

# Waterhuishoudkundigplan Hofjes van Dronen Gemeente Bodegraven - Reeuwijk



ADCIM b.v.  
Rembrandtlaan 650  
3362 AW Sliedrecht  
Tel. 0184 677500  
Fax. 0184 617790  
Info: algemeen@adcim.nl



## Verantwoording

**Titel** : Waterhuishoudkundigplan, Hofjes van Dronen, te Bodegraven

**Projectnummer** : 20210107

**Documentnummer** : 20210107-C-WA-001

**Status** : Concept

**Datum** : 22 september 2021

**Auteur(s)** : TB

**E-mail adres** : algemeen@adcim.nl

**Gecontroleerd** : AK



# Inhoudsopgave

<b>1. INLEIDING .....</b>	<b>4</b>
1.1. Aanleiding .....	4
1.2. Doelstelling .....	4
1.3. Randvoorwaarden hydraulische toetsing .....	4
1.4. Maatvoering en materiaalkeuze .....	4
1.5. Leeswijzer .....	5
<b>2. ALGEMEEN .....</b>	<b>6</b>
2.1. Beschrijving plangebied .....	6
2.2. Maaiveldverloop .....	7
2.3. Oppervlaktewater .....	8
2.4. Bodemopbouw .....	10
<b>3. OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM .....</b>	<b>11</b>
3.1. Algemeen .....	11
3.2. Watercompensatie .....	12
3.2.1. Benodigde watercompensatie vanuit ontwikkeling .....	12
3.2.2. Invulling watercompensatie .....	12
3.2.3. Conclusie watercompensatie .....	19
3.3. Waterkwaliteit en ecologie .....	20
3.4. Bodem en grondwater .....	20
<b>4. RIOLERING .....</b>	<b>21</b>
4.1. Algemeen .....	21
4.2. HWA systeem .....	21
4.2.1. Uitgangspunten HWA systeem .....	21
4.2.2. Ontwerp HWA systeem .....	22
4.2.3. Afvoerd oppervlak .....	25
4.2.4. Hydraulische berekening .....	25
4.3. DWA systeem .....	30
4.3.1. DWA productie .....	30
4.3.2. Ontwerp DWA systeem .....	30
4.3.3. Uitgangspunten DWA systeem .....	31
<b>5. SAMENVATTING .....</b>	<b>32</b>
<b>BIJLAGEN .....</b>	<b>37</b>
Bijlage 1: Oppervlakkenbalans .....	38
Bijlage 2: Gegevens groene daken .....	39
Bijlage 3: Situering waterberging .....	40
Bijlage 4: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens ontwerp-bui L08 (T=2) .....	41
Bijlage 5: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens ontwerp-bui L10 (T=10) .....	43
Bijlage 6: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens Stresstestbui 01 .....	45
Bijlage 7: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens Composietbui (T=50) .....	47

# 1. Inleiding

## 1.1. Aanleiding

De gemeente Bodegraven – Reeuwijk, Janssen de Jong, Slokker Vastgoed en Brookland (Janssen de Jong, Slokker Vastgoed en Brookland worden vanaf hier *ontwikkelaar* genoemd) zijn voornemens om bedrijventerrein Dronenhoek in het noordoosten van de Dronenwijk te herontwikkelen. De bestaande inrichting zal plaats maken voor een nieuwe woonwijk. Het plangebied wordt begrenst door de N11 aan de westzijde, de spoorlijn aan de noordzijde, bestaande bebouwing aan de Lindehof en de Dronensingel aan de oostzijde.

Ten behoeve van de civieltechnische voorbereiding dienen keuzen te worden gemaakt ten aanzien van de omgang met afvalwater, hemelwater, waterveiligheid en grondwater in relatie tot het watersysteem. Het voorliggende Waterhuishoudkundigplan geeft concrete invulling aan inpassing van het water- en rioolsysteem binnen de omgeving.

## 1.2. Doelstelling

Doelstelling van dit rapport is om in een vroeg stadium de relevante wateraspecten te behandelen, waarbij het plan kan dienen voor de invulling van de waterparagraaf.

## 1.3. Randvoorwaarden hydraulische toetsing

Voor het hydraulisch ontwerp van de riolering is de berekeningsmethode volgens de Kennisbank Stedelijk Water gevolgd. De berekening vindt plaats door een bepaalde, niet-stationaire ontwerp-bui te simuleren. Hierbij is de functionele eis dat het stelsel nog juist moet voldoen aan ontwerp-bui L08 (herhalingstijd van 2 jaar) en er in die situatie geen water op straat mag optreden.

Voor meer extreme neerslagsituaties is er getoetst of de mate van water op straat niet zodanig groot wordt dat er daadwerkelijk wateroverlast ontstaat. Voor zulke situaties is het nodig dat de afvoercapaciteit naar de uitstroomvoorziening voldoende groot is. Deze eis wordt getoetst aan de hand van een hydraulische berekening met ontwerp-bui L10 (herhalingstijd van 10 jaar). In deze situatie mag er gedurende maximaal 20 minuten water op straat ontstaan.

Aanvullend op bovenstaande ontwerp-buizen heeft de gemeente de wens om de Hofjes van Dronen zo veel mogelijk klimaatadaptief in te richten. Voor het ontwerp van het watersysteem houdt dit in dat er een bui met een intensiteit van 70mm binnen het plangebied geborgen kan worden. Tijdens een dergelijke situatie is het van belang dat de hydraulische afvoer voldoende groot is en dat er geen wateroverlast optreedt. Ten behoeve van de toetsing of er geen wateroverlast optreedt wordt er een stresstestbui van 70mm in één uur toegepast. De andere bui waarop getoetst wordt is een composietbui met een herhalingstijd van  $T=50$ . De composietbui wordt toegepast om de hydraulische afvoer van rioolstelsels bij extreme neerslagintensiteiten te toetsen en om de beschikbare berging van infiltratievoorzieningen te toetsen bij een lagere bui duur en een groter totaalvolume.

## 1.4. Maatvoering en materiaalkeuze

Conform de Kennisbank Stedelijk Water wordt voor de wrijving van beton een k-Nickuradse waarde aangehouden van 3 mm en voor PVC een waarde van 0,4 mm.

De maatvoering van de diverse onderdelen van het watersysteem zullen berekend worden met behulp van een hydraulisch rekenmodel. Hiervoor zal gebruik gemaakt worden van het hydraulische rekenprogramma SOBEK, versie 2.16.004.

## 1.5. Leeswijzer

- Hoofdstuk 2** In dit hoofdstuk wordt een algemene beschouwing van het plangebied gegeven
- Hoofdstuk 3** In dit hoofdstuk wordt een beschouwing gegeven van het toekomstige oppervlaktewatersysteem
- Hoofdstuk 4** In dit hoofdstuk wordt een beschouwing gegeven van het toekomstige rioleringsstelsel, waaronder het HWA en het DWA systeem vallen
- Hoofdstuk 5** In dit hoofdstuk wordt een samenvatting van de voorliggende rapportage weergegeven



## 2. Algemeen

### 2.1. Beschrijving plangebied

De gemeente Bodegraven – Reeuwijk bestaat uit de kernen Bodegraven, Driebruggen, Hogebrug, De Meije, Nieuwerbrug, Reeuwijk-Brug, Dreeuwijk-Dorp, Sluipwijk, Tempel en Waarder. Bodegraven is gelegen in de provincie Zuid-Holland op zo'n zeven kilometer ten noorden van Gouda. Kenmerkend aan Bodegraven is de Oude Rijn waaraan de kern gelegen is. Aan de zuidzijde van Bodegraven bevindt zich de Rijksweg A12 en aan de westzijde de autoweg N11. Rondom de kern bevindt zich afwisselend bebouwing en akkerbouw. Het nieuwbouwplan zal gerealiseerd worden aan de westkant van de kern op het bedrijventerrein Dronenhoek in het noordoosten van de Dronenwijk. In figuur 1 is de omgrenzing (indicatief) van het plangebied met de directe omgeving weergegeven.



**figuur 1 Bodegraven met directe omgeving en plangebied binnen stippellijn**

Binnen het plangebied van 'Hofjes van Dronen' zal een woonwijk gerealiseerd worden. Momenteel is er in concept een inrichtingsplan opgesteld. Het inrichtingsplan kan op detailniveau nog wijzigen, maar op hoofdlijnen staat het vast. Het aantal nieuwe woningen voor 'Hofjes van Dronen' is geschat op ca. 274 woningen. Een overzicht van het (voorlopige) stedenbouwkundige plan is weergegeven in figuur 2.





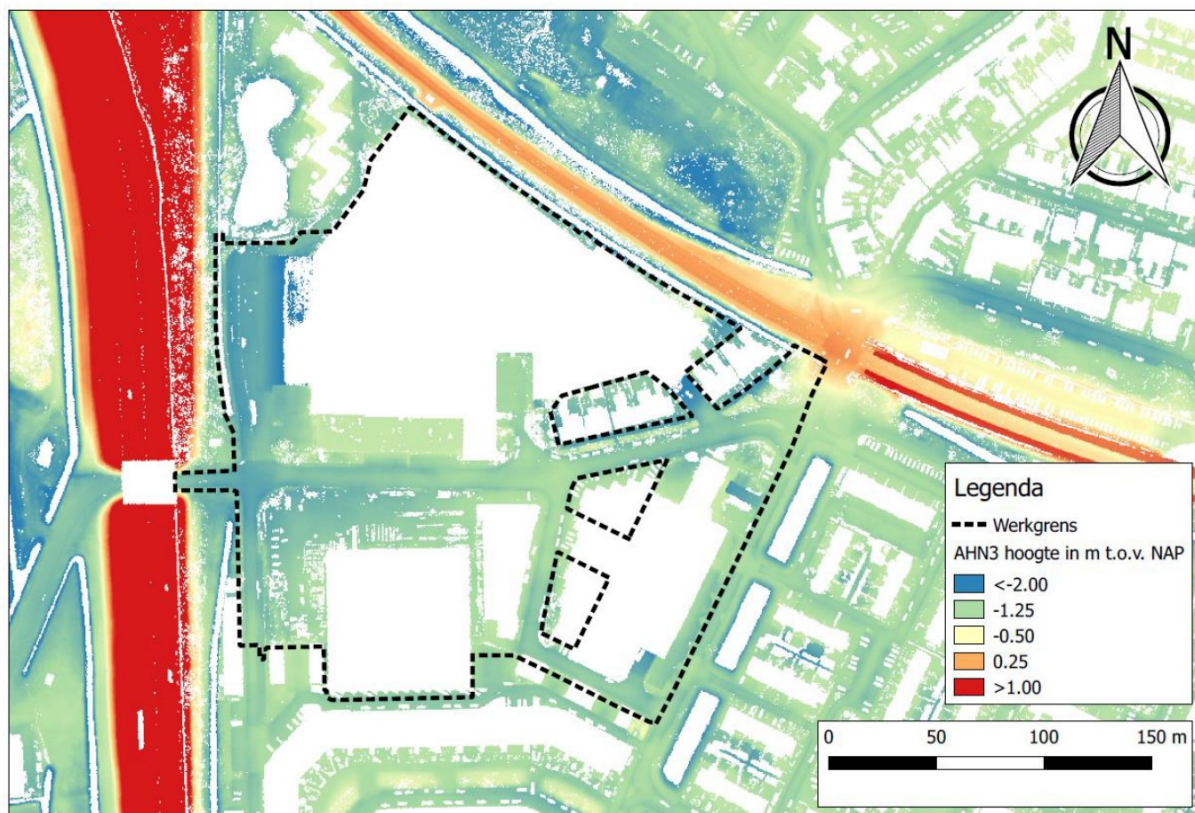
**figuur 2** Invulling stedenbouwkundig plan (Stedenbouwkundig plan SVP, d.d. februari 2021)

## 2.2. Maaiveldverloop

Met behulp van het AHN3 is een hoogtekaart gemaakt van het plangebied en de directe omgeving. De hoogtekaart is weergegeven in figuur 3, waarbij indicatief de contouren van het plangebied middels een stippellijn zijn weergegeven. Uit de hoogtekaart van het huidige maaiveld blijkt dat het plangebied varieert tussen een hoogte van 1,20 tot 1,60 m – NAP. De N11 en de spoorlijn zijn hoger gelegen in vergelijking met het plangebied.

Conform het programma van eisen voor de reconstructie van de Oud Bodegraafseweg (binnen het plangebied Hofjes van Dronen) en het stedenbouwkundig plan komt de as van de Oud Bodegraafseweg op ca. 1,40 m – NAP te liggen. De vertakkingen van de Oud Bodegraafseweg worden met een hoogte van ca. 1,20 m – NAP gerealiseerd. Hiermee wijkt de toekomstige situatie qua hoogteligging niet veel af van de bestaande situatie.





figuur 3 Hoogtekaart omgeving 'Hofjes van Dronen' (bron: AHN3)

### 2.3. Oppervlaktewater

Het plangebied is gelegen in het beheergebied van Hoogheemraadschap van Rijnland. Het gebied valt binnen twee peilbesluiten. Aan de noordzijde bevindt zich het peilbesluit Reeuwijk west, wat betreft peilgebied Polder Reeuwijk en Sluipwijk met een vast peil van 2,27 m – NAP. Aan de zuidzijde bevindt zich het peilbesluit Driebruggen – deel Zuidzijderpolder, wat betreft peilgebied Zuidzijderpolder met een vast peil van 2,12 m – NAP. Voor de visualisering van de peilbesluiten ten opzichte van het plangebied zie figuur 4. Binnen het plangebied is er een overige watergang gesitueerd, deze watergang watert af in noordelijk richting. Er zijn geen kunstwerken binnen het plangebied gesitueerd.

Daarnaast is er een blusvijver achter de woningen aan de Dronenhoek aanwezig, deze is aan de noordzijde langs de overige watergangen gesitueerd en valt net buiten het plangebied. De blusvijver maakt momenteel geen onderdeel uit van het bestaande watersysteem. In de toekomstige situatie zal het hier wel onderdeel van uit gaan maken, dit wordt later nader beschreven.

Binnen het plangebied zijn geen keringen aanwezig, de dichtstbijzijnde kering bevindt zich aan de noordzijde ca. 300 meter buiten het plangebied. Voor de volledigheid is een uitsnede van de legger toegevoegd in figuur 6.



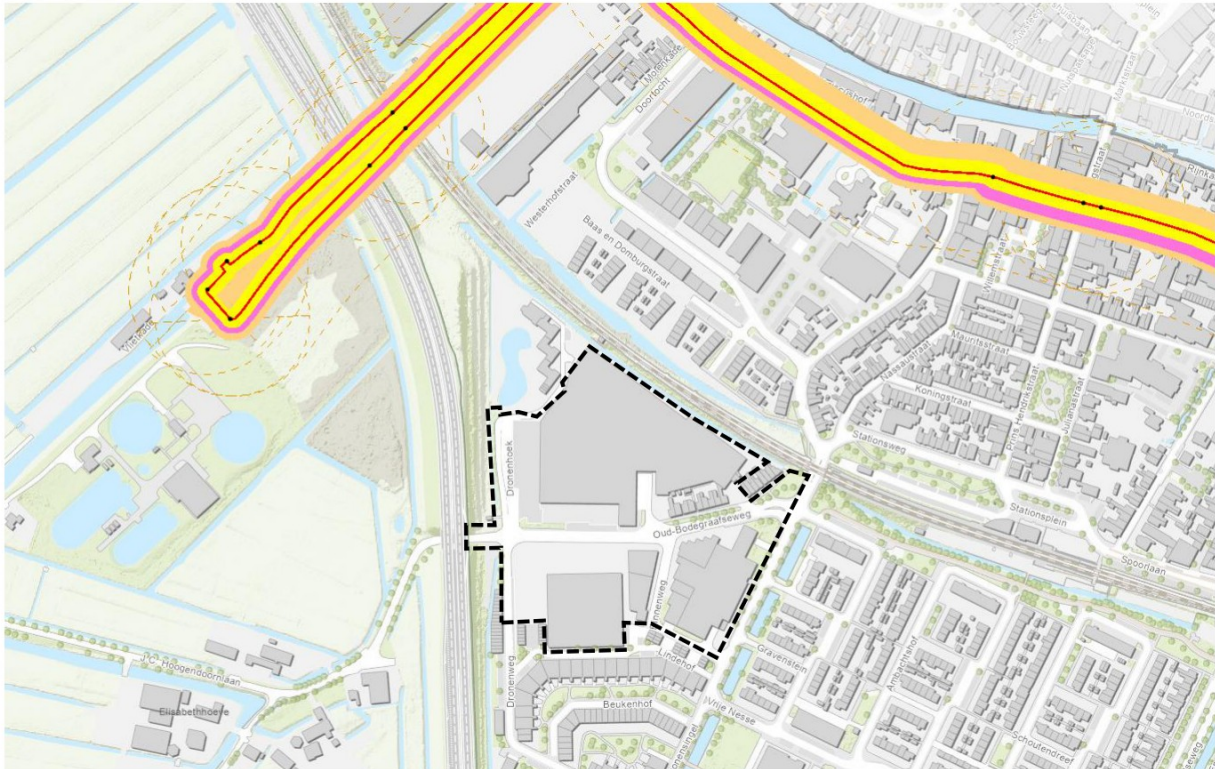


**figuur 4** Vigerende peilgebieden (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)



**figuur 5** Legger oppervlaktewatersysteem (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)





**figuur 6** Legger waterkering (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)

## 2.4. Bodemopbouw

De bodemopbouw van het plangebied is qua waterhuishouding van belang om te bepalen of infiltratie mogelijk is. Door ADC ArcheoProjecten zijn er grondmonsters genomen ten behoeve van de afzettingen in het gebied. Deze boringen zijn verwerkt in een rapportage: Hofjes van Dronen, Bodegraven (gemeente Bodegraven-Reeuwijk), definitief rapport, d.d. 1 maart 2021 van ADC ArcheoProjecten. Hieruit komt naar voren dat de ondergrond voornamelijk uit veen en kleilagen bestaat, deze lagen hebben een zeer slechte doorlatendheid waardoor infiltratie uitgesloten wordt.

Via het dinoloket is er onderzocht of er actuele peilbuisgegevens beschikbaar zijn van de omgeving van het plangebied. In Bodegraven zijn enkele metingen verricht. Echter zijn er in de nabijheid van het plangebied geen peilbuisgegevens beschikbaar die bruikbaar zijn voor het plangebied.

Aangezien er in de nabijheid van het plangebied veel water aanwezig is, zal de grondwaterstand sterk beïnvloed worden door het vigerende waterpeil. Daarnaast wordt er in het gehele plan een infiltratiერიოო toegepast, door middel van deze infiltratiebuizen zal het grondwaterpeil ongeveer het peil van het oppervlaktewater aannemen.



### 3. Oppervlaktewatersysteem

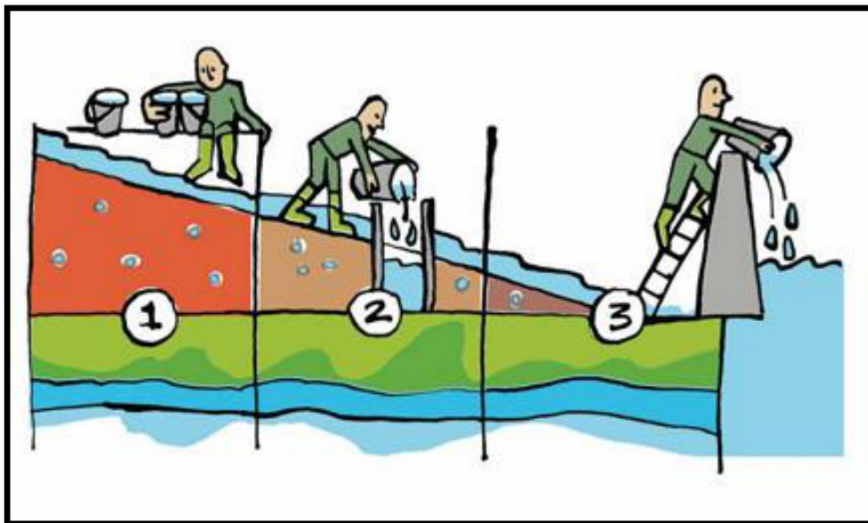
#### 3.1. Algemeen

Zoals blijkt uit de beschrijving van het bestaande watersysteem in paragraaf 2.3 bevindt zich in de nabijheid van het plangebied oppervlaktewater. De herontwikkeling van het bedrijventerrein vraagt om inpassing binnen dit watersysteem. Daarnaast is het streven om het plan klimaatadaptief in te richten, wat betekent dat zo veel mogelijk toekomstige wateroverlast voorkomen wordt, in de zin van zowel een tekort als een teveel aan water. Onderdeel van het klimaatadaptief inrichten is het voorkomen van hittestress, wat overigens buiten deze beschouwing blijft. Bij de exacte invulling van bovengenoemde zaken zijn zowel de gemeente Bodegraven – Reeuwijk als de ontwikkelaar en het Hoogheemraadschap van Rijnland betrokken.

#### Werking systeem

Het systeem is zo gekozen dat het aansluit bij de trits vasthouden, bergen en afvoeren, zie figuur 7. Dat betekent dat water in eerste instantie zo veel als mogelijk is, vastgehouden wordt binnen de grenzen van het plangebied. Hiertoe worden ondergrondse en/of bovengrondse bergingen gerealiseerd, waar het verharde oppervlak op afwatert. Bij een neerslaggebeurtenis zullen de bergingen zich deels of geheel vullen, waarna het water vertraagd zal infiltreren/lozen op het oppervlaktewater. Door deze vertraging wordt het oppervlaktewatersysteem minder belast. Indien de neerslagintensiteit hoger is dan de bergingscapaciteit zal er direct worden overgestort op de watergang. Door de toename aan berging zal er meer water geborgen kunnen worden waardoor de belasting op het afwateringsgemaal afneemt.

Als laatste onderdeel van de trits wordt er pas afgevoerd. Dit gebeurt door middel van het bestaande gemaal. Hier worden geen aanpassingen aan gedaan. Door de verruiming van het oppervlaktewatersysteem is er meer berging beschikbaar, waardoor het stelsel minder afhankelijk wordt van de afvoer door het gemaal. Uiteindelijk moet er door het neerslagoverschot in Nederland, altijd water afgevoerd worden uit het plangebied.



figuur 7 Trits: vasthouden, bergen en afvoeren (Bron: Rijksoverheid)

## 3.2. Watercompensatie

Om hydrologisch neutraal te ontwikkelen dienen er bij een toename van verhard oppervlak compenserende maatregelen genomen te worden. Deze kunnen bestaan uit het graven van aanvullend oppervlaktewater of door op een andere manier invulling te geven aan extra waterberging. In onderstaande paragrafen zullen achtereenvolgens de benodigde watercompensatie en de mogelijke invulling van deze compensatie beschreven worden.

### 3.2.1. Benodigde watercompensatie vanuit ontwikkeling

De benodigde compensatie vanuit de herontwikkeling wordt binnen dit plangebied voorgeschreven door de gemeente Bodegraven – Reeuwijk. Het is de wens van de gemeente om de Hofjes van Dronen zo veel mogelijk klimaatadaptief in te richten. Hierbij gaat het om het voorkomen van wateroverlast, waarbij zowel een teveel als een tekort aan water een rol speelt. Het verhard oppervlak van het gebied neemt af van een bestaande verhardingspercentage van ca. 93% tot 70% in de toekomstige situatie. Door de afname stelt het Hoogheemraadschap van Rijnland geen aanvullende eisen aan de bergingscapaciteit.

Conform de wens van de gemeente dient er binnen het plangebied een bui van 70mm geborgen te worden, oftewel 700 m<sup>3</sup>/ha. In totaal wordt er bijna 33.980 m<sup>3</sup> van het totale plangebied verhard, voor de oppervlaktenbalans zie bijlage 1. Hierdoor houdt dit concreet in voor het plangebied dat er ca. 2.380 m<sup>3</sup> aan berging gerealiseerd dient te worden in de vorm van het realiseren van waterbergingen/retenties.

### 3.2.2. Invulling watercompensatie

Zoals in voorgaande paragrafen blijkt is de benodigde waterberging binnen het plangebied vastgesteld op 2.380 m<sup>3</sup>. Hier kan op verschillende manieren invulling aan gegeven worden. Vanuit het stedenbouwkundige plan is reeds voorzien dat binnen het plan meerdere greppels langs de Oude Bodegraafseweg gerealiseerd worden. De verwachting is dat enkel de greppels niet voldoen aan de benodigde watercompensatie gesteld door de gemeente. In het stedenbouwkundigplan is alvast een aanzet gegeven tot invulling van de overige watercompensatie, in de vorm van:

- Realiseren van greppels aan Oud Bodegraafseweg;
- Minimaliseren van verharding en het optimaliseren van (openbaar) groen;
- Het aanbrengen van wadi's;
- Het deels aanbrengen van dakgroen op de daken van appartementengebouwen;
- Waterberging in funderingslagen onder verharding;
- Waterberging in daktuin van appartementengebouw aan Dronensingel;
- Het benutten van een tijdelijke buffering op straat en in de parkeererven;
- Het benutten van de sloot en blusvijver ten behoeve van het creëren van extra berging.

Op deze manier is de (beschikbare) ruimte ingericht dat het water zo veel als mogelijk wordt vastgehouden binnen het plangebied. In het navolgende wordt per maatregelen berekend wat het effect is.

#### Greppels aan de Oud Bodegraafseweg

Binnen het plangebied is er ruimte gereserveerd voor tien greppels langs de Oud Bodegraafseweg. De greppels dienen optimaal gebruikt te worden. Dit houdt in dat elke greppel maximaal gevuld dient te zijn bij extreme neerslag, maar in deze situatie geen wateroverlast mag optreden. De greppels verschillen van afmeting van elkaar en dan met name in de lengte, de breedte is nagenoeg gelijk. Hierdoor verschillen al de greppels van elkaar. Om de berging per greppel te berekenen, is het oppervlak van de bodem en het talud gebruikt evenals de toegestane stijghoogte in de greppel.

Aan de hand van het stedenbouwkundigplan is het bodem- en taludoppervlak en de diepte van de greppel bepaald. Aan de hand hiervan is de berging in de greppel bepaald, zie tabel 1. Hieruit volgt dat er in de greppels voor minimaal 281 m<sup>3</sup> aan water geborgen kan worden.



**tabel 1 Beschikbare berging per greppel**

	Oppervlak bodem [m <sup>2</sup> ]	Oppervlak talud (onder drempelniveau) [m <sup>2</sup> ]	Bergingshoogte [m]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
Greppel 1	13	25	0,50	13
Greppel 2	25	44	0,50	24
Greppel 3	22	39	0,50	21
Greppel 4	8	17	0,50	8
Greppel 5	63	124	0,50	63
Greppel 6	25	48	0,50	25
Greppel 7	26	46	0,50	25
Greppel 8	24	42	0,50	23
Greppel 9	48	81	0,50	44
Greppel 10	36	68	0,50	35
<b>Totaal</b>				<b>281</b>

Aan de hand van het hydraulisch model, zoals weergegeven in het navolgende hoofdstuk, is de stijghoogte in de greppels bepaald. Voor het berekenen van de stijghoogte wordt er gebruik gemaakt van de composietbui. In tabel 2 is de stijghoogte per greppel weergegeven. Hierin is weergegeven dat de stijghoogte in de greppels maximaal 0,57 m bedraagt. Door de greppel robuuster uit te voeren, in de zin van de greppel dieper te maken en de berging tot 0,10 m onder de insteek te rekenen, wordt het gehele stelsel klimaatbestendiger. Hierdoor kan er meer water geborgen worden en treedt er niet direct wateroverlast op. Aangetoond wordt dat de greppels zich vullen tot minimaal de berekende bergingsdiepte, waardoor de berging in de greppels optimaal gebruikt worden.

**tabel 2 Stijghoogte in greppels**

	Greppel 1	Greppel 2	Greppel 3	Greppel 4	Greppel 5	Greppel 6	Greppel 7	Greppel 8	Greppel 9	Greppel 10
Diepte [m]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bergingsdiepte [m]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Maximale stijghoogte [NAP]	-1,45	-1,45	-1,45	-1,45	-1,45	-1,44	-1,45	-1,45	-1,45	-1,43
Maximale Stijghoogte [m]	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,55	0,55	0,55	0,57

Minimaliseren van verharding en het optimaliseren van (openbaar) groen

Zoals eerder beschreven neemt de het percentage verhard oppervlak van ca. 93% in de bestaande situatie af tot 70% in de toekomstige situatie. Indien het percentage in de toekomstige situatie nog verder afneemt dient er minder water gecompenseerd te worden. De verwachting is dat het verhard oppervlak niet verder afneemt, conform het stedenbouwkundigplan (van datum: februari 2021) is er binnen het plan ruimte weinig tot geen ruimte meer om te vergroenen. Daarnaast worden de parkeervakken in half-verharding uitgevoerd, waardoor de parkeervakken 'vergroend' worden.

Wadi's

Binnen het plangebied zijn er diverse groenstroken/openbaar groen. Deze groenstroken bieden kansen om wadi's te realiseren. Net als de greppels dienen de wadi's optimaal gebruikt te worden. Dit houdt in dat elke wadi maximaal gevuld dient te zijn bij extreme neerslag, maar in deze situatie geen wateroverlast mag optreden. De wadi's verschillen van afmeting van elkaar, hierdoor verschillen al de wadi's van elkaar. Om de berging per wadi te berekenen, is het oppervlak van de bodem en het talud gebruikt evenals de toegestane stijghoogte in de wadi.

Aan de hand van het stedenbouwkundigplan is het bodem- en taludoppervlak en de diepte van de wadi bepaald. Aan de hand hiervan is de berging in de wadi bepaald, zie tabel 3. Hieruit volgt dat er in de wadi voor minimaal 367 m<sup>3</sup> aan water geborgen kan worden.

**tabel 3 Beschikbare berging per wadi**

	Oppervlak bodem [m <sup>2</sup> ]	Oppervlak talud (onder drempelniveau) [m <sup>2</sup> ]	Bergingshoogte [m]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
Wadi 1	339	175	0,50	117
Wadi 2	182	103	0,50	117
Wadi 3	77	87	0,30	36
Wadi 4	316	83	0,50	97
<b>Totaal</b>				<b>367</b>

Aan de hand van het hydraulisch model, zoals weergegeven in het navolgende hoofdstuk, is de stijghoogte in de wadi's bepaald. Voor het berekenen van de stijghoogte wordt er gebruik gemaakt van de composietbui. In tabel 4 is de stijghoogte per wadi weergegeven. Hierin is weergegeven dat de stijghoogte in de wadi's maximaal 0,56 m bedraagt. Door de wadi's robuuster uit te voeren, in de zin van de wadi dieper te maken en de berging tot 0,10 m onder de insteek te rekenen, wordt het gehele stelsel klimaatbestendiger. Hierdoor kan er meer water geborgen worden en treedt er niet direct wateroverlast op. Aangevoerd wordt dat de wadi's zich vullen tot minimaal de berekende bergingsdiepte, waardoor de berging in de wadi's optimaal gebruikt worden.

**tabel 4 Stijghoogte in wadi's**

	Wadi 1	Wadi 2	Wadi 3	Wadi 4
Diepte [m]	0,6	0,6	0,4	0,6
Bergingsdiepte [m]	0,5	0,5	0,3	0,5
Maximale stijghoogte [NAP]	-1,45	-1,45	-1,44	-1,44
Maximale Stijghoogte [m]	0,55	0,55	0,36	0,56

Het deels aanbrengen van dakgroen op de daken van appartementengebouwen

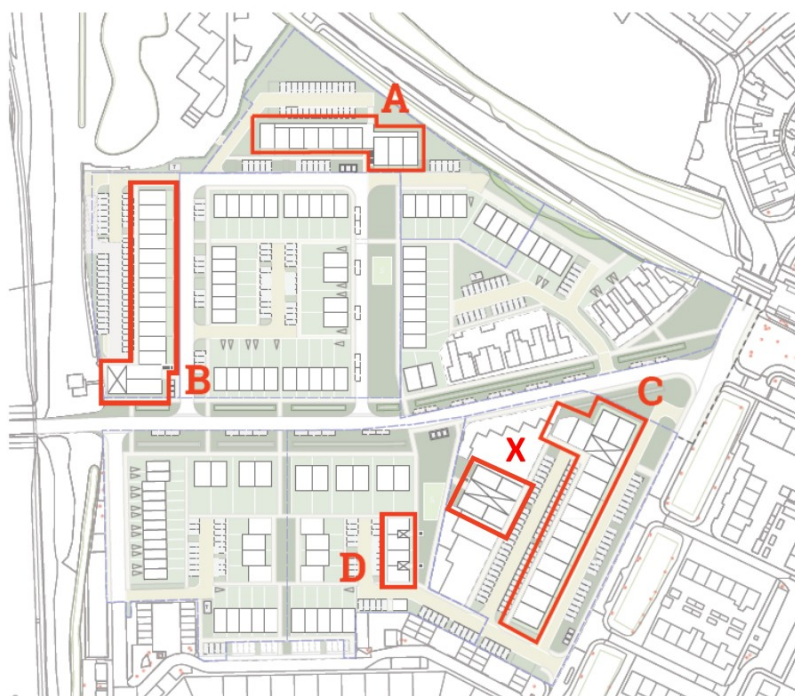
Het vergroenen van daken kan samen gaan met het creëren van berging. Belangrijk hierbij is dat de constructie van het gebouw voldoende gewicht op kan nemen, doordat het pakket wat op het dak aangebracht wordt zwaarder is dan een 'normaal grijs' dak. Indien er een groen dak toegepast wordt dient daarnaast rekening gehouden te worden met een maximale dakhelling. Diverse typen groen daken kunnen gerealiseerd worden met een dakhelling van 0 tot 5 graden (0-9%), dit wordt getypeerd als een vlak dak. Daarnaast is er een type groen dak wat gerealiseerd kan worden op een hellend dak met een dakhelling van 5 tot 35 graden (9-70%). Echter wordt geadviseerd om de groene daken zo veel mogelijk vlak uit te voeren, omdat de hellende variant van de groene daken zwaarder is dan de vlakke variant en hierdoor een (mogelijk) zwaardere (bouw)constructie benodigd is. In bijlage 2 zijn diverse groenedaken weergegeven met de daarbij behorende groen dak specifieke data. Als uitgangspunt wordt aangenomen dat het 'basis groendak' toegepast wordt. Op een dergelijk dak kan 25 l/m<sup>2</sup> water vast gehouden worden. Binnen het plan worden vier appartementencomplexen gerealiseerd (gebouwen A tot en met D) en een overig gebouw (ten zuiden van Toon van Eijk, gebouw aangeduid met X) waarop dakgroen gerealiseerd kan worden, zie ook figuur 8. In verband met diverse voorzieningen, welke op de daken van de bebouwing gesitueerd zijn, is aangenomen dat 60% van het dakoppervlak wat (nagenoeg) vlak uitgevoerd wordt gebruikt kan worden als groendak. Aan de hand van het te gebruiken dakoppervlak en de berging per vierkante meter is de beschikbare berging berekend, welke 65 m<sup>3</sup> bedraagt, zie tabel 5.

Indien er dakgroen op een hellend dak toegepast wordt verandert de bergingsbalans. Er is vanuit gegaan dat bij een hellend dak net als bij een vlak dak 60% van het oppervlak gebruikt kan worden als dakgroen. Aan de hand van het te gebruiken dakoppervlak en de berging per vierkante meter is de beschikbare berging berekend, welke 104 m<sup>3</sup> bedraagt, zie tabel 5. In vergelijking met een vlak dak



levert een hellend dak meer waterberging op, maar heeft dit een grotere invloed op de constructie van het gebouw. In de nadere uitwerking van de bebouwing wordt bepaald of dit haalbaar is.

Conform het stedenbouwkundig plan worden er ca. 93 grondgebonden woningen gerealiseerd, indien elke woning een schuur/berging heeft met een dakoppervlak van ca. 5 m<sup>2</sup> kan er voor 12 m<sup>3</sup> aan berging gerealiseerd worden. Daarnaast is het de wens om de optionele uitbouwen van de woningen uit te voeren met sedumdaken. De uitbouwen zijn niet opgenomen in de bergingsbalans.



figuur 8 Situering sedumdaken

tabel 5 Beschikbare berging sedumdaken

	Oppervlak [m <sup>2</sup> ]	Oppervlak toe te passen als berging [m <sup>2</sup> ]	Berging [l/m <sup>2</sup> ]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
<b>Sedumdaken (vlak)</b>	4.317	2.590	25	65
<b>Sedumdaken (schuin)</b>	4.317	2.590	40	104
<b>Schuren/berging grondgebonden woningen</b>	465	465	25	12

Waterberging in funderingslagen onder verharding

Door een te realiseren wegfundering te vervangen door een waterbergende wegfundering is het mogelijk om waterberging onder de wegverharding te creëren. Binnen het plan worden er diverse delen verhard en ontstaat de mogelijkheid tot het benutten van de wegfundering voor waterbergende doeleinden. Hierbij is het van belang dat het waterbergende pakket in ieder geval op een bepaalde afstand van het grondwater gesitueerd is, om aanzuiging (aantrekken van grondwater) te voorkomen. Aanbevolen wordt om de onderkant van het waterbergende pakket te realiseren op minimaal 0,50 m afstand van de grondwaterstand. Eerder is beschreven dat de grondwaterstand naar verwachting gelijk is aan het waterpeil in/rondom het gebied, in de praktijk zal door opbolling de grondwaterstand hoger zijn dan het waterpeil. De Oud Bodegraafseweg vormt een scheiding tussen twee peilgebieden. Aan de noordzijde bevindt zich een peilgebied met een peil van 2,27 m – NAP en aan de zuidzijde

een peilgebied met een peil van 2,12 m – NAP. Er dient afgevoerd te worden op het peilgebied aan de noordzijde van het plan. Afhankelijk van de toe te passen constructie kan het grondwater gereguleerd worden, waardoor de werking van het pakket gegarandeerd wordt. Een constructie die dergelijke eigenschappen heeft, is een waterbergende fundering met daaronder een infiltratie riool. Volledige infiltratie is niet mogelijk, in verband met de grondslag in het plangebied. Hierdoor dient er voor het hemelwaterstelsel een uitstroomvoorziening op het oppervlaktewater gerealiseerd te worden, door de aansluiting op het oppervlaktewater zal het stelsel niet verder ledigen dan het peil van het oppervlaktewater waarop aangesloten wordt. Waardoor de grondwaterstand gelijk wordt aan het waterpeil.

Om versnippering van het hemelwaterstelsel te voorkomen behoort het tot de mogelijkheden om de twee peilgebieden qua waterbergende fundering aan elkaar te koppelen. Normaliter is het niet mogelijk om op een dergelijke manier twee peilgebieden aan elkaar te koppelen, echter is het een opgave van het Hoogheemraadschap om de twee peilgebieden qua waterberging en hemelwaterafvoer aan elkaar te koppelen. Indien de waterbergende fundering gekoppeld wordt is het van belang dat de onderkant en de dikte van het pakket over het gehele oppervlak gelijk is. Onderzocht is of het technisch mogelijk is om een waterbergende fundering te realiseren. Indien het pakket met dezelfde dikte en met de onderkant op dezelfde hoogte gesitueerd dient te worden, is de maatgevende laagste maaiveldhoogte van belang evenals de grondwaterstand. De maatgevende laagste maaiveldhoogte bedraagt 1,40 m – NAP (Oud Bodegraafseweg). Zoals eerder beschreven is de grondwaterstand gelijk aan de waterstand. Afgevoerd wordt op het peilgebied met een waterstand van 2,27 m – NAP, echter is het zuidelijke deel gelegen in een peilgebied met een waterstand van 2,12 m – NAP. Waardoor het zuidelijke peil als maatgevend beschouwd wordt. Met een maaiveldhoogte van 1,40 m – NAP, een laag verharding inclusief straatlaag en een dikte van het pakket van 0,30 m, is de onderkant van het pakket gesitueerd op 1,83 m – NAP, dit is ca. 0,30 m boven de maatgevende waterstand. Eerder is beschreven dat aanbevolen wordt om een minimale afstand van 0,50 m aan te houden tussen de grondwaterstand en de waterbergende fundering. Uit ervaring is gebleken dat 0,30 m afstand tussen het grondwater en de onderkant van het pakket voldoende is indien het pakket wordt toegepast met een infiltratie riool. Hieruit wordt geconcludeerd dat een waterbergende fundering toegepast kan worden op dezelfde hoogte.

In totaal wordt er onder een ca. 8.771 m<sup>2</sup> wegverharding en parkeervakken een waterbergende fundering aangebracht. Met een porositeit 40% en een dikte van 0,30 m bedraagt de beschikbare berging 1.052 m<sup>3</sup> berging, zie ook tabel 6.

De porositeit is afhankelijk van het materiaal wat gekozen wordt om de waterbergende funderingen. Veelgebruikte waterbergende funderingen zijn Aquaflow en Porodur. Bij Aquaflow bedraagt de porositeit 40% en bij Porodur 48%. In onderhavige beschouwing is uitgegaan van een porositeit van 40%, in dit geval kan er een keuze gemaakt worden tussen funderingen die dezelfde of een hogere porositeit hebben.

**tabel 6 Beschikbare berging waterbergende fundering**

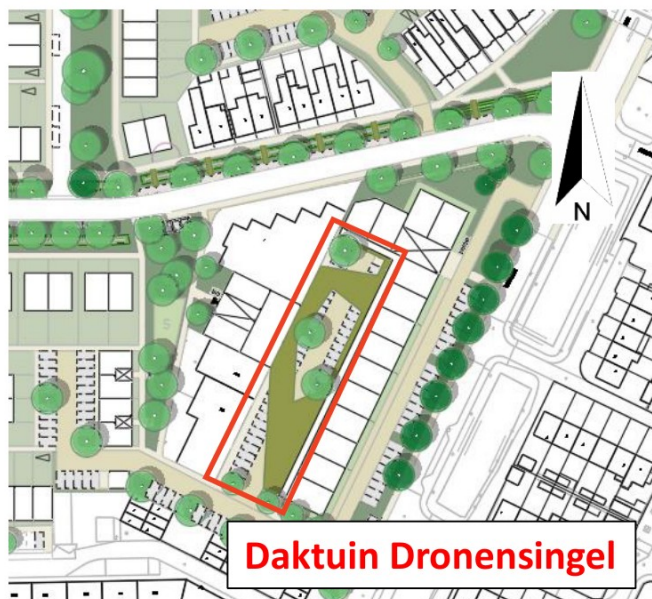
	Oppervlak [m <sup>2</sup> ]	Porositeit [%]	Dikte [m]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
<b>Waterbergende fundering (Aquaflow)</b>	8.771	40	0,30	1.052
<b>Waterbergende fundering (Porodur)</b>	8.771	48	0,30	1.263

Waterberging in daktuin van appartementengebouw aan Dronensingel

Qua principe werkt een daktuin exact hetzelfde als een groendak, wat eerder beschreven is. Gelet moet worden op het gewicht van de tuin en of de constructie dit op kan nemen en wat de maximale dakhelling mag bedragen. In bijlage 2 zijn diverse groenedaken weergegeven. Als uitgangspunt wordt aangenomen dat het 'verblijfsdak' toegepast wordt. Op dit dak kan in het groen een berging van 110-160 l/m<sup>2</sup> gerealiseerd worden. Een belangrijke voorwaarde voor de vulling van de daktuin, is dat de tuin enkel gevuld wordt met water wat op de daktuin en/of de omliggende bebouwing valt. Het



uitgangspunt is dat enkel de omliggende bebouwing af kan wateren op de daktuin, voor de situering van de daktuin zie figuur 9.



**figuur 9**      **Situering Daktuin Dronensingel**

Op de omliggende daken is het mogelijk om sedumdaken te realiseren waardoor hier berging op gerealiseerd wordt. Hiermee dient rekening gehouden te worden, omdat niet al het hemelwater afstroomt op de daktuin. Op basis hiervan is een balans opgesteld van wat de afmeting van de daktuin dient te bedragen indien al het afstromende hemelwater van het dakoppervlak geborgen dient te worden, zie hiervoor tabel 7. Uit de tabel volgt dat, indien al het water lokaal geborgen dient te worden, de berging 131 m<sup>3</sup> dient te bedragen. Een deel hiervan wordt geborgen op de omliggende sedumdaken (28 m<sup>3</sup>). Hierdoor resteert er nog 103 m<sup>3</sup> water wat lokaal geborgen kan worden. In de tabel is weergegeven wat het benodigde oppervlak van de daktuin bedraagt indien alles lokaal geborgen dient te worden.

**tabel 7**      **Benodigde berging daktuin Broekland**

<b>Oppervlak</b>	
Oppervlak appartementen	1.426 m <sup>2</sup>
Oppervlak overige gebouw	442 m <sup>2</sup>
<b>Berging adhv 70mm</b>	
Benodigde berging	131 m <sup>3</sup>
<b>Sedum daken</b>	
Berging op sedum daken	28 m <sup>3</sup>
Resterend	103 m <sup>3</sup>
<b>Broekland daktuin</b>	
Berging per m <sup>2</sup>	110 liter
Benodigd oppervlak	934 m <sup>2</sup>
Beschikbaar oppervlak	1.670 m <sup>2</sup>

De daktuin is echter nog in ontwikkeling waardoor de exacte invulling nog niet bekend is. Hierdoor wordt er een gegronde aanname gedaan met betrekking tot de exacte invulling van de daktuin en de hierbij behorende berging. De daktuin overspant (naar verwachting) niet de gehele buitenruimte. Aangenomen is dat op 1/3 van het beschikbare oppervlak de daktuin wordt aangebracht, waarin ook waterberging gerealiseerd wordt. Met een beschikbare berging van 110 l per vierkante meter bedraagt

de totale berging 61 m<sup>3</sup>, zie ook tabel 8. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het realiseren van de daktuin zinvol is. Niet enkel om waterberging te creëren maar ook om meer te vergroenen en hierdoor hittestress tegen te gaan.

**tabel 8 Beschikbare berging daktuin Dronensingel**

	Oppervlak [m <sup>2</sup> ]	Oppervlak toe te passen als berging [m <sup>2</sup> ]	Berging [l/m <sup>2</sup> ]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
<b>Daktuin</b>	1.670	557	110	61

Het benutten van een tijdelijke buffering op straat en in de parkeererven

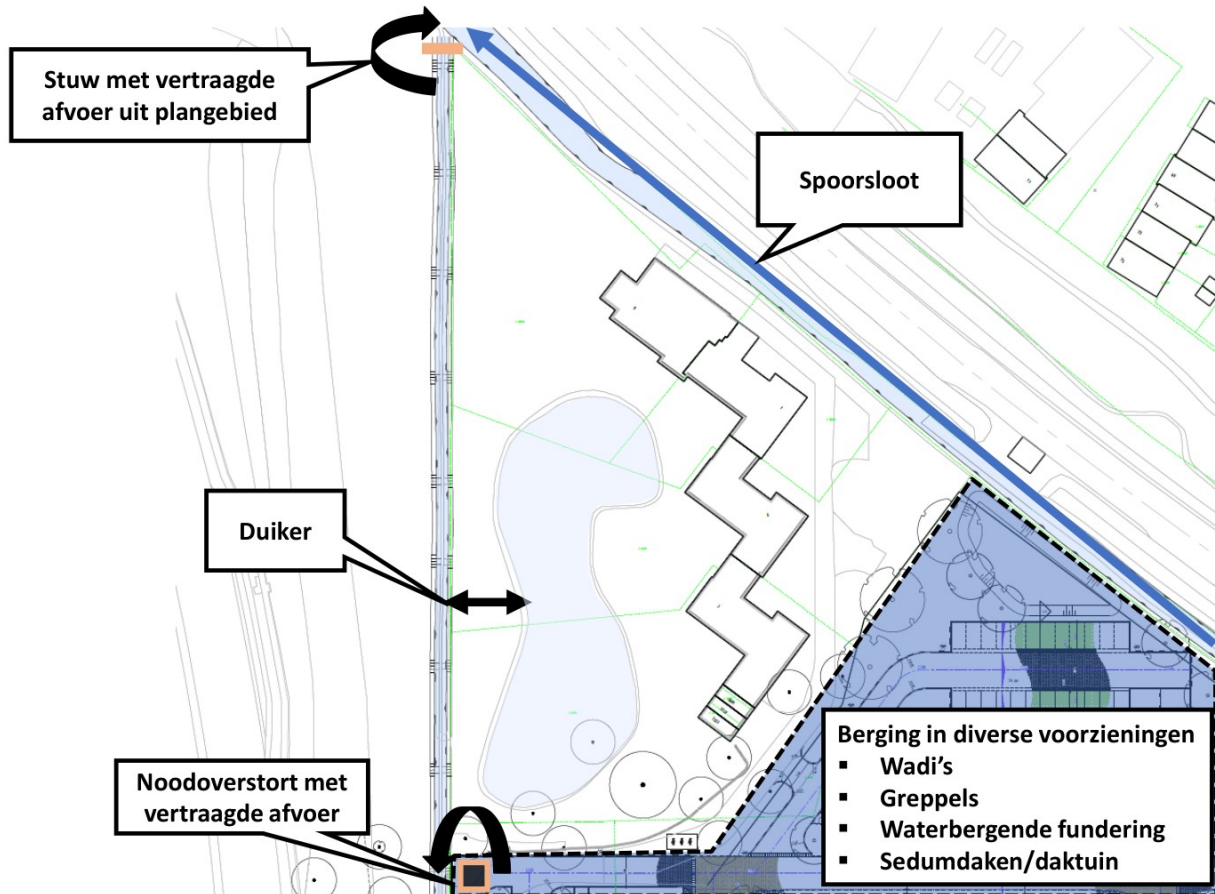
Het toepassen van een tijdelijk buffer op straat en in parkeererven wordt niet als wenselijk geacht. In verband met (geringe) hoogteverschillen binnen het plan dient het hemelwaterstelsel versnipperd uitgevoerd te worden om buffering op de straat en in de parkeererven te realiseren. Daarnaast is het systeem een stuk minder robuust wanneer de straten ingezet worden om (hemel)water te bergen. Normaliter wordt er niet gerekend met berging op wegverharding, terwijl dit wel degelijk mogelijk is. Door de straten niet mee te rekenen als berging ontstaat er een extra buffer bovenop de waterberging, zodat eventuele theoretische wateroverlast niet direct wateroverlast oplevert in een andere (bestaand/gerealiseerd) situatie(s). De Oud Bodegraafseweg is daarnaast lager gesitueerd dan de omliggende straten, waardoor het water zich hier zal verzamelen en hierdoor meer overlast zal kunnen veroorzaken.

Het benutten van de sloot en blusvijver ten behoeve van het creëren van extra berging

In de bestaande situatie bevindt zich in de afstroomrichting van het plangebied een overige watergang en een blusvijver (niet nader in de legger genoemd). Het bestaande water wordt verbreed en/of gebruikt om berging te realiseren en de afvoer te garanderen.

Het oppervlaktewater wat gebruikt dient te worden als waterberging is gesitueerd aan de noordwestkant van het plangebied. Hier is een (droge) watergang en een blusvijver gesitueerd, welke betrokken gaan worden in het totale watersysteem. Uiteindelijk, wanneer de eerdergenoemde bergingsvoorzieningen gevuld zijn, zal het water overstorten op het oppervlaktewater. Door middel van een overstortvoorziening wordt er berging op het oppervlaktewater gerealiseerd te worden. Indien de maximale berging bereikt is stort het water over op de bestaande watergang ten noord westen van het plangebied. In figuur 10 is de schematische werking van de berging op het oppervlaktewater weergegeven evenals de situering van de overstorten binnen het stelsel.





figuur 10 Schematische werking berging op oppervlaktewater en situering overstorten

In tabel 9 is de beschikbare wateroppervlak evenals de bergingshoogte weergegeven. Met een dergelijk oppervlak en een bergingshoogte wordt er 861 m<sup>3</sup> aan berging gerealiseerd.

tabel 9 Beschikbare berging op oppervlaktewater

	Oppervlak bodem [m <sup>2</sup> ]	Oppervlak talud (onder drempelniveau) [m <sup>2</sup> ]	Bergingshoogte [m]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
Blusvijver	1.285	-	0,50	643
Sloot	435	-	0,50	218

### 3.2.3. Conclusie watercompensatie

In bovenstaande paragraaf zijn de verschillende water compenserende maatregelen weergegeven. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er genoeg berging wordt gecreëerd: 2.699 m<sup>3</sup>. Hieruit volgt dat er voldoende compenserende maatregelen worden gerealiseerd en dat er een overschot van ca. 307 m<sup>3</sup> aan berging is. In onderstaande tabel 10 is een samenvatting weergegeven van de beschikbare berging.

Uit bovenstaande volgt dat er ruim voldoende compenserende maatregelen worden gerealiseerd. Het overschot aan compenserende maatregelen wordt gebruikt bij (eventuele) keuzes van de nadere uitwerking van het plan. Hieruit kan volgen dat bepaalde bergingen om technische redenen niet realiseerbaar en/of haalbaar zijn.

**tabel 10 Samenvatting beschikbare berging**

	Oppervlak bodem [m <sup>2</sup> ]	Oppervlak talud (onder drempelniveau) [m <sup>2</sup> ]	Bergingshoogte [m]	Beschikbare berging [m <sup>3</sup> ]
<b>Greppels</b>	290	534	0,50	281
<b>Wadi</b>	914	448	0,30 - 0,50	367
<b>Oppervlaktewater</b>	1.285	-	0,50	861
<b>Waterbergende fundering (Aquaflow)</b>	8.771	-	0,30	1.052
<b>Sedumdaken (max 60%)</b>	2.590	-	-	77
<b>Daktuin</b>	1.670	-	-	61
<b>Totaal</b>				2.699

### 3.3. Waterkwaliteit en ecologie

Het plangebied ondergaat een transformatie van een bedrijventerrein naar een woonwijk, de verwachting is daarom dat de waterkwaliteit zal verbeteren. Industrieel gebruik geeft namelijk meer risico's op verspreiding van stoffen die nadelig zijn voor de waterkwaliteit. De huidige watergang wordt verbreedt. Door de vloeiende overgang tussen groen en water zal er een natuurlijk uitziende oever gecreëerd worden, die de ecologie ten goede komt. Daarnaast worden er verschillende greppels en wadi's gerealiseerd, waar het afstromende water voor het grootste deel eerst doorheen moet voordat het op het oppervlaktewater geloosd wordt. Hierdoor kan er bij het verdere ontwerp van de greppels en wadi's rekening gehouden worden met eventuele afvang van vervuiling die vanaf het openbare groen en/of het afstromende oppervlak de greppels en wadi's in stromen. Tot slot zal er geen gebruik gemaakt worden van uitlogende bouwmaterialen zoals zink, koper of andere uitlogende materialen.

### 3.4. Bodem en grondwater

Ten opzichte van de bestaande situatie blijft de toekomstige maaiveldhoogte nagenoeg gelijk. Zoals eerder beschreven zal de grondwaterstand afhangen van het oppervlaktewaterpeil en het materiaalgebruik (infiltratie riool). In de ontwikkeling zijn (zoals op moment van schrijven bekend is) geen grote kelders of andere ondergrondse constructies gepland. Enkel worden er ten behoeve van de vuilinzameling ondergrondse containers geplaatst. De verwachting is dat deze constructies geen significante nadelige invloeden oplevert voor de grondwaterstand.

Aangezien er uit het verkennend bodemonderzoek naar voren komt dat infiltratie niet mogelijk is. Dienen er (eventueel) aanvullende voorzieningen gerealiseerd te worden om de lediging van de bergingen te garanderen. Aangezien het functioneren van het ledigen van de bergingen(en) even belangrijk is als het vullen van de berging(en).



## 4. Riolering

### 4.1. Algemeen

Binnen het plangebied is in de huidige situatie een bedrijventerrein gevestigd en buiten het plangebied zijn woonwijken gesitueerd. Deze bebouwing is, naar verwachting, aangesloten op riolering. Vanuit de zorgplicht van de gemeente dient er een voorziening gerealiseerd te worden om afval- en regenwater in te zamelen. De aanleg van een rioolstelsel is hiertoe een doeltreffende voorziening. Vanuit milieukundig oogpunt is het de wens een gescheiden systeem aan te brengen. Dit betekent dat regenwater apart van het afvalwater ingezameld wordt. Regenwater zal (vertraagd) geloosd worden op het oppervlaktewater, terwijl afvalwater ingezameld wordt en naar de RWZI verpompt wordt.

Conform het beleid van het waterschap streeft de gemeente Bodegraven – Reeuwijk naar een volledig gescheiden inzameling en verwerking van afval- en hemelwater. Aangezien het in dit geval niet doeltreffend is om op de percelen voorzieningen te treffen met betrekking tot het afvoeren van hemelwater is de aanleg van een gescheiden stelsel in combinatie met retentie een doelmatige oplossing.

### 4.2. HWA systeem

In onderstaande paragraaf wordt ingegaan op het nieuwe HWA systeem.

#### 4.2.1. Uitgangspunten HWA systeem

Voor het HWA systeem worden de volgende uitgangspunten vastgesteld (e.e.a. conform LIOR en Kennisbank Stedelijk Water):

- Het stelsel dient zo ontworpen te worden dat het water voor het grootste deel door middel van het HWA stelsel of oppervlakkige afstroming in de bergingen (greppels, wadi's en waterbergende fundering) terecht komt. Wanneer de voorzieningen gevuld zijn stort het water pas over op de watergang/blusvijver;
- De bergingsvoorzieningen dienen na en tijdens een neerslaggebeurtenis vertraagd te lozen;
- De minimale diameter van het hoofdriool dient  $\varnothing 250\text{mm}$  te bedragen;
- Qua materialisatie dient tot een diameter van 630mm PVC met een sterkteklasse van minimaal SN8 toegepast te worden. Grotere diameters dienen uitgevoerd te worden in beton;
- De afstand over twee kruisende leidingen moet minimaal 0,20 m bedragen;
- De maximale putafstand bedraagt 50 meter;
- De minimale gronddekking op het hoofdriool bedraagt tenminste 1,20 m;
- Eventueel aanvullende berging dient zo gerealiseerd te worden dat er een logisch systeem ontstaat dat ook in de toekomst blijft functioneren;
- Het afschot van het HWA stelsel dient 1:500 te bedragen, indien het stelsel boven water is gesitueerd. Indien het stelsel ten alle tijden geheel gevuld is dient het stelsel vlak ontworpen te worden.

Zoals eerder beschreven dient het project Hofjes van Dronen zo veel mogelijk klimaatadaptief ingericht te worden. Voor het ontwerp van het watersysteem geldt dat het watersysteem een bui van 70mm binnen het plangebied geborgen kan worden. Doordat het onbekend is welke bui er exact toegepast dient te worden is er gebruik gemaakt van onderstaande buien:

#### Stresstestbuien

Een stresstestbui is een blokbui (een vaste neerslagintensiteit gedurende de gehele bui), waarmee stress (wateroverlast) gemeten kan worden in een korte of lange periode. Hierbij is het de eis dat er geen wateroverlast optreedt tijdens en net na de bui.

De specifieke stresstestbui die voor het project gekozen is, is een stresstestbui met een neerslagintensiteit van 70mm (T=200 in het huidige klimaat) (Stresstestbui 01, totaalvolume 70mm, conform Kennisbank Stedelijke Water).

#### Composietbui

Een composietbui is een kunstmatige bui, gebaseerd op neerslagstatistieken over een lange periode. Het voordeel van een composietbui ten opzichte van een standaardbui uit de leidraad riolering is dat de composietbui met de gekozen herhalingstijd voor zowel korte als lange buiduren een

representatieve neerslaghoeveelheid bevat. De composietbui wordt toegepast om de hydraulische afvoer van rioolstelsels bij extreme neerslagintensiteiten te toetsen en om de beschikbare berging van infiltratievoorzieningen te toetsen bij een lagere bui duur en een groter totaalvolume. In totaal zijn er dertien composietbuizen afgeleid voor het huidige klimaat (2014), met een herhalingsperiode variërend van gemiddeld eens per half jaar tot eens per duizend jaar.

De specifieke composietbui die voor het project gekozen is, is een composietbui met een herhalingsperiode van vijftig jaar ( $T=50$ ) (C\_50\_2014, totaal volume 77,7mm, conform Kennisbank Stedelijke Water).

#### 4.2.2. Ontwerp HWA systeem

Het HWA systeem zal afwijken van een traditioneel HWA systeem in de zin dat de wijk zo ingericht wordt dat een deel van het regenwater oppervlakkig afgevoerd wordt. Bij een traditioneel gescheiden stelsel wordt zowel vuilwater als hemelwater gescheiden, ondergronds ingezameld en afgevoerd. In verband met toe te passen watercompensatie worden er door de nieuw te realiseren wijk heen, verschillende bergingsvoorzieningen gerealiseerd, zie paragraaf 3.2.2 voor de nadere beschrijving van de bergingsvoorzieningen. In bijlage 3 is de situering van al de waterbergingen weergegeven.

Het verhard oppervlak grenzend aan een wadi of greppel dient zo veel als mogelijk is oppervlakkig af te stromen in een wadi of greppel. Wanneer het mogelijk is om oppervlakkig af te stromen moet hier (aantoonbaar) rekening mee gehouden worden met het inrichten van het maaiveld. Voor het overige verharde oppervlak zal een hemelwaterstelsel met putten en buizen aangebracht worden, welke in eerste instantie loost op de wadi's, greppels en/of de waterbergende fundering en wanneer deze gevuld zijn storten ze over op de blusvijver/watergang. Nadat er neerslag is gevallen dienen de voorzieningen vertraagd te lozen.

De vertraagde afvoer op de watergang (welke het water uiteindelijk uit het plangebied transporteert) mag maximaal de landelijke afvoer van 1,5 l/s/ha bedragen. Doordat er ca. 3,3 hectare verhard oppervlak wordt afgekoppeld dient de vertraagde afvoer gedimensioneerd te worden op ca. 18 m<sup>3</sup>/uur, dit staat gelijk aan de 1,5 l/s/ha. In overleg met de gemeente en het waterschap dient dit nader vormgegeven te worden.

Aan de westzijde van het plangebied is de autoweg N11 gesitueerd. Onder deze weg is een onderdoorgang gesitueerd ten behoeve van de verbinding van het bestaande bedrijventerrein en het buitengebied van Bodegraven. In de huidige situatie zijn er kolken nabij de onderdoorgang gesitueerd. Geadviseerd wordt om de kolken te handhaven en ze aan te sluiten op het toekomstige DWA stelsel om de afvoer van het hemelwater onder de ondergang te garanderen.

In de bestaande situatie is het trottoir aan de Oud Bodegraafse weg nabij de woningen met nummers 45-77 aangesloten op een apart HWA stelsel wat in noordelijke richting op de watergang afstroomt. Door de vloerpeilen van de woningen is het niet mogelijk om het trottoir aan te sluiten op het toekomstige HWA stelsel, hierdoor dient het trottoir middels het bestaande stelsel af te wateren naar de watergang die noordelijk gelegen is.

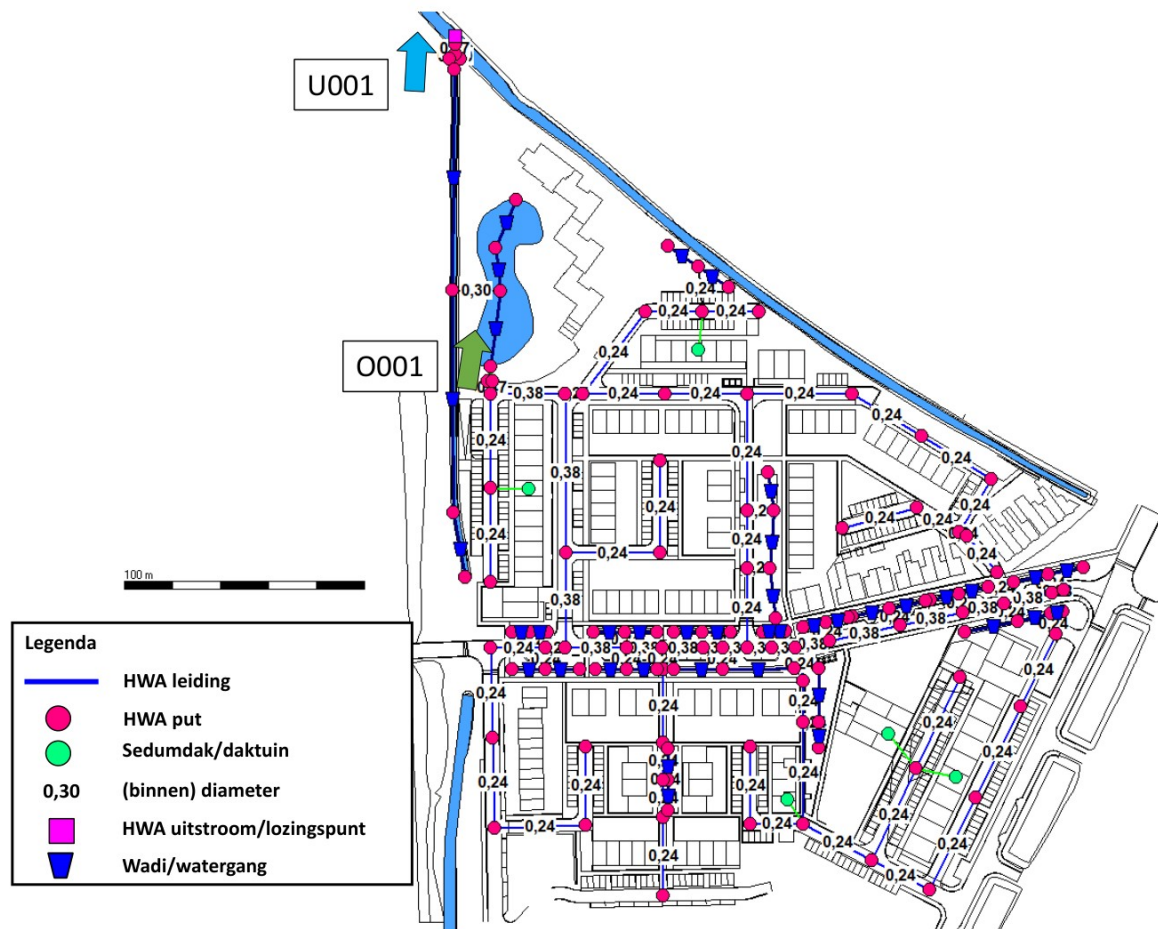
#### Hydraulisch model

Met bovenstaande gegevens is voor het HWA systeem een hydraulisch model opgesteld, om vervolgens het ontworpen systeem te toetsen. Het systeem is weergegeven in figuur 11. Hierin is te zien dat in nagenoeg in elke straat er een HWA riool aangelegd wordt. Dit riool wordt aangelegd om het afstromende hemelwater richting de wadi's, greppels en waterbergende fundering te transporteren. Om de uitwisseling van hemelwater over de verschillende bergingen te bevorderen en om geen versnipperd systeem te creëren is alles aan elkaar gekoppeld. In figuur 12 is weergegeven wat de situering is van een deel van de waterbergende fundering en een wadi ten opzichte van het hemelwaterstelsel en hoe dit aan elkaar gekoppeld is.

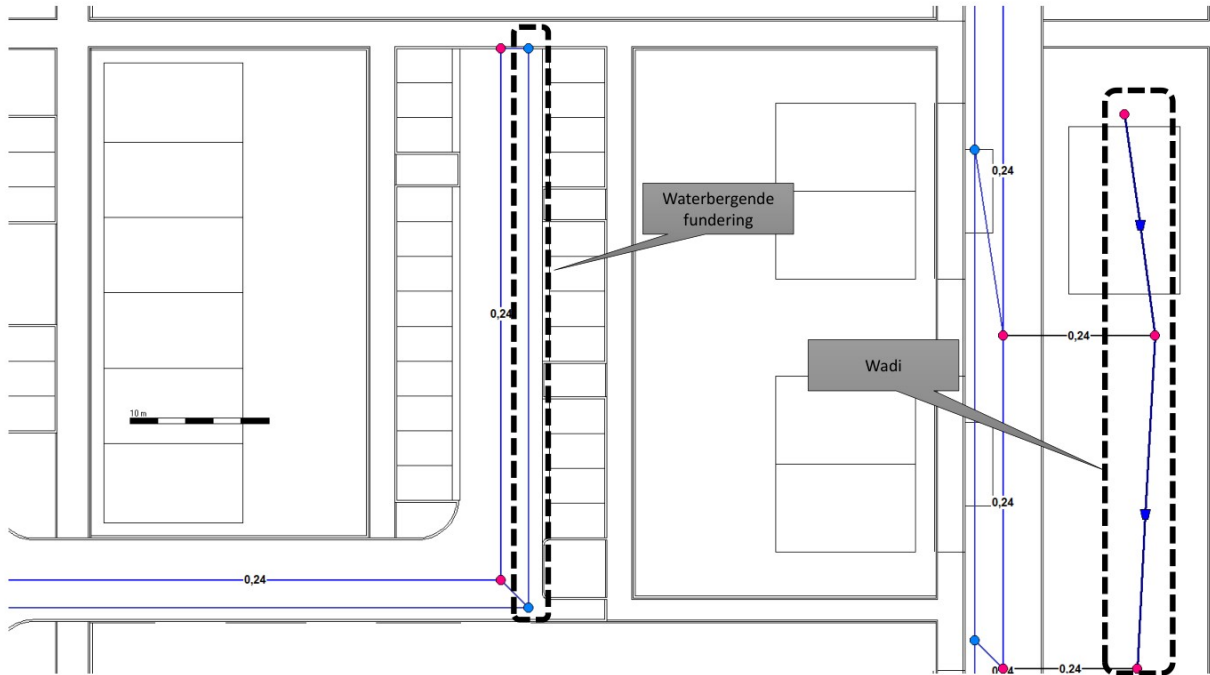
Doordat de maaiveldhoogte vrij uniform is en maximaal 0,25 m in hoogte verschilt tussen het hoogste en het laagste punt, is het mogelijk om al de wadi's, greppels en de waterbergende fundering met elkaar te koppelen. Het uitgangspunt voor de greppels en wadi's is dat de insteek op 1,40 m – NAP gesitueerd is en de berging gerekend wordt vanaf 1,50 m – NAP (berging bevindt zich onder dit peil). Middels een overstort (O001) stort het water over op de blusvijver en/of loost het vertraagd af op de



blusvijver. Deze vertraagde afvoer is ingesteld op 100 m<sup>3</sup>/uur, deze vertraagde afvoer dient niet ingesteld te zijn op de landelijke afvoer, omdat het water afgevoerd wordt naar de blusvijver welke als retentie fungeert. De overstort op het oppervlaktewater dient op een hoogte van 1,53 m – NAP gesitueerd te worden (bovenkant waterbergende fundering). In verband met de overstortende straal over de overstort en de wrijving/vertraging in het stelsel is het mogelijk om de berging in de greppels en wadi's tot een hoogte van 1,50 m – NAP te berekenen. Indien de blusvijver de maximale berging bereikt stroomt deze uit (U001) op de bestaande watergang en loost deze tevens vertraagd op de watergang. De vertraagde afvoer van de blusvijver staat ingesteld op de landelijke afvoer, met een capaciteit van ca. 18 m<sup>3</sup>/uur.



figuur 11 Hydraulisch model Hofjes van Dronen



figuur 12 Modelling waterbergende fundering en wadi

#### 4.2.3. Afvoerend oppervlak

Voor het HWA stelsel is het afvoerend oppervlak volledig verantwoordelijk voor de hydraulische belasting. Een nauwkeurige bepaling hiervan draagt bij aan een realistische benadering van de werkelijkheid bij het modelleren van het HWA stelsel. In verband hiermee is aan de hand van het stedenbouwkundigplan het afvoerend oppervlak bepaald. In tabel 11 is het totale afwaterende oppervlak weergegeven.

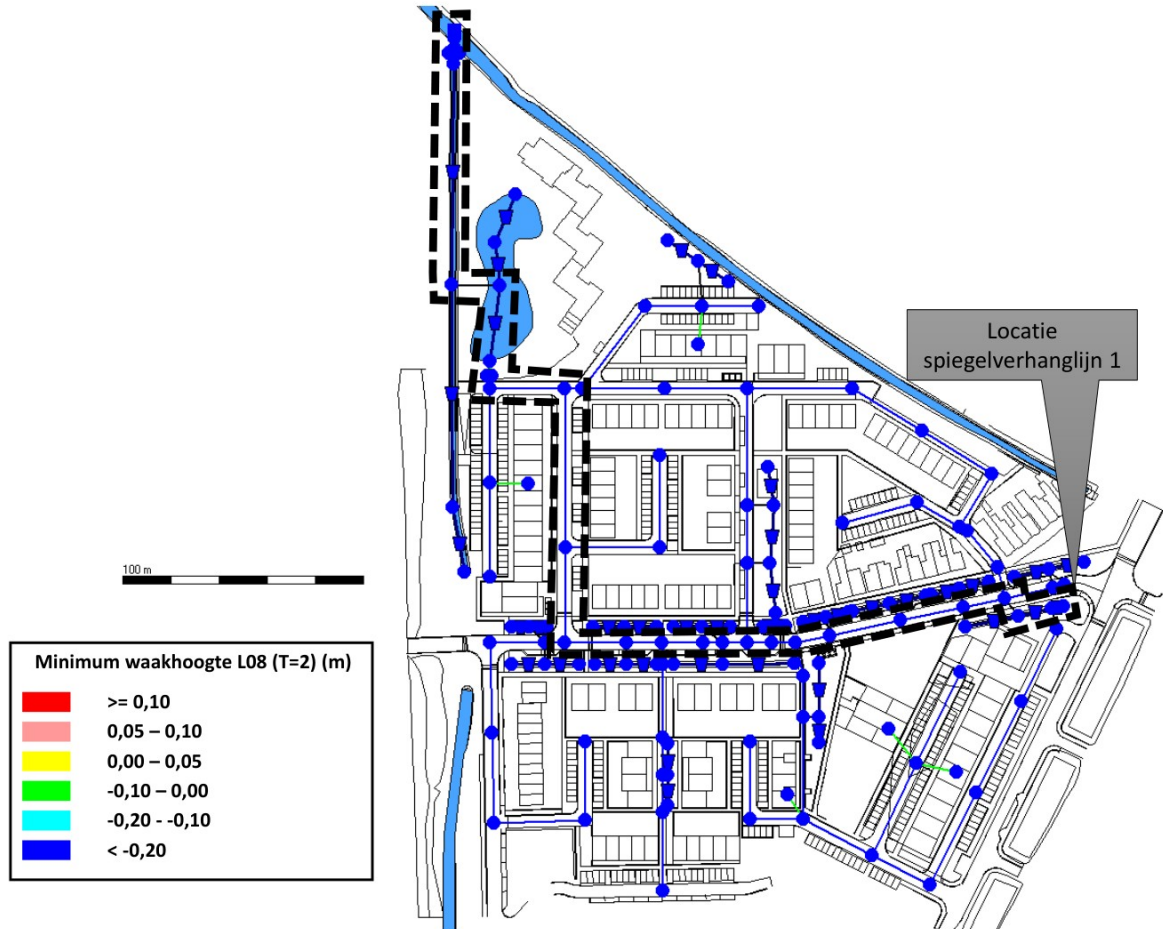
**tabel 11 Uitsplitsing afwaterend oppervlak**

Type afwaterend oppervlak	Oppervlak [m <sup>2</sup> ]	Percentage verhard [%]	Totaal afwaterend [m <sup>2</sup> ]
Daken	9.681	100	9.681
Particulier	8.120	50	4.060
Verharding	18.112	100	18.112
Half-verharding	3.039	70	2.127
<b>Totaal</b>	<b>38.952</b>	<b>-</b>	<b>33.980</b>

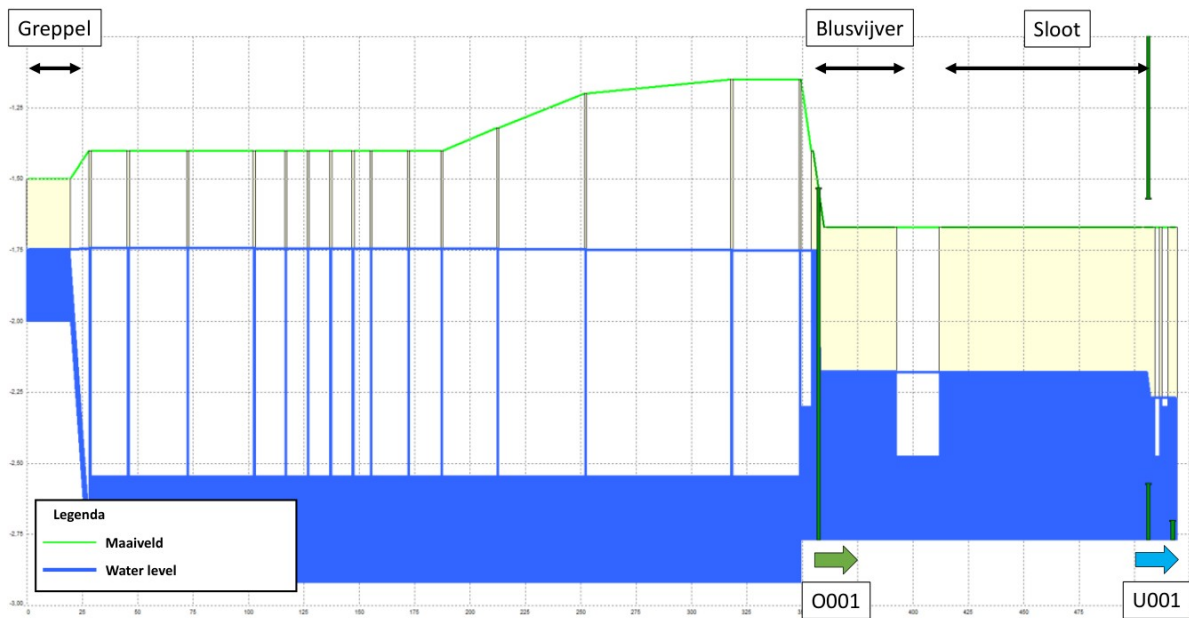
Doordat het gehele stelsel aan elkaar gekoppeld wordt en er niet direct verhard oppervlak afstroomt op het oppervlaktewater is het niet zinvol om een uitsplitsing te maken van het afwaterend oppervlak per bergingsvoorziening. Doordat de bergingen zich van onderaf vullen en de overstort richting de blusvijver voor zowel de wadi's, greppels als waterbergende fundering bedoeld is, zal het water zich onder de bergingen verdelen en nivelleren over de bergingen. Het afwaterend oppervlak is geïsoleerd op het model gezet, om een goed beeld te krijgen van de daadwerkelijke wateroverlast locaties.

#### 4.2.4. Hydraulische berekening

Het stelsel is getoetst aan de hand van ontwerp-bui L08 (T=2) en L10 (T=10), stresstestbui 01 en composietbui C50 (T=50) de resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 13, figuur 15, figuur 17 en figuur 19. Hieruit volgt dat tijdens ontwerp-bui L09 er in het gehele stelsel een minimale waakhogte aanwezig is van 0,20 m en er in deze situatie geen water op straat wordt verwacht. Tijdens ontwerp-bui L10 is er in nagenoeg het gehele rioolsysteem een minimale waakhogte van 0,20 m, enkel in de greppels en wadi's bedraagt is de waakhogte 0,10 m of minder. In deze situatie wordt er geen water op straat verwacht. Tijdens stresstestbui 01 wordt er op de Oud Bodegraafseweg water op straat verwacht, de laag water op straat bedraagt maximaal 0,05 m. Daarnaast zijn er enkele rode punten (0,10 m water op straat of meer) ter plaatsen van de wadi's en greppels weergegeven. Normaliter duidt dit op wateroverlast (waterhoogte van 0,08 m of hoger), echter zijn de wadi's en greppels in groenstroken gesitueerd en is er gerekend tot de insteek welke zich op minimaal 0,10 m – maaiveld bevindt. Hierdoor treedt er geen wateroverlast op tijdens een dergelijke bui. Tijdens composietbui C50 wordt er aan de noord oost kant van het plangebied een minimale laag water van 0,05 m water op straat verwacht. Daarnaast geldt voor deze bui hetzelfde als tijdens de stresstestbui voor de wadi's en greppels. Echter zal de waterhoogte niet hoger zijn dan de insteek van de greppels en wadi's. Hiermee wordt het functioneren van het stelsel gewaarborgd tijdens een dergelijke composietbui. Het verloop van de maximaal optredende spiegelverhanglijnen is weergegeven in figuur 14, figuur 16, figuur 18 en figuur 20. Uit bovenstaande gegevens wordt geconcludeerd dat het stelsel voldoet.

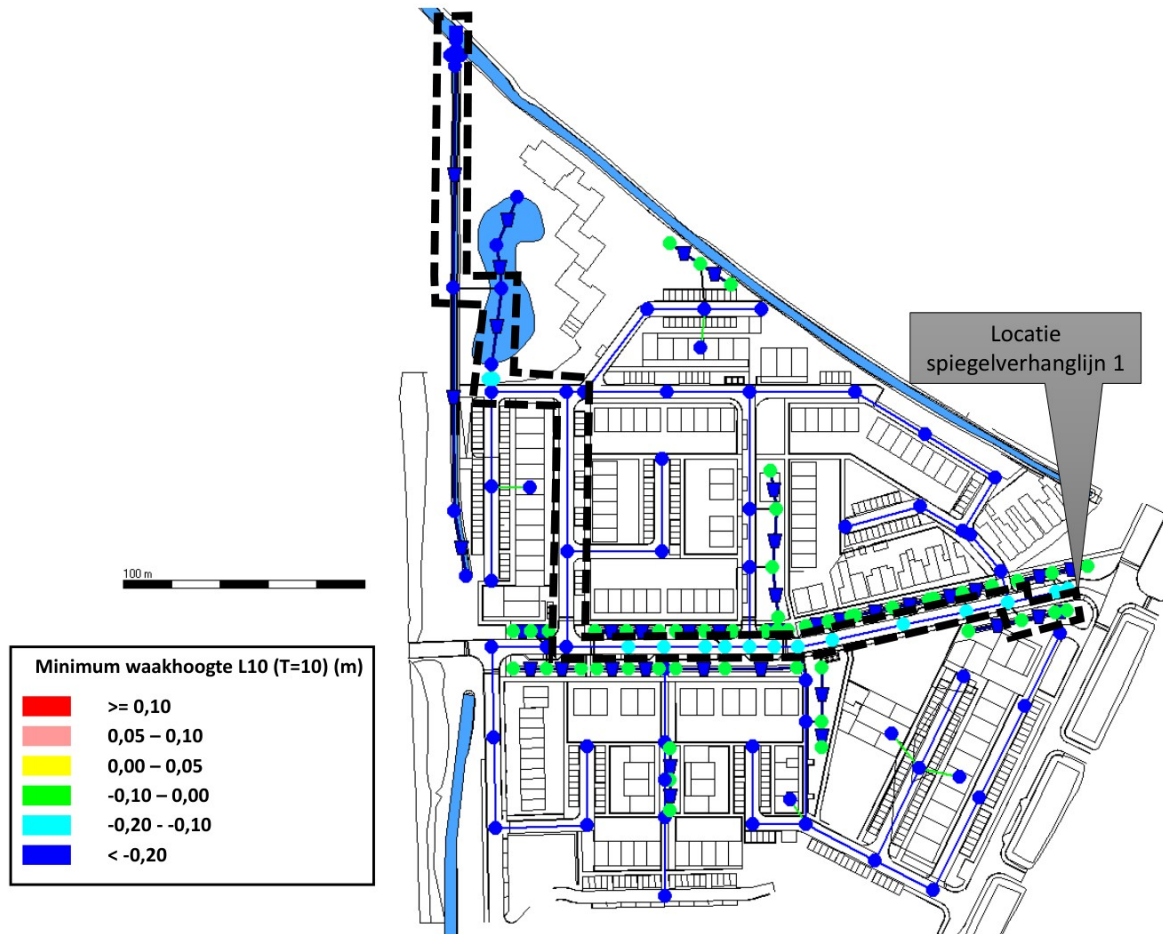


figuur 13 Minimum waakhoogte in HWA stelsel bij ontwerpbui L08 (T=2)

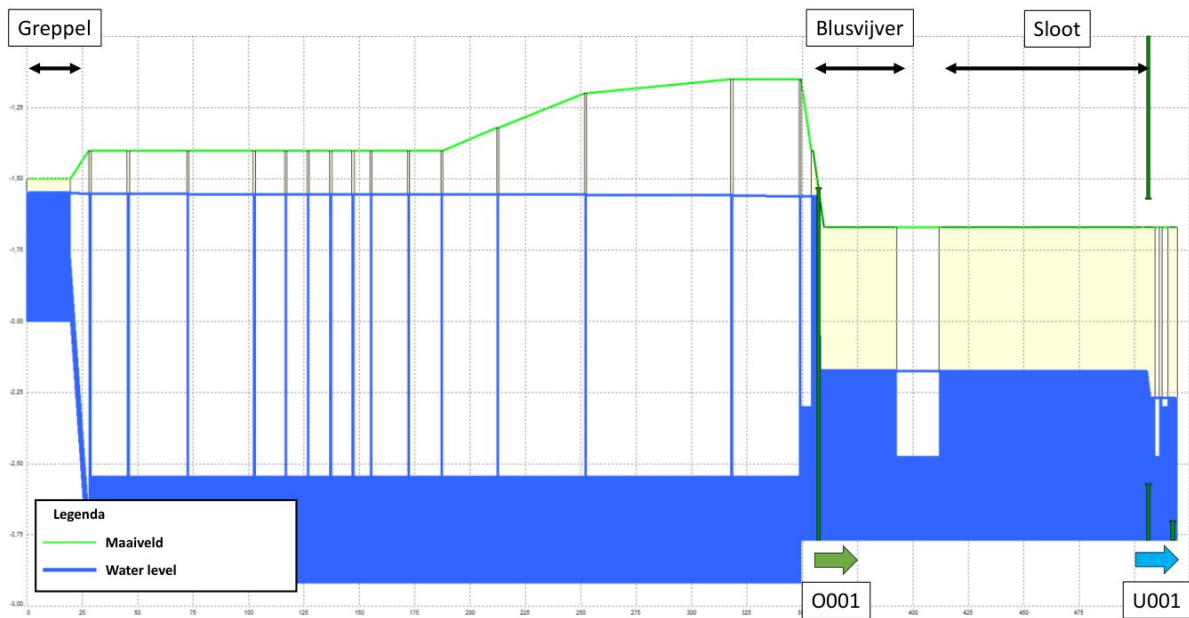


figuur 14 Maximaal optredende spiegelverhanglijn in HWA stelsel bij Ontwerpbui L08

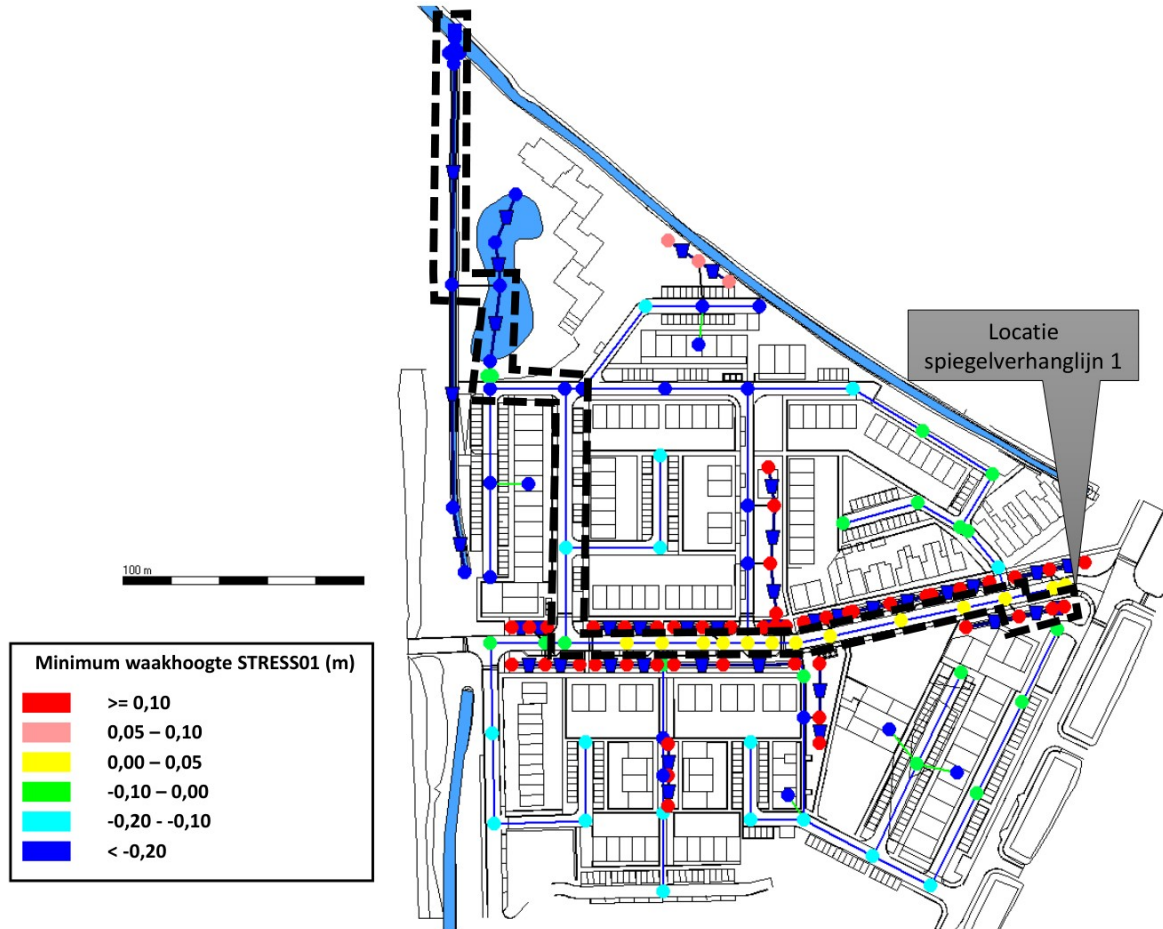




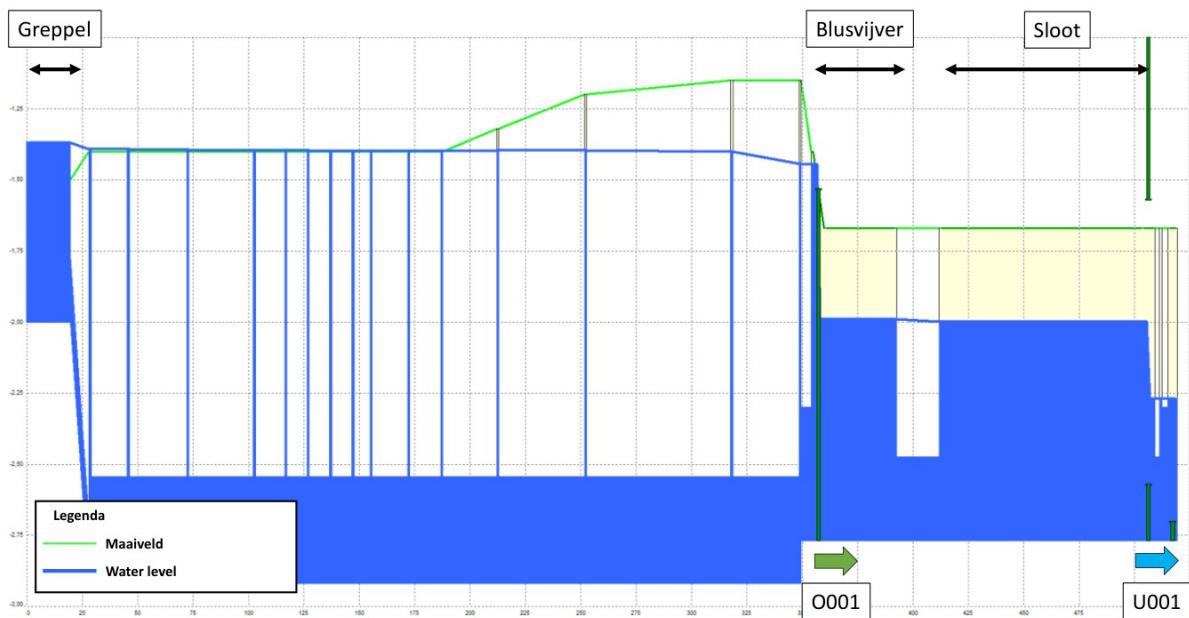
figuur 15 Minimum waakhoogte in HWA stelsel bij ontwerpbui L10 (T=10)



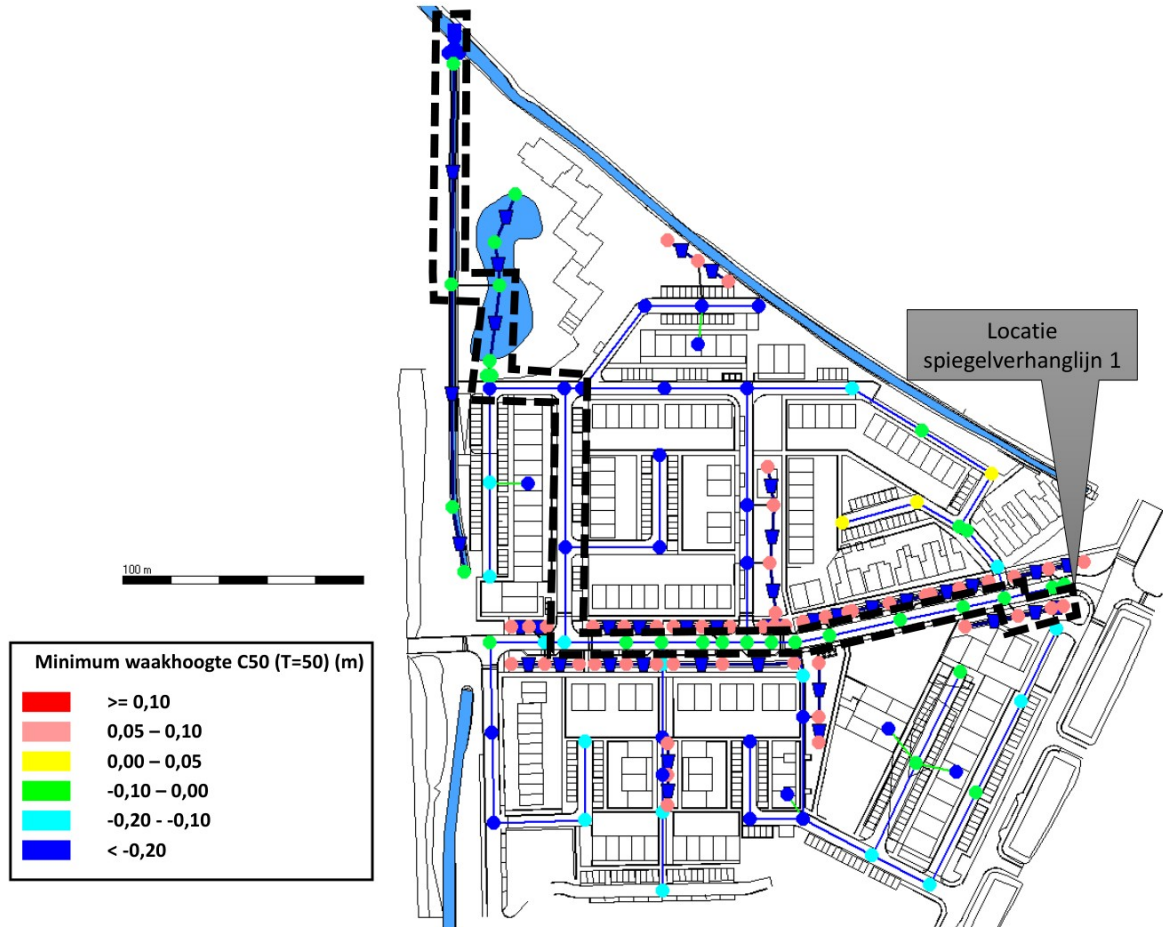
figuur 16 Maximaal optredende spiegelverhanglijn in HWA stelsel bij Ontwerpbui L10



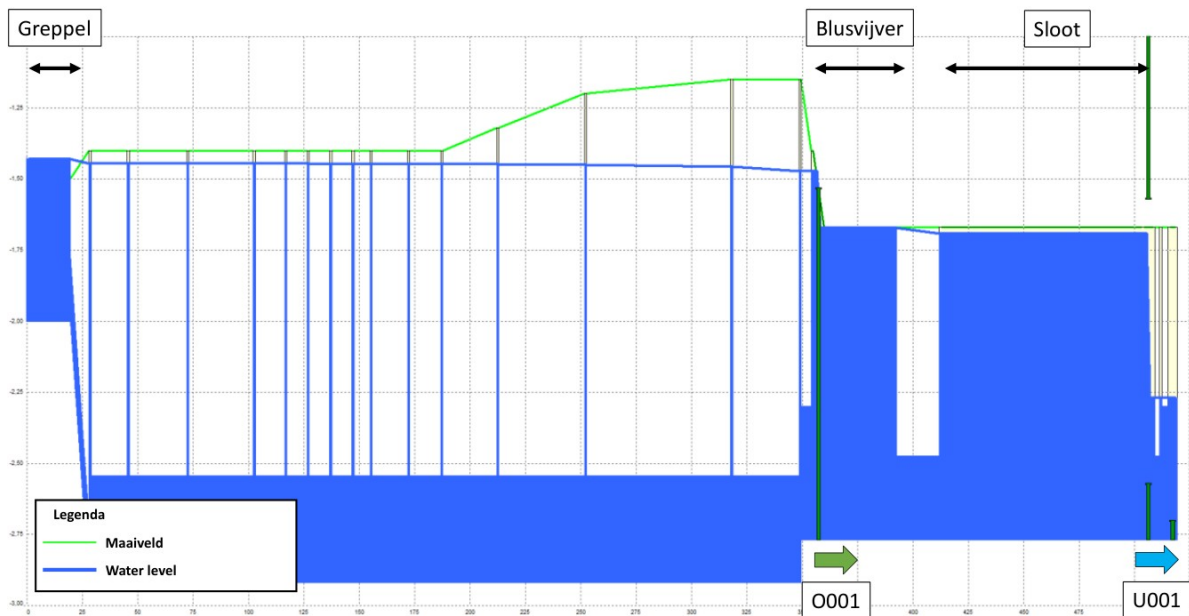
figuur 17 Minimum waakhoogte in HWA stelsel bij stresstestbui 01



figuur 18 Maximaal optredende spiegelverhanglijn in HWA stelsel bij stresstestbui 01



figuur 19 Minimum waakhogte in HWA stelsel bij composietbui C50 (T=50)



figuur 20 Maximaal optredende spiegelverhanglijn in HWA stelsel bij composietbui C50



## 4.3. DWA systeem

In de onderstaande paragraaf wordt ingegaan op het nieuwe DWA systeem

### 4.3.1. DWA productie

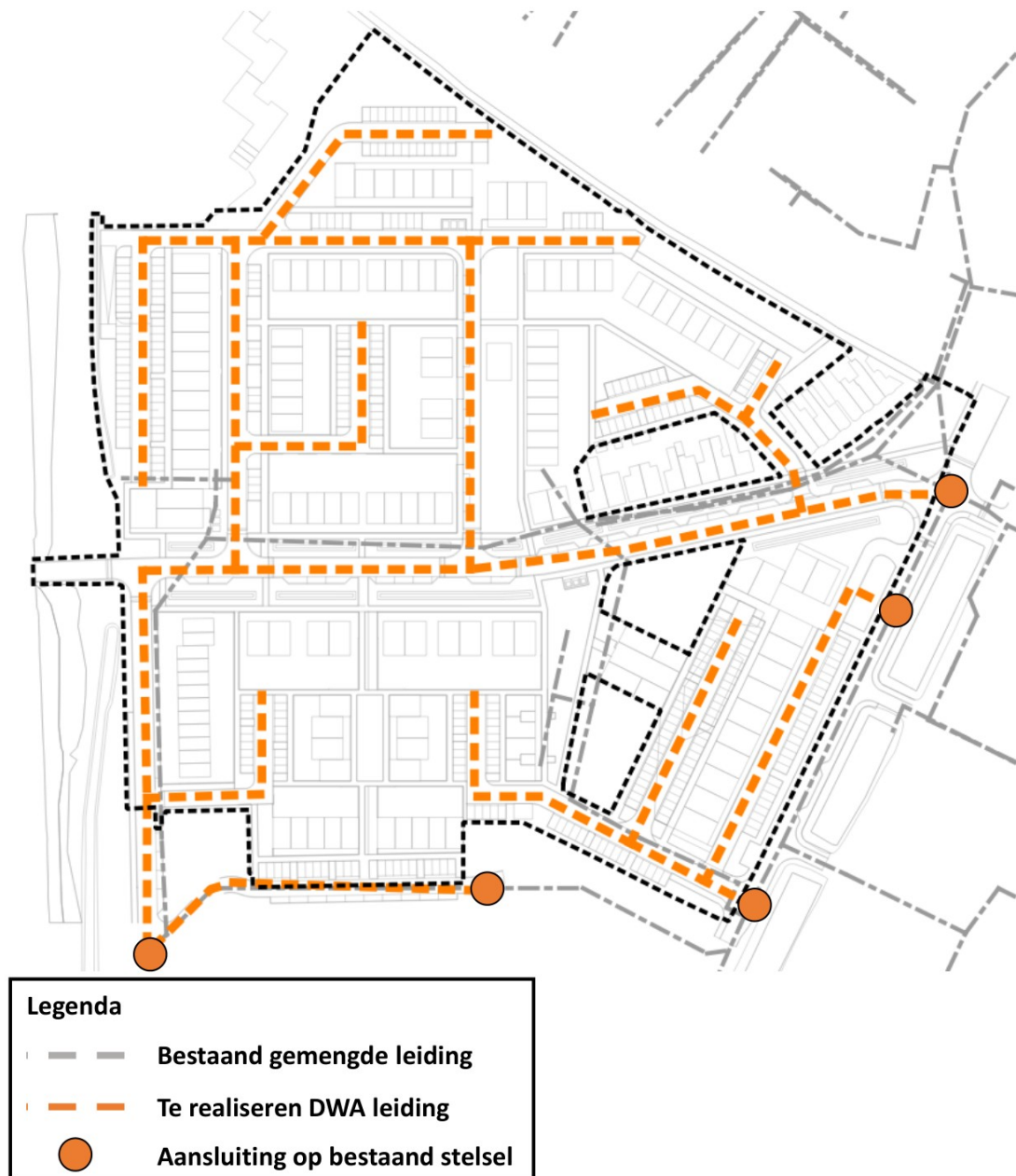
In de bestaande situatie is er in het plangebied een bedrijventerrein met diverse bebouwing gesitueerd. Deze bebouwing zal voor het grootste deel geamoveerd worden en in plaats hiervan zal nieuwbouw geplaatst worden. Hierdoor komt nagenoeg de gehele bestaande DWA productie te vervallen en wordt deze niet meegenomen. De bestaande bebouwing zal aangesloten zijn op het bestaande gemengde stelsel wat in het gehele plangebied gesitueerd is. De aansluiting van het nieuw te realiseren DWA stelsel dient aangesloten te worden op de Dronensingel, Lindehof en Dronenweg. Doordat er in de bestaande situatie een gemengd stelsel gesitueerd is zal en al het verharde oppervlak in de toekomstige situatie afgekoppeld dient te worden zal de belasting van de te realiseren woonwijk op het bestaande gemengde stelsel afnemen. Aan de hand van de Kennisbank Stedelijk Water is de DWA productie voor de nieuwe ontwikkeling bepaald. Het verwachte aantal woningen bedraagt 274. Met een gemiddelde woningbezetting van 2,5 personen per woning bedraagt het maximale aantal inwoners 685. De DWA productie per inwoner per etmaal bedraagt 120 liter, wat verdeeld wordt over 10 uur. De productie per dag bedraagt dan  $685 \times 120 \text{ l} = 82.200 \text{ l/dag} = 82,2 \text{ m}^3/\text{dag}$ . De piekproductie bedraagt  $901 \times 120 / 10 = 8,22 \text{ m}^3/\text{uur}$ .

Binnen het plangebied wordt naast de woningen geen andere bebouwing gerealiseerd. Echter blijven er twee gebouwen gehandhaafd, waarmee de DWA productie voor het plangebied bepaald wordt op eerder genoemde DWA productie plus de DWA productie van de bestaande bebouwing. De DWA productie van de bestaande bebouwing is niet bekend, echter is de verwachting dat de DWA productie van de bestaande bebouwing niet dermate groot is dat dit veel invloed heeft op de totale DWA productie binnen het bemalingsgebied.

### 4.3.2. Ontwerp DWA systeem

Middels een vrij-vervalsysteem zal het afvalwater verzameld worden en richting het bestaande gemengde stelsel afgewaterd worden. Vervolgens zal het water middels het bestaande stelsel naar een ledigingsgemaal worden getransporteerd, welke buiten het plangebied gesitueerd is. Het te realiseren DWA stelsel dient ingepast te worden binnen het bestaande stelsel aan de Dronensingel, Lindehof en Dronenweg. Voor een overzicht van het DWA stelsel zie figuur 21.

In paragraaf 4.2.2 is reeds beschreven dat de onderdoorgang onder de N11 aangesloten dient te worden op het toekomstige DWA stelsel, in verband met de hoogteligging en het garanderen van de (hemel)waterafvoer. Van belang hierbij is dat het bestaande stelsel waarop aangesloten wordt naar behoren functioneert. Door de gemeente dient aangegeven te worden dat de kolken op het DWA stelsel aangesloten kunnen worden zonder dat hier wateroverlast optreedt.



figuur 21      **Overzicht DWA stelsel**

#### 4.3.3.      **Uitgangspunten DWA systeem**

Voor het DWA systeem worden de volgende uitgangspunten vastgesteld (e.e.a. conform LIOR en Kennisbank Stedelijk Water):

- De minimale diameter van het hoofdriool dient  $\text{Ø}250\text{mm}$  te bedragen;
- Qua materialisatie dient tot een diameter van 630mm PVC met een sterkteklasse van minimaal SN8 toegepast te worden. Grotere diameters dienen uitgevoerd te worden in beton;
- De afstand tussen twee kruisende leidingen moet minimaal 0,20 m bedragen;
- De maximale putafstand bedraagt 50 meter;
- De minimale gronddekking op het hoofdriool bedraagt tenminste 1,20 m;
- Het afschot van het DWA stelsel dient 1:buisdiameter te bedragen;
- Het stelsel dient getoetst te worden aan de hand van de methode zoals beschreven in de Kennisbank Stedelijk Water. De concrete toetsingswaarde betreft de vullingsgraad van het riool. Deze mag niet meer dan 50% bedragen;
- De minimale berging in het DWA stelsel bedraagt 24 uur, i.v.m. een mogelijke calamiteit. Bij een DWA productie van  $82,2 \text{ m}^3/\text{dag}$  bedraagt de noodzakelijke berging  $82,2 \text{ m}^3$ .



## 5. Samenvatting

Het projectgebied bevindt zich ten westen van de kern Bodegraven. In de bestaande situatie wordt het plangebied gebruikt als bedrijventerrein onder de naam Dronenhoek in het noordoosten van de Dronenwijk. Binnen het plangebied van 'Hofjes van Dronen' zal een woonwijk gerealiseerd worden. Momenteel is er in concept een inrichtingsplan opgesteld. Het inrichtingsplan kan op detailniveau nog wijzigingen, maar op hoofdlijnen staat het vast. Het aantal nieuwe woningen voor 'Hofjes van Dronen' is geschat op ca. 274 woningen.

### Bestaande situatie

Met behulp van het AHN3 is een hoogtekaart gemaakt van het plangebied en de directe omgeving. Uit de hoogtekaart van het huidige maaiveld blijkt dat het plangebied varieert tussen een hoogte van 1,20 tot 1,60 m – NAP. De N11 en de spoorlijn zijn hoger gelegen in vergelijking met het plangebied.

Het plangebied is gelegen in het beheergebied van Hoogheemraadschap van Rijnland. Het gebied valt binnen twee peilbesluiten. Aan de noordzijde bevindt zich het peilbesluit Reeuwijk west, wat betreft peilgebied Polder Reeuwijk en Sluipwijk met een vast peil van 2,27 m – NAP. Aan de zuidzijde bevindt zich het peilbesluit Driebruggen – deel Zuidzijderpolder, wat betreft peilgebied Zuidzijderpolder met een vast peil van 2,12 m – NAP. Binnen het plangebied is er een overige watergang gesitueerd, deze watergang watert af in noordelijk richting. Er zijn geen kunstwerken binnen het plangebied gesitueerd. Daarnaast is er een blusvijver achter de woningen aan de Dronenhoek aanwezig, deze is aan de noordzijde langs de overige watergangen gesitueerd en valt net buiten het plangebied. De blusvijver maakt op dit moment geen onderdeel van het bestaande watersysteem.

De ondergrond van het plangebied bestaat voornamelijk uit veen en kleilagen, deze lagen hebben een zeer slechte doorlatendheid waardoor infiltratie uitgesloten wordt.

### Werking systeem

In eerste instantie wordt er zo veel als mogelijk is, vastgehouden binnen de grenzen van het plangebied. Hiertoe zijn de wadi's, greppels, sedumdaken en een waterbergende fundering gerealiseerd, waar een deel van het verharde oppervlak op afwatert. Wanneer de eerder genoemde retentievoorzieningen vol zijn zal er afgevoerd worden op de blusvijver en de watergang. Pas als laatste wordt er afgevoerd.

### Toekomstig watersysteem

Om hydrologisch neutraal te ontwikkelen dienen er bij een toename van verhard oppervlak compenserende maatregelen genomen te worden. Deze kunnen bestaan uit het graven van aanvullend oppervlaktewater of door op een andere manier invulling te geven aan extra waterberging.

De benodigde compensatie vanuit de herontwikkeling wordt binnen dit plangebied voorgeschreven door de gemeente Bodegraven – Reeuwijk. Het is de wens van de gemeente om de Hofjes van Dronen zo veel mogelijk klimaatadaptief in te richten. Hierbij gaat het om het voorkomen van wateroverlast, waarbij zowel een teveel als een tekort aan water een rol speelt. Het verhard oppervlak van het gebied neemt af van een bestaande verhardingspercentage van ca. 93% tot 70% in de toekomstige situatie. Door de afname stelt het Hoogheemraadschap van Rijnland geen aanvullende eisen aan de bergingscapaciteit.

Conform de wens van de gemeente dient er binnen het plangebied een bui van 70mm geborgen te worden, oftewel 700 m<sup>3</sup>/ha. In totaal wordt er bijna 33.980 m<sup>3</sup> van het totale plangebied verhard. Hierdoor houdt dit concreet in voor het plangebied dat er ca. 2.380 m<sup>3</sup> aan berging gerealiseerd dient te worden in de vorm van het realiseren van waterbergingen/retenties. In het navolgende worden de maatregelen beschreven en berekend wat het effect is.

### Greppels aan de Oud Bodegraafseweg

Binnen het plangebied is er ruimte gereserveerd voor tien greppels langs de Oud Bodegraafseweg. In de greppels kan er voor minimaal **281 m<sup>3</sup>** aan water geborgen worden. De greppels dienen na een neerslagebeurtenis vertraagd te ledigen. De vertraagde afvoer wordt in het onderdeel HWA riool nader toegelicht.

### Wadi's

Binnen het plangebied zijn er diverse groenstroken/openbaar groen. Deze groenstroken bieden kansen om wadi's te realiseren. Vier van deze groenstroken worden in de toekomstige situatie gebruikt om waterberging in te realiseren. In de wadi's kan er voor minimaal **367 m<sup>3</sup>** aan water geborgen worden. De wadi's dienen na een neerslaggebeurtenis vertraagd te ledigen.

### Het deels aanbrengen van dakgroen op de daken van appartementengebouwen

Het vergroenen van daken kan samen gaan met het creëren van berging. Belangrijk hierbij is dat de constructie van het gebouw voldoende gewicht op kan nemen, doordat het pakket wat op het dak aangebracht wordt zwaarder is dan een 'normaal grijs' dak. Er zijn diverse typen dakgroen toegepast worden, de belangrijkste verschillen zijn het bergend vermogen en de minimale en maximale dakhelling van het dak. Als uitgangspunt wordt aangenomen dat het 'basis groendak' toegepast wordt. Op dit dak kan een in het groen een berging van 25 l/m<sup>2</sup> gerealiseerd worden. Binnen het plan worden vier appartementencomplexen gerealiseerd en een overig gebouw (ten zuiden van Toon van Eijk) waarop dakgroen gerealiseerd kan worden. In verband met diverse voorzieningen, welke op de daken van de bebouwing gesitueerd zijn, is aangenomen dat 60% van het dakoppervlak wat (nagenoeg) vlak uitgevoerd wordt gebruikt kan worden als groendak. Aan de hand van het te gebruiken dakoppervlak en de berging per vierkante meter is de beschikbare berging berekend, welke **65 m<sup>3</sup>** bedraagt.

Indien er dakgroen op een hellend dak toegepast wordt verandert de bergingsbalans. Er is vanuit gegaan dat bij een hellend dak net als bij een vlak dak 60% van het oppervlak gebruikt kan worden als dakgroen. Aan de hand van het te gebruiken dakoppervlak en de berging per vierkante meter is de beschikbare berging berekend, welke **104 m<sup>3</sup>** bedraagt.

Conform het stedenbouwkundig plan worden er ca. 93 grondgebonden woningen gerealiseerd, indien elke woning een schuur/berging heeft met een dakoppervlak van ca. 5 m<sup>2</sup> kan er voor **12 m<sup>3</sup>** aan berging gerealiseerd worden. Daarnaast is het de wens om de optionele uitbouwen van de woningen uit te voeren met sedumdaken. De uitbouwen zijn niet opgenomen in de bergingsbalans.

### Waterberging in funderingslagen onder verharding

Door een te realiseren wegfundering te vervangen door een waterbergende wegfundering is het mogelijk om waterberging onder de wegverharding te creëren. Binnen het plan worden er diverse delen verhard en ontstaat de mogelijkheid tot het benutten van de wegfundering voor waterbergende doeleinden. Volledige infiltratie is niet mogelijk, in verband met de grondslag in het plangebied. Hierdoor dient er voor het hemelwaterstelsel een uitstroomvoorziening op het oppervlaktewater gerealiseerd te worden, door de aansluiting op het oppervlaktewater zal het stelsel niet verder ledigen dan het peil van het oppervlaktewater waarop aangesloten wordt. Waardoor de grondwaterstand gelijk wordt aan het waterpeil.

Om versnippering van het hemelwaterstelsel te voorkomen behoort het tot de mogelijkheden om de twee peilgebieden qua waterbergende fundering aan elkaar te koppelen. Normaliter is het niet mogelijk om op een dergelijke manier twee peilgebieden aan elkaar te koppelen, echter heeft het Hoogheemraadschap toestemming gegeven om de twee peilgebieden qua waterberging en hemelwaterafvoer aan elkaar te koppelen. Indien de waterbergende fundering gekoppeld wordt is het van belang dat de onderkant en de dikte van het pakket over het gehele oppervlak gelijk is. In totaal wordt er onder een ca. 8.771 m<sup>2</sup> wegverharding en parkeervakken een waterbergende fundering aangebracht. Met een porositeit 40% en een dikte van 0,30 m bedraagt de beschikbare berging **1.052 m<sup>3</sup>** berging.

De porositeit is afhankelijk van het materiaal wat gekozen wordt om de waterbergende funderingen. Veelgebruikte waterbergende funderingen zijn Aquaflow en Porodur. Bij Aquaflow bedraagt de porositeit 40% en bij Porodur 48%. In onderhavige beschouwing is uitgegaan van een porositeit van 40%, in dit geval kan er een keuze gemaakt worden tussen funderingen die dezelfde of een hogere porositeit hebben.

### Waterberging in daktuin van appartementengebouw aan Dronensingel

Qua principe werkt een daktuin exact hetzelfde als een groendak, wat eerder beschreven is. Als uitgangspunt wordt aangenomen dat het 'verblijfsdak' toegepast wordt. Op dit dak kan in het groen



een berging van 110-160 l/m<sup>2</sup> gerealiseerd worden. Een belangrijke voorwaarde voor de vulling van de daktuin, is dat de tuin enkel gevuld wordt met water wat op de daktuin en/of de omliggende bebouwing valt. Het uitgangspunt is dat enkel de omliggende bebouwing af kan wateren op de daktuin. Op de omliggende daken is het mogelijk om sedumdaken te realiseren waardoor hier berging op gerealiseerd wordt. Hiermee dient rekening gehouden te worden, omdat niet al het hemelwater afstroomt op de daktuin.

De daktuin overspant (naar verwachting) niet de gehele buitenruimte. Aangenomen is dat op 1/3 van het beschikbare oppervlak de daktuin wordt aangebracht, waarin ook waterberging gerealiseerd wordt. Met een beschikbare berging van 110 l per vierkante meter bedraagt de totale berging **61 m<sup>3</sup>**.

#### Het benutten van de sloot en blusvijver ten behoeve van het creëren van extra berging

In de bestaande situatie bevindt zich in de afstroomrichting van het plangebied een overige watergang en een blusvijver (niet nader in de legger genoemd). Het bestaande water wordt verbreedt en/of gebruikt om berging te realiseren en de afvoer te garanderen.

Het oppervlaktewater wat gebruikt dient te worden als waterberging is gesitueerd aan de noordwestkant van het plangebied. Hier is een (droge) watergang en een blusvijver gesitueerd, welke betrokken gaan worden in het totale watersysteem. Uiteindelijk, wanneer de eerdergenoemde bergingsvoorzieningen gevuld zijn, zal het water overstorten op het oppervlaktewater. Door middel van een overstortvoorziening dient er berging op het oppervlaktewater gerealiseerd te worden. Indien de maximale berging bereikt is dient het water over te storten op de bestaande watergang ten noord westen van het plangebied. Met een dergelijk oppervlak en een bergingshoogte wordt er **861 m<sup>3</sup>** aan berging gerealiseerd.

#### Conclusie watercompensatie

In bovenstaande zijn de verschillende water compenserende maatregelen weergegeven. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er genoeg berging wordt gecreëerd: **2.699 m<sup>3</sup>**. Hieruit volgt dat er voldoende compenserende maatregelen worden gerealiseerd en dat er een overschot van ca. **319 m<sup>3</sup>** aan berging is.

Uit bovenstaande volgt dat er ruim voldoende compenserende maatregelen worden gerealiseerd. Het overschot aan compenserende maatregelen wordt gebruikt bij (eventuele) keuzes van de nadere uitwerking van het plan. Hieruit kan volgen dat bepaalde bergingen om technische redenen niet realiseerbaar en/of haalbaar zijn.

#### **Waterkwaliteit en grondwater**

Ten behoeve van de waterkwaliteit en ecologie worden geen nadelige gevolgen verwacht. Dit komt doordat de verspreiding van stoffen die nadelig zijn voor de waterkwaliteit worden tegengegaan, het afstromende hemelwater niet direct op het oppervlaktewater geloosd wordt en er veel ruimte voor groen aanwezig is.

Ten opzichte van de bestaande situatie blijft de toekomstige maaiveldhoogte nagenoeg gelijk. Zoals eerder beschreven zal de grondwaterstand afhangen van het oppervlaktewaterpeil en het materiaalgebruik (infiltratie riool). In de ontwikkeling zijn (zoals op moment van schrijven bekend is) geen grote kelders of andere ondergrondse constructies gepland. Enkel worden er ten behoeve van de vuilinzameling ondergrondse containers geplaatst. De verwachting is dat deze constructies geen significante nadelige invloeden oplevert voor de grondwaterstand.

#### **Toekomstig HWA systeem**

Conform het beleid van het waterschap streeft de gemeente Bodegraven – Reeuwijk naar een volledig gescheiden inzameling en verwerking van afval- en hemelwater. Aangezien het in dit geval niet doeltreffend is om op de percelen voorzieningen te treffen met betrekking tot het afvoeren van hemelwater is de aanleg van een gescheiden stelsel in combinatie met retentie een doelmatige oplossing

Zoals eerder beschreven dient het project Hofjes van Dronen zo veel mogelijk klimaatadaptief ingericht te worden. Voor het ontwerp van het watersysteem geldt dat het watersysteem een bui van



70mm binnen het plangebied geborgen kan worden. Doordat het onbekend is welke bui er exact toegepast dient te worden is er gebruik gemaakt van onderstaande buien:

#### *Stresstestbui*

Een stresstestbui is een blokbui (een vaste neerslagintensiteit gedurende de gehele bui), waarmee stress (wateroverlast) gemeten kan worden in een korte of lange periode. Hierbij is het de eis dat er geen wateroverlast optreedt tijdens en net na de bui.

De specifieke stresstestbui die voor het project gekozen is, is een stresstestbui met een neerslagintensiteit van 70mm (T=200 in het huidige klimaat) (Stresstestbui 01, totaalvolume 70mm, conform Kennisbank Stedelijke Water).

#### *Composietbui*

Een composietbui is een kunstmatige bui, gebaseerd op neerslagstatistieken over een lange periode. Het voordeel van een composietbui ten opzichte van een standaardbui uit de leidraad riolering is dat de composietbui met de gekozen herhalingsperiode voor zowel korte als lange buiduren een representatieve neerslaghoeveelheid bevat. De composietbui wordt toegepast om de hydraulische afvoer van rioelstelsels bij extreme neerslagintensiteiten te toetsen en om de beschikbare berging van infiltratievoorzieningen te toetsen bij een lagere bui duur en een groter totaalvolume.

De specifieke composietbui die voor het project gekozen is, is een composietbui met een herhalingsperiode van vijftig jaar (T=50) (C\_50\_2014, totaal volume 77,7mm, conform Kennisbank Stedelijke Water).

#### Ontwerp HWA systeem

Het HWA systeem zal afwijken van een traditioneel HWA systeem in de zin dat de wijk zo ingericht wordt dat een deel van het regenwater oppervlakkig afgevoerd wordt. Bij een traditioneel gescheiden stelsel wordt zowel vuilwater als hemelwater gescheiden, ondergronds ingezameld en afgevoerd. In verband met toe te passen watercompensatie worden er door de nieuw te realiseren wijk heen, verschillende bergingsvoorzieningen gerealiseerd. Nadat er neerslag is gevallen dienen de voorzieningen vertraagd te lozen.

De vertraagde afvoer op de watergang (welke het water uiteindelijk uit het plangebied transporteert) mag maximaal de landelijke afvoer van 1,5 l/s/ha bedragen. Doordat er ca. 3,3 hectare verhard oppervlak wordt afgekoppeld dient de vertraagde afvoer gedimensioneerd te worden op ca. 18 m<sup>3</sup>/uur, dit staat gelijk aan de 1,5 l/s/ha. In overleg met de gemeente en het waterschap dient dit nader vormgegeven te worden.

Aan de westzijde van het plangebied is de autoweg N11 gesitueerd. Onder deze weg is een onderdoorgang gesitueerd ten behoeve van de verbinding van het bestaande bedrijventerrein en het buitengebied van Bodegraven. In de huidige situatie zijn er kolken nabij de onderdoorgang gesitueerd. Geadviseerd wordt om de kolken te handhaven en ze aan te sluiten op het toekomstige DWA stelsel om de afvoer van het hemelwater onder de ondergang te garanderen.

Met bovenstaande gegevens is voor het HWA systeem een ontwerp opgesteld, om vervolgens het ontworpen systeem te toetsen. In het ontwerp is te zien dat in nagenoeg elke straat er een HWA riool aangelegd wordt. Dit riool wordt aangelegd om het afstromende hemelwater richting de wadi's, greppels en waterbergende fundering te transporteren. Om de uitwisseling van hemelwater over de verschillende bergingen te bevorderen en om geen versnipperd systeem te creëren is alles aan elkaar gekoppeld.

Doordat de maaiveldhoogte vrij uniform is en maximaal 0,25 m in hoogte verschilt tussen het hoogste en het laagste punt, is het mogelijk om al de wadi's, greppels en de waterbergende fundering met elkaar te koppelen. Middels een overstort stort het water over op de blusvijver en/of loost het vertraagd af op de blusvijver. Deze vertraagde afvoer is ingesteld op 100 m<sup>3</sup>/uur, deze vertraagde afvoer dient niet ingesteld te zijn op de landelijke afvoer, omdat het water afgevoerd wordt naar de blusvijver welke als retentie fungeert. De overstort op het oppervlaktewater dient op een hoogte van 1,53 m – NAP gesitueerd te worden. Indien de blusvijver en de sloot de maximale berging bereikt heeft stroomt deze uit op de bestaande watergang en loost deze tevens vertraagd op de watergang.

De vertraagde afvoer van de blusvijver en sloot staat ingesteld op de landelijke afvoer, met een capaciteit van ca. 18 m<sup>3</sup>/uur.

Het ontwerpen stelsel is getoetst aan de hand van ontwerpbus L08 (T=2) en L10 (T=10), stresstestbus 01 en composietbus C50 (T=50). Uit de toetsing volgt dat tijdens ontwerpbus L09 er in het gehele stelsel een minimale waakhogte aanwezig is van 0,20 m en er in deze situatie geen water op straat wordt verwacht. Tijdens ontwerpbus L10 is er in nagenoeg het gehele rioolsysteem een minimale waakhogte van 0,20 m, enkel in de greppels en wadi's bedraagt is de waakhogte 0,10 m of minder. In deze situatie wordt er geen water op straat verwacht. Tijdens stresstestbus 01 wordt er op de Oud Bodegraafseweg water op straat verwacht, de laag water op straat bedraagt maximaal 0,05 m. Tijdens composietbus C50 wordt er aan de noord oost kant van het plangebied een minimale laag water van 0,05 m water op straat verwacht. Hiermee wordt het functioneren van het stelsel gewaarborgd tijdens een dergelijke composietbus.

### **Toekomstig DWA systeem**

De DWA productie voor het plangebied is bepaald aan de hand van het aantal woningen dat gebouwd gaat worden vermenigvuldigd met 2,5 personen per woning. Het verwachte aantal woningen bedraagt 274 en met een DWA productie van 120 liter per etmaal per inwoner is de DWA productie bepaald op 82,2 m<sup>3</sup>/dag of een piekproductie van 8,22 m<sup>3</sup>/uur.

Binnen het plangebied wordt naast de woningen geen andere bebouwing gerealiseerd. Echter blijven er twee gebouwen gehandhaafd, waarmee de DWA productie voor het plangebied bepaald wordt op eerder genoemde DWA productie plus de DWA productie van de bestaande bebouwing. De DWA productie van de bestaande bebouwing is niet bekend, echter is de verwachting dat de DWA productie van de bestaande bebouwing niet dermate groot is dat dit veel invloed heeft op de totale DWA productie binnen het bemalingsgebied.

Middels een vrij-vervalsysteem zal het afvalwater verzameld worden en richting het bestaande gemengde stelsel afgewaterd worden. Vervolgens zal het water middels het bestaande stelsel naar een ledigingsgemaal worden getransporteerd, welke buiten het plangebied gesitueerd is. Het te realiseren DWA stelsel dient ingepast te worden binnen het bestaande stelsel aan de Dronensingel, Lindehof en Dronenweg.

Er is reeds beschreven dat de onderdoorgang onder de N11 aangesloten dient te worden op het toekomstige DWA stelsel, in verband met de hoogteligging en het garanderen van de (hemel)waterafvoer. Van belang hierbij is dat het bestaande stelsel waarop aangesloten wordt naar behoren functioneert. Door de gemeente dient aangegeven te worden dat de kolken op het DWA stelsel aangesloten kunnen worden zonder dat hier wateroverlast optreedt.

-----

## Bijlagen

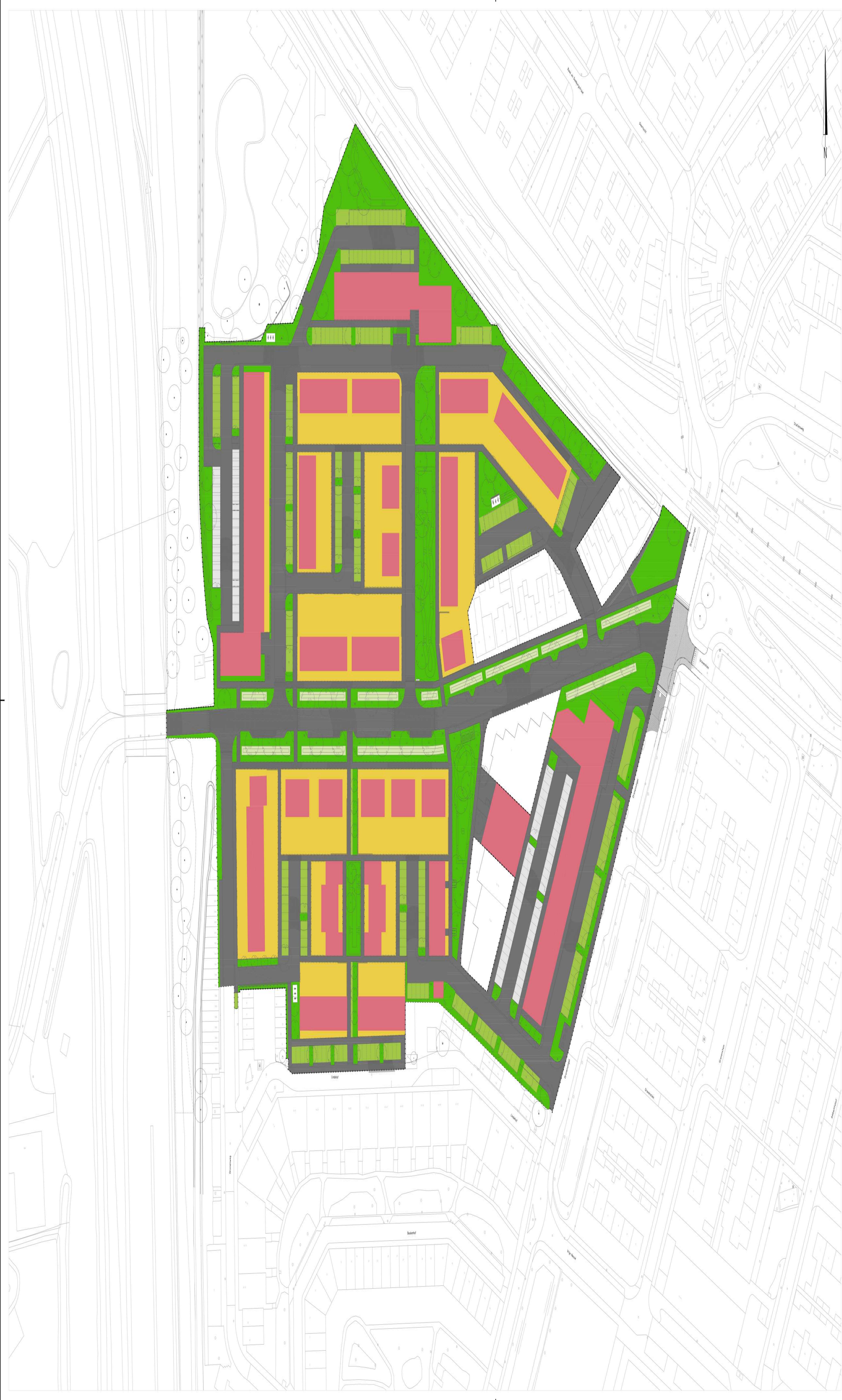


## **Bijlage 1: Oppervlakkenbalans**

Tekening(en)

- 20210107-C100: Oppervlakkenbalans toekomstige situatie

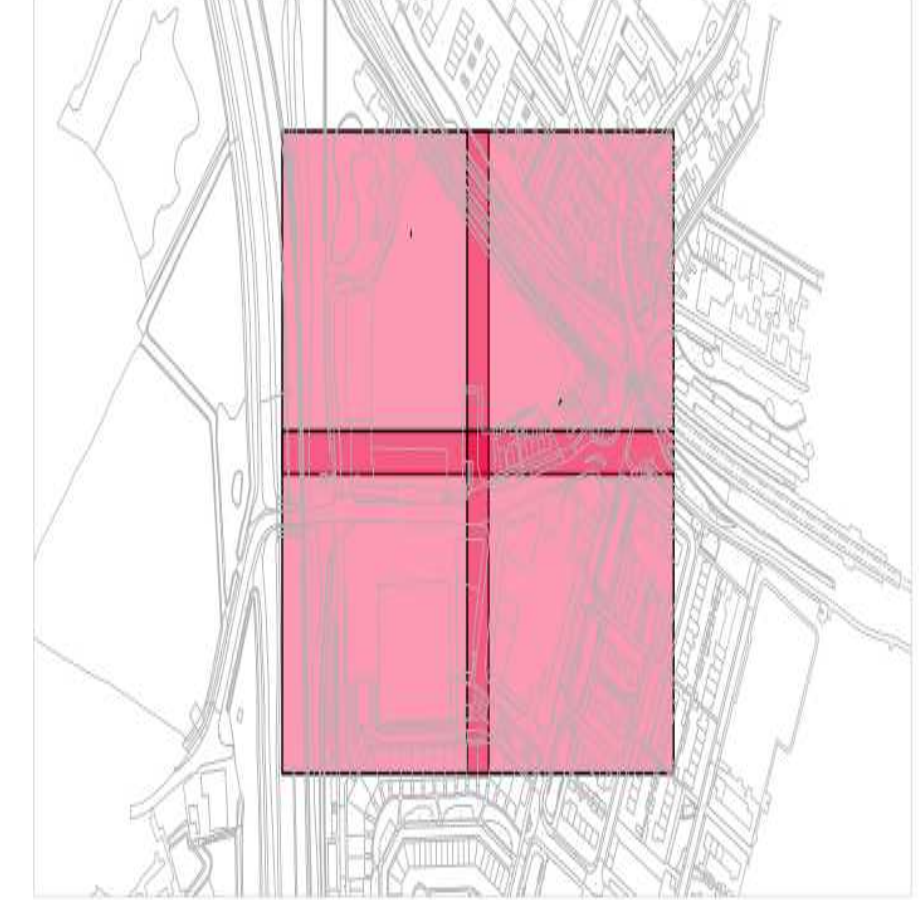




**Legenda**

- Dak (13.681 m<sup>2</sup>)
- Tuin (8.032 m<sup>2</sup>)
- Verharding (18.112 m<sup>2</sup>)
- Half verharding (3.639 m<sup>2</sup>)
- Groen (19.823 m<sup>2</sup>)
- Totaal: 48.795 m<sup>2</sup>**
- Wild's oppervlak opgenomen in groen
- vergrens/scheiding gebieden

**Situatie**



Gedetailleerde en afmetingen ter indicatie, na het komen al'kijken  
 Paden in rood, tracé anders vermeld  
 Pleinen in rood, tracé anders vermeld  
 Materialen in zw, tracé anders vermeld  
 Doelwijken in zw, tracé anders vermeld

**ADCM** Adviesbureau voor Civiele techniek, Infrastructuur en Milieu

Project: **Herontwikkeling Dronenhoek te Bodegraven**

Opdrachtgever: **Janssen de Jong Projectontwikkeling B.V.**

Interactie: **Oppervlakenbalans Toekomstige situatie**

Betroefde loc: 1001 04 Bodegraven  
 Telefoon: +31 94 47338  
 Email: algemeen@adcm.nl

**Concept**

Rev.	Wijziging	Dat.	Get.	Acc.	Projectleider	Telefoonnummer	Formaat
1					20201017	010	A3
2					Berekenaar	010	Schik
3					100	010	0100
4					Get.	Acc.	Datum
5					17	04	04
6					2021-05-21	010	010



## **Bijlage 2: Gegevens groene daken**

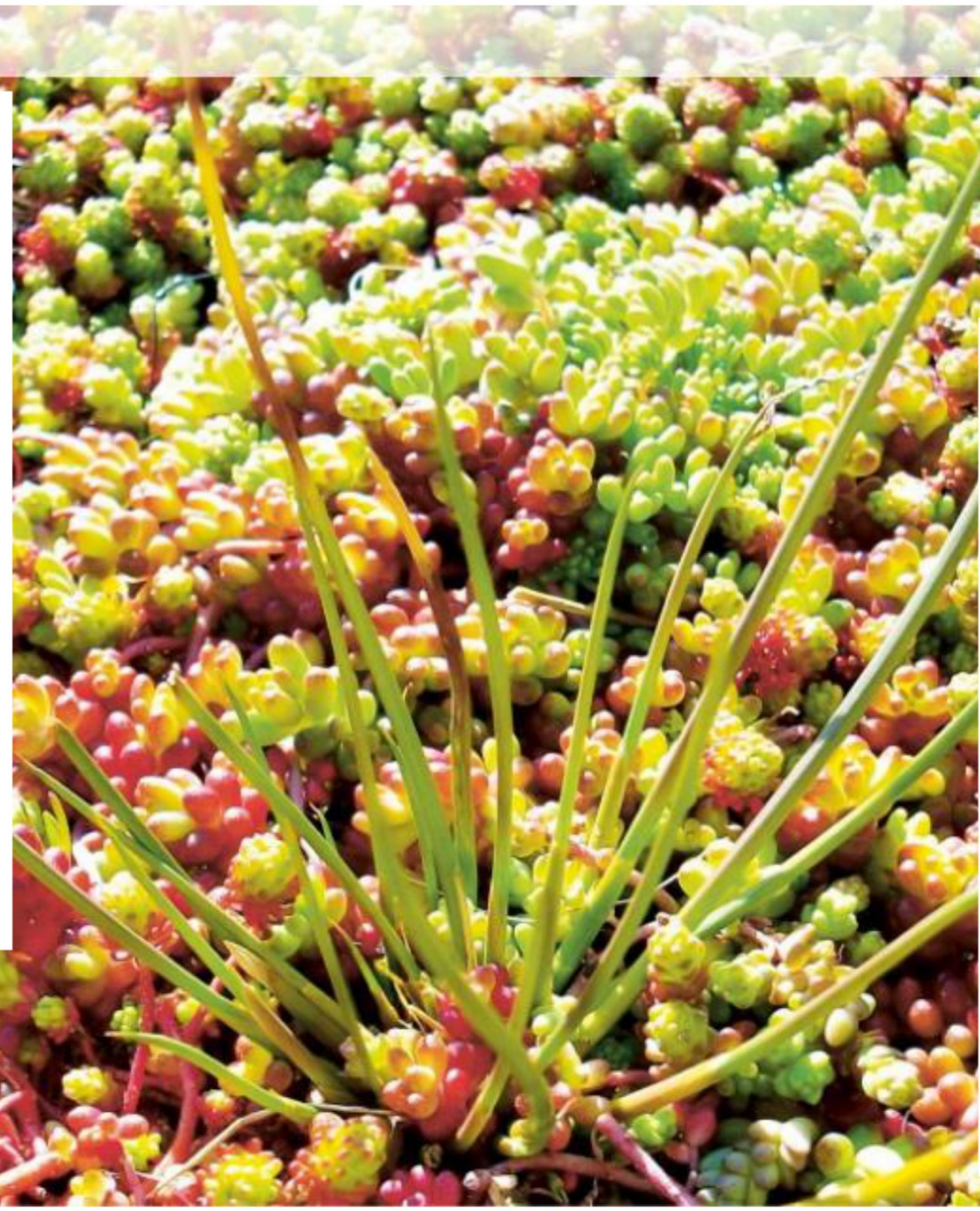


# Basis groendak

## DATA

- Gewicht:** 80-130 kg/m<sup>2</sup>
- Diepte:** 7 cm
- Dakhelling:** 0-5° (0-9%)
- Begroeiing:** Sedum/kruiden/grassen
- Waterretentie:** 50-60%
- Afvoercoëfficiënt:** 0.5-0.4
- Wateropslag:** ca. 25 l/m<sup>2</sup>

Water	■
Hitte	■ ■ ■
Biodiversiteit	■ ■ ■
Stadslandbouw	■
Luchtkwaliteit	■
Energie	■
Sociaal-maatschappelijke en economische waarde	■
Multifunctioneel ruimtegebruik	■ ■
Constructiekosten	■ ■





# Natuurdak

## DATA

**Gewicht:** 100-300 kg/m<sup>2</sup>

**Diepte:** 10-25 cm

**Dakhelling:** 0-5° (0-9%)

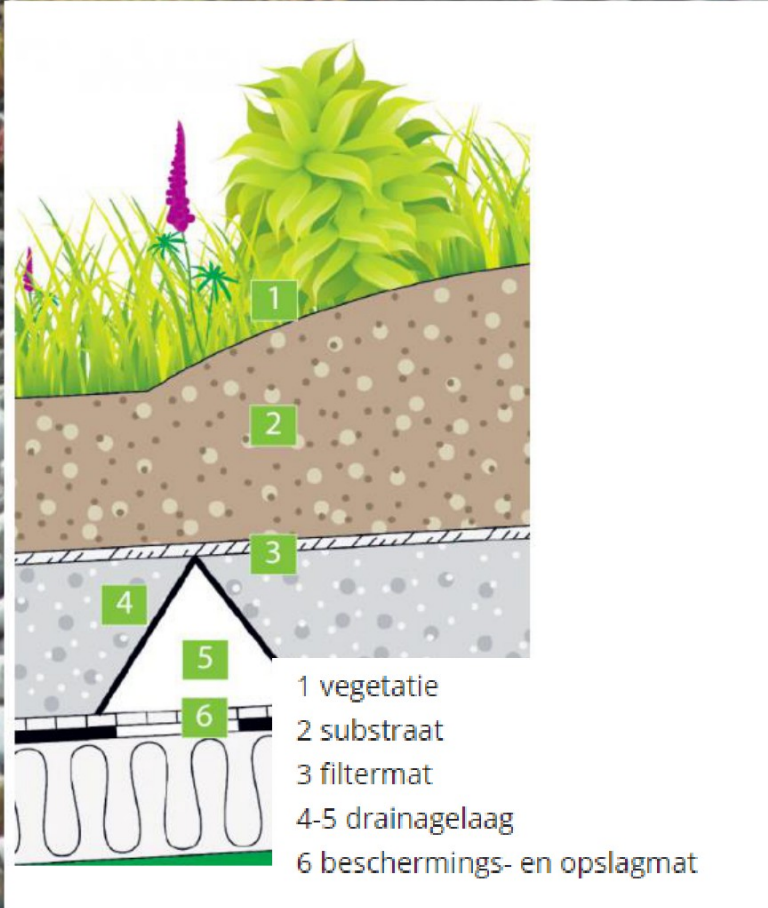
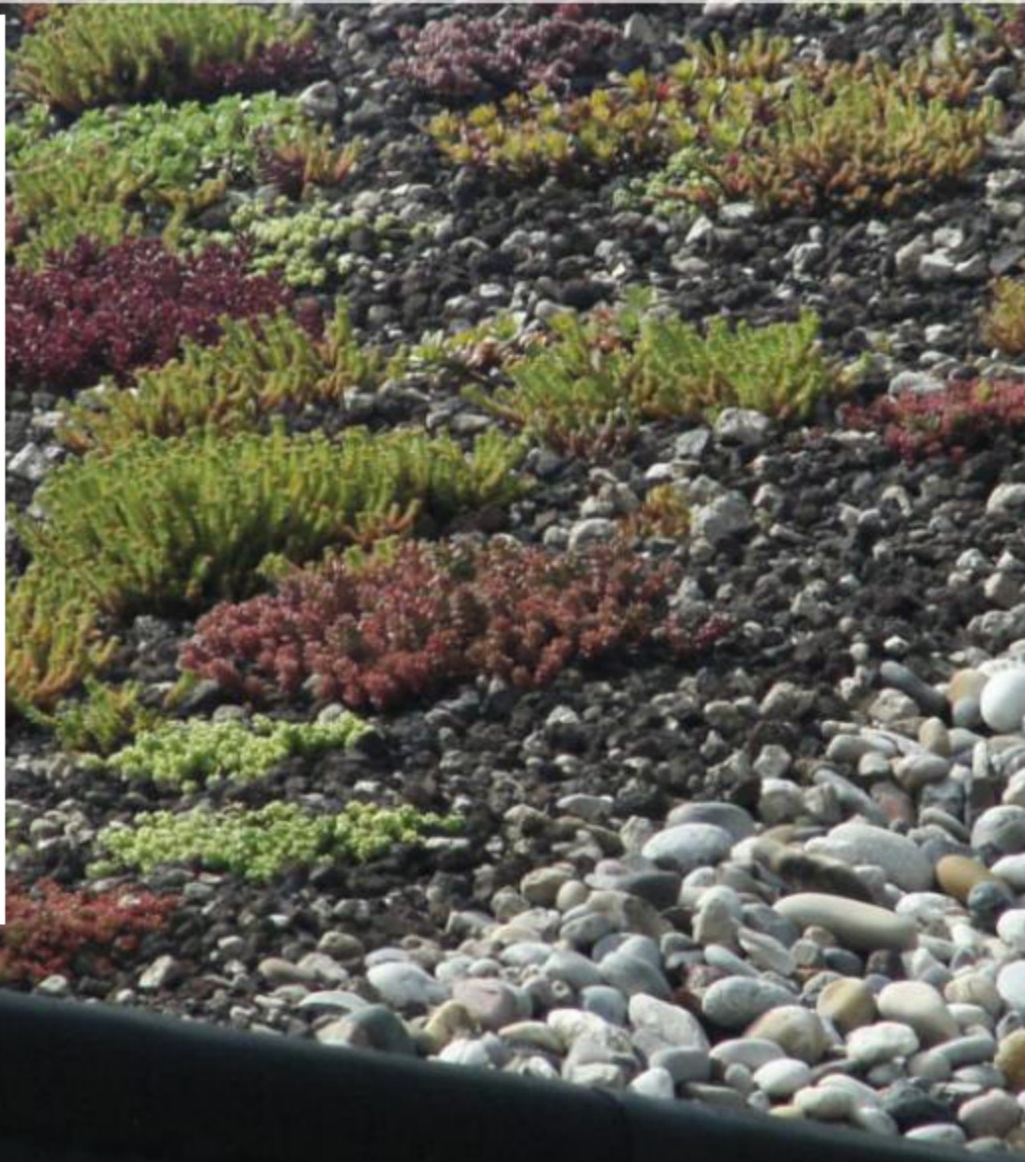
**Voordeel:** Kruiden / grassen / sedum, mogelijk houtige planten

**Waterretentie:** 60-90%

**Afvoercoëfficiënt:** 0,4-0,1

**Wateropslag:** ca. 30-80 l/m<sup>2</sup>

Water	■ ■
Hitte	■ ■ ■
Biodiversiteit	■ ■ ■
Luchtkwaliteit	■
Energie	■ ■ ■
Sociaal-maatschappelijke en economische waarde	■ ■
Multifunctioneel ruimtegebruik	■ ■
Kosten	■ ■



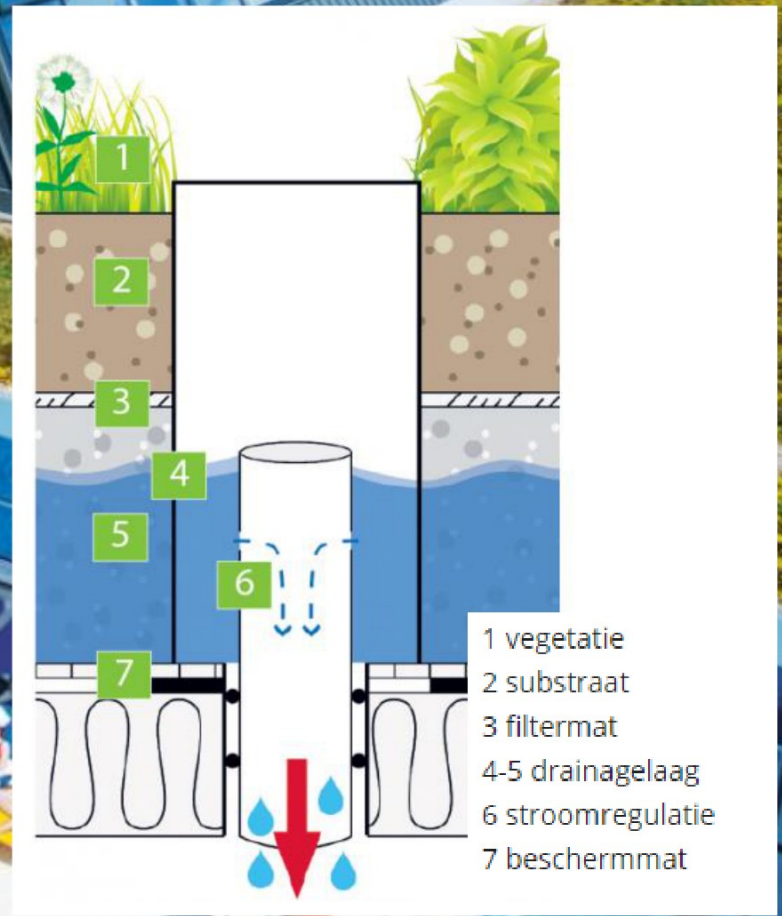
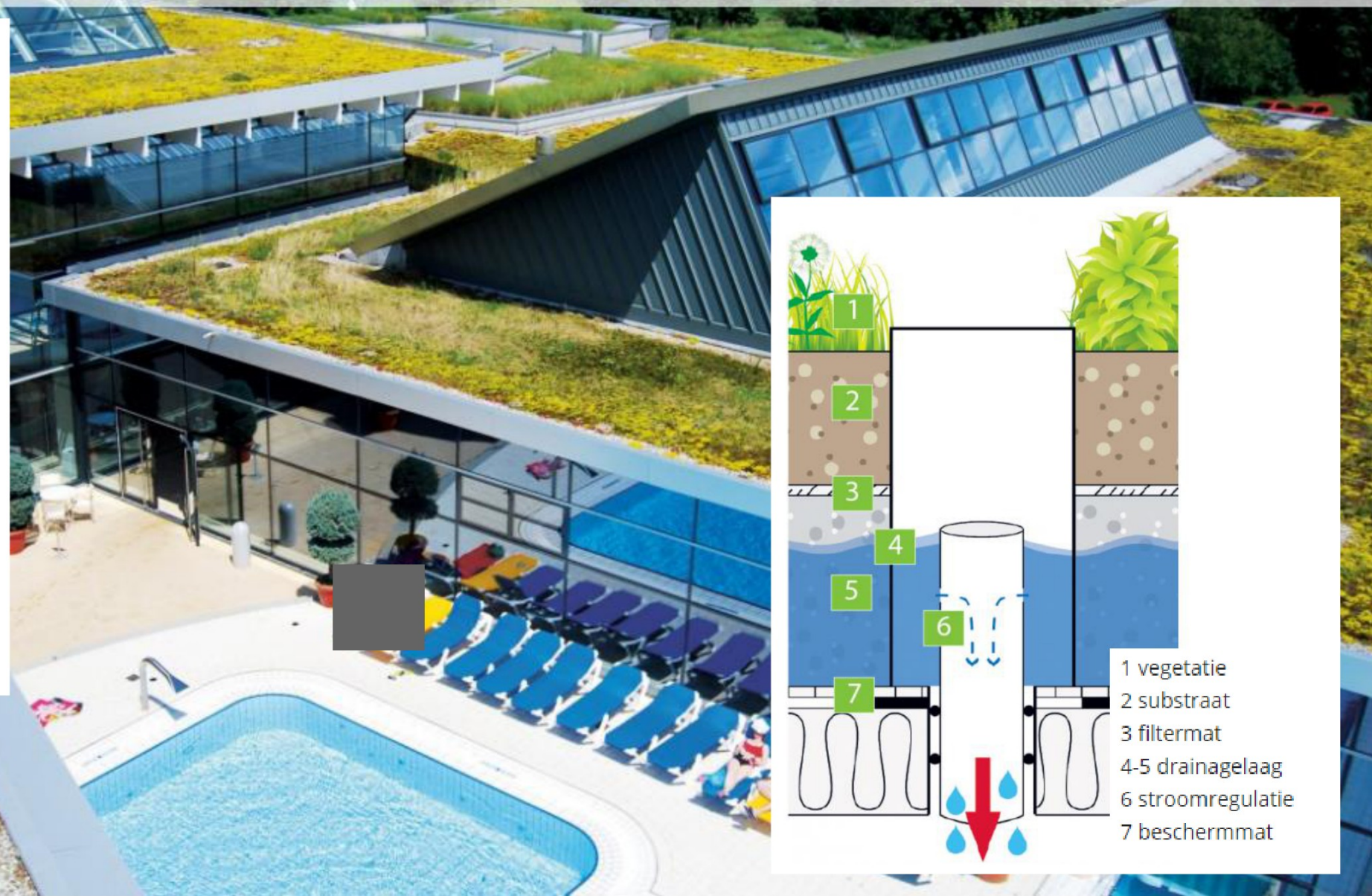


# Retentiedak

## DATA

- Gewicht:** vanaf 120-180 kg/m<sup>2</sup>
- Diepte:** 12 cm
- Dakhelling:** 0-5° (0-9%)
- Begroeiing:** kruiden / grassen / sedum
- Waterretentie:** ≥ 80%
- Afvoercoëfficiënt:** ≤ 0,2
- Wateropslag:** ca. 25 l/m<sup>2</sup>

Water	
Hitte	
Biodiversiteit	
Luchtkwaliteit	
Energie	
Sociaal-maatschappelijke en economische waarde	
Multifunctioneel ruimtegebruik	
Kosten	





# Verblijfsdak

## DATA

**Gewicht:** 320-570 kg/m<sup>2</sup>

**Diepte:** 126-45 cm

**Dakhelling:** 0-5° (0-9%)

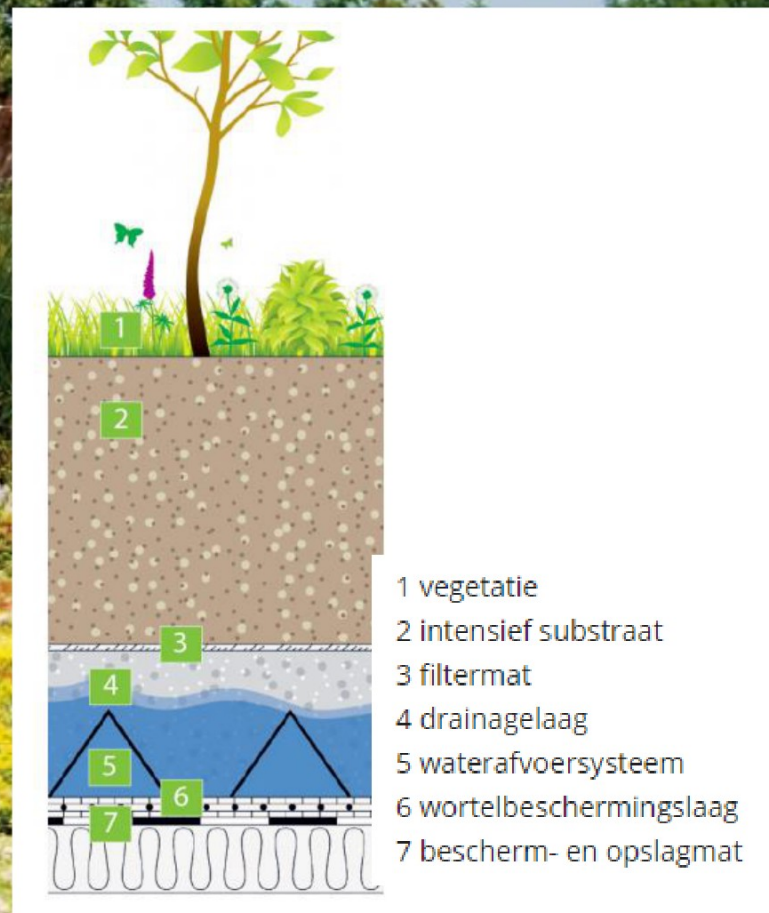
**Begroeiing:** Struiken / houtige planten /  
grasveld

**Waterretentie:** 70-95%

**Afvoercoëfficiënt:** 0.3-0.05

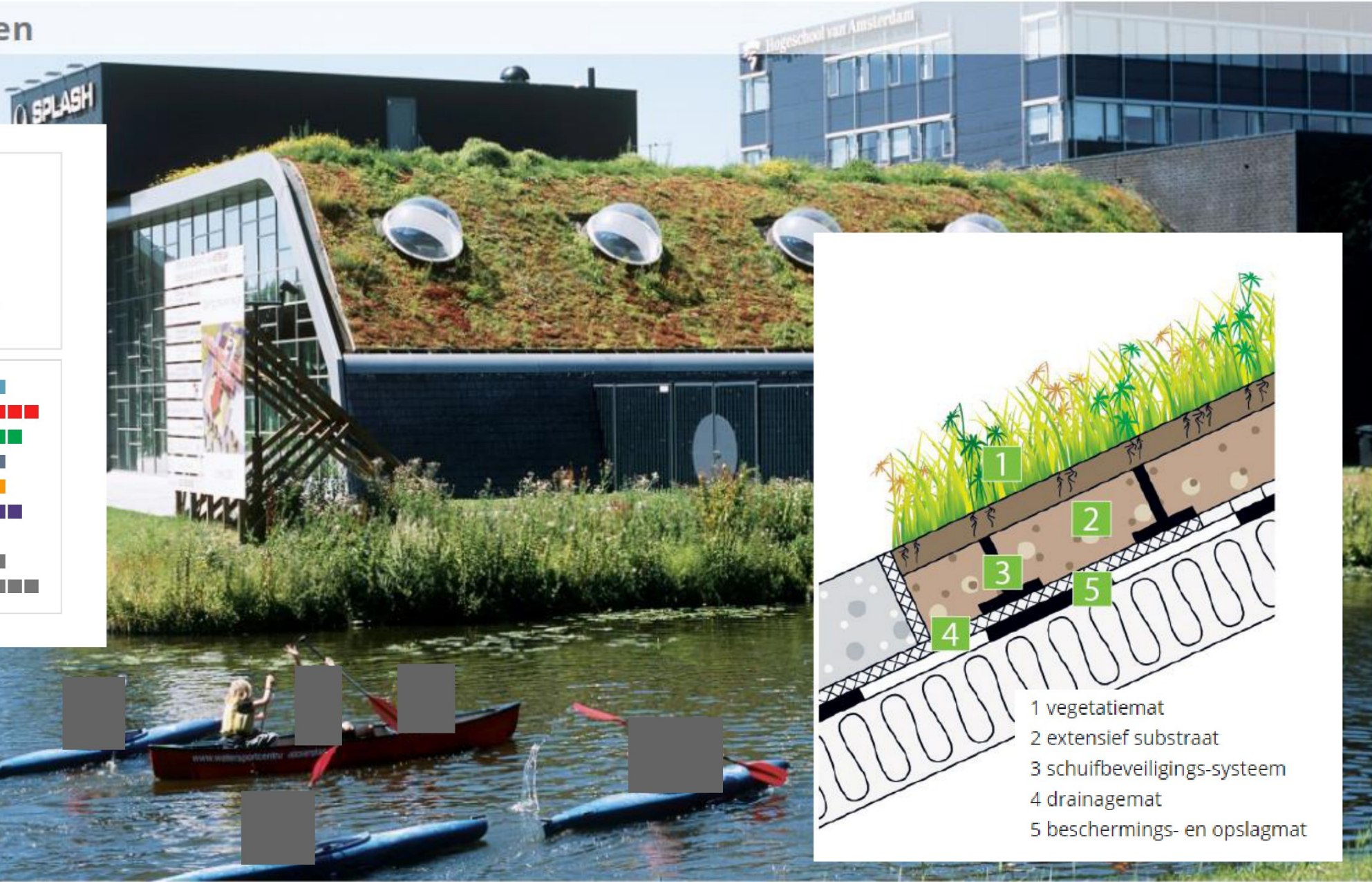
**Wateropslag:** ca. 110-160 l/m<sup>2</sup>

Water	■ ■
Hitte	■ ■ ■
Biodiversiteit	■ ■ ■
Stadslandbouw	■ ■ ■
Luchtkwaliteit	■
Energie	■ ■
Sociaal-maatschappelijke en economische waarde	■ ■ ■
Multifunctioneel ruimtegebruik	■ ■ ■
Kosten	■ ■ ■





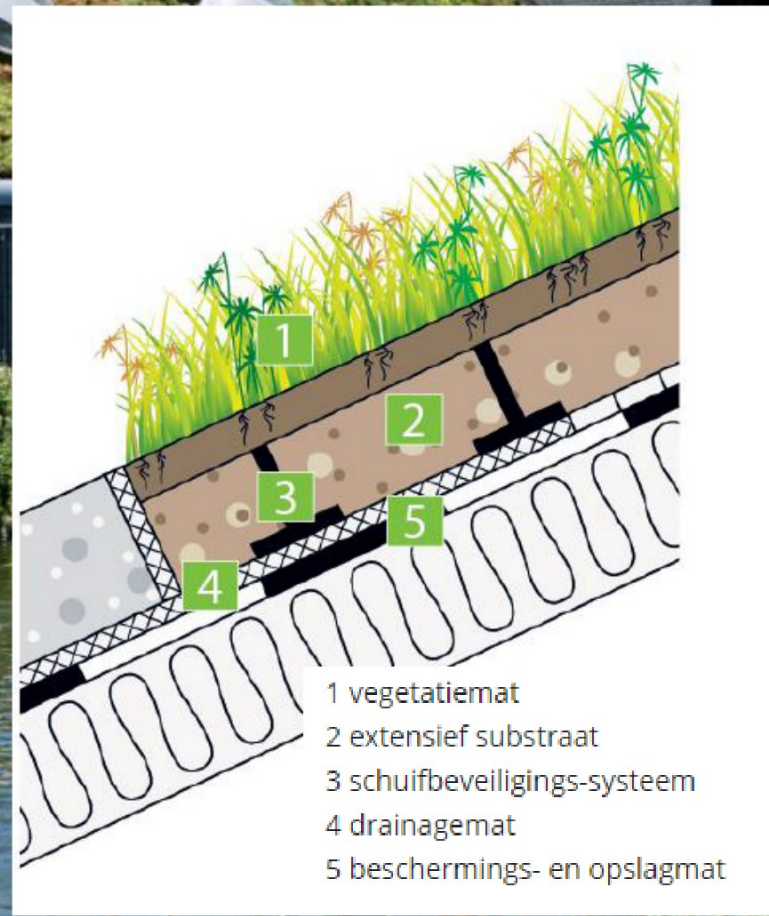
# Hellende groene daken



## DATA

- Gewicht:** 160-190 kg/m<sup>2</sup>
- Diepte:** 13 cm
- Dakhelling:** 5-35° (9-70%)
- Begroeiing:** Sedum / grassen / kruiden
- Wateropslag:** ca. 40-50 l/m<sup>2</sup>

Water	■
Hitte	■ ■ ■
Biodiversiteit	■ ■
Luchtkwaliteit	■
Energie	■
Sociaal-maatschappelijke en economische waarde	■ ■
Multifunctioneel ruimtegebruik	■
Kosten	■ ■ ■



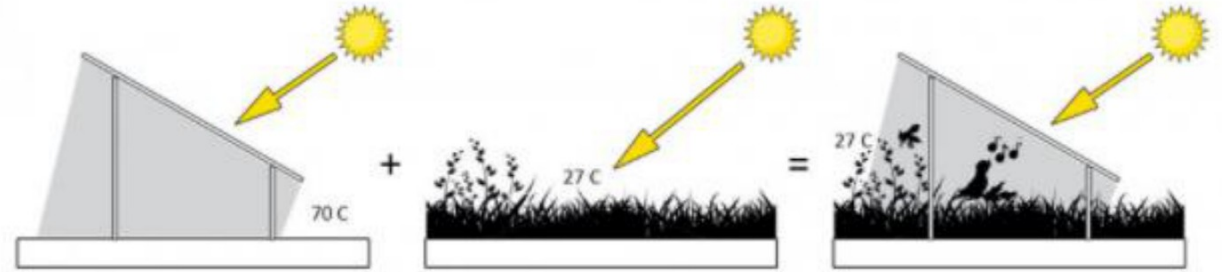


## Mitigatie

Door de geringere opwarming van het dakpakket dankzij het groene dak warmen ook de ruimtes onder het dak minder op en blijft de temperatuur in de ruimten onder het groendak aangenaamer en is er minder koeling nodig. (Zie tabel 'Roof temperature'.)

Op zomerse dagen kan de temperatuur in een ruimte onder een groendak 3°C tot 5°C lager uitvallen vergeleken met dezelfde ruimte onder een conventioneel dak.

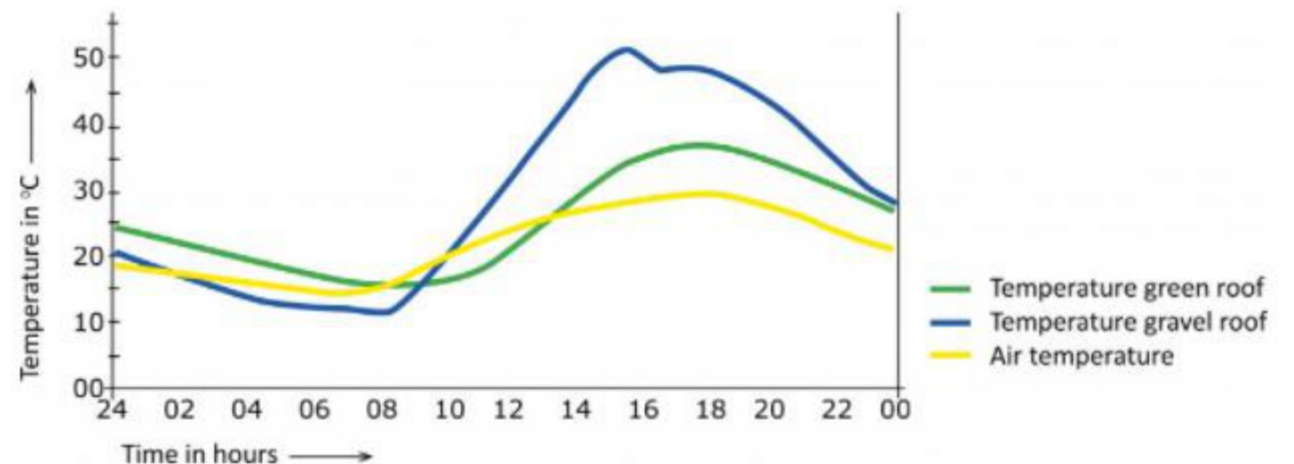
Door de lagere luchttemperatuur op groene daken blijft de werking van zonnecollectoren op zomerse dagen beter. De geleiding van materialen voor elektriciteit is beter bij lagere temperaturen. De combinatie van zonnecollectoren en een groendak heeft een gunstig effect op de biodiversiteit op het dak door de afwisseling van zon en schaduw ontstaan verschillende microklimaten.



Roof temperature

Temperature greater than:	Reference Roof		Green Roof		Ambient	
	No. of days	% of days	No. of days	% of days	No. of days	% of days
30 °C	342	52	18	3	63	10
40 °C	291	44	0	0	0	0
50 °C	219	33	0	0	0	0
60 °C	89	13	0	0	0	0

Temperature curve based on the material surface





Praktijkvoorbeelden zonnepanelen op sedumdaken



## **Bijlage 3: Situering waterberging**

Tekening(en)

- 20210107-C79: Situering waterberging





**Legenda**

- Waterbergende fundering  
 uitgangspunten  
 - Diepte 200cm  
 - porositet 40%  
 - parketvloers  
 berging noord 116 m<sup>2</sup> berging zuid 116 m<sup>2</sup>
  - Waterbergende fundering  
 uitgangspunten  
 - Diepte 200cm  
 - porositet 40%  
 - Oud Bodegravenweg  
 berging 154 m<sup>2</sup>
  - Waterbergende fundering  
 uitgangspunten  
 - Diepte 200cm  
 - porositet 40%  
 - overige wegvlakken  
 berging noord 298 m<sup>2</sup> berging zuid 256 m<sup>2</sup>
  - Groen  
 berging 281 m<sup>2</sup>  
 Waal 1  
 berging 117 m<sup>2</sup>  
 Waal 2  
 berging 117 m<sup>2</sup>  
 Waal 3  
 berging 36 m<sup>2</sup>  
 Waal 4  
 berging 97 m<sup>2</sup>  
 Blunijver  
 berging 643 m<sup>2</sup>  
 Sloot  
 berging 218 m<sup>2</sup>  
 Selmakken  
 berging 77 m<sup>2</sup>
  - Berging op dakvlak Dronensteig  
 berging 61 m<sup>2</sup>
- Totaal  
 berging 2.699 m<sup>2</sup> (beoogd) 2.388 m<sup>2</sup>, dus overschot van ca. 311 m<sup>2</sup>)

**Situatie**



Gedetailleerde en afmetingen ter indicatie, naar keuze afmeten  
 Tekst in rood: te wijzigen  
 Tekst in zwart: te wijzigen  
 Tekst in grijs: te wijzigen  
 Tekst in wit: te wijzigen

**ADCM** Adviesbureau voor Civiele techniek, Infrastructuur en Milieu

Project: **Herontwikkeling Dronenhoek te Bodegraven**

Opdrachtgever: **Janssen de Jong Projectontwikkeling B.V.**

Interactie: **Situatie te maken werk Waterberging**

Rev.	Wijziging	Dat.	Get.	Acc.	Projectleider	Tekeningnummer	Formaat
1					20210107	1/8	A3
2					Beschouwer	Stijgnummer	Schik
3					1/2		1/250
4					Get.	Acc.	Datum
5					1/8	1/8	2021-08-21

Betaalfase: 60%  
 100% bij oplevering  
 Telefoon: +31 94 47338  
 Email: algemeen@adcm.nl

**Concept**



## Bijlage 4: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens ontwerpbeurt L08 (T=2)

### Information about Simulation =====

SOBEKVersion : Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name : 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot

Simulation Mode : Run RR (Rainfall-Runoff), 1DFLOW (Rural) and 1DFLOW  
(Urban) module sequentially

Start : 21-september-2021 09:50:05  
End : 21-september-2021 09:50:14

Rainfall-Runoff Module used : Yes  
Channel Module used : Yes  
Sewer Module used : Yes  
River Module used : No  
1D Morphology Module used : No  
1D2D Module used : No  
Real Time Control Module used : No  
Water Quality Module used : No  
Emission Module used : No  
Ground Water Module used : No  
Simulation parallel : No  
Flow modules unsteady : Yes  
2D Water Quality Module used : No  
Delft3D Flow used : No  
Delft3D WAQ used : No

Network imported or started : FromScratch  
Network imported at : 30-7-2021 13:30:49

### Overview of Rainfall Runoff Module =====

#### Results 3B calculation

Rainfall file : \URB215\FIXED\STNBUI08.BUI  
Evaporation file : \URB215\FIXED\3B\EVAPOR.PLV  
Timestep size (s) : 60  
Simulated period (hours) : 2.00 for number of Events= 1

#### Summary results Sobek-RR Urban model

Total area (m2) : 33957.50  
Total rainfall (m3) : 672.36  
Total evaporation (m3) : 0.32  
Total infiltration depressions (m3) : 3.86  
Total infiltration from runoff (m3) : 0.00  
Total storage change (m3) : 13.14  
Total inflow sewer excl. DWD (m3) : 655.03  
Total DWA (m3) : 0.00  
Total inflow sewer (m3) : 655.03  
Balance error (m3) : 0.00 ( 0.0000%)  
Maximum balance error in simulation: 0.00

### Overview of Flow Module =====

Under License to : Salf

### Numerical Parameters Used =====

Accuracy Level : Low Speed/More Accurate  
Structure Stability Factor : 0  
Theta : 1.00  
Maximum Courant number : 1.00  
Epsilon value Volume (m3/s) : 0.00010000  
Epsilon value Level (m) : 0.00010000

Threshold Values ...





Flooding (m) : 0.01000  
Drying (m) : 0.00100  
  
Min. Length Reach Segment (m) : 1.00  
Relaxation Factor (0..1) : 1.00  
Structure Dynamics Factor : 1.00  
Maximum Iterations : 8  
Gravity g (m/s<sup>2</sup>) : 9.81  
Fluid Density (m<sup>3</sup>) : 1000.00  
upwindculvert (-) : 1  
Relaxation structures alfa (-) : 0.90  
Timestep size (s) : 60.0000  
Lowest Timestep (s) : 0.0001  
Largest Timestep (s) : 60.0000

External structure Spilled volume (m<sup>3</sup>)  
l\_129 35.5435

Boundaries in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Boundaries out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures out (m<sup>3</sup>) : 35.54  
Lateral disch. in (m<sup>3</sup>) : 655.03  
Lateral disch. out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Storage (m<sup>3</sup>) : 619.49  
Error (m<sup>3</sup>) : -0.00

Initial conditions  
=====

Rainfall Runoff Module : user defined  
Flow Module : user defined

Version Information of Modules  
=====

Vervang : 4-6-2020 18:49:26, Version: 4.05.012  
Caseman : 4-6-2020 18:51:00, Version: 4.07.03  
CmUtil : 4-6-2020 18:50:06, Version: 4.07.03  
CmUpdate : 4-6-2020 18:49:40, Version: 4.07.03  
Sobek\_3B (RR) : 4-6-2020 18:53:50, Version: 3.216.28.56981  
Parsen : 4-6-2020 18:53:58, Version: 2.08.002.54560  
Parsen2D : 4-6-2020 18:54:30, Version: 1.04.001.54559  
RTC : 4-6-2020 18:54:06, Version: 3.216.004.56039  
EM : 4-6-2020 18:51:04, Version: 1.00.0001  
WQInt : 4-6-2020 18:52:32, Version: 3.00.03.55966  
Delwaq1 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Delwaq2 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Waterbal : 4-6-2020 18:52:16, Version: 2.00.04  
Simulate : 4-6-2020 18:51:36, Version: 2.13.0024

SOBEKVersion = Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name = 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot





## Bijlage 5: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens ontwerp bui L10 (T=10)

### Information about Simulation =====

SOBEKVersion : Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name : 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot

Simulation Mode : Run RR (Rainfall-Runoff), 1DFLOW (Rural) and 1DFLOW  
(Urban) module sequentially

Start : 21-september-2021 09:39:28  
End : 21-september-2021 09:39:37

Rainfall-Runoff Module used : Yes  
Channel Module used : Yes  
Sewer Module used : Yes  
River Module used : No  
1D Morphology Module used : No  
1D2D Module used : No  
Real Time Control Module used : No  
Water Quality Module used : No  
Emission Module used : No  
Ground Water Module used : No  
Simulation parallel : No  
Flow modules unsteady : Yes  
2D Water Quality Module used : No  
Delft3D Flow used : No  
Delft3D WAQ used : No

Network imported or started : FromScratch  
Network imported at : 30-7-2021 13:30:49

### Overview of Rainfall Runoff Module =====

#### Results 3B calculation

Rainfall file : \URB215\FIXED\STNBUI10.BUI  
Evaporation file : \URB215\FIXED\3B\EVAPOR.PLV  
Timestep size (s) : 60  
Simulated period (hours) : 2.00 for number of Events= 1

#### Summary results Sobek-RR Urban model

Total area (m2) : 33957.50  
Total rainfall (m3) : 1212.28  
Total evaporation (m3) : 0.32  
Total infiltration depressions (m3): 3.60  
Total infiltration from runoff (m3): 0.00  
Total storage change (m3) : 12.96  
Total inflow sewer excl. DWD (m3) : 1195.41  
Total DWA (m3) : 0.00  
Total inflow sewer (m3) : 1195.41  
Balance error (m3) : -0.00 (-0.0000%)  
Maximum balance error in simulation: 0.00

### Overview of Flow Module =====

Under License to : Salf

### Numerical Parameters Used =====

Accuracy Level : Low Speed/More Accurate  
Structure Stability Factor : 0  
Theta : 1.00  
Maximum Courant number : 1.00  
Epsilon value Volume (m3/s) : 0.00010000  
Epsilon value Level (m) : 0.00010000





Threshold Values ...  
Flooding (m) : 0.01000  
Drying (m) : 0.00100  
  
Min. Length Reach Segment (m) : 1.00  
Relaxation Factor (0..1) : 1.00  
Structure Dynamics Factor : 1.00  
Maximum Iterations : 8  
Gravity g (m/s<sup>2</sup>) : 9.81  
Fluid Density (m<sup>3</sup>) : 1000.00  
upwindculvert (-) : 1  
Relaxation structures alfa (-) : 0.90  
Timestep size (s) : 60.0000  
Lowest Timestep (s) : 0.0164  
Largest Timestep (s) : 60.0000

External structure                      Spilled volume (m<sup>3</sup>)  
l\_129                                      36.0613

Boundaries in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Boundaries out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures out (m<sup>3</sup>) : 36.06  
Lateral disch. in (m<sup>3</sup>) : 1195.41  
Lateral disch. out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Storage (m<sup>3</sup>) : 1159.35  
Error (m<sup>3</sup>) : -0.00

Initial conditions  
=====

Rainfall Runoff Module : user defined  
Flow Module : user defined

Version Information of Modules  
=====

Vervang : 4-6-2020 18:49:26, Version: 4.05.012  
Caseman : 4-6-2020 18:51:00, Version: 4.07.03  
CmUtil : 4-6-2020 18:50:06, Version: 4.07.03  
CmUpdate : 4-6-2020 18:49:40, Version: 4.07.03  
Sobek\_3B (RR) : 4-6-2020 18:53:50, Version: 3.216.28.56981  
Parsen : 4-6-2020 18:53:58, Version: 2.08.002.54560  
Parsen2D : 4-6-2020 18:54:30, Version: 1.04.001.54559  
RTC : 4-6-2020 18:54:06, Version: 3.216.004.56039  
EM : 4-6-2020 18:51:04, Version: 1.00.0001  
WQInt : 4-6-2020 18:52:32, Version: 3.00.03.55966  
Delwaq1 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Delwaq2 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Waterbal : 4-6-2020 18:52:16, Version: 2.00.04  
Simulate : 4-6-2020 18:51:36, Version: 2.13.0024

SOBEKVersion = Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name = 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot



## Bijlage 6: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens Stresstestbui 01

### Information about Simulation =====

SOBEKVersion : Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name : 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot

Simulation Mode : Run RR (Rainfall-Runoff), 1DFLOW (Rural) and 1DFLOW  
(Urban) module sequentially

Start : 21-september-2021 09:55:08  
End : 21-september-2021 09:55:17

Rainfall-Runoff Module used : Yes  
Channel Module used : Yes  
Sewer Module used : Yes  
River Module used : No  
1D Morphology Module used : No  
1D2D Module used : No  
Real Time Control Module used : No  
Water Quality Module used : No  
Emission Module used : No  
Ground Water Module used : No  
Simulation parallel : No  
Flow modules unsteady : Yes  
2D Water Quality Module used : No  
Delft3D Flow used : No  
Delft3D WAQ used : No

Network imported or started : FromScratch  
Network imported at : 30-7-2021 13:30:49

### Overview of Rainfall Runoff Module =====

#### Results 3B calculation

Rainfall file : \URB215\FIXED\STRESS01.BUI  
Evaporation file : \URB215\FIXED\3B\EVAPOR.PLV  
Timestep size (s) : 60  
Simulated period (hours) : 2.08 for number of Events= 1

#### Summary results Sobek-RR Urban model

Total area (m2) : 33957.50  
Total rainfall (m3) : 2377.03  
Total evaporation (m3) : 5.77  
Total infiltration depressions (m3) : 3.71  
Total infiltration from runoff (m3) : 0.00  
Total storage change (m3) : 10.64  
Total inflow sewer excl. DWD (m3) : 2356.90  
Total DWA (m3) : 0.00  
Total inflow sewer (m3) : 2356.90  
Balance error (m3) : 0.00 ( 0.0000%)  
Maximum balance error in simulation: 0.00

### Overview of Flow Module =====

Under License to : Salf

### Numerical Parameters Used =====

Accuracy Level : Low Speed/More Accurate  
Structure Stability Factor : 0  
Theta : 1.00  
Maximum Courant number : 1.00  
Epsilon value Volume (m3/s) : 0.00010000  
Epsilon value Level (m) : 0.00010000

Threshold Values ...





Flooding (m) : 0.01000  
Drying (m) : 0.00100  
  
Min. Length Reach Segment (m) : 1.00  
Relaxation Factor (0..1) : 1.00  
Structure Dynamics Factor : 1.00  
Maximum Iterations : 8  
Gravity g (m/s<sup>2</sup>) : 9.81  
Fluid Density (m<sup>3</sup>) : 1000.00  
upwindculvert (-) : 1  
Relaxation structures alfa (-) : 0.90  
Timestep size (s) : 60.0000  
Lowest Timestep (s) : 0.0164  
Largest Timestep (s) : 60.0000

External structure Spilled volume (m<sup>3</sup>)  
l\_129 35.7741

Boundaries in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Boundaries out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures out (m<sup>3</sup>) : 35.77  
Lateral disch. in (m<sup>3</sup>) : 2356.90  
Lateral disch. out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Storage (m<sup>3</sup>) : 2321.13  
Error (m<sup>3</sup>) : -0.00

Initial conditions  
=====

Rainfall Runoff Module : user defined  
Flow Module : user defined

Version Information of Modules  
=====

Vervang : 4-6-2020 18:49:26, Version: 4.05.012  
Caseman : 4-6-2020 18:51:00, Version: 4.07.03  
CmUtil : 4-6-2020 18:50:06, Version: 4.07.03  
CmUpdate : 4-6-2020 18:49:40, Version: 4.07.03  
Sobek\_3B (RR) : 4-6-2020 18:53:50, Version: 3.216.28.56981  
Parsen : 4-6-2020 18:53:58, Version: 2.08.002.54560  
Parsen2D : 4-6-2020 18:54:30, Version: 1.04.001.54559  
RTC : 4-6-2020 18:54:06, Version: 3.216.004.56039  
EM : 4-6-2020 18:51:04, Version: 1.00.0001  
WQInt : 4-6-2020 18:52:32, Version: 3.00.03.55966  
Delwaq1 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Delwaq2 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Waterbal : 4-6-2020 18:52:16, Version: 2.00.04  
Simulate : 4-6-2020 18:51:36, Version: 2.13.0024

SOBEKVersion = Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name = 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot



## Bijlage 7: Uitvoergegevens SOBEK HWA stelsel tijdens Composietbui (T=50)

### Information about Simulation =====

SOBEKVersion : Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name : 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot

Simulation Mode : Run RR (Rainfall-Runoff), 1DFLOW (Rural) and 1DFLOW  
(Urban) module sequentially

Start : 21-september-2021 10:02:55  
End : 21-september-2021 10:03:04

Rainfall-Runoff Module used : Yes  
Channel Module used : Yes  
Sewer Module used : Yes  
River Module used : No  
1D Morphology Module used : No  
1D2D Module used : No  
Real Time Control Module used : No  
Water Quality Module used : No  
Emission Module used : No  
Ground Water Module used : No  
Simulation parallel : No  
Flow modules unsteady : Yes  
2D Water Quality Module used : No  
Delft3D Flow used : No  
Delft3D WAQ used : No

Network imported or started : FromScratch  
Network imported at : 30-7-2021 13:30:49

### Overview of Rainfall Runoff Module =====

#### Results 3B calculation

Rainfall file : \URB215\FIXED\C50\_2014.BUI  
Evaporation file : \URB215\FIXED\3B\EVAPOR.PLV  
Timestep size (s) : 60  
Simulated period (hours) : 10.08 for number of Events= 1

#### Summary results Sobek-RR Urban model

Total area (m2) : 33957.50  
Total rainfall (m3) : 2639.66  
Total evaporation (m3) : 29.51  
Total infiltration depressions (m3) : 14.31  
Total infiltration from runoff (m3) : 0.00  
Total storage change (m3) : 15.15  
Total inflow sewer excl. DWD (m3) : 2580.69  
Total DWA (m3) : 0.00  
Total inflow sewer (m3) : 2580.69  
Balance error (m3) : -0.00 (-0.0000%)  
Maximum balance error in simulation: 0.00

### Overview of Flow Module =====

Under License to : Salf

### Numerical Parameters Used =====

Accuracy Level : Low Speed/More Accurate  
Structure Stability Factor : 0  
Theta : 1.00  
Maximum Courant number : 1.00  
Epsilon value Volume (m3/s) : 0.00010000  
Epsilon value Level (m) : 0.00010000

Threshold Values ...





Flooding (m) : 0.01000  
Drying (m) : 0.00100  
  
Min. Length Reach Segment (m) : 1.00  
Relaxation Factor (0..1) : 1.00  
Structure Dynamics Factor : 1.00  
Maximum Iterations : 8  
Gravity g (m/s<sup>2</sup>) : 9.81  
Fluid Density (m<sup>3</sup>) : 1000.00  
upwindculvert (-) : 1  
Relaxation structures alfa (-) : 0.90  
Timestep size (s) : 60.0000  
Lowest Timestep (s) : 0.0164  
Largest Timestep (s) : 60.0000

External structure Spilled volume (m<sup>3</sup>)  
l\_129 338.3140

Boundaries in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Boundaries out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures in (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Structures out (m<sup>3</sup>) : 338.31  
Lateral disch. in (m<sup>3</sup>) : 2580.69  
Lateral disch. out (m<sup>3</sup>) : 0.00  
Storage (m<sup>3</sup>) : 2242.38  
Error (m<sup>3</sup>) : -0.00

Initial conditions  
=====

Rainfall Runoff Module : user defined  
Flow Module : user defined

Version Information of Modules  
=====

Vervang : 4-6-2020 18:49:26, Version: 4.05.012  
Caseman : 4-6-2020 18:51:00, Version: 4.07.03  
CmUtil : 4-6-2020 18:50:06, Version: 4.07.03  
CmUpdate : 4-6-2020 18:49:40, Version: 4.07.03  
Sobek\_3B (RR) : 4-6-2020 18:53:50, Version: 3.216.28.56981  
Parsen : 4-6-2020 18:53:58, Version: 2.08.002.54560  
Parsen2D : 4-6-2020 18:54:30, Version: 1.04.001.54559  
RTC : 4-6-2020 18:54:06, Version: 3.216.004.56039  
EM : 4-6-2020 18:51:04, Version: 1.00.0001  
WQInt : 4-6-2020 18:52:32, Version: 3.00.03.55966  
Delwaq1 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Delwaq2 : 4-6-2020 18:52:16, Version: 5.06.00.7073  
Waterbal : 4-6-2020 18:52:16, Version: 2.00.04  
Simulate : 4-6-2020 18:51:36, Version: 2.13.0024

SOBEKVersion = Sobek Advanced Version 2.16.004  
Case Name = 2021-09-21 HWA stelsel incl sloot