



# bodeminzicht

Rapport

**indicatief infiltratieonderzoek  
Dakworm ong te Bakel**

*Bezoekadres* Jekschotstraat 12  
*Postcode en plaats* 5465 PG Veghel  
*Telefoon* 0413 287068  
*Telefax* 0413 474056  
*e-mail* [Info@bodem-inzicht.nl](mailto:Info@bodem-inzicht.nl)  
*internet* [www.bodem-inzicht.nl](http://www.bodem-inzicht.nl)

*Status* Definitief  
*Versie* 1

*Aantal pagina's* 10  
*Datum* 30 oktober 2019

Bodeminzicht en partijen die een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming van dit rapport hebben op geen enkele wijze een relatie met de opdrachtgever en zijn geen belanghebbenden bij de onderzochte locatie. Bodeminzicht garandeert hiermee derhalve dat een volledig onafhankelijk en onpartijdig onderzoek is uitgevoerd.

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Achtergronden .....</b>	<b>4</b>
2.1	Terreingegevens.....	4
2.2	Bodem- en geohydrologische gegevens .....	4
2.3	Achtergronden bij infiltratie van hemelwater in de bodem .....	4
2.4	Situering toekomstige infiltratievoorziening.....	5
<b>3</b>	<b>Uitgevoerd onderzoek .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>7</b>
4.1	Veldwerkzaamheden .....	7
4.2	Infiltratieproeven .....	8
<b>5</b>	<b>Conclusie .....</b>	<b>10</b>



## 1 Inleiding

In opdracht van [REDACTED] heeft Bodeminzicht in oktober 2019 een indicatief infiltratieonderzoek uitgevoerd op een locatie gelegen aan de Dakworm ong te Bakel gericht op de capaciteit van de bodem met betrekking tot de infiltratie van hemelwater.

Aanleiding voor het uitvoeren van het indicatief infiltratieonderzoek is de geplande bestemmingswijziging van het plangebied.

Doel van het onderzoek is het bepalen van de doorlatendheid (de K-waarde) en daarmee de infiltratiemogelijkheden van de bodem ter plaatse van de toekomstige voorzieningen.

In dit rapport wordt ingegaan op de beschikbare gegevens en de onderzoeksopzet, de uitvoering en de resultaten van het veldonderzoek.



## 2 Achtergronden

### 2.1 Terreingegevens

De ligging van de infiltratielocatie is weergegeven in de kaartbijlage bij paragraaf 2.4. In de kaartbijlage bij paragraaf 4.1 is een overzicht van de locatie met situering van de boorpunten weergegeven. In onderstaand overzicht zijn de algemene gegevens van de locatie opgenomen.

Adres onderzoekslocatie	:Dakworm ong te Bakel
Gemeente	:Gemert-Bakel
Kadastrale registratie	:gemeente Bakel en Milheeze, sectie N, nummer 1426
Oppervlakte	:100 m <sup>2</sup>
Huidig perceelgebruik	:agrarisch, akker

### 2.2 Bodem- en geohydrologische gegevens

<i>Bodemopbouw</i>			
<i>deklaag</i>	fijn tot matig grof zand. Plaatselijk komt leem, klei en veen voor.	Nuenengroep	0-4 m-mv
<i>eerste watervoerend pakket</i>	matig tot zeer grove grindrijke zanden, met plaatselijk een kleilaag.	Formatie van Sterk-sel/Veghel	4-60 m-mv
<i>scheidende laag</i>	kleihoudende afzettingen	Kedichem/Tegelen	60 m-mv en verder
<i>hydrologie</i>			
<i>diepte freatisch grondwater</i>	2,7 m-mv		
<i>stromingsrichting</i>	noordwestelijk		

### 2.3 Achtergronden bij infiltratie van hemelwater in de bodem

De infiltratiecapaciteit van de ondergrond verschilt per type ondergrond. Bij de dimensionering van een infiltratievoorziening is het van belang uit te gaan van een zo correct mogelijke inschatting van de infiltratiecapaciteit. Infiltratietesten zijn een hulpmiddel om een inschatting te maken van de infiltratiecapaciteit van de ondergrond. Het heeft echter weinig zin om de infiltratiecapaciteit te testen van gronden waarvan op basis van literatuurgegevens een veel te kleine doorlaatbaarheid wordt verwacht (klei, leem en veen).

De ondergrond bestaat uit een onverzadigde en een verzadigde zone. De doorlaatbaarheid (of doorlatendheid of infiltratiecapaciteit) van beide zones wordt gekarakteriseerd door de hydraulische geleidbaarheid  $K$ . In de verzadigde zone is de hydraulische geleidbaarheid een constante ( $K_{sat}$ ), in de onverzadigde zone is dit niet het geval. In de onverzadigde zone speelt de zuigcapaciteit van de bodem een belangrijke rol en is de hydraulische geleidbaarheid een functie van die zuigcapaciteit, die op haar beurt weer een functie is van het watergehalte van de bodem. Zo zal bij een initieel drogere bodem de infiltratiesnelheid groter zijn dan bij een initieel vochtige bodem. De infiltratiesnelheid zal afnemen naarmate het watergehalte in de bodem stijgt, totdat de bodem verzadigd raakt en de infiltratiesnelheid een constante waarde benadert. Het is aan te raden deze constante waarde te gebruiken als (veilige) waarde voor de infiltratiecapaciteit bij de dimensionering en de berekening van het ledigingsdebiet van de infiltratievoorziening.

Figuur 2 geeft aan dat de infiltratiecapaciteit van een droge bodem veel groter is dan de infiltratiecapaciteit van een volledig verzadigde bodem. Dit betekent dat het beter is te voorkomen dat de infiltratie leidt tot langdurige vernatting, omdat dit de effectiviteit van een infiltratievoorziening sterk vermindert. Bij de interpretatie van infiltratiemetingen als door ons uitgevoerd (omgekeerde boorgatmethode) wordt met bovengenoemde processen rekening gehouden. De capaciteit van een infiltratievoorziening verminderd met de tijd door colmatatie (dichtslibbing), een goede aanleg en onderhoud zijn noodzakelijk om de infiltratiecapaciteit te blijven garanderen.





### 3 Uitgevoerd onderzoek

Op 17 oktober 2019 zijn de veldwerkzaamheden uitgevoerd. Ten tijde van uitvoering van het onderzoek was de wijze van infiltreren bekend.

Om een beeld van de doorlatendheid van de bodem ter plaatse van de infiltratievoorzieningen te verkrijgen, is een infiltratieproef uitgevoerd.

De boring is doorgeboord tot 1,2 m-mv. Per boring is een boorbeschrijving conform NEN 5104 opgesteld. In het proefgat is een PVC-filter geplaatst (volledig geperforeerd, diameter 7 cm). Het filtermateriaal zorgt ervoor dat het boorgat niet instort tijdens de proef. Allereerst is de grond rondom het filter verzadigd door een ruime hoeveelheid water via het filter te laten infiltreren, waarbij het boorgat enige tijd volledig vol water staat.

Nadat de bodem verzadigd is, is per boring een infiltratieproef uitgevoerd. Bij één boring is ter verificatie van de betrouwbaarheid van de resultaten een duplo-bepaling uitgevoerd. De uitgevoerde proef is een niet steady-state infiltratieproef (omgekeerde boorgat-methode) waarmee de verzadigde doorlatendheid wordt bepaald. Vanwege de praktisch zeer moeilijk uit te voeren steady-state proef (constant debiet en waterpeil) is gekozen voor de niet steady-state infiltratieproef waarbij het waterniveau in het boorgat afneemt in de tijd. Het filter in het boorgat wordt wederom gevuld met water waarna per deeltraject van 5 cm de verstreken tijd wordt gemeten. Hiermee wordt de snelheid bepaald waarmee het water uit het boorgat de bodem in zakt. De maximale duur van de proef bedraagt 15 minuten.

Op basis van de metingen wordt de doorlatendheid van de bodem bepaald.

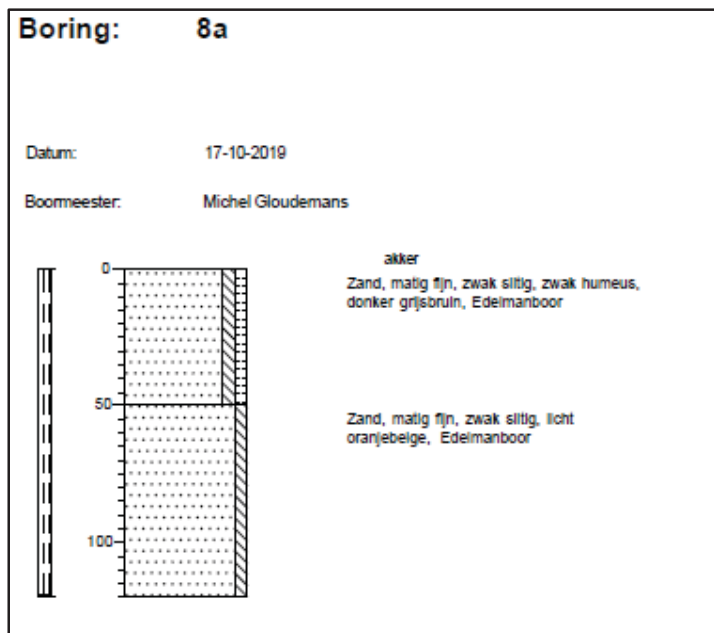
De positie van de in dit onderzoek verrichte boringen zijn ingemeten ten opzichte van een vast punt en op de plattegrond van bijlage 2 weergegeven.



## 4 Resultaten

### 4.1 Veldwerkzaamheden

Het opgeboorde materiaal is beoordeeld op kleur, textuur, bijmenging(en) en eventuele bijzonderheden.

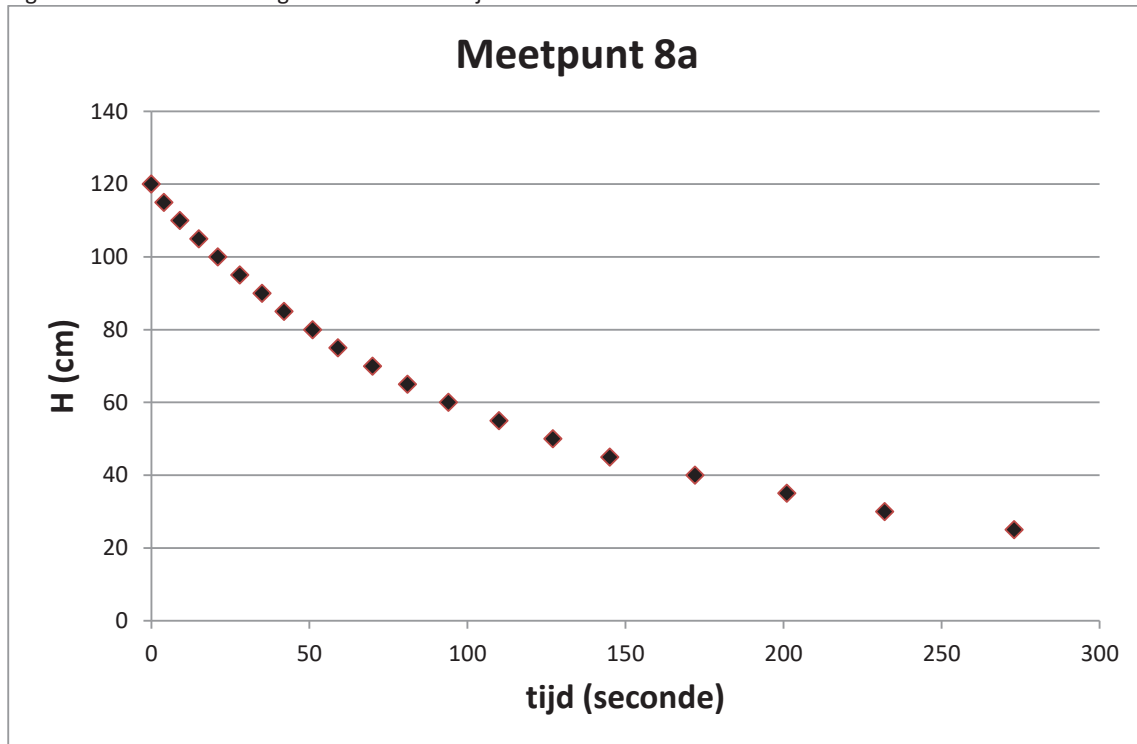


4.2 Infiltratieproeven

Bij het uitwerken van de meetgegevens is uitgegaan van een benadering “met een afnemend infiltrerend oppervlak”, aangezien het volledige boorgat met water is gevuld en is voorzien van filtermateriaal.

In figuur 3 is zijn de infiltratiecurves weergegeven van meetpunten #.

Figuur 3: relatie kolomhoogte en verstreken tijd



Het debiet dat uit het boorgat de bodem inloopt volgt, in samenhang met de vergelijking van Darcy, uit de volgende vergelijking:

$$Q(t) = K * A(t) = -\pi * r^2 * dh/dt$$

met:

K = doorlatendheid (m/sec)

A = oppervlakte waarover water infiltreert in de bodem (m<sup>2</sup>)

h = waterniveau in het boorgat (m)

t = tijd (s)

Integratie van deze vergelijking leidt tot de vergelijking:

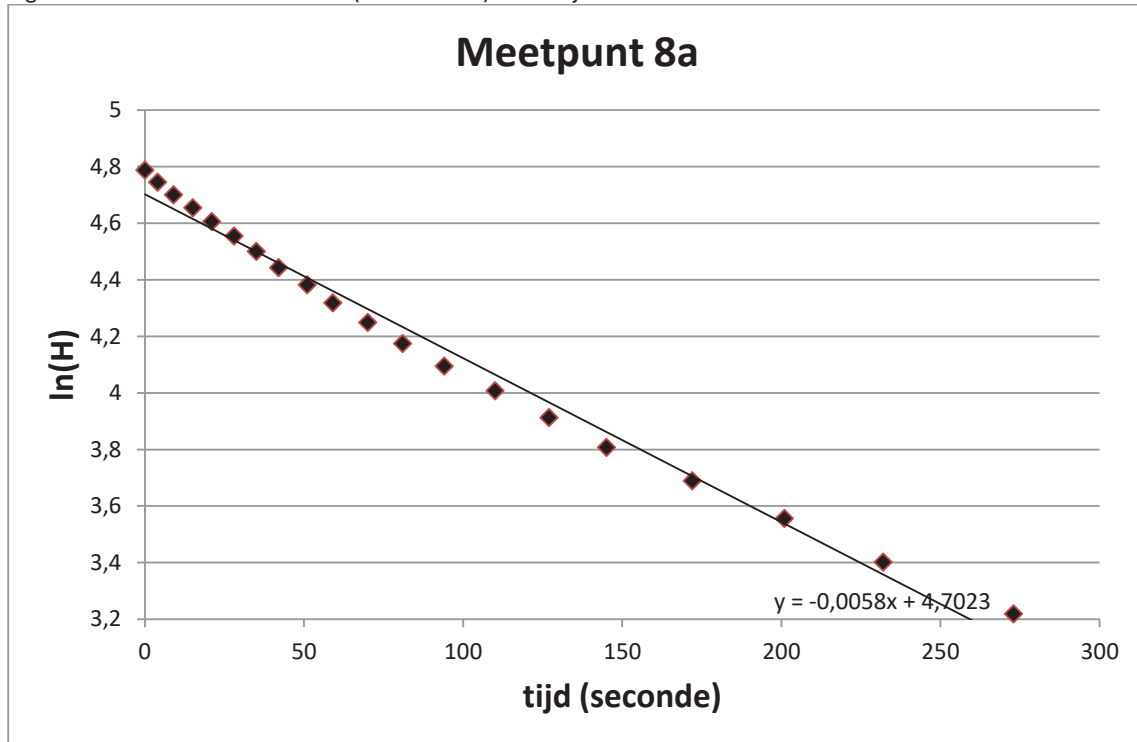
$$K = r/2 * (-\Delta(\ln(h_t)))/\Delta t$$

Beide vergelijkingen veronderstellen dus een lineair verband tussen ln(h) en de tijd. In onderstaande grafiek is ln(h) tegen de tijd uitgezet. De mate waarin het lineair verband aanwezig is wordt door middel van de trendlijn weergegeven.





Figuur 4: Lineaire relatie tussen ln(waterkolom) en de tijd



De trendlijnen, en daarmee ook de doorlatendheid, hebben betrekking op het bodemtraject van 0,0 tot maximaal 1,2 m-mv.



Omgekeerde boorgat methode (met afnemend infiltrerend oppervlak)

$$K_{sat} = r/2 * ((\ln(h(t1)) - \ln(h(t2))) / (t1 - t2))$$

$K_{sat}$  = verzadigde horizontale doorlatendheid

r(boorgat) = straal boorgat (cm)

h(t1) = hoogte waterkolom op t=1 (cm)

h(t2) = hoogte waterkolom op t=2 (cm)

t1 = tijdstip begin van de meting (sec)

t2 = tijdstip einde van de meting (sec)

In de onderstaande tabel 2 zijn de berekende k-waarden weergegeven. Ter plaatse van meetpunt 8a is de proef in duplo uitgevoerd.

Tabel 2: verzadigde horizontale doorlaatbaarheid

Meetpunt	meettraject in cm	Diameter in cm	Voorbenatting in liters	Richtingscoëfficiënt trendlijn	Ksat in m/dag
8a	0-120	7	8	0,0058	8,8

## 5 Conclusie

### *K<sub>sat</sub>-waarde*

Uit de verrichte infiltratieproeven kan de doorlaatbaarheid bij een volledige verzadigde bodem worden vastgesteld. De gemiddelde  $K_{sat}$  van 0 tot 120 cm minus maaiveld bedraagt 8,8 m/dag

