



Berekening van effecten voor WKO systemen tot 50 m³/uur

Begeleidingscommissie BUM Bodemenergie provincies

17 Januari 2012

Hypothese

Een onttrekking van $10 \text{ m}^3/\text{uur}$ met één bron heeft dezelfde hydrologische effecten als een WKO systeem van $50 \text{ m}^3/\text{uur}$ met één onttrekking- en één retourbron.

Methode

- Verschillende bodemschematisaties doorrekenen voor zowel een onttrekking van $10 \text{ m}^3/\text{h}$ als voor een WKO van $50 \text{ m}^3/\text{uur}$
- Effecten vergelijken:
 - Hydrologisch
 - Hydrothermisch
 - Zettingen

Aannames berekeningen

- Brondiameter WKO 50 m³/uur: 600 mm
- Brondiameter onttrekking 10 m³/uur: 250 mm
- 50.000 m³/jaar = veel voorkomende vergunningsgrens voor onttrekkingen. Dus draaiuren onttrekkingen 5.000 uur/jaar
- Draaiuren (vollast) WKO: 5.000 uur/jaar (2.500 uur/seizoen)
- Brondimensionering volgens NVOE normen voor WKO
- Brondimensionering volgens onttrekkingsnorm NVOE
- Bodemparameters:
 - Drainageweerstand 300 d
 - Anisotropie 50%
 - Weerstand klei: 100 d/m

Varianten bodem

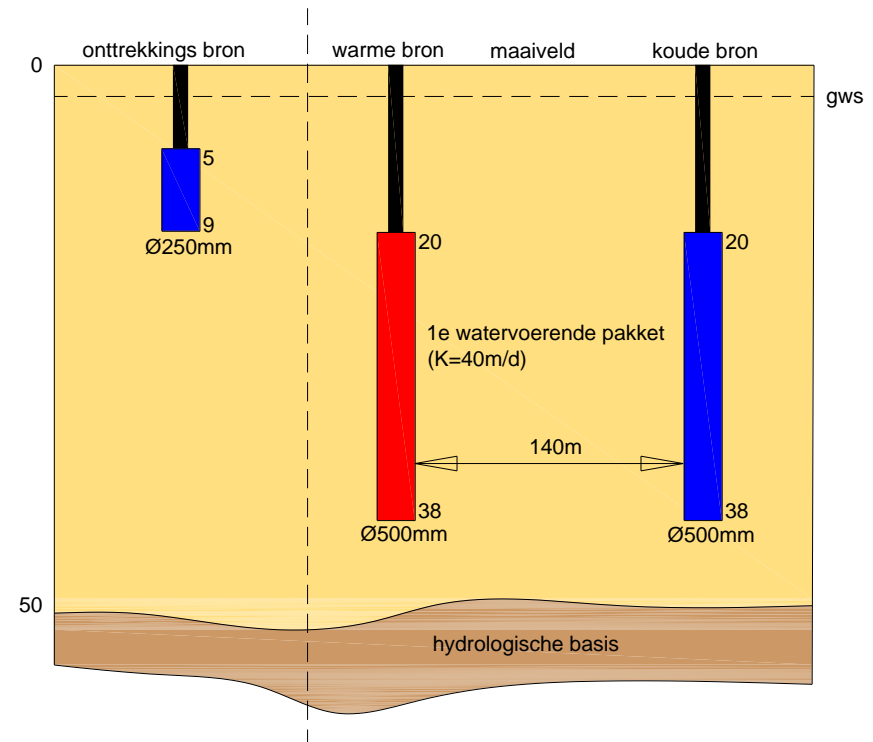
varianten	omschrijving	bijvoorbeeld
1.	Freatisch, $k=40$ m/d	Noord-Brabant, Utrecht
2.	Diep, afgesloten wvp, $k=10$ m/d	Zuid-Holland
3.	Diep, afgesloten wvp, $k=40$ m/d	Noord-Holland
4.	Emmen ¹	Drenthe

- Hiermee zijn de meest extreme bodemtechnische situaties in Nederland beschreven
- De hydrologische effecten die optreden binnen deze varianten kunnen worden beschouwd als minimale en maximale effecten

1. Op verzoek van de provincie Drenthe is variant 4 toegevoegd. De bodem rondom Emmen heeft een dun pakket met een klein doorlaatvermogen terwijl in Emmen de ondiepe belangen (met name archeologie) belangrijk zijn. Hiermee is een praktijkvoorbeeld doorgerekend.

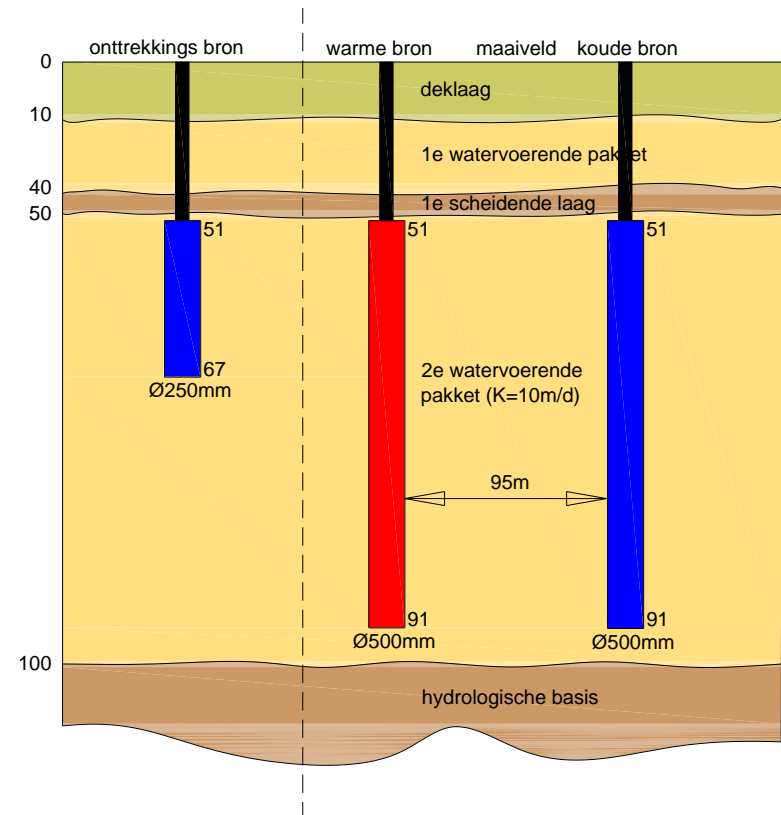
Variant 1 (Freatisch, $k=40 \text{ m/d}$)

diepte [m-mv]	toelichting	kD of c
0-1	grondwaterstand	$40 \text{ m}^2/\text{d}$
1-2	drainage weerstand	300 d
2-5	freatisch pakket	$120 \text{ m}^2/\text{d}$
5-9	filtertraject $10 \text{ m}^3/\text{h}$	$160 \text{ m}^2/\text{d}$
9-20	pakket	$440 \text{ m}^2/\text{d}$
20-38	filtertraject WKO 50m	$720 \text{ m}^2/\text{d}$
38-50	pakket	$480 \text{ m}^2/\text{d}$
>50	gesloten onderrand	> 1.000 d



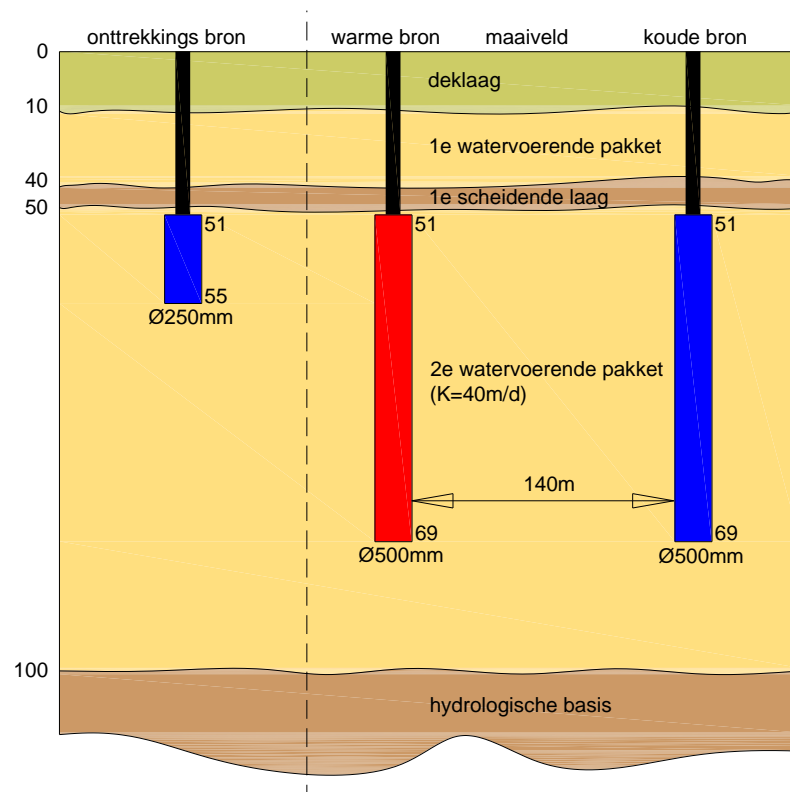
Variant 2 (Diep afgesloten wvp, 10 m/d)

diepte [m-mv]	toelichting	kD of c
0-10	deklaag	1.000 d
10-40	wvp 1	600 m ² /d
40-50	scheidende laag	1.000 d
50-51	wvp 2	10 m ² /d
51-67	filtertraject 10m ³ /h en wko	160 m ² /d
67-91	filtertraject wko	240 m ² /d
91-100	wvp 2	90 m ² /d
> 100	gesloten onderrand	> 1.000 d



Variant 3 (Diep afgesloten wvp, 40 m/d)

diepte [m-mv]	toelichting	kD of c
0-10	deklaag	1.000 d
10-40	wvp 1	600 m ² /d
40-50	scheidende laag	1.000 d
50-51	wvp 2	40 m ² /d
51-55	filtertraject 10m ³ /h en wko	160 m ² /d
55-69	filtertraject wko	560 m ² /d
69-100	wvp 2	1.240 m ² /d
> 100	gesloten onderrand	> 1.000 d



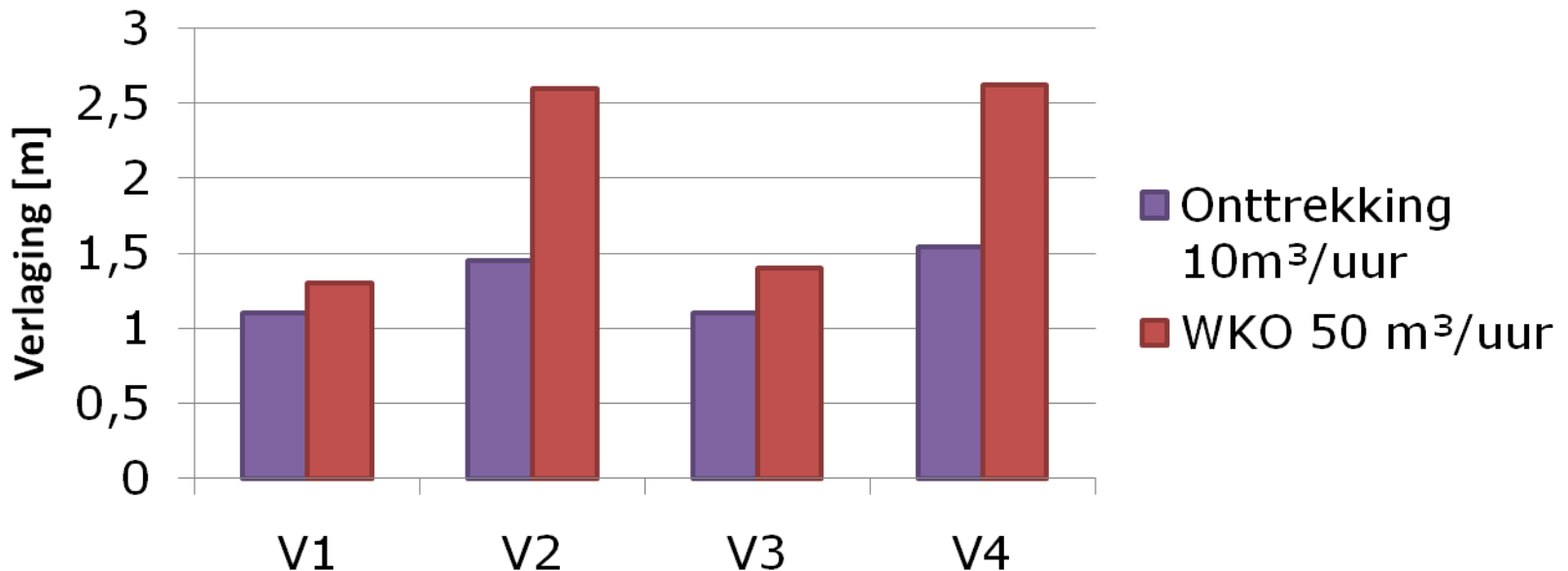
Variant 4 (Emmen, Drenthe)

diepte [m-mv]	toelichting	kD of c
0-1	grondwaterstand	10 m ² /d
1-3	drainage weerstand	300 d
3-10	wvp 1	84 m ² /d
10-23	filtertraject 10 m ³ /h	156 m ² /d
23-30	wvp 1	84 m ² /d
30-32	scheidende laag	100 d
32-72	filtertraject WKO 50 m ³ /h	400 m ² /d
72 – 100	wvp 2	280 m ² /d
> 100	gesloten onderrand	> 1.000 d

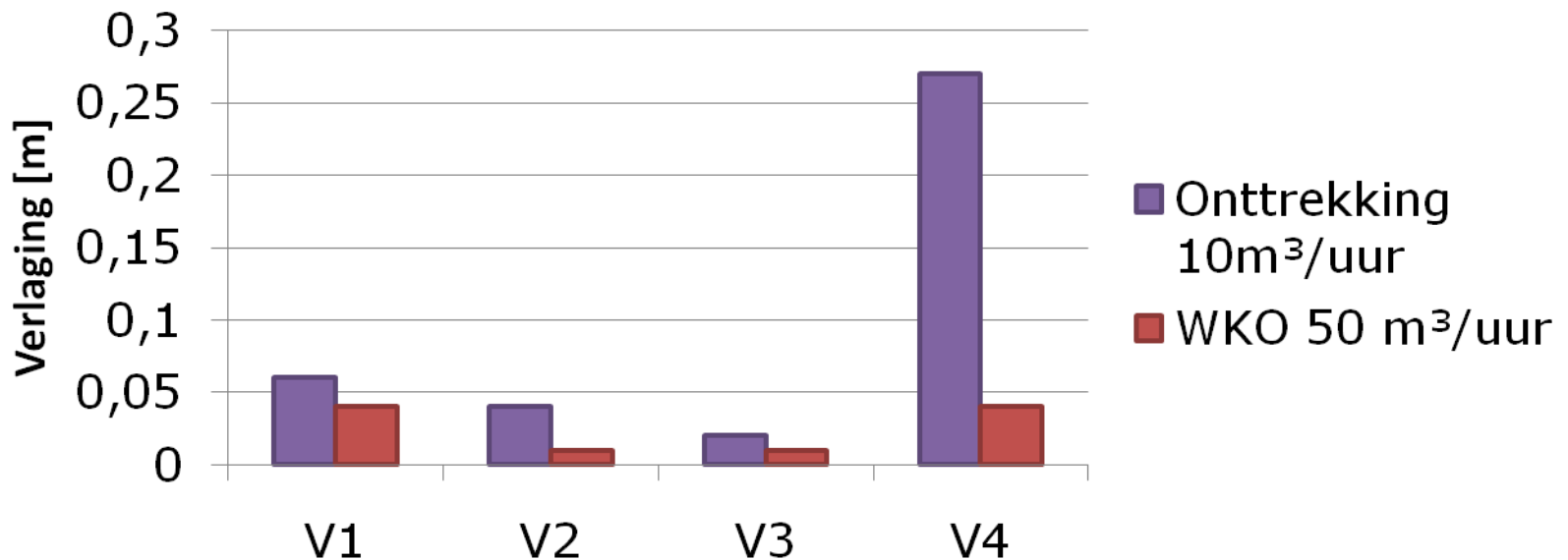


Resultaten

Verlaging in de bron



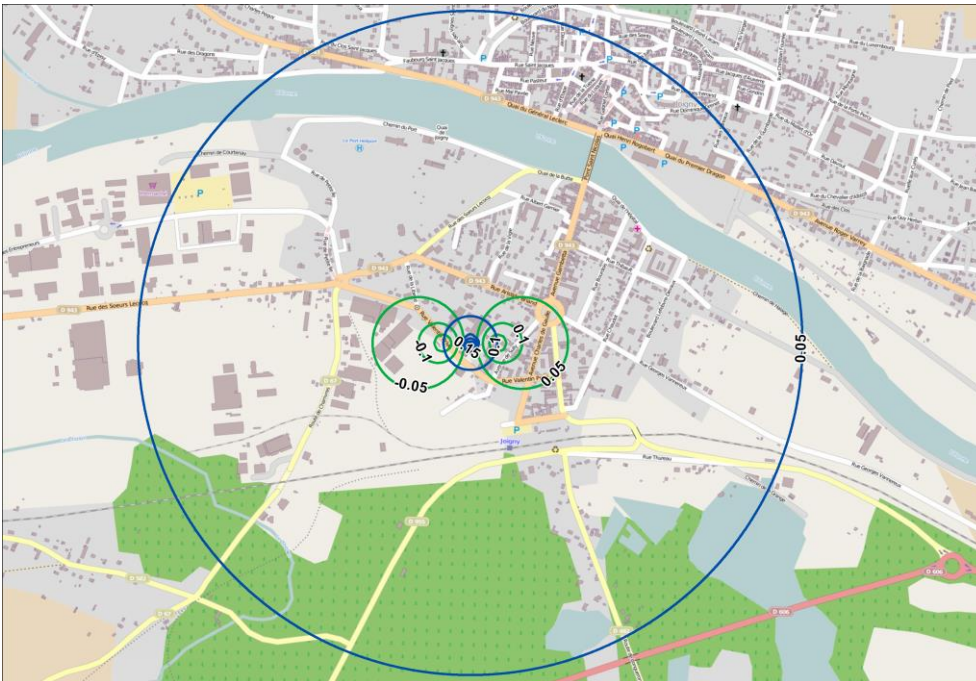
Verlaging van de grondwaterstand



Hydrologische effecten

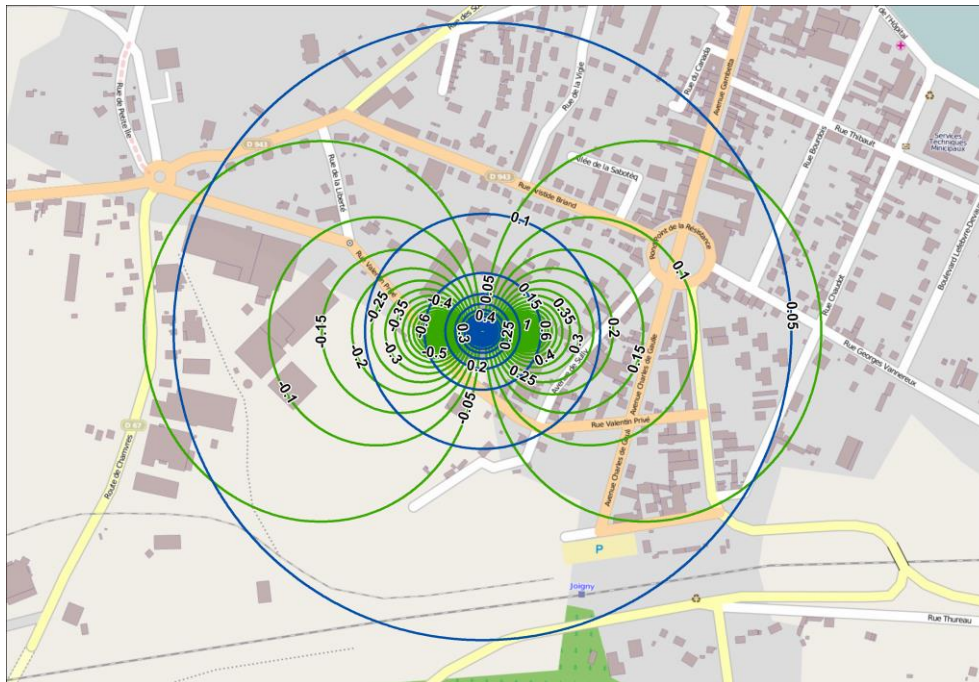
	Stijghoogte pakket [m]	Stijghoogte wvp 1 [m]	Grondwaterstand [m]
Variant 1 (freatisch, 40 m/d)			
Onttrekking 10 m ³ /h	1,1	Nvt	0,06
WKO 50 m ³ /h	1,3	Nvt	0,04
Variant 2 (diep, 10 m/d)			
Onttrekking	1,45	0,08	0,04
WKO	2,6	0,04	<0,01
Variant 3 (diep, 40 m/d)			
Onttrekking	1,1	0,04	0,02
WKO	1,4	<0,01	<0,01
Emmen			
Onttrekking	1,54	Nvt	0,27
WKO	2,61	Nvt	0,03

Variant 1



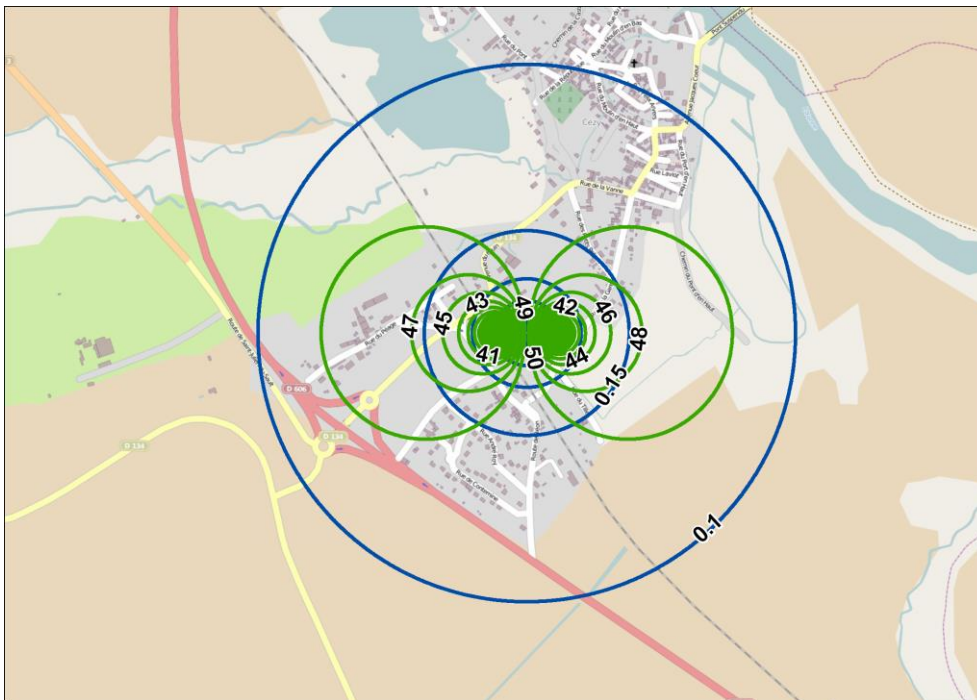
- Freatisch pakket, 40 m/d
- 5 cm invloedsgebied
- Groen = WKO 50 m³/uur
- Blauw = onttrekking 10 m³/uur

Variant 2



- Diep pakket, 10 m/d
- 5 cm invloedsgebied
- Groen = WKO 50 m³/uur
- Blauw = onttrekking 10 m³/uur

Variant 4



- Emmen, Drenthe
- 5 cm invloedsgebied
- Groen = WKO 50 m³/uur
- Blauw = onttrekking 10 m³/uur

Hydrologisch invloedsgebied (0,05 m)

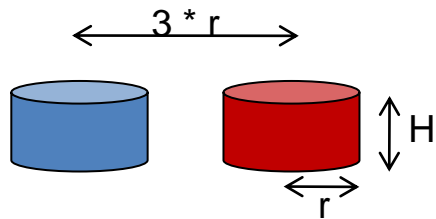
variant	oppervlak [km ²]	procent
1. Onttrekking 10 m ³ /uur	2,80	100%
1. WKO 50 m ³ /uur	0,13	5%
2. Onttrekking 10 m ³ /uur	0,40	100%
2. WKO 50 m ³ /uur	0,24	60%
3. Onttrekking 10 m ³ /uur	0,07	100%
3. WKO 50 m ³ /uur	0,09	126%
4. Onttrekking 10 m ³ /uur	1,19	100%
4. WKO 50 m ³ /uur	0,37	31%

Thermische invloed WKO

- Een WKO van 10 m³/uur wordt vergeleken met een WKO van 50 m³/h
- Thermische invloedsgebied (r) is afhankelijk van:
 - Waterhoeveelheid ($q_v * u_{eq}$)
 - Filterlengte (H)
- De filterlengte neemt rechtevenredig toe met het debiet (dus een factor 5)

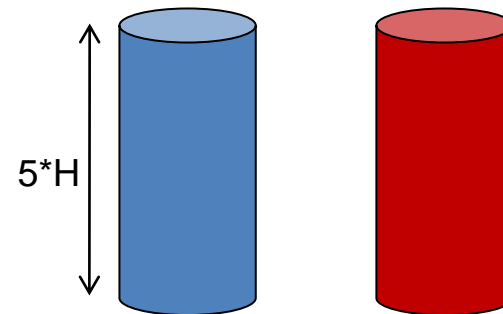
Thermische invloed WKO

WKO 10 m³/uur



$$r = \sqrt{0,54 * q_v * u_{eq} / H}$$

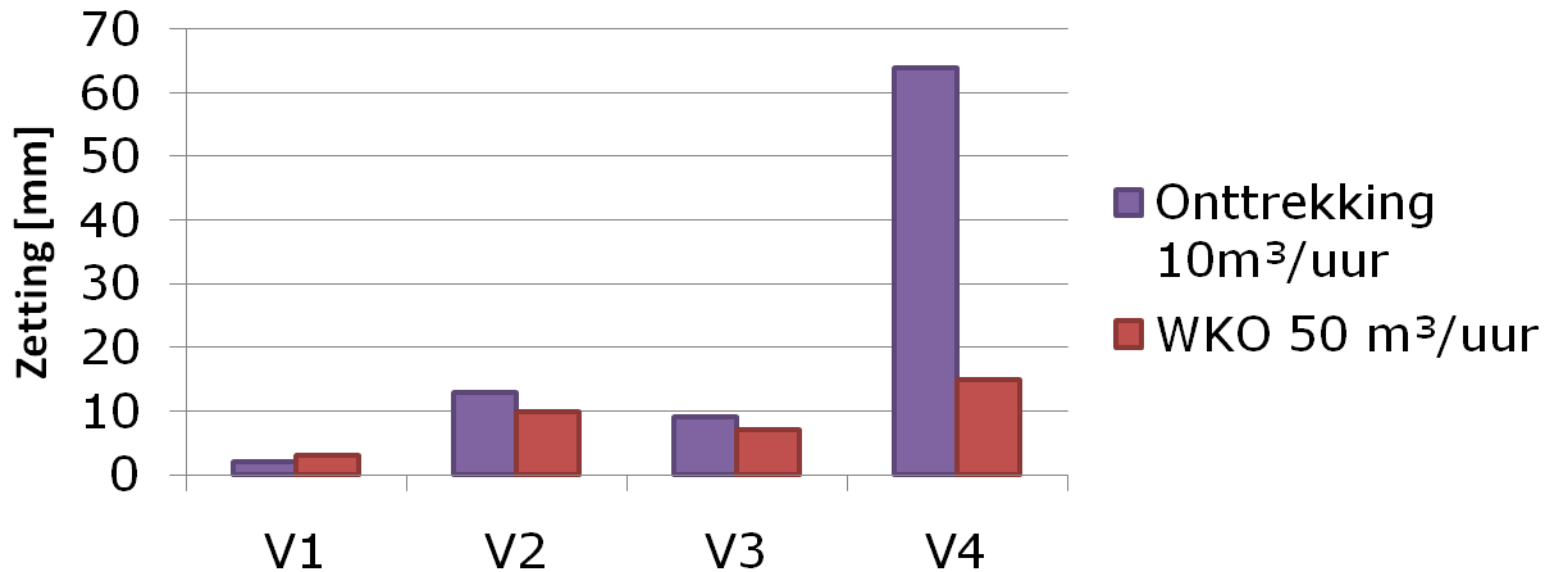
WKO 50 m³/uur



Uitleg figuur: de toename van de filterlengte is rechtevenredig met de toename van het debiet (een factor 5). Het thermisch invloedsgebied van een WKO van 50 m³/uur is dan gelijk aan het thermisch invloedsgebied van een WKO van 10 m³/uur

Zetting

Berekende eindzetting op basis van Terzaghi



Ad 1. De berekende zetting voor de onttrekking van 10 m³/uur voor variant 4 is significant groter dan bij de andere varianten. De zetting zit voor het grootste deel in de deklaag als gevolg van de relatief grote grondwaterstandverlaging die optreedt.



Conclusies

Conclusies

1. Hydrologische effecten van een WKO van 50 m³/uur zijn vergelijkbaar met de hydrologische effecten van een onttrekking van 10 m³/uur
2. Thermisch invloedsgebied van een WKO van 50 m³/uur is gelijk aan het thermisch invloedsgebied van een WKO van 10 m³/uur
3. Optredende eindzettingen van een 10 m³/uur onttrekking is vergelijkbaar met een WKO van 50 m³/uur