



Vlaanderen
is milieu

BEREKENINGSINSTRUMENT BEMALINGEN VAN EEN BOUWPUT

Handleiding

versie 1.0

DISCLAIMER

De gebruiker staat in voor onderzoek waarbij hij rekening moet houden met het specifieke aspect van zijn project, studie of interesse. Dit verder onderzoek kan bestaan uit het uitvoeren van proeven en metingen, eigen waarnemingen, verder onderzoekswerk, raadplegen van historische gegevens, raadplegen van experts, bijkomende berekeningen e.a.

De Vlaamse Milieumaatschappij kan in geen geval tegenover wie dan ook, op rechtstreekse of onrechtstreekse wijze aansprakelijk gesteld worden voor de gevolgen van welk gebruik dan ook van deze tool, schade te wijten aan het gebruik van deze tool, inzonderheid als gevolg van links of hyperlinks, met inbegrip, zonder beperking, van alle verliezen, werkonderbrekingen, beschadiging van programma's of andere gegevens op het computersysteem, van apparatuur, programmatuur of dergelijke van de gebruiker.



INHOUD

1 Inleiding7

2 Beperkingen bij het gebruik7

3 Rekenmethodes8

4 Gebruik van het tool.....10

 4.1 Het tabblad INPUT-OUTPUT.....11

 4.1.1 INPUT: Administratieve gegevens.....12

 4.1.2 INPUT: Gegevens over de bouwput en de ondergrond.....12

 4.1.3 Bespreking van de in te vullen velden13

 4.1.4 OUTPUT: Debiet en de invloedstraal15

 4.1.5 OUTPUT Rubriek16

 4.1.6 OUTPUT: Verlaging op een bepaalde afstand.....18

 4.1.7 OUTPUT: Verplaatsing van een verontreiniging18

 4.2 Het tabblad Grafiek.....19

5 Exporteren van de berekening23

bijlage 1 : Doorlatendheden voor verschillende grondsoorten24

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Waarschuwingen bij het opstarten van de tool	10
Figuur 2: Inputblok van de administratieve gegevens	12
Figuur 3: Inputblok van de gegevens van de bouwput en ondergrond	13
Figuur 4: Afstand tot centrum en rand van de bouwput en de equivalente straal.....	13
Figuur 5: Input - Voorbeeld foutmelding.....	15
Figuur 6: Outputblok - Debiet en invloedstraal voor de drie gebruikte methodes.....	16
Figuur 7: Outputblok - Rubriekbepaling volgens het debiet bekomen met Dupuit en Verruijt.....	17
Figuur 8: Outputblok - Berekende verlaging volgens de drie methodes.....	18
Figuur 9: Outputblok - Berekende verplaatsing van een verontreiniging ten gevolge van bemaling (retardatie = 8).....	18
Figuur 10: Outputblok - Berekende duur waarop verontreiniging bemaling bereikt (zelfde voorbeeld maar $R = 1$).....	19
Figuur 11: Verlagingscurve van de watertafel en het grondwaterpeil volgens de drie berekeningsmethodes 19	
Figuur 12: Verplaatsing van een verontreiniging in functie van de tijd volgens Dupuit en Verruijt (rekenvoorbeeld $R = 8$)	20
Figuur 13: Verplaatsing van een verontreiniging in functie van de tijd volgens Dupuit en Verruijt (zelfde rekenvoorbeeld maar $R = 1$)	21
Figuur 14: Resultaten van de gevoeligheidsanalyse.....	22

1 INLEIDING

VMM stelt in aanvulling van de in 2019 gepubliceerde [Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu](#), een berekeningsinstrument ter beschikking waarmee eenvoudige bemalingen van bouwputten kunnen berekend worden. Dit Excel rekenblad gebruik je voor het inschatten van het debiet van de bemaling, het berekenen van de invloedstraal en de verlaging van het grondwater op een bepaalde afstand. Daarnaast kan je een inschatting maken van de afstand waarover een verontreiniging zich zal verplaatsen ten gevolge van de bemaling.

Het volstaat niet om enkel deze tool te gebruiken voor aanvragen of meldingen van een omgevingsvergunning. De tool vormt een aanvulling op een bemalingsnota waarin een beschrijving is opgenomen van de ondergrond (op basis van grondig in situ grondonderzoek), een beschrijving van het bemalingsconcept en eventuele risicobepalingen op zettingen, het opbarsten van de bouwput, mogelijke verzilting,... Hierover doet deze tool immers geen uitspraken. **De resultaten van de tool kunnen een aanvulling op de bemalingsnota vormen maar vervangen deze niet.**

De richtlijnen, rekentool en de handleiding kan je downloaden op de website van VMM¹.

2 BEPERKINGEN BIJ HET GEBRUIK

Het gebruik van dit instrument beperkt zich tot een eenvoudige bemaling voor bouwputten in de freatische watervoerende laag en niet voor sleufbemalingen.

De tool maakt gebruik van analytische formules voor het berekenen van de invloedstraal en het debiet. Hierbij gebruiken we de rekenwijze voorgesteld in bijlage 6.11 van de Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu (VMM,2019). Hierin wordt voorgesteld om de stationaire toestand van de bemaling te berekenen op een iteratieve manier. De invloedstraal en het debiet worden hierbij in evenwicht gebracht met de grondwatervoeding (afkomstig van de neerslag) binnen de invloedstraal.

Het afwegingskader voor het gebruik van een berekening aan de hand van een analytische formule of het gebruik van een meer complexe berekeningswijze wordt in de stroomschema's in de bijlage 6.11 van de hierboven vermelde richtlijnen verduidelijkt.

Deze rekentool kan je enkel gebruiken voor eenvoudige bemalingsconcepten (bemaling met verticale filters, vacuümbemaling). Voor bemalingen met een waterremmende wand, spanningsbemalingen of bemalingen waarbij een retourbemaling is voorzien, kan je deze eenvoudige formules niet gebruiken. Ook situaties met een complexe geologische opbouw binnen de afgravingsdiepte kunnen hiermee niet

¹ <https://www.vmm.be/water/grondwater/bemaling/richtlijnen-bemalingen-ter-bescherming-van-het-milieu>

Dit is een uitbreiding op de formule van Dupuit waarbij in de vergelijking rekening gehouden wordt met de grondwatervoeding die binnen de invloedstraal gebeurt. Op de rand van de invloedstraal is er enkel laterale instroming (situatie gelijk aan Dupuit). Als je dichterbij de bemaling komt, bestaat het debiet dat toestroomt uit de laterale component (Dupuit) aangevuld met een component die ontstaat uit grondwatervoeding. In de formule van Dupuit wordt hier geen rekening mee gehouden. Daarin gaat men ervan uit dat op elke afstand binnen de invloedstraal hetzelfde debiet stroomt. Ook voor de formule van Verruijt kan je de invloedstraal en het debiet iteratief berekenen om een evenwichtstoestand te bekomen. De formule van Verruijt wordt door ANB en INBO aanbevolen voor effectbepalingen. In de tool wordt de berekening van de invloedstraal enkel ter informatie toegevoegd zodat de aftoetsing van de effecten ook volgens de aanbevelingen van ANB kan gebeuren.

Hierbij moet vermeld worden dat beide iteratieve methodes (methode 2 en 3) geen rekening houden met een temporele veranderende voeding (bijvoorbeeld winter of zomer) tijdens de duur van de bemaling. De jaargemiddelde grondwatervoeding wordt gebruikt in de berekening.

<p>Formule van Verruijt</p>	
$Qr = - \left(h_0^2 - h_w^2 + \frac{N}{2k}(R^2 - r_w^2) \right) \frac{\pi k}{\ln \left(\frac{r}{R} \right)}$ $h(r)^2 = h_0^2 + \frac{N}{2k}(R^2 - r^2) + \frac{Q_0}{\pi k} \ln \left(\frac{r}{R} \right)$	
<p>Met</p> <p>$h(r)$: freatische grondwaterstand t.o.v. de ondoorlatende basis (m)</p> <p>$h(0)$: stijghoogte op de rand (m)</p> <p>h_w : stijghoogte in de put (m)</p> <p>r : afstand tot de put (m)</p> <p>R : invloedstraal of afstand van de vaste rand tot de put (m)</p> <p>r_w : ligging van de rand van de put (m)</p> <p>Q_0 : grootte van de onttrekking uit de put (m³/dag)</p> <p>$Q(r)$: debiet in de watervoerende laag (m²/dag)</p> <p>k : doorlatendheid van het watervoerend pakket (m/dag)</p> <p>N : grondwatervoeding (m/dag)</p> <p>Verruijt, A. (1970). Theory of Groundwater Flow. Macmillan, London.</p>	

Zoals eerder is vermeld kan je deze analytische formules gebruiken voor volkomen filters (filters van de top van de laag tot aan de ondoorlatende basis). In veel situaties is dit niet het geval en zijn de filters onvolkomen (ze hebben een beperkte diepte). Het berekende debiet moet je in die gevallen met een toeslagfactor vermenigvuldigen (zie richtlijnen bemalingen). De berekening van deze toeslagfactor en de bepaling van het overeenkomstige debiet voor onvolkomen bronnen is opgenomen in de tool.

De formule van Verruijt wordt hieronder in het kader weergegeven.



Met de tool kan je dus het debiet, de afpompingskegel en de invloedstraal berekenen op drie verschillende manieren. Daarnaast kan de tool ook berekenen wat de **verplaatsing is van een verontreiniging** ten gevolge van de bemaling.

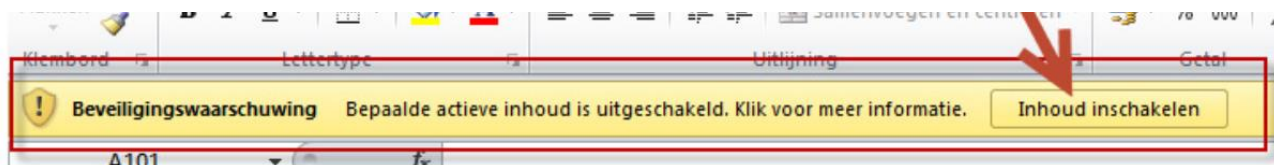
Zowel de afpompingscurve bekomen volgens de formule van Dupuit als deze bekomen volgens Verruijt kan je hiervoor gebruiken. Bij de berekening van de verplaatsing wordt verondersteld dat de afpompingskegel zich onmiddellijk in een evenwichtstoestand bevindt en op het einde van de bemaling ook onmiddellijk verdwijnt.

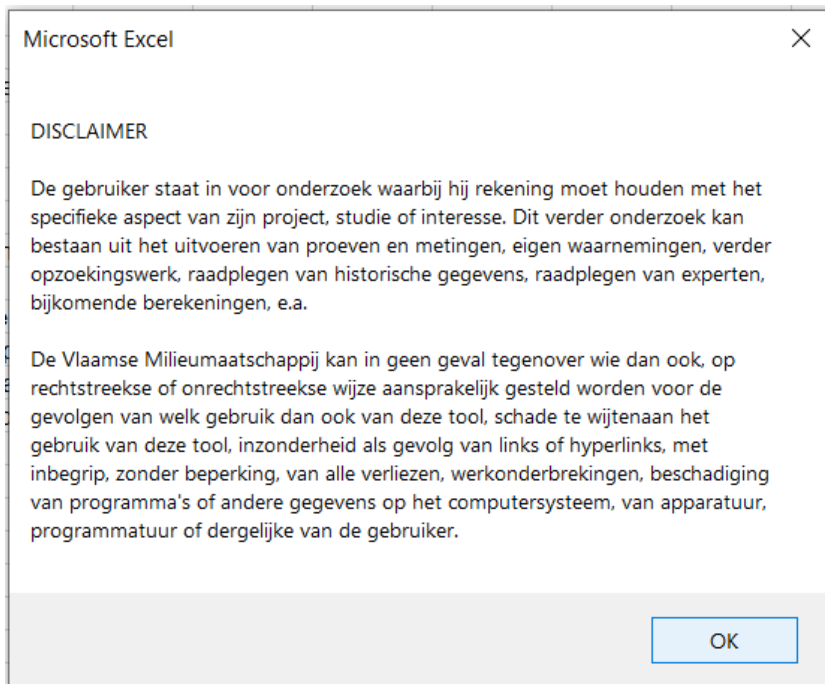
De verplaatsing van de verontreiniging wordt op volgende wijze berekend: op dag 1 van de bemaling wordt nagegaan wat de lokale stijghoogtegradiënt is op de afstand waarop de verontreiniging aangetroffen wordt. Op basis van de lokale gradiënt, de doorlatendheid en de effectieve porositeit kan je de snelheid waarmee het water en de opgeloste pollutant zich verplaatsen berekenen. Na dag 1 wordt voor de nieuwe locatie van de pollutant opnieuw de lokale stijghoogtegradiënt bepaald en wordt opnieuw berekend hoeveel de pollutant zich vervolgens verplaatst. Zo kan dit door gaan tot de pollutant ofwel de bouwput bereikt ofwel tot de bemaling stopt. Als je een retardatiefactor R opgeeft zal de verplaatsing tijdens elke tijdstap aangepast (vertraagd) worden volgens deze retardatiefactor.

4 GEBRUIK VAN DE TOOL

Je downloadt de Excelfile en slaat hem op een zelf gekozen locatie. Bij het opslaan of het openen van de Excelfile kan er een waarschuwing komen dat er macro's ingeschakeld mogen worden. Bevestig deze waarschuwingen. De disclaimer die ook vooraan in deze handleiding is opgenomen, wordt automatisch getoond. Deze moet je telkens bevestigen voor je de tool kan gebruiken.

Figuur 1: Waarschuwingen bij het opstarten van de tool





De Excelfile bestaat uit zes tabbladen.

- Het eerste tabblad ‘INPUT-OUTPUT’ bevat alle input en een synthese van de belangrijkste output. Alle noodzakelijke input vul je hier in. Nergens anders wordt nog bijkomende input van de gebruiker verwacht.
- Het tweede tabblad ‘Grafiek’ bevat grafieken van de afpompingcurves berekend volgens de drie verschillende methodes en een grafiek over de verspreiding van een eventuele verontreiniging.
- Het derde tabblad ‘Gevoeligheidsanalyse’ bevat een berekening van de invloedstraal en het debiet voor kleinere en grotere doorlatendheden dan de gekozen doorlatendheid.
- Het vierde tabblad ‘Berekening’ bevat de details van de berekeningen van het debiet, de invloedstraal en de afpompingcurves volgens de drie methodes. Ook een aantal codetabellen zijn in dit tabblad opgenomen.
- Het vijfde tabblad ‘transport berekening’ bevat de berekeningen voor het transport van een verontreiniging.
- Een zesde tabblad bevat informatie over de versie van de tool.

De tabbladen zijn beveiligd tegen wijzigingen. Hierdoor kan je dus enkel de cellen aanpassen waar input van de gebruiker verwacht wordt. De formules en berekeningen kan je bekijken maar niet aanpassen.

4.1 Het tabblad INPUT-OUTPUT

Dit tabblad bevat twee delen. Bovenaan een INPUT deel en daaronder een OUTPUT deel. Elk deel bestaat uit een aantal blokken. Je vindt er boven deze twee blokken ook een link om te controleren of je met de laatste versie van de tool werkt.



De INPUT bestaat uit twee blokken. Enerzijds een blok waarin je een aantal administratieve gegevens invult en anderzijds een blok waarin je gegevens over de bouwput en de ondergrond invult. De gele cellen zijn verplicht in te vullen cellen. De groene en oranje cellen zijn optioneel.

In het OUTPUT deel moet je niets invullen. Er zijn vier blokken in de output. Een blok waarin de berekende invloedstraal en het debiet worden getoond (volgens de drie rekenmethodes). In een tweede blok zie je de VLAREM rubriek die op basis van de ligging, de verlaging en het berekende debiet wordt bepaald. In de derde blok zie je de berekende verlaging op een gekozen afstand. In de laatste blok wordt de verplaatsing van een pollutant getoond.

4.1.1 INPUT: Administratieve gegevens

De inputblok bestaat uit twee delen. In het eerste deel (Figuur 2) vul je enkele administratieve gegevens (van de bemalingssite) in en beantwoord je de vragen over de ligging van de bemaling. De VLAREM-rubriek van de bemaling hangt af van de ligging van de bemaling ten opzichte van duingebied, groengebied, natuurontwikkelingsgebied, parkgebied of bosgebied of de afstand tot een speciale beschermingszone. Daarnaast moet je ook controleren of de aangevraagde bemaling in een waterwingebied gelegen is.

De ligging ten opzichte van deze gebieden kan bepaald worden op de webpagina van Databank Ondergrond Vlaanderen. Hierop is een [themaloket bemalingen](#) aangemaakt waarin deze gebieden zijn opgenomen.

Figuur 2: Inputblok van de administratieve gegevens

ADMINISTRatieve GEGEVENS VAN DE BEMALINGSSITE							
OMV nummer	OMV20200000	straat	Dokter De Moorstraat	nr	24-26	gemeente	Aalst
aanvrager	VMM						
ingevuld door	Johan Lermytte	datum	15/04/2020				
LIGGING	Gelegen in beschermd duingebied?		NEEN				zie DOV themaviewer bemalingen
	Gelegen in groengebied, natuurontwikkelingsgebied, parkgebied of bosgebied?		NEEN				
	Gelegen in Waterwingebied of beschermingszone Type I of II?		NEEN				
	Afstand tot speciale beschermingszones (habitat richtlijngebied, vogelrichtlijngebied)		1800		in meter		

4.1.2 INPUT: Gegevens over de bouwput en de ondergrond

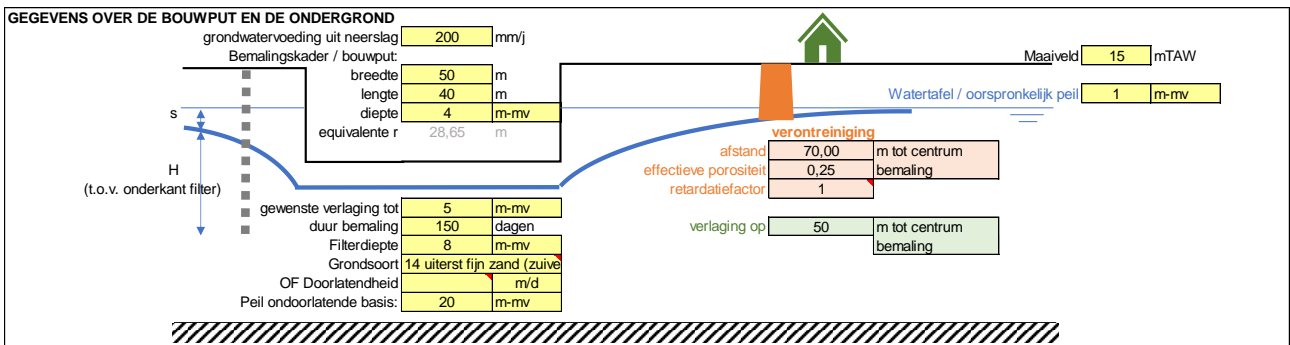
In het tweede deel van de input (Figuur 3) vul je in de gele vakken de dimensies van het bemalingskader (bouwput + eventuele talud), de grondwatervoeding, de oorspronkelijke en gewenste grondwaterstanden, de filterdiepte en de eigenschappen van de ondergrond in. Dit zijn verplichte velden.

Optioneel kan je in het groene vak de afstand tot de bemaling invullen. Voor deze afstand wordt dan de verlaging berekend. Daarnaast kunnen ook gegevens over een eventuele verontreiniging ingevuld worden in de oranje vakken.

Het spreekt voor zich dat alle waarden voldoende moeten onderbouwd zijn op basis van de gekende dimensionering van de bouwput, de opbouw van de ondergrond en locatie en eigenschappen van eventuele verontreinigingen.



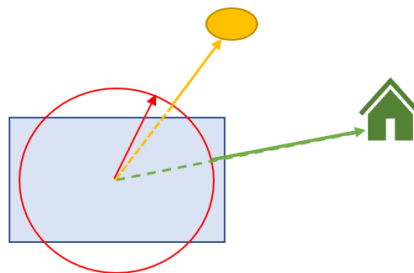
Figuur 3: Inputblok van de gegevens van de bouwput en ondergrond



Je kan alle **peilen** of in mTAW of in m-mv invullen, met uitzondering van het maaiveldpeil dat in mTAW moet ingevuld worden.

Afstanden kan je invullen ten opzichte van het centrum van de bemaling of ten opzichte van de rand van de bemaling. Hierbij moet opgemerkt worden dat de afstand tot de rand van de bemaling eigenlijk overeenkomt met de afstand tot de equivalente straal van het bemalingskader. In Figuur 4 wordt dit wat meer verduidelijkt. In blauw zie je het rechthoekige bemalingskader. In rood is de equivalente straal van het bemalingskader aangeduid. Soms is de straal buiten deze kader gelegen en soms binnen de kader. In groen en oranje zijn de afstanden tot bebouwing en een verontreiniging aangeduid. De stippellijn komt overeen met de afstand tot het centrum van de bouwput terwijl de volle lijnen overeenkomen met de afstanden tot de equivalente straal. Zeker in geval van kleine afstanden is het belangrijke te onthouden dat een afstand tot de rand in feite een afstand tot de equivalente straal is.

Figuur 4: Afstand tot centrum en rand van de bouwput en de equivalente straal



4.1.3 Bespreking van de in te vullen velden

De **grondwatervoeding** is van plaats tot plaats verschillend. Een waarde van 200 mm/j is een goede inschatting van het gemiddelde voor Vlaanderen. Indien je op basis van lokale omstandigheden (bvb. in een verstedelijkte omgeving met een kleinere grondwatervoeding) een betere onderbouwde inschatting kan maken, kan je de waarde aanpassen.

De **breedte en lengte (in m) van het bemalingskader** moeten ingevuld worden. Het bemalingskader is meestal groter dan de bouwput zelf, bv. als er een talud uitgegraven wordt. Uit deze gegevens wordt de equivalente straal van het bemalingskader berekend. Daarnaast moet ook de **diepte** van de bouwput ingevoerd worden.



grondwatervoeding uit neerslag

200	mm/j
-----	------

 Bemalingskader / bouwput:
 breedte

50	m
----	---

 lengte

40	m
----	---

 diepte

4	m-mv
---	------

 equivalente r

28,65	m
-------	---

Rechts vul je de gegevens over de **maaiveld**hoogte (steeds in mTAW) in en het **oorspronkelijke grondwaterpeil**. De maaiveldhoogte in mTAW kan je opzoeken in de themaviewer voor bemalingen in DOV. Het oorspronkelijke grondwaterpeil wordt in principe opgemeten op het terrein en kan afgeleid worden uit de bemalingsnota.

Maaiveld

0	mTAW
---	------

 Watertafel / oorspronkelijk peil

1	m-mv
	mTAW
	m-mv

Vervolgens geef je de **gewenste verlaging** en de **duur** van de bemaling op. De gewenste verlaging is minstens 0,5 m onder het beoogde diepste uitgravingspeil.

De **filterdiepte** van de winningsputten of filterputten van de bemaling moet ingevoerd worden (in m-mv of mTAW). Dit is de einddiepte van de putten of filters. Dit wordt gebruikt om de dikte van het toestromende pakket te bepalen.

gewenste verlaging tot

6	m-mv
---	------

 duur bemaling

400	dagen
-----	-------

 Filterdiepte

8	m-mv
---	------

Daarnaast moeten een aantal eigenschappen van de ondergrond ingevoerd worden. Je kan zelf een waarde voor de **doorlatendheid** invullen in m/d of in m/s. Je kan er ook voor kiezen om een **grondsoort** aan te duiden uit de keuzelijst. Voor deze grondsoort wordt dan door de tool een gepaste doorlatendheid gebruikt (zie bijlage 1). De overeenkomstige waarde kan je zien in het tabblad 'Berekening'. Let er op dat je ofwel een doorlatendheid opgeeft ofwel een grondsoort kiest. Beiden invullen kan niet (er wordt een waarschuwing gegeven indien je dit wel doet).

Het **peil van de ondoorlatende basis** (of eerste belangrijke kleilaag) moet je ook opgeven in m-mv of mTAW. Samen met de diepte van de filters wordt hiermee de toeslagfactor voor onvolkomen bronnen automatisch bepaald.

Grondsoort

14 uiterst fijn zand (zuiver)

 OF Doorlatendheid

m/d

 Peil ondoorlatende basis:

20	m-mv
----	------

Indien je de **verlaging op een bepaalde afstand** wil kennen dan kan je deze afstand invullen in het groen vak (in m). Je kan kiezen of je deze afstand opgeeft ten opzichte van het centrum van de bemalingsput of vanaf de rand van de bemaling (zie uitleg figuur 4).



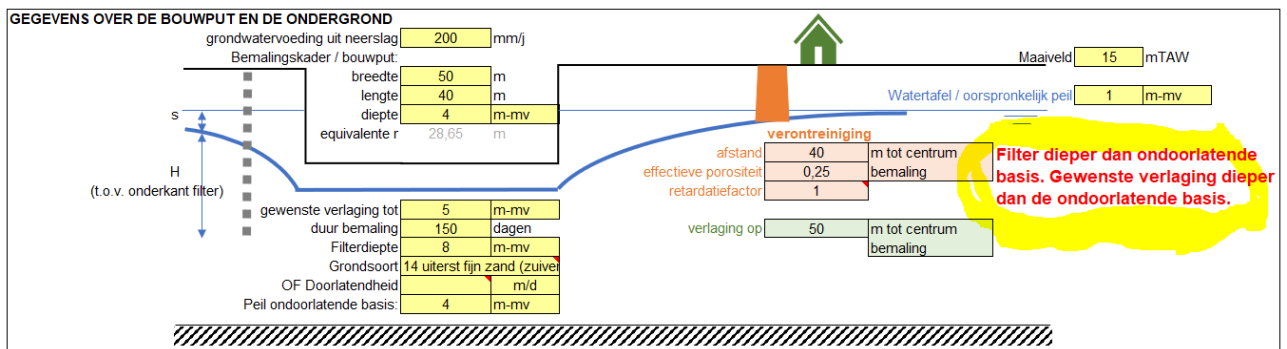
verlaging op	50	m tot centrum bemaling
--------------	----	------------------------

Tenslotte kan je de afstand waarop een verontreiniging voorkomt opgeven waarvoor je de verplaatsing ten gevolge van de bemaling wil kennen. Hiervoor moet je naast de **afstand van de verontreiniging t.o.v. de bemaling** ook de **effectieve porositeit** van de ondergrond en eventueel een **retardatiefactor** opgegeven. De retardatiefactor is verschillend per pollutant en type ondergrond. De retardatiefactor van de (meest mobiele) pollutant kan opgezocht worden in de verslagen van het betreffende bodemonderzoek en/of bodemsanering. Onderbouw dus steeds je keuze. Als je deze niet kan onderbouwen gebruik je retardatiefactor 1 (geen retardatie, conservatief transport) wat overeenkomt met de meest kritische situatie.

afstand	70	m tot centrum bemaling
effectieve porositeit	0,25	
retardatiefactor	1	

Opmerking: Indien je fouten maakt bij de invoer die tot onlogische combinaties leiden wordt er in de meeste gevallen een waarschuwing gegeven. Kijk de consistentie van je input steeds goed na. In het voorbeeld (Figuur 5) is de diepte van de ondoorlatende basis 4 m terwijl men een verlaging van 5 m wenst en filterputten van 8 m worden geplaatst.

Figuur 5: Input - Voorbeeld foutmelding



4.1.4 OUTPUT: Debiet en de invloedstraal

Het **dagdebiet** en de **invloedstraal** worden volgens de drie berekeningsmethodes getoond.

De volgens Sichardt berekende invloedstraal is enkel van toepassing voor de eerste dagen van de bemaling en kan je niet gebruiken voor de effectbepaling binnen de invloedstraal. Zoals uitgelegd bij de rekenmethodes kan het debiet berekend volgens Sichardt enkel gebruikt worden voor de inschatting van initiële debiet gedurende de eerste 5 dagen van de bemaling.



De invloedstraal van de bemaling volgens Dupuit of Verruijt (berekend overeenkomstig methode 2 en 3) kan je wel gebruiken voor de effectbepaling van de bemalingen. De invloedstraal wordt hier gedefinieerd als de afstand waarop een verlaging van 5 cm berekend wordt. Het bijhorende debiet, bekomen volgens Dupuit, komt overeen met het **stationair debiet**. Dit debiet kan gebruikt worden om het volume dat zal opgepompt worden over de overige duur van de bemaling te berekenen.

De eventuele toeslag voor onvolkomen filters wordt ook automatisch mee verrekend.

Figuur 6: Outputblok - Debiet en invloedstraal voor de drie gebruikte methodes

DEBIET en INVLOEDSTRAAL					
Begin van de bemaling - debiet en invloedstraal volgens Dupuit en Sichardt					
Invloedstraal	70.7	m vanaf de rand			
Initiële debiet	12.6	m ³ /u	--->	303	m ³ /d
Onvolkomen debiet	15.8	m ³ /u	--->	379	m ³ /d
				1894	volume in m ³ voor eerste 5 dagen
Stationaire toestand volgens DUPUIT - debiet en invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding					
Invloedstraal	263	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)			
Stationair debiet	6.6	m ³ /u	--->	160	m ³ /d
Onvolkomen stationair debiet	8.3	m ³ /u	--->	199	m ³ /d
				28912	volume in m ³ resterende duur
Stationaire toestand volgens VERRUIJT - invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding					
Invloedstraal	246	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)			

4.1.5 OUTPUT Rubriek

De tool berekent het dag- en jaardebiet, de bijhorende rubriek en de klasse van de rubriek (Figuur 7).

Het debiet berekend volgens Sichardt wordt als **maximaal dagdebiet** gebruikt. Het maximale jaardebiet wordt berekend op basis van het stationaire debiet volgens Dupuit.)

Het **maximaal jaardebiet** is als volgt berekend: de eerste 5 dagen aan het initiële dagdebiet (Sichardt) en de rest van de duur aan het stationaire dagdebiet. Indien de bemaling langer dan 1 jaar duurt dan wordt dit als volgt berekend: 5 dagen aan het initiële debiet en 360 dagen aan het stationaire debiet.

Op basis van de ligging van de bemaling, de gewenste bemalingsdiepte, het berekende maximale dagdebiet en het jaardebiet wordt automatisch de toepasselijke **VLAREM rubriek en bijhorende klasse** van de rubriek bepaald. In de [indelingslijst uit Bijlage 1 van VLAREM II](#) vind je de volledige omschrijving van de rubrieken. Indien meerdere rubrieken van toepassing zijn, worden de verschillende rubrieken en de strengste klasse getoond.

Opmerking: Indien een lager maximaal dagdebiet zal gepompt worden dan hier berekend, door bijvoorbeeld een te kleine pompcapaciteit, kan in de aanvraag een lager debiet aangevraagd worden en kan een andere rubriek van toepassing zijn.



Figuur 7: Outputblok - Rubriekbepaling volgens het debiet bekomen met Dupuit en Verruijt

RUBRIEK	volgens DUPUIT	link indelingslijst
max dagdebiet	379	m³/d
max jaardebiet	30807	m³/j
rubriek	53.2.2°b)2°	
klasse	2	



4.1.6 OUTPUT: verlaging op een bepaalde afstand

In de input kan je optioneel een afstand tot de rand van het bemalingskader of tot het centrum van de bemaling opgeven in de groene cel. Voor deze afstand is de verlaging volgens de drie berekeningsmethodes berekend. Als de gekozen afstand buiten de invloedstraal ligt wordt dit gemeld.

Figuur 8: Outputblok - Berekende verlaging volgens de drie methodes

VERLAGING OP EEN AFSTAND					
afstand tot rand bemaling (m)	afstand tot centrum bemaling (m)	H (verzadigde dikte t.o.v. onderkant filter in m)	h (mTAW)	verlaging s t.o.v. oorspr. peil (m)	Peil (m-mv)
21,35	50,00	5,19	12,19	1,81	2,81
		4,29	11,29	2,71	3,71
		4,50	11,50	2,50	3,50

berekend volgens DUPUIT / SICHARD
 berekend volgens DUPUIT/ voeding
 berekend volgens VERRUIJT/ voeding

4.1.7 OUTPUT: Verplaatsing van een verontreiniging

Je kan de verplaatsing van een verontreiniging berekenen. Hiervoor wordt de afstand tot de bemaling, de doorlatendheid, de effectieve porositeit, de retardatiefactor en de gradiënt van de verlagingscurve gebruikt. Die laatste wordt met Dupuit en Verruijt berekend. Indien de pollutant tot in de bemaling wordt gepompt, wordt het berekende tijdstip getoond waarop dit gebeurt (Figuur 10). Als de pollutant niet tot in de bemaling gepompt wordt, zie je hoeveel de verontreiniging over de totale duur van de bemaling zich heeft verplaatst (Figuur 9).

Figuur 9: Outputblok - Berekende verplaatsing van een verontreiniging ten gevolge van bemaling (retardatie = 8)

VERPLAATSING VERONTREINIGING
Berekend met afpompskegel volgens DUPUIT
Verplaatsing na 150 dagen: 5,86 m
Berekend met afpompskegel volgens VERRUIJT
Verplaatsing na 150 dagen: 6,47 m

In dit voorbeeld is de duur van de bemaling 150 dagen. Na 150 dagen is er een verplaatsing van 5,86 of 6,47 meter gebeurd voor een pollutant die zich op een afstand van 70 m bevond (vanaf centrum bouwput) en een retardatiefactor 8 had.

In het geval de retardatiefactor 1 was (geen vertraging en dus een worst case inschatting als niet meer gegevens bekend zijn) dan bereikt de pollutant de bemaling na 79 dagen (Verruijt) of 88 dagen (Dupuit).



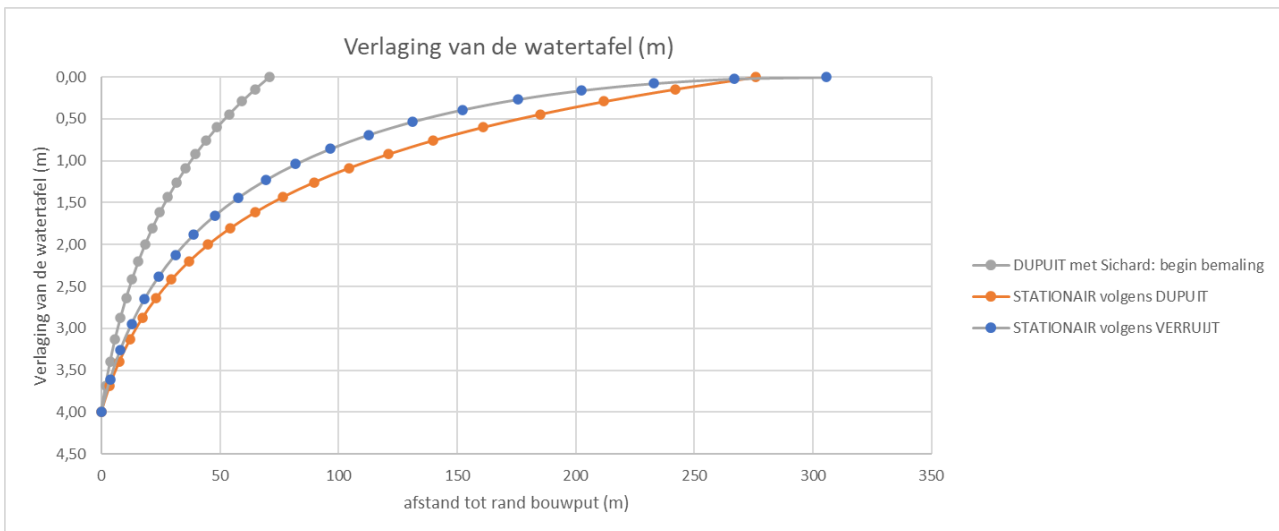
Figuur 10: Outputblok - Berekende duur waarop verontreiniging bemaling bereikt (zelfde voorbeeld maar R = 1)

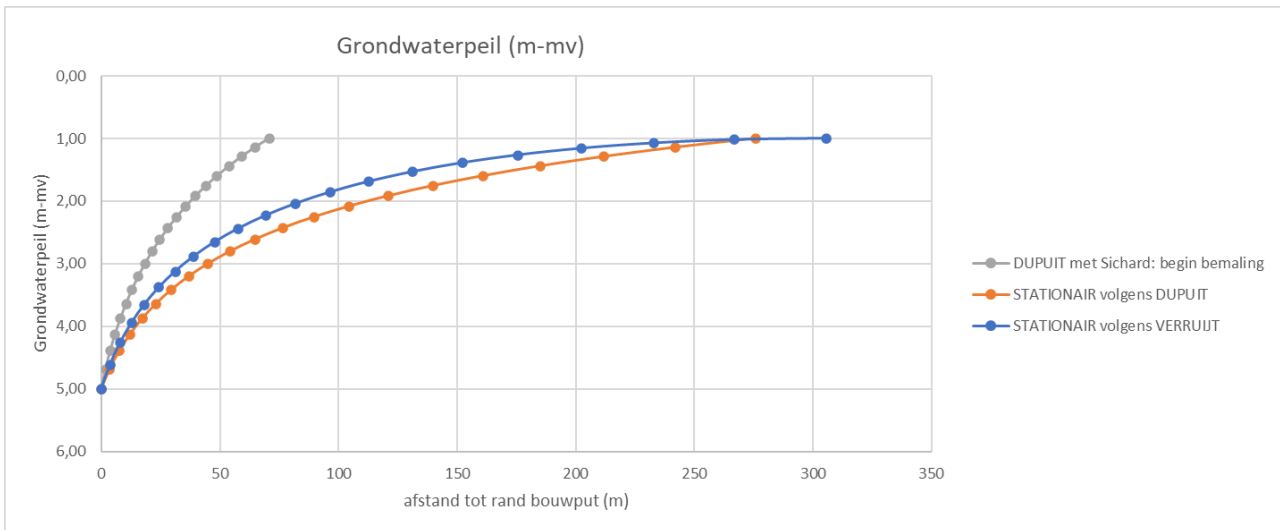
VERPLAATSING VERONTREINIGING
Berekend met afpompingskegel volgens DUPUIT
Verontreiniging bereikt bemaling na 88 dagen
Berekend met afpompingskegel volgens VERRUIJT
Verontreiniging bereikt bemaling na 79 dagen

4.2 Het tabblad Grafiek

In het tabblad 'Grafiek' zie je drie grafieken. De eerste twee (Figuur 11) tonen de verlagingcurves berekend volgens de drie methodes. Hierop kan je de verlaging op verschillende afstanden aflezen voor de drie berekeningswijzen. In de bovenste grafiek lees je de verlaging af ten opzichte van de oorspronkelijke watertafel (in m), in de tweede grafiek lees je de grondwaterpeil ten opzichte van het maaiveld af (in m-mv). Als je de verlaging of het peil voor een wel bepaalde afstand nauwkeuriger wil kennen vul je die afstand best in in de groene cel van het INPUT-OUTPUT tabblad.

Figuur 11: Verlagingcurve van de watertafel en het grondwaterpeil volgens de drie berekeningsmethodes

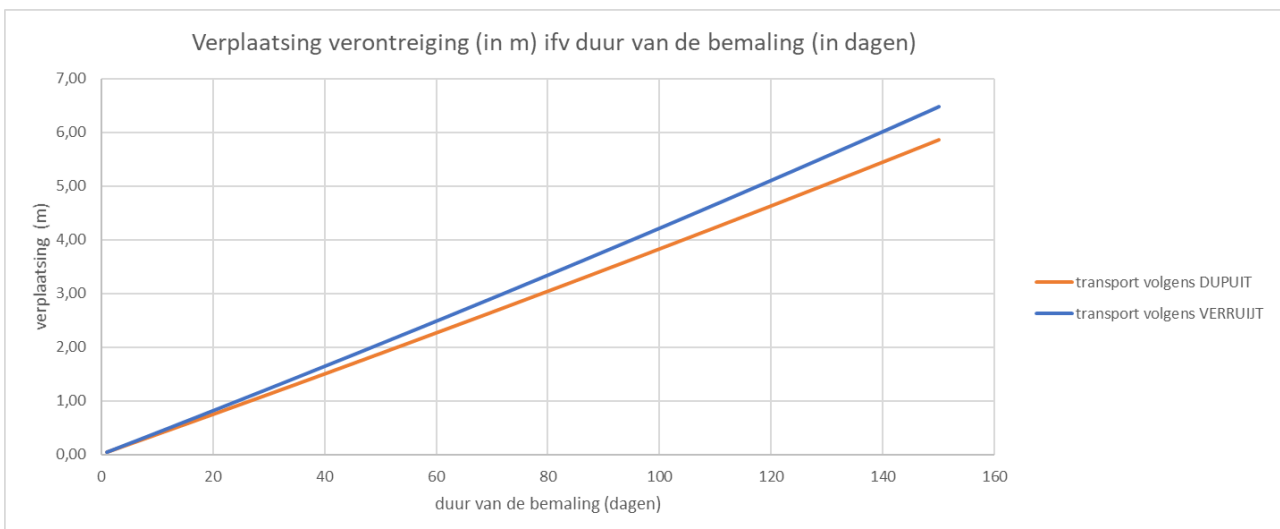




Op deze grafieken zie je duidelijk dat de invloedstraal berekend volgens Sichardt een onderschatting is ten opzichte van de invloedstralen berekend met de iteratieve manier rekening houdend met de grondwatervoeding vanuit de neerslag binnen de invloedstraal. Je kan ook zien dat de afpompcurve berekend volgens Verruijt iets bolliger is. Op grotere afstand is de gradiënt kleiner dan bij Dupuit maar op kleinere afstand wordt deze groter. Het debiet en de invloedstraal volgens Verruijt zijn groter maar de bekomen verlagingen zijn kleiner.

In de derde grafiek (Figuur 12) zie je de verplaatsing van de verontreiniging die je in het tabblad INPUT-OUTPUT hebt gedefinieerd. De verplaatsing is berekend voor zowel de gradiënt van de verlagingcurve volgens Dupuit als deze volgens Verruijt.

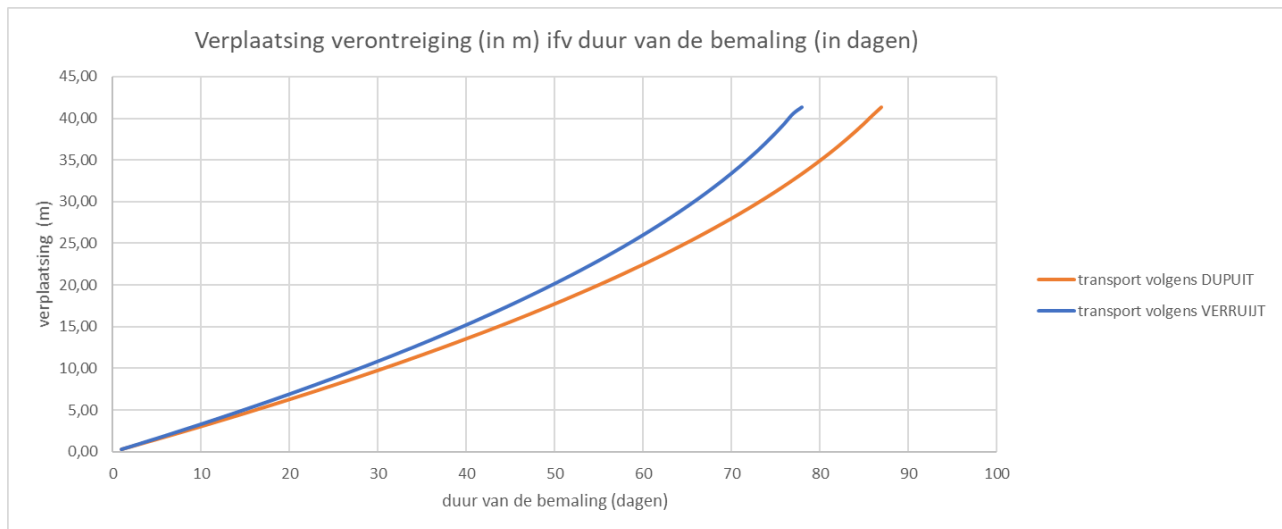
Figuur 12: Verplaatsing van een verontreiniging in functie van de tijd volgens Dupuit en Verruijt (rekenvoorbeeld $R = 8$)



In dit voorbeeld is de duur van de bemaling 150 dagen. Na 150 dagen is er een verplaatsing van 5,86 of 6,47 meter gebeurd voor een pollutant die zich op een afstand van 70 m bevond en een retardatiefactor 8 had. De grafiek toont het verloop voor de totale duur van de bemaling (150 dagen).

Indien de retardatiefactor in hetzelfde rekenvoorbeeld op 1 gezet wordt, krijg je een ander verloop van de grafiek te zien (Figuur 13). In de grafiek zie je dat beide curves op een verschillend tijdstip stoppen (na 88 en 79 dagen) op een afstand die overeenkomt met de oorspronkelijke afstand van de pollutant tot de bemaling. De verontreiniging kan dus maximaal 41,35 m verplaatsen.

Figuur 13: Verplaatsing van een verontreiniging in functie van de tijd volgens Dupuit en Verruijt (zelfde rekenvoorbeeld maar $R = 1$)



4.3 Het tabblad Gevoeligheidsanalyse

In veel gevallen is de doorlatendheid van de ondergrond niet goed gekend. Daarom is het van belang een gevoeligheidsanalyse voor de doorlatendheid uit te voeren. In dit tabblad worden de invloedstraal, de afstand met een verlaging van 5cm en het debiet berekend voor de gedefinieerde bemaling, met verschillende doorlatendheden. De doorlatendheid die in het tabblad INPUT-OUTPUT werd opgegeven wordt hiervoor gedeeld door 5 en 2 en vermenigvuldigd met 2 en 5.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse worden in de tabel en in twee grafieken verduidelijkt. In de eerste grafiek zie je voor de verschillende doorlatendheden de afpompingcurve met aanduiding van de afstand met 5 cm verlaging. In de tweede grafiek zie je invloed van de verschillende doorlatendheden op het totaal op te pompen debiet voor de gevraagde bemaling.



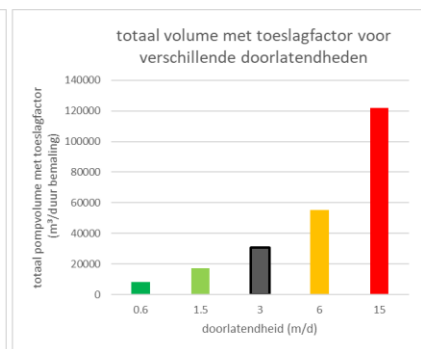
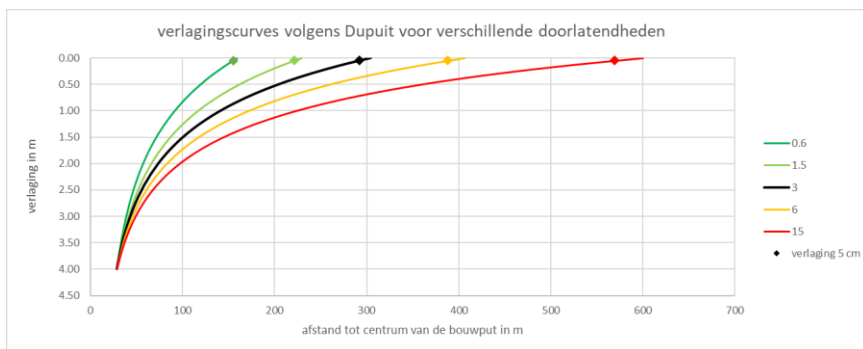
Figuur 14: Resultaten van de gevoeligheidsanalyse

Gevoeligheid voor de gekozen doorlatendheid K

enkel uitgevoerd voor Dupuit in evenwicht met de voeding uit neerslag

originele K-waarde 3 m/d

		factor				
		0.2	0.5	1	2	5
		0.6	1.5	3	6	15
Sichard						
	debiet (m ³ /u)	2.5	6.3	12.6	25.3	63.2
	debiet (m ³ /d)	61	152	303	606	1516
	invloedstraal (m)	31.6	50.0	70.7	100.0	158.1
Dupuit met voeding uit neerslag						
	debiet (m ³ /u)	1.8	3.8	6.6	11.8	25.8
	debiet (m ³ /d)	44	91	160	284	620
	invloedstraal (m)	160	229	304	406	600
	verlaging 5 cm op afstand (m)	155	221	292	388	569
	totaal volume van bemaling	6667	13895	24646	44253	97432
	totaal volume met toeslagfactor	8333	17369	30807	55316	121790
Verruijt met voeding uit neerslag						
	debiet (m ³ /u)	2.3	4.6	8.0	14.0	30.0
	debiet (m ³ /d)	56	111	192	337	720
	invloedstraal (m)	180	255	334	442	647
	tussenstap berekening	5	5	6	6	6
	verlaging 5 cm op afstand (m)	153	212	274	358	514



5 EXPORTEREN VAN DE BEREKENING

Je kan de twee tabbladen 'INPUT-OUTPUT' en 'Grafiek' samen selecteren en vervolgens opslaan als PDF of exporteren als PDF. Deze PDF file kan je in de omgevingsvergunningsaanvraag toevoegen als verantwoording van het aangevraagde of gemelde debiet.

Het volstaat niet enkel deze export toe te voegen aan de aanvraag. Er wordt ook verwacht dat een grondig in situ grondonderzoek uitgevoerd wordt zodat de gekozen input voldoende onderbouwd is. Indien nodig moet een risicobepaling op zettingen, opbarsten van de bouwput, verzilting,...uitgevoerd worden en toegevoegd worden aan de aanvraag. Hierover doet deze tool immers geen uitspraken.



bijlage 1 : Doorlatendheden voor verschillende grondsoorten

Grondsoort	Doorlatendheid (m/d)
zware klei	0,0001
potklei	0,001
matig zware klei	0,01
zandige klei	0,05
keileem	0,05
veen	0,01
kleiig veen	0,005
sterk zandig veen	0,05
leem/löss	0,05
zandige leem	0,3
lichte zavel	0,5
uiterst fijn zand (kleiig)	0,5
uiterst fijn zand (zwak kleiig)	2
uiterst fijn zand (zuiver)	3
zeer fijn zand (kleiig)	1
zeer fijn zand (zwak kleiig)	4
zeer fijn zand (zuiver)	6
matig fijn zand (kleiig)	3
matig fijn zand (zwak kleiig)	10
matig fijn zand (zuiver)	15
matig grof zand (kleiig)	5
matig grof zand (zwak kleiig)	20
matig grof zand (zuiver)	30
zeer grof zand (kleiig)	10
zeer grof zand (zwak kleiig)	35
zeer grof zand (zuiver)	55
uiterst grof zand (kleiig)	50
uiterst grof zand (zwak kleiig)	150
uiterst grof zand (zuiver)	250
teelaarde	5
schelpen	30
duinzand	7
grof zand	30
zeer grof zand	80
uiterst grof zand	200
fijn grind	1000
grof grind	10000

Bron: Grondwaterzakboekje 2016, Bram Bot

