Project:	Dorpstraat 58 te Gendt
Onderwerp:	Waterberging
Projectcode:	P07232
Datum:	08-11-2024
Opgesteld door:	Rob Haenen
Gecontroleerd door:	Lucas Hoevers
Telefoon:	06 33580491
Email:	rob.haenen@dagnl.nl

1 Aanleiding en doel

Mecus Planontwikkeling B.V. is voornemens om het perceel Dorpstraat 58 in Gendt te gaan (her)ontwikkelen. De geplande ontwikkeling mag geen negatieve gevolgen hebben op de waterhuishoudkundige situatie (zowel kwalitatief als kwantitatief) in en om het plangebied. Daarom moet in elk omgevingsplan een waterparagraaf worden opgenomen waarin is beschreven welke effecten een voorgenomen ruimtelijke ingreep heeft op de waterhuishoudkundige belangen en welke maatregelen getroffen gaan worden om eventuele negatieve effecten te voorkomen/beperken. In verband hiermee moet een waterhuishoudkundig plan worden opgesteld waarin de waterhuishoudkundige aspecten (veiligheid, wateroverlast, waterkwaliteit, verzilting en verdroging) en alle wateren (rijkswateren, regionale wateren, gemeentelijke en particuliere wateren en grondwater) worden beschouwd. Op basis van een waterhuishoudkundig plan kan een waterparagraaf worden opgesteld die in het omgevingsplan kan worden opgenomen. Met de watergraaf kan het bevoegd gezag beoordelen wat het effect van het plan op de waterhuishoudkundige aspecten is en met betrekking tot het aspect water een besluit kan nemen over de geplande ontwikkeling.

Op dit moment zit het plan in de voorbereidingsfase en moet de haalbaarheid van het plan met betrekking tot het aspect water worden beoordeeld (fase 1). Hiertoe zijn de waterhuishoudkundige aspecten binnen het plangebied verkend en is een watermemo opgesteld waarbij is ingegaan op de volgende vragen:

- Is de waterbergingsopgave op te lossen in de openbare ruimte?
- Op welke manier kan dat gerealiseerd worden?
- Heeft dat eventueel gevolgen voor het stedenbouwkundig plan zoals dat nu is voorgesteld?

In een volgende fase, bij de nadere uitwerking van het stedenbouwkundig plan, kunnen alle voor het plan relevante waterhuishoudkundige aspecten op basis van de resultaten van fase 1 in een waterhuishoudkundig plan en rioleringsplan nader worden uitgewerkt (fase 2).

2 Basisinformatie

2.1 Algemene gegevens plangebied

Het plangebied ligt aan de Dorpstraat 58 in Gendt in de gemeente Lingewaard (zie afbeelding 1).



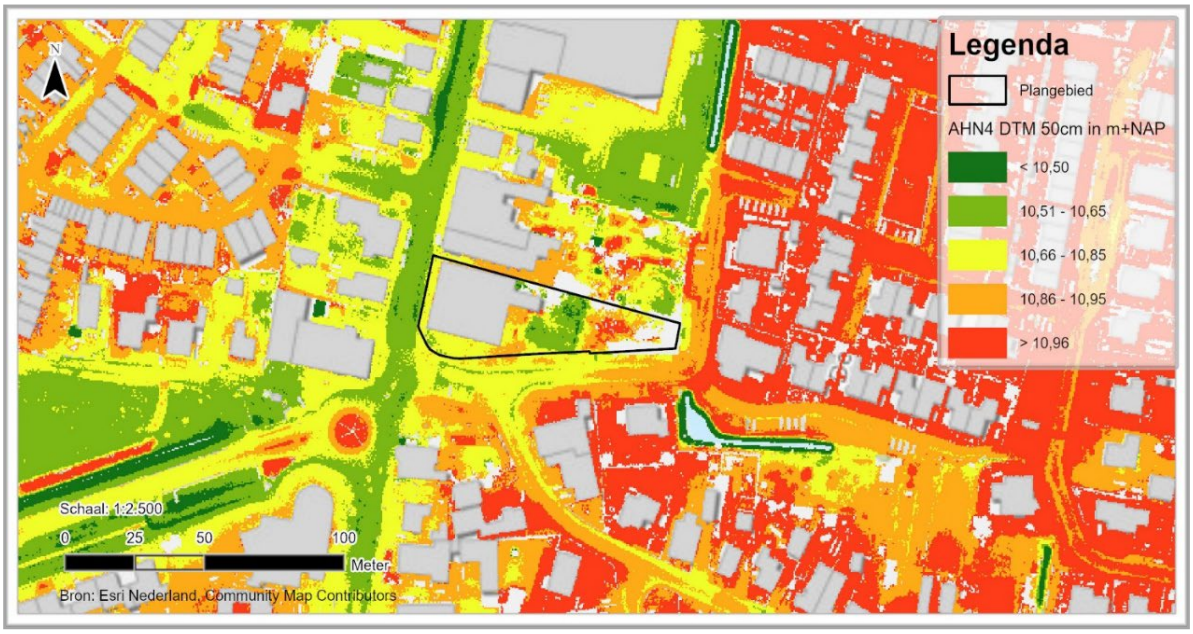
Afbeelding 1 Regionale ligging plangebied

Het plangebied heeft een oppervlakte van 2.272 m². In afbeelding 2 zijn de bestaande situatie en het ontwerp van de nieuwe situatie weergegeven.



Afbeelding 2 Bestaande situatie en ontwerp nieuwe situatie (bron [7])

Binnen het plangebied variëren de maaiveldhoogtes tussen circa +10,50 m en +11,00 m NAP (zie afbeelding 3).



Afbeelding 3 Bestaande hoogtes in plangebied (bron [8])

2.2 Regionale bodemopbouw en geohydrologie

In tabel 1 is een geohydrologisch profiel weergegeven van de bovenste 85 m binnen het plangebied.

Tabel 1 Geohydrologisch profiel van het plangebied (bron [2])

Diepte (m-mv)	Hydrogeologische eenheid	Lithologie	K-waarde [1] (m/dag)	c-waarde [2] (dagen)
0,0 - 3,9	Holocene afzettingen, complexe eenheid	afwisseling van zandige klei, midden en fijn zand, klei en veen en een weinig grof zand	g.w.	g.w.
3,9 – 23	Formatie van Kreftenheye, 2de t/m 5e zandige eenheid	midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen	25 ≤ K_h < 50	g.w.
23 - 84	Formatie van Peize en Formatie van Waalre 2de t/m 4de zandige eeheid	midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen	25 ≤ K_h < 50	g.w.
84 - 85	Formatie van Oosterhout 1ste kleiige eenheid	zandige klei, midden zand en klei, met weinig fijn zand en een spoor bruinkool, grof zand en schelpen	g.w.	100 ≤ c < 500

Watervoerend pakket
Scheidende laag

1) K-waarde = horizontale waterdoorlatendheid;
2) c-waarde = hydrologische weerstand;
3) g.w. = geen waarde vermeld.

2.3 Bodemopbouw en doorlatendheid

In augustus 2024 is binnen het plangebied een bodemonderzoek uitgevoerd (bron [5]). Hierbij zijn buiten de toen aanwezige bebouwing de volgende boringen uitgevoerd:

- 9 handmatige boringen tot een diepte van 0,5 m-mv;
- 2 handmatige boringen tot een diepte van 2,0 m-mv;
- 1 handmatig boring met peilbuis tot een diepte van 3,0 m-mv.

Op basis van deze boringen is in tabel 2 de globale bodemopbouw voor het plangebied weergegeven.

Tabel 2 Globale bodemopbouw binnen het plangebied (bron [5])

Diepte (m-mv)		Grondsoort
van	tot	
maaiveld	± 3,0 [1]	klei [2]

1) Maximale boordiepte;
2) Bij 1 van de 9 boringen tot 0,5 m-mv is vanaf maaiveld tot een diepte van 0,5 m-mv zand aangetroffen en bij 2 van de 4 boringen tot een diepte van 2,0 à 3,0 m-mv, is vanaf maaiveld tot 0,4 m-mv een zandlaag aangetroffen.

2.4 Grondwater

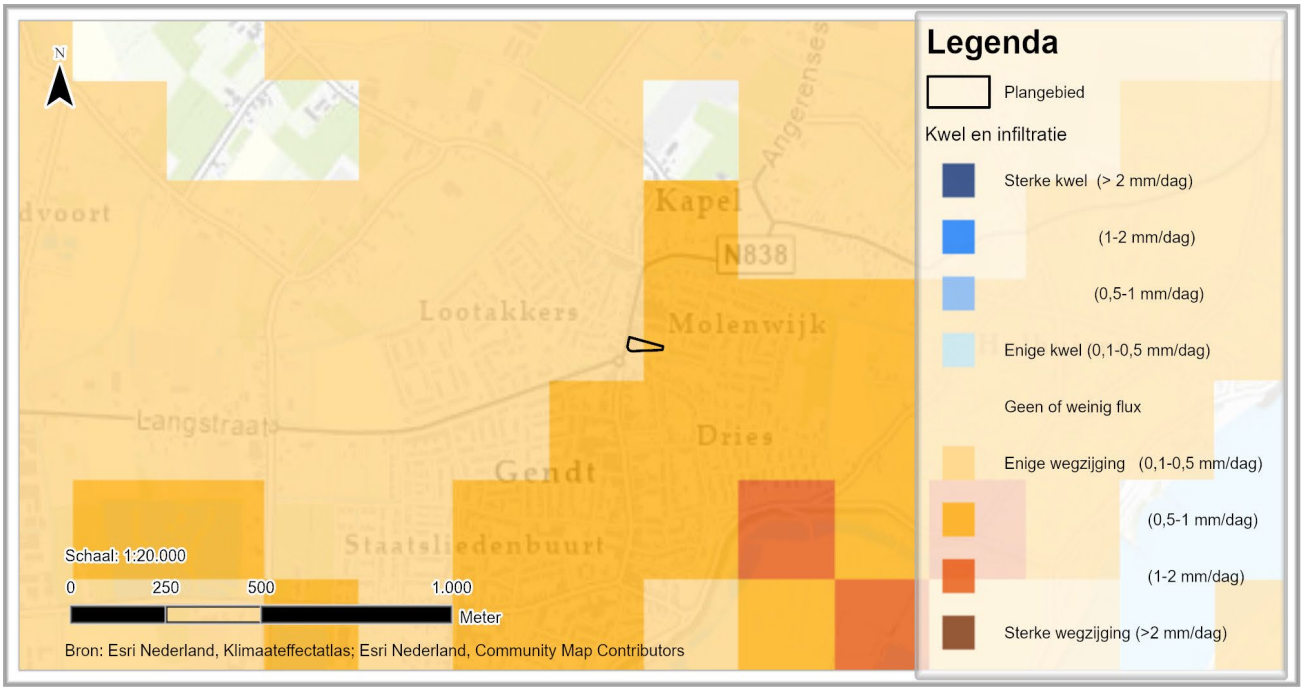
Op 05-08-2024 is binnen het plangebied een grondwaterstand gemeten van 1,30 m-mv. Op elke plaats fluctueert de freatische grondwaterstand in een jaar als gevolg van seizoensinvloeden (neerslag en verdamping). De mate waarin de grondwaterstand op een bepaalde plaats fluctueert, wordt gekenmerkt door de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand. In bijlage 1 wordt dit nader toegelicht. In de klimaateffectatlas (bron [3]) is voor het plangebied een GHG aangegeven van 1,0 à 1,5 m-mv (zie afbeelding 4).



Afbeelding 4: GHG volgens klimaateffectatlas (bron [3])

Kwel

Op de kwelkaart van de klimaateffectatlas (bron [3]) is aangegeven dat het plangebied in een infiltratiegebied ligt waar enige wegzijging optreedt (circa 0,1 – 1 mm/dag) (zie afbeelding 5).



Afbeelding 5 Kwel en infiltratiekaart (bron [3])

Conclusie grondwater

Op basis van de in bijlage 1 beschreven beschouwing en de afbeeldingen 4 en 5 worden voor het plangebied de in tabel 3 vermelde GHG en GLG aangehouden.

Tabel 3 Aangenomen GHG en GLG voor het plangebied

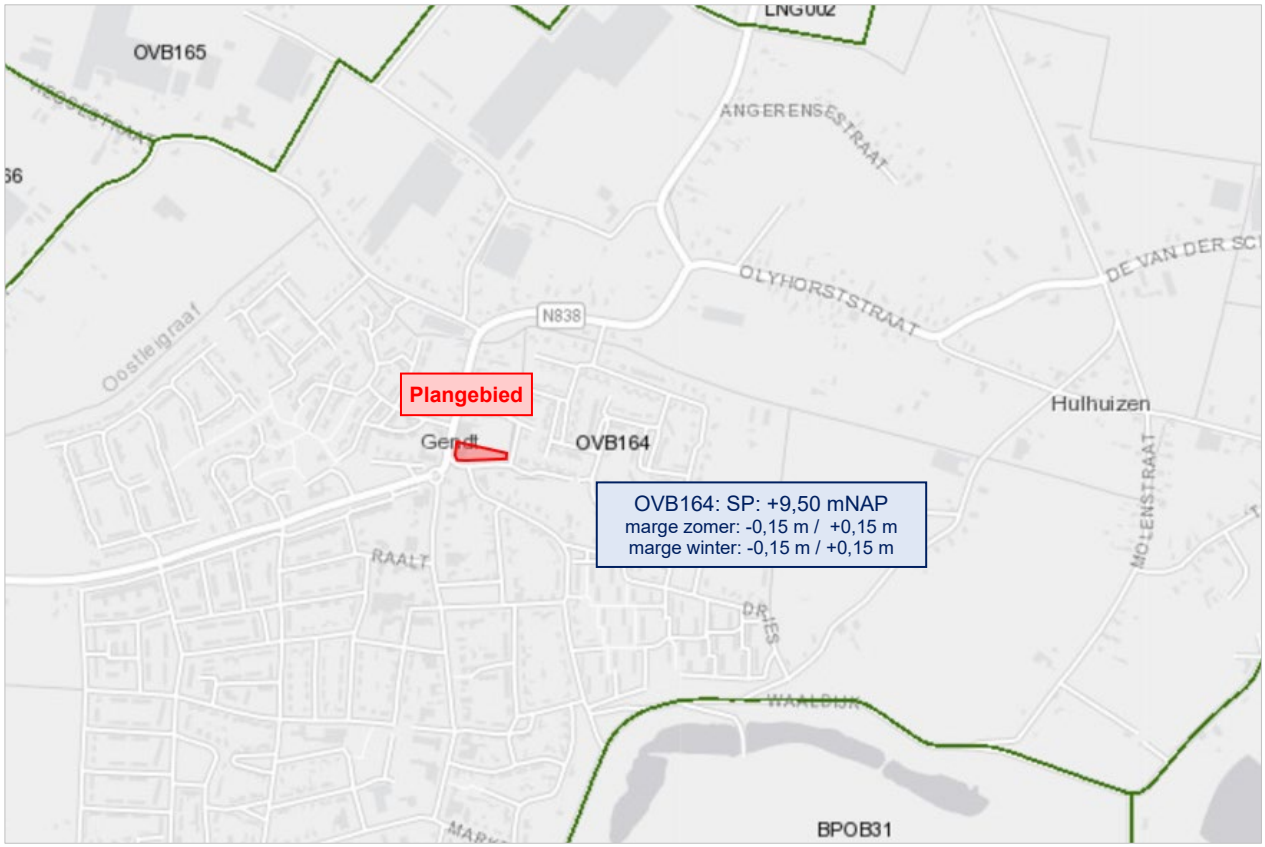
	mNAP	m-mv
Hoogte bestaand maaiveld	+10,5 à +11,0	0
GHG	+9,7	0,8 à 1,3
GLG	+8,1	2,4 à 2,9

Grondwaterbeschermingsgebied

Het plangebied ligt niet in een grondwaterbeschermingsgebied (bron [3]).

2.5 Oppervlaktewater

Het plangebied ligt in het beheergebied van waterschap Rivierenland, in peilgebied OVB164 met een streefpeil van +9,50 mNAP (zie afbeelding 6 op de volgende pagina). De marge in het zomer- en winterpeil bedraagt ± 0,15 m. Het streefpeil wordt gehanteerd bij peil regulerende kunstwerken, wat betekent dat de oppervlakte-waterpeilen lokaal kunnen afwijken van het streefpeil.



Afbeelding 6 Overzicht peilgebieden rondom projectlocatie (bron [4])

In afbeelding 7 zijn de op de legger van het waterschap Rivierenland geregistreerde oppervlaktewateren weergegeven. Binnen het plangebied bevindt zich geen oppervlaktewater. Aan de zuidoostzijde van het plangebied ligt een A-watergang (nummer 107579) die onder de Kruigang, en aan de oostelijke rand van het plangebied, door een duiker loopt.

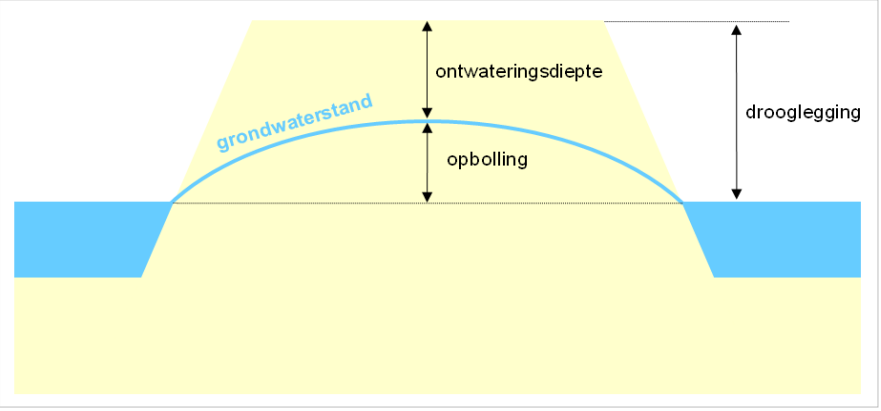


Afbeelding 7 Op de legger van waterschap Rivierenland aangegeven oppervlaktewater (bron [4])

3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

3.1 Ontwateringsdieptes

De gemeente Lingewaard heeft eisen gesteld aan de minimale ontwateringsdiepten voor bebouwing, wegen en openbaargroen/ tuinen. Deze ontwateringsdieptes worden gehanteerd om te voorkomen dat in de toekomst nadelige gevolgen gaan optreden als gevolg van (te) hoge grondwaterstanden. In afbeelding 8 pagina is schematisch weergegeven wat de ontwateringsdiepte inhoudt.



Afbeelding 8 Schematisch overzicht ontwateringsdiepte

Het maaiveld van het plangebied ligt in de huidige situatie op een hoogte van circa +10,5 tot +11,0 mNAP. Op basis van een GHG van +9,7 mNAP is in tabel 4 een overzicht weergegeven van de minimale hoogtes van het maaiveld en de vloerpeilen. Uit tabel 4 kan worden afgeleid dat de delen van het plangebied waar bebouwing komt en die lager liggen dan +10,7 mNAP, opgehoogd moeten worden (maximaal 0,2 m) om te voldoen aan de ontwateringsdieptes. Bij de technische uitwerking van het plan dienen de ontwerphoogtes verder uitgewerkt te worden.

Tabel 4 Minimale ontwerphoogtes in het plangebied op basis van een GHG van +9,7 mNAP.

gebruiksvorm	ontwateringsdiepte	
	eis gemeente (m boven GHG)	eis voor plangebied (mNAP)
bebouwing met kruipruimte [1)]	1,0	+10,7
tuinen en openbare groenvoorzieningen	0,5	+10,2
wegen	0,7	+10,4

1) Vloerpeil van de woningen 0,20 tot 0,30 m boven het omringend maaiveld en minimaal 0,20 m boven de as van wegen.

3.2 Beleid ten aanzien van hemelwater

Waterschap Rivierenland

Het waterschap stelt als eis dat bij een bui T=10+10% het waterpeil in sloten in principe 0,30 m mag stijgen. Daarnaast mag bij een bui van T=100+10% het waterpeil in de wijk niet hoger stijgen dan putdekselhoogte. Voor het bepalen van de benodigde waterberging bij ruimtelijke ontwikkelingen is de bui T=10+10% in principe maatgevend. Bij waterberging in open water geldt hierbij als vuistregel dat 436 m^3 berging per hectare verharding benodigd is, waarbij de waterberging gerekend mag worden vanaf zomerpeil; in het plangebied is dit +9,50 m NAP. Voor watercompensatie in kunstmatige voorzieningen, zoals bijvoorbeeld wadi's of infiltratiekratten, geldt als vuistregel dat 664 m^3 berging per hectare verharding gerealiseerd moet worden (bron [4]). Het waterschap hanteert voor infiltratievoorzieningen een ledigingstijd van 48 tot 96 uur.

Om te voorkomen dat individuele bewoners voor kleine voorzieningen zoals serres, tuinschuurtjes, een enkele woning, etc., moeten compenseren, geldt voor stedelijk gebied een eenmalige vrijstelling van de compensatieplicht van 500 m². Dit betekent dat wanneer bij een ontwikkeling meer dan 500 m² verhard (dak)oppervlak wordt aangebracht, de vrijgestelde 500 m² daarop in mindering mag worden gebracht.

Gemeente Lingewaard

De gemeente Lingewaard volgt de bergingseisen van het waterschap.

Initiatiefnemers van ruimtelijke plannen kunnen onder bepaalde voorwaarden gebruik maken van een waterbergingsbank, als op grond van wet- en regelgeving waterberging dient te worden aangelegd. De initiatiefnemer hoeft dan zelf geen waterberging meer aan te leggen binnen het plangebied, maar koopt waterberging van de waterbergingsbank. Wanneer de waterbergingsverplichting bij de gemeente Lingewaard wordt afgekocht neemt de gemeente de verantwoordelijkheden over en zorgt voor de aanleg, het beheer en onderhoud van waterberging. De waterbergingsbank is een goede werkwijze om gebiedsgericht ruimte te zoeken voor waterberging en zorgt voor meer ruimtelijke kwaliteit en minder wateroverlast.

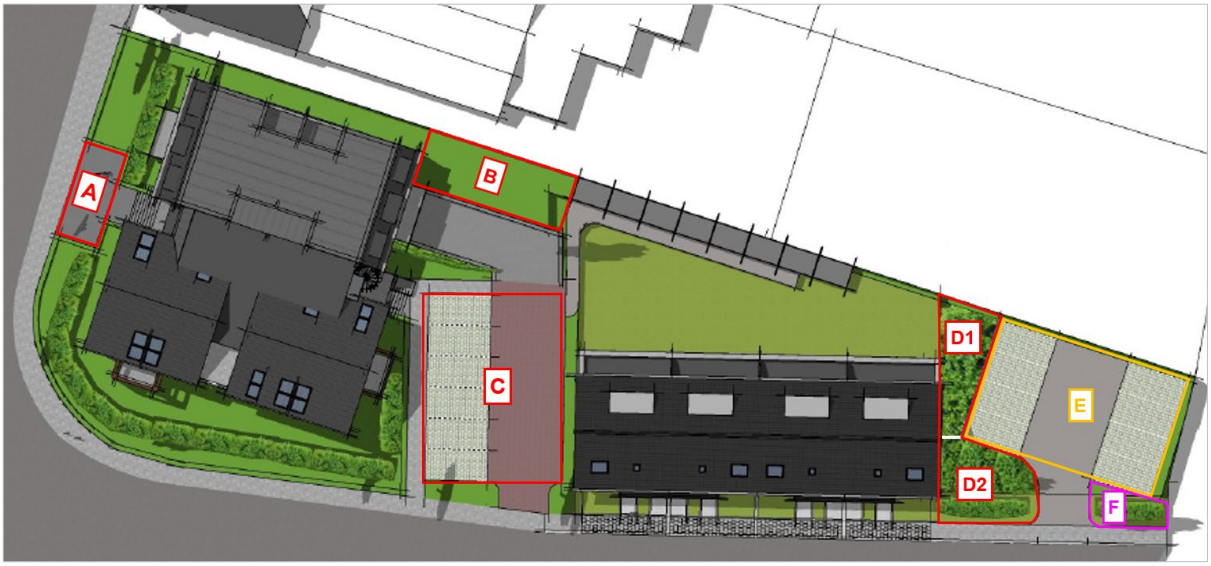
4 Hemelwaterberging

4.1 Afstromend verhard oppervlak

In afbeelding 2 is te zien dat binnen het plangebied in de nieuwe situatie 1.387 m² verhard (dak)oppervlak wordt aangelegd. Mecus Planontwikkeling B.V. heeft aangegeven voor dit plan gebruik te willen maken van de eenmalige vrijstellingsregeling. Dit betekent dat conform de eis van het waterschap, binnen het plangebied 66,4 mm * (1.387-500) m² = 59 m³ aan berging moet worden gerealiseerd.

4.2 Mogelijkheden waterberging in plangebied

In afbeelding 9 is aangegeven waar mogelijkheden zijn om waterberging te realiseren en in tabel 5 is een overzicht van de maximaal mogelijke dimensies hiervan gegeven.



Afbeelding 9 Geplande inrichting plangebied met mogelijkheden voor waterberging (bron [7])

Tabel 5 Maximaal mogelijke afmetingen van de in afbeelding 9 weergegeven bergingsopties

Vak	Type berging	Maximaal mogelijke afmetingen insteek			Hoogte/ diepte berging (m)	Inhoud berging [1] (m³)	Extra benodigde berging [2] (m³)
		Lengte (m)	Breedte (m)	Oppervlak (m²)			
A	Ondergronds	7,0	2,0	14,0	0,3	4,2	-
B	Wadi	12,0	5,0	60,0	0,3	13,7	4,0
C	Ondergronds	14,0	11,0	154,0	0,3	46,2	-
D1	Wadi	10,0	2,0	20,0	0,3	3,1	1,3
D2	Wadi	6,0	6,0	36,0	0,3	7,9	2,4
E	Ondergronds	16,0	10,0	160,0	0,3	48,0	-
F	Wadi	6,0	3,0	18,0	0,3	3,3	1,2
TOTAAL						**126,2**	**8,9**

1) Talud van wadi's 1 : 3
2) Aangezien in bovengrondse voorzieningen ook rechtstreeks hemelwater terecht komt.

Uit tabel 5 blijkt dat in de in afbeelding 9 aangegeven voorzieningen 126 m³ berging beschikbaar is. Indien wadi's worden aangelegd is in totaal is 59 + 9 = 68 m³ berging nodig. Dit betekent dat in het plangebied voldoende hemelwaterberging kan worden gerealiseerd.

Infiltratievoorzieningen

Hemelwater kan worden geborgen met boven- of ondergrondse infiltratievoorzieningen van waaruit het hemelwater in de bodem infiltreert. In bijlage 2 is dit nader toegelicht. Bovengrondse infiltratievoorzieningen hebben als voordeel dat ze goedkoper zijn in aanleg en beter kunnen worden onderhouden dan ondergrondse infiltratievoorzieningen. Een nadeel van bovengrondse infiltratievoorzieningen is dat ze veel ruimte in beslag nemen. Bovengrondse infiltratievoorzieningen kunnen alleen worden aangelegd in groen gebied, ondergrondse infiltratievoorzieningen kunnen zowel in groen als verhard gebied (buiten bebouwing) worden aangelegd. Bij het opstellen van een ontwerp voor een hemelwatersysteem dient rekening te worden gehouden met de waterstromen afkomstig van de verschillende verharde (dak)oppervlakken naar de verschillende infiltratievoorzieningen binnen het plangebied in relatie tot de toekomstige maaiveldhoogtes binnen het plangebied.

Bovengrondse infiltratievoorzieningen

Wadi

Een wadi heeft ten opzichte van ondergrondse voorzieningen een relatief groot ruimtebeslag, omdat bij een wadi normaliter een talud wordt aangehouden van maximaal 1 : 3 en een maximale diepte van 0,5 m-mv. Een aandachtspunt bij een wadi is de beplanting die in de wadi wordt aangebracht; aangezien er in een wadi regelmatig water komt te staan, dient de aan te planten begroeiing hiertegen bestand te zijn. Binnen de in afbeelding 9 aangegeven wadi's kan circa 24,7 m³ hemelwater worden geborgen. Hiervoor is 7,7 m³ extra berging benodigd. Effectief kan in de wadi's dus 17 m³ hemelwater worden geborgen.

Sedumdak

Op sedumdaken kan circa 30 tot 100 mm hemelwater worden geborgen. In het plan is niet voorzien in sedumdaken.

Water op straat

Behalve in wadi's kan ook hemelwater op straat binnen trottoirbanden worden geborgen. Het totale oppervlak van de terreinverhardingen bedraagt circa 328 m² (zie tabel 5, de vakken A, C en E). Bij een horizontaal aangelegde verharding zou hier met 0,1 m hoge trottoirbanden tijdelijk circa 33 m³ hemelwater kunnen worden geborgen.

Ondergrondse infiltratievoorzieningen

Onder de terreinverharding in het plangebied is circa 328 m² ruimte beschikbaar voor ondergrondse infiltratievoorzieningen (zie afbeelding 9 en tabel 5, de vakken A, C en E).

Infiltratiekratten

Bij infiltratiekratten moet rekening worden gehouden met de vereiste minimale gronddekking boven de infiltratiekratten; normaliter wordt hiervoor minimaal 0,7 m aangehouden (dit is afhankelijk van het grondgebruik). Met een GHG van 0,8 à 1,3 m onder het huidige maaiveld (zie tabel 3), betekent dit dat een krattenveld maximaal 0,1 tot 0,6 m hoog mag zijn. In infiltratiekratten met een hoogte van 0,30 m en een effectieve berging van 95%, kan over een oppervlakte van 328 m² 93 m³ aan berging worden gerealiseerd. Indien geen wadi's en andere voorzieningen worden aangelegd is met 0,3 m hoge infiltratiekratten een oppervlakte van 207 m² nodig om 59 m³ aan berging te realiseren. Hiervoor is onder de terreinverharding binnen het plangebied voldoende ruimte beschikbaar.

Waterkelder

Berging kan ook worden gerealiseerd in een waterkelder (watertable) onder wegen en/of parkeerplaatsen. Een belangrijk voordeel van dit systeem ten opzichte van bijvoorbeeld infiltratiekratten en een IT-riool is dat er maar een dekking van minimaal 25 cm nodig is in plaats van 70 cm. In een waterkelder met een inwendige hoogte van 1,36 m en een effectieve berging van 95% is met een dekking van 0,25 m bij een GHG van 1,30 m-mv 1,00 m verticale ruimte bechikbaar voor berging. In een waterkelder met een effectieve bergingshoogte van 1,00 m kan kan over een oppervlakte van 328 m² 327 m³ aan berging worden gerealiseerd. Indien geen wadi's en andere voorzieningen worden aangelegd is met een waterkelder met een effectieve bergingshoogte van 1,0 m een oppervlakte van 59 m² nodig om 59 m³ aan berging te realiseren.Hiervoor is onder de terreinverharding binnen het plangebied voldoende ruimte beschikbaar.

Het is niet per sé noodzakelijk om de onderzijde van infiltratiekratten of een waterkelder boven de GHG te leggen. De onderzijde kan eventueel onder de GHG worden aangelegd zodat er in perioden met een lagere grondwaterstand dan de GHG meer bergingsruimte ontstaat. Volgens het KNMI valt de meeste neerslag (mm) gemiddeld in augustus (felle buien waarbij in korte tijd veel neerslag valt). De aangenomen GLG binnen het plangebied is circa 1,6 m lager dan de GHG.

IT-riool

Ook bij een IT-riool moet rekening worden gehouden met een gronddekking van minimaal 0,7 m. Met een GHG van 0,8 à 1,3 m onder het huidige maaiveld, betekent dit dat een IT-riool een diameter van maximaal 0,6 m mag hebben. Om in een IT-riool met een diameter van 0,4 m 59 m³ berging te realiseren moet het IT-riool een lengte hebben van circa 470 m. Bij een diameter van 0,6 m is dat 209 m. Op basis van de in afbeelding 9 weergegeven inrichting van het plangebied kan worden geconcludeerd dat het niet reëel is om een IT-riool aan te leggen, alleen om het bergingsdoel te bereiken.

4.3 Ledigingstijd

Water verdwijnt uit een infiltratievoorziening doordat het door de doorlatende wanden en bodem van de infiltratievoorziening in de omringende bodem infiltreert. De snelheid waarmee dat gebeurt (en dus de ledigingstijd) is afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de infiltratievoorziening en deze is afhankelijk van de volgende parameters:

- de doorlatendheid (K-waarde) van de omringende bodem;
- het totale oppervlak (van de doorlatende wanden en bodem) van de infiltratievoorziening boven de grondwaterspiegel, waardoorheen het water in de bodem kan infiltreren.

De K-waarde van de bodem is afhankelijk van de samenstelling ervan. Leem en klei hebben een zeer kleine K-waarde, zand en grind hebben een grote K-waarde (zie tabel 6). Dit betekent dat in leem en klei nagenoeg geen water kan infiltreren en dat zand en grind zeer goede infiltratiemogelijkheden bieden.

Tabel 6 K-waarden van grondsoorten (bron [6])

Grondsoort	K-waarde (m/dag)
Klei	10^{-4} – 10^{-2}
Zandige klei	0,05
Keileem	0,05
Veen	0,005 – 0,5
Leem / löss	0,05
Zandige leem	0,3
Fijn zand	1 - 10
Grof zand	30 - 80
Uiterst grof zand	200
Fijn tot grof grind	10^{3} - 10^{5}

Gelet op de in tabel 2 weergegeven bodemopbouw binnen het plangebied (klei vanaf maaiveld tot minimaal circa 3,0 m-mv), zijn er geen mogelijkheden om hemelwater binnen het plangebied te infiltreren en zal in overleg met het Waterschap Rivierenland moeten worden vastgesteld op welke wijze het hemelwater vertraagd kan worden afgevoerd naar A-watergang 107579 die aan de oostzijde van het plangebied door een duiker loopt.

5 Samenvatting en conclusies

5.1 Samenvatting en conclusies

Mecus Planontwikkeling B.V. is voornemens om het perceel aan de Dorpstraat 58 in Gendt te herontwikkelen. De geplande ontwikkeling mag geen negatieve gevolgen hebben op de waterhuishoudkundige situatie in en om het plangebied. Daarom moet in elk omgevingsplan een waterparagraaf worden opgenomen waarin is beschreven welke effecten een voorgenomen ruimtelijke ingreep heeft op de waterhuishoudkundige belangen en welke maatregelen getroffen gaan worden om eventuele negatieve effecten te voorkomen/beperken. In verband hiermee moet een waterhuishoudkundig plan worden opgesteld waarin de waterhuishoudkundige aspecten en alle wateren worden beschouwd. Op basis van een waterhuishoudkundig plan kan een waterparagraaf worden opgesteld die in het omgevingsplan kan worden opgenomen. Met de watergraaf kan het bevoegd gezag beoordelen wat het effect van het plan op de waterhuishoudkundige aspecten is en met betrekking tot het aspect water een besluit kan nemen over de geplande ontwikkeling.

Op dit moment zit het plan in de voorbereidingsfase en moet de haalbaarheid van het plan met betrekking tot het aspect water worden beoordeeld. Hiertoe zijn de waterhuishoudkundige aspecten binnen het plangebied verkend en is een watermemo opgesteld. Op basis van de bevindingen wordt het volgende geconcludeerd:

- Binnen het plangebied wordt in de nieuwe situatie 1.387 m² verhard (dak)oppervlak aangelegd. Mecus Planontwikkeling B.V. heeft aangegeven met betrekking tot de waterberging voor dit plan gebruik te willen maken van de eenmalige vrijstellingsregeling. Dit betekent dat binnen het plangebied conform de eis van het waterschap 66,4 mm * (1.387-500) m² = 59 m³ aan berging moet worden gerealiseerd.
- Voor het plangebied is een GHG afgeleid van +9,7 mNAP en een GLG van +8,1 mNAP.
- De bestaande hoogte van het maaiveld in het plangebied varieert van circa +10,50 tot circa +11,00 mNAP. Om te voldoen aan de ontwateringsdiepte voor bebouwing moeten de delen van het plangebied die lager liggen dan +10,7 mNAP waar bebouwing komt, opgehoogd worden (maximaal 0,2 m).
- De bodem binnen het plangebied bestaat tot tenminste 3,0 m-mv overwegend uit klei. Dit betekent dat de bodem binnen het plangebied nagenoeg geen mogelijkheden biedt om hemelwater te infiltreren.
- Middels (een combinatie van) onderstaande voorzieningen kan binnen het plangebied voldoende hemelwaterberging worden gerealiseerd (zie afbeelding 9):
  - wadi's in groenvakken: hiermee kan effectief circa 17 m³ aan berging worden gerealiseerd;
  - met infiltratiekratten onder de verhardingen in het westelijk, midden en oostelijk deel van het plangebied kan 93 m³ aan berging worden gerealiseerd.
  - met een waterkelder onder de verhardingen in het westelijk, midden en oostelijk deel van het plangebied kan 327 m³ aan berging worden gerealiseerd.

5.2 Aanbevelingen

- Geadviseerd wordt om binnen het plangebied hoogtemetingen uit te voeren. Op basis van de resultaten van de hoogtemetingen kan een waterhuishoudkundig plan worden opgesteld en kunnen een hoogteplan en ontwerpen worden gemaakt van het toekomstige hemelwatersysteem en van de vuilwaterriolering.
- Binnen het plangebied zijn er beperkte mogelijkheden voor waterberging en geen mogelijkheden om hemelwater te infiltreren. In verband hiermee wordt geadviseerd om bij de gemeente Lingewaard na te gaan onder welke voorwaarden de waterbergingsopgave kan worden afgekocht en wat de kosten hiervoor zijn. Op basis hiervan kan een besluit worden genomen over de wijze hoe voor het plan Dorpstraat 58 te Gendt de waterbergingsopgave ingevuld gaat worden.
- Indien wordt besloten om binnen het plangebied wel waterbergingsvoorzieningen aan te leggen wordt geadviseerd om in overleg met het Waterschap Rivierenland te bepalen op welke wijze het hemelwater vertraagd kan worden afgevoerd naar A-watergang 107579 die aan de oostzijde van het plangebied door een duiker loopt.

6 Verwijzingen

[1] De website *https://pdok.nl/viewer* : actuele geo-informatie op kaarten;
[2] De website *https://basisregistratieondergrond.nl/* : geowetenschappelijke gegevens over de ondergrond van Nederland;
[3] De klimaateffectatlas: https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/

[4] De website en legger van Waterschap Rivierenland;
[5] Het rapport "*Verkennend bodemonderzoek met asbest in bodem Dorpstraat 58 te Gendt*", projectnummer MT-240223, 22-08-2024, Rouwmaat Groep;
[6] Grondwaterzakboekje, B. Bot;
[7] Het document "*Planvoorstel V3e*", 25 juni 2024, Breure Janssen;
[8] De website *https://www.ahn.nl/ahn-viewer* : digitaal bestand met gedetailleerde hoogtegegevens van heel Nederland.

Bijlagen

1 Beschouwing grondwaterstanden
2 Infiltratievoorzieningen
3 Begrippenlijst

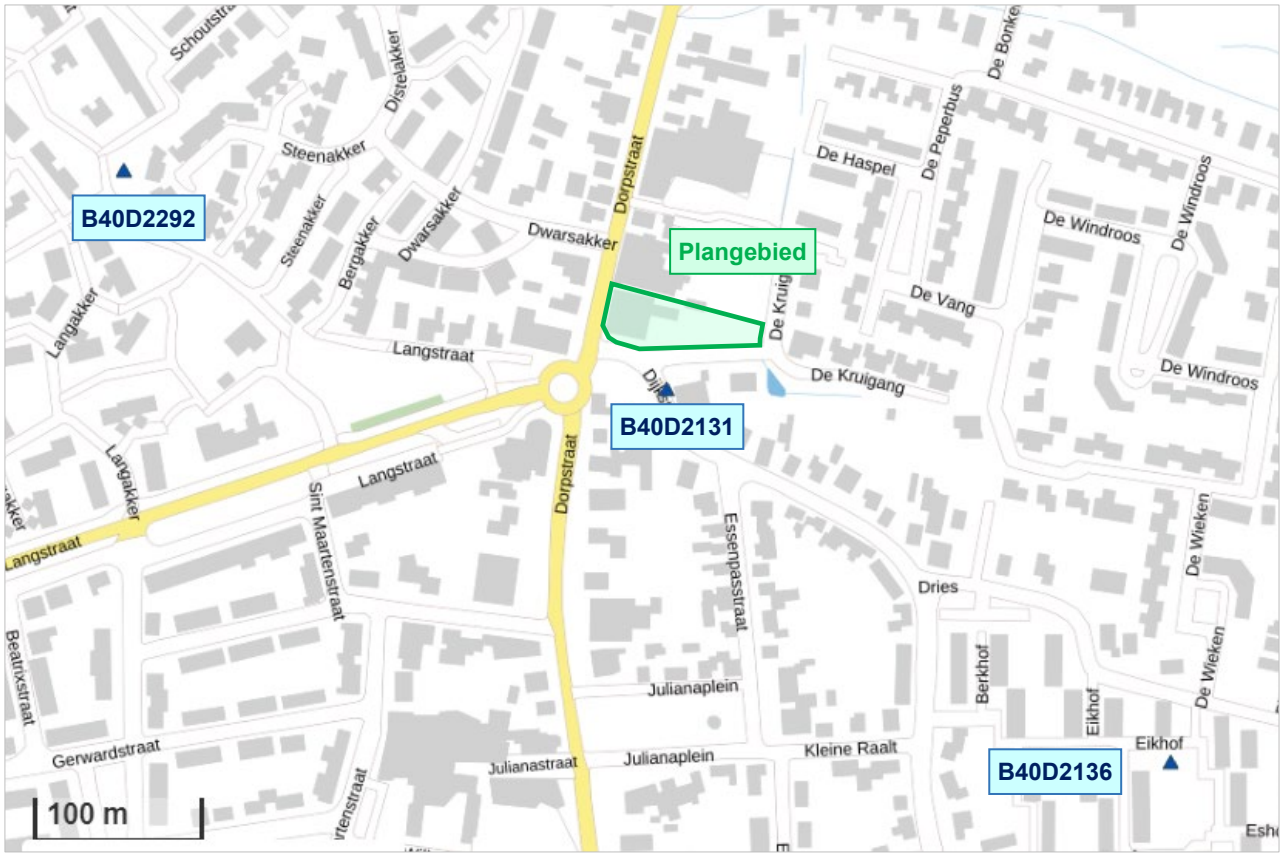
Bijlage 1 Beschouwing grondwaterstanden

Buro Hoogstraat bv
Kerkplein 5
8121 BM Olst

Beschouwing grondwaterstand op een locatie

Op elke plaats fluctueert de freatische grondwaterstand in een jaar als gevolg van seizoensinvloeden (neerslag en verdamping). In het algemeen ligt de freatische grondwaterstand in het voorjaar (maart) op het hoogste niveau en in de nazomer (september) op het laagste niveau. Afhankelijk van de regionale ligging van het gebied kan hiertussen wel meer dan 2,0 m verschil zitten. De mate waarin de grondwaterstand op een bepaalde plaats fluctueert, wordt gekenmerkt door de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand. Deze worden als volgt bepaald: in een hydrologisch jaar (dat loopt van 1 april tot en met 31 maart van het daarop volgende jaar) wordt de grondwaterstand in een peilbuis twee keer per maand (gewoonlijk op de 14de en 28ste dag van de maand) gemeten. Van elk hydrologisch jaar (waarvan 24 metingen beschikbaar zijn) worden de drie hoogst en drie laagst gemeten grondwaterstanden genomen. De GHG (GLG) is het gemiddelde van de hoogst (laagst) gemeten grondwaterstanden van minimaal acht hydrologische jaren.

Indien op een locatie geen langjarige meetreeks van de grondwaterstand beschikbaar is, kan een indicatie van de GLG en GHG op die locatie worden verkregen uit meetgegevens van monitoringspeilbuizen die in de omgeving van de locatie staan. Op het Dinoloket zijn binnen een straal van circa 365 m van het plangebied 3 monitoringspeilbuizen aangegeven waarin de grondwaterstanden periodiek zijn gemeten. De locaties van deze peilbuizen zijn weergegeven in afbeelding 1 en in tabel 1 zijn nadere gegevens van deze monitoringspeilbuizen weergegeven.



Afbeelding 1 Locaties monitoringspeilbuizen rondom plangebied

Tabel 1 Gegevens van monitoringspeilbuizen in omgeving van het plangebied (TNO, 2024)

Peilbuis	Filterstelling (m-mv)	Hoogte maaiveld (m NAP)	Gemeten periode	Aantal metingen	Afstand tot plangebied (m)
B40D2292	2,04 - 7,31	+10,63	13-05-2013 tot 08-03-2023	39.375	300
B40D2131	2,33 - 4,33	+10,89	03-11-2009 tot 19-01-2012	6.400	25
B40D2136	1,62 - 3,62	+11,43	03-11-2009 tot 19-01-2012	6.108	365

ONDERDEEL VAN DAGNL. DE ADVIESGROEP NEDERLAND

De mate waarin de in een peilbuis gemeten grondwaterstanden als representatief voor een locatie kunnen worden beschouwd, is afhankelijk van de volgende aspecten:

a) de afstand van de peilbuis tot de locatie (hoe groter de afstand des te minder representatief);
b) de diepte van het filter van de peilbuis in relatie tot de bodemopbouw ter plaatse van de peilbuis en op de locatie (hoe groter de verschillen in bodemopbouw, des te minder representatief);
c) de ouderdom en lengte van de tijdreeks waarover meetgegevens beschikbaar zijn (hoe ouder en hoe korter de meetreeks des te minder representatief) en het aantal metingen van de meetreeks (hoe minder metingen des te minder representatief);
d) de maaiveldhoogte ter plaatse van de peilbuis in vergelijking met de maaiveldhoogte op de locatie (hoe groter het verschil in maaiveldhoogte des te minder representatief);
e) de aanwezigheid, omvang en diepte van oppervlaktewater tussen de peilbuis en de locatie (hoe omvangrijker het oppervlaktewater des te minder representatief);
f) overige omstandigheden tussen de peilbuis en de locatie die invloed hebben op de grondwaterstand (zoals zomer- en winterpeil van het plangebied en van de percelen waarin de monitoringspeilbuizen staan).

Op basis van de hiervoor genoemde punten is beoordeeld in welke mate de grondwaterstanden die zijn gemeten in de in afbeelding 1 weergegeven peilbuizen, representatief zijn voor de projectlocatie. In tabel 2 is het resultaat van deze beoordeling weergegeven.

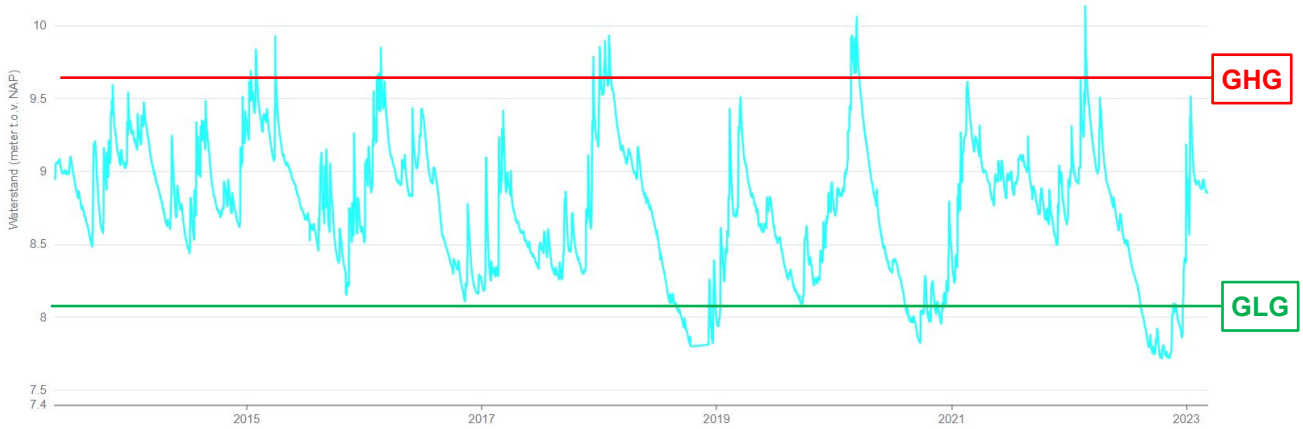
Tabel 2 Beoordeling grondwaterstanden uit de monitoringspeilbuizen

Criterium [1]		B40D2292	B40D2131	B40D2136
a) Afstand tot plangebied	- : > 250 m. o : > 50 m en ≤ 250 m; + : < 50 m;	- (300)	+ (25)	- (365)
b) Diepte filter in relatie tot bodemopbouw	- : filter in bodemlaag onder een scheidende laag. o : filter in freatisch pakket > 5 m onder grondwaterstand; + : filter in freatisch pakket < 5 m onder grondwaterstand.	+	+	+
c) Meetreeks	ouderdom - : < 8 jaar; o : > 4 jaar , ≤ 8 jaar; + : ≤ 4 jaar;	+ (2023)	- (2012)	- (2012)
	lengte - : ≤ 2 jaar o : >2 jaar en ≤ 8 jaar; + : > 8 jaar;	+ (±9,9 j)	o (± 2,2 j)	o (± 2,2 j)
	aantal metingen per jaar - : < 24. + : ≥ 24;	+	+	+
d) Hoogte maaiveld	- : verschil > 1,0 m; o : verschil > 0,5 m , < 1,0 m; + : verschil ≤ 0,5 m;	+	+	o
e) Oppervlaktewater tussen peilbuis en projectlocatie	+ : geen oppervlaktewater; o : kleinschalig en/of ondiep oppervlaktewater - : omvangrijk en/of diep oppervlaktewater.	+	+	+
f) Overige factoren [2]		+	+	+
TOTAAL		**-**	**-**	

1) + = gunstig/bruikbaar o = neutraal - = ongunstig/niet bruikbaar
2) De 3 peilbuizen staan in hetzelfde peilgebied als het plangebied met een streefpeil van +9,50 mNAP (met een marge van ± 0,15 m).

Op basis van onderdeel c) worden de gemeten grondwaterstanden in peilbuis B40D2292 het meest representatief geacht om een indicatie van de GHG en GLG in het plangebied af te leiden. In afbeelding 2 op de volgende pagina zijn de in deze peilbuis gemeten grondwaterstanden grafisch weergegeven.

ONDERDEEL VAN DAGNL. DE ADVIESGROEP NEDERLAND



Afbeelding 2: Gemeten grondwaterstanden in monitoringspeilbuis B40D2292 met aangenomen GHG en GLG

Op basis van de voorgaande beschouwing worden voor het plangebied de in tabel 3 vermelde GHG en GLG aangehouden.

Tabel 3 Aangenomen GHG en GLG voor het plangebied

	B40D2292	Projectlocatie
Hoogte bestaand maaiveld (mNAP)	+10,63	+10,5 à +11,0
GHG (mNAP)	+9,7	+9,7 ± 0,1 m [2)]
GLG (mNAP)	+8,1	+8,1 ± 0,1 m [2)]

1) In verband met de afstand van de peilbuis tot het plangebied wordt aangenomen dat er een onzekerheid van circa ± 0,1 m in de GHG en GLG zit.

ONDERDEEL VAN DAGNL. DE ADVIESGROEP NEDERLAND

Bijlage 2 Infiltratievoorzieningen

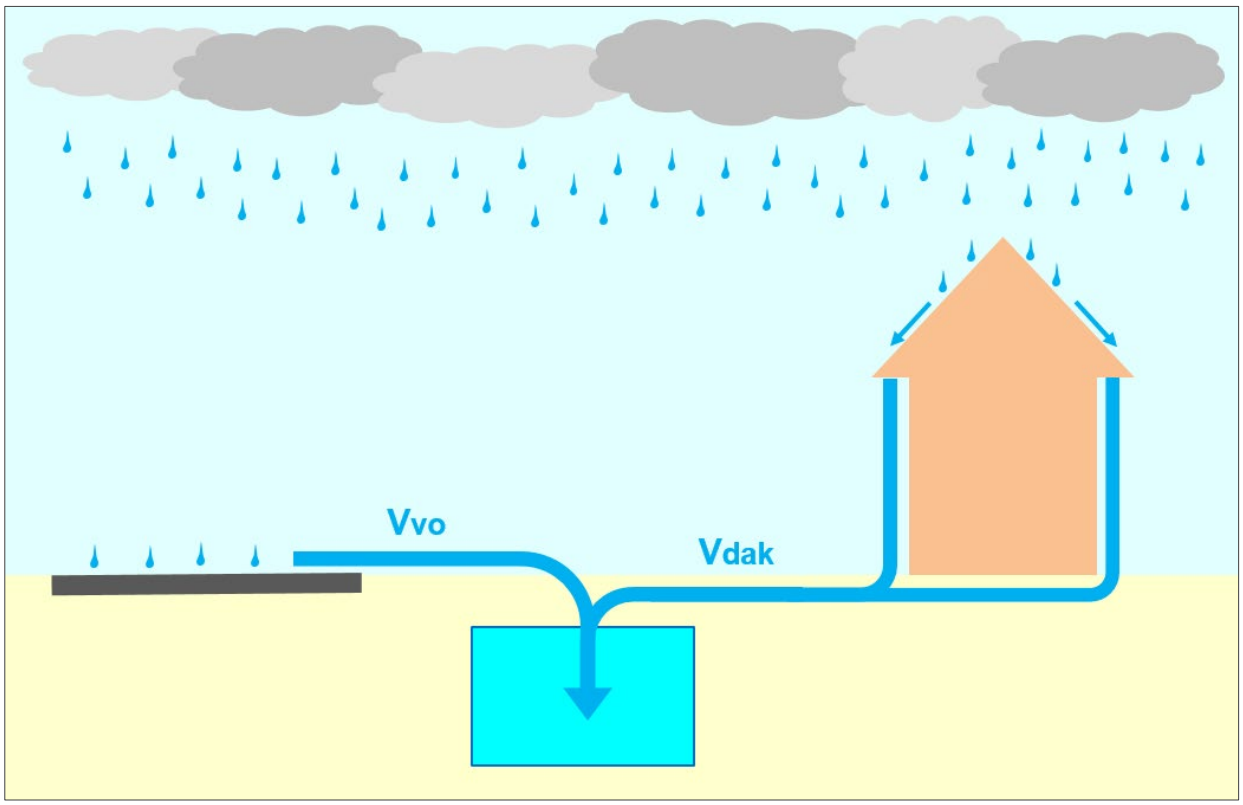
Buro Hoogstraat bv
Kerkplein 5
8121 BM Olst

ONDERDEEL VAN DAGNL. DE ADVIESGROEP NEDERLAND

Infiltratievoorzieningen

1 Algemeen

Een infiltratievoorziening bestaat uit een berging met doorlatende wanden en soms een doorlatende bodem. Wanneer neerslag op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak valt, stroomt een deel hiervan naar de infiltratievoorziening (zie afbeelding 1). Bij bovengrondse infiltratievoorzieningen (zoals een wadi en infiltratiesloot) komt daarnaast ook nog hemelwater direct vanuit de lucht in de infiltratievoorziening terecht.



Afbeelding 1: Aanvoer hemelwater naar een ondergrondse infiltratievoorziening tijdens neerslag; vanaf afgekoppeld dakoppervlak (Vdak) en afgekoppeld verhard oppervlak (Vvo).

Berging van hemelwater kan alleen boven de grondwaterspiegel worden gerealiseerd. Daarom worden infiltratievoorzieningen bij voorkeur boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) aangelegd. Volgens het KNMI valt het zwaartepunt van extreme neerslaggebeurtenissen doorgaans in de maanden juli en augustus. Dat zijn de maanden waarin doorgaans sprake is van een lage grondwaterstand, hetgeen gunstig is met betrekking tot het realiseren van voldoende berging.

Door de aanvoer van hemelwater in een infiltratievoorziening gaat er water door de doorlatende delen van de infiltratievoorziening in de bodem infiltreren. Wanneer per tijdseenheid meer hemelwater in de infiltratievoorziening aangevoerd wordt dan er via infiltratie uit verdwijnt, zal het waterpeil in de berging stijgen. Bij een stijgend waterpeil neemt het verticale wandoppervlak, waardoorheen water in de bodem infiltreert, toe zodat per tijdseenheid meer water in de bodem infiltreert. Het waterpeil blijft stijgen totdat per tijdseenheid evenveel water in de infiltratievoorziening terecht komt als dat er via infiltratie uit verdwijnt. Is de intensiteit van een bui zo hoog en/of is de doorlatendheid van de bodem zo laag, dat de aanvoer hoger blijft dan de infiltratie, dan zal het waterpeil in de berging stijgen tot aan een aangebrachte overstort-voorziening. Zodra de intensiteit van de bui afneemt en/of de neerslag stopt, zal het waterpeil in de berging gaan dalen.

De totale capaciteit van een infiltratievoorziening moet gelijk zijn aan de bergingscapaciteit minus de infiltratiecapaciteit: hoe kleiner de infiltratiecapaciteit, des te groter de berging moet zijn en omgekeerd. De benodigde minimale afmetingen (lengte, breedte en hoogte/diepte) van een infiltratievoorziening zijn afhankelijk van:

a) het totale oppervlak van de afgekoppelde verharde (dak)oppervlakken;
b) de afstromingscoëfficiënt(en) van de afgekoppelde verharde (dak)oppervlakken (de afstromingscoëfficiënt van een verhard oppervlak is de fractie van het op dat oppervlak vallend hemelwater dat daadwerkelijk in de infiltratievoorziening terecht kom);
c) de maatgevende bui die verwerkt moet kunnen worden;
d) de dikte en waterdoorlatendheid van de bodemlagen die door de infiltratievoorziening worden doorsneden;
e) de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG en GLG);
f) de vereiste ledigingstijd van de berging.

Om een goed ontwerp van een infiltratievoorziening te kunnen maken, moeten alle hierboven genoemde aspecten inzichtelijk zijn. Een voor infiltratie ongunstige waarde van één aspect kan door een gunstige waarde van één of meer andere aspecten worden gecompenseerd. De op een perceel beschikbare ruimte (zowel horizontaal als verticaal) voor het aanleggen van een infiltratievoorziening en het type infiltratievoorziening (boven- of ondergronds) bepaalt de maximaal mogelijke omvang, vorm en diepte van een aan te leggen infiltratievoorziening.

In het algemeen zullen horizontale doorlatende oppervlakken van een infiltratievoorziening na verloop van tijd in meer of mindere mate dichtslibben, waardoor het effectieve infiltratieoppervlak (en dus de totale infiltratiecapaciteit) van de infiltratievoorziening afneemt. Dit kan ondervangen worden door de voorziening zo te ontwerpen dat 1) de bodem ervan gereinigd kan worden en/of 2) deze een groter wandoppervlak heeft, waarmee de verminderde infiltratiecapaciteit van de bodem wordt gecompenseerd. Aangezien het reinigen van horizontale vlakken van ondergrondse voorzieningen (zeer) lastig is, worden deze oppervlakken bij het dimensioneren van de voorziening niet meegenomen. Derhalve wordt geadviseerd om een zo groot mogelijke verhouding aan te houden tussen de verticale en horizontale doorlatende oppervlakken:

(dus $\frac{O_{verticaal}}{O_{horizontaal}}$ zo groot mogelijk).

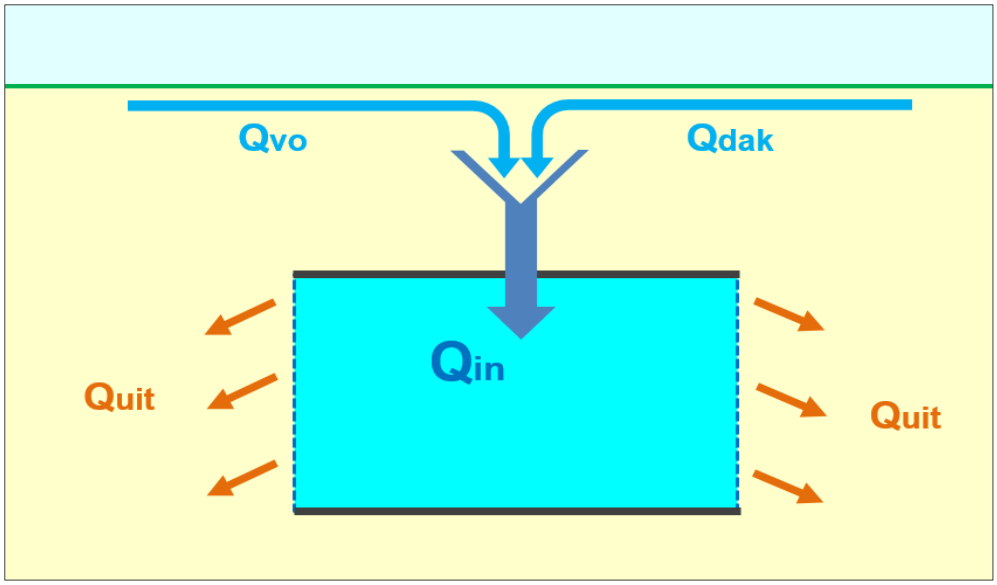
Voor rechthoekige voorzieningen betekent dit wanden met een zo groot mogelijke hoogte met voor de horizontale afmetingen een zo groot mogelijke verhouding tussen de lengte L en breedte B (een zo groot mogelijke verhouding L/B).

2 Ontwerpberekeningen infiltratievoorziening

Voor een infiltratievoorziening ten behoeve van de verwerking van hemelwater dat op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak valt, vormt onderstaande waterbalans de basis (zie ook afbeelding 2):

(1) $$V_B = \int_0^{t_n} \{ Q_{in}(t) - Q_{uit}(t) \}\, dt$$

Hierin is:
V_B = het benodigde effectieve bergingsvolume van de infiltratievoorziening (m³);
t_n = de tijdsduur van de neerslagperiode (dag);
Q_{in} = het debiet waarmee hemelwater de infiltratievoorziening instroomt (m³/dag);
Q_{uit} = het debiet waarmee water uit de berging in de bodem infiltreert (m³/dag).



Afbeelding 2: Waterbalans ondergrondse infiltratievoorziening: Vin = Vuit + Vberging

Het totale watervolume dat tijdens een bui in een infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking (2).

(2) $V_{in} = V_{vo} + V_{dak}$ (m^3)

Hierin is:
V_{vo} = watervolume afkomstig van afgekoppeld verhard oppervlak (m³);
V_{dak} = watervolume afkomstig van afgekoppeld dakoppervlak (m³).

Het watervolume dat in een tijdsperiode dt vanaf afgekoppeld verhard oppervlak in een infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking (3).

(3) $dV_{vo} = C_{vo} * O_{vo} * N * dt$ (m^3)

Hierin is:
C_{vo} = de afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde verharde oppervlak (-);
O_{vo} = de oppervlakte van het afgekoppelde verharde oppervlak (m²);
N = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende de tijdsperiode dt (m/dag);
dt = het beschouwde tijdsinterval van de neerslag (dag).

Het watervolume dat in een tijdsperiode dt vanaf afgekoppeld dakoppervlak in de infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking 4.

(4) $dV_d = C_d * O_d * N * dt$ (m^3)

Hierin is:
C_d = de afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde dakoppervlak (-);
O_d = de horizontale oppervlakte van het afgekoppelde dakoppervlak (m²);
N = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval dt (m/dag);
dt = de beschouwde tijdsperiode van de neerslag (dag).

In een tijdsperiode dt (waarin de neerslagintensiteit constant wordt verondersteld) stroomt een volume hemelwater de infiltratievoorziening in, dat gegeven wordt door:

(5) $V_{in}(t) = N(t) * dt * (C_{vo} * O_{vo} + C_d * O_d)$ (m^3)

Hierin is:
$N(t)$ = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende de tijdsperiode dt (m/dag).

Als gevolg van de instroom van hemelwater (V_{in}) stijgt het waterpeil in de berging met een waarde h_w. Als de berging verticale wanden heeft, volgt h_w uit vergelijking (6).

(6) $$h_w = \frac{v_{in}}{O_h} \quad (\mathrm{m})$$

Hierin is: O_h = het horizontale oppervlak van de berging (m²).

Als de berging schuine wanden heeft moet vergelijking 6 worden gecorrigeerd voor het talud van de wanden.

De horizontale oppervlakte van de berging van een infiltratievoorziening wordt gegeven door:

(7) a) $O_h = L * B$ (m²) voor rechthoekige infiltratievoorzieningen;
b) $O_h = \pi\, r^2$ (m²) voor cilindervormige infiltratievoorzieningen.

Hierin is: L = de lengte van de binnenzijde van de berging (m);
B = de breedte van de binnenzijde van de berging (m);
r = de binnenstraal van de berging (m).

Zodra er hemelwater in de infiltratievoorziening terecht is gekomen gaat er water door de doorlatende delen van de infiltratievoorziening in de bodem infiltreren. In een tijdsperiode dt infiltreert er een watervolume ($V_{uit,b}$) door de bodem van de infiltratievoorziening, dat gegeven wordt door vergelijking (8).

(8) $$V_{uit,b} = K * O_b * dt \quad (\mathrm{m}^3)$$

Hierin is: K = de doorlatendheid van de bodem waarin het water infiltreert (m/dag);
O_b = het totale bodemoppervlak van de berging waardoorheen het water in de bodem infiltreert (m²).

Daarnaast zal er water door de doorlatende wanden van de infiltratievoorziening infiltreren zodra het waterpeil in de berging is gestegen tot $h_w > 0$. In een tijdsperiode dt infiltreert er een watervolume ($V_{uit,w}$) door de wanden van de infiltratievoorziening in de bodem, dat gegeven wordt door vergelijking (9).

(9) $$V_{uit,w}(t) = K * O_w(t) * dt \quad (\mathrm{m}^3)$$

Hierin is: K = de doorlatendheid van de bodem waarin het water infiltreert (m/dag);
$O_w(t)$ = het totale wandoppervlak van de berging op tijdstip t waardoorheen het water in de bodem infiltreert (m²).

Aangezien horizontale doorlatende oppervlakken van een infiltratievoorziening na verloop van tijd vaak dichtslibben maar de doorlatende wanden doorgaans wel hun infiltrerende vermogen behouden, worden horizontale oppervlakken bij het uitvoeren van capaciteitsberekeningen meestal niet meegenomen. Het totale (verticale) doorlatende oppervlak, waardoorheen het water in de bodem infiltreert, wordt dan gegeven door:

(10) $$O_w = h_w * O_m \quad (\mathrm{m}^2)$$

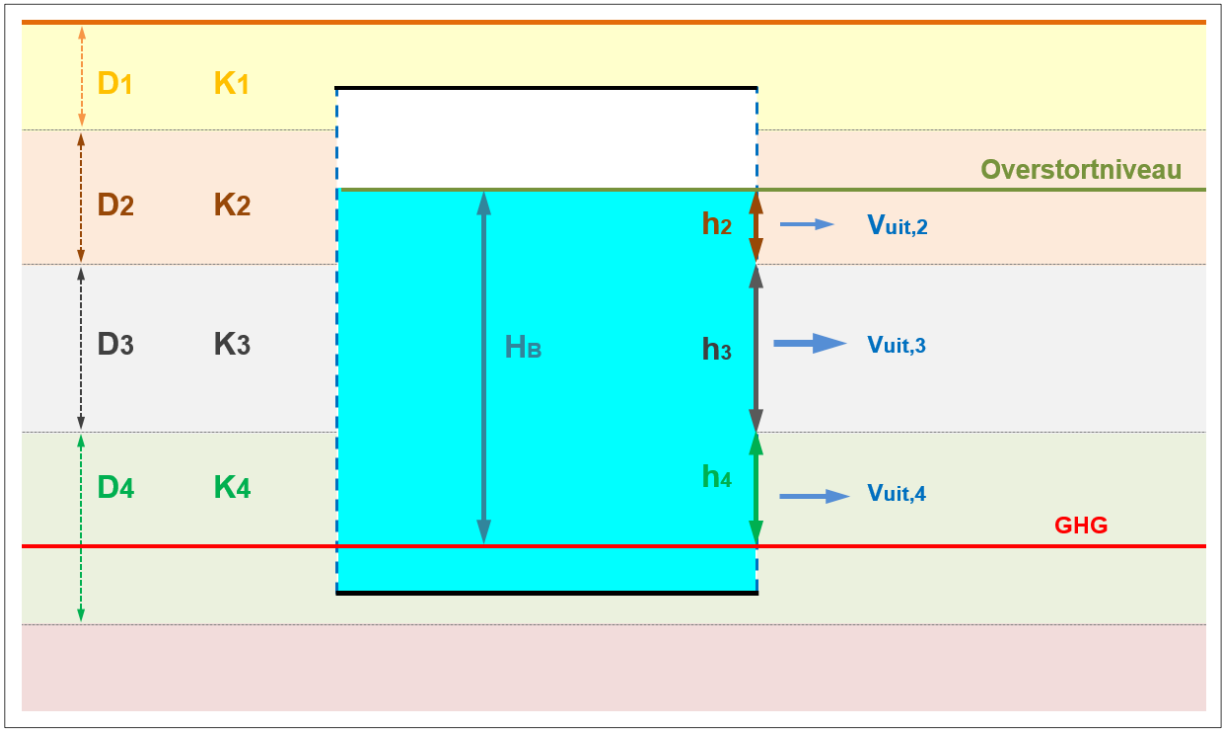
Hierin is: h_w = de hoogte van de waterlaag in de berging (m);
O_m = de buitenomtrek van de berging (m).

De buitenomtrek O_m van een infiltratievoorziening is afhankelijk van de vorm van de berging:

(11) a) $O_m = 2\,(L + B)$ (m²) voor rechthoekige infiltratievoorzieningen;
b) $O_m = 2\,\pi\, r$ (m²) voor cilindervormige infiltratievoorzieningen.

De vergelijkingen (8) en (9) gelden voor een homogene bodem (één waarde voor de doorlatendheid). Voor een gelaagde bodem moet worden bepaald wat de infiltratiecapaciteit van elke bodemlaag is. In afbeelding

3 is een schematische dwarsdoorsnede van een infiltratievoorziening in een gelaagde bodem weergegeven. De afgebeelde infiltratievoorziening doorsnijdt (deels) 4 lagen die elk een verschillende dikte (D_1 t/m D_4) en een verschillende doorlatendheid (K_1 t/m K_4) hebben. Voor de situatie in afbeelding 3 vindt infiltratie plaats in de lagen 2, 3 en 4 over de verticale hoogtes h_2, h_3 en h_4.



Afbeelding 3: Principe infiltratie vanuit een berging in een gelaagde bodem

Het watervolume dat in een tijdsperiode dt vanuit de infiltratievoorziening in laag i infiltreert, wordt gegeven door:

(12) $$V_{uit,i}(t) = K_i * O_{w,i}(t) * dt \quad (\mathrm{m}^3)$$

Hierin is: K_i = de doorlatendheid van laag i (m/dag);
$O_{w,i(}t)$ = het totale wandoppervlak van laag i op tijdstip t waardoorheen het water in de bodem infiltreert (m²).

Het wandoppervlak van laag i waardoorheen op tijdstip t water in de bodem infiltreert, wordt gegeven door vergelijking (12) (analoog aan vergelijking (10) voor een homogene bodem):

(13) $$O_{w,i}(t) = h_i(t) * O_m \quad (\mathrm{m}^2)$$

Hierin is: $h_i(t)$ = de waterhoogte in de infiltratievoorziening in laag i op tijdstip t (m);
O_m = de buitenomtrek van de berging (m) die constant is bij verticale zijwanden (zie vergelijking (11)).

Met de vergelijkingen (12) en (13) volgt voor het watervolume dat in een tijdsperiode dt uit laag i infiltreert:

(14) $$V_{uit,i} = K_i * h_i * O_m * dt \quad (\mathrm{m}^3/\mathrm{dag})$$

Het totale volume dat in een tijdsperiode dt uit alle (n) lagen infiltreert wordt dan gegeven door:

(15) $$V_{uit} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{uit,i} \quad (\mathrm{m}^3/\mathrm{dag})$$

Het verloop van de waterhoogte in de berging van een infiltratievoorziening in de tijd als gevolg van een neerslaggebeurtenis, kan worden berekend door een stapsgewijze benadering van de in- en uitstroom van water in en uit de infiltratievoorziening, waarbij in één tijdstap *t* de volgende stappen worden onderscheiden:

a) instroming van hemelwater in de infiltratievoorziening ($V_{in,t}$);
b) stijging waterpeil in de infiltratievoorziening over een hoogte $dh_{in,t}$;
c) uitstroming van water door infiltratie in de bodemlagen die in contact met het water staan ($V_{uit,t}$);
d) daling waterpeil in de infiltratievoorziening over een verticale afstand $dh_{uit,t}$ van h_{t-1} tot de nieuwe hoogte h_t.

Aan het einde van stap t is de waterhoogte dus h_t. Vervolgens herhalen de stappen a t/m d zich in de volgende tijdstap t+1. Dit proces gaat door zolang er neerslag valt. En zolang er in een tijdstap meer hemelwater de infiltratievoorziening in- dan uitstroomt, stijgt het waterpeil in de berging. Wanneer de uitstroming op een bepaald moment groter wordt dan de instroming (doordat de neerslagintensiteit afneemt, het infiltratieoppervlak een bepaalde grootte heeft bereikt en/of het waterpeil tot aan een laag met een zeer hoge doorlatendheid is gestegen), blijft het waterpeil in de berging constant of gaat het dalen. Zodra de neerslag stopt gaat het waterpeil dalen totdat al het water via de infiltrerende oppervlakken is geïnfiltreerd.

Uit de vergelijkingen (1), (5), (9) en (10) kan het minimale volume van een infiltratievoorziening V_B worden berekend dat nodig is zonder dat er een overstort plaatsvindt. Voor V_B geldt:

(16) $$V_B = (C_{av}O_{vo} + C_{ad}O_{dak}) * \int_0^{t_N} N(t)\,dt - K\,O_m \int_0^{t_N} h_w(t)\,dt \quad (m^3)$$

3 Ledigingstijd infiltratievoorziening

Nadat de neerslag is gestopt geldt voor de ledigingstijd van een geheel gevulde infiltratievoorziening:

(17) $$T_l = \frac{v_w}{C_{inf}} \quad (dag)$$

Hierin is: T_l = ledigingstijd (dag);
V_w = waterinhoud in de berging (m³);
C_{inf} = totale infiltratiecapaciteit van de infiltratievoorziening (m³/dag).

Voor de totale infiltratiecapaciteit geldt:

(18) $$C_{inf} = C_{inf,b} + C_{inf,w} \quad (m^3/dag)$$

Hierin is: $C_{inf,b}$ = infiltratiecapaciteit van de bodem van de infiltratievoorziening (m³/dag);
$C_{inf,w}$ = infiltratiecapaciteit van de wanden van de infiltratievoorziening (m³/dag).

Voor de infiltratiecapaciteit van een bodem van een infiltratievoorziening geldt:

(19) $$C_{inf,b} = F_b * K * O_b \quad (m^3/dag)$$

Hierin is: F_b = bijdrage van de bodem van de infiltratievoorziening aan infiltratie: $F_b \leq 1$ (-);
K = doorlatendheid van de onderliggende grondlaag (m/dag).
O_b = bodemoppervlak van de infiltratievoorziening (m²);

Voor de infiltratiecapaciteit van de wanden van een geheel gevulde infiltratievoorziening geldt:

(20) $$C_{inf,w} = F_w * O_m * \sum_{i=1}^{i=n} K_i * h_i \quad (m^3/dag)$$

Hierin is: F_w = bijdrage van de wanden van de infiltratievoorziening aan infiltratie: $F_w \leq 1$ (-);
O_m = natte omtrek van de infiltratievoorziening (m);
K_i = doorlatendheid van laag i (m/dag);
h_i = natte dikte van laag i (m).

Zodra de bui stopt gaat de berging van de infiltratievoorziening leeg lopen. Hierdoor daalt het waterpeil in de berging, waardoor het “natte” wandoppervlak, waardoorheen het water in de bodem infiltreert, steeds kleiner wordt. Hierdoor wordt ook de infiltratiecapaciteit steeds kleiner met als gevolg dat de daling van het waterpeil steeds langzamer gaat.

Het watervolume dat vanuit een rechthoekige infiltratievoorziening (met lengte L en breedte B) in een tijdsinterval dt door de doorlatende wanden van de berging in de bodem infiltreert is:

(21) $V_{uit} = K * O_m * h(t) * dt \quad (m^3)$

Hierin is: V_{uit} = watervolume dat in een tijdsinterval dt infiltreert (m³);
K = doorlatendheid naastliggende bodem (m/dag);
O_m = omtrek van de infiltratievoorziening = $2 * (L + B)$ (m);
$h(t)$ = hoogte waterpeil in de infiltratievoorziening op tijdstip t (m);
dt = lengte tijdsinterval (dag).

Doordat er water uit de berging verdwijnt, daalt het waterpeil. In een tijdsperiode dt is de daling:

(22) $dh = \frac{V_{uit}}{L * B}$ (m)

Combineren van de vergelijkingen 21 en 22 levert:

(23) $\frac{dh}{dt} = -\left(\frac{2\,(L+B) * K}{L * B}\right) * h(t)$

Hieruit volgt dat het waterpeil tijdsafhankelijk is volgens:

(24) $h(t) = H_o * e^{(-a\,t)}$

Hierin is: H_o = waterpeil bij een geheel gevulde berging (m);
a = $\left(\frac{2\,(L+B)\,K}{L\,B}\right)$ (1/dag)

Vergelijking (24) impliceert dat het waterpeil in theorie oneindig klein kan worden, maar nooit nul. In werkelijkheid zal een berging wel geheel leeg raken. Om een indicatie van de ledigingstijd te krijgen kan worden bepaald hoe lang het duurt voordat het waterpeil in de infiltratievoorziening is gedaald tot een bepaalde eindwaarde H_e.

Stel op tijdstip t_e is het waterpeil gedaald tot H_e. Dan volgt met vergelijking (24):

(25) $H_e = H_o * e^{(-a\,t_e)}$ (m)

Hieruit volgt voor t_e:

(26) $t_e = \frac{\ln\left(\frac{H_o}{H_e}\right)}{a}$ (dag)

Bijlage 3 Begrippenlijst

<table>
<tr><th></th><th>Uitleg veelgebruikte begrippen/ afkortingen</th></tr>
<tr><td>Ontwateringsdiepte</td><td>Het hoogteverschil tussen het maaiveld en het grondwaterpeil in m.</td></tr>
<tr><td>Drooglegging</td><td>Het hoogteverschil tussen het waterpeil in de watergang en het maaiveld in m.</td></tr>
<tr><td>Infiltratievoorziening</td><td>Een voorziening waarin het opgevangen hemelwater tijdelijk wordt geborgen en van waaruit het vervolgens in de bodem infiltreert.</td></tr>
<tr><td>Bergende voorziening</td><td>Een voorziening waarin hemelwater geborgen wordt en van waaruit het vervolgens vertraagd wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater of een infiltratievoorziening.</td></tr>
<tr><td>Hemelwaterriool</td><td>Riolering waarnaar het hemelwater wordt afgevoerd dat afkomstig is van daken en terreinverharding. Vanuit een hemelwaterriool wordt het hemelwater vaak geloosd op oppervlaktewater of in een infiltratievoorziening.</td></tr>
<tr><td>Vuilwaterriool/ droogweerafvoer</td><td>Riolering waarmee het afvalwater (huishoudelijk- en industrieel) wordt afgevoerd naar een rioolwaterzuivering.</td></tr>
<tr><td>GLG/ GHG</td><td>Gemiddeld laagste grondwaterstand/ Gemiddeld hoogste grondwaterstand.
De GLG en GHG worden als volgt bepaald.
In een hydrologisch jaar (dat loopt van 1 april tot en met 31 maart van het daaropvolgende jaar) wordt de grondwaterstand in een peilbuis twee keer per maand (gewoonlijk op de 14de en 28ste dag van de maand) gemeten. Van elk hydrologisch jaar (waarvan 24 metingen beschikbaar zijn) worden de drie hoogst en drie laagst gemeten grondwaterstanden genomen. De GHG/GLG is het gemiddelde van de hoogst/laagst gemeten grondwaterstanden van minimaal acht hydrologische jaren.
In een “hydrologisch” normaal jaar staat het grondwater in september rond de GLG en in maart rond de GHG.</td></tr>
<tr><td>GG</td><td>Gemiddelde grondwaterstand → gemiddelde grondwaterstand gezien over een heel jaar</td></tr>
<tr><td>Doorlatendheid</td><td>De capaciteit van de bodem om water door te laten.

Het (Cultuurtechnisch vademecum, 1988) heeft de doorlatendheid van de bodem als volgt geclassificeerd:
<table>
<tr><th>k (m/dag)</th><th>klasse</th></tr>
<tr><td>< 0,01</td><td>zeer slecht</td></tr>
<tr><td>0,01 – 0,10</td><td>slecht</td></tr>
<tr><td>0,10 – 0,50</td><td>matig</td></tr>
<tr><td>0,50 – 1,0</td><td>vrij goed</td></tr>
<tr><td>1,0 - 10</td><td>goed</td></tr>
<tr><td>> 10</td><td>zeer goed</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Hydromorfe kenmerken</td><td>Kenmerken in de grond veroorzaakt door bodemvocht en grondwaterbeweging. Zichtbaar in de grond door roestsporen of het ontbreken daarvan.</td></tr>
</table>