

# PHS METEREN-BOXTTEL

Tracébesluit - Rapport Waterhuishoudkundig plan Vught  
(MB 1.6.1-04)

ProRail

13 JUNI 2019

VERSIE: 1.1

DEFINITIEF



## Contactpersoon

**FRANK VAN DEN HEUVEL**  
Projectleider Riolering & Stedelijk  
Water

T +31 (0)6 27 06 16 03

M +31 (0)6 27 06 16 03

E [frank.vandenheuvel@arcadis.com](mailto:frank.vandenheuvel@arcadis.com)

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018

5200 BA 's-

Hertogenbosch

Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	Algemeen	5
1.2	Doel van dit rapport	5
1.3	Leeswijzer	6
1.4	Wijzigingenbeheer	7
<b>2</b>	<b>UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN</b>	<b>8</b>
2.1	Begrenzing systeem	8
2.2	Gebruikte modellen	8
2.3	Toetsen effecten	8
2.3.1	Maatstaven en meetmethoden	9
2.4	Buien	10
2.5	Compensatie verlies bergingscapaciteit	13
2.6	Maatregelen om effecten te compenseren	14
2.6.1	Afvoercapaciteit en bergingscapaciteit	14
2.6.2	Waterkelders	15
2.7	Tijdelijke situatie versus eindsituatie	15
<b>3</b>	<b>HUIDIGE SITUATIE</b>	<b>16</b>
3.1	Afvoercapaciteit	16
3.2	Bergingscapaciteit	19
<b>4</b>	<b>SITUATIE ZONDER MAATREGELEN</b>	<b>21</b>
4.1	Verwijderde onderdelen watersysteem	21
4.2	Afvoercapaciteit	22
<b>5</b>	<b>AFWATERING VERDIEPTE LIGGING</b>	<b>25</b>
5.1	Ontwerpuitgangspunten waterkelders	27
5.1.1	Ontwerpeis ProRail	27
5.1.2	Compensatie nieuwe verharding conform eisen Waterschap De Dommel	28
5.1.3	Functioneren stedelijk watersysteem	29
5.2	Ontwerpkeuze waterkelders	29

5.2.1	Varianten	30
5.2.2	Ontwerpkeuze	31
<b>6</b>	<b>TIJDELIJKE SITUATIE MET MAATREGELEN</b>	<b>33</b>
6.1	Maatregelen bergingscapaciteit	33
6.1.1	Opgave	33
6.1.2	Locaties bergingsvoorzieningen	33
6.1.3	Conclusie bergingscapaciteit tijdelijke situatie	36
6.2	Maatregelen rioolstelsel vuilwater	36
6.3	Maatregelen afvoercapaciteit	37
6.4	Toetsing afvoercapaciteit	41
<b>7</b>	<b>EINDSITUATIE</b>	<b>46</b>
7.1	Maatregelen bergingscapaciteit	46
7.1.1	Opgave	46
7.1.2	Locaties bergingsvoorzieningen	46
7.1.3	Conclusie bergingscapaciteit eindsituatie	46
7.2	Maatregelen vuilwaterstelsel	47
7.3	Maatregelen afvoercapaciteit	47
7.4	Toetsing afvoercapaciteit	51
<b>8</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>56</b>
	<b>COLOFON</b>	<b>65</b>

# 1 INLEIDING

## 1.1 Algemeen

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat verwacht dat het reizigers- en goederenvervoer de komende jaren fors zal groeien. Om de verwachte groei het hoofd te kunnen bieden is het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) opgestart. In dit programma worden maatregelen voorgesteld om de spoorcapaciteit te vergroten. Het doel van PHS is om uiteindelijk meer reizigerstreinen te kunnen laten rijden op de drukst bereiden trajecten in Nederland en de verwachte groei van goederenvervoer per spoor beter te kunnen accommoderen.

### ***Voorkeursbesluit 4 juni 2010***

Op 4 juni 2010 heeft het Kabinet een Voorkeursbesluit genomen. Met dit Voorkeursbesluit PHS zijn de goederenroutes vastgelegd alsmede de frequentieverhoging van reizigerstreinen op de verschillende trajecten. Wat betreft de routing van goederentreinen is ervoor gekozen om zoveel mogelijk goederentreinen over de Betuweroute te laten rijden. Dit voornemen heeft geresulteerd in een geplande herroutering van goederentreinen richting Eindhoven van de Brabantroute (Dordrecht, Breda, Tilburg), naar een goederenpad via de Betuweroute. Hiervoor dienen de treinen in de toekomstige situatie van de Betuweroute ter hoogte van Meteren af te kunnen takken in zuidelijke richting om over het bestaande spoor Utrecht-Eindhoven verder te rijden via 's-Hertogenbosch in de richting van Eindhoven.

Naast een andere goederenrouting is in het Voorkeursbesluit PHS ook opgenomen dat op de corridor Amsterdam – Eindhoven de frequentie van reizigerstreinen wordt verhoogd, naar zes intercity's en twee tot zes sprinters per uur per richting. Het traject Meteren – Boxtel ligt in deze corridor.

Een pakket aan maatregelen is nodig om de verwachte groei op het traject Meteren – Boxtel mogelijk te maken (bron: NRD):

1. Een aftakking van de Betuweroute bij Meteren (zuidwestboog);
2. Maatregelen tussen 's-Hertogenbosch en Vught:
  - a. Van drie naar vier sporen tussen 's-Hertogenbosch en aansluiting Vught (inclusief het (deels)) opheffen van de overweg Loonsebaan).
  - b. Een vrije kruising bij Vught, waarbij verschillende lengtes van een verdiepte ligging worden beschouwd.
3. Mogelijk zijn ook op andere delen van het tracé aanvullende maatregelen nodig om te voldoen aan de normen voor onder meer veiligheid en geluid.

## 1.2 Doel van dit rapport

In dit rapport wordt ingegaan op de effecten van de uitbreiding van sporen en het realiseren van de verdiepte ligging in Vught op de riolering en het watersysteem van Vught. Om de ongewenste effecten op het functioneren van het watersysteem te compenseren zijn maatregelen bepaald. Hierbij is gekeken naar zowel de afvoercapaciteit als de bergingscapaciteit van het watersysteem. Dit rapport wordt gebruikt als onderdeel voor het watertoetsproces, als onderdeel van het tracébesluit PHS Meteren - Boxtel.

In het kader van het Ontwerp-Tracébesluit PHS Meteren-Boxtel is medio 2017 een waterhuishoudkundig plan en een waterparagraaf opgesteld voor Vught. De maatregelen uit het waterhuishoudkundig plan zijn overgenomen in het OTB.

De waterschappen De Dommel en Aa en Maas hebben een zienswijze ingediend tegen het Ontwerp-Tracébesluit PHS Meteren-Boxtel. Kernpunt van de zienswijze is dat de effecten van maatregelen onvoldoende zijn onderbouwd, dat het extra lozen van water op het regionale oppervlaktewatersysteem niet wordt goedgekeurd en dat er onvoldoende is gekeken naar de effecten van klimaatverandering. Naar aanleiding hiervan is in het bestuurlijk overleg van 21 februari 2018 afgesproken dat onderzocht zal worden welke maatregelen denkbaar zijn om tegemoet te komen aan de bezwaren uit de zienswijze. In dat kader is in opdracht van ProRail, voorafgaand aan het opstellen van voorliggend waterhuishoudkundig plan, aanvullend onderzoek gedaan. De resultaten hiervan zijn meegenomen en verwerkt in de voorliggende

rapportage. Tegelijkertijd is op initiatief van de provincie Noord-Brabant een gebiedsstudie verricht naar de effecten van verdroging en vernatting in en rond Vught en naar de meekoppelkansen die de projecten PHS Vught en N65 zouden kunnen bieden in hun water- en klimaatopgave. De waterschappen De Dommel en Aa en Maas, de gemeente Vught, de provincie Noord-Brabant en ProRail zijn intensief betrokken in beide studies.

De studie heeft geleid tot de onderstaande 8 mogelijke maatregelen voor de wateropgave van de projecten PHS-Vught en N65 in relatie tot de klimaatopgave in en rond Vught:

1. Vughtse Heide (en Lunetten)
2. Omkeren verbindingloop vanaf Fort Isabella naar Lunet Vughtse Heide
3. Waterberging Fort Isabella
  - a. Buitengracht
  - b. Noordvijver
4. Vernatting beekdal Helvoirts Broek en optimalisering Vughtse Hoeven en Penitentiare inrichting
5. Groensche Hoeven berging in plas
6. Creëren van hydraulische ruimte in bestaand systeem
7. Waterberging Reutseplas
8. Ondergrondse waterberging parkeerplaats station

Op 27 september 2018 is in het bestuurlijk overleg afgesproken dat de gepresenteerde set maatregelen als totaaloplossing voor de toekomstige water- en klimaatopgave voor de projecten PHS-Vught en N65 en voor de gemeente Vught verder wordt uitgewerkt. De betrokken partijen hebben aangegeven bereid te zijn te investeren in het klimaatadaptief maken van beide projecten in relatie tot het gebied rond Vught. Bij de uitwerking van voorliggend waterhuishoudkundig plan zijn de resultaten van deze studie meegenomen.

In het kader van het project PHS MB zijn de maatregelen 3, 5, 7 en 8 (“waterberging Fort Isabella”, “Groensche Hoeven”, “Reutseplas” en “ondergrondse waterberging parkeerplaats station Vught”) vanwege de geografische ligging interessant als meekoppelkansen.

De maatregelen bij Fort Isabella, de Reutseplas en Groensche Hoeven kunnen gerealiseerd worden binnen de bestaande bestemmingsplannen. Het realiseren van een ondergrondse bergingsvoorziening in de parkeerplaats bij het station wordt planologisch geregeld in het Tracébesluit PHS Meteren-Boxtel.

## 1.3 Leeswijzer

Dit rapport bevat de volgende hoofdstukken:

- In Hoofdstuk 2 wordt ingegaan op uitgangspunten en randvoorwaarden, die ten grondslag liggen aan de berekeningen;
- Hoofdstuk 3 beschrijft de huidige situatie;
- Waarna in hoofdstuk 4 de situatie wordt weergegeven in het geval er geen maatregelen worden genomen;
- In hoofdstuk 5 wordt de waterafvoer van de verdiepte ligging beschreven;
- Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 de tijdelijke situatie met maatregelen beschouwd;
- Waarna in hoofdstuk 7 de eindsituatie wordt beschreven;
- Tenslotte worden in hoofdstuk 8 de conclusies beschreven.

## 1.4 Wijzigingenbeheer

Tabel 1: Wijzigingenbeheer rapportage

Versie	Wijziging	Datum
1.0	Conceptrapport ter review	1 maart 2019
1.1	Review commentaar ProRail verwerkt	11 maart 2019
	Review commentaar waterschap De Dommel verwerkt	28 maart 2019
	Review commentaar waterschap Aa en Maas verwerkt	28 maart 2019
	Review commentaar gemeente Vught verwerkt	28 maart 2019

## 2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten en randvoorwaarden beschreven die ten grondslag liggen aan de modelberekeningen riolering en waterhuishouding in Vught:

- In paragraaf 2.1 wordt de begrenzing van het systeem beschreven.
- In paragraaf 2.2 de gebruikte modellen.
- In paragraaf 2.3 op welke effecten wordt getoetst.
- In paragraaf 2.4 de toegepaste buien.
- In paragraaf 2.5 volgt een korte opsomming van uitgangspunten, die zijn gebruikt bij de toe te passen maatregelen.
- Waarna ten slotte in paragraaf 2.6 een beschouwing wordt gegeven van de tijdelijke en de eindsituatie, waarbij wordt geconcludeerd dat de tijdelijke situatie wat betreft maatregelen maatgevend is.

### 2.1 Begrenzing systeem

Het lokale oppervlaktewatersysteem van Vught bevindt zich ten westen van de Dommel en ten zuiden van het Drongelens Kanaal. Een deel watert af via het Drongelens Kanaal, een deel via de Dommel en een deel via de Essche Stroom. De Essche Stroom mondt ten zuidoosten van Vught uit in de Dommel.

De begrenzing van het systeem is van belang om te kunnen bepalen of er al dan niet wordt afgewenteld op de omgeving. In overleg met de waterschappen De Dommel en Aa en Maas en de gemeente Vught is besloten om de lozingspunten van het watersysteem op de oppervlaktewateren Drongelens Kanaal, Dommel en Essche Stroom als grens van het systeem te beschouwen.

Het systeem, dat in deze rapportage wordt beschouwd, beperkt zich tot de riolering en het oppervlaktewater in de gemeente Vught en noemen we het watersysteem. Bodem- en grondwater worden beschouwd als een vast gegeven en zijn niet opgenomen in het rekenmodel. Riolering en oppervlaktewater reageren vele malen sneller op neerslag dan bodem en grondwater. Vanwege dit snelheidsverschil focussen de maatregelen zich op het reguleren van de afvoer in de riolering en het oppervlaktewater.

Om de ontwatering ter plaatse van watergangen die worden gedempt te waarborgen, worden ter plaatse van deze watergangen waterdoorlatende buizen gelegd die worden aangebracht in goed doorlatend zand. Als het niet mogelijk is om waterdoorlatende buizen aan te leggen, bijvoorbeeld omdat deze niet beschikbaar zijn voor de grotere afmetingen, worden er drainagebuizen gelegd zodat de ontwatering ter plaatse van de gedempte watergangen is gewaarborgd.

### 2.2 Gebruikte modellen

Het rekenmodel riolering en oppervlaktewater is aangeleverd door de gemeente Vught. In de basis is het rekenmodel opgebouwd ten behoeve van het basisrioleringsplan in 2010 voor deze gemeente. Er is destijds een model opgebouwd waarin riolering en oppervlaktewater in het stedelijk gebied zijn gecombineerd. In 2016 is dit model door de gemeente op een aantal belangrijke punten geactualiseerd en gecorrigeerd. Met dit model kunnen berekeningen worden gemaakt van zowel riolering als oppervlaktewater. Dit model wordt gehanteerd als uitgangssituatie voor de modelberekeningen en het bepalen van de maatregelen.

### 2.3 Toetsen effecten

De waterschappen De Dommel en Aa en Maas en de gemeente Vught eisen bij de ontwikkeling van het project PHS Meteren – Boxtel dat het hydrologisch neutraal wordt ontwikkeld. De belangrijke uitgangspunten bij het toetsen en compenseren van negatieve effecten zijn:

- Geen toename van wateroverlast.
- Geen toename van water(onder)last (verdroging).
- Niet afwentelen naar de omgeving.



Net als de meeste rioolstelsels in Nederland is het stelsel van de riolering in Vught gedimensioneerd op het kunnen verwerken van een regenbui die één keer per twee jaar voorkomt. De effecten en oplossingsrichtingen zijn daarom in eerste instantie berekend met deze regenbui. Daarnaast is ook een regenbui die één keer per vijf jaar voorkomt in beschouwing genomen. Het functioneren van het oppervlaktewater is getoetst met een modelregenbui die één keer in honderd jaar voorkomt. Daarbij is gebruik gemaakt van een korte hevige bui voor de zomersituatie en een langdurige neerslagperiode van meerdere dagen voor de wintersituatie.

## 2.3.1 Maatstaven en meetmethoden

### **Maatstaven**

Als maatstaf wordt het uitgangspunt gehanteerd dat het functioneren van het watersysteem in de gemeente Vught (riolering en oppervlaktewater) in principe niet mag verslechteren. Concreet betekent dit:

- Verlies van afvoer- en bergingscapaciteit door het wegvallen van riolering en watergangen mag niet leiden tot:
  - Meer water op straat.
  - Meer inundatie<sup>1</sup> van watergangen.
  - Te grote stijging van waterstanden in het watersysteem.
  - Grotere en snellere afvoer naar het regionale oppervlaktewatersysteem.
  - Vernatting en verdroging door verandering van de grondwaterstanden.
- Compenserende maatregelen mogen niet leiden tot verdroging en als gevolg daarvan zettingen binnen het beïnvloedingsgebied.
- De hoeveelheid te verpompen regenwater door gemalen blijft ongeveer gelijk.
- De toename van verhard oppervlak wordt gecompenseerd op basis van de regels die zijn opgenomen artikel 15 van de Algemene regels artikel 13 van de Beleidsregels van de Brabant Keur.

### **Meetmethoden**

De hiervoor beschreven maatstaven worden met de volgende meetmethoden gecontroleerd:

- De resultaten van de berekeningen van de tijdelijke en eindsituatie worden vergeleken met de resultaten van de berekening van de uitgangssituatie.
- De afvoercapaciteit in de verschillende situaties wordt gecontroleerd met behulp van bui 8 en bui 9. Deze buien worden voorzien van een extra hoeveelheid neerslag, waarmee de totale neerslaghoeveelheid van de bui uitkomt op 60 mm. Het watersysteem krijgt dan een voorvulling waarmee een reëlere vulling van het watersysteem wordt verkregen.
- Voor locaties die verslechteren worden maatregelen bepaald die de verslechtering compenseren.
- Het aantal locaties en putten met water op straat mag niet toenemen.
- De hoeveelheid water op straat (uitgedrukt in m<sup>3</sup>) bij bui 8 en bui 9 mag niet toenemen ten opzichte van de uitgangssituatie.
- De waterstanden in het rioolstelsel mogen toenemen ten opzichte van de uitgangssituatie zolang de waking<sup>2</sup> groter blijft dan 20 cm bij bui 8 en bui 9. De maximale waterstanden blijven dan nog ruim onder maaiveld. Een hogere waterstand leidt op die locatie niet tot water op straat en geeft dus geen overlast.
- De bergingscapaciteit in de verschillende situaties wordt gecontroleerd met behulp van de T=100 zomerbui en de T=100 winterneerslag. Deze buien worden voorzien van een extra hoeveelheid neerslag van 60 mm voorafgaand aan de bui. Het watersysteem krijgt dan een voorvulling, waarmee een reëlere vulling van het watersysteem wordt verkregen.
- Er mag geen extra inundatie van watergangen plaatsvinden bij de T=100 zomerbui en winterneerslag ten opzichte van de uitgangssituatie.
- Het debiet per lozingspunt op de grens van het systeem wordt vergeleken met de uitgangssituatie, zodat duidelijk wordt dat er geen sprake is van een grotere en snellere lozing op het regionale watersysteem.

---

<sup>1</sup> Het opzettelijk onder water zetten.

<sup>2</sup> Het verschil tussen het maaiveldniveau en de berekende maximumwaterstand.

- De berekende waterstanden en hoeveelheden water op straat worden overzichtelijk gepresenteerd in een ruimtelijke grafische weergave voor de doorgerekende buien en neerslag.

In Tabel 2 is een vertaling weergegeven van de verschillende situaties die onderscheiden kunnen worden en de daarbij behorende toetsingscriteria in de tijdelijke en eindsituatie.

Tabel 2: Vertaling verschillende situaties en toetsingscriteria

	Huidige situatie	Tijdelijke situatie en eindsituatie
Riolering	Water op straat	Geen toename (waterstanden niet hoger)
Toetsing met bui 8 met voorvulling	Waking < 0,2 m	Geen afname (waterstanden niet hoger)
Toetsing met bui 9 met voorvulling	Waking > 0,2 m	Waking minimaal 0,2 m (ruimte in stelsel benutten)
Oppervlaktewater	Inundatie oppervlaktewater	Geen toename (waterstanden niet hoger)
Toetsing met T=100 zomerbui	Geen inundatie oppervlaktewater	Geen inundatie (ruimte in systeem benutten)
Toetsing met T=100 winterneerslag	Lozingsdebiet	Geen toename

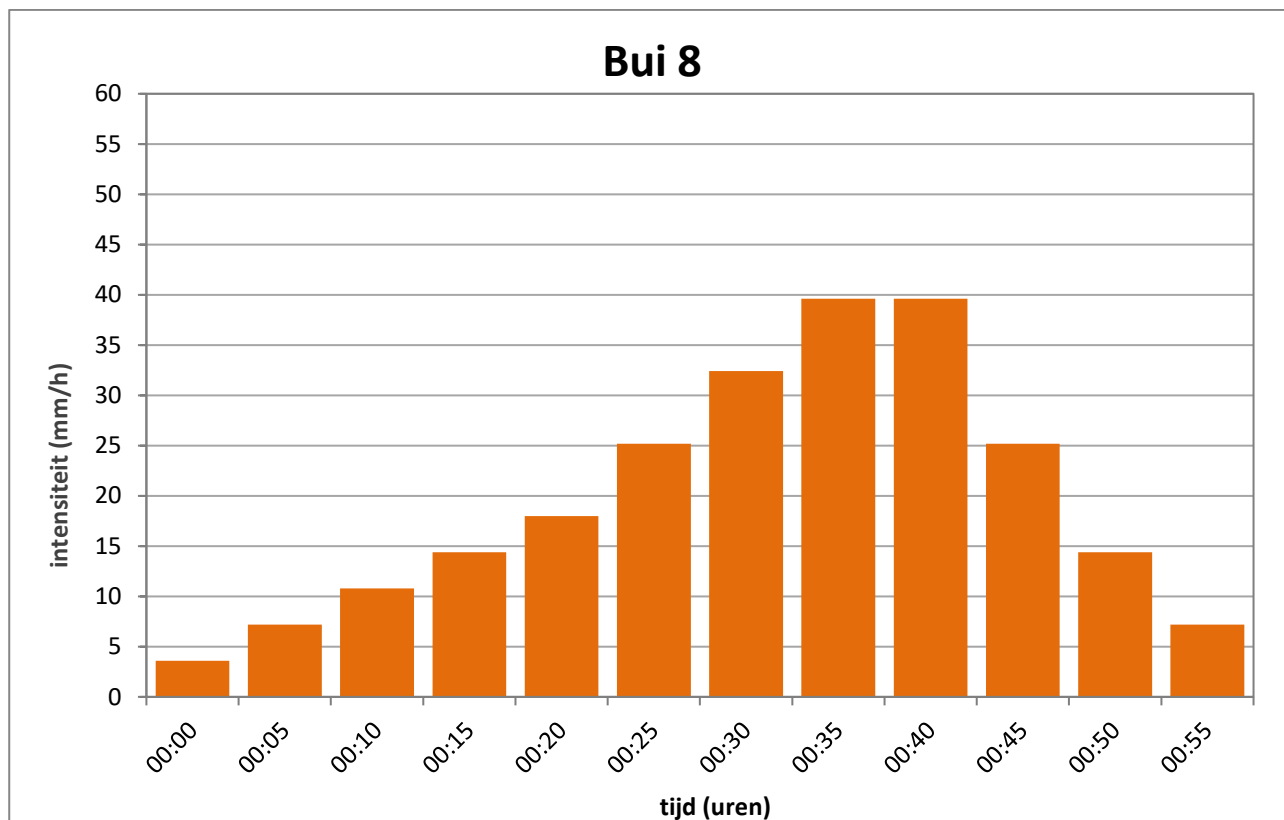
## 2.4 Buien

De toetsing van de tijdelijke situatie en de eindsituatie heeft plaatsgevonden met de hieronder beschreven buien en neerslagperiode. Door de variatie in hoeveelheid, duur en neerslagintensiteit wordt met deze set een goed beeld verkregen van de effecten van de aanpassingen en wijzigingen in het systeem.

### **Bui 8**

Bui 8 (zie Figuur 1) komt uit de Kennisbank Stedelijk Water en wordt in Nederland algemeen gebruikt om de afvoercapaciteit van rioolstelsels te toetsen. De bui heeft een theoretische herhalingstijd van 2 jaar. De bui heeft een neerslaghoeveelheid van 19,8 mm in 1 uur en de piekintensiteit is 39,6 mm/h (110 l/s/ha).

Voor de toetsing van het rioolstelsel en oppervlaktewater van de Gemeente Vught is aan de bui gedurende 12 uur een neerslag met een intensiteit van 3,35 mm/h (6,3 l/s/ha) toegevoegd om een voorvulling in het rioolstelsel en het oppervlaktewater te realiseren. Dit komt neer op 40,2 mm en de totale neerslaghoeveelheid van de bui komt daarmee op 60 mm.

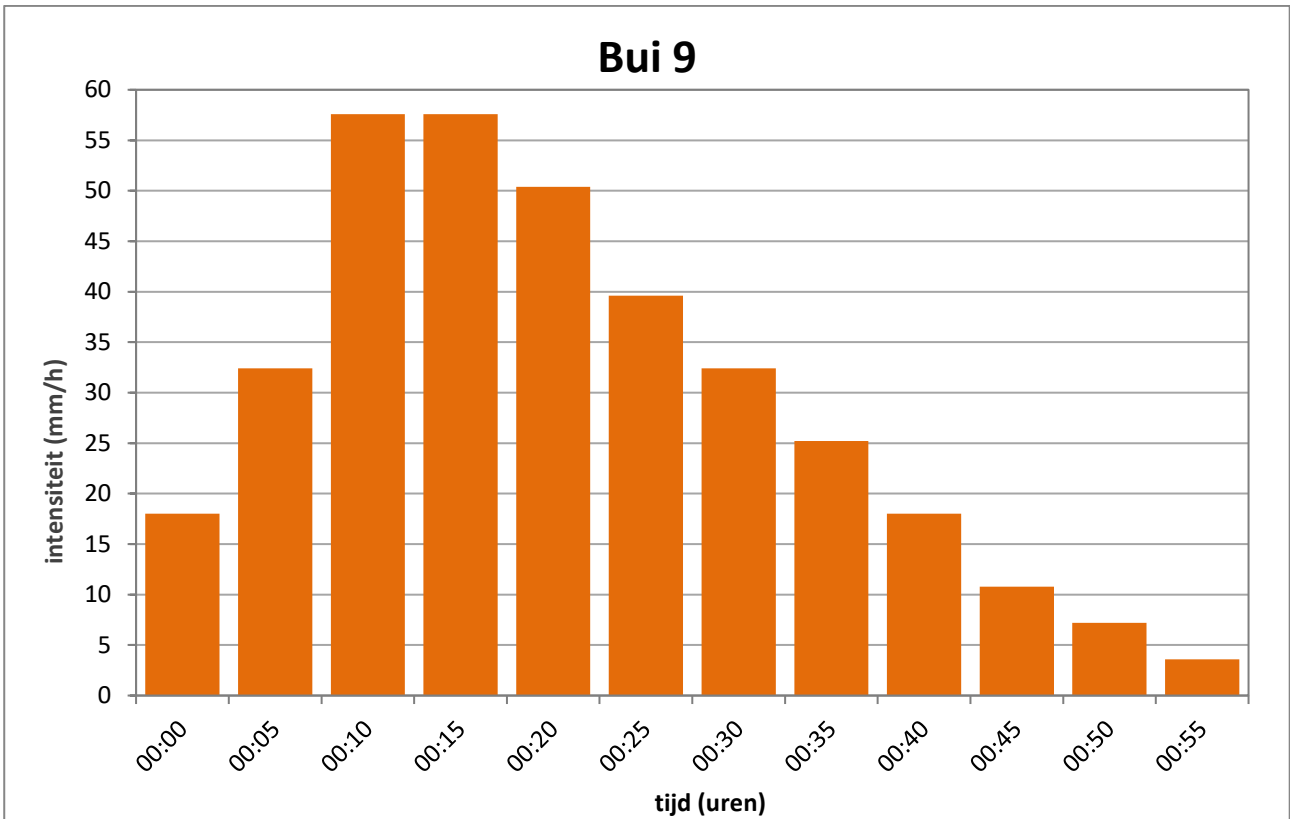


Figuur 1: Bui 8 conform Kennisbank Stedelijk Water

### Bui 9

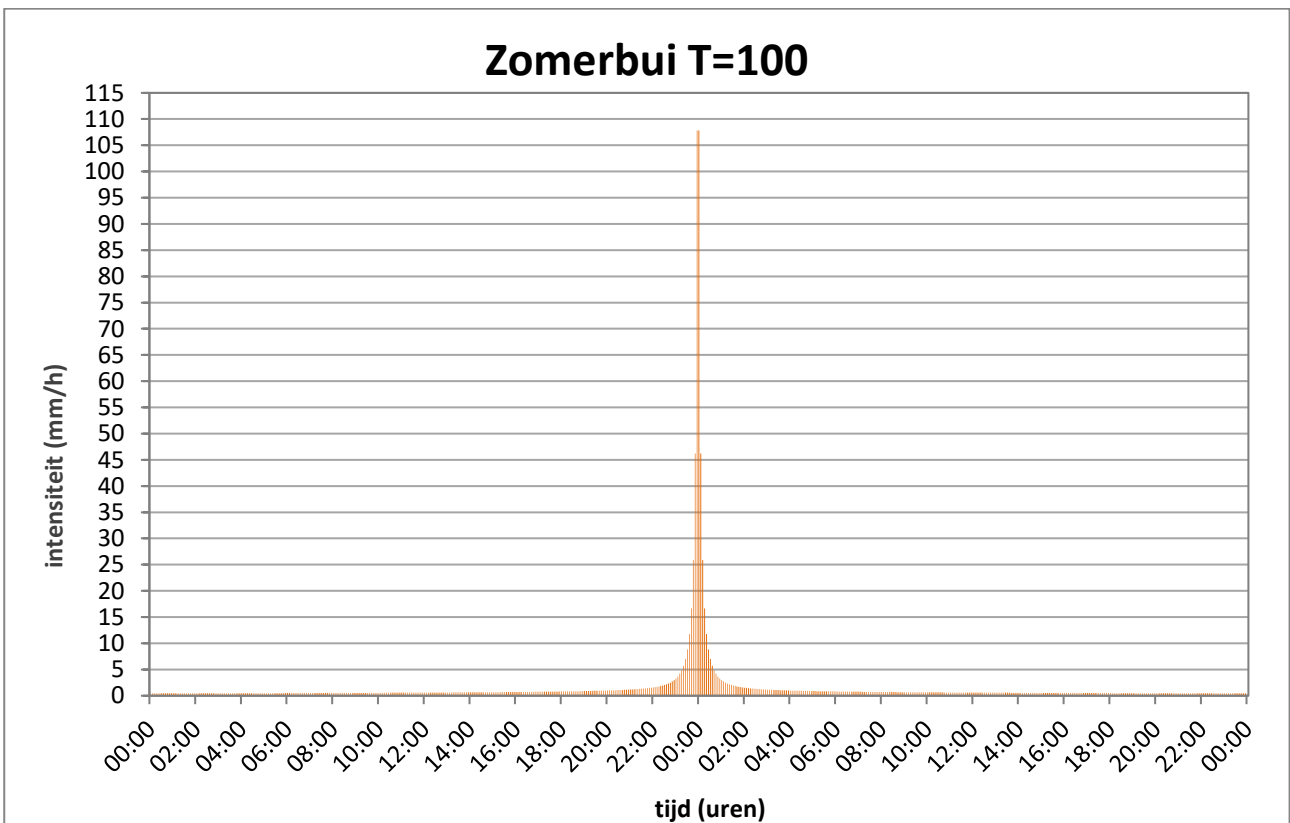
Bui 9 (zie Figuur 2) komt ook uit de Kennisbank Stedelijk Water en heeft een theoretische herhalingsperiode van 5 jaar. De bui heeft een neerslaghoeveelheid van 29,4 mm in 1 uur en de piekintensiteit is 57,6 mm/h (160 l/s/ha).

Aan de bui is gedurende 12 uur een neerslag met een intensiteit van 2,55 mm/h (7,1 l/s/ha) toegevoegd om een aanvulling in het rioolstelsel en het oppervlaktewater te realiseren. Dit komt neer op 30,6 mm en de totale neerslaghoeveelheid van de bui komt daarmee op 60 mm.



Figuur 2: Bui 9 conform Kennisbank Stedelijk Water

### T=100 zomerbui en winterneerslag



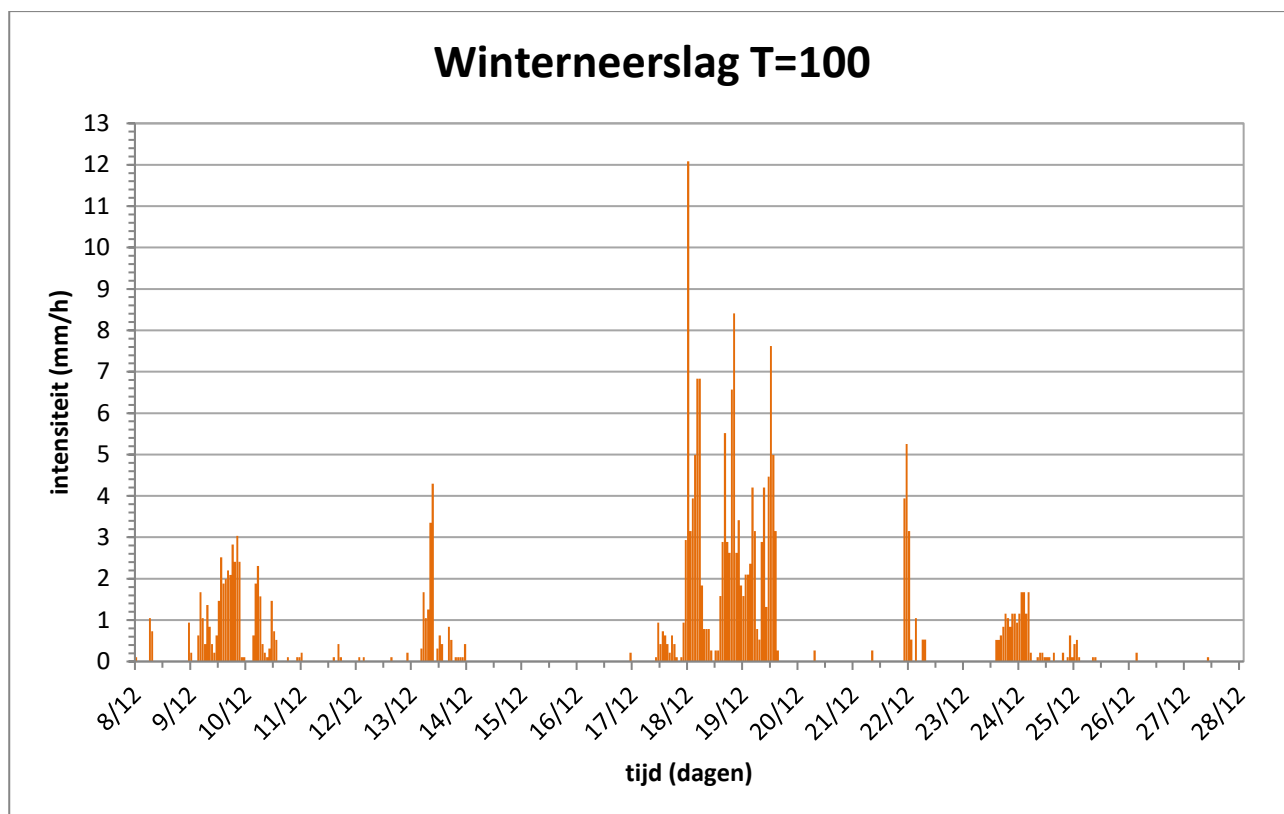
Figuur 3: Zomerbui T=100

Binnen het beheergebied van Waterschap De Dommel wordt met twee situaties de T=100-afvoersituatie inzichtelijk gemaakt: een extreme zomerbui (Figuur 3) en een langdurige neerslagperiode in de winter (Figuur 4). Deze zomerbui en winterneerslag worden gebruikt om inzicht te krijgen in de hoeveelheid afvoer die uit de gemeentelijke rioelstelsels komt.

De zomerbui T=100 (zie Figuur 3) is een relatief korte heftige neerslagperiode met een lange aanloop en een piek van ongeveer 1 uur, die in de riolering en in watergangen in stedelijk gebied problemen op kan leveren. De bui heeft een neerslaghoeveelheid van 74 mm in 24 uur en de piekintensiteit is 108 mm/h (300 l/s/ha).

De winterneerslag T=100 (zie Figuur 4) is een langdurige neerslag periode van meerdere dagen die vooral vanuit het landelijk gebied een hoge afvoer op kan leveren die vanuit de grotere beken overlast kan veroorzaken in het stedelijk gebied. De bui heeft een neerslaghoeveelheid van 74 mm in 21 dagen en de piekintensiteit is 12,1 mm/h (33,6 l/s/ha).

Aan de zowel de zomerbui als de winterneerslag is gedurende 24 uur een neerslag met een intensiteit van 2,5 mm/h (6,9 l/s/ha) toegevoegd om een voorvulling in het rioelstelsel en het oppervlaktewater te realiseren.



Figuur 4: Winterneerslag T=100

## 2.5 Compensatie verlies bergingscapaciteit

De compensatie van bergingscapaciteit die verdwijnt als gevolg van de aanpassingen aan het watersysteem als gevolg van het project PHS Meteren-Boxtel wordt inzichtelijk gemaakt door de bergingscapaciteit te kwantificeren in exacte kubieke meters op een bepaalde locatie.

Voor de compensatie is de bergingscapaciteit in de watergangen bepaald op basis van uitgangspunten die in overleg met de gemeente en de waterschappen zijn vastgesteld. Op hoofdlijnen gaat de gebruikte methode uit van de inhoud van de watergangen die wordt bepaald op basis van een driedimensionaal model wat is gebaseerd op hoogtemetingen en ingemeten profielen. Hieronder zijn de met de gemeente en de waterschappen afgesproken uitgangspunten beschreven:

### **Profielen van watergangen**

- Op basis van hoogteinformatie in het AHN2 wordt een driedimensionaal model gemaakt van de watergangen die verdwijnen ten gevolge van het project. Vervolgens wordt op basis van dit driedimensionale model per watergang de bergingscapaciteit bepaald.
- In de AHN2 zijn van de watergangen gegevens beschikbaar van ofwel de waterspiegel, ofwel de bodem. Dit is afhankelijk van de waterstanden ten tijde van de inmeting van de AHN2.
- De AHN2 kan onnauwkeurigheden bevatten omdat er begroeiing in de watergangen aanwezig kan zijn geweest ten tijde van de inmeting, waardoor het gemeten bodempeil hoger ligt dan in de realiteit.
- De nauwkeurigheid van de AHN2 is gecontroleerd op basis van de leggerprofielen van watergang ZL48. Hieruit blijkt dat de afwijking tussen de AHN2 en de gemeten leggerprofielen van watergang ZL48 varieert van 10 tot 20%. Voor de uitwerking wordt daarom 15% extra volume gerekend voor de watergangen die verdwijnen.

### **Waterstanden**

- De waterstand die in een watergang optreedt bepaald de bergingscapaciteit die een watergang heeft. Er zijn in Vught geen metingen van waterstanden beschikbaar die bruikbaar zijn voor het gestelde doel. De berekende waterstanden worden daarom gebruikt. Uit de uitgevoerde berekeningen met diverse buien (bui 8, bui 9, T=100 zomerbui en T=100 winterneerslag) blijkt dat de T=100 zomer het meest kritisch is (hoogste waterstand).
- Het waterpeil tijdens T=100 zomerbui is maatgevend voor de hoogte van het waterpeil en dus de berging in de watergangen, mits het waterpeil lager is dan maaiveld. Als het waterpeil hoger is dan maaiveld, is het laagste maaiveld maatgevend.
- Voor de berging in de watergangen kan niet worden uitgegaan van het waterpeil boven de GHG omdat er met een T=100 zomerbui wordt gerekend en er in de zomer geen GHG-situatie is. Als er wordt gestuwd in de watergang, blijft het waterpeil wel op GHG-niveau staan. Daarbij wordt aangenomen dat het stuwaterpeil gelijk is aan het GHG-niveau.
- In watergangen waar niet wordt gestuwd en er vrije afstroom plaatsvindt, wordt voor de berging in de watergangen uitgegaan van het bergend volume boven het bodempeil van de watergangen.
- Indien er wel wordt gestuwd, wordt uitgegaan van de GHG om de bergingscapaciteit te bepalen.

## **2.6 Maatregelen om effecten te compenseren**

### **2.6.1 Afvoercapaciteit en bergingscapaciteit**

Bij het bepalen van de maatregelen die nodig zijn om de negatieve effecten te compenseren, zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Er worden geen sifons toegepast in of onder de constructie van de verdiepte ligging van het spoor;
- Buizen die worden gelegd ter vervanging van watergangen, worden indien mogelijk uitgevoerd als waterdoorlatende buizen in goed doorlatend zand, zodat deze een drainerende werking hebben. Als het niet mogelijk is om waterdoorlatende buizen aan te leggen, worden er drainagebuizen gelegd zodat de ontwatering ter plaatse van de gedempte watergangen is gewaarborgd;
- Buizen worden gedimensioneerd op basis van afvoercapaciteit zodat de opstuwingspiekintensiteiten beperkt blijft. Buizen worden in principe niet toegepast om bergingscapaciteit te compenseren;
- Bergingscapaciteit wordt gerealiseerd door het vergroten van bestaande watergangen en vijvers of het beter benutten hiervan.

De gemeente Vught en de waterschappen zijn actief betrokken bij de keuze van de noodzakelijke maatregelen, hierdoor is de aanwezige kennis zoveel als mogelijk benut. De doelmatigheid van de maatregelen is hierbij belangrijk, maar dit hoeft niet per se leidend te zijn. Ze stelt daarbij de volgende uitgangspunten:

- Overlast voor omgeving zo veel mogelijk beperken;
- Waar mogelijk werk met werk maken (kwaliteit wegen/riolen);
- Laagst maatschappelijke kosten;
- Realistische aannames ten aanzien praktische uitvoerbaarheid.

## 2.6.2 Waterkelders

Hemelwater dat op het verdiepte gedeelte van de spoorbaan valt, wordt afgevoerd naar waterkelders in het kunstwerk van de verdiepte ligging. Het hemelwater wordt afgevoerd uit de waterkelder door middel van een pompinstallatie. In het huidige ontwerp van de verdiepte ligging zijn drie waterkelders voorzien.

Uitgangspunt is dat deze voorzieningen lozen op de hemelwaterriolering. Dit water zal worden afgevoerd via riolering en watersysteem. Vanwege de beperkte capaciteit van de vuilwaterriolering is het niet mogelijk om daarnaar af te voeren. De hemelwaterriolering dient derhalve voldoende groot te worden gedimensioneerd, zodat hier op kan worden afgevoerd.

## 2.7 Tijdelijke situatie versus eindsituatie

Tijdens de aanpassing van de sporen en de bouw van de verdiepte ligging is er sprake van een tijdelijke situatie die voor de riolering en het watersysteem heel anders is dan de eindsituatie. In de tijdelijke situatie wordt het treinverkeer omgeleid via tijdelijke sporen ten westen van de huidige spoorbaan in Vught. Deze tijdelijke sporen nemen ruimte in beslag op de locaties waar nu riolering en watergangen liggen. Deze riolering en watergangen kunnen niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. In de eindsituatie komt deze ruimte weer vrij en kunnen de oorspronkelijke riolering en watergangen worden teruggebracht. In de oostzijde van de huidige spoorbaan wordt de verdiepte ligging gerealiseerd. De constructie van de verdiepte ligging komt hierdoor iets dicht tegen de bestaande wegen aan te liggen. De watergangen en riolering aan de oostzijde van de spoorbaan kunnen voor een groot deel niet blijven liggen omdat ze te dicht bij de constructie zouden liggen.

De bak van de verdiepte ligging wordt in delen (moten) gerealiseerd. Na het aanbrengen van het onderwaterbeton is een moot waterdicht en wordt deze leeggepompt. Er wordt uitgegaan van een moot met een inhoud van ordegrootte 10.000 m<sup>3</sup> en een ledigingstijd, door middel van pompen, van circa 4 weken. Het gemiddelde debiet bedraagt dan circa 15 m<sup>3</sup>/u (4,2 l/s). Het watersysteem kan dit debiet gemakkelijk verwerken.

Aan het eind van de tijdelijke situatie zijn de pompen en waterkelders, die het hemelwater wat terecht komt op de verdiepte ligging inzamelen en afvoeren, al in werking. Dit water wordt afgevoerd via het riolering- en watersysteem.

Door bovenstaande oorzaken heeft de tijdelijke situatie een grotere impact op het functioneren van het riolerings- en watersysteem dan de eindsituatie.

### 3 HUIDIGE SITUATIE

Het rioolstelsel van de gemeente Vught is in oorsprong aangelegd als een volledig gescheiden rioolstelsel. Dat betekent dat vuilwater en regenwater apart van elkaar worden afgevoerd. De regenwaterriolering heeft veel uitlaten op watergangen en waterpartijen in Vught en samen vormen deze in feite één integraal systeem. Het hemelwater wordt vervolgens via de watergangen afgevoerd naar het regionale watersysteem.

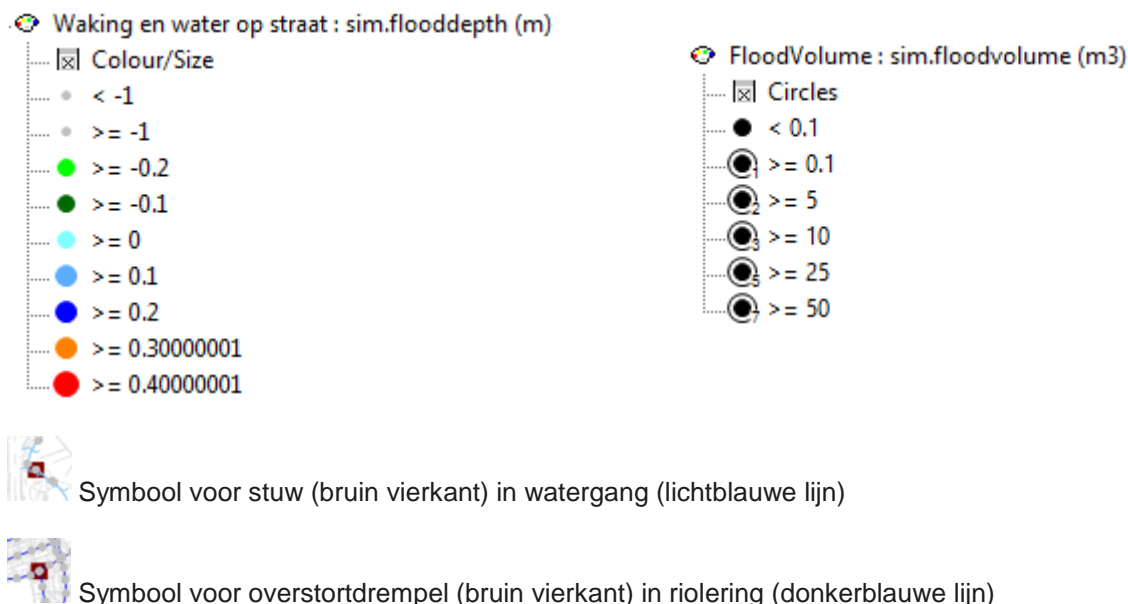
Achtereenvolgens wordt in de hoofdstuk aandacht besteed aan:

- De afvoercapaciteit (zie paragraaf 3.1), en
- De bergingscapaciteit (zie paragraaf 3.2).

#### 3.1 Afvoercapaciteit

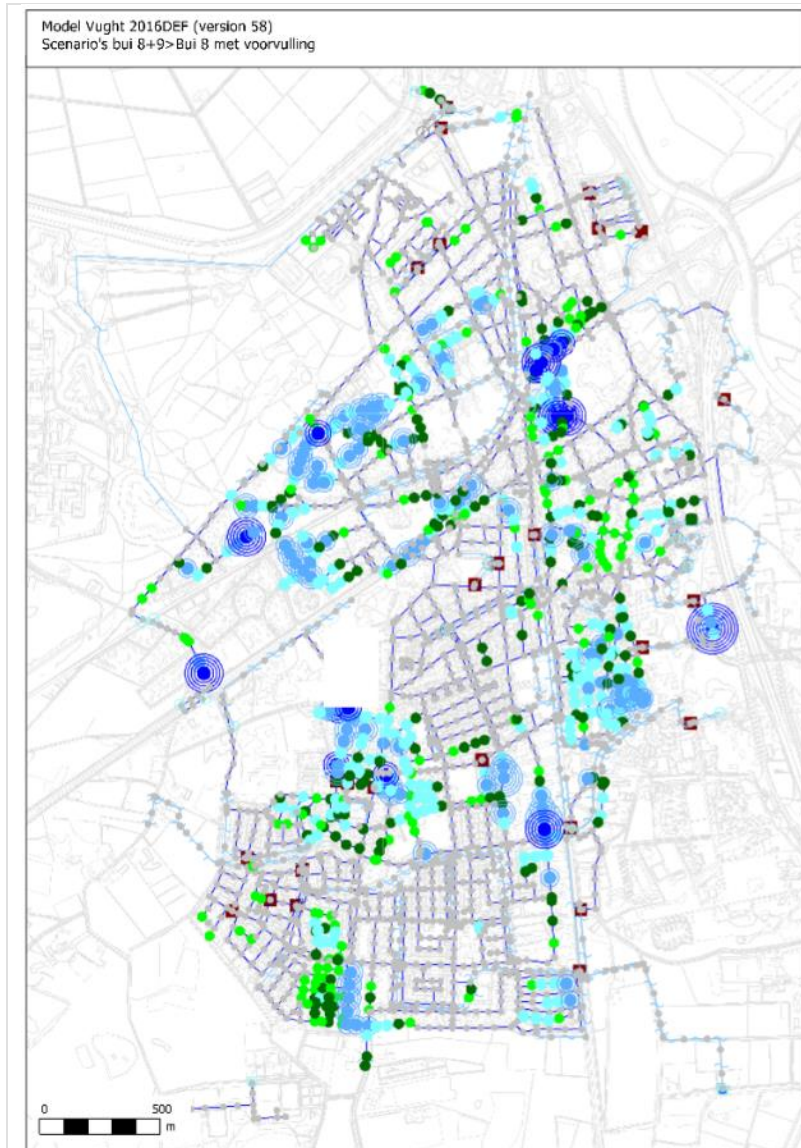
In Figuur 6 tot en met Figuur 9 staat een grafische weergave van de resultaten van de hydraulische berekeningen. Het betreft de berekeningen van de huidige situatie met bui 8 en met bui 9 uit de Leidraad Riolering en de zomerbui en winterneerslag T=100. In deze afbeeldingen is water op straat weergegeven door middel van kleuren en cirkels. Met de kleuren wordt de waterstand ten opzichte van het maaiveld en/of de straat weergegeven. Als de waterstand boven maaiveld komt is er sprake van water op straat, als de waterstand onder maaiveld blijft is er sprake van waking. Door middel van cirkels wordt het volume van water op straat weergegeven. Het aantal cirkels, 1 tot en met 7, geeft de hoeveelheid weer.

**Water op straat en waking:** Water op straat en waking is weergegeven door middel van kleuren, die de hoogte van water op straat en de waking weergeven. Bij de grijze en groene bolletjes is er in de berekening geen sprake van water op straat. De waterstand blijft dan onder het maaiveld, er is dan sprake van waking. Bij blauwe, oranje en rode bolletjes is er sprake van water op straat. Met cirkels wordt het volume aan water op straat weergegeven, hoe meer cirkels, hoe meer water op straat. Zie ook de legenda in Figuur 5.

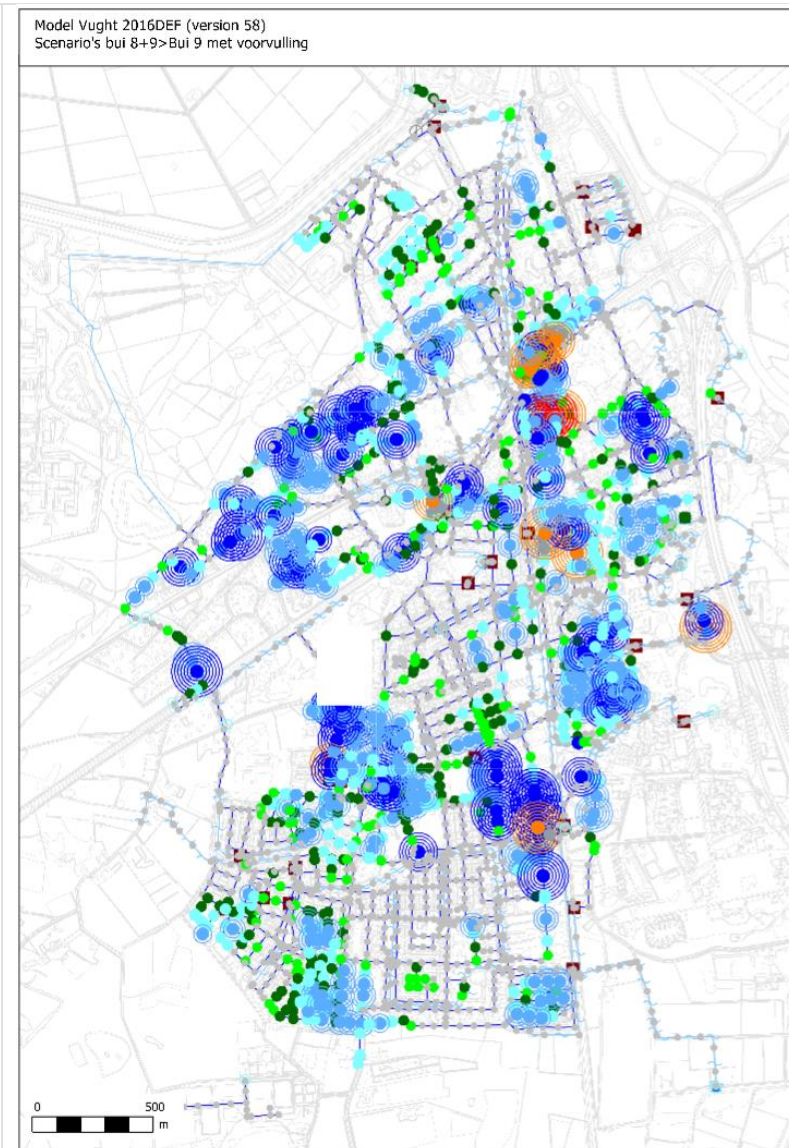


Figuur 5: Legenda water op straat en symbolen



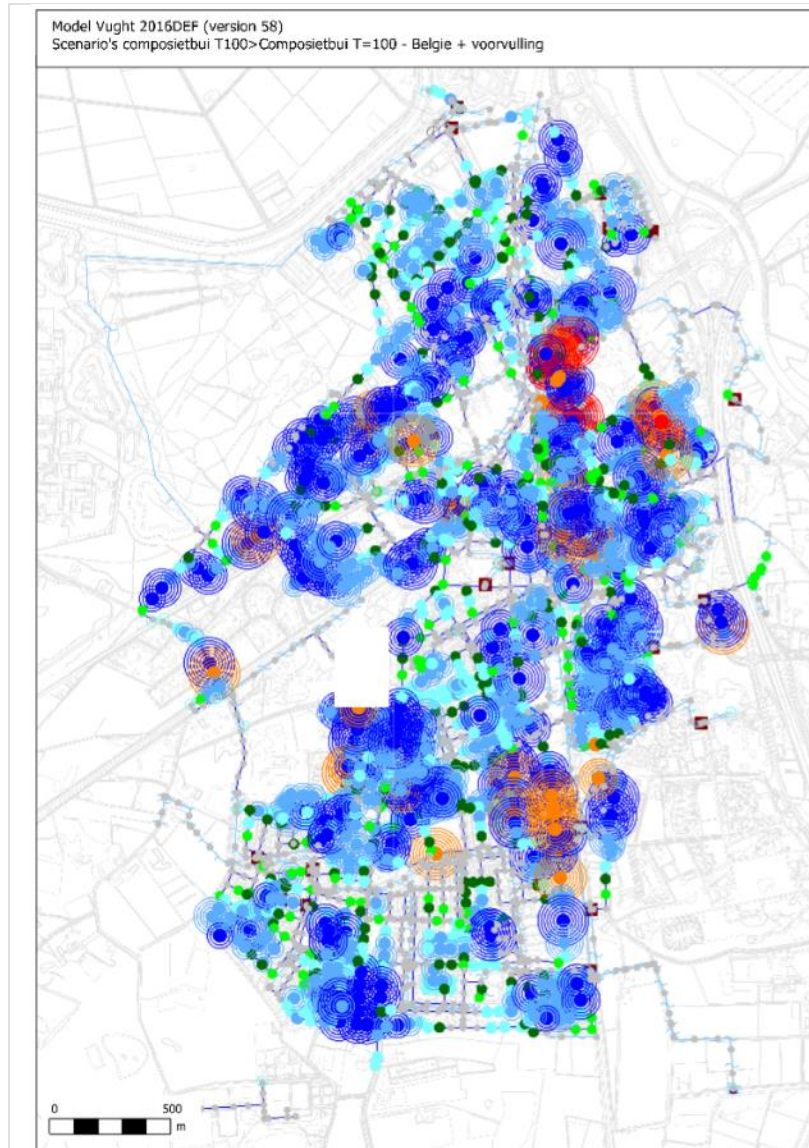


Figuur 6: Huidige situatie – maxima bui 8

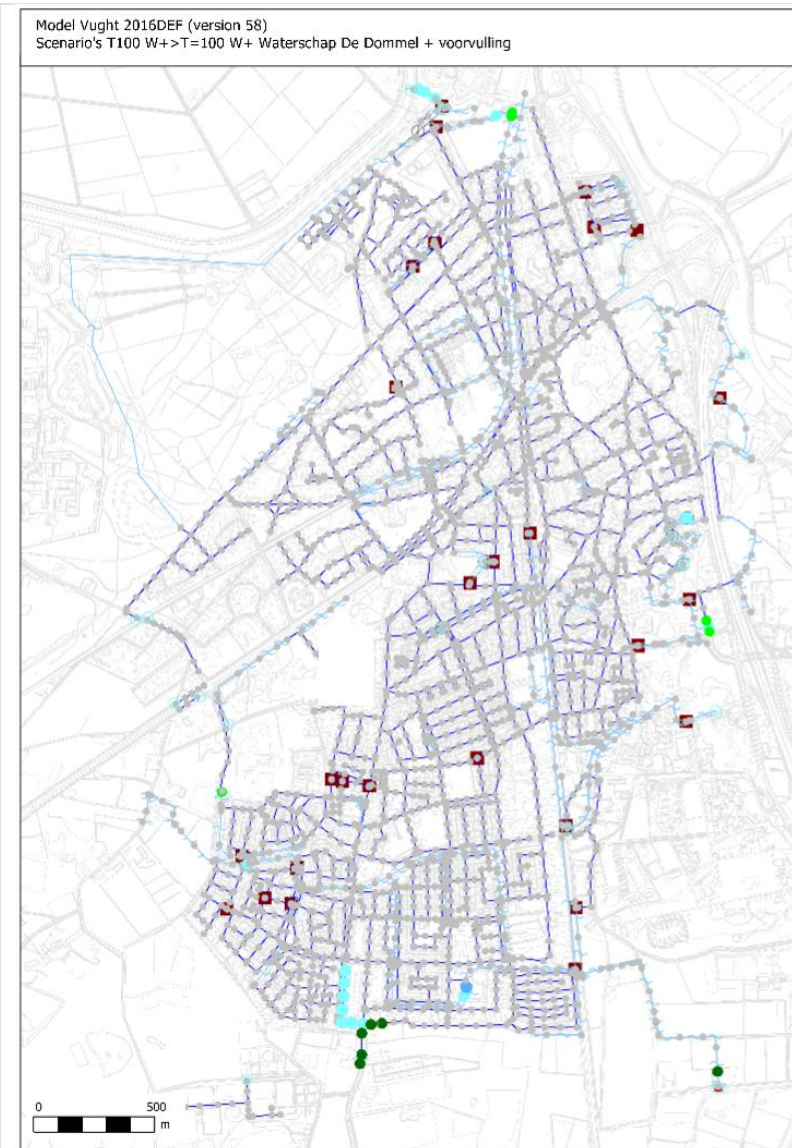


Figuur 7: Huidige situatie – maxima bui 9





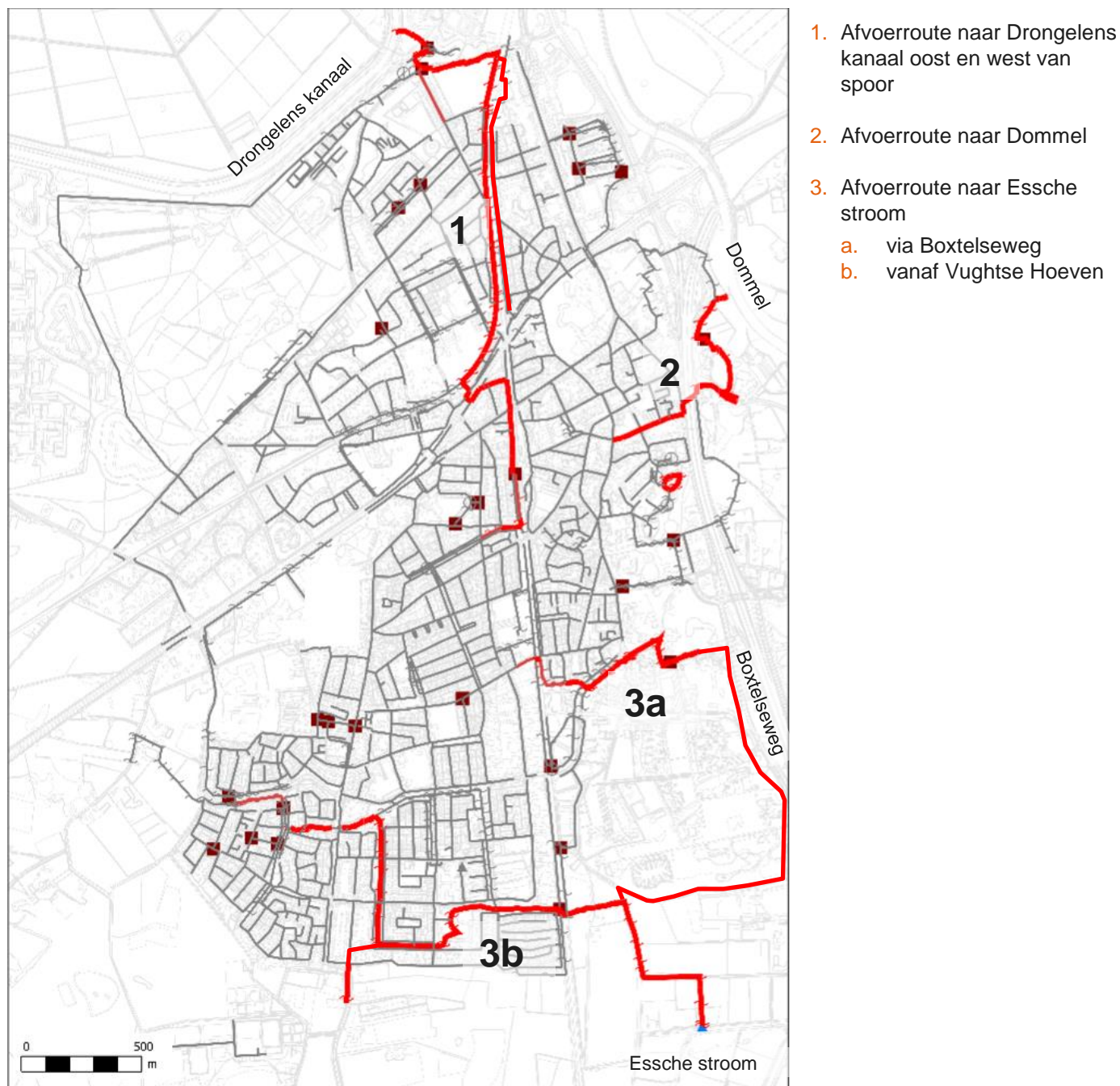
Figuur 8: Huidige situatie – maxima zomerbui T=100



Figuur 9: Huidige situatie – maxima winterneerslag T=100

### 3.2 Bergingscapaciteit

Het watersysteem in de gemeente Vught wordt slechts in beperkte mate gestuwd, waardoor het systeem snel afvoert naar de grenzen van het watersysteem, het regionale oppervlaktewater. De stuwen in het systeem zorgen ervoor dat waar nodig de vijvers niet leegstromen. De stuwen zijn echter niet voorzien van knijpconstructies die het water langer vast kunnen houden en het water gedoseerd afvoeren zodat berging beschikbaar komt. In Figuur 10 zijn met rood de hoofdafvoeren van het watersysteem van Vught naar het regionale oppervlaktewater weergegeven. De dikke grijze lijnen in deze figuur geven de ligging van riolering en watergangen weer, de bruinrode vierkantjes geven de locaties van stuwen en overstortdrempels aan.



Figuur 10: Hoofdafvoeren watersysteem Vught

Op basis van de in paragraaf 2.5 beschreven uitgangspunten is een driedimensionaal model gemaakt van de watergangen die naast de spoorlijn liggen en verdwijnen, of aangepast worden als gevolg van de realisatie van het project PHS Meteren - Boxtel. Vervolgens zijn op basis van dit model de hoeveelheden m<sup>3</sup> bepaald.

*Tabel 3: Overzicht bergingscapaciteit in watergangen*

Gebied	Huidige situatie
Afvoer naar Drongelens kanaal	3.670 m <sup>3</sup>
Afvoer naar De Dommel	460 m <sup>3</sup>
Afvoer naar de Essche stroom	4.340 m <sup>3</sup>
<b>Totaal</b>	<b>.8.470 m<sup>3</sup></b>

In Bijlage A is de onderbouwing van de bergingscapaciteit per gebied weergegeven.

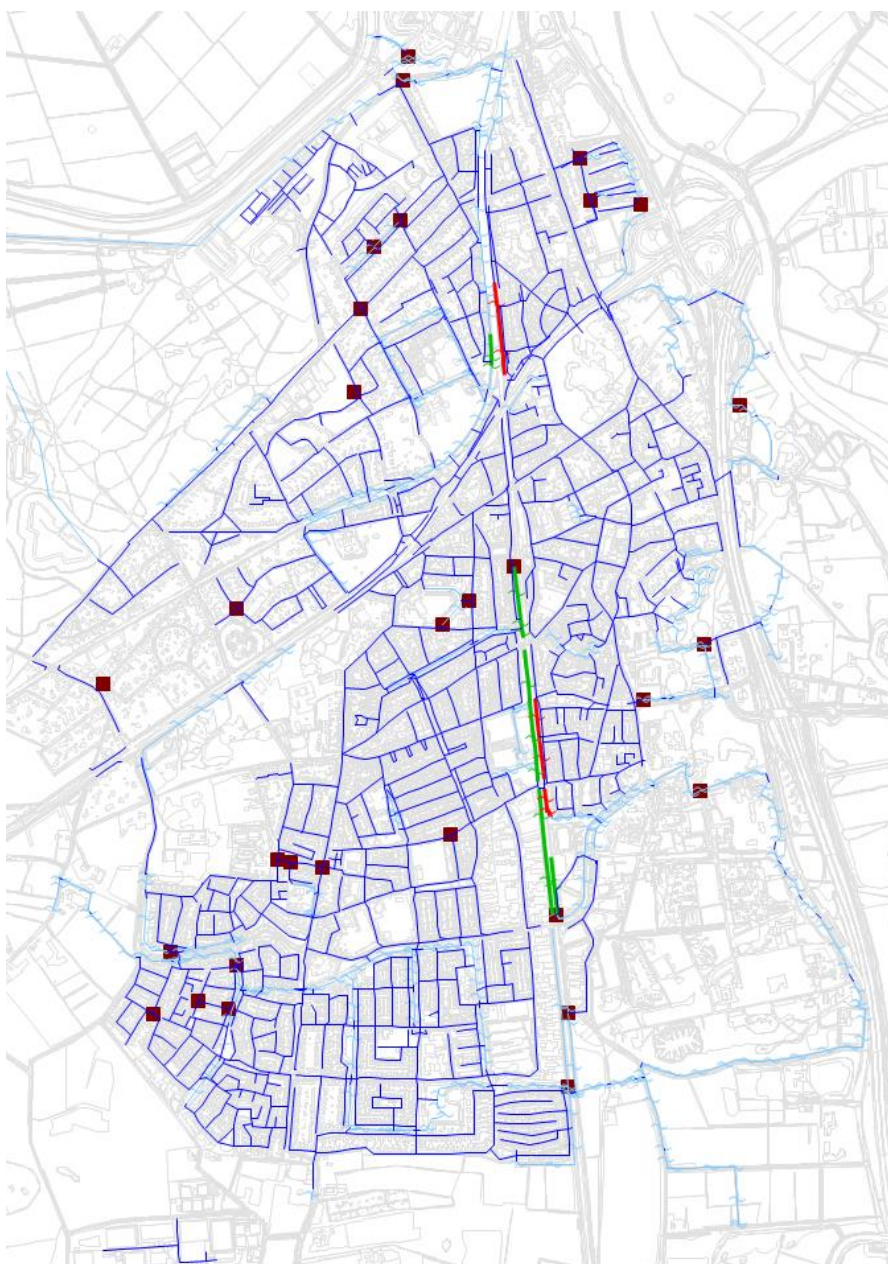


## 4 SITUATIE ZONDER MAATREGELEN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de onderdelen van het watersysteem, die door de uitbreiding van de sporen en het realiseren van de verdiepte ligging in Vught moeten worden verwijderd. Ook wordt duidelijk gemaakt wat de consequenties zijn voor het watersysteem van Vught.

### 4.1 Verwijderde onderdelen watersysteem

In Figuur 11 zijn de onderdelen van het watersysteem weergegeven die dienen te worden verwijderd. Bij het bepalen van de te verwijderen onderdelen is uitgegaan van de ontwerptekeningen. Ter plaatse van de uitbreiding van de sporen en ter plaatse van de constructie van de verdiepte ligging kunnen de te verwijderen onderdelen van het watersysteem niet blijven liggen. Het eventueel benodigde werkterrein is buiten beschouwing gelaten. Er is van uitgegaan dat bij de uitvoering zodanige maatregelen worden genomen dat riolering of watergangen niet worden beschadigd. Bij de uitwerking van het ontwerp dienen hiervoor de voorwaarden te worden bepaald, zodat onderdelen die mogelijk toch beschadigd raken worden hersteld.



- verwijderen in tijdelijke en eindsituatie
- verwijderen tijdelijke situatie

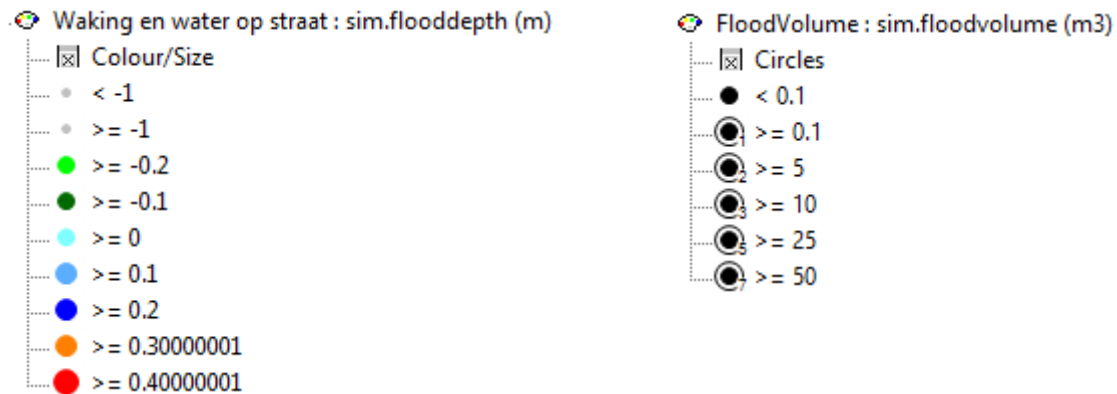
Ten oosten van het spoor worden de onderdelen van het watersysteem die verwijderd moeten worden ook definitief verwijderd. Op die locaties komen onderdelen van de constructie van de verdiepte ligging, nieuwe onderdoorgangen of uitbreiding van sporen. Het nieuwe watersysteem moet daar worden opgeschoven, aangezien er aan de oostzijde waarschijnlijk geen ruimte is om watergangen terug te brengen.

Ten westen van het spoor kan het watersysteem in de meeste gevallen worden hersteld in de oorspronkelijke vorm op de oorspronkelijke locatie. Deze zijn met groen weergegeven in Figuur 11. De met rood aangegeven onderdelen van het watersysteem kunnen niet worden gehandhaafd op hun oorspronkelijke locatie omdat er geen ruimte is om watergangen terug te brengen. Op deze locaties worden alternatieven voor de watergangen aangebracht, meestal zullen dit ondergrondse leidingen zijn.

Figuur 11: Locaties verwijderde riolering en watergangen

## 4.2 Afvoercapaciteit

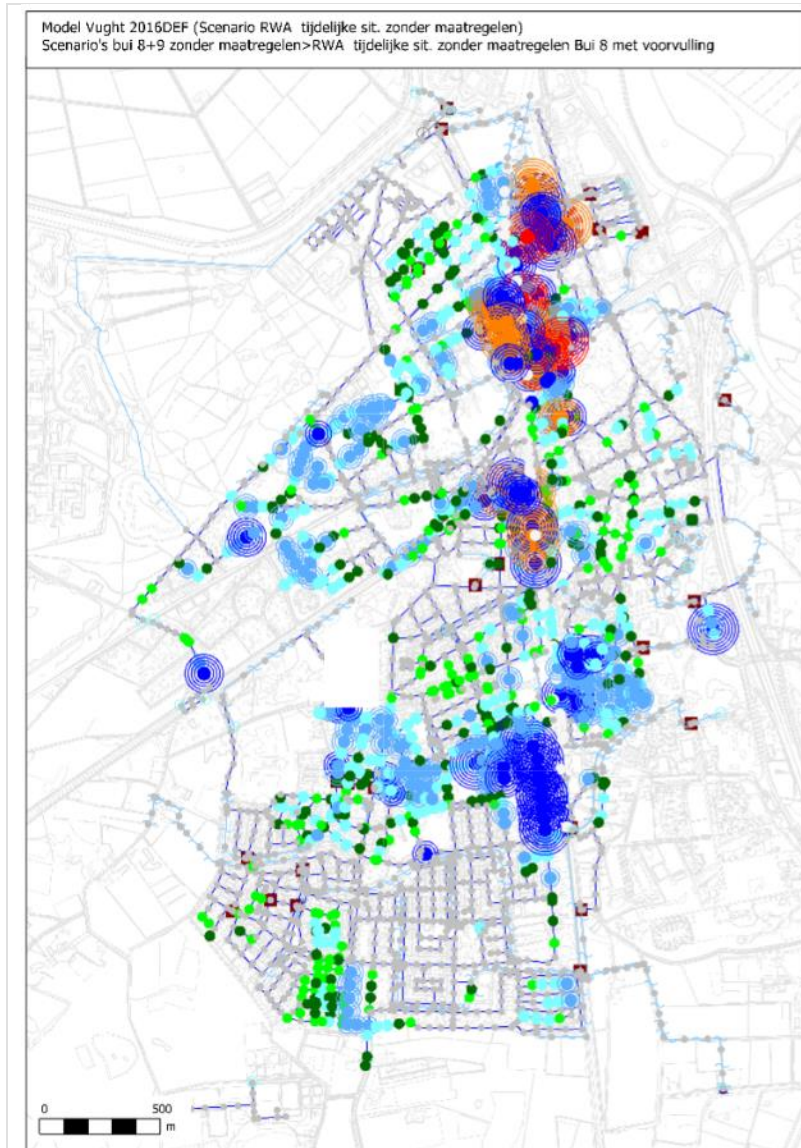
In Figuur 13 tot en met Figuur 16 is een grafische weergave opgenomen van de resultaten van de hydraulische berekeningen. Het betreft de berekeningen van de tijdelijke situatie zonder dat er maatregelen zijn opgenomen om de negatieve effecten te compenseren. In deze afbeeldingen is water op straat weergegeven door middel van kleuren en cirkels. Met de kleuren wordt de waterstand ten opzichte van het maaiveld en/of de straat weergegeven. Als de waterstand boven maaiveld komt is er sprake van water op straat, als de waterstand onder maaiveld blijft is er sprake van waking. Door middel van cirkels wordt het volume van water op straat weergegeven. Het aantal cirkels, 1 tot en met 7 geeft de hoeveelheid weer.



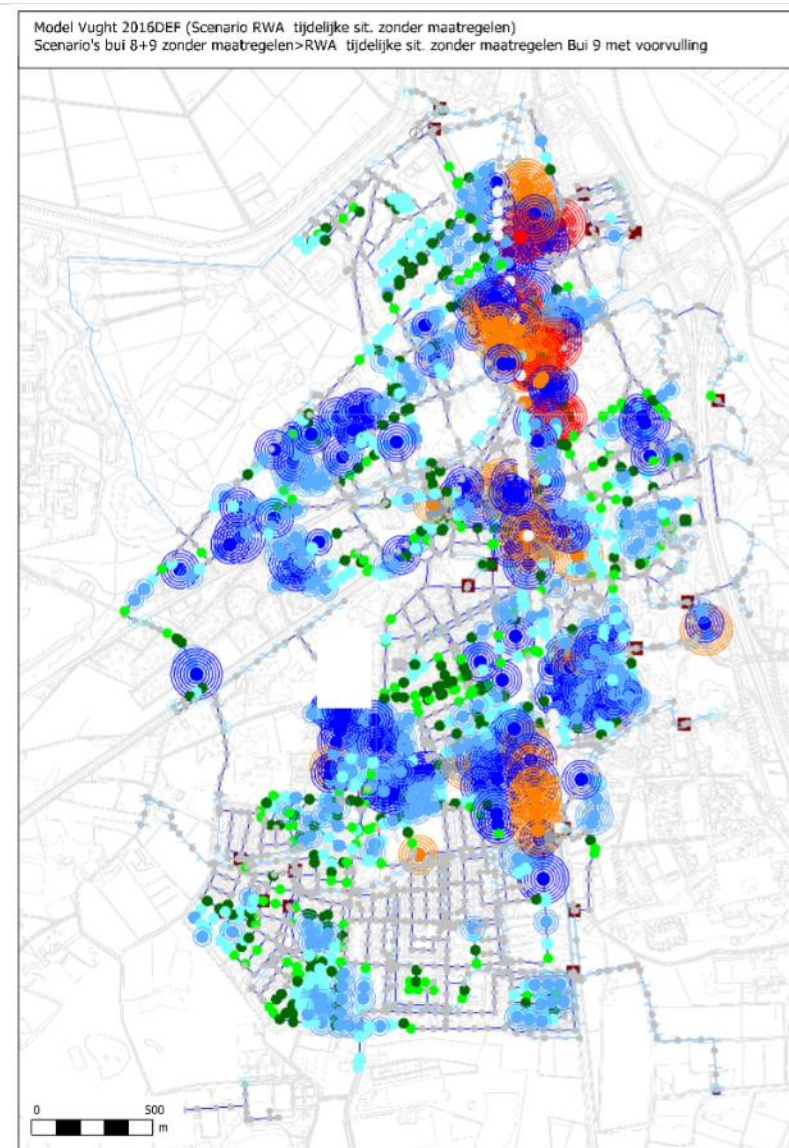
Figuur 12: Legenda water op straat

Uit de resultaten blijkt dat de verwijderde onderdelen belangrijk zijn voor het functioneren van het watersysteem in Vught. Om de effecten te compenseren zijn maatregelen noodzakelijk om de afvoercapaciteit niet te verslechteren ten opzichte van de huidige situatie.



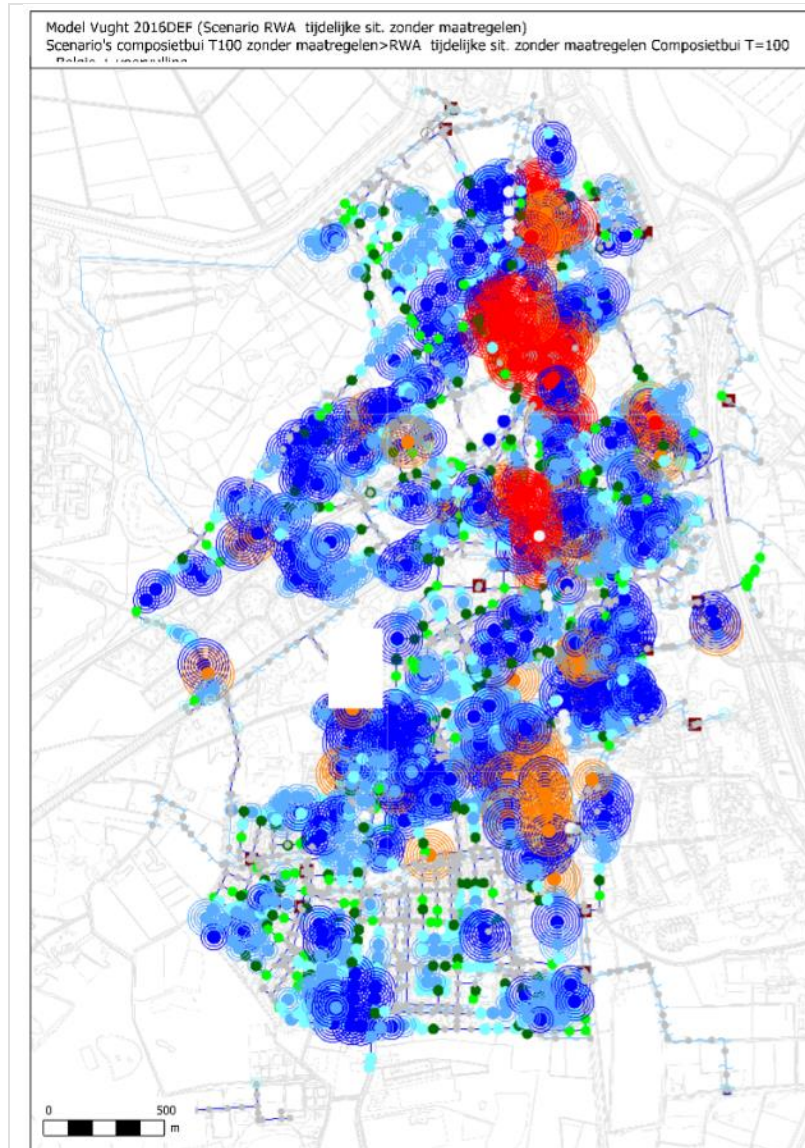


Figuur 13: Tijdelijke situatie zonder maatregelen – maxima bui 8

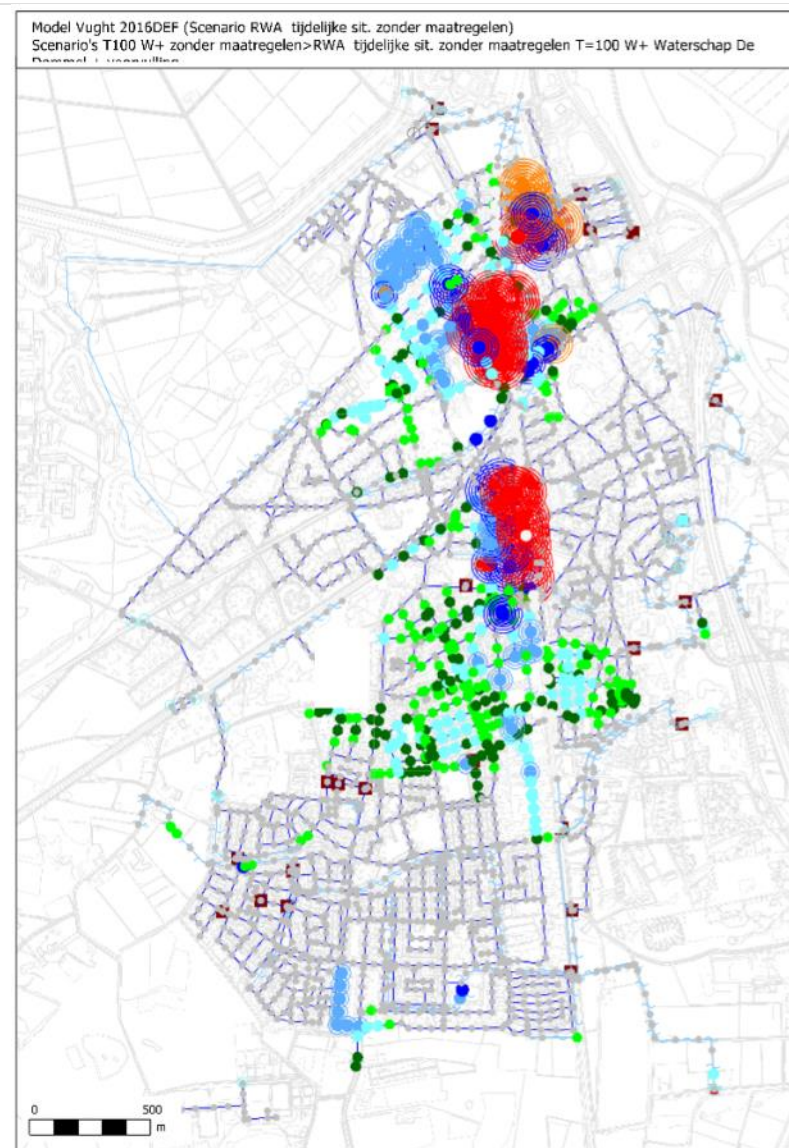


Figuur 14: Tijdelijke situatie zonder maatregelen – maxima bui 9





Figuur 15: Tijdelijke situatie zonder maatregelen – maxima zomerbui T=100



Figuur 16: Tijdelijke situatie zonder maatregelen – maxima winterneerslag T=100



## 5 AFWATERING VERDIEPTE LIGGING

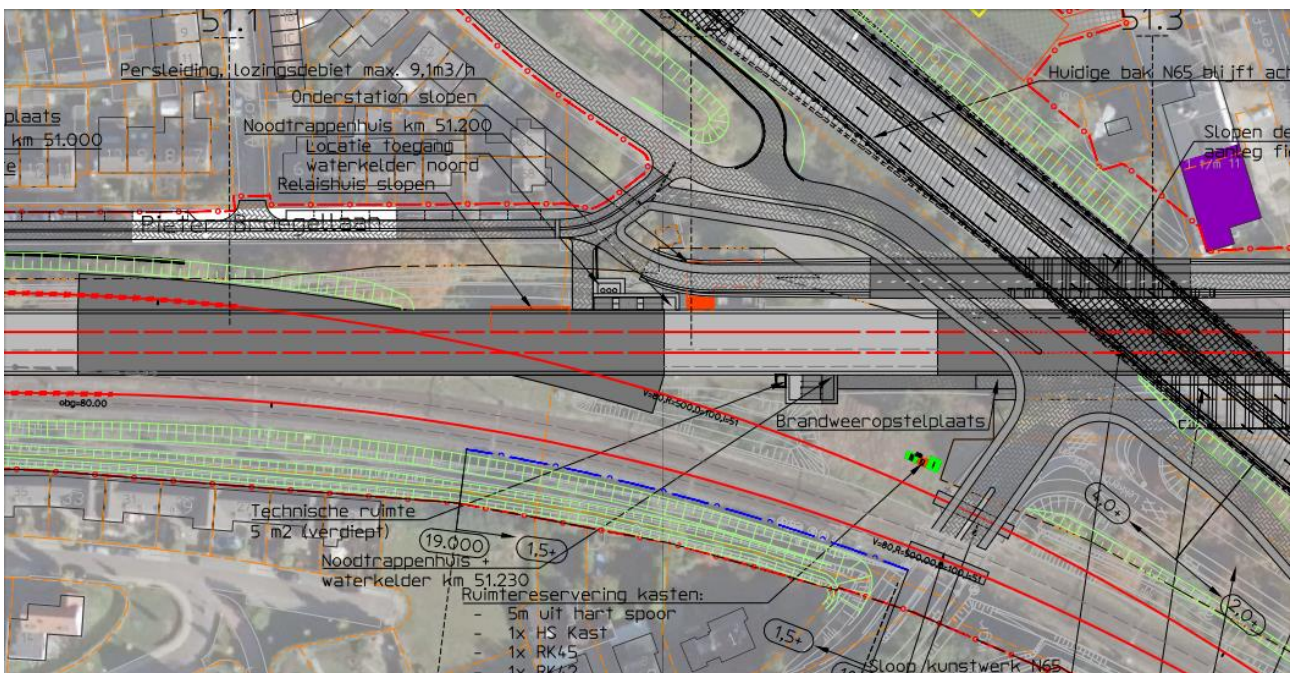
Hemelwater dat op het verdiepte gedeelte van de spoorbaan in Vught valt, wordt afgevoerd naar waterkelders in het kunstwerk. De waterkelders worden uitgevoerd met een zandvang. Het water wat afstroomt van de verdiepte ligging gaat eerste door deze zandvang en komt dan pas in de waterkelders. Het hemelwater wordt afgevoerd uit de waterkelders door middel van pompinstallaties. Uitgangspunt is dat de pompinstallaties lozen op het watersysteem dat bestaat uit de hemelwaterriolering en het oppervlaktewater. De verdiepte ligging wordt beschouwd als nieuwe verharding en de afvoer moet daarom voldoen aan de daarvoor geldende regels uit de Brabant Keur van de Brabantse waterschappen.

De grootte van de waterkelders is afhankelijk van het gewenste beschermingsniveau van de verdiepte ligging, het aangesloten oppervlak en de capaciteit van de pompen die de kelders leegpompen. Voor het ontvangend watersysteem (riolering en oppervlaktewater) is het belangrijk dat het debiet dat door de pompen wordt afgevoerd, kan worden verwerkt door het systeem. Door de waterkelders en pompen op te nemen in het rekenmodel en het functioneren van het watersysteem te controleren met de toetsingsbuien en neerslag wordt dit getoetst. (Deze buien en neerslag zijn beschreven in paragraaf "2.3 Toetsen effecten")

In het huidige ontwerp van de verdiepte ligging zijn drie waterkelders voorzien op de volgende locaties:

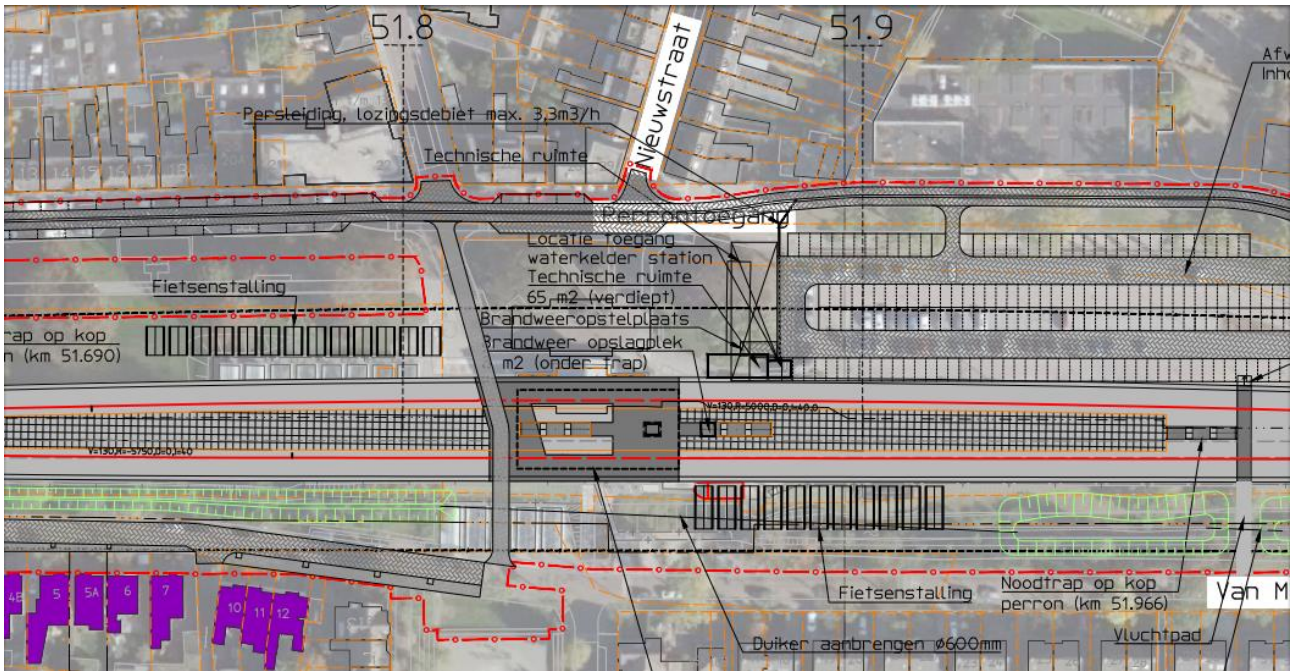
- Noord (km 51.200), afwaterend vloeroppervlak van verdiepte ligging 12.811 m<sup>2</sup>;
- Station (km 51.850), afwaterend vloeroppervlak van verdiepte ligging 4.631 m<sup>2</sup>;
- Zuid (km 52.640), afwaterend vloeroppervlak van verdiepte ligging 12.757 m<sup>2</sup>.

Het totale afwaterende verhard oppervlak van de verdiepte ligging bedraagt 30.199 m<sup>2</sup> (3,02 ha). De locaties van de waterkelders zijn weergegeven in figuur 17, figuur 18 en figuur 19.

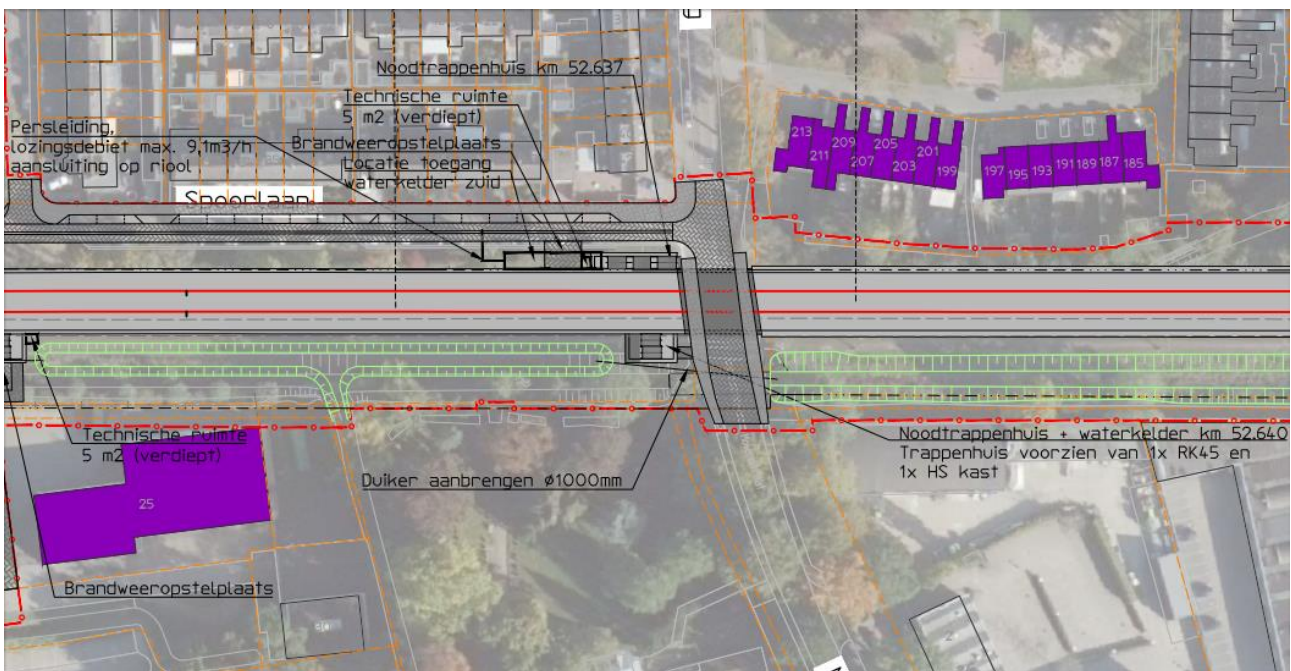


Figuur 17: Locatie waterkelder Noord





Figuur 18: Locatie waterkelder station



Figuur 19: Locatie waterkelder Zuid

## 5.1 Ontwerputgangspunten waterkelders

### 5.1.1 Ontwerpeis ProRail

Het ontwerp van het vloeistofafvoersysteem van de verdiepte ligging dient rekening te houden met de volgende vloeistofstromen:

- Lek-, drainage en condenswater, onder vrij verval opgevangen in de open tunneldelen/verdiepte bak (25 l/dag per m<sup>1</sup>);
- Productvloeistof (bij een calamiteit vrijkomend uit een tankwagon met een maximum van 80 m<sup>3</sup>, op te vangen in de open tunneldelen/verdiepte bak);
- Bluswater, vrijgekomen door blussen in de open of gesloten tunneldelen (blusduur 2 uur);
- Hemelwater, onder vrijval opgevangen in de open tunneldelen/verdiepte bakken (ontwerpbelasting volgens regenduurlijn T = 250 jaar uit het rapport "Extreme-neerslagcurven voor de 21st eeuw, Vaststelling van de voor de ontwerp-toepassingen maatgevende extreme-neerslagcurven", opgesteld door Meteoconsult (oktober 2006) in opdracht van de Bouwdienst Rijkswaterstaat.).

Het vloeistofafvoersysteem moet in staat zijn om 80 m<sup>3</sup> gelekte vloeistof op te vangen in een veilige berging in:

1. Een vloeistofafvoerkelder, te rekenen van eerste inschakelpil tot hoogst toelaatbaar niveau.
2. In het ballastbed, mits het vloeistofniveau ten minste 100 mm onder de bovenkant van het ballastbed blijft.

Deze eisen zijn overgenomen uit het Ontwerpvoorschrift Korte tunnels en verdiepte bakken (Datum van kracht 01-01-2014; Versie 002; Documentnummer: OVS 00030-3) van ProRail.

#### Lekwater

De hoeveelheid lekwater bedraagt per etmaal voor waterkelder Noord (lengte 942 m), waterkelder Station (lengte 279 m) en waterkelder Zuid (lengte 938 m) respectievelijk 23,5 m<sup>3</sup>/dag, 7,0 m<sup>3</sup>/dag en 23,5 m<sup>3</sup>/dag. Hiermee is de hoeveelheid lek-, drainage- en condenswater marginaal ten opzichte de hoeveelheid hemelwater bij T=250 jaar en daardoor niet relevant voor het vaststellen van de benodigde berging in de waterkelderberging en pompcapaciteit.

#### Bluswater

De opvang van het bluswater dat gebruikt wordt bij een calamiteit is van invloed op de benodigde inhoud van de waterkelder. Voor de berekening is aangenomen dat water afkomstig van blussen gedurende 2 uur moet worden opgevangen in een kelder. Volgens het Ontwerpvoorschrift Korte tunnels en verdiepte bakken mag vloeistof (bluswater) ook worden opgevangen in het ballastbed, mits het vloeistofniveau ten minste 100 mm onder de bovenkant van het ballastbed blijft. In het OVS is geen blusdebiet opgegeven.

Volgens de Handleiding Bluswatervoorziening en Bereikbaarheid (van brandweer Nederland) gelden voor spoorvervoer de blushoeveelheden zoals aangegeven in Tabel 4. Hierbij is de hoeveelheid bluswater gerelateerd aan een standaardinzet strategie. Uit Tabel 4 volgt dat het maatgevende hoeveelheid bluswatergebruik neerkomt op 4500 l/min (270 m<sup>3</sup>/u). De herkomst van bluswater is voor de omvang van de waterkelders niet relevant en wordt in deze paragraaf niet behandeld.

Tabel 4: Voorzieningen voor bluswatergebruik voor ongevallen met gevaarlijke Stoffen en transport: Spoorvervoer (bron: Handleiding Bluswatervoorziening en Bereikbaarheid, november 2012; Brandweer Nederland)

Tabel 3B: Voorzieningen voor bluswatergebruik voor OGS en Transport: Spoorvervoer	Geanticipeerd totaal uit alle voorzieningen (l/min)	Primair (l/min)	Afstand 1ste bluswatervoorziening opstelplaats (m)	Secundair/ tertiair (l/min)	Afstand 2/3de bluswatervoorziening opstelplaats (m)
Locomotiefbrand <sup>1</sup>	2.000	Inhoud TS	n.v.t.	2.000	200 of SBV/tankwagen/grootwater-transport/pendelsysteem
Ladingbrand <sup>2</sup>	2.000	0	n.v.t.	2.000	200 of SBV/tankwagen/grootwater-transport/pendelsysteem
Voorkomen BLEVE <sup>3</sup>	4.000-5.000	0	n.v.t.	4.000-5.000	200 of SBV/tankwagen/grootwater-transport/pendelsysteem
Plasbrand <sup>4,5</sup>	4.500	0	n.v.t.	4.500	200 of SBV/tankwagen/grootwater-transport/pendelsysteem
Vrijkomen gevaarlijke lading <sup>6,7</sup>	4.500	0	n.v.t.	4.500	200 of SBV/tankwagen/grootwater-transport/pendelsysteem

Gebaseerd op een bluswateraanvoercapaciteit van 270 m<sup>3</sup>/u komt de kelderinhoud op basis van 2 uur bluswaterberging en 80 m<sup>3</sup> calamiteitenberging (tankwagon) neer op een totaal van 620 m<sup>3</sup> per waterkelder. Hierbij wordt opgemerkt dat er op basis van het OVS geen noodzaak is voor het realiseren van een kelder voor de opvang van deze vloeistoffen.

Uiteraard is het mogelijk dat er tijdens een calamiteit neerslag valt. De kans dat bij een calamiteit 80 m<sup>3</sup> (gevaarlijke) stof/product weglekt, maximaal bluswater wordt ingezet én de maatgevende ontwerp bui valt, wordt verwaarloosbaar geacht.

## Hemelwater

Van de vloeistofstromen is de neerslagbelasting van 83 mm in 100 minuten uit de T=250 jaar regenduurlijn, het grootst. Bij een verhard oppervlak van 30.199 m<sup>2</sup> is de neerslagbelasting circa 2500 m<sup>3</sup>.

### 5.1.2 Compensatie nieuwe verharding conform eisen Waterschap De Dommel

Waterschap De Dommel en de gemeente Vught beschouwen de verdiepte ligging als nieuw verhard oppervlak. Uitgaande van de waterbergingseis in de Brabant Keur van de Brabantse waterschappen is de invulling van de waterberging maatwerk bij een toename van meer dan 10.000 m<sup>2</sup> verhard oppervlak. Ten behoeve van de waterkelders is als uitgangspunt gehanteerd dat voor elke vierkante meter extra verhard oppervlak 60 mm waterberging worden gerealiseerd. Daarbij mag de afvoer maximaal 2 l/s/ha zijn, gerekend over het nieuwe verhard oppervlak. Deze eisen gelden volgens de Brabant Keur formeel voor een toename tussen 2000 en 10.000 m<sup>2</sup>.

Voor de verschillende delen van de verdiepte ligging zijn in Tabel 5 de afzonderlijke bergingsopgave en de afvoer berekend.

Tabel 5: Bergingsopgave en maximale afvoer o.b.v. Keur

Waterkelder	Verhard oppervlak	Bergingsopgave o.b.v. 60 mm	Afvoer o.b.v. 2 l/s/ha
<b>Noord (km 51.23)</b>	12.811 m <sup>2</sup>	769 m <sup>3</sup>	2,6 l/s (9,2 m <sup>3</sup> /h)
<b>Station (km 51.85)</b>	4.631 m <sup>2</sup>	278 m <sup>3</sup>	0,9 l/s (3,3 m <sup>3</sup> /h)
<b>Zuid (km 52.68)</b>	12.757 m <sup>2</sup>	765 m <sup>3</sup>	2,6 l/s (9,2 m <sup>3</sup> /h)
<b>Totaal</b>	<b>30.199 m<sup>2</sup></b>	<b>1.812 m<sup>3</sup></b>	<b>6,1 l/s (21,7 m<sup>3</sup>/h)</b>

Het is op basis van de Brabant Keur niet noodzakelijk dat met de waterkelders en pompen de compensatie van nieuwe verharding wordt ingevuld, dit is naar keuze van de initiatiefnemer.



## 5.1.3 Functioneren stedelijk watersysteem

### Ontwerpbelasting

Het oppervlaktewater en de hemelwaterriolering hebben beiden een lagere ontwerpbelasting en herhalingsstijd dan de ontwerpeis van T=250 jaar van ProRail voor hemelwater. Voor de hemelwaterriolering is dat T=2 jaar tot T=5 jaar. Voor het oppervlaktewatersysteem T=100 jaar. Dit betekent per definitie dat de kans groot is dat het ontvangende watersysteem al wordt overbelast als er sprake is van een ontwerpbelasting van T=250 jaar (tot 83 mm in 100 minuten). De lozing van de waterkelder wordt gesitueerd op locaties waar het watersysteem voldoende afvoercapaciteit heeft. Waar nodig wordt de afvoercapaciteit van het hemelwaterstelsel vergroot.

### Inundatie verdiepte ligging

De gemeente Vught heeft een stresstest neerslagbestendigheid uit laten voeren voor Vught. Daarbij is het systeem getoetst met de op 28 juni 2011 bij KNMI-station Herwijnen gevallen extreme bui van 93 mm in 80 minuten. Deze bui heeft op basis van de laatste neerslagstatistiek een herhalingsstijd van ongeveer 500 jaar.

Uit de stresstest bleek dat het spoor in de huidige situatie bij deze extreme bui niet onder water loopt. In het huidige ontwerp van de verdiepte ligging zijn wanden voorzien die overal ruim boven het maaiveld uitkomen. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat de kans op inundatie van de verdiepte ligging als gevolg van overbelasting van het watersysteem zeer klein is.

De uiteinden van de verdiepte ligging liggen onder maaiveld en zijn daarom gerelateerd aan de grondwaterstand. Een overstroming op maaiveld zet zich in het algemeen niet door onder het maaiveld en beïnvloedt de grondwaterstand niet. Bij de toetsing van de inundatie zijn deze daardoor niet van belang.

## 5.2 Ontwerpkeuze waterkelders

Voor de afwatering van het verdiepte spoor dient voor de waterkelders een passende inhoud en pompcapaciteit te worden gerealiseerd die rekening houdt met de kansen en beperkingen van het ontvangend watersysteem.

### **Pompcapaciteit en inhoud waterkelder**

*Bij waterkelders voor tunnels, viaducten en verdiepte bakken worden de pompcapaciteit en inhoud van de waterkelder op elkaar afgestemd zodat de combinatie van beiden voldoet aan de ontwerpeis die betrekking heeft op de afvoer van hemelwater. Meestal is dit een extreme bui waarbij in korte tijd een grote hoeveelheid neerslag valt. In theorie zijn alle denkbare combinaties van pompcapaciteit en kelderinhoud mogelijk. Bij een hoge pompcapaciteit kan worden volstaan met een kleine kelderinhoud en bij een grote kelderinhoud kan worden volstaan met een kleine pompcapaciteit. Een pomp die de grote hoeveelheid neerslag van de extreme bui in korte tijd kan verwerken, wordt vanwege praktische (pomptechnische) redenen niet toegepast. Daarom is er altijd een waterkelder met een bepaalde inhoud nodig. Een waterkelder met een kelderinhoud die de volledige hoeveelheid neerslag van de extreme bui kan verwerken is het andere uiterste. In die situatie is geen pompcapaciteit nodig om te voldoen aan de ontwerpeis. De waterkelder moet wel worden geledigd dus enige pompcapaciteit is daarvoor wel altijd nodig.*

Geadviseerd wordt om voor de lediging van de waterkelders gebruik te maken van regelbare pompinstallaties. Bijvoorbeeld door middel van meerdere (kleinere) pompen die samen de ontwerp pompcapaciteit behalen of door middel van grotere pompen die niveaugestuurd kunnen worden opgetoerd, met een frequentieomvormer, naar een hogere capaciteit. Op deze wijze kan onder normale neerslagomstandigheden worden volstaan met een geringere pompcapaciteit en een geringere belasting op het watersysteem.

De waterkelder wordt voorzien van twee pompen die werken als elkaars reserve. Bij uitval van de eerste pomp neemt de tweede pomp het over.

## 5.2.1 Varianten

Op basis van de in paragraaf 5.1 beschreven ontwerpuitgangspunten zijn voor de waterkelders drie combinaties van inhoud en pompcapaciteit nader uitgewerkt en er zijn kostenramingen voor gemaakt.

### *Variant 1: Pompcapaciteit gelijk aan afvoernorm*

De pompcapaciteit (afvoer) volgt in deze variant de norm voor compensatie nieuwe verharding en bedraagt 2 l/s/ha. Dit komt neer op 9,1 m<sup>3</sup>/u voor waterkelder Noord en Zuid en op 3,3 m<sup>3</sup>/h voor waterkelder station. De inhoud is gebaseerd op het kunnen verwerken van de hoeveelheid hemelwater bij T=250 jaar en bedraagt 1044 m<sup>3</sup> voor waterkelder Noord en Zuid en 377 m<sup>3</sup> voor waterkelder Station. De berekende inhoud is daardoor groter dan de 60 mm volgens de bergingsopgave. Deze variant komt neer op maximaal bergen en minimaal afvoeren. Met deze variant wordt de waterbergingsopgave voor compensatie van nieuwe verharding volledig in de waterkelder gerealiseerd en hoeft hiervoor in het watersysteem, buiten de verdiepte ligging, geen berging meer te worden gerealiseerd. Door de grotere inhoud is dit een gunstige variant in het kader van klimaatadaptatie.

### *Variant 2: Opvang bluswater 620 m<sup>3</sup>*

De inhoud van de waterkelders is gebaseerd op de opvang van bluswater gedurende 2 uur. Deze variant heeft per waterkelder een inhoud van 620 m<sup>3</sup> (2 uur bluswater + 80 m<sup>3</sup> calamiteitenberging). De pompcapaciteit is gebaseerd op het kunnen verwerken van de hoeveelheid hemelwater bij T=250 jaar. Voor waterkelder Noord en Zuid bedraagt deze ongeveer 275 m<sup>3</sup>/h. Voor waterkelder Station is om te voldoen aan de ontwerp eis ten aanzien van hemelwater van ProRail geen pompcapaciteit nodig. Wel is er pompcapaciteit nodig voor lediging van de waterkelder.

### *Variant 3: Pompcapaciteit 400 m<sup>3</sup>/h*

Voor deze variant wordt uitgegaan van een pompcapaciteit van 400 m<sup>3</sup>/h. Voor dit debiet is gekozen omdat bij een pompcapaciteit van 400 m<sup>3</sup>/h in principe nog gebruik kan worden gemaakt van een persleiding met een diameter van 315 mm. Bij een hoger capaciteit is een grotere persleiding nodig. Deze capaciteit wordt gebruikt als de kelder helemaal gevuld wordt bij extreme neerslag, zoals de door ProRail vereiste ontwerpbelasting. Door middel van een regeling is de capaciteit tijdelijk te beperken tot orde grootte 40% van de maximale capaciteit wat voldoende is bij normale gebeurtenissen.

De resultaten van de berekeningen voor de drie combinaties zijn weergegeven in tabel 6. Onder de varianten staan het uitgangspunt voor de berekening schuingedrukt en het resultaat van de berekening is onderstreept. Bij variant 1 en 3 zijn de pompcapaciteiten het uitgangspunt en bij variant 2 de inhoud van de kelders.

Tabel 6: Inhoud en pompcapaciteit per waterkelder per variant

Waterkelder	Variant 1		Variant 2		Variant 3	
	Pompcapaciteit gelijk aan afvoernorm		Opvang bluswater 620 m <sup>3</sup>		Pompcapaciteit 400 m <sup>3</sup> /h	
	<i>Pompcap.</i> [m <sup>3</sup> /u]	<u>Inhoud</u> [m <sup>3</sup> ]	<i>Pompcap.</i> [m <sup>3</sup> /u]	<i>Inhoud</i> [m <sup>3</sup> ]	<i>Pompcap.</i> [m <sup>3</sup> /u]	<u>Inhoud</u> [m <sup>3</sup> ]
<b>Noord (km 51.23)</b>	9,1	<u>1044</u>	<u>275</u>	620	400	<u>493</u>
<b>Station (km 51.85)</b>	3,3	<u>377</u>	<u>0*</u>	620	400	<u>79</u>
<b>Zuid (km 52.68)</b>	9,1	<u>1044</u>	<u>274</u>	620	400	<u>485</u>

\*: Volgens berekening geen capaciteit nodig voor opvang van extreme neerslag, in praktijk wel capaciteit nodig voor ledigen waterkelder.

Uit tabel 6 volgt dat variant 1 leidt tot de grootste inhoud voor de waterkelders en door het hanteren van een lage afvoer leidt dit ook tot ledigingstijden voor de waterkelders tot bijna 5 dagen. Een grotere kelderinhoud heeft hogere directe bouwkosten vanwege het grotere volume dat onder de verdiepte ligging in Vught moet worden gerealiseerd. De kosten voor pompinstallatie zijn vanwege de lage pompcapaciteiten lager. Dit weegt echter niet op tegen de hogere bouwkosten voor de kelder. Daarnaast vormt de lange ledigingstijd een risico

met betrekking tot beschikbaarheid van de waterkelder voor volgende buien of een calamiteit. Bij deze variant voldoen afvoer en inhoud van de waterkelders aan de eisen uit de Brabant Keur en aan de ontwerpisen van ProRail. Het is bij deze variant niet nodig om buiten de waterkelders nog extra bergingscapaciteit te realiseren.

Variante 2 is gebaseerd op een benodigde kelderberging van 620 m<sup>3</sup> op basis van bluswater en calamiteitberging. Dit beperkt de benodigde pompcapaciteit. Bij variante 2 is voor waterkelder station de inhoud van de waterkelder groter dan dat er bij een bui van T=250 jaar kan vallen, hierdoor is de extra pompcapaciteit nihil (0). Enige pompcapaciteit is uiteraard wel nodig voor lediging van de waterkelder. Bij de andere waterkelders is de ledigingstijd van een volle 620 m<sup>3</sup> waterkelder ruim 2 uur en een kwartier. De pompcapaciteit (275 m<sup>3</sup>/u) komt voor deze twee waterkelders (noord en zuid) overeen met een lozingsdebiet van 60 l/s/ha. Bij deze variante voldoet waterkelder Station aan de eisen uit de Brabant Keur voor de compensatie van nieuw verhard oppervlak alleen als er gekozen wordt voor een pompcapaciteit van 3,3 m<sup>3</sup>/u (2 l/s/ha). Voor waterkelder noord en zuid is de afvoer (60 l/s/ha) nog vele malen groter dan de eis van 2 l/s/ha. Er wordt wel voldaan aan de ontwerpisen van ProRail.

Bij variante 3 is sprake van de kortste ledigingstijden vanwege de maximaal aangenomen pompcapaciteit. Met het begrenzen van de pompcapaciteit tot 400 m<sup>3</sup>/u wordt bereikt dat de minimaal benodigde pompcapaciteit bij normale neerslaggebeurtenissen in de orde grootte van 150 m<sup>3</sup>/u ligt. De pompcapaciteit (400 m<sup>3</sup>/u) komt voor de noordelijke en zuidelijke waterkelder overeen met een afvoer van 87 l/s/ha en voor de waterkelder station met een afvoer van 240 l/s/ha. Deze hoeveelheden zijn vele malen hoger dan de afvoernorm van 2 l/s/ha. In deze variante voldoet geen van de waterkelders aan de eisen voor de compensatie van nieuw verhard oppervlak van het waterschap. De afvoer is met 87 l/s/ha voor noord en zuid en 240 l/s/ha voor waterkelder station vele malen groter dan 2 l/s/ha. Er wordt wel voldaan aan de ontwerpisen van ProRail.

## 5.2.2 Ontwerpkeuze

Uit de beschouwing van de varianten blijkt dat alleen variante 1 voldoet aan de eisen uit de Brabant Keur van de Brabantse waterschappen (compensatie van nieuwe verharding) en aan de ontwerpisen van ProRail. Variante 2 voldoet wel aan de ontwerpisen van ProRail maar alleen waterkelder Station voldoet aan de eisen uit de Keur. In variante 3 voldoet geen van de waterkelders aan de eisen uit de Keur.

Voor variante 2 en 3 is het dus het noodzakelijk om bergingscapaciteit te realiseren om te voldoen aan de eisen uit de Keur. Deze bergingscapaciteit kan worden gerealiseerd door watergangen/waterpartijen binnen de kern Vught te gebruiken voor waterberging. Hiervoor mogen alleen watergangen en waterpartijen worden gebruikt die niet van belang zijn voor de afvoer van het watersysteem van Vught. Deze bergingsvoorzieningen moeten zo worden ingericht dat ze voldoende bergingscapaciteit hebben en dat ze de afvoer naar het watersysteem voldoende beperken. Binnen het ontwerp zijn deze watergangen/waterpartijen niet beschikbaar in de directe nabijheid van de waterkelders. Uit de gemaakte kostenramingen blijkt dat de aanleg van persleidingen naar geschikte locaties voor variante 2 en 3 zo duur is dat variante 1 uitkomt op de laagste kosten.

In het bestuurlijk overleg van 12 december 2018 is er vanwege de grote bergingscapaciteit en daarmee het gunstigste effect ten aanzien van klimaat, en vanwege de laagste kosten gekozen voor het realiseren van waterkelders volgens variante 1. De nieuwe verharding van de verdiepte ligging wordt daarmee volledig gecompenseerd. Bij de uitwerking is voor de inhoud uitgegaan van de afgeronde volumes van 1000 m<sup>3</sup> voor zowel waterkelder Noord als waterkelder Zuid en van 400 m<sup>3</sup> voor waterkelder station.

## Lozingspunten

Zoals eerder vermeld is het uitgangspunt voor het bepalen van de lozingspunten dat de pompinstallaties lozen op de hemelwaterriolering en het oppervlaktewater. Vanwege de beperkte capaciteit van de vuilwaterriolering staat de gemeente Vught niet toe om daarnaartoe af te voeren.

De opties die er zijn voor de lozingspunten zijn enerzijds locaties binnen de kern van Vught, op watergangen vlakbij de waterkelders en anderzijds locaties buiten de kern van Vught. Buiten de kern van Vught zijn dit locaties waar berging kan worden gerealiseerd. Door de keuze voor variante 1 is er sprake van lage lozingsdebieten die in principe op elke locatie binnen het watersysteem kunnen worden geloosd. In het ontwerp is daarom gekozen voor locaties die dichtbij de waterkelders liggen. Dit leidt ertoe dat de

lozingspunten allemaal zijn gesitueerd op een inspectieput van de hemelwaterriolering aan de oostzijde van het spoor. De lozingspunten zijn weergegeven in figuur 17, figuur 18 en figuur 19.

Het infiltreren van hemelwater is geen optie omdat grootschalige infiltratie in de kern van Vught niet inpasbaar is. Infiltratie is een langzaam proces wat niet aansluit op de ontwerpeis die is bepaald door een extreme bui. Infiltratie is een alternatief als er voldoende oppervlakte en volume in de nabijheid van de projectlocatie aanwezig is. In de nabijheid van de waterkelders zijn deze locaties niet aanwezig.

In de hydraulische berekeningen met het InfoWorks rekenmodel zijn de waterkelders en pompen met de berekende lozingsdebieten opgenomen. In de toetsing van de afvoercapaciteit wordt zo het effect van de lozing getoetst. De afvoercapaciteit van het hemelwaterstelsel blijkt hier groot genoeg om het lozingsdebiet te kunnen verwerken. Het lozingsdebiet is door de ontwerpkeuze, ook bij extreme buien, maar een fractie van de hoeveelheden die door de rest van het stedelijk gebied wordt afgevoerd.

## Waterkwaliteit

De waterkelders worden uitgevoerd met een zandvang, het water wat afstroomt van de verdiepte ligging gaat eerst door deze zandvang en komt dan pas in de waterkelders. Deze zandvang zorgt ervoor dat de zand- en slibdeeltjes, waaraan het grootste deel van de vervuiling zicht hecht, kunnen bezinken zodat er vanuit de waterkelders schoon water naar het watersysteem wordt verpompt.

Koper-deeltjes die vrijkomen bij de wrijving van een bovenleiding van een spoorbaan en de pantograaf van een trein, en op de (deel) verharding in de buurt van een spoorbaan terecht komen, worden met de stroming van regenwater weggespoeld naar (in dit geval) een waterkelder.

Wanneer zich, na een langere periode van droogte, de waterkelder vult met regenwater, kan de concentratie koper-deeltjes in dit regenwater hoog zijn.

In het Activiteitenbesluit milieubeheer is gezocht naar wet- en regelgeving omtrent het lozen van het hierboven omschreven water op het oppervlaktewater. Deze activiteit staat niet specifiek omschreven. Wel wordt er omschreven hoe om te gaan met de op- en overslag van inerte goederen (opgeslagen metalen op een verhard terrein) (Paragraaf 3.4.3 van het Activiteitenbesluit Milieubeheer). Artikel 3.33, 3.34 en Tabel 3.34 geven richting aan een emissiegrenswaarde. Met betrekking tot koper (zware metalen) staat een emissiegrenswaarde vermeld van 1 mg per liter (1ppm). Wij houden deze grenswaarde aan voor het te spuien water, afkomstig van de waterkelder.

Het plaatsen van het eerdergenoemde zandfilter tussen de waterkelder en het spuipunt van het regenwater naar het oppervlaktewater, verlaagt de koper-deeltjes concentratie in het te spuien water. De kans op het overschrijden van de emissiegrenswaarde van 1ppm koper wordt door het toepassen van dit zandfilter nihil.

Bij een pompcapaciteit van 10m<sup>3</sup>/h (pomp in waterkelder) en een filterbed snelheid van 10m/h, is een filterbed met een oppervlak van 1m<sup>2</sup> en een hoogte van ca. 1,4 meter voldoende.

De technische uitvoering van een filter is relatief eenvoudig. Het filter is een (rechthoekige) betonnen bak met een oppervlak van ca. 1m<sup>2</sup> en een hoogte van ca. 2 meter.

Onderhoud aan het filter bij een doorslag van koper (als gevolg van verzadiging van het filterbed), behelst het verwijderen en hervullen van het filterzand zijn (door de stroming van-onder-naar-boven, zijn de onderhoudsintervallen lager dan wanneer het filter van-boven-naar-onder stroomt).

Bij een calamiteit moeten de pompen op afstand worden uitgeschakeld en geblokkeerd tegen automatische herinschakeling. Na een calamiteit dient het mogelijk te zijn binnen 24 uur de vloeistof uit de kelders naar tankwagens af te voeren (bron: Ontwerpvoorschrift korte spoortunnels en verdiepte bakken, ProRail)



## 6 TIJDELIJKE SITUATIE MET MAATREGELLEN

Uit de resultaten van de berekeningen van de tijdelijke situatie zonder maatregelen blijkt dat er een aanzienlijk effect is op het functioneren van de riolering en het oppervlaktewatersysteem in de gemeente Vught. Nagenoeg overal verslechtert de situatie: de waterstanden zijn aanzienlijk hoger. Naast een verhoging van de waterstanden verandert ook de afvoer op het regionale oppervlaktewatersysteem doordat een groot deel van de bergingscapaciteit door het aanpassen en dempen van watergangen verdwijnt.

Om inzicht te krijgen in de benodigde maatregelen is onderzocht welke maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten te compenseren. Daarbij is onderscheid gemaakt in maatregelen ten aanzien van: bergings- en afvoercapaciteit van het watersysteem en maatregelen in het rioolstelsel voor vuilwater.

### 6.1 Maatregelen bergingscapaciteit

#### 6.1.1 Opgave

De bergingscapaciteit die verdwijnt is weergegeven in Tabel 7. In Bijlage A is de onderbouwing van de bergingscapaciteit per gebied weergegeven.

Tabel 7: Overzicht bergingscapaciteit in watergangen

Gebied	Huidige situatie	Tijdelijke situatie	Tekort
Afvoer naar Drongelens kanaal	3.670 m <sup>3</sup>	1.580 m <sup>3</sup>	- 2.090 m <sup>3</sup>
Afvoer naar De Dommel	460 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	- 460 m <sup>3</sup>
Afvoer naar de Essche stroom	4.340 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	- 4.340 m <sup>3</sup>
<b>Totaal</b>	<b>8.470 m<sup>3</sup></b>	<b>1.580 m<sup>3</sup></b>	<b>- 6.890 m<sup>3</sup></b>

Voor de tijdelijke situatie bestaat de opgave naast de compensatie voor het verdwijnen van de bestaande ook uit de toename van nieuwe verharding als gevolg van de aanleg van de verdiepte bak zelf. Deze opgave bedraagt 1812 m<sup>3</sup>. De totale opgave voor de tijdelijke situatie komt daarmee uit op 8.702 m<sup>3</sup>.

Zoals beschreven in paragraaf 5.2 Ontwerpkeuze waterkelders is ervoor gekozen om grote waterkelders te realiseren die ruimschoots kunnen voorzien in de bergingsopgave voor de nieuwe verharding.

#### 6.1.2 Locaties bergingsvoorzieningen

Door het vervallen van watergangen in de tijdelijke situatie verdwijnt veel van de bergingscapaciteit van het huidige watersysteem. In de nabijheid van de verdiepte ligging van het project zijn geen locaties waar in de tijdelijke situatie bergingscapaciteit kan worden gerealiseerd.

In het proces dat samen met ProRail, de waterschappen, de gemeente en de provincie is doorlopen zijn de volgende locaties en opties nader beschouwd:

- Fort Isabella - Buitengracht en Noordvijver
- Loskoppelen Fort Isabella
- Reutseplas
- Parkeerplaats station Vught
- Groensche Hoeven
- Werkterrein Kettingweg
- Pompen naar Vught Noord
- Pompen vanuit Vughtse Hoeven
- Gement
- Lunetten

Navolgend worden de locaties en opties kort beschreven. De overige kenmerken, randvoorwaarden en kansen voor dit gebied zijn opgenomen in factsheets die zijn opgenomen in bijlage B.

## Fort Isabella - Buitengracht en Noordvijver

Fort Isabella ligt in het noorden van Vught in de nabijheid van het Drongelens Kanaal. Wat betreft ligging is dit een ideale locatie voor waterberging. In het gebied liggen 2 locaties die in aanmerking komen voor waterberging. De eerste locatie is de voormalige Buitengracht, deze ligt buiten de regionale kering, hierin kan 1.500 m<sup>3</sup> berging worden gerealiseerd. De Noordvijver is de tweede locatie, deze ligt binnen de regionale kering, hierin kan 1350 m<sup>3</sup> berging worden gerealiseerd. Voor het gebruik van deze locatie is overeenstemming met de eigenaar/ontwikkelaar van dit gebied nodig. Na overleg met de eigenaar/ontwikkelaar is de Noordvijver als locatie afgefallen.

## Loskoppelen Fort Isabella

Fort Isabella kan worden losgekoppeld van het stedelijke watersysteem van Vught door het water van de bestaande en nieuwe verharding af te voeren naar een laaggelegen zone aan de oostzijde binnen de stercontour. Het verharde oppervlak van Fort Isabella loost in de huidige situatie op de Isabellavijver, dit huidige oppervlak is 4,4 ha. Het nieuwe oppervlak bedraagt circa 0,35 ha. Door het verharde oppervlak van Fort Isabella af te koppelen van het stedelijk systeem van Vught en te lozen op een wadi in de lageregelegen stercontour van het terrein komt ruimte vrij in het watersysteem van Vught. Bij een verhard oppervlak van 4,75 ha en een bergingsopgave van 60 mm komt dit overeen met een volume van 2.850 m<sup>3</sup>. Voor het gebruik van deze locatie is overeenstemming met de eigenaar/ontwikkelaar van dit gebied nodig.

## Reutseplas

De Reutseplas ligt in het noorden van Vught, net ten oosten van het spoor. In de bestaande situatie watert het noordoostelijk deel van Vught via deze plas af naar het noorden en uiteindelijk via Fort Isabella naar het Drongelens Kanaal. Door in de Reutseplas een peilstijging te realiseren van 20 centimeter kan hierin 1360 m<sup>3</sup> berging worden gerealiseerd. Voor het gebruik van deze locatie is wel overeenstemming met de eigenaren van deze plas nodig in verband met de hoogte van aanwezige vlonders.

## Parkeerplaats station Vught

Het parkeerterrein aan de oostzijde van het station wordt opnieuw ingericht. Dit biedt mogelijkheden om ondergrondse berging (bijvoorbeeld in de vorm van infiltratiekragen) te realiseren. In het ontwerp is ervan uitgegaan dat op deze bergingsvoorziening de verhardingen van het parkeerterrein wordt aangesloten. In totaal is dit circa 4.700 m<sup>2</sup> verhard oppervlak, uitgaande van een bergingsopgave van 60 mm moet er een bergingsvoorziening met een inhoud van 280 m<sup>3</sup> worden aangelegd.

Op deze locatie zijn kansen om het water van een groter oppervlak te laten infiltreren. Dit zijn de verhardingen die aan de oostzijde in de nabijheid van het station worden aangepast en een gedeelte van de kap en het voorterrein van het nieuwe station. In totaal is dit circa 9.600 m<sup>2</sup> verhard oppervlak, uitgaande van een bergingsopgave van 60 mm moet dan een bergingsvoorziening met een inhoud van 576 m<sup>3</sup> worden aangelegd. Deze oppervlakken zijn niet meegenomen in het ontwerp.

Bij het onderzoeken van deze optie is ook gekeken naar het benutten van een bergingsvoorziening op deze locatie voor de opvang van water van de stations- en zuidelijke pompkelder. Vanwege hogere kosten is deze optie vervallen.

## Groensche Hoeven

Het gebied Groensche Hoeven is een geplande ontwikkeling ten zuiden van Vught. In het voor dit plan ontworpen watersysteem is een grote overcapaciteit beschikbaar. De bergingsopgave voor het zuiden van Vught, zijnde 4.480 m<sup>3</sup>, kan hier in zijn geheel worden opgevangen. Bij deze hoeveelheid is bij een peilstijging van 50 centimeter een wateroppervlak nodig van circa 9000 m<sup>2</sup>. Dit is ongeveer 25% van het totale wateroppervlak dat in dit gebied gepland is. Voor het gebruik van deze locatie is wel overeenstemming met de eigenaar/ontwikkelaar van dit gebied nodig.

## Werkterrein Kettingweg

Het geplande werkterrein van het project PHS Meteren-Boxtel aan de Kettingweg kan via twee opties worden ingericht om dienst te doen als waterberging. Hiermee wordt extra berging in het watersysteem van Vught gerealiseerd. Om de waterberging te vullen zijn leidingen nodig vanaf de kruising van de Wolfskamerweg met de Industrieweg en vanaf de watergang aan de noordzijde van de Laagstraat. De leidingen liggen buiten de constructie die nodig is voor de onderdoorgang Wolfskamerweg.

Optie 1 is om het werkterrein aan de Ketting als bovengrondse bergingsvoorziening in te richten, waardoor er circa 2.000 m<sup>3</sup> berging kan worden gerealiseerd. Het gehele werkterrein is in deze optie ingericht als waterberging. Bij deze optie kan het werkterrein niet worden gebruikt voor de oorspronkelijke bedachte functie.

Optie 2 is het realiseren van een ondergrondse bergingsvoorziening waarbij er infiltratiekratten, of een gelijkwaardige constructie, onder het werkterrein gelegd met een bergingscapaciteit van circa 1.800 m<sup>3</sup>. Het voordeel hiervan is dat het terrein met inachtneming van technische randvoorwaarden, bijvoorbeeld ten aanzien van bovenbelasting, wel gebruikt kan worden als werkterrein. Een nadeel is dat het realiseren van tijdelijke waterberging relatief kostbaar is door het gebruik van infiltratiekratten.

Het is ook mogelijk om in het aannemingscontract op te nemen dat op het werkterrein deze hoeveelheid water dient te worden geborgen en de aannemer zelf een oplossing ontwerpt voor de combinatie werkterrein- tijdelijke waterberging (bijvoorbeeld keten op palen, opslag / parkeren op vlonders). De kosten zijn naar verwachting in dat geval veel lager dan bij toepassing van infiltratiekratten.

Deze maatregel heeft als nadeel dat een gepland werkterrein niet gebruikt kan worden en wordt daarom nog niet meegenomen als definitieve maatregel. Voor aanvang van de werkzaamheden dient duidelijk te zijn of (en op welke manier) het mogelijk is om het gewenste aantal m<sup>3</sup> berging te realiseren op het werkterrein Kettingweg.

## Pompen naar Vught noord

De maatregel pompen naar Vught noord gaat uit van het verpompen van een aanzienlijke hoeveelheid water tijdens neerslag vanuit het zuiden van Vught naar het noorden. In het zuiden verdwijnen in de tijdelijke situatie de grote watergangen ten westen van het spoor tussen de Michiel de Ruyterweg en de Wolfskamerweg. Door het verpompen van water wordt er in het zuiden ruimte in het watersysteem gecreëerd zodat minder compensatie nodig is. Voor deze maatregelen wordt uitgegaan van het aanleggen van een pomp van 400 m<sup>3</sup>/h gemaal in de tijdelijke duiker ten zuiden van de Molenstraat. Van hieruit wordt het water verpompt en via een persleiding afgevoerd naar watergang ZL48. Watergang ZL48 is de eerste watergang die een dergelijke hoeveelheid kan verwerken. Een voorwaarde voor deze optie is dat de aanvoer via tijdelijke duikers naar de pomp gewaarborgd is. Verder is ook een juiste aansturing en regeling van de pomp noodzakelijk voor een goede werking. Deze maatregel werkt minder goed bij kortdurende (1 à 2 uur) hevige buien. De tijd is bij die buien te kort om een grote hoeveelheid water te verpompen waardoor de nog resterende bergingscapaciteit in het systeem niet direct beschikbaar is.

## Pompen vanuit Vughtse Hoeven

Vughtse Hoeven is een woonwijk die enigszins tegen de maaiveldhoogte in op dit moment in oostelijke richting afstroomt door de woonwijk Baarzen naar de westzijde van het spoor en van daaruit naar gemaal Beukenhorst.

De gedachte achter de maatregel 'pompen vanuit Vughtse Hoeven naar bergingslocatie' is het beter benutten van de waterpartijen in de wijk door het plaatsen van stuwen en het verlagen van het peil in de watergangen met een pomp. In het rood is in onderstaande figuur de wijk Vughtse Hoeven omcirkeld. Uit nadere analyse van de afwatering blijkt dat de landelijke afvoer van het ten westen hoger gelegen gebied via deze watergangen afwatert. Om deze afvoer in stand te houden zou een gemaal moeten worden geïnstalleerd om de afwatering te waarborgen. Dit zou geen duurzame maatregel zijn. Deze optie vervalt daardoor en is niet verder uitgewerkt.

## Gement

De Gement is het landelijke gebied wat ten noorden van het Drongelens Kanaal ligt. Het noorden van dit gebied wordt gebruikt voor de bescherming van 's-Hertogenbosch bij hoogwater (HOWABO). In theorie zou dit gebied gebruikt kunnen worden voor waterberging. Het water uit Vught zou dan verpompt moeten worden naar de noordzijde van het Drongelens Kanaal. In het bestuurlijk overleg is door de waterschappen aangegeven dat dit gebied niet gebruikt mag worden als waterberging voor de projecten PHS Meteren-Boxtel en N65. Dit gebied is daarom niet verder uitgewerkt.

## Lunetten

De Lunetten van defensie liggen in het noordwesten van Vught, op ongeveer 2 kilometer afstand van het spoor. Ten opzichte van Loonsebaan, bij de spoorkruising, ligt het maaiveld in de nabijheid van de meest zuidelijke lunet ongeveer 1 meter hoger. Voor het project PHS en de afvoer van het noordelijke deel van Vught liggen de lunetten daardoor ongunstig. In het kader van het project PHS zijn de Lunetten daarom niet verder beschouwd. Voor de waterberging van het project N65 liggen de Lunetten veel gunstiger en zullen in dat project nader worden beschouwd.

### 6.1.3 Conclusie bergingscapaciteit tijdelijke situatie

De totale bergingscapaciteit die in de tijdelijke situatie op basis van de kenmerken van de locaties kan worden gerealiseerd is ruim voldoende om te voldoen aan de opgave. Het verlies van bergingscapaciteit in de tijdelijke situatie en de nieuwe verharding van de verdiepte ligging wordt daarmee volledig gecompenseerd. In Tabel 8 zijn de hoeveelheden met betrekking tot de opgave en de te realiseren maatregelen weergegeven.

Tabel 8: Overzicht bergingscapaciteit in watergangen in de tijdelijke situatie

Gebied	Tekort of overschot	Maatregelen
Afvoer naar Drongelens kanaal	- 2.090 m <sup>3</sup>	Fort Isabella - Buitengracht: 1.500 m <sup>3</sup> Loskoppelen Fort Isabella: 2.850 m <sup>3</sup> Reutseplas: 1.360 m <sup>3</sup> Totaal: 5.710 m <sup>3</sup>
Afvoer naar De Dommel	- 460 m <sup>3</sup>	Parkeerplaats station 280 m <sup>3</sup>
Afvoer naar de Essche stroom	- 4.340 m <sup>3</sup>	Groensche Hoeven 4.500 m <sup>3</sup>
Waterkelders	- 1.812 m <sup>3</sup>	Waterkelders 2.400 m <sup>3</sup>
<b>Totaal</b>	<b>- 8.702 m<sup>3</sup></b>	<b>12.890 m<sup>3</sup></b>

## 6.2 Maatregelen rioolstelsel vuilwater

Het vuilwaterriool ligt in de Aert Heymlaan en de Van Mierstraat zo dicht langs het tijdelijke spoor dat het niet gehandhaafd kan blijven. Het bestaande riool wordt verwijderd en in het ontwerp is een tijdelijk vuilwaterriool onder de tijdelijke rijbaan voorzien.

In de Isabellastraat watert het vuilwaterriool af in zuidelijke richting onder de Loonsebaan door. Door de aanleg van de onderdoorgang Loonsebaan kan deze situatie niet in stand blijven. Doordat het vuilwaterriool in de Loonsebaan hoger ligt kan het vuilwaterriool niet meer onder vrij verval afwateren. In het ontwerp is uitgegaan van een gemaal om het water van de Isabellastraat op te pompen naar het vuilwaterriool in de Loonsebaan. De technische haalbaarheid van deze maatregel dient nog te worden onderzocht.

Het bestaande vuilwaterstelsel van Vught heeft op één locatie een kruising met het spoor. Deze kruising ligt ter hoogte van het rioolgemaal in de Molenvenseweg. Deze kruising ligt ten noorden van de verdiepte ligging en dient te worden aangepast vanwege de ouderdom van de leiding en omdat deze verlengd dient te worden. Bij het aanpassen van deze leiding moet rekening worden gehouden met de trilling reducerende

ondergrondse constructie (TROC). De technische haalbaarheid van deze maatregel dient nog te worden onderzocht.

Op andere locaties zijn geen maatregelen nodig aan het vuilwaterstelsel.

### 6.3 Maatregelen afvoercapaciteit

De maatregelen om in de tijdelijke situatie voldoende afvoercapaciteit te creëren zijn in Figuur 18 weergegeven. In de onderstaande opsomming in Tabel 9 en Tabel 10 zijn de maatregelen beschreven.

De technische haalbaarheid en inpasbaarheid van de maatregelen is door ProRail, de gemeente Vught en Aveco de Bondt getoetst in het proces Kabels en Leidingen Derden. Waar nodig zijn kleine aanpassingen gedaan in het ontwerp van de riolering of het K&L-tracé zodat de maatregelen toch mogelijk zijn.

Tabel 9: Tijdelijke situatie – Maatregelen westelijk van de spoorbaan

Nr.	Locatie	Maatregel
1	Onderdoorgang Loonsebaan	De duiker Ø1.250 mm, die de spoorwegovergang kruist, kan niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. Deze wordt vervangen door een leiding Ø1.250 mm, die aan de westzijde om de onderdoorgang heen gaat en deze vervolgens aansluit op de riolering in de Verlengde Kampdijklaan. De riolering in de Verlengde Kampdijklaan dient te worden vergroot tot Ø1.250 mm. De riolering ter plaatse wordt aan deze leiding gekoppeld.
2	Spoorsloot tussen Loonsebaan en Aert Heymlaan	De watergang van de Loonsebaan tot aan de Aert Heymlaan, die hier tussen de woningen (Margrietstraat) en de spoorbaan ligt, kan grotendeels gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. Aan de achterzijde van Margrietlaan 23 tot en met 37 komt een leiding Ø1.250 mm in plaats van de watergang. De uitlaat van de riolering ten zuiden van Margrietlaan 23 wordt aan deze duiker gekoppeld. De duiker Ø700 mm onder de Aert Heymlaan moet vanwege een te krappe afvoercapaciteit worden verruimd naar Ø1.000 mm.
3	Wijk tussen Aert Heymlaan en spoorlaan	De afvoercapaciteit van het rioolstelsel van de woonwijk tussen de Aert Heymlaan en de spoorbaan is in de huidige situatie heel beperkt. In de tijdelijke situatie zou in de wijk zelf water op straat ontstaan als er geen maatregelen worden genomen. Door het verruimen van het huidige riool Ø200 mm in het zuidelijk deel van de Johan Frisolaan naar Ø300 mm en het maken van extra verbindingen Ø300 mm wordt het water in de wijk beter verdeeld. Water op straat treedt daardoor in de tijdelijke situatie niet meer op.
4	Nieuwe Heikantstraat	De afvoercapaciteit in het riool in de Nieuwe Heikantstraat Ø500 mm is aan de krappe kant en het verruimen van het riool naar Ø700 mm is nodig om ervoor te zorgen dat de situatie in het zuidelijk deel van de Aert Heymlaan en de Van Miertstraat in de tijdelijke situatie niet te veel verslechterd.
5	Aert Heymlaan	Het riool in de Aert Heymlaan (Ø300 mm en Ø500 mm) tussen de A65/N65 en de Helvoirtseweg kan niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. Naast de tijdelijke spoorbaan komt hier een leiding Ø500 mm voor in de plaats. De ruimte is hier in de tijdelijke situatie erg beperkt. Hetzelfde geldt voor het vuilwaterriool wat in dit tracé ligt, hiervoor wordt een tijdelijk vuilwaterriool Ø300 mm gelegd.
6	Van Miertstraat noordelijk deel	In de Van Mierstraat kan het huidige riool Ø500 mm van de Helvoirtseweg tot aan het Versterplein niet gehandhaafd blijven. Naast de tijdelijke spoorbaan komt hier een leiding Ø500 mm voor in de plaats. De ruimte is hier in de tijdelijke situatie erg beperkt. Hetzelfde geldt voor het vuilwaterriool wat in dit tracé ligt, hiervoor wordt een tijdelijk vuilwaterriool Ø300 mm gelegd.

Nr.	Locatie	Maatregel
7	Van Miertstraat zuidelijk deel	In de Van Mierstraat kan de watergang van de Helvoirtseweg tot aan de Esschestraat niet gehandhaafd blijven. Naast de tijdelijke spoorbaan komt hier onder de rijbaan in de Van Miertstraat een leiding Ø500 mm voor in de plaats. Het bestaande riool Ø500 mm en Ø200 mm komt daarbij te vervallen. Dat betekent dat alle aansluitingen op het nieuwe riool moeten worden aangesloten. Om het water in het oppervlaktewater bij de Van de Polstraat op niveau te houden moet een nieuwe stuw worden geplaatst, omdat de stuw iets noordelijker in de Van Mierstraat niet gehandhaafd kan blijven.
8	Spoorsloot tussen Esschestraat en Molenstraat	De watergang tussen de Esschestraat en de Molenstraat, die hier parallel aan de spoorbaan ligt kan niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. Hiervoor in de plaats wordt een vervangende leiding Ø500 mm gelegd.
9	Duiker Molenstraat/ Repelweg	Als gevolg van de verdiepte ligging van het spoor kan de duiker Ø600 mm onder de spoorbaan ter hoogte van de Molenstraat/Repelweg niet gehandhaafd blijven. Als alternatief hiervoor wordt er een duiker Ø1.000 mm onder het spoor gelegd net ten noorden van de nieuwe onderdoorgang Wolfskamerweg/Laagstraat.
10	Spoorsloot tussen Molenstraat en Wolfskamerweg/ Laagstraat	De watergang van de Molenstraat tot aan de Wolfskamerweg/Laagstraat, die hier tussen de bedrijven aan de Industrieweg en de spoorbaan ligt, kan niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. Naast de tijdelijke spoorbaan komt hier een leiding Ø1.000 mm voor in de plaats. De uitlaten van de bedrijven moeten op deze leiding worden aangekoppeld.
11	Industrieweg en onderdoorgang Wolfskamerweg/ Laagstraat	Doordat de watergang langs het spoor van de bedrijven aan de Industrieweg vervalt neemt de afvoercapaciteit van het systeem in deze omgeving af. Om dit te compenseren is het nodig om in een deel van de Industrieweg de riolering te verruimen van Ø300 mm en Ø400 mm naar Ø700 mm en een koppeling te maken met de duiker Ø1.000 mm in de watergang en de nieuwe duiker Ø1.000 mm, die hier de spoorbaan kruist.

Tabel 10: Tijdelijke situatie – Maatregelen oostelijk van de spoorbaan

Nr.	Locatie	Maatregel
12	Laagstraat / Kettingweg	Door maatregel 9, 10 en 11 neemt de hoeveelheid water die door de riolering in De Schakel en de Laagstraat toe. De overstorten aan de Schakel, nabij de nieuwe duiker Ø1.000 mm en in het zuiden aan de Kettingweg worden verwijderd in de tijdelijke situatie. Ook komt er een verbinding (Ø500 mm) tussen de riolering in de Laagstraat en de naastgelegen watergang. Hiermee verbetert de doorstroming vanuit het westen naar het oosten van Vught. Om water op straat te voorkomen, dienen een drietal knellende leidingen te worden vergroot in de Laagstraat en Kettingweg. Aanvullend op deze maatregel kan ook nog een verbinding worden gemaakt tussen de riolering in de Kettingweg en de sloot langs de Lage Dwarsstraat.
13	Spoorlaan / Repelweg	De watergang, die tussen de Akkerstraat en de Repelweg parallel aan de Spoorlaan ligt, kan niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. In de rijbaan van de Spoorlaan komt hiervoor een leiding Ø800 mm voor in de plaats. Deze leiding wordt verlengd door de Repelweg richting de watergang ten zuiden van de Repelweg. De uitlaten van de riolering worden aan deze leiding gekoppeld.
14	Woonwijk tussen Spoorlaan en Wolfskamerweg/ Laagstraat	De afvoercapaciteit van het rioolstelsel van de woonwijk tussen de Spoorlaan en de Wolfskamerweg/Laagstraat is in de huidige situatie beperkt. In de tijdelijke situatie zou in de wijk zelf water op straat ontstaan, als er geen maatregelen worden genomen. Door het maken van extra verbindingen (Ø300 mm en Ø600 mm) wordt het water in de wijk beter verdeeld. Water op straat treedt daardoor in de tijdelijke situatie niet meer op.
15	Duikers Glorieuxlaan	De duikers Ø600 mm in de watergang, die parallel aan de Glorieuxlaan liggen hebben in de tijdelijke situatie een te beperkte afvoercapaciteit. Deze duikers worden verruimd naar Ø800 mm.

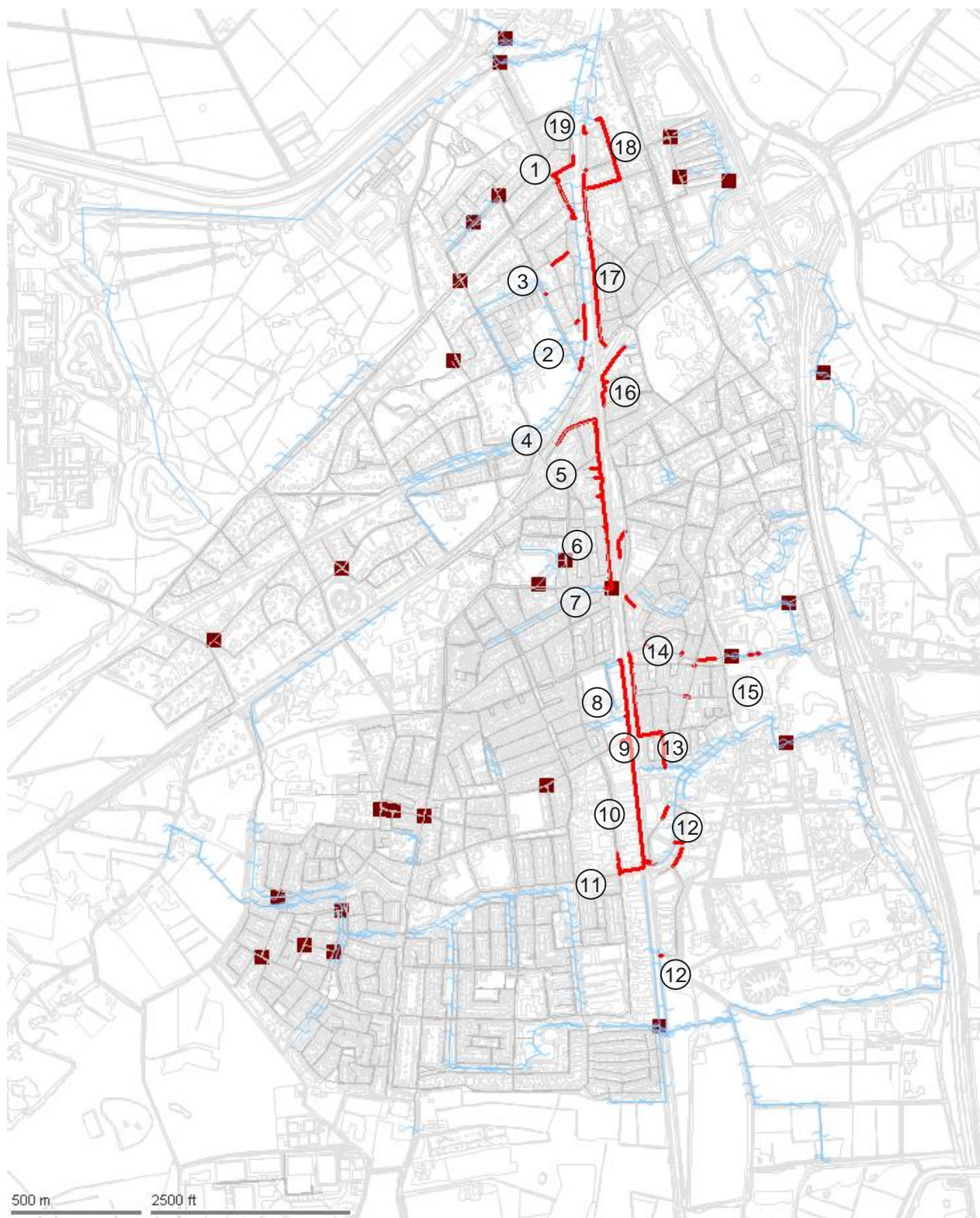


- 
- |                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>16</b> Rembrandtlaan tussen N65 en Heikantstraat            | <p>In de Rembrandtlaan kan het riool Ø300 mm tussen de A65 en de Heikantstraat niet gehandhaafd blijven. Naast de bak van het verdiepte spoor komt hier een leiding Ø300 mm voor in de plaats. De ruimte is hier in de tijdelijke situatie erg beperkt.</p> <p>De watergang tussen de N65 en de Rembrandtlaan wordt ten behoeve van de aanleg van een werkterrein voor de aanpassing van de N65 vervangen door een duiker Ø500 mm.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <hr/>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>17</b> Spoorstoot Pieter Bruegellaan en duiker Molenvensweg | <p>De watergang en duiker Ø700 mm, die parallel aan de Pieter Bruegellaan en de Molenvensweg liggen, kunnen niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. Het is voor de afvoercapaciteit niet nodig om de watergang in het zuiden van de Pieter Bruegellaan te compenseren. Echter, vanwege de water op straat situatie nabij de N65, wordt de leiding in de Pieter Bruegellaan vergroot tot een Ø 700 mm om de afvoercapaciteit te vergroten. Vanaf de Vincent van Goghlaan moet deze watergang wel gecompenseerd worden. Tussen de Vincent van Goghlaan en de Loonsebaan komt hier een leiding variërend van Ø600, Ø800 en Ø900 mm voor in de plaats.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <hr/>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>18</b> Onderdoorgang Loonsebaan                             | <p>De duiker Ø700 mm, die in de huidige situatie de Loonsebaan kruist, kan niet gehandhaafd blijven door de aanleg van de onderdoorgang en de fietstunnel. De betonnen constructie van de onderdoorgang Loonsebaan blokkeert de aanleg van de nieuwe grote leidingen vanaf de Molenvensweg naar de Loonsebaan. De afvoer naar de westzijde van het spoor is daardoor niet mogelijk. In overleg met de gemeente en ProRail is een afvoer vanaf de Molenvensweg via Wilhelminalaan, de Victorielaan en de Albertusstraat naar de Reutseplas uitgewerkt met een diameter van respectievelijk Ø900, Ø1.000 en Ø1.250 mm. Op het einde van de Albertusstraat kan relatief eenvoudig een nieuw lozingspunt op de Reutseplas worden gemaakt, ter plaatse is voldoende ruimte.</p> <p>Het vuilwaterriool wat hier de Loonsebaan kruist kan niet gehandhaafd blijven. Doordat het vuilwaterriool in Loonsebaan hoger ligt kan het vuilwaterriool niet meer onder vrij verval afwateren. Er wordt een gemaal gerealiseerd om het afvalwater van de Isabellastraat op te pompen naar het vuilwaterriool in de Loonsebaan.</p> |
| <hr/>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>19</b> Isabellastraat                                       | <p>Door het vervallen van de duiker Ø700 mm, die in de huidige situatie de Loonsebaan kruist kan het water van de Isabellastraat niet goed meer weg, door een verbinding in de vorm van een leiding Ø300 mm, te maken met de bestaande uitlaat naar de Reutseplas (aan de westzijde van de plas) is er weer voldoende afvoercapaciteit beschikbaar.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
- 

De bergingscapaciteit in leidingen die worden verwijderd in de tijdelijke situatie worden niet gecompenseerd vanwege de beperkte inhoud. In de eindsituatie wordt dit ruimschoots gecompenseerd in de nieuwe watergangen.

Om de ontwatering ter plaatse van watergangen die worden gedempt te waarborgen, worden ter plaatse van deze watergangen waterdoorlatende buizen gelegd die worden aangebracht in goed doorlatend zand. Als het niet mogelijk is om waterdoorlatende buizen aan te leggen, bijvoorbeeld omdat deze niet beschikbaar zijn voor de grotere afmetingen, worden er drainagebuizen gelegd zodat de ontwatering ter plaatse van de gedempte watergangen is gewaarborgd.

Ter plaatse van de spoorwegovergangen Loonsebaan en Wolfskamerweg worden in de eindsituatie onderdoorgangen gerealiseerd. Het hemelwater wat op de hellingbanen terecht komt, wordt afgevoerd naar het diepste punt van de ondergang en daar verzameld in een pompkelder. Van daaruit wordt het water via een pomp en persleiding afgevoerd naar het watersysteem.



Figuur 20: Maatregelen tijdelijke situatie (de nummers corresponderen met de beschreven maatregelen in Tabel 9 en Tabel 10)

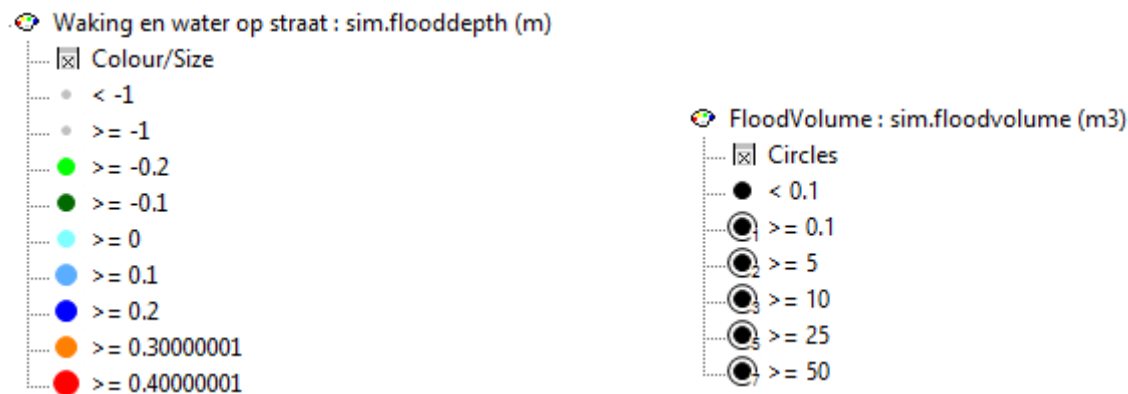
Enkele maatregelen vereisen de aanleg van grote leidingen als compensatie van watergangen die in de tijdelijke situatie worden gedempt. Deze maatregelen zijn getoetst op praktische haalbaarheid. Alle maatregelen zijn haalbaar, wel komen op een aantal locaties leidingen dicht bij de spoorbaan te liggen waardoor wellicht aanvullende beschermingsmaatregelen nodig zijn. Dit dient bij de uitwerking te worden afgestemd met de vergunningverleners en beheerders.



Als een maatregel door onvoorziene omstandigheden niet door kan gaan is het noodzakelijk dat de consequenties daarvan nader worden onderzocht en dat er een alternatieve maatregel wordt bedacht. De alternatieve maatregel dient te worden getoetst met behulp van het rekenmodel van het watersysteem.

## 6.4 Toetsing afvoercapaciteit

In Figuur 23 tot en met Figuur 28 is een grafische weergave opgenomen van de resultaten van de hydraulische berekeningen. Het betreft de berekeningen van de tijdelijke situatie met maatregelen om de negatieve effecten te compenseren bij bui 8 en bui 9 en de zomerbui en de winterneerslag T=100. In deze afbeeldingen is water op straat weergegeven door middel van kleuren en cirkels. Met de kleuren wordt de waterstand ten opzichte van het maaiveld en/of de straat weergegeven. Als de waterstand boven maaiveld komt is er sprake van water op straat, als de waterstand onder maaiveld blijft is er sprake van waking. Door middel van cirkels wordt het volume van water op straat weergegeven. Het aantal cirkels, 1 tot en met 7 geeft de hoeveelheid weer.

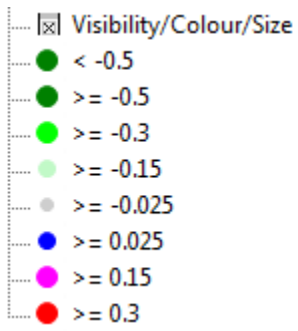


Figuur 21: Legenda water op straat

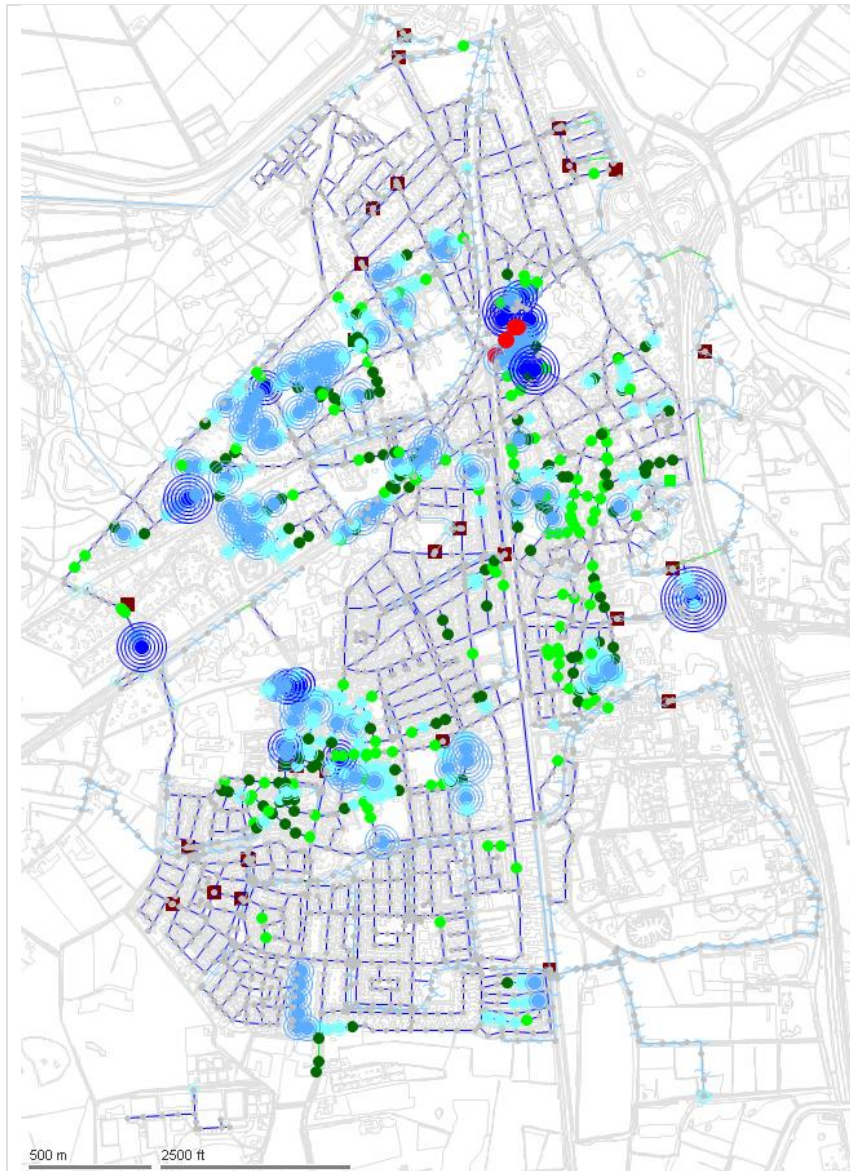
**Vergelijking met huidige situatie:** Om de effecten van de maatregelen inzichtelijk te maken zijn de maximale waterstanden van de tijdelijke situatie, die volgen uit de berekeningen, vergeleken met de maximale waterstanden van de huidige situatie. Het verschil in optredende waterstanden is zichtbaar gemaakt met kleuren ter plaatse van de putten. Een blauwe, paarse of rode kleur geeft aan in welk gebied de waterstanden hoger worden en een groene kleur geeft aan in welk gebied de waterstanden lager worden. In het gebied buiten de gekleurde gebieden (grijs) is het verschil verwaarloosbaar. Zie Figuur 22.

**Vergelijking bui 8 en bui 9:** Bij de vergelijking van de tijdelijke situatie met de huidige situatie voor bui 8 en bui 9 worden de putten waar de waking in de tijdelijke situatie groter is dan 0,2 meter onder maaiveld buiten beschouwing gelaten. Conform de ontwerpvoorschriften mag de maximale waterstand in het rioolstelsel wel stijgen maar mag er geen water op straat ontstaan of dreigen te ontstaan. Bij een waking van 0,2 meter is er nog ruimte in het watersysteem om zwaardere buien op te vangen en wordt voldaan aan de ontwerpvoorschriften.

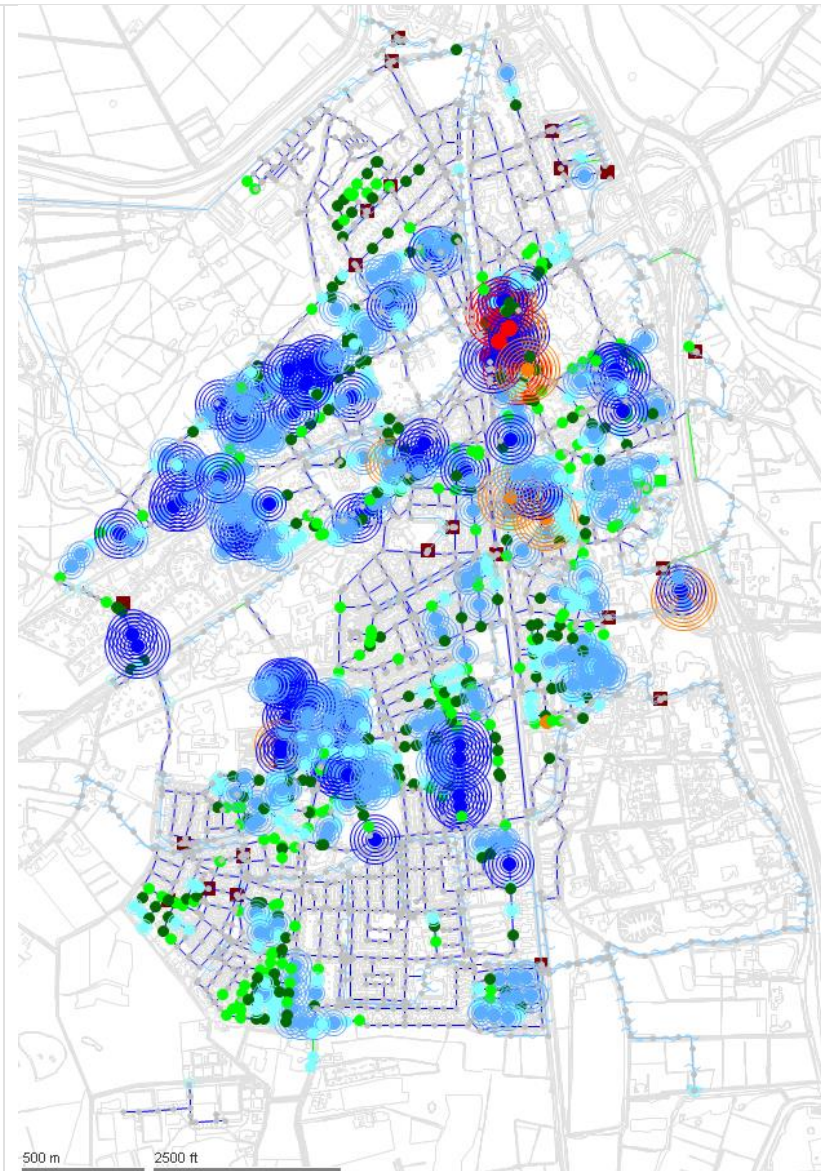
**Vergelijking zomerbui en winterneerslag T=100:** Bij de vergelijking van de tijdelijke situatie met de huidige situatie voor de zomerbui en winterneerslag worden de punten waar in de tijdelijke situatie geen inundatie optreedt buiten beschouwing gelaten. Conform de ontwerpvoorschriften is de toetsingsgrondslag voor de T=100 buien het optreden van inundatie.



*Figuur 22: Legenda vergelijking varianten*

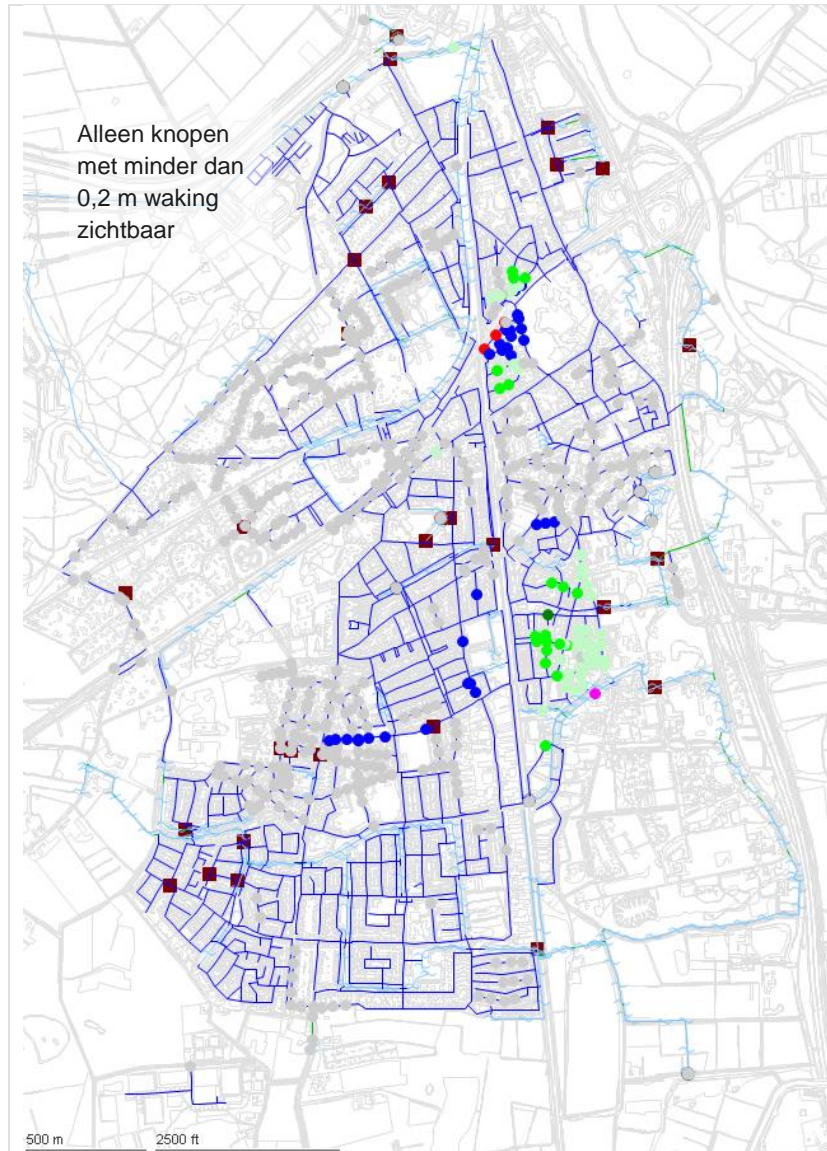


*Figuur 23: Tijdelijke situatie met maatregelen – maxima bui 8*

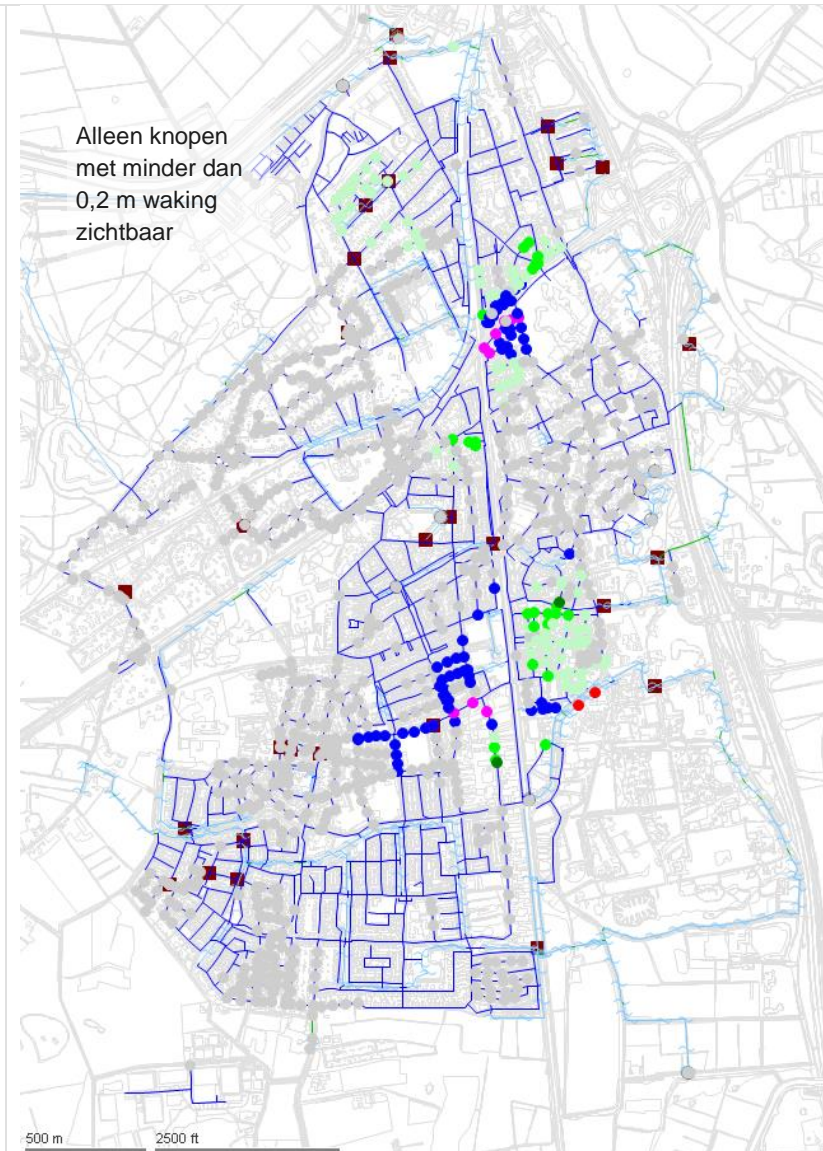


*Figuur 24: Tijdelijke situatie met maatregelen – maxima bui 9*



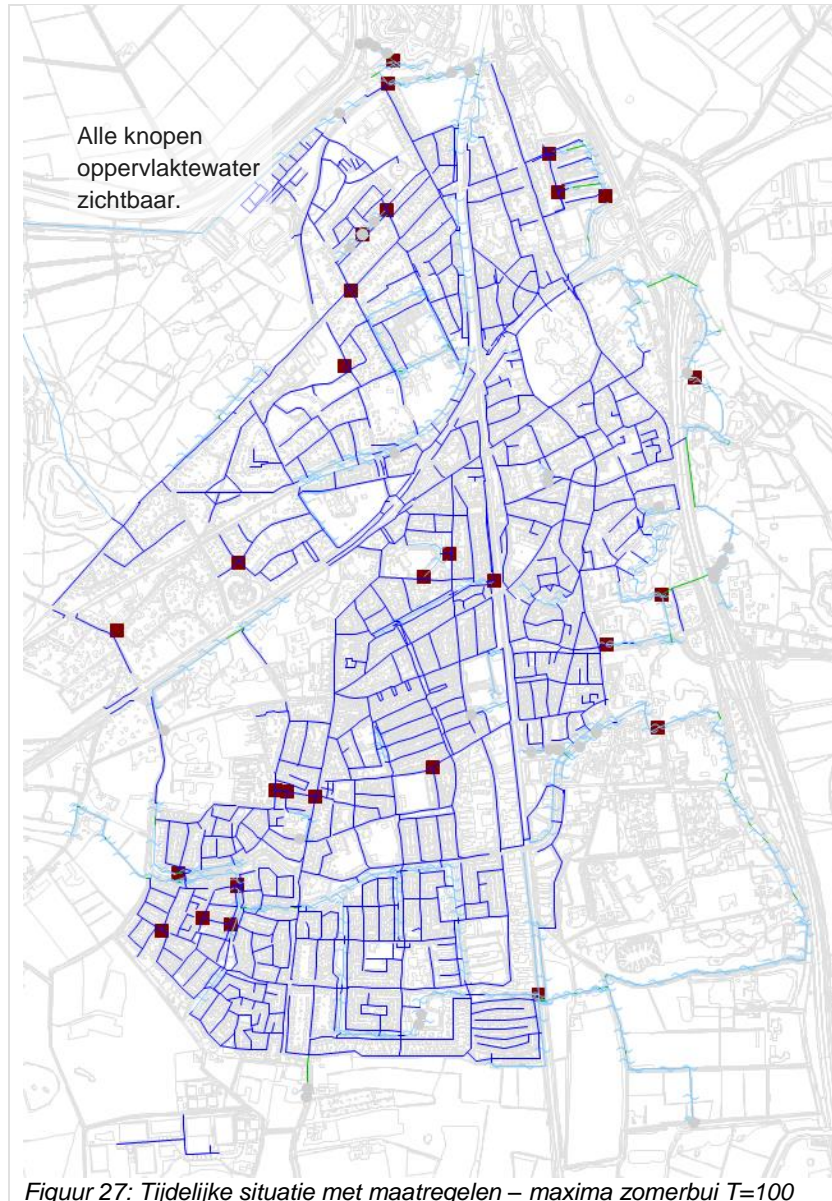


*Figuur 25: Vergelijking tijdelijke situatie met maatregelen met huidige situatie – maxima bui 8*

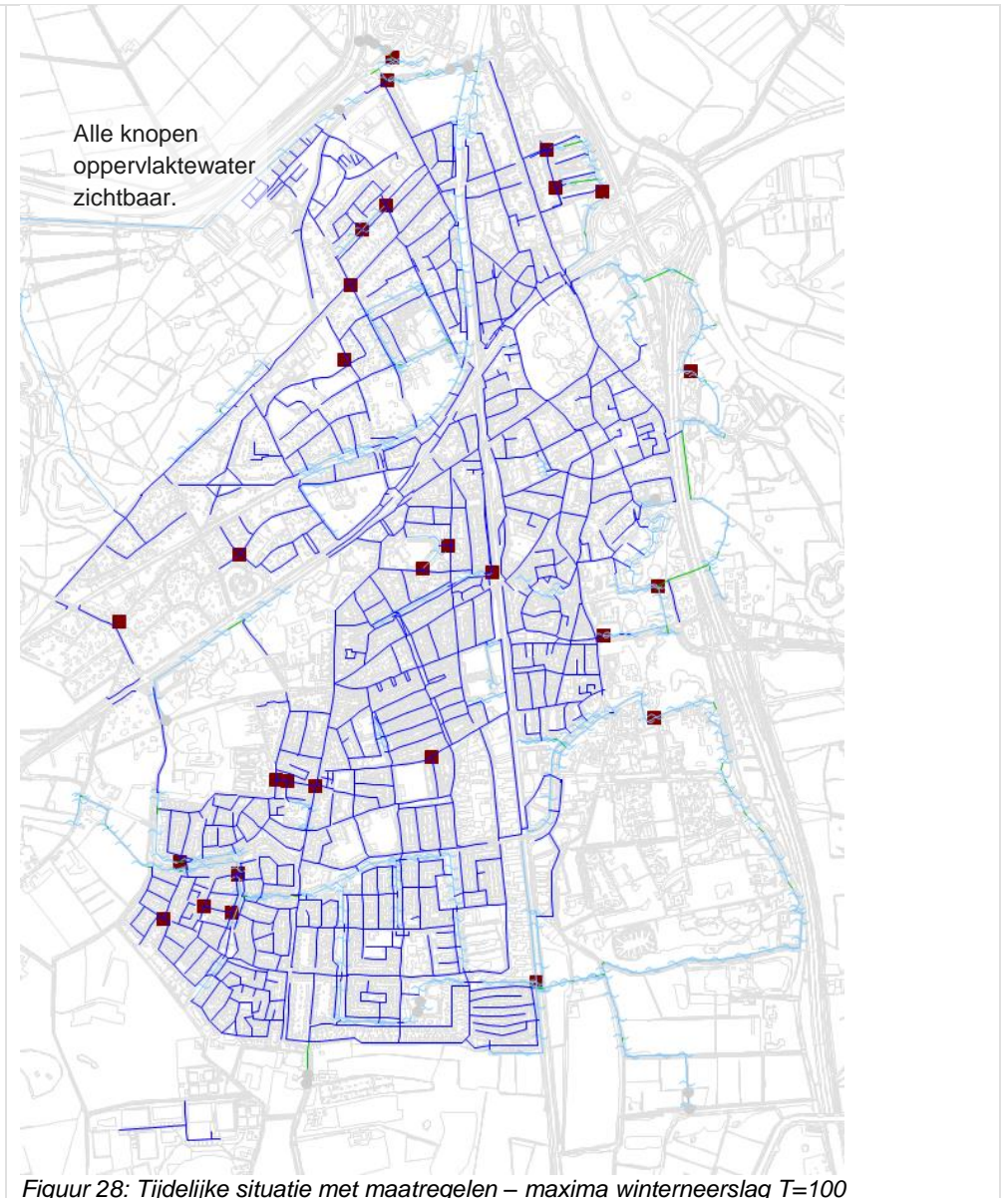


*Figuur 26: Vergelijking tijdelijke situatie met maatregelen met huidige situatie – maxima bui 9*





*Figuur 27: Tijdelijke situatie met maatregelen – maxima zomerbui T=100*



*Figuur 28: Tijdelijke situatie met maatregelen – maxima winterneerslag T=100*

## 7 EINDSITUATIE

In de eindsituatie is het tijdelijke spoor weer verwijderd en worden er weer watergangen gegraven op de locaties van de oude watergangen. Daarnaast worden er ook nieuwe watergangen en waterpartijen gegraven. Om inzicht te krijgen in de benodigde maatregelen is onderzocht welke maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten te compenseren. Daarbij is onderscheid gemaakt in maatregelen ten aanzien van: bergings- en afvoercapaciteit van het watersysteem en maatregelen in het rioolstelsel voor vuilwater.

### 7.1 Maatregelen bergingscapaciteit

#### 7.1.1 Opgave

De bergingscapaciteit in de eindsituatie is weergegeven in Tabel 11. In Bijlage A is de onderbouwing van de bergingscapaciteit per gebied weergegeven.

Tabel 11: Overzicht bergingscapaciteit in watergangen

Gebied	Huidige situatie	Eindsituatie	Tekort of overschot
Afvoer naar Drongelens kanaal	3.670 m <sup>3</sup>	4.950 m <sup>3</sup>	+1.280 m <sup>3</sup>
Afvoer naar De Dommel	460 m <sup>3</sup>	0 m <sup>3</sup>	- 460 m <sup>3</sup>
Afvoer naar de Essche stroom	4.340 m <sup>3</sup>	5.400 m <sup>3</sup>	+1.060 m <sup>3</sup>
<b>Totaal</b>	8.470 m <sup>3</sup>	10.350 m <sup>3</sup>	+1.880 m <sup>3</sup>

In de eindsituatie wordt meer oppervlaktewater aangebracht dan in de huidige situatie. Voor de eindsituatie moet ook de toename van nieuwe verharding als gevolg van de aanleg van de verdiepte ligging worden gecompenseerd. Deze opgave bedraagt 1812 m<sup>3</sup>, zoals beschreven in paragraaf 5.2 Ontwerpkeuze waterkelders is ervoor gekozen om grote waterkelders te realiseren die ruimschoots kunnen voorzien in de bergingsopgave voor de nieuwe verharding.

#### 7.1.2 Locaties bergingsvoorzieningen

Voor de eindsituatie zijn er geen extra bergingslocaties voorzien ten opzichte van de tijdelijke situatie. Voor de eindsituatie worden dezelfde locaties en bijbehorende bergingscapaciteit als maatregel voorzien.

#### 7.1.3 Conclusie bergingscapaciteit eindsituatie

De totale bergingscapaciteit die in de eindsituatie op basis van de kenmerken van de locaties kan worden gerealiseerd is meer dan voldoende om te voldoen aan de opgave. In Tabel 12 zijn de hoeveelheden met betrekking tot de opgave en de te realiseren maatregelen weergegeven.

Tabel 12: Overzicht bergingscapaciteit in watergangen en maatregelen eindsituatie

Gebied	Tekort of overschot	Maatregelen
<b>Afvoer naar Drongelens kanaal</b>	+1.280 m <sup>3</sup>	Fort Isabella - Buitengracht: 1.500 m <sup>3</sup> Loskoppelen Fort Isabella: 2.850 m <sup>3</sup> Reutseplas: 1.360 m <sup>3</sup> Totaal: 5.710 m <sup>3</sup>
<b>Afvoer naar De Dommel</b>	- 460 m <sup>3</sup>	Parkeerplaats station 280 m <sup>3</sup>
<b>Afvoer naar de Essche stroom</b>	+1.060 m <sup>3</sup>	Groensche Hoeven 4.500 m <sup>3</sup>
<b>Pompkelders</b>	-1.812 m <sup>3</sup>	Pompkelders 2.400 m <sup>3</sup>
<b>Totaal</b>	+68 m <sup>3</sup>	12.890 m <sup>3</sup>

## 7.2 Maatregelen vuilwaterstelsel

Het vuilwaterstelsel in de Aert Heymlaan en de Van Miertstraat is voor de tijdelijke situatie verschoven in westelijke richting. In de eindsituatie wordt de rijbaan weer verschoven en worden de voortuinen van de woningen weer teruggebracht. Het vuilwaterriool wat is aangelegd voor de tijdelijke situatie moet weer worden verwijderd er wordt voor de eindsituatie een nieuw vuilwaterriool onder de nieuwe rijbaan gelegd.

Er zijn voor de eindsituatie verder geen maatregelen nodig aan het vuilwaterstelsel.

## 7.3 Maatregelen afvoercapaciteit

De maatregelen om in de eindsituatie voldoende afvoercapaciteit te creëren zijn in Figuur 29 weergegeven. In de onderstaande opsomming in Tabel 13 en Tabel 14 zijn de maatregelen beschreven.

De technische haalbaarheid en inpasbaarheid van de maatregelen is door ProRail, de gemeente Vught en Aveco de Bondt getoetst in het proces Kabels en Leidingen Derden. Waar nodig zijn kleine aanpassingen gedaan in het ontwerp van de riolering of het K&L-tracé zodat de maatregelen toch mogelijk zijn.

Tabel 13: Eindsituatie – Maatregelen westelijk van de spoorbaan

Nr.	Locatie	Maatregel
1	Onderdoorgang Loonsebaan	Ten behoeve van de tijdelijke situatie is hier een omlegging voorzien. In de eindsituatie moet deze worden gehandhaafd.
2	Ontwikkeling Stadhouderspark	De watergang langs de Willem III laan wordt niet verplaatst of gedempt in de tijdelijke situatie, maar in de eindsituatie wordt deze wel licht verschoven en aangepast. Waar er in de huidige (en tijdelijke) situatie twee watergangen worden verbonden door een duiker, zal in de eindsituatie één aaneengesloten watergang worden gerealiseerd. De verbindende duiker Ø1.200 mm wordt om die reden verwijderd.
3	Spoorsloot tussen Loonsebaan en Aert Heymlaan	De watergang van de Loonsebaan tot aan de Aert Heymlaan, die hier tussen de woningen (Margrietstraat) en de spoorbaan ligt, is in de tijdelijke situatie voor het grootste deel gehandhaafd. De duiker die in de tijdelijke situatie is gelegd aan de achterzijde van Margrietlaan 23 tot en met 37 wordt verwijderd en hiervoor in de plaats komt weer een watergang. De uitlaat van de riolering ten zuiden van Margrietlaan 23 wordt aan deze duiker gekoppeld. De duiker Ø700 mm onder de Aert Heymlaan is in de tijdelijke situatie vanwege een te krappe afvoercapaciteit verruimd naar Ø1.000 mm. Deze verruiming blijft gehandhaafd.



Nr.	Locatie	Maatregel
4	Nieuwe Heikantstraat	Ten behoeve van de tijdelijke situatie zijn verruimingen van Ø500 mm naar Ø700 mm voorzien. Deze maatregelen geven een structurele verbetering voor de wijk en kunnen gehandhaafd blijven in de eindsituatie.
5	Aert Heymlaan	Het riool in de Aert Heymlaan tussen de A65/N65 en de Helvoirtseweg is ten behoeve van de tijdelijke situatie verruimd naar Ø500 mm en verplaatst. In de eindsituatie is er weer voldoende ruimte en kan het riool weer gelegd onder de nieuwe rijbaan. Hetzelfde geldt voor het vuilwaterriool (Ø300 mm) wat in dit tracé ligt. Tussen de nieuwe rijbaan en het spoor worden nieuwe watergangen en waterpartijen aangelegd welke met elkaar worden verbonden door duikers.
6	Van Miertstraat noordelijk deel	In het noordelijk deel van de Van Mierstraat is het riool vanaf de Helvoirtseweg tot aan de het Versterplein verruimd naar Ø500 mm en verplaatst. In de eindsituatie is er weer voldoende ruimte en kan het riool weer gelegd onder de nieuwe rijbaan. Hetzelfde geldt voor het vuilwaterriool (Ø300 mm) wat in dit tracé ligt. Tussen de nieuwe rijbaan en het spoor worden nieuwe watergangen en waterpartijen aangelegd welke met elkaar worden verbonden door duikers.
7	Van Miertstraat zuidelijk deel	Tussen de nieuwe rijbaan en het spoor worden nieuwe watergangen en waterpartijen aangelegd welke met elkaar worden verbonden door duikers. De stuw die in de tijdelijke situatie bij de Van Polstraat is voorzien kan gehandhaafd blijven. Het riool (Ø500 mm) wat in de tijdelijke situatie onder de rijbaan van de Van Miertstraat is gelegd is een structurele verbetering en kan gehandhaafd blijven. Tevens wordt onder de parkeerplaats bij het station (oostzijde spoor) een bergingsvoorziening gecreëerd.
8	Spoorsloot tussen Esschestraat en Molenstraat	Tussen de Esschestraat en de Molenstraat wordt de watergang weer teruggebracht. Het nieuwe dwarsprofiel moet minimaal gelijk zijn aan het oude dwarsprofiel.
9	Duiker Molenstraat/ Repelweg	De verplaatsing van de duiker Ø600 mm onder het spoor bij de Repelweg naar de onderdoorgang Wolfskamerweg/Laagstraat, nieuwe duiker Ø1000, mm kan voor de eindsituatie in stand worden gehouden. De duiker onder de Molenstraat wordt teruggebracht en vergroot naar Ø1000 mm voor de eindsituatie.
10	Spoorsloot tussen Molenstraat en Laagstraat	Tussen de Molenstraat en de Laagstraat kan de watergang weer worden teruggebracht. Het nieuwe dwarsprofiel moet minimaal gelijk zijn aan het oude dwarsprofiel.
11	Industrieweg en onderdoorgang Wolfskamerweg/ Laagstraat	Ten behoeve van de tijdelijke situatie zijn verruimingen van Ø300 mm en Ø400 mm naar Ø700 mm en een verbinding Ø1.000 mm met de spoorsloot voorzien. Deze maatregelen geven een structurele verbetering voor de wijk en kunnen gehandhaafd blijven in de eindsituatie.

Tabel 14: Eindsituatie – Maatregelen oostelijk van de spoorbaan

Nr.	Locatie	Maatregel
12	Laagstraat / Kettingweg	Door maatregel 9, 10 en 11 neemt de hoeveelheid water die door de riolering in De Schakel en de Laagstraat toe. De overstorten aan de Schakel, nabij de nieuwe duiker Ø1.000 mm en in het zuiden aan de Kettingweg worden verwijderd in de tijdelijke situatie. Ook komt er een verbinding (Ø500 mm) tussen de riolering in de Laagstraat en de naastgelegen watergang. Hiermee verbetert de doorstroming vanuit het westen naar het oosten van Vught. Om water op straat te voorkomen, dienen een drietal knellende leidingen te worden vergroot in de Laagstraat en Kettingweg. Aanvullend op deze maatregel kan ook nog een verbinding worden gemaakt tussen de riolering in de Kettingweg en de sloot langs de Lage Dwarsstraat.
13	Spoorlaan / Repelweg	De watergang, die tussen de Akkerstraat en de Repelweg parallel aan de Spoorlaan ligt, kan niet gehandhaafd blijven in de tijdelijke situatie. In de rijbaan van de Spoorlaan komt

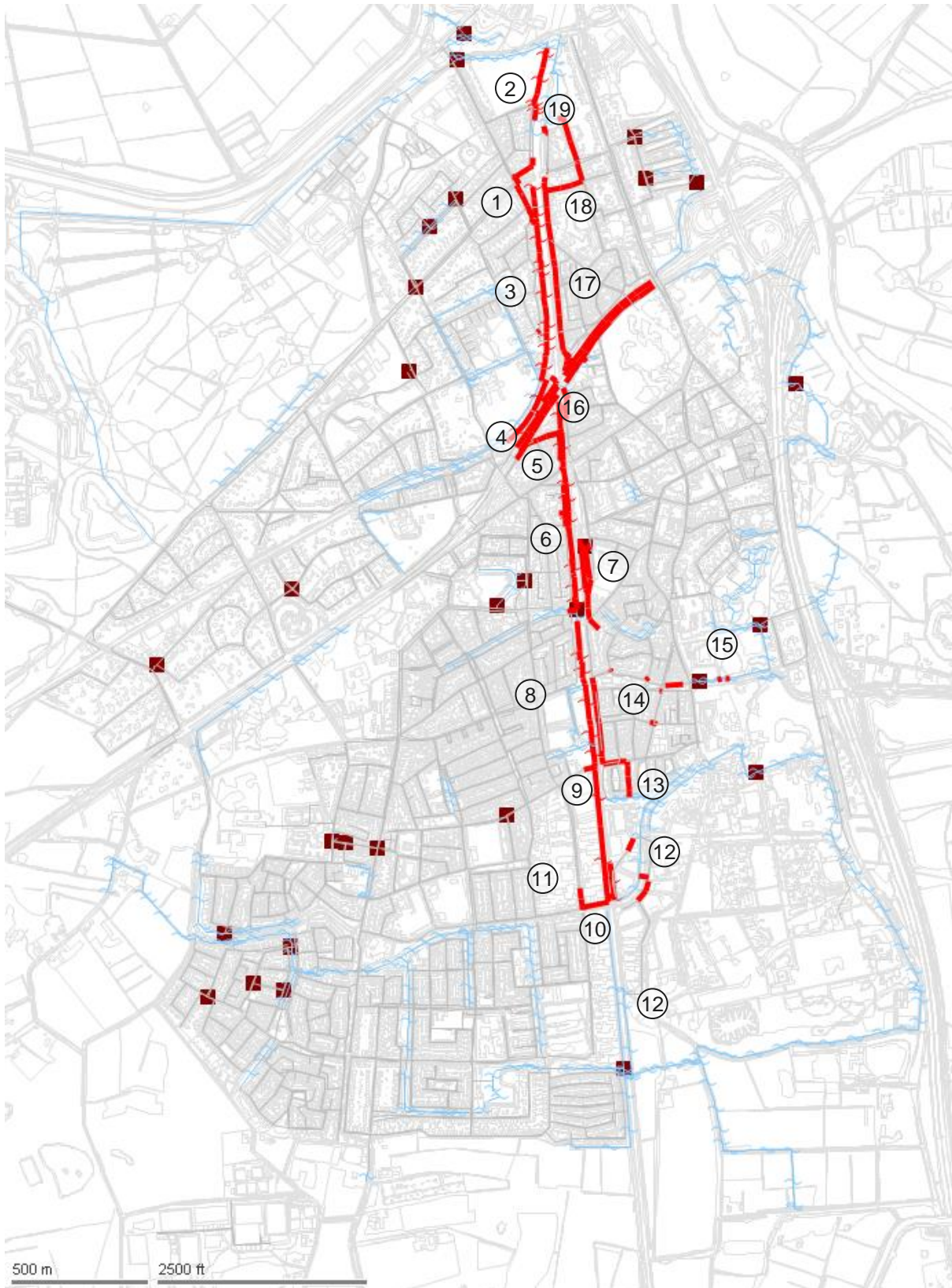


hiervoor een leiding Ø800 mm voor in de plaats. Deze leiding wordt verlengd door de Repelweg richting de watergang ten zuiden van de Repelweg. De uitlaten van de riolering worden aan deze leiding gekoppeld.

---

<b>14</b>	Woonwijk tussen Spoorlaan en Laagstraat	Ten behoeve van de tijdelijke situatie zijn extra verbindingen (Ø300 mm) voorzien. Deze maatregelen geven een structurele verbetering voor de wijk en kunnen gehandhaafd blijven in de eindsituatie.
<b>15</b>	Duikers Glorieuxlaan	De verruiming van Ø600 mm naar Ø800 mm, die in de tijdelijke situatie is bedacht, is een structurele verbetering en voldoet ook voor de eindsituatie.
<b>16</b>	Rembrandtlaan tussen A65 en Heikantstraat	Ten behoeve van de tijdelijke situatie is het riool verplaatst. Deze verplaatsing moet vanwege de beperkte ruimte in de eindsituatie, gehandhaafd blijven. De watergang tussen de N65 en de Rembrandtlaan die in de tijdelijke situatie is vervangen door een duiker Ø500 mm wordt in de eindsituatie weer voor het grootse deel teruggebracht.
<b>17</b>	Spoorsloot Pieter Bruegellaan en duiker Molenvenseweg	De watergang en duiker Ø700 mm, die parallel aan de Pieter Bruegellaan en de Molenvenseweg liggen, kunnen niet worden teruggebracht in de eindsituatie. De verruiming en verplaatsing, die voor de tijdelijke situatie is bedacht kan blijven gehandhaafd.
<b>18</b>	Onderdoorgang Loonsebaan	Ten behoeve van de tijdelijke situatie is hier een omlegging voorzien met een nieuw lozingspunt op de Reutseplas. In de eindsituatie blijft deze worden gehandhaafd. Ook de aanpassing aan het vuilwaterriool ten behoeve van de tijdelijke situatie wordt voor de eindsituatie gehandhaafd.
<b>19</b>	Isabellastraat	De directe verbinding van het riool in de Isabellastraat naar het bestaande lozingspunt op de Reutseplas wordt in de eindsituatie gehandhaafd.

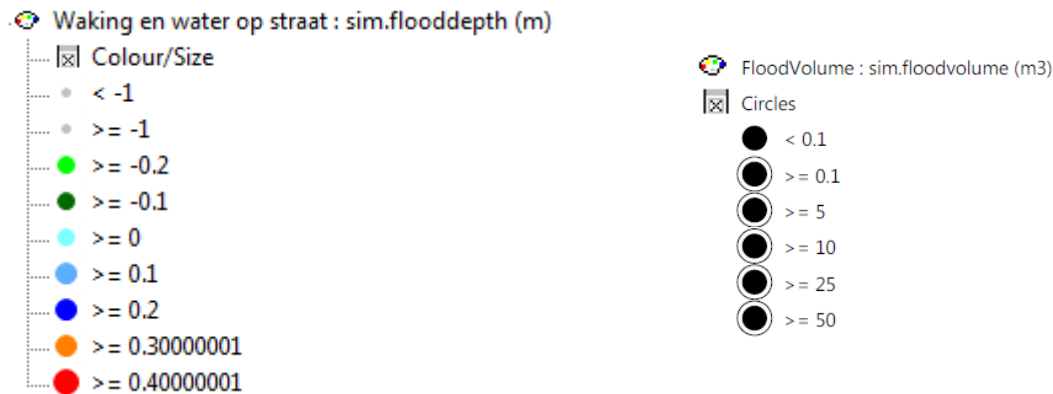
---



Figuur 29: Maatregelen eindsituatie

## 7.4 Toetsing afvoercapaciteit

In Figuur 32 tot en met Figuur 37 is een grafische weergave opgenomen van de resultaten van de hydraulische berekeningen. Het betreft de berekeningen van de eindsituatie met maatregelen om de negatieve effecten te compenseren bij bui 8 (T=2 jaar) en bui 9 (T=5 jaar) en de zomerbui T=100 en de winterneerslag T=100. In deze afbeeldingen is water op straat weergegeven door middel van kleuren en cirkels. Met de kleuren wordt de waterstand ten opzichte van het maaiveld en/of de straat weergegeven. Als de waterstand boven maaiveld komt is er sprake van water op straat, als de waterstand onder maaiveld blijft is er sprake van waking. Door middel van cirkels wordt het volume van water op straat weergegeven. Het aantal cirkels, 1 tot en met 7 geeft de hoeveelheid weer.

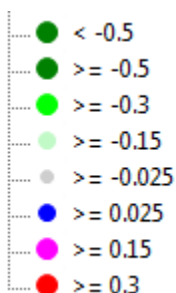


Figuur 30: Legenda water op straat

**Vergelijking met huidige situatie:** Om de effecten van de maatregelen voor de eindsituatie inzichtelijk te maken zijn de maximale waterstanden van de eindsituatie, die volgen uit de berekeningen, vergeleken met de maximale waterstanden van de huidige situatie. Het verschil in waterstanden is zichtbaar gemaakt met kleuren ter plaatse van de putten. Een blauwe, paarse of rode kleur geeft aan in welk gebied de waterstanden hoger worden en een groene kleur geeft aan in welk gebied de waterstanden lager worden. In het gebied buiten de gekleurde gebieden (grijs) is het verschil verwaarloosbaar. Zie ook Figuur 31.

**Vergelijking bui 8 en bui 9:** Bij de vergelijking van de eindsituatie met de huidige situatie voor bui 8 en bui 9 worden de putten waar de waking in de eindsituatie groter is dan 0,2 m onder maaiveld buiten beschouwing gelaten. Conform de ontwerpvoorschriften mag de maximale waterstand in het rioelstelsel wel stijgen maar mag er geen water op straat ontstaan of dreigen te ontstaan. Bij een waking van 0,2 m is er nog ruimte in het watersysteem om zwaardere buien op te vangen en wordt voldaan aan de ontwerpvoorschriften.

**Vergelijking zomerbui en winterneerslag T=100:** Bij de vergelijking van de eindsituatie met de huidige situatie voor de zomerbui en winterneerslag worden de putten waar in de eindsituatie geen inundatie optreedt buiten beschouwing gelaten. Conform de ontwerpvoorschriften is de toetsingsgrondslag voor de T=100 buien het optreden van inundatie.



Figuur 31: Legenda vergelijking varianten

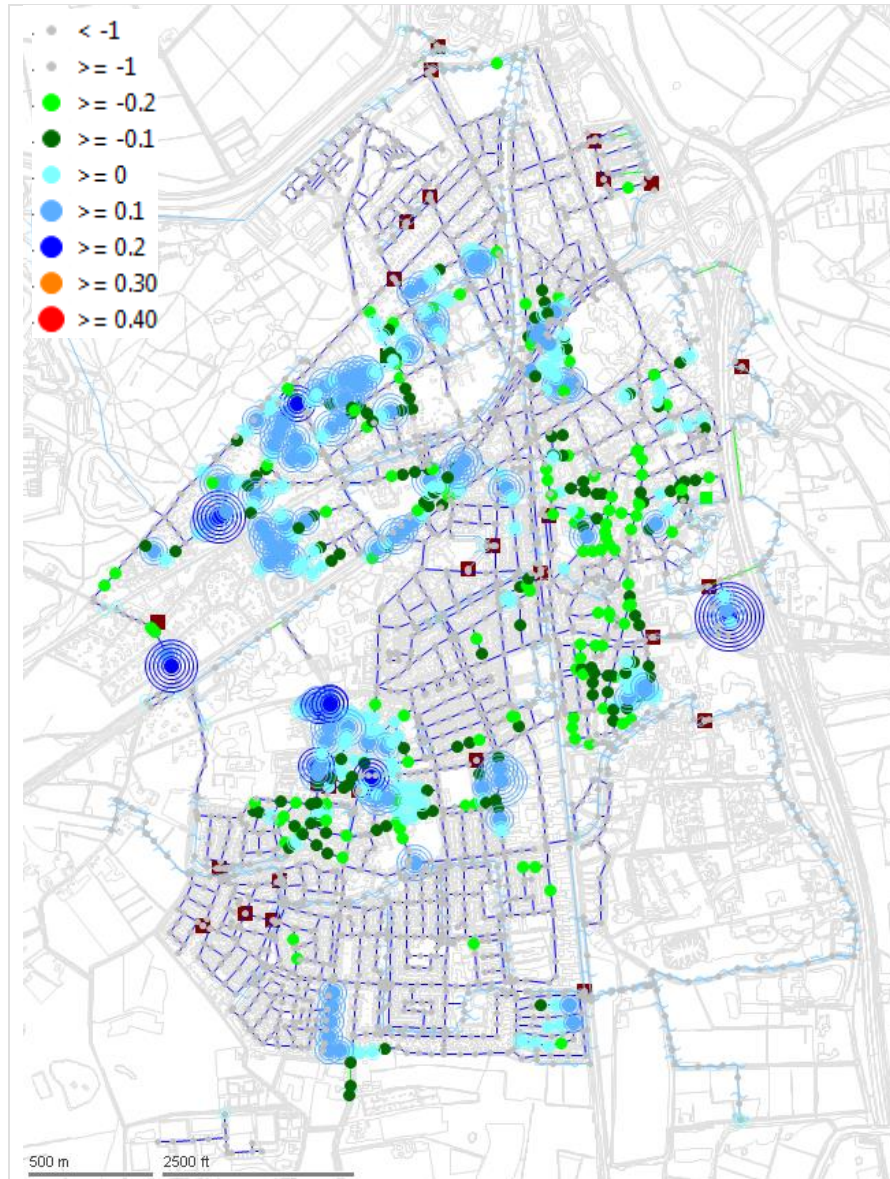
## **Conclusie toetsing functioneren riolering eindsituatie**

De vergelijking van de eindsituatie met de huidige situatie in Figuur 34 en Figuur 35 laat voor de maximale waterstanden zien dat deze op de meeste locaties met minder dan 0,2 m waking niet veranderen. Bij bui 9 is overwegend sprake van een verbetering. Bij bui 8 is op een groter aantal locaties een verslechtering zichtbaar. Op deze locaties is in de meeste gevallen bij bui 8 geen sprake van water op straat. Indien dit wel het geval is, is het volume kleiner dan 1 m<sup>3</sup>. Normaal gesproken kunnen deze hoeveelheden op straat worden geborgen en is er geen sprake van overlast.

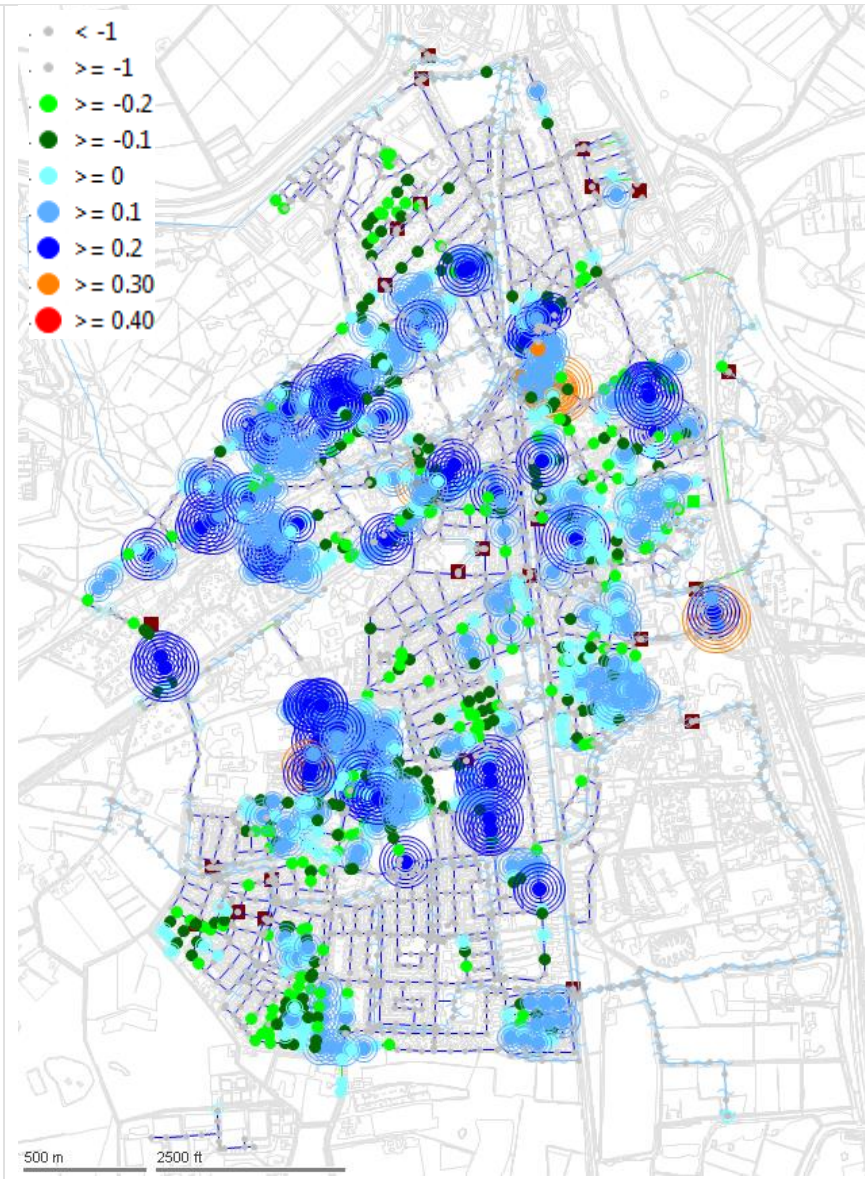
## **Conclusie toetsing functioneren oppervlaktewater eindsituatie**

Uit de maximale waterstanden ten opzichte van maaiveld die worden berekend (Figuur 36 en Figuur 37) dan blijkt dat er nagenoeg geen sprake is van inundatie. Watergangen en waterpartijen overstromen nagenoeg niet. Op de locaties waar in de eindsituatie inundatie wordt berekend is deze kleiner dan in de huidige situatie. Ten opzichte van de huidige situatie zijn de waterstanden lager, er is minder overstroming, de situatie verbeterd. Bijvoorbeeld in de Frederik Hendriklaan en de watergang ten zuiden van de A65 aan de oostzijde van het spoor.



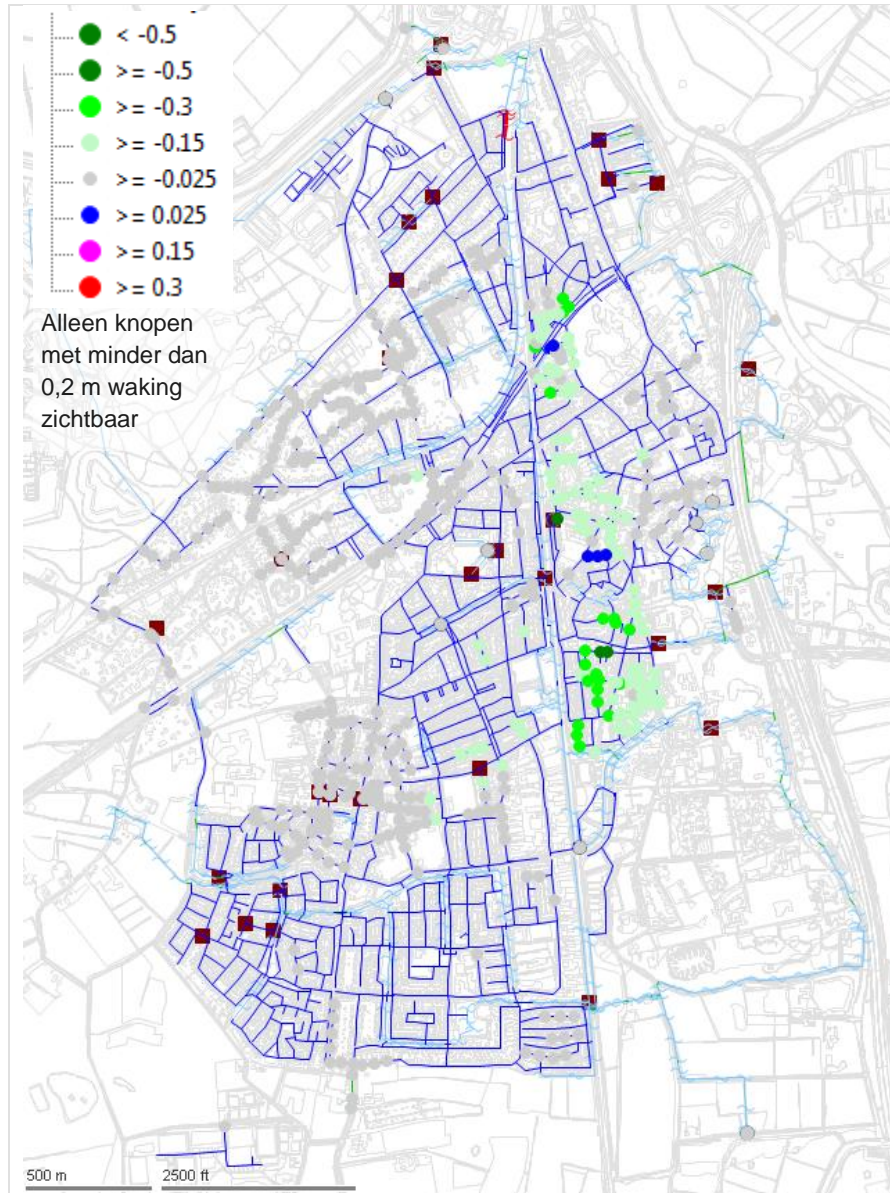


*Figuur 32: Eindsituatie met maatregelen – maxima bui 8*

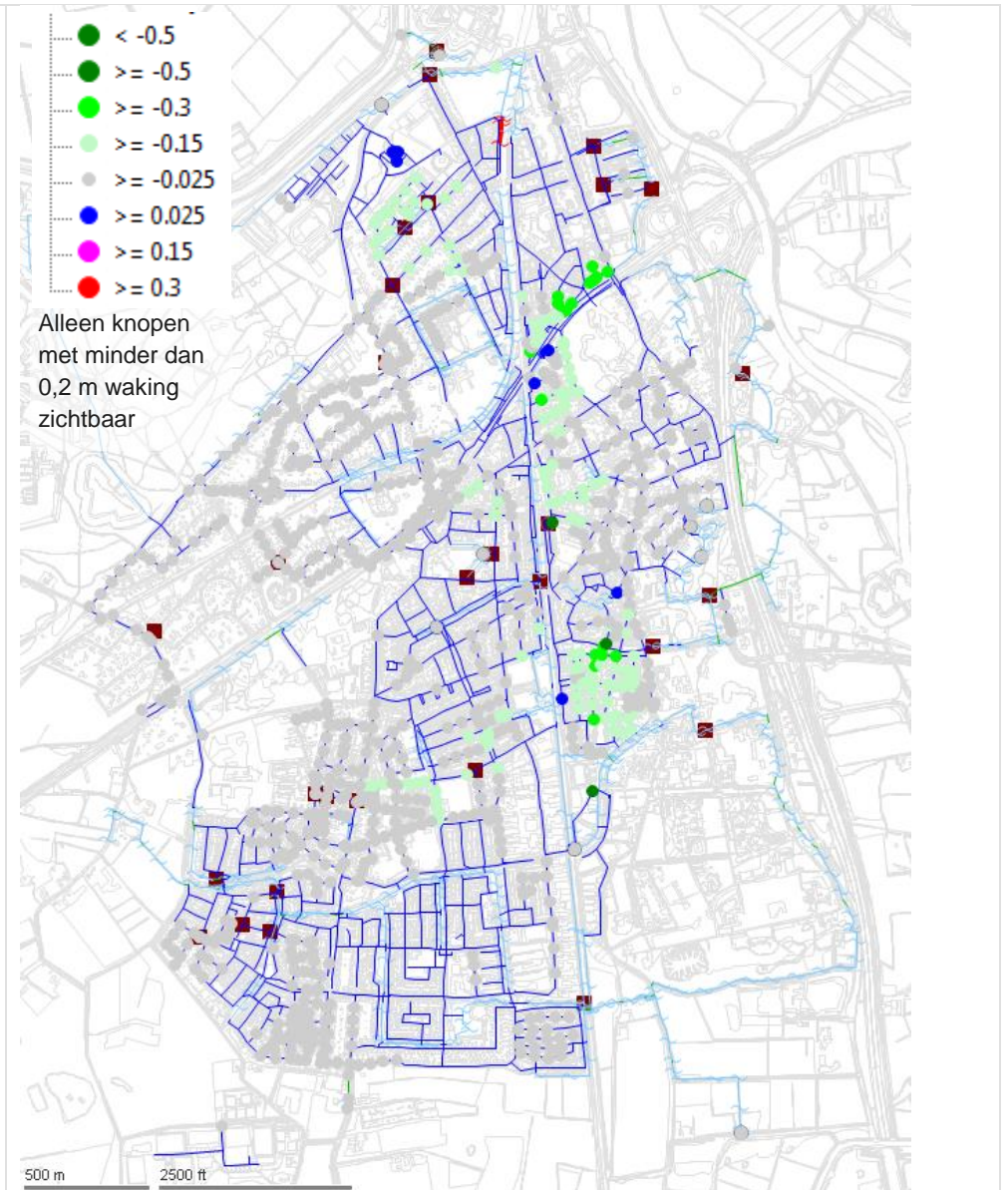


*Figuur 33: Eindsituatie met maatregelen – maxima bui 9*



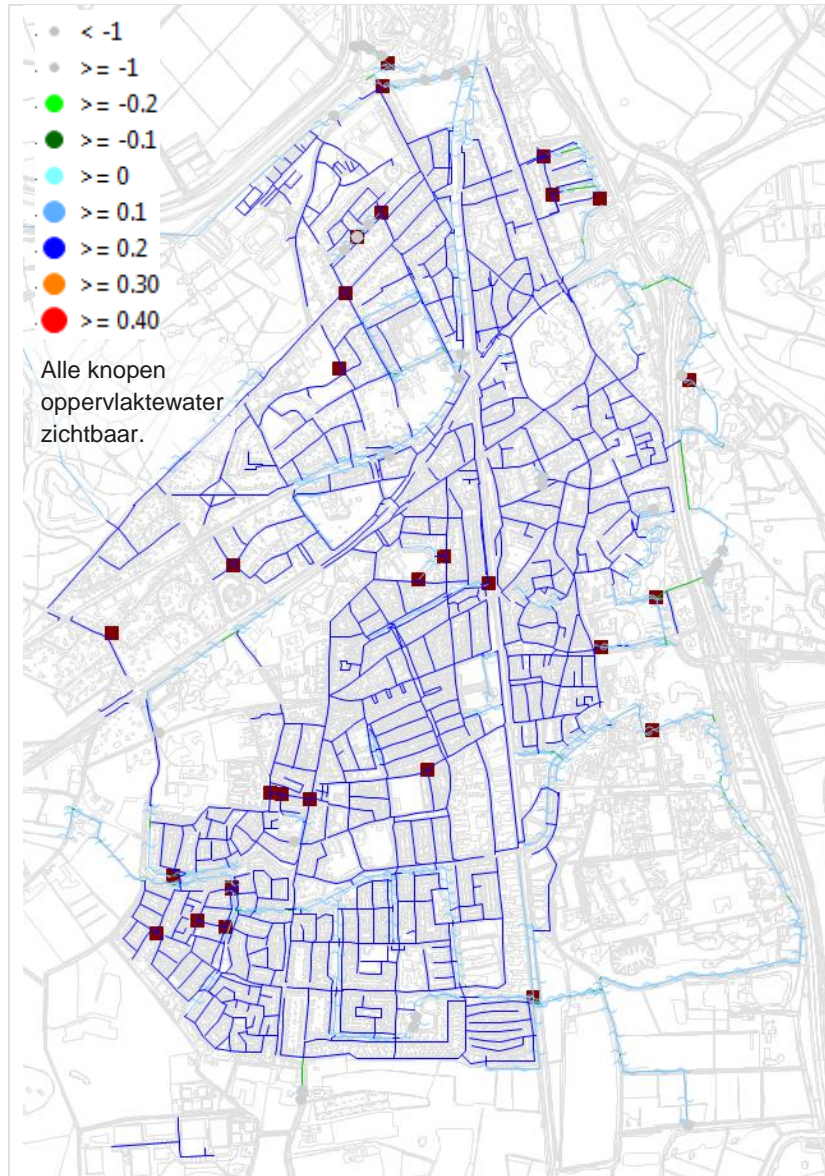


Figuur 34: Vergelijking eindsituatie met huidige situatie – maxima bui 8

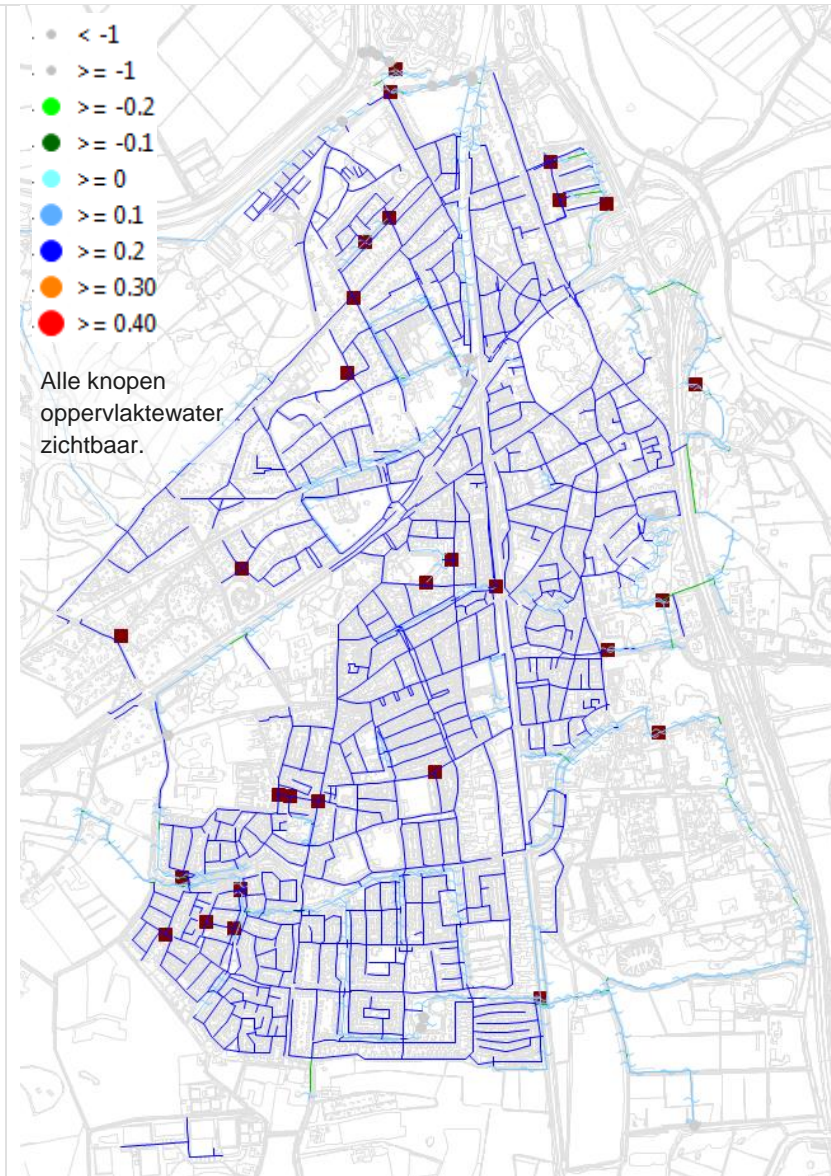


Figuur 35: Vergelijking eindsituatie met huidige situatie – maxima bui 9





Figuur 36: Eindsituatie – maxima zomerbui T=100



Figuur 37: Eindsituatie – maxima winterneerslag T=100

## 8 CONCLUSIES

De uitbreiding van sporen en het realiseren van de verdiepte ligging in Vught hebben een grote impact op de riolering en het watersysteem van Vught. Het watersysteem, dat in deze rapportage is beschouwd, beperkt zich tot de riolering en het oppervlaktewater in de gemeente Vught. Bodem- en grondwater worden beschouwd als een vast gegeven. Als grens voor het systeem is in overleg met de waterschappen De Dommel en Aa en Maas en de gemeente Vught gekozen voor de lozingspunten van het watersysteem op de oppervlaktewateren Drongelens Kanaal, De Dommel en Essche Stroom.

Om de ongewenste effecten op het functioneren van het watersysteem te compenseren zijn maatregelen bepaald die in de voorliggende rapportage zijn opgenomen. Hierbij is gekeken naar zowel de afvoercapaciteit als de bergingscapaciteit van de riolering en het watersysteem. De belangrijkste uitgangspunten die zijn gehanteerd bij het toetsen en het bepalen van maatregelen zijn:

- Hydrologisch neutraal ontwikkelen.
- Geen toename van wateroverlast.
- Geen toename van water(onder)last (verdroging).
- Niet afwentelen naar de omgeving.
- Klimaatadaptieve meekoppelkansen benutten.

### Maatregelen hydraulische afvoercapaciteit

Door de aanleg van de verdiepte ligging verdwijnen de watergangen en leidingen die aanwezig zijn in en/of nabij het tracé van de verdiepte ligging. In de tijdelijke situatie is het voor het project noodzakelijk om een aanzienlijk aantal belangrijke onderdelen van het watersysteem buiten werking te stellen. Dit heeft als consequentie dat er omvangrijke maatregelen nodig zijn om de effecten op de afvoercapaciteit van het watersysteem te compenseren. Ter compensatie van het verdwijnen van de afvoerstructuur, en daarmee de afvoercapaciteit, worden leidingen gelegd in nieuwe tracés en worden er nieuwe grotere leidingen gelegd in bestaande tracés. Hiermee kan ten aanzien van de hydraulische afvoercapaciteit in zijn geheel in de opgave worden voorzien. De afvoerstructuur moet op orde voor de start van de bouw van de verdiepte ligging.

De maatregelen waarmee wordt voldaan de uitgangspunten en eisen zijn opgenomen in paragraaf 6.3. De maatregelen die voor de tijdelijke situatie zijn voorzien voldoen ook voor de eindsituatie. Op de tracés waar in de eindsituatie meer ruimte is worden watergangen en waterpartijen ingepast. Dit is gunstig voor de hydraulische afvoercapaciteit die daarmee in de eindsituatie beter is dan in de tijdelijke situatie. De maatregelen waarmee wordt voldaan de uitgangspunten en eisen zijn opgenomen in paragraaf 7.3.

### Maatregelen bergingscapaciteit

Het project PHS Meteren-Boxtel herstelt de bergingscapaciteit van het watersysteem na de realisatiefase ruimschoots. In de tijdelijke situatie is er echter een tekort aan bergingscapaciteit. In het OTB is daarom voorzien in een iets hogere lozing op het Drongelens Kanaal. Tegelijkertijd ligt er een opgave om bij de aanpassingen aan het watersysteem ook de klimaatadaptatie te betrekken. Onder leiding van de provincie Noord-Brabant is in nauwe samenwerking met de gemeente en de waterschappen een studie naar klimaatadaptatie voor Vught en omgeving uitgevoerd. Uit de studie blijkt dat de robuustheid van het watersysteem voor klimaatwijzigingen afdoende wordt vergroot door klimaatadaptatiemaatregelen op verschillende locaties in Vught en de directe omgeving mogelijk te maken. Met deze maatregelen kan tevens het tekort aan bergingscapaciteit in de tijdelijke situatie worden opgelost, waardoor de lozing op het regionale watersysteem (Drongelens Kanaal, De Dommel en Essche Stroom) niet toeneemt.

In overleg met de betrokken partijen is afgesproken dat het project PHS Meteren-Boxtel een aantal extra maatregelen uit de klimaatstudie uitvoert, waarmee het project een bijdrage levert aan de klimaatopgave. In het geval de locaties uit de studie naar de klimaatadaptatie niet of niet allemaal op tijd beschikbaar komen wordt in overleg met de betrokken partijen naar oplossingen gezocht voor het tekort aan bergingscapaciteit in de tijdelijke situatie.



## BIJLAGE A : BERGINGSCAPACITEIT WATERGANGEN

Tabel 15: Bergingscapaciteit huidige situatie, tijdelijke en eindsituatie volgens ontwerptekeningen

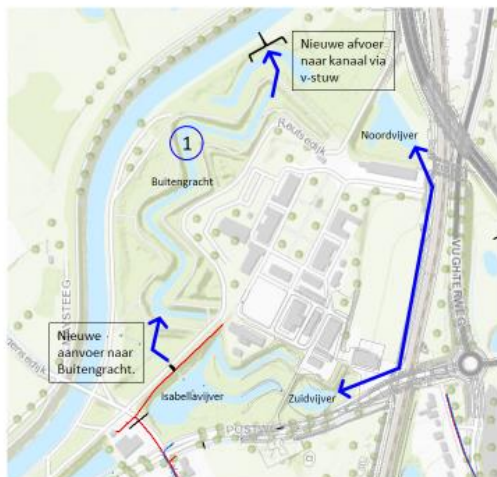
Locatie watergang	Volume m <sup>3</sup>	Volume m <sup>3</sup>	Volume m <sup>3</sup>		
Huidige situatie		Tijdelijke situatie	Eindsituatie		
<b>Afvoer via westzijde spoor naar Drongelens kanaal</b>					
ZL48 Stadhouderspark	320	ZL48 Stadhouderspark (blijft gehandhaafd)	320	ZL48 Stadhouderspark (wordt aangepast)	430
ZL48 Willem III-laan	150	ZL48 Willem III-laan (blijft gehandhaafd)	150	ZL48 Willem III-laan (blijft gehandhaafd)	150
ZL48 Verlengde kampdijklaan en Margrietlaan	1.640	ZL48 Verlengde kampdijklaan (grotendeels handhaven)	260	ZL48 Verlengde kampdijklaan (herstel)	400
		ZL48 Margrietlaan (grotendeels handhaven)	850	ZL48 Margrietlaan (herstel)	1.620
				Aert Heymlaan (nieuw)	380
				Aert Heymlaan (nieuw)	300
				Van Miertstraat noord van station (nieuw)	300
Van Miertstraat zuid van station (vervalt tijdelijk)	960	Van Miertstraat zuid van station (herstel in eindsituatie)	0	Van Miertstraat zuid van station (herstel)	1.370
<b>Subtotaal</b>	<b>3.070</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>1.580</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>4.950</b>
<b>Afvoer via oostzijde spoor naar Drongelens kanaal</b>					
Pieter Bruegellaan (vervalt permanent)	600	Pieter Bruegellaan (vervalt permanent)	0	Pieter Bruegellaan (vervalt permanent)	0
<b>Subtotaal</b>	<b>600</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>0</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>0</b>
<b>Afvoer via oostzijde spoor naar Dommel</b>					
Spoorlaan (vervalt permanent)	460	Spoorlaan (vervalt permanent)	0	Spoorlaan (vervalt permanent)	0
<b>Subtotaal</b>	<b>460</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>0</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>0</b>
<b>Afvoer via west- en oostzijde spoor naar Essche stroom</b>					
Michiel de Ruyterweg tot aan Molenstraat (vervalt tijdelijk)	1.270	Michiel de Ruyterweg (nieuw en gedeeltelijk herstel in eindsituatie)	0	Michiel de Ruyterweg (nieuw in eindsituatie)	990
				Michiel de Ruyterweg (herstel in eindsituatie)	1.350
De Schakel (vervalt tijdelijk)	320			De Schakel	370
Industrieweg (vervalt tijdelijk)	2.590	Industrieweg (herstel in eindsituatie)	0	Industrieweg (herstel)	2.690
Repelweg (vervalt permanent)	160	Repelweg (vervalt permanent)	0	Repelweg (vervalt permanent)	0
<b>Subtotaal</b>	<b>4.340</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>0</b>	<b>Subtotaal</b>	<b>5.400</b>
<b>Totale bergingscapaciteit</b>	<b>8.470</b>		<b>1.580</b>		<b>10.350</b>

## BIJLAGE B : FACTSHEETS BERGINGSLOCATIES

## Fort Isabella - Buitengracht

### Fort Isabella Buitengracht

De Buitengracht van Fort Isabella (1) ligt buiten de regionale kering. De buitengracht was in het verleden watervoerend maar is in de bestaande situatie grotendeels verland. De ligging is optimaal vanwege de nabijheid van het Drongelens Kanaal. De Buitengracht valt binnen het bestemmingsplan Fort Isabella.



#### Kenmerken

- Wateroppervlak: 7.500 m<sup>2</sup>
- Ligt buiten de regionale kering
- Grondwaterstand tussen +2,80 en +3,00

#### Bergingscapaciteit

- Peilregime tussen +2,80 en +3,00
- Bij 20 cm peilstijging bergingscapaciteit 1.500 m<sup>3</sup>

#### Aanpassingen

- Aanleggen aanvoer naar buitengracht vanaf bestaande watergang.
- Aanleggen afvoer van Buitengracht naar Drongelens Kanaal door middel van V-stuw. Krui V-stuw +3,00 onderkant V-stuw +2,80.
- Bestaande afvoer naar Drongelens Kanaal afsluiten.
- Baggeren en uitdiepen .

#### Kansen

- Verbeteren doorspoeling
- Beter landschappelijke inpassing
- Verhogen cultuurhistorische en natuurwaarden

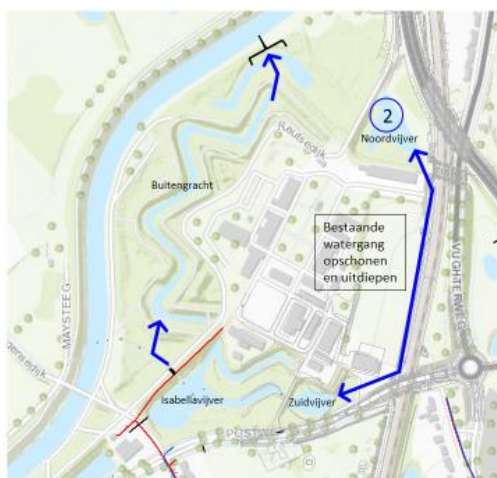
#### Randvoorwaarden

- Afstemming met eigenaren en/of ontwikkelaar noodzakelijk.
- Natuur en cultuurhistorische waarden inpassen, is mogelijk volgens [bestemmingsplan](#).
- Baggeren noodzakelijk

## Fort Isabella - Noordvijver

### Fort Isabella Noordvijver

De Noordvijver van Fort Isabella (2) ligt binnen de regionale kering. In de huidige situatie is de spoorloot die aan de westzijde van het spoor ligt droogvallend. De Noordvijver valt binnen het bestemmingsplan Fort Isabella.



#### Kenmerken

- Wateroppervlak: 6.500 m<sup>2</sup>
- Ligt binnen de regionale kering
- Grondwaterstand tussen +2,70 en +2,80

#### Bergingscapaciteit

- Peilregime tussen +2,80 en 3,00
- Bij 20 cm peilstijging bergingscapaciteit 1.300 m<sup>3</sup>

#### Aanpassingen

- Robuuste verbinding maken met Zuidvijver en Isabellavijver
- Bestaande watergang naast spoor en naar Zuidvijver opschonen en uitdiepen.

#### Randvoorwaarden

- Afstemming met eigenaren en/of ontwikkelaar noodzakelijk.
- Natuur en cultuurhistorische waarden inpassen, is mogelijk volgens [bestemmingsplan](#).
- Baggeren noodzakelijk

#### Kansen

- Beter landschappelijke inpassing
- Verhogen cultuurhistorische en natuurwaarden



## Loskoppelen Fort Isabella

### Loskoppelen Fort Isabella

Fort Isabella kan worden losgekoppeld van het stedelijke watersysteem van Vught door het lager gelegen gebied aan de oostzijde te benutten. Doordat het terrein groter is dan de toename in verhard oppervlak van PHS, kan de bergingsopgave van PHS hiermee worden gecompenseerd en is er zelfs een netto afname.



#### Kenmerken

- Uitgangspunt berging in de vorm van wadi, geen zichtwater vanwege hoogteligging.
- Oppervlak wadi Isabellaterrein 7.000 m<sup>2</sup>
- Oppervlak Isabellaterrein huidig 44.000 m<sup>2</sup> + uitbreiding 3.500 m<sup>2</sup> = 47.500 m<sup>2</sup>
- Oppervlak van het huidige terrein wordt afgekoppeld, wordt samen met de uitbreiding in de wadi geborgen.
- Toename verharding verdiepte ligging 3,02 ha. Door het afkoppelen van het huidig oppervlak van het Fort Isabellaterrein is er 1,38 ha netto afname in verhard oppervlak.
- Bestaand maaiveld tussen 5,10 - 5,50 m
- Grondwaterstand tussen +2,80 en +3,00 m

#### Bergingscapaciteit- en opgave

- Fort Isabella huidige en uitbreiding oppervlak op wadi 4,75 ha
- 60 mm berging in wadi = 2.850 m<sup>3</sup> = 0,41m waterschijf
- Bodem wadi: +4,10 tot 4,50 m.

#### Aanpassingen

- Vergroten rwa-riool en aansluiting realiseren op wadi.
- Wadiprofiel aanbrengen in de bestaande laagte.
- Vervangen bestaande uitlaat door overstort met doorlaat tbv lediging met vertraagde afvoer.

#### Kansen

- Duiker tussen Zuidvijver en Isabellavijver voor verbeteren doorspoeling
- Geen bergingsopgave voor PHS meer, netto 1,4 ha. afgekoppeld
- Benutten sterprofiel voor waterberging
- Verhogen historische en cultuurwaarden

#### Randvoorwaarden

- Afstemming met eigenaren en/of ontwikkelaar noodzakelijk.

## Reutseplas

### Reutseplas

De Reutseplas ligt aan de noordzijde van Vught, ten oosten van het spoor. In de bestaande situatie watert het noordoostelijk deel van Vught via deze plas af naar het noorden en uiteindelijk via Fort Isabella naar het Drongelens Kanaal.



#### Kenmerken

- Wateroppervlak: 6.800 m<sup>2</sup>

#### Bergingscapaciteit

- Peilregime n.t.b.
- Bij 20 cm peilstijging bergingscapaciteit 1.360 m<sup>3</sup>

#### Aanpassingen

- Baggeren en uitdiepen noodzakelijk
- Aanleggen nieuwe aanvoer naar Reutseplas
- Aanpassen afvoer op duiker onder spoor door realiseren V-stuw met hoogteverschil van 20 cm. (Peilregime n.t.b.)

#### Randvoorwaarden en risico's

- Afstemming met meerdere eigenaren noodzakelijk. Alle aangelanden zijn gedeeltelijk eigenaar.
- Oevers en bestaande vlonders in tuinen aanwonenden mogelijk aanpassen.

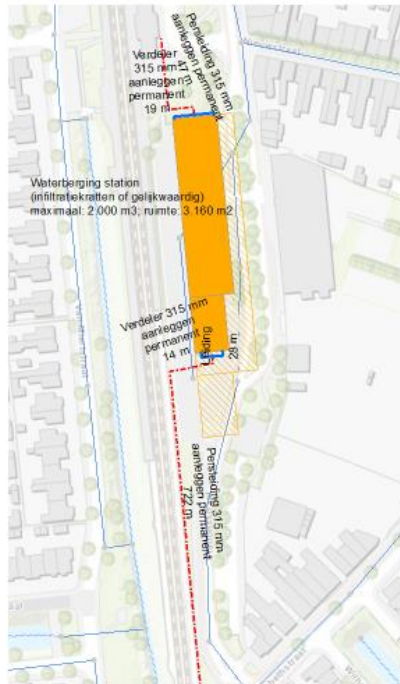
#### Kansen

- Verbeteren waterkwaliteit en doorstroming

## Parkeerplaats station Vught

### Berging onder parkeerplaats station

Het parkeerterrein aan de oostzijde van het station wordt opnieuw ingericht. Dit biedt mogelijkheden om ondergrondse berging (infiltratiekratten) te realiseren.



#### Kenmerken

- Oppervlak parkeerterrein eindsituatie 4.400 m<sup>2</sup>
- Oppervlak omgeving parkeerterrein eindsituatie 2.750 m<sup>2</sup>
- Uitgangspunt is een combinatie van het oppervlak van de eind- en tijdelijke situatie. In de tijdelijke situatie is het parkeerterrein smaller aan de oostkant en aan de westkant deels bouwstrook. De bouwstrook kan worden benut, de oostkant niet.
- Fijne zandgrond met lokaal versturende veen- of leemlagen op 5 meter diepte. Water zal gedeeltelijk infiltreren.

#### Bergingscapaciteit- en opgave

- GHG op circa + 4,5 m, maaiveld op circa + 6,00 m.
- 0,60 m waterbergende schijf en 95% holle ruimte in krat beschikbaar.
- Bergingsopgave 60 mm
- Benodigde berging parkeerterrein: 280 m<sup>3</sup>. Benodigd oppervlak 500 m<sup>2</sup> (lxbxh: 25m x 20m x 0,6m)
- Optioneel: Benodigde berging omgeving: 125 m<sup>3</sup>. Benodigd oppervlak 220 m<sup>2</sup> (lxbxh: 11m x 20m x 0,6m)

#### Aanpassingen

- Infiltratiekratten of gelijkwaardig aanleggen
- Riolering leggen t.b.v. afvoer naar infiltratievoorziening
- Persleidingen van de pompkelders naar de kratten
- Riolleidingen onder het parkeerterrein verwijderen

#### Kansen

- Wateropgave waterkelders zuid en station combineren met afkoppelen parkeerterrein. Uit een nadere verkenning is gebleken dat het leggen van lange persleidingen kostbaar is. Deze optie wordt daarom niet gekozen.

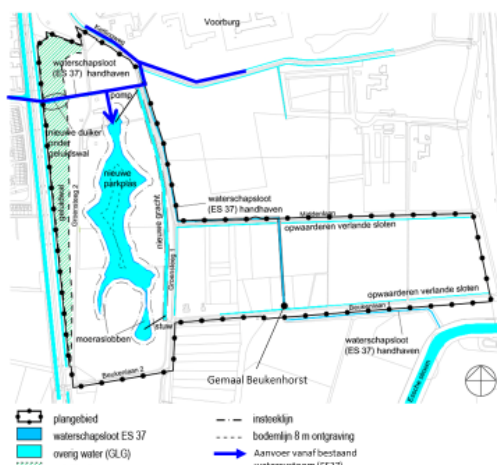
#### Randvoorwaarden

- Berging moet worden aangelegd voordat parkeerterrein als bouwstrook wordt benut
- Aan de oostkant wordt er minimaal 1,5m van de weg gebouwd in de tijdelijke situatie. Hierdoor is er in de eindsituatie genoeg afstand ten opzichte van de bomen
- Beheer en onderhoud moet met de NS worden afgestemd

## Groensche Hoeven

### Groensche Hoeven

Aan de zuidzijde van Vught wordt Groensche Hoeven ontwikkeld. De waterberging voor de toename van verhard oppervlak wordt gerealiseerd in de nieuwe parkplas en de grachten. Het watersysteem heeft een grote overcapaciteit en het is wenselijk om water aan te voeren t.b.v. de waterkwaliteit.



#### Kenmerken

- Wateroppervlak: parkplas 45.000 m<sup>2</sup>

#### Bergingscapaciteit

- Opgave PHS zuidzijde Vught maximaal 4.480 m<sup>3</sup>
- Peilstijging ES37 in huidige situatie bij T=100 winterneerslag bedraagt circa 50 cm
- Bij peilstijging 50 cm is maximaal benodigd wateroppervlak voor PHS 9.000 m<sup>2</sup>

#### Aanpassingen

- Watergang ES37 integreren in ontwerp waterhuishouding Groensche Hoeven
- Aanvoer vanaf watergang ES37 naar parkplas realiseren.
- Afvoer vanaf parkplas naar ES37 realiseren.

#### Randvoorwaarden

- Afstemming met eigenaren en/of ontwikkelaar noodzakelijk.
- Aanpassen huidige ontwerp waterhuishouding binnen plangebied.
- Afstemmen ontwerp op aanpassingen gemaal Beukenhorst.

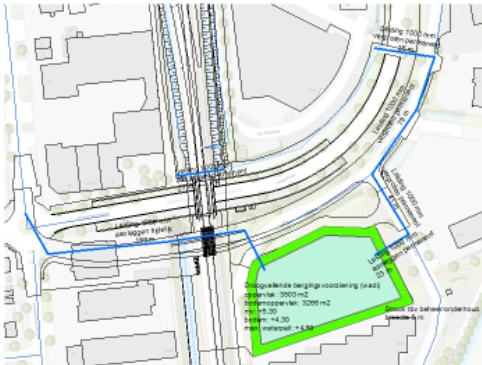
#### Kansen

- Betere doorstroming parkplas
- Klimaatbestendige inrichting en invulling klimaatopgave Vught mogelijk door groot wateroppervlak van parkplas

## Werkterrein Kettingweg

### Berging op werkterrein Kettingweg – optie 1

Het geplande werkterrein aan de Kettingweg kan worden benut als bovengrondse waterberging (wadi). Hiermee wordt extra berging in het watersysteem van Vught gerealiseerd. Om het water hiernaartoe te krijgen moeten er echter wel aanpassingen aan het systeem worden verricht.



#### Kenmerken

- Op het werkterrein kan een ondergrondse voorziening met een oppervlak van 3200 m<sup>2</sup> worden gerealiseerd.
- Oppervlak werkterrein te benutten voor waterberging bedraagt 4.700 m<sup>2</sup>
- Bodem fijn zand, lokaal klei, veen of leemlagen op ongeveer 5m -mv. Water zal gedeeltelijk infiltreren.

#### Bergingscapaciteit- en opgave

- GHG op circa + 4,30 m, maaiveld op circa + 5,30 m
- Kritische maaiveld omgeving op circa +4,90 m
- Waterbergende schijf: 0,60 m
- Onderhoudstrook van 5 meter breed
- Talud 1:1.
- Oppervlak voorziening 3503 m<sup>2</sup>, bodemoppervlak 3.266 m<sup>2</sup>
- Bergingscapaciteit 2.000 m<sup>3</sup>

#### Aanpassingen

- Aanleggen leidingen t.b.v. aanvoer naar bergingsvoorziening
- Bodem uitgraven tot +4,30m diepte

#### Kansen

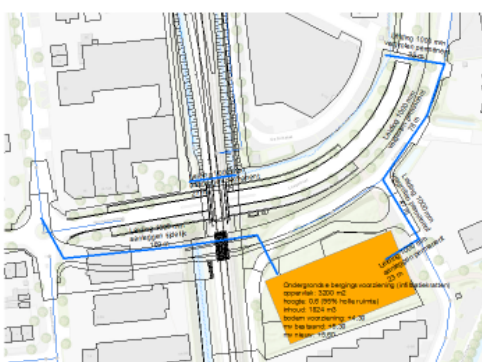
- Alternatief voor Groensche Hoeven
- Indien de bergingsvoorziening wordt gehandhaafd in eindsituatie kan pompkelder zuid op de voorziening lozen.

#### Randvoorwaarden

- Aanvoer vanaf HWA-riool Industrieweg naar Ketting moet gerealiseerd worden. Vanwege weinig tot geen ruimte beschikbaar aan de noordzijde van de onderdoorgang is gekozen voor een aanvoer ten zuiden van de onderdoorgang.

### Berging op werkterrein Kettingweg – optie 2

Het geplande werkterrein aan de Kettingweg kan ook ondergronds worden benut als waterberging. Hiermee wordt extra berging in het watersysteem van Vught gerealiseerd. Om het water hiernaartoe te krijgen moeten er echter wel aanpassingen aan het systeem worden verricht.



#### Kenmerken

- Op het werkterrein kan een ondergrondse voorziening met een oppervlak van 3200 m<sup>2</sup> worden gerealiseerd. De tijdelijke weg kan dan volgens het ontwerp worden gerealiseerd.

#### Bergingscapaciteit

- Bodem op +4,30 m (GHG)
- Hoogte infiltratiekratten (of gelijkwaardig) 0,60 m.
- Benodigde dekking 0,70 m dekking. Maaiveld verhogen van +5,30 m naar +5,60 m
- Uitgaande van 95% berging in krat bedraagt bergingscapaciteit 1.824 m<sup>3</sup>

#### Aanpassingen

- Aanleggen leidingen t.b.v. aanvoer naar bergingsvoorziening
- Aanleggen ondergrondse waterberging
- Ophogen bestaand mv met circa 0,30 m tot +5,60m

#### Kansen

- Alternatief voor Groensche Hoeven
- Dubbel ruimtegebruik.

#### Randvoorwaarden

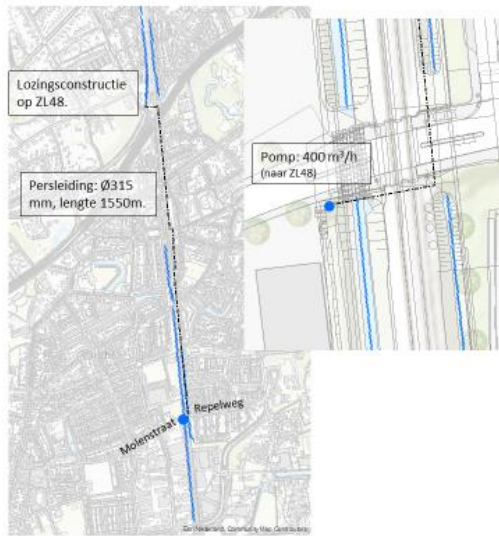
- Aanvoer vanaf HWA-riool Industrieweg naar Ketting moet gerealiseerd worden. Vanwege weinig tot geen ruimte beschikbaar aan de noordzijde van de onderdoorgang is gekozen voor een aanvoer ten zuiden van de onderdoorgang.
- Bij dubbel ruimtegebruik is ophogen van het terrein noodzakelijk.



## Pompen naar Vught Noord

### Pompen naar Vught noord

De maatregel pompen naar Vught noord gaat uit van het verpompen van een aanzienlijke hoeveelheid water tijdens neerslag vanuit het zuiden van Vught naar het noorden. In het zuiden verdwijnen in de tijdelijke situatie de grote watergangen ten westen van het spoor tussen de Michiel de Ruyterweg en de Wolfskamerweg. Door het verpompen van water wordt er in het zuiden ruimte in het watersysteem gecreëerd zodat minder compensatie nodig is. Voor deze maatregelen wordt uitgegaan van het aanleggen van een pomp van 400 m<sup>3</sup>/h gemaal in de tijdelijke duiker ten zuiden van de Molenstraat. Van hieruit wordt het water verpompt en via een persleiding afgevoerd naar watergang ZL48. Watergang ZL48 is de eerste watergang die een dergelijke hoeveelheid kan verwerken. Een voorwaarde voor deze optie is dat de aanvoer via tijdelijke duikers naar de pomp gewaarborgd is. Verder is ook een juiste aansturing en regeling van de pomp noodzakelijk voor een goede werking. Deze maatregel werkt minder goed bij kortdurende (1 à 2 uur) hevige buien. De tijd is bij die buien te kort om een grote hoeveelheid water te verpompen waardoor de nog resterende bergingscapaciteit in het systeem niet direct beschikbaar is.



**Bergingscapaciteit en opgave**

- Opgave Essche Stroom tijdelijke situatie 4020 m<sup>3</sup>.
- Verpompen water met grote pomp

**Aanpassingen**

- Aanleggen pompput op locatie waar grote watergangen tijdelijk verdwijnen
- Aanleg persleiding naar ZL48
- Aanleg lozingsconstructie op ZL48 (capaciteit is getoetst op toename met 400 m<sup>3</sup>/h)
- Opbreken pompput en persleiding
- Aanleggen leidingen t.b.v. aanvoer naar bergingsvoorziening
- Aanleggen ondergrondse waterberging
- Ophogen bestaand mv met circa 0,30 m tot +5,60m

**Kansen**

- Alternatief voor Groensche Hoeven
- Opgave voor Dommel (permanent 460 m<sup>3</sup>) ook realiseren d.m.v. pomp en aansluiten op dezelfde persleiding.
- Combineren met waterkelder zuid.
- Invulling d.m.v. tijdelijke noodpomp (bijv. 2-4 weken) is een alternatief, tijdelijke noodpersleiding over deze lengte niet.

## Pompen vanuit Vughtse Hoeven

### Pompen vanuit Vughtse Hoeven naar bergingslocatie

Vughtse Hoeven is een woonwijk die enigszins tegen de maaiveldhoogte in op dit moment in oostelijke richting afstroomt door de woonwijk Baarzen naar de westzijde van het spoor en van daaruit naar gemaal Beukenhorst.

De gedachte achter de maatregel 'pompen vanuit Vughtse Hoeven naar bergingslocatie' is het beter benutten van de waterpartijen in de wijk door het plaatsen van stuwen en het verlagen van het peil in de watergangen met een pomp. In het rood is in onderstaande figuur de wijk Vughtse Hoeven omcirkeld. Uit nadere analyse van de afwatering blijkt dat de landelijke afvoer van het ten westen hoger gelegen gebied via deze watergangen afwaterd. Om deze afvoer in stand te houden zou een gemaal moeten worden geïnstalleerd om de afwatering te waarborgen. Dit zou geen duurzame maatregel zijn. Deze optie vervalt daardoor en is niet verder uitgewerkt.





## COLOFON

PHS METEREN-BOXTEL  
TRACÉBESLUIT - RAPPORT WATERHUISHOUDKUNDIG PLAN VUGHT (MB 1.6.1-04)

**KLANT**  
ProRail

**AUTEUR**  
Frank van den Heuvel

**PROJECTNUMMER**  
D02101.000052

**ONZE REFERENTIE**  
083829162 C

**DATUM**  
13 juni 2019

### **Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)