gaat om de effecten van de voorgenomen ingreep op het grondwater kan worden volstaan met het berekenen van de verlagingen (veranderingen) van de grondwaterstanden in de ruimte omgeving van de ingreep. Het is hiervoor niet nodig om de complexe omgevingsdetails in dit model op te nemen. Situaties met droogvallend oppervlaktewater ten gevolge van de ingreep zijn hierin vooralsnog niet begrepen, maar deze meenemen is in principe wel mogelijk.

De voorgestelde aanpak is als volgt:

- Aanvrager geeft locatie van de ingreep aan in Lambert coördinaten (crs: 31370, België)
- Aanvrager geeft omvang Q [m³/d], duur (default $t = 180$ d) en diepte (top en basis onttrekkingsfilter) van de onttrekking aan.
- Berekening wordt opgestart:
 1. Selectie van diepte en eigenschappen freatische pakket uit een geologische database van heel Vlaanderen. Betreft k_x , k_y , k_z , S_s , S_y
 2. Berekening van een vierkant van 15x15 km rond locatie.
 3. Selectie van het oppervlaktewater binnen dit vierkant en toekennen van eigenschappen (default breedte w [m], bodemweerstand c [d])
 4. Genereren modelnetwerk binnen vierkant van 15x15 km, met meer detail in het centrum afnemend naar buiten.
 5. Bepalen hoeveel m oppervlaktewater L [m] zich binnen elke model cel bevindt.
 6. Berekenen van de zogenoemde „conductantie” C voor elke modelcel $C = L \times w/c$ [m²/d]
 7. Bepaling aantal lagen in het model. Dit aantal is 1, 2 of 3. Een laag wanneer de „partial penetration” van het putfilter geen rol speelt. 2 als het putfilter veel koter is dan de pakketdikte en de top het filter zich boven in het pakket bevindt. Het aantal lagen is 3 wanneer het putfilter veel korter is dan de pakketdikte en de top ruim (> 5 m) lager dan de top van het pakket en de onderkant van het filter ruim (> 5 m) hoger dan de basis van het pakket.
 8. Het model wordt vervolgens geheel automatisch in elkaar gestoken en niet-stationair gedraaid voor de gekozen tijdsperiode, met default 180 d.
 9. Na de berekening wordt de eindverlaging gepresenteerd samen met de waterbalans van de (laatste) tijdstap. Deze waterbalans bestaat uit de onttrekking minus de infiltratie vanuit het oppervlaktewater minus de hoeveelheid water die gedurende de laatste tijdstap vrijkwam uit de verlaging van het freatisch vlak. Uiteraard kan ook de waterbalans van een willekeurig andere tijdstap worden opgevraagd of die over de gehele simulatieperiode.

De verlaging zal in de regel niet de (dichte, gesloten) rand van het model bereiken. Dit kan op het ook worden gecontroleerd aan het verlagingenbeeld. Mocht de verlaging wel de rand van het model bereiken dan wordt binnen het model een te grote verlaging berekend. De berekende verlaging kan dan als worst-case worden beschouwd, maar men kan de berekening ook uitvoeren binnen een groter vierkant dan 15x15 km. Ook dit kan worden geautomatiseerd. De verwachting is echter dat het vierkant van 15x15 km altijd groot genoeg zal zijn voor verlagingen binnen het watervoerende pakket. Een alternatief kan ook zijn te concluderen dat een nadere studie nodig is wanneer de verlaging wel duidelijk door de modelrand wordt beïnvloed.

3 Implementatie

Voor de voorgestelde aanpak is een prototype gemaakt in de computertaal Python. Voor selectie van de eigenschappen van het freatische watervoerende pakket moet nog een database worden gemaakt. Het gaat om k_x , (k_y) , k_z , S_y . In een enkellaags pakket is k_z zelden van belang en voor een freatisch pakket is ook de specifieke bergingscoëfficiënt niet van belang. Voorstel is deze direct aan de grondwatersimulator te ontlenen en een routine te maken die de laagopbouw en laageigenschappen terug levert van de locatie van de voorgenomen ingreep. Voor het huidige prototype wordt nog tijdelijk voor elke locatie dezelfde bodemopbouw gegenereerd.

Voor het prototype wordt het oppervlaktewater gebruikt van de OSM (Open Street Map). Dit openbare vector bestand bevat nagenoeg alle grote en kleine sloten, waterlopen, stroompjes en rivieren van heel België. Het prototype trekt binnen het modelvierkant alle open waterlopen uit dit nationale bestand.

Eerst wordt de horizontale layout van het modelnetwerk gekozen. Dit bestaat uit rijen en kolommen. Het prototype laat de breedte (hoogte) van de modelcellen vanuit het centrum logaritmisch in 50 stappen toenemen van minimaal 5 m tot de hoogte, resp. laatste x - en y -waarden zijn bereikt (centrum ± 7500 m).

Nadat een model netwerk bestaande uit rijen en kolommen is gegenereerd binnen het modelvierkant, wordt per modelcel berekend wat de totale lengte L aan open waterlopen daarbinnen is. Hieruit wordt per modelcel de zogenoemde conductantie C berekend.

$$C = L \times w/c$$

met w [m] de breedte van het oppervlaktewater (default voorlopig 5 m) en c [d] de bodemweerstand van het oppervlaktewater (default voorlopig 5 d).

Op basis van de diepte van de top en onderkant van het onttrekkingsfilter ten opzichte van de top en basis van het freatische pakket, wordt bepaald of het model 1, 2 of 3 lagen krijgt, dat rekening wordt gehouden met de lengte van het putfilter ten opzichte van de dikte van het freatisch pakket. Dit effect kan ook worden weggelaten door de boven en onderkant van het filter niet op te geven. Onvolkomenheid speelt niet verder dan ca. 1.5 maal de pakketdikte.

Met deze gegevens wordt het model (niet-)stationair worden doorgerekend zodra een reeks tussentijden of een eindtijd wordt opgegeven. Het prototype rekent met een standaard eindtijd van 180 dagen. De tijdstappen groeien met een factor 1.1 tot aan de eindtijd.

4 Voorbeeld

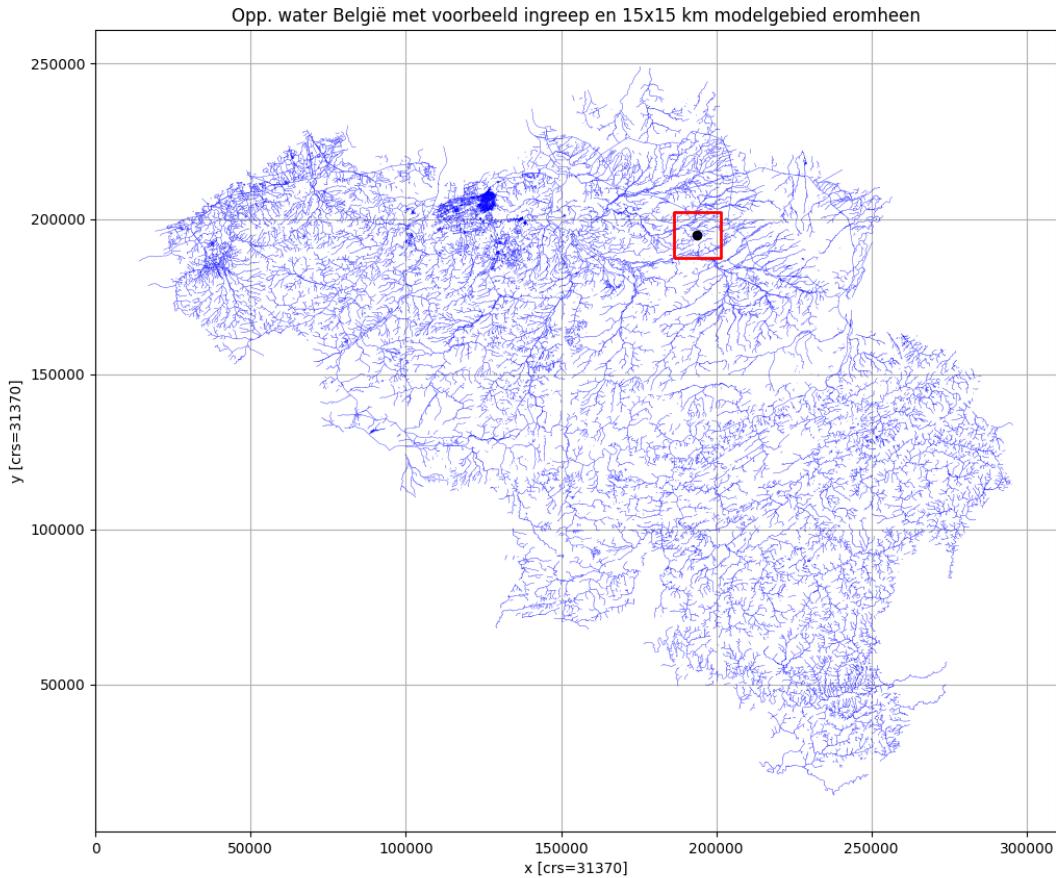
[1](#) geeft een beeld van het „Open Street Map”-bestand (OSM-bestand) van het oppervlaktewater in België omgezet naar het Belgische coördinatensysteem „ESPG:31370”. Het bestand bevat de ligging en naam van het verschillende waterlopen, maar geen informatie over de breedte, diepte of hydraulische weerstand. Voor een prototype model is dat niet erg, maar voor een definitief model is het uiteraard beter om over een compleet bestand te beschikken. Verder is op de kaart aangegeven de (willekeurige) plek van de voorbeeld-ingreep en het modelgebied van 15x15 km erom heen.

Na keuze van de locatie van de ingreep (in dit voorbeeld $x = 193919$, $y = 194774$) wordt een modelgebied van 15x15 km om dit punt genomen en wordt het oppervlaktewater dat zich binnen dit modelgebied bevindt uit het nationale bestand getrokken. Het resultaat is in fig. [2](#) te zien.

Binnen dit modelgebied van 15x15 km wordt een modelnetwerk opgezet bestaande uit rijen en kolommen. De kleinste cel-afmeting is 5x5 m in het centrum, logaritmisch in 50 stappen naar alle zijden oplopend tot de modelrand. Dit netwerk is herkenbaar in fig. [3](#). Voor elke cel in dit netwerk wordt de totale lengte aan oppervlaktewater berekend. Het resultaat is in een blauwtint weergegeven in fig. [3](#). Tenslotte wordt tijdsafhankelijke de verlaging berekend binnen dit model. De default berekeningswijze neemt 50 met een factor 1.1 oplopende tijdstappen eindigend bij 180 dagen. De verlaging na verloop van 180 dagen is weergegeven in fig. [4](#).

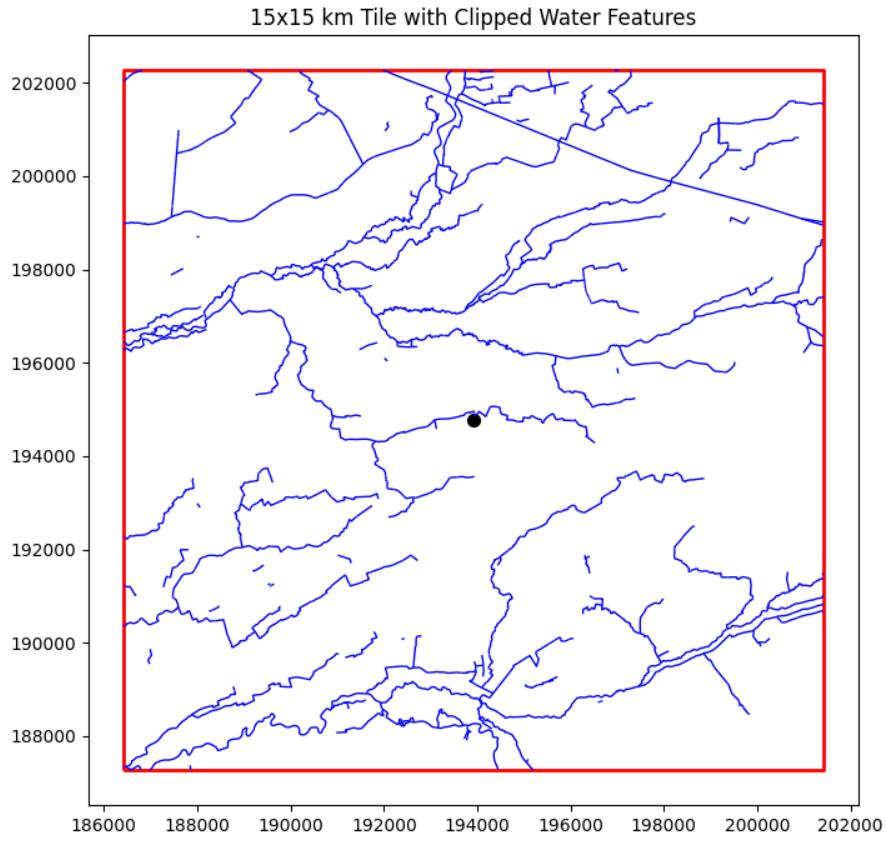
5 Opmerkingen

1. De locatie van de ingreep is willekeurig.
2. De grootte van het model rond de ingreep is standaard gesteld op 15x15 km. Dit zal in de regel voldoende zijn, maar kan uiteraard worden aangepast. De modelrand is geheel gesloten, maar deze randvoorwaarde kan uiteraard worden aangepast, wat naar verwachting niet nodig zal zijn.



Figuur 1: Oppervlaktewater in België (coördinatensysteem EPSG:31370) met locatie van voorbeeld-ingreep ($x = 193919$, $y = 194774$), en modelgebied van 15x15 km rondom

3. De eigenschappen van het freatische pakket op de locatie van de ingreep moet worden verkregen uit een zekere database. Daar deze voor dit prototype nog niet beschikbaar is, wordt in dit prototype gewerkt met een vaste keuze van $k = 10 \text{ m/d}$, $k_x = k_y$, $k_z = k_x/5$ en $S = 0.2$. Voor de pakketdikte wordt voorlopig 30 m genomen.
4. Het oppervlakte water is het betreffende vectorbestand uit de openbare „Open Street Map”. De waterlopen daarin lijken redelijk compleet, maar bevatten geen eigenschappen als breedte, diepte of hydraulische weerstand. Beter is het om een officieel bestand van het Vlaamse oppervlaktewater te gebruiken. Zolang dat niet beschikbaar is moet worden volstaan met bepaald aangenomen eigenschappen zoals in dit prototype een vaste breedte van 5 m en een bodemweerstand van 5 d.
5. De berekening wordt tijdsafhankelijk uitgevoerd in 50 oplopende tijdstappen eindigend op 180 d. Dit kan uiteraard worden aangepast. Ook kan standaard een stationaire eindverlaging worden berekend.
6. Het gekozen voorbeeld betreft een enkele permanente onttrekking van $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{d}$. Dit kan worden aangepast zowel wat betreft de grootte van de onttrekking als het verloop in de tijd. Andersoortige ingrepen zoals een bouwput met vaste verlaging zijn uiteraard ook mogelijk net zoals een peilwijziging van oppervlaktewater. Mogelijk dat dit een aanpassing van het netwerk rond de ingreep vergt, maar



Figuur 2: 15x15 km rondom gekozen voorbeeld-locatie ($x = 193919$, $y = 194774$)

mogelijk is dat niet nodig omdat het gekozen netwerk fijn genoeg is om de meeste ingrepen met voldoende nauwkeurigheid in te modelleren.

7. Tenslotte biedt het model de mogelijkheid om de drainageweerstand van het gehele modelgebied te berekenen. Dit kan door de totale lengte van het oppervlakte van het oppervlakewater binnen het model om te rekenen naar oppervlakeweerstand

$$\frac{Q}{\Delta h} = \frac{L \times w}{c} \rightarrow c = \frac{\Delta h}{Q / (L \times w)}$$

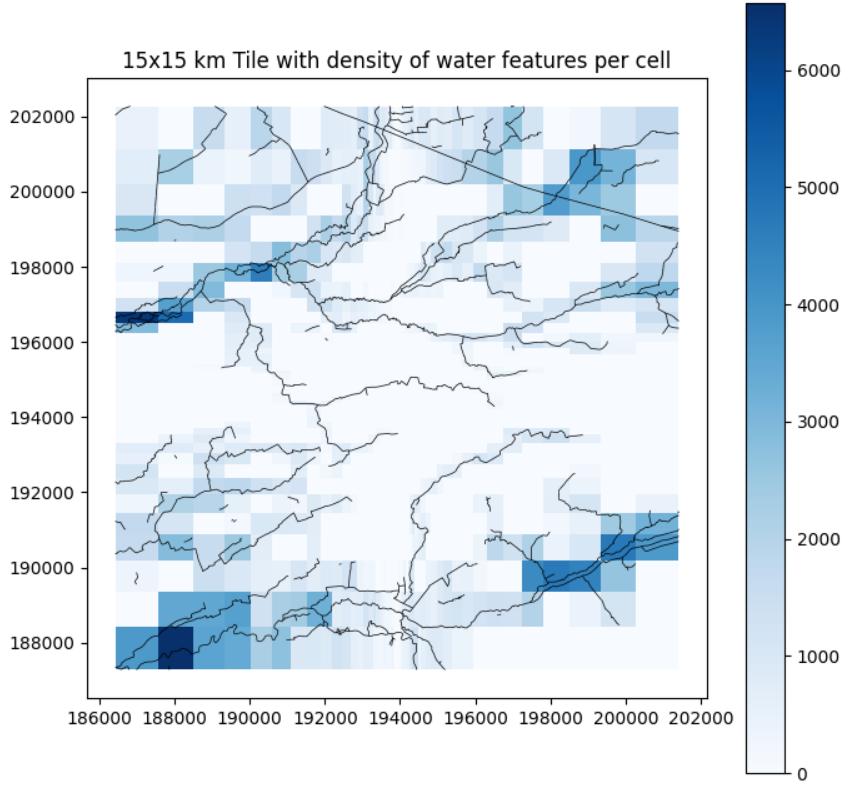
en voor de drainageweerstand

$$c_{dr} = \frac{\Delta h}{q} = \frac{\Delta h}{Q/A}$$

krijgen we

$$c_{dr} = \frac{A}{L \times w} c$$

Met $L \times w$ [m^2] het oppervlak aan open water in het model, A [m^2] het totale oppervlak van het model, c [d] de hydraulische weerstand van het oppervlakewater (bodemweerstand + weerstand door contractie

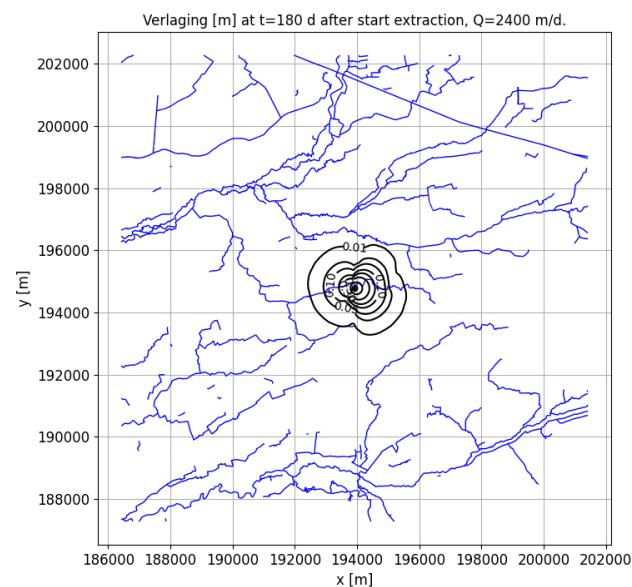


Figuur 3: 15x15 km vlak met zichtbaar modelnetwerk, oppervlaktewater en totale lengte aan oppervlakte-water per modelcel in kleur. De locatie van de ingreep is in het centrum ($x = 193919$, $y = 194774$)

van stroomlijnen) en c_{dr} [d] de drainageweerstand. Deze drainageweerstand is dan de weerstand die zou moeten worden gebuikt indien de verlaging wordt analytisch berekend met de formule van Hantush. De drainageweerstand kan op de beschreven manier worden „gemeten” met het numerieke model.

6 Conclusie

We kunnen de verlaging door een willekeurig ingreep op een willekeurige plek binnen het freatische watervoerende laag numeriek berekenen met een kleinschalig enkellaags eindig differentiemodel met een omvang van bijv. 15x15 km. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het oppervlaktewater zoals dat in werkelijkheid aanwezig is en van de bodemophoubw tet plekke van de ingreep. De selectie het oppervlaktewater binnen de grenzen van het model en het niet-stationair doorrekenen van het model vergt ca. 10 seconden op een PC en lijkt hiermee snel genoeg voor toepassing in een Voortoets. Voordeel is dat rekening wordt gehouden met het oppervlaktewater zoals dat in werkelijkheid aanwezig is, wat niet kan met een grondwaterberekening met analytische formules.



Figuur 4: Berekende verlaging [m] voorbeeld-ingreep, na 180 d onttrekking met $Q = 2400$ m³/d. Modelgebied is 15x15 km