



KlokGroep BV
T.a.v. dhr. Roland Melis
Kanaalstraat 200
6541XN Nijmegen

Voorstel DSI-hemelwaterinfiltratie

Onderwerp:
Uitwerking test HWI Lingedijk te Tiel

Nijmegen,
2 oktober 2019

Opgesteld door:
Dhr. E. Lamers

Afdeling:
Advies en ontwerp

Aan:
Dhr. R. Melis (KlokGroep BV)

Gecontroleerd/Geaccordeerd door:
-

Ons kenmerk:
A0372018

Kopieën aan:
Dhr. R. Barkel (Henk van Tongeren Water & Techniek BV)

Ten behoeve van het project “*Nieuwbouw Tiel Lingedijk*” wordt in de Gemeente Tiel de mogelijkheid tot verticale hemelwaterinfiltratie onderzocht. Op basis van eerder uitgevoerde werkzaamheden in de regio, blijkt namelijk sprake van een deklaag met daaronder een relatief grove bodemopbouw, welke de potentie heeft tot het infiltreren van grote volumes regenwater. De werkzaamheden, waar deze ervaringen zijn opgedaan, betreffen o.a. bemalingswerkzaamheden en andere infiltratieprojecten binnen de Gemeente Tiel.

De structuur van voorliggend Plan van Aanpak is als volgt:

1. Beschrijving project en projectlocatie.
2. Bodemopbouw en geohydrologie.
3. Beschrijving van de beoogde infiltratiediepte.
4. Beschrijving van de test in veld.
5. Uitwerken gegevens van de infiltratietest.

§ 1 - Beschrijving project en projectgebied

Ter hoogte van de Lingedijk nummer 3 wordt nieuwbouw ontwikkeld met de bestemming wonen. Voor deze projectlocatie dient het hemelwater afgevoerd te worden. Het lozen op een hemelwaterriool is niet aan de orde. Daarom wordt de mogelijkheid benaderd voor het bergen van hemelwater in combinatie van het lozen in de bodem. Hierbij dient rekening gehouden te worden met een restverontreiniging in de bodem. De nieuwe situatie bestaat uit dakoppervlak, dichte verharding, halfopen verharding en beplanting (gras en struiken/bomen). In de onderstaande afbeelding staat de projectlocatie aangegeven.



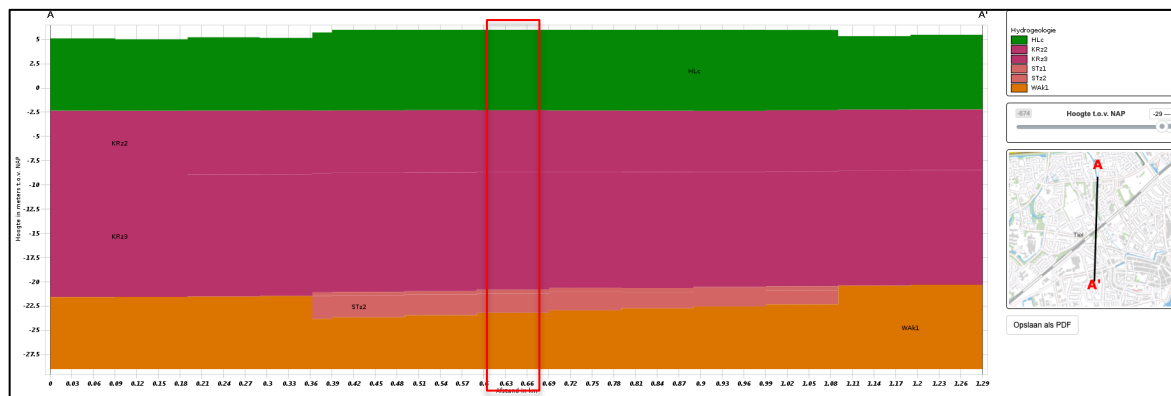
Afbeelding 1 – Projectlocatie rood/oranje.

De ruimte voor het bergen van hemelwater op de projectlocatie is beperkt. De bodemopbouw bestaat uit een deklaag van klei. Deze deklaag heeft een zeer laag infiltrerend vermogen. Een mogelijkheid is om op verschillende plekken op de projectlocatie een DSI-infiltratiebron te plaatsen. Hierbij wordt op basis van maatwerk zo kort mogelijk onder de deklaag het grondwater in deklaag te lozen. De bodempassing kan hierbij nagebootst worden door drains via een verbeterd zandbed op de projectlocatie.

Om de mogelijkheid tot verticale hemelwaterinfiltratie te onderzoeken, kan op twee locaties een test uitgevoerd. Een test bestaat uit een spuitlans met maatgevend nozzle. Hierbij wordt de opnamecapaciteit versus de druk getest in een specifieke laag onder de deklaag. Op basis van deze gegevens kan een predictie gedaan worden van het aantal DSI-bronnen op de locatie en de daarbijbehorende combinatie met drainage en WADI's.

§ 2 – Bodemopbouw en geohydrologie.

Ter hoogte van de projectlocatie is, met behulp van REGIS II, de bodemopbouw geschematiseerd.

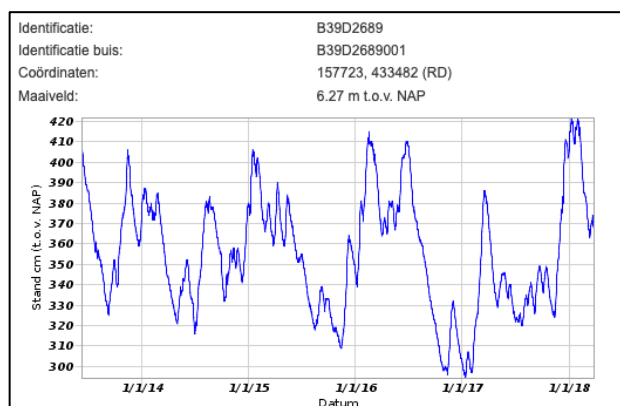


Abbeelding 2 – Doorsnee bodemprofiel regio (REGIS II).

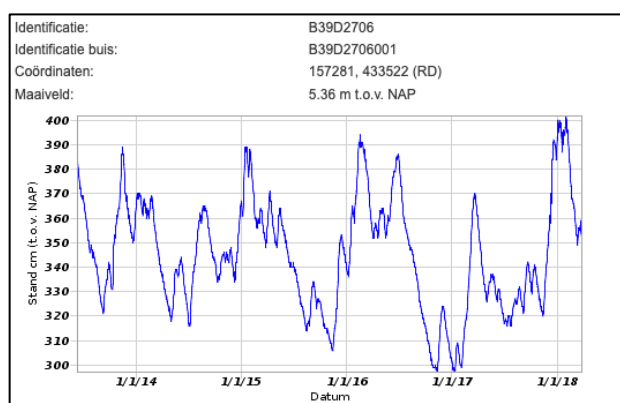
Tabel 1 - Schematische bodemopbouw o.b.v. REGIS II, ter hoogte van de projectlocatie

Locatie (x,y): 157710,433634				
naam	top (M t.o.v. NAP)	basis (M t.o.v. NAP)	kh (m/dag)	c (dagen)
Holocene afzettingen, complexe hydrogeologische eenheid	6,29	-2,36		500
Formatie van Kreftenheye, tweede zandige hydrogeologische eenheid	-2,36	-8,84	68	
Formatie van Kreftenheye, derde zandige hydrogeologische eenheid	-8,84	-21,15	72	
Formatie van Waalre, eerste kleiige hydrogeologische eenheid	-21,15	-36,15		5600

Geconcludeerd kan worden dat sprake is van een ca. 3 tot 6 meter dikke holocene deklaag. Onder de deklaag bevindt zich een zeer grof zandpakket met een hoge opnamecapaciteit. De dichtstbijzijnde freatische peilbuis staat aan de stationsweg. Hierbij staat de perforatie van de peilbuis in de deklaag. Aan de Burg. Stolkaan staat een peilbuis met de perforatie onder de deklaag. Geconcludeerd kan worden dat de verwachte maximale stijghoogte ruim onder het maaiveldniveau blijft en geen negatieve kwel kan veroorzaken.



Abbeelding 3 – Meerjarige freatische peilbuismetingen (in de deklaag).



Abbeelding 4 – Meerjarige stijghoogte peilbuismetingen (in de deklaag)

§ 3 – Beschrijving beoogde infiltratiediepte

Op basis van de op voorhand beschikbare gegevens, werd verwacht dat vanaf ca. 3 á 6 meter minus maaiveld een grofzandige laag wordt aangetroffen, met mogelijke bijmenging van grind. Tijdens het aanbrengen van de bronnen bleek de ondiepe laag onvoldoende grof te zijn. In een diepere zand laag (het zelfde watervoerende pakket) is uiteindelijk de bron geplaatst 13 tot 18 meter minus maaiveld (zie boorstaten).

§ 4 – Beschrijving van de test in veld

In het veld wordt, met behulp van een gemodificeerde spoellans, welke aangesloten is op de kraan van een vrachtwagen, een boorgat gerealiseerd. Vervolgens wordt de boring doorgezet tot in de grovere lagen, waarbij de opnamecapaciteit wordt gemonitord. Zodra tot in een infiltratiepunt (opnamecapaciteit $>5 \text{ m}^3/\text{u}$) wordt geboord, wordt het boren gestaakt en wordt gevarieerd in infiltratiedebiet en waterdruk, zodat een representatieve situatie kan worden gesimuleerd. De resultaten worden geregistreerd en vormt de basis van het ontwerp van het infiltratiesysteem. De werkvolgorde is dan ook als volgt:

- 1) Projectlocaties afzetten.
- 2) Boorwagen (aangepaste vrachtwagen) opstellen.
- 3) Droog voorboren t.b.v. K&L en de casing in het boorgat plaatsen en aansluiten op een spoelbak.
- 4) Spoellans in boorgat laten zakken en spuitpomp starten.
- 5) Spoellans laten boren in boorgat m.b.v. waterdruk, geleverd door de spuitpomp.
- 6) Zodra in het traject van 5 tot 10 meter minus maaiveld het water niet meer of beperkt terugspoelt naar het maaiveld/spoelbak, wordt de boring gestaakt.
- 7) Het debiet, de diepte en de waterdruk worden geregistreerd.
- 8) Vervolgens wordt er gevarieerd in debiet en waterdruk, om een representatieve situatie te simuleren. De opnamecapaciteit dient met name getoetst te worden bij een waterdruk van 0,1 bar (1 mwk) en 0,2 bar (2 mwk).
- 9) Na het bereiken van de gewenste opnamecapaciteit, wordt de spoellans verwijderd en wordt direct het filter in het boorgat geplaatst.
- 10) Vervolgens wordt het filter schoon gepompt en vol gezet met water. Op dit moment wordt gemonitord, met welke snelheid het peil in het filter zakt of met welke debiet het peil gelijk kan worden gehouden aan de bovenzijde van het filter.
- 11) Na het afronden van de infiltratietest, worden het filter afgezaagd tot ca. 0,1 meter minus onderzijde straatwerk en afgedopt.
- 12) Vervolgens wordt het filter afgewerkt met een straatpot, waarbij tevens de markering op foto's wordt gezet, waarop diverse ijkpunten zichtbaar zijn.

Note: Deze filters kunnen in de toekomst toegevoegd worden aan de DSI-infiltratiebronnen.

§ 5 - Beschrijving van de resultaten

De verkregen resultaten vanuit de testen zijn uitgewerkt, waarmee de maatgevende infiltratiecapaciteit is afgeleid. De infiltratietest in de bronnen is uitgevoerd op 12 september 2019. Op basis hiervan wordt het projectgebied geanalyseerd, waarmee het aantal infiltratiebronnen kan worden berekend.

Tabel 2 – Resultaten infiltratietest Bron 1

Testopstelling BRON 1					
Coördinaten	X: 157713, Y: 433598				
Maaiveld	5,75 m +NAP				
Tijdens spoelboren	zone 15 tot 17 m -mv: >20 m³/uur, 1,5 bar				
Bk-Peilbuis tijdens test	Ca. 1,10 m +mv				
Tijdens schoonpompen	3,81 m -pb, 2,71 m -mv, 4,04 m +NAP, circa 15 m³/uur				
Na schoonpompen	3,36 m -pb, 2,26 m -mv, 3,49 m +NAP, binnen 20 sec was dit niveau bereikt.				
Inlopen vanuit het watervat eerste uitvoering					
	Waterstand in bron				
sec	m -pb	m -mv	m +NAP	Infiltratiedebiet	
0	3,37	2,27	2,38	liter	min
10	3,18	2,08	2,57	325	3,00
20	3,07	1,97	2,68		
30	3,03	1,93	2,72		
60	2,78	1,68	2,97		
90	2,70	1,60	3,05	Infiltratiedebiet: circa 6,5 m³/uur	
180	2,58	1,48	3,17		
Inlopen vanuit het watervat tweede uitvoering					
	Waterstand in bron				
sec	m -pb	m -mv	m +NAP	Infiltratiedebiet	
0	3,36	2,26	2,39	liter	min
10	3,06	1,96	2,69	400	3,00
20	2,93	1,83	2,82		
30	2,81	1,71	2,94		
60	2,66	1,56	3,09		
90	2,51	1,41	3,24	Infiltratiedebiet: circa 8,0 m³/uur	
180	2,18	1,08	3,57		

Tabel 3 – Resultaten infiltratietest Bron 2

Testopstelling BRON 2					
Coördinaten	X: 157688, Y: 433586				
Maaiveld	5,90 m +NAP				
Tijdens spoelboren	zone 15 tot 17 m -mv: >20 m³/uur, 1,5 bar				
Bk-Peilbuis tijdens test	Ca. 1,00 m +mv				
Tijdens schoonpompen	3,96 m -pb 2,96 m -mv, 1,94 m +NAP, circa 15 m³/uur				
Na schoonpompen	3,25 m -pb, 2,25 m -mv, 3,65 m +NAP, binnen 20 sec was dit niveau bereikt.				
Inlopen vanuit het watervat eerste uitvoering					
	Waterstand in bron				
sec	m -pb	m -mv	m +NAP	Infiltratiedebiet	
0	3,27	2,27	2,63	liter	min
10	3,08	2,08	2,82	350	3,00
20	2,95	1,95	2,95		
30	2,89	1,89	3,01		
60	2,66	1,66	3,24		
90	2,6	1,60	3,30	Infiltratiedebiet: circa 7,00 m³/uur	
180	2,42	1,42	3,48		
Inlopen vanuit het watervat tweede uitvoering					
	Waterstand in bron				
sec	m -pb	m -mv	m +NAP	Infiltratiedebiet	
0	3,25	2,25	2,65	liter	min
10	2,96	1,96	2,94	425	3,00
20	2,86	1,86	3,04		
30	2,73	1,73	3,17		
60	2,59	1,59	3,31		
90	2,42	1,42	3,48	Infiltratiedebiet: circa 8,5 m³/uur	
180	2,11	1,11	3,79		

De verkregen resultaten vanuit de testen worden uitgewerkt, waarmee de maatgevende infiltratiecapaciteit wordt afgeleid. Op basis hiervan wordt het projectgebied geanalyseerd, waarmee het aantal infiltratiebronnen wordt berekend.

Het totale verhard oppervlak bedraagt 4.260 m². Hiervan is 1.745 m² plat dak, 2.515 m² verharding (incl. grasbetontegels). Hiervan kan 80 m² voor het dak in mindering genomen worden en de verharding kan 1.405 m² in minder genomen worden. Voor het dakoppervlak kan 1.665 m² aangehouden worden met een factor afwatering van 1,0 (plattendak). Voor de bestrating geldt een factor afwatering van 0,6. Hierbij bedraagt het totale afwaterend oppervlak (1.665 + 843) 2.508 m².

Tabel 4 - Afvoer per oppervlak - Bron: bouwbesluit

Af te voeren regenwater per type oppervlak	Factor liters per m² per tijd
Bestrating	0,6
Plat dak met grind/ sedum	0,7
Plat dak bitumen	1,0
Schuindak	1,2

Om de hoeveelheid hemelwater te berekenen wordt gerekend met meerdere scenario's. In het Waterschapsblad van Waterschap Rivierenland, 22-12-2014, wordt aangegeven dat men met twee ontwerpbuizen rekent. Voor de regenintensiteit in millimeters is bandbreedte aangehouden van $t=10$ en $t=100$. In beide gevallen plus 10%. Voor de berekening is een periode van 60 minuten aangehouden. Daarnaast worden "vuistregels" aangehouden betreft de berging van $436 \text{ m}^3/\text{ha}$ bij $t=10$ en $664/\text{ha m}^3$ bij $t=100$. Deze vuistregels slaan op de peilstijgingen van het oppervlaktewater waarbij het hemelwater geloosd wordt op het oppervlaktewater. Het hemelwater voor dit project wordt geloosd in de bodem door middel van een WADI met verticale infiltratie.

$t = 10$

$$26 \text{ mm} + 10\% = 28,6 \text{ mm} = 28,6 \text{ liter per m}^2 = 2.508 * 28,6 = 71.728 \text{ liter} = 72 \text{ m}^3$$

$t = 100$

$$42 \text{ mm} + 10\% = 46,2 \text{ mm} = 46,2 \text{ liter per m}^2 = 2.508 * 46,2 = 115.869 \text{ liter} = 116 \text{ m}^3$$

Tabel 5 - Terugkeerniveaus in mm - Bron: Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren, tabel 4

D (minuten)	Nieuw						Buishand en Velds/Braak						Overeem e.a.	
	5	10	15	30	60	120	5	10	15	30	60	120	60	120
T = 0.5 jaar	4	5	6	8	10	13	4	6	7	8	10	13	11	13
1 jaar	5	7	9	11	14	17	6	8	9	12	14	17	14	17
2 jaar	7	10	11	14	18	21	7	10	12	15	18	22	17	21
5 jaar	9	13	15	19	23	26	9	13	15	19	23	27	22	26
10 jaar	11	15	18	23	27	31	10	15	18	23	27	31	26	31
20 jaar	12	18	21	27	32	36	12	17	21	26	30	35	31	36
50 jaar	15	21	26	32	38	42	14	20	24	30	36	41	37	43
100 jaar	17	25	29	37	43	48	15	23	27	34	39	45	42	49
200 jaar	-	28	33	42	49	54							48	56
250 jaar	-	29	34	43	51	56	15	23	30	43	57	66	50	58
500 jaar	-	32	39	49	57	62							57	66
1000 jaar	-	36	43	54	64	69							64	73

Hemelwater vanaf maaiveld

Δh_w	waterkolom 2 meter (0,2 bar)
H	perforatie lengte 2 meter (lage weerstand filters)
K_h	60-80 meter per dag
K_v	15-30 meter per dag
P	meewerkend poriënvolume 0,35
D	diameter filter 110 mm

Infiltratiedebiet bedraagt bij bovengenoemde parameters circa 5,9 tot 7,2 $\text{m}^3/\text{uur}/\text{bron}$.

Eerder is bij een $t=10$ bepaald dat met rekening dient te houden met 72 m^3 water in een uur en bij $t=100$ 116 m^3 water in een uur. De wadi op het terrein heeft een inhoud van 65 m^3 . Het water stroomt via een bodempassage naar de verticale bronnen. Door de vertraging via de bodempassage dient men rekening te houden met effectieve afnamen van 25% van de bering in de wadi. De effectieve berging in de wadi bedraagt hierbij 49 m^3 .

$$t=10+10\% = 72 \text{ m}^3 \text{ water} - 49 \text{ m}^3 \text{ berging} = 23 \text{ m}^3 \text{ lozing in de bodem.}$$

$$t=100+10\% = 116 \text{ m}^3 \text{ water} - 49 \text{ m}^3 \text{ berging} = 67 \text{ m}^3 \text{ lozing in de bodem.}$$

Tabel 6 Aantal bronnen

Buienintensiteit	Aantal bronnen
T=10	3 à 4
T=100	9 à 11