

RAPPORT

Systeemoverzicht Stedelijk Water Gemeente De Bilt

Systeemoverzicht Stedelijk Water en
hemelwaterstresstest voor de gemeente De Bilt

Klant: Gemeente de Bilt

Referentie: BG7749WATRP2007011309

Status: S0/P01.01

Datum: 15 april 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Larixplein 1
5616 VB EINDHOVEN
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 42 50 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: **Systemoverzicht Stedelijk Water Gemeente De Bilt**

Ondertitel: **Systemoverzicht Stedelijk Water en hemelwaterstresstest voor de gemeente De Bilt**

Referentie: **BG7749WATRP2007011309**

Status: **P01.01/S0**

Datum: **15 april 2021**

Projectnaam: **SSW & stresstest gemeente De Bilt**

Projectnummer: **BG7749**

Auteur(s): **Lisa Verschuren, Jacco Breedijk**

Opgesteld door: **Jacco Breedijk**

Gecontroleerd door: **Vincent de Bont**

Datum/paraaf: **15-04-2021**

Goedgekeurd door: **Vincent de Bont**

Datum/paraaf: **15-04-2021**

Classificatie

Project gerelateerd



Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Inhoud van het SSW	1
1.3	Werkwijze	1
1.4	Leeswijzer	2
1.5	Geldigheid en beleidskader	2
1.6	Richtlijnen gemeente De Bilt	2
2	Stedelijk Watersysteem in Hoofdlijnen	3
2.1	Hoofdkenmerken plangebied	3
2.2	Hoofdkenmerken vrij verval riolering	4
2.3	Hoofdkenmerken drukriolering	8
3	Objectgegevens Stedelijk Watersysteem	9
3.1	Droogweerafvoer	9
3.1.1	Inschatting Droogweerafvoer	9
3.2	Verhard oppervlak	10
3.3	Externe overstorten	11
3.4	Randvoorzieningen	12
3.5	Rioolgemalen	14
3.6	Berging en pompovercapaciteit	15
4	Beschrijving functioneren Stedelijk Watersysteem	17
4.1	Bekende locaties wateroverlast	17
4.2	Opbouw van het rioleringsmodel	19
4.3	Hydraulisch functioneren van het stedelijk watersysteem	20
4.3.1	Hollandsche Rading	21
4.3.2	Maartensdijk	22
4.3.3	Groenekan	23
4.3.4	Westbroek	23
4.3.5	De Bilt	24
4.3.6	Bilthoven	27
4.4	Milieutechnisch functioneren	30
4.4.1	Resultaten huidige situatie	30
4.5	Stationaire afvoercapaciteit	32
4.6	Hemelwaterstresstest	34
4.6.1	Risicopandenprofiel bij stresstestbuien	34
4.6.2	Modelberekening 160 mm neerslag in 48 uur	39

4.7	Functioneren riool overstorten en interactie met oppervlaktewater	41
4.7.1	Overstortschil externe riool overstorten	41
5	Uitwerking knelpunten en maatregelen	45
5.1	Vaststellen knelpuntlocaties	45
5.2	Knelpuntlocaties en maatregelen	45
5.3	Uitwerking knelpuntlocaties	45
6	Doorrekenen Toekomstige situatie	48
6.1	Uitgangspunten modelscenario toekomstige situatie	48
6.2	Hydraulisch functioneren Bui 8 en Bui 9	48
6.3	Emissieberekeningen	50
6.4	Hemelwaterstresstest	50
7	Conclusies	52
8	Aanbevelingen	53
8.1	Ketenbenadering wateroverlast	53
8.2	Optimalisatie afvalwaterketen	53
8.3	Beheerdata op orde	54
8.4	Bergen en vasthouden van regenwater	54

Bijlage A – Water op Straat kaarten per kern – Bui 9	55
Bijlage B – Validatie rekenmodel gemeente De Bilt	60
Bijlage C – Gemaalcapaciteit hoofdgemaal De Bilt	74
Bijlage D – Oppervlaktewater in de modelberekeningen	76
Bijlage E – Uitwerking maatregelen	77
Bijlage F – Emissieberekeningen uitgebreide resultaten	101
Bijlage G – Emissieberekeningen toekomstige situatie uitgebreide resultaten	102
Bijlage H – Water-op-straat kaarten huidige en toekomstige situatie	103
Bijlage I – Droogweerafvoer hoofdgemalen De Bilt	111
Bijlage J – Berekening schade bij extreme neerslag de Bilt	113
Bijlage K – Knelpunten-maatregelenkaarten gemeente de Bilt	115
Bijlage L – Knelpunten-maatregelenkaarten gemeente de Bilt	116

Belangrijkste afkortingen en begrippen

AHN	Algemeen Hoogtebestand Nederland. Digitaal hoogtebestand dat voor heel Nederland beschikbaar is.
BBB	Bergbezinkbassin
BGT	Basisregistratie Grootchalige Topografie
BOB	Binnen-Onderkant-Buis. Maat voor leidinghoogte
BRP	Basisrioleringsplan. Betreft de oude benaming voor een SSW
Bui 8	Een gestandaardiseerde bui met een herhalingsstijd van ongeveer 2 jaar en waarbij 19,8 mm neerslag valt in 60 minuten
Bui 9	Een gestandaardiseerde bui met een herhalingsstijd van ongeveer 5 jaar en waarbij 29,4 mm neerslag valt in 60 minuten
CZV	Chemisch Zuurstofverbruik. Indicator voor de vervuiling van oppervlaktewater door vervuild rioolwater.
DWA	Droogweerafvoer. Stroming door riolering tijdens droogweer, gelijk aan het debiet aan afvalwater. Term wordt ook gebruikt om vuilwaterriolering te duiden.
HDSR	Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
HWA	Hemelwaterafvoer (hemelwaterriolering)
IT-riolering	Infiltratieriolering
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SSW	Systeemoverzicht Stedelijk Water
T-100	Een bui die volgens de statistieken eens in de 100 jaar valt
VGS	Verbeterd gescheiden rioleringsstelsel
vGRP	Verbreed Gemeentelijk Rioleringsplan

1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de inleiding, doel en werkwijze van dit rapport. Vervolgens wordt het beleidskader van het BRP/SSW toegelicht.

1.1 Aanleiding

De gemeente De Bilt heeft aan Royal HaskoningDHV opdracht verleend om een nieuw basisrioleringsplan (BRP) op te stellen voor de gehele gemeente. Het huidige BRP stamt uit 2008. Daarnaast wil de gemeente nader inzicht in de wateroverlast die kan optreden in het kader van klimaatverandering en door interactie met het oppervlaktewatersysteem.

Vanwege de gedeeltelijke herziening van de opzet van het BRP door de Stichting RIONED in 2019, is de officiële benaming vervangen voor Systeemoverzicht Stedelijk Water (SSW). Deze term wordt dan ook overgenomen in deze rapportage. De resultaten uit het SSW worden gebruikt als input voor het nieuwe gemeentelijk rioleringsplan (GRP), dat eind 2021 zal worden gepresenteerd.

1.2 Inhoud van het SSW

Een SSW (voorheen BRP) is een document waarin de hydraulische staat van de riolering en het stedelijk watersysteem aan bod komen. Het rapport is geschreven voor de ambtenaren van de gemeente De Bilt uit het vakgebied stedelijk water en riolering. Het SSW dient als onderbouwing van de maatregelen om de waterhuishouding (hydraulisch of milieutechnisch) verder te verbeteren.

Het SSW bestaat conform de richtlijnen van de koepelorganisatie Stichting RIONED uit vier inhoudelijke delen:

- Deel I: Beschrijving van het stedelijk watersysteem.
- Deel II: Beschrijving van het (hydraulisch en milieutechnisch) functioneren van het stedelijk watersysteem.
- Deel III: Evaluatie functioneren stedelijk watersysteem. Toetsing aan kaders en ambities uit het GRP.
- Deel IV: Inventariseren van maatregelen

1.3 Werkwijze

Het opstellen van het SSW is een traject geweest dat ruwweg heeft gelopen van augustus 2019 t/m januari 2021. Het traject was een samenwerking tussen Royal HaskoningDHV, de gemeente De Bilt en het Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden. Het traject bestond grofweg uit vijf fasen:

Fase	Omschrijving
1.	Verzamelen en inventariseren van gegevens
2.	Actualisatie rioleringsdatabase en opbouw rioleringsmodel van de huidige situatie
3.	Verificatie rioleringsmodel met behulp van meetgegevens en praktijksituatie
4.	Analyse (knelpunten) watersysteem
5.	Uitwerken oplossingsrichtingen

Tabel 1 – Fasen van het SSW

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt de hoofdkenmerken van het huidige rioleringsstelsel van de gemeente De Bilt. In hoofdstuk 3 komen de riool technische gegevens aan bod. U kunt de kenmerktabellen gebruiken om snel informatie over het stelsel te vinden. Daarnaast dienen de gegevens als uitgangspunten voor het hydraulische model. Hoofdstuk 2 en 3 vormen module I van het SSW.

Hoofdstuk 4 behandelt het hydraulisch functioneren van het rioleringsstelsel en vormt daarmee module II van het SSW. Ten eerste komt de opbouw van het hydraulische rekenmodel kort aan bod. Via een aantal analyses worden vervolgens de knelpuntlocaties voor wateroverlast in de gemeente De Bilt bepaald.

In hoofdstuk 5 worden alle knelpuntlocaties opgesomd en worden passende vervolgacties bepaald (module III van het SSW). Hoofdstuk 6 behandelt de toekomstige situatie, waarbij de maatregelen die zijn meegenomen in meer detail zijn beschreven in Bijlage E. In dit hoofdstuk worden de huidige en de toekomstige situatie vergeleken op drie manieren: hydraulisch, impact en milieutechnisch (module IV van het SSW). Hoofdstuk 7 somt de belangrijkste conclusies op en hoofdstuk 8 schrijft algemene aanbevelingen voor.

1.5 Geldigheid en beleidskader

De gemeente De Bilt heeft een zorgplicht tegenover haar inwoners om afvalwater en hemelwater adequaat te verwerken. Dit is wettelijk vastgelegd in artikel 10.33 van de Wet Milieubeheer (afvalwater) en artikel 3.5 van de Waterwet (hemelwater).

In tegenstelling tot een (verbreed) gemeentelijk rioleringsplan (vGRP), is een SSW geen verplicht document en daarom ook niet gekoppeld aan een bepaalde planperiode. Het huidige vGRP voor de gemeente De Bilt stamt uit 2015 en is opgesteld voor de beleidsvorming in de periode 2016-2020. Richtlijnen voor de systematiek van het opstellen van een SSW zijn vastgelegd in de Kennisbank Stedelijk Water van de Stichting RIONED, de koepelorganisatie voor stedelijk waterbeheer in Nederland.

De uitgangssituatie die in dit SSW wordt beschouwd betreft een zo nauwkeurig mogelijke weergave van de huidige situatie (april 2020).

1.6 Richtlijnen gemeente De Bilt

Voor het voorkomen van wateroverlast dient het watersysteem te voldoen aan de volgende richtlijnen:

- Voor de afvoercapaciteit van het bestaande rioleringsstelsel geldt bui 8 uit de Kennisbank Stedelijk Water als richtlijn. Deze bui bevat 19,8 mm neerslag in 60 minuten en heeft een herhalingstijd van ± 2 jaar. Bij deze bui dient er geen water-op-sstraat plaats te vinden.
- Voor nieuwe of gereconstrueerde stelsels geldt bui 9. Deze bui bevat 29,4 mm neerslag in 60 minuten en heeft een herhalingstijd van ± 5 jaar. Bij deze bui dient er geen water-op-sstraat plaats te vinden.

Daarnaast werkt de gemeente op dit moment aan een klimaatstrategie. Hierin worden ook normen opgenomen over de klimaatrobustheid van het stelsel. Op dit moment zijn deze normen nog niet vastgesteld.

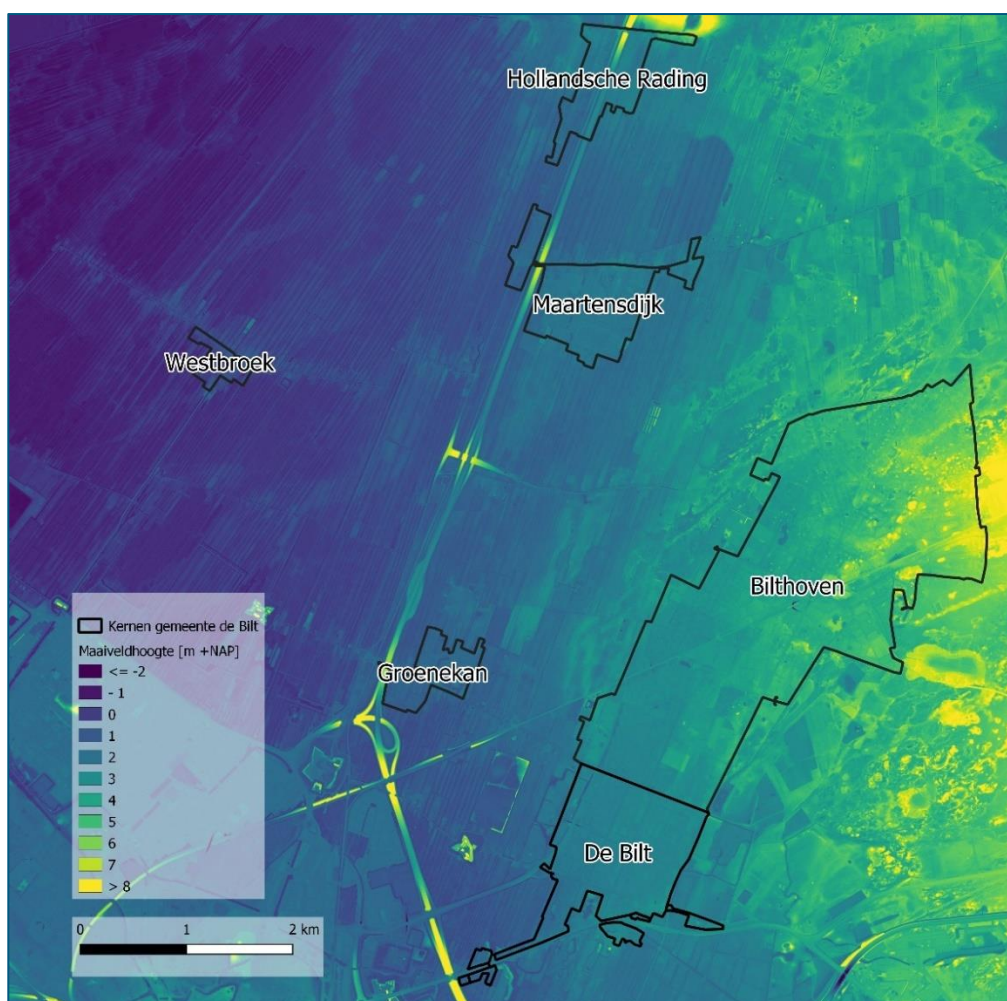
2 Stedelijk Watersysteem in Hoofdlijnen

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten die zijn gebruikt in het SSW. Ten eerste wordt er een korte beschrijving gegeven van de ligging van de gemeente en de hoofdkenmerken van het rioleringsstelsel. De kenmerken van alle rioleringsgebieden van de gemeente komen aan bod. Tenslotte wordt de drukriolering in gemeente De Bilt besproken.

2.1 Hoofdkenmerken plangebied

De gemeente De Bilt ligt in het midden van de provincie Utrecht. De gemeente telt 42.824 inwoners (Bron: CBS, 2019) en bestaat uit zes kernen: De Bilt, Bilthoven, Maartensdijk, Westbroek, Hollandsche Rading en Groenekan. De grootste kern van de gemeente is Bilthoven (22.540 inwoners), daarna volgt De Bilt (10.800 inwoners). De kleinere kernen in De Bilt zijn Maartensdijk (4.890 inwoners), Groenekan (1.870 inwoners), Hollandsche Rading (1.550 inwoners) en Westbroek (1.155 inwoners).

Qua hoogteligging helt de gemeente naar het noordwesten. De kern Bilthoven ligt grotendeels op hooggelegen zandgronden met 5 m +NAP, terwijl de kern Westbroek in het lageregelegen veenweidegebied ten westen van de Utrechtse Heuvelrug ligt (0,5m +NAP). De andere vier kernen liggen hiertussen. Figuur 1 toont de hoogteligging van gemeente De Bilt.



Figuur 1 – Hoogteligging van de kernen van gemeente De Bilt

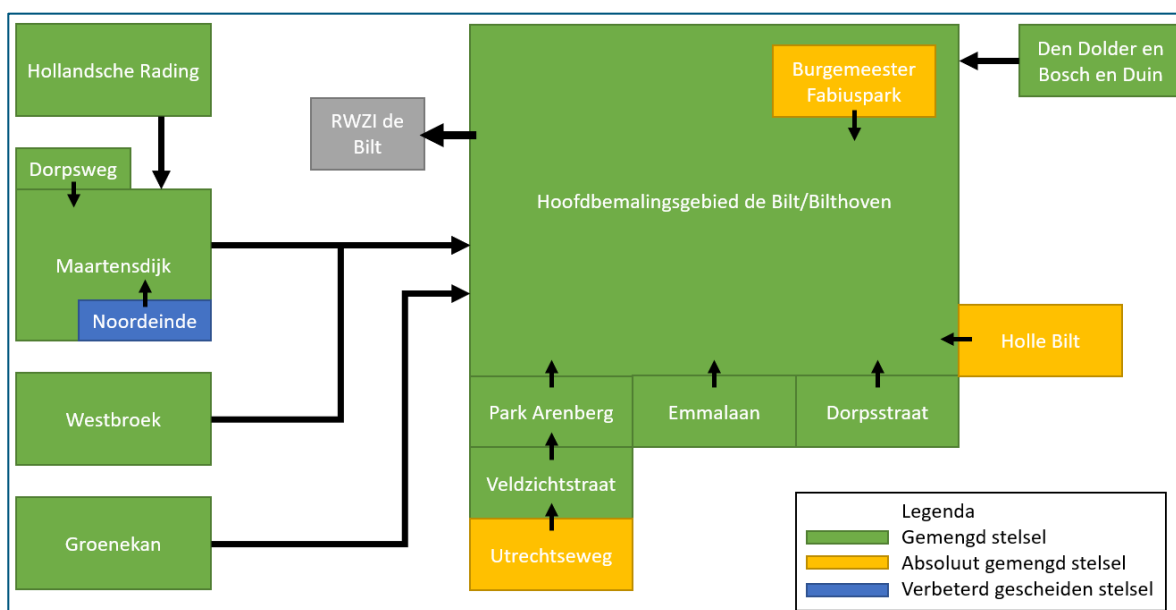
De gemeente De Bilt valt binnen het verzorgingsgebied van drie waterschappen: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (grootste deel van het grondgebied), waterschap Amstel, Gooi en Vecht (kern Westbroek) en waterschap Vallei en Veluwe (noordelijke punt van Bilthoven). Het verzorgingsgebied van laatstgenoemde waterschap is echter vrijwel verwaarloosbaar: bij de vorige waterschapsverkiezingen waren er slechts elf stemgerechtigde kiezers in de gemeente voor het waterschap Vallei en Veluwe (Bron: Vierklank.nl).

2.2 Hoofdkenmerken vrij verval riolering

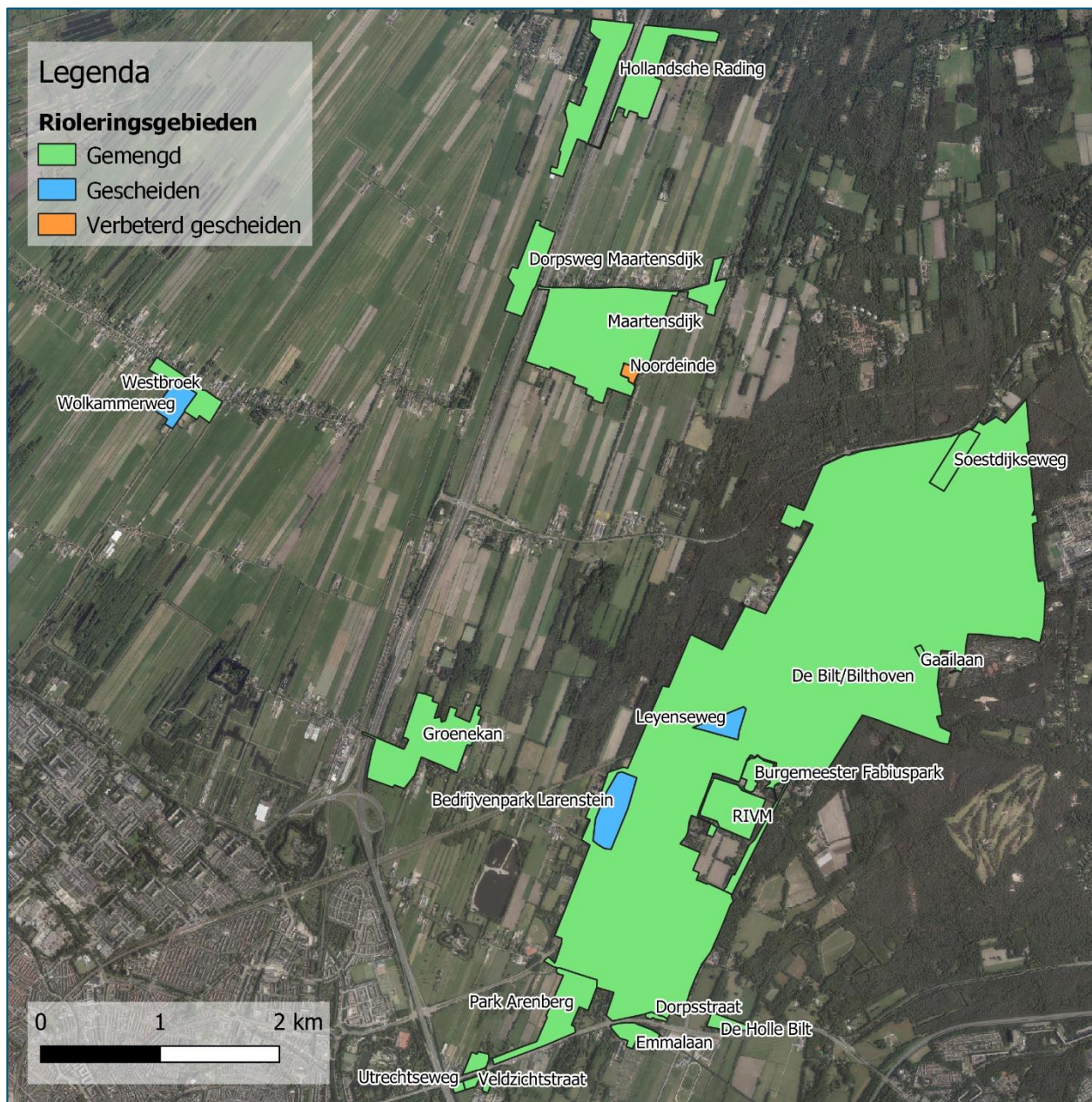
Het hemel- en afvalwater in de gemeente De Bilt worden voor het grootste deel ingezameld middels vrijverval riolering. In de gemeente is in totaal 177 km vrijverval riolering aanwezig. Ongeveer 90% van het stedelijk gebied loost op een gemengd rioelstelsel. De kernen De Bilt en Bilthoven delen een gezamenlijk vrijverval stelsel welke voor het grootste deel uit één bemalingsgebied bestaat. Het buitengebied en de vrijverval riolering van de kernen Maartensdijk, Hollandsche Rading, Westbroek en Groenekan lozen op dit stelsel via een systeem van gemalen en persleidingen. Op het stelsel van de gemeente lozen daarnaast ook de rioelgemalen van de kernen Bosch en Duin en Den Dolder van de gemeente Zeist.

Het afvalwater in de gemeente wordt afgevoerd naar RWZI De Bilt, welke gelegen is in De Bilt ten westen van het bedrijvenpark Larenstein. Het grote hoofdbemalingsgebied van de kernen De Bilt en Bilthoven watert af naar de ontvangstkelders van deze zuivering middels een vrijverval leiding. De riolering in de gemeente is opgedeeld in **14** (hoofd)bemalingsgebieden. Onder deze (hoofd)bemalingsgebieden bevindt zich één verbeterd gescheiden bemalingsgebied: Noordeinde in Maartensdijk. Er zijn drie absolute gemengde stelsels; dat wil zeggen dat de stelsels geen overstort hebben (maar in plaats daarvan een groot ledigingsemaal). Figuur 2 toont het pompschema.

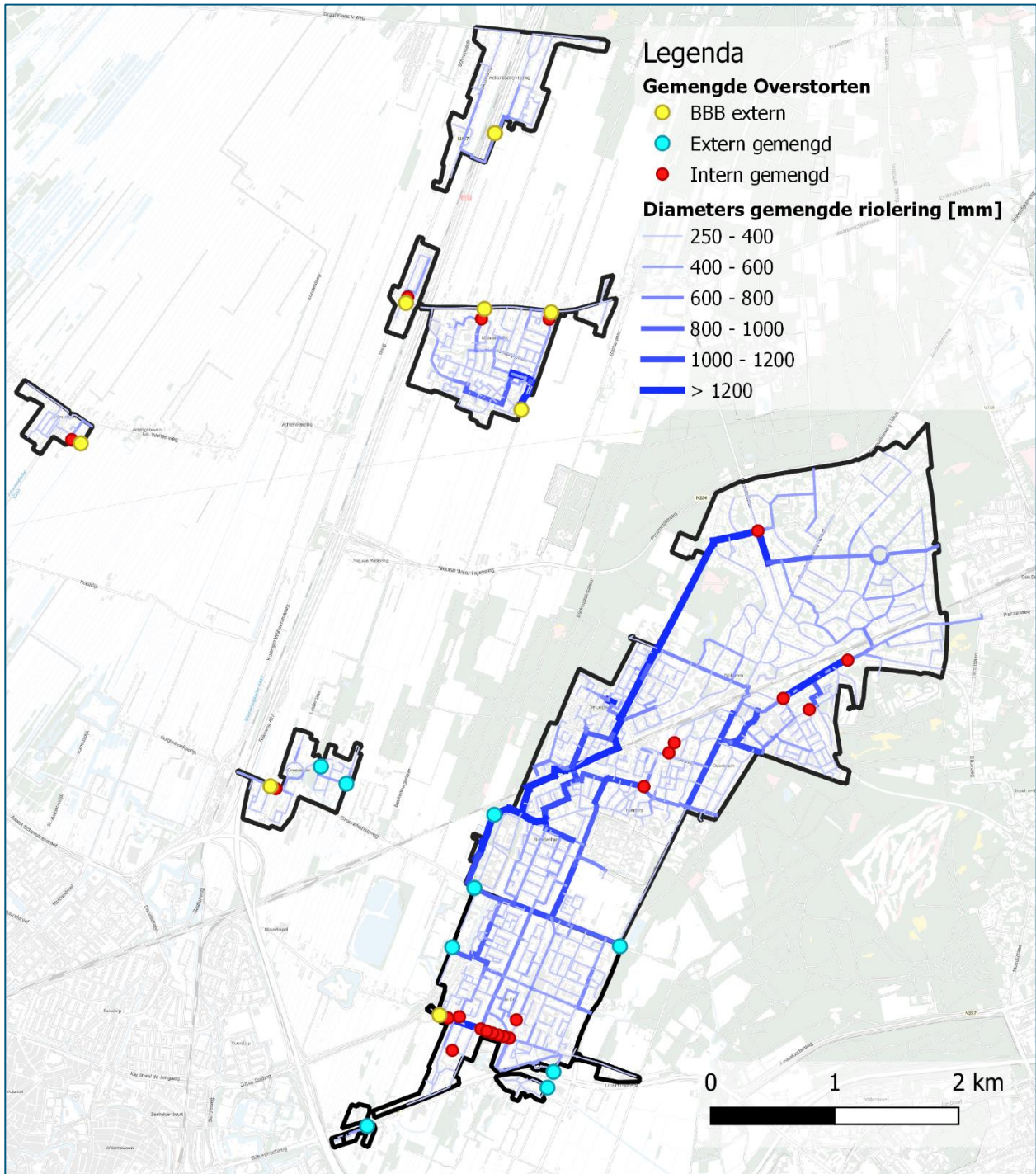
Figuur 3 toont de rioleringsgebieden in de gemeente De Bilt. De bemalingsgebieden Maartensdijk, Westbroek en De Bilt/Bilthoven bevatten ook gescheiden riolering, deels in de vorm van nieuw aangelegde stelsels en deels door afkoppelprojecten. Drie grotere gescheiden stelsels die met gescheiden riolering zijn aangelegd, zijn in Figuur 3 weergegeven als aparte rioleringsgebieden (Wolkammerweg, Bedrijvenpark Larenstein en Leyenseweg). Figuur 5 toont een overzicht van alle hemelwaterriolering in de gemeente.



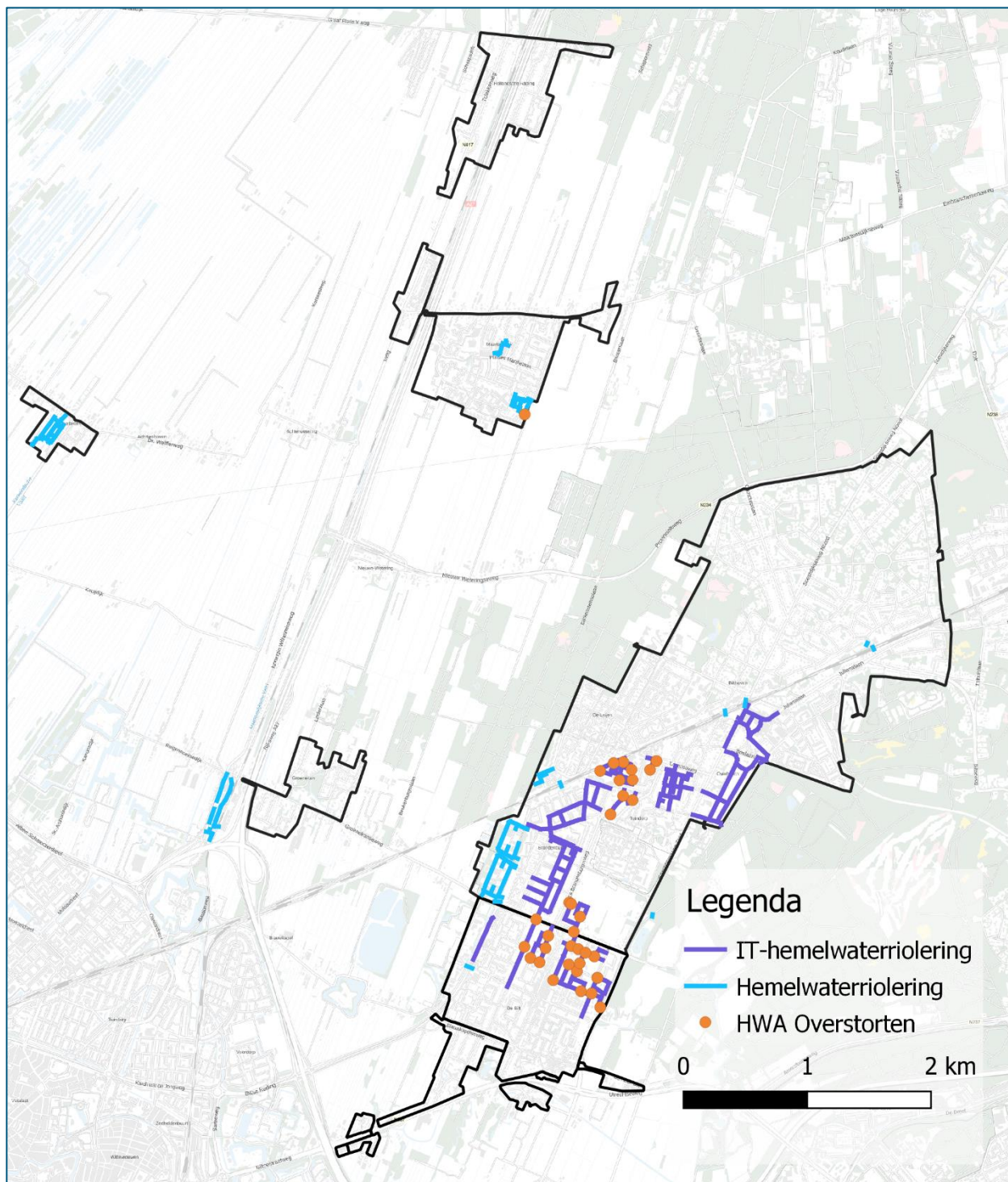
Figuur 2 - Pompschema van alle bemalingsgebieden in de gemeente De Bilt.



Figuur 3 – Rioleringsgebieden van de gemeente De Bilt, inclusief dominant stelseltype.



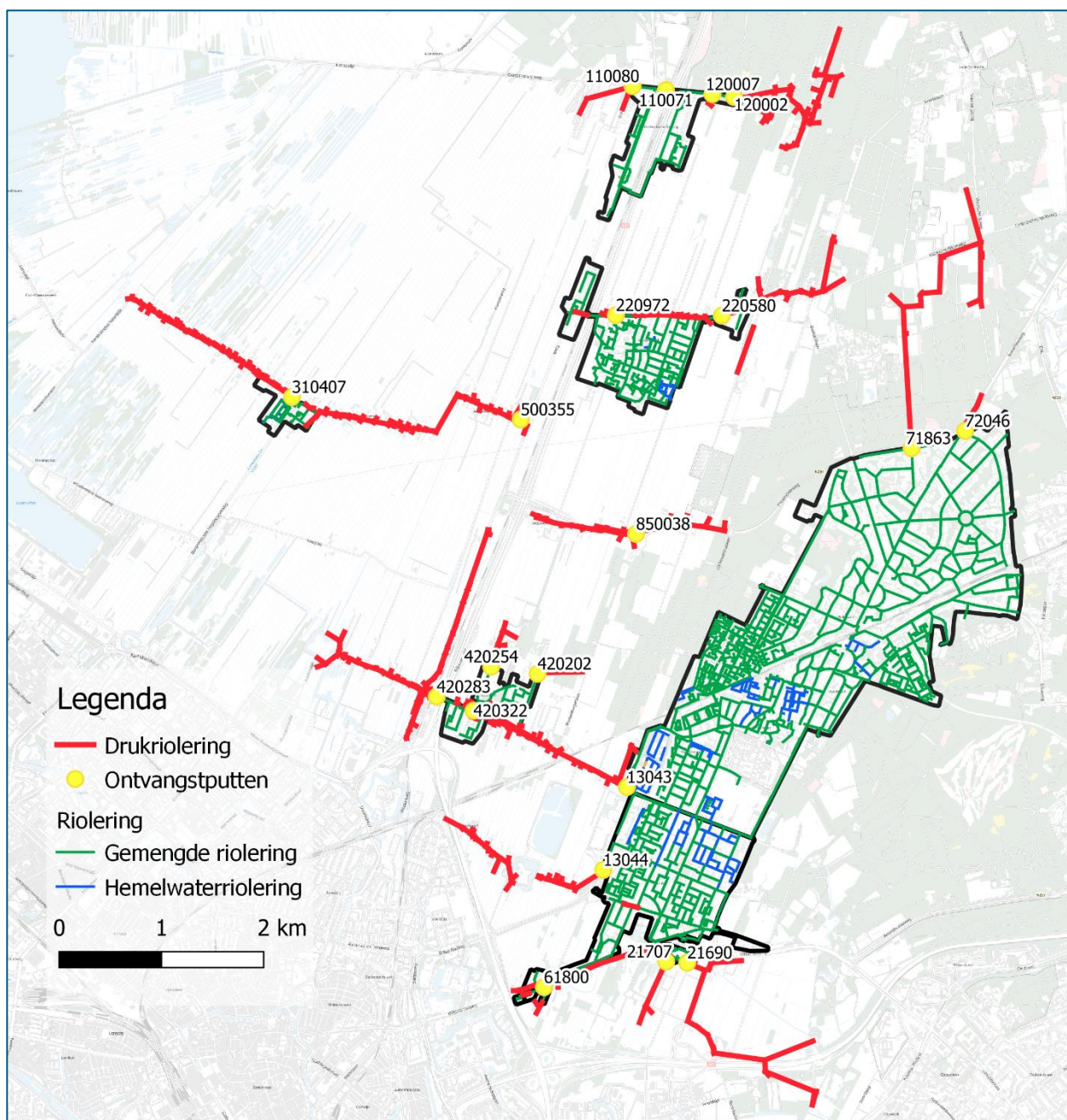
Figuur 4 – Hoofdstructuur van de gemengde- en vuilwaterriolering in gemeente De Bilt.



Figuur 5 – Overzicht van de locaties van de hemelwaterriolering in gemeente De Bilt

2.3 Hoofdkenmerken drukriolering

De gemeente De Bilt telt ongeveer twintig drukrioleringsgebieden. Deze drukrioleringsgebieden verschillen sterk in omvang. Figuur 6 toont de drukriolering in de gemeente De Bilt, waarbij de drukriolering in het rood is weergegeven. Deze drukrioleringsgebieden zijn genummerd op basis van de ontvangstput in de vrijerval riolering waarop de betreffende leiding loost.



Figuur 6 – Riolering in de gemeente De Bilt, inclusief drukriolering (aangegeven in het rood) gecodeerd op basis van de ontvangstput.

3 Objectgegevens Stedelijk Watersysteem

In dit hoofdstuk komen de technische gegevens en de uitgangspunten die gelden voor dit SSW aan bod. Ten eerste wordt de droogweerafvoer besproken. Vervolgens komen het verhard oppervlak, randvoorzieningen, overstorten en gemalen aan bod. Als laatste worden op basis van de geometrie en de riooltechnische gegevens van de riolering de berging en pompovercapaciteit bepaald.

3.1 Droogweerafvoer

De droogweerafvoer (DWA) is de stroom aan afvalwater die zich door het rioleringsstelsel verplaatst tijdens droog weer. De DWA is in theorie opgebouwd uit particulier afvalwater, bedrijfsafvalwater en lozingen uit drukrioleringsgebieden. In de praktijk kan rioolvreemd water binnendringen door lekkende riolering of foutief ingestelde overstortdrempels/waterpeilen. Omdat rioolvreemd water moeilijk te kwantificeren is zonder uitvoerig meetonderzoek, is deze stroom niet meegenomen in de modellering. Wel is in **Bijlage I** uitgezocht hoeveel afvalwater de (hoofd)gemalen daadwerkelijk verpompen. In deze paragraaf wordt de droogweerafvoer toegelicht.

3.1.1 Inschatting Droogweerafvoer

Particulier afvalwater

Particulieren produceren conform de Kennisbank Stedelijk Water gemiddeld 120 liter afvalwater/inwoner/dag. De stroom aan vuilwater is niet constant: 's nachts verbruiken mensen veel minder water dan overdag en ook vooral tijdens de spits ligt het waterverbruik een stuk hoger. Voor het SSW is per bemalingsgebied het aantal inwoners bepaald op basis van het inwoneraantal per kern en het aandeel aan panden in het bemalingsgebied ten opzichte van het totaal in de kern. Ditzelfde is ook gedaan voor de drukrioleringsgebieden. Hierbij is uitgegaan van een piekfactor van 2,4 (op basis van 12 liter afvalwater per uur voor een duur van 10 uur) ten opzichte van het daggemiddelde.

Bedrijfsafvalwater

Het waterverbruik van bedrijven is veel moeilijker te voorspellen: een kantoorpand verbruikt veel minder water dan een bedrijf in de voedselindustrie. Daarnaast is het verbruikspatroom van een camping zeer seizoensgebonden, waar dat in een winkel veel constanter is. De droogweerafvoer van de bedrijven is bepaald door middel van het drinkwaterverbruik. Op basis van kadastrergegevens zijn de drinkwatergegevens gekoppeld aan het juiste adres en ingedeeld in de bemalingsgebieden van de gemeente De Bilt. Hierbij is uitgegaan van een piekfactor van 3,0 (op basis van 8 uur activiteit per dag) ten opzichte van het daggemiddelde.

Den Dolder & Bosch en Duin

Aandachtspunt bij het inventariseren van de droogweerafvoer is het vuilwater van de gemeente Zeist: het afvalwater (en een deel van het regenwater) van de kernen Den Dolder en Bosch en Duin behoren tot de zuiveringskring van de RWZI De Bilt. Het vuilwater en een deel van het regenwater van deze kernen wordt geloosd op het vrij vervalstelsel van Bilthoven. Op basis van het BRP van de gemeente Zeist uit 2012 bedraagt de (piek)droogweerafvoer 209,1 m³/uur, ongeveer een kwart van de totale theoretische (piek)afvalwaterbelasting van de RWZI (772,3 m³/uur).

Totale belasting RWZI

De resultaten van de inventarisatie zijn te zien in Tabel 2. De tabel bevat alle bemalingsgebieden van de zuiveringskring van de RWZI. Het totaal van de tabel (302,9 m³/uur gemiddeld over de dag = **7.270 m³/dag**) is ook de theoretische vuilwaterbelasting van de gehele zuivering.

Bemalingsgebied	DWA vrij verval inwoners [m ³ /uur]	DWA vrij verval bedrijven [m ³ /uur]	DWA drukriolering inwoners [m ³ /uur]	DWA-drukriolering bedrijven [m ³ /uur]	DWA bovenstrooms [m ³ /uur]	DWA-piekbelasting [m ³ /uur]	DWA totaal daggemiddelde [m ³ /uur]
Hollandsche Rading	10.9	2.1	1.6	1.6	-	16.2	6.5
Westbroek	4.1	0.5	3.8	1.2	-	9.6	3.9
Groenekan	9.8	1.0	6.5	2.3	-	19.6	7.9
Maartensdijk	46.3	2.4	2.6	0.4	22.8	74.5	30.4
Noordeinde Maartensdijk	1.9	0.0	0.0	0.0	-	1.9	0.8
Dorpsweg Maartensdijk	3.8	0.9	0.0	0.0	-	4.6	1.9
De Bilt/Bilthoven	363.0	54.9	2.7	4.2	347.5	772.3	302.9
Utrechtseweg	0.8	0.0	0.0	0.0	-	0.8	0.4
Dorpsstraat	1.2	0.0	0.0	0.0	-	1.2	0.5
Emmalaan	4.4	1.0	0.6	0.3	-	6.3	2.5
Burg. Fabiuspark	2.9	0.0	0.0	0.0	-	2.9	1.2
Park Arenberg	10.5	0.1	0.0	0.0	7.7	18.3	7.6
De Holle Bilt	2.5	3.5	0.0	0.0	-	6.0	2.2
Veldzichtstraat	3.3	0.3	3.1	0.2	0.8	7.7	3.2
TOTAAL	465.4	66.5	21.0	10.3	209.1¹	772.3	302.9

Tabel 2 – Droogweerafvoer (DWA) per bemalingsgebied van de gemeente De Bilt

3.2 Verhard oppervlak

Voor het maken van dit SSW is een inventarisatie gemaakt van de verharding in de gemeente Bilt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen vier categorieën conform de Kennisbank Stedelijk Water: 'Hellend dakoppervlak', 'vlak dakoppervlak', 'gesloten verharding' en 'open verharding'.

Het verhard oppervlak is vervolgens gevalideerd met behulp van meetgegevens. Hiervoor is het functioneren van het model bij vijf neerslagsituaties met een herhalingsstijd van 0,5 – 5 jaar vergeleken met het functioneren in de praktijk. Uit de validatie bleek dat het afstromende verharde oppervlak in de meeste bemalingsgebieden was overschat. Daarnaast is er bij veel bemalingsgebieden een correctiefactor van 2 mm toegepast voor de maaiveldberging in de openbare ruimte. De **gecorrigeerde waarden** zijn gebruikt in alle kenmerktabelen in dit SSW. In **Bijlage B** wordt de validatie in meer detail besproken.

Tabel 3 toont het resulterende verhard oppervlak per bemalingsgebied. In de laatste kolom is het verhard oppervlak dat is geïnventariseerd voor het vorige BRP (SSW) toegevoegd. Te zien is dat er grote verschillen zijn tussen de huidige situatie en de situatie uit het vorige BRP. Deze verschillen zijn niet uitsluitend te verklaren met het toevoegen of verwijderen van bebouwing. In het vorige BRP zijn de tabelgegevens niet gevalideerd, wat een vergelijking moeilijk maakt.

Bij klimaatbuien (T > 5 jaar) komen vlakken tot afstroming die bij de meeste buien niet tot afstroming komen. Voor deze buien wordt gebruik gemaakt van een ander modeltype waarbij afstroming van regen in de openbare ruimte op een andere manier wordt berekend (niet conform de kenmerktabelen). §4.2 bevat meer informatie over de verschillende modelmodules die zijn gebruikt voor dit SSW.

¹ Betreft de lozingen van de kernen Den Dolder en Bosch en Duin. Lozingen vanuit bovenstroomse bemalingsgebieden zijn al meegeteld bij de totalen van de resp. bemalingsgebieden. Het totaal komt daarom niet overeen met het totaal van de kolom.

	VO DWA [ha]	VO deels afgekoppeld [ha] ²	VO HWA [ha]	Totaal VO [ha]	Correctie validatie	Correctie maaiveldberging?	VO gecorrigeerd [ha]	BRP 2008 [ha]
Hollandsche Rading	10.6	-	-	10.6	20%	Ja	8.5	9.4
Westbroek	2.7	-	1.6	4.3	30%	Ja	3.0	2.9
Groenekan	8.2	-	-	8.2	20%	Ja	6.6	6.9
Maartensdijk	30.9	-	1.5	32.4	20%	Ja	25.9	29.2
Noordeinde Maartensdijk	0.4	0.4	-	0.8	20%	Ja	0.6	1.3
Dorpsweg Maartensdijk	3.7	-	-	3.7	20%	Ja	3.0	2.6
De Bilt/Bilthoven	231.0	10.9	18.1	260.0	10%	Ja ³	234.0	212.7
Utrechtseweg	0.2	-	-	0.2	20%	Ja	0.2	Voetnoot ⁴
Dorpsstraat	0.6	-	-	0.6	30%	Ja	0.4	0.5
Emmalaan	1.8	-	-	1.8	0%	Nee	1.8	1.9
Burgemeester Fabiuspark	2.2	-	-	2.2	0%	Nee	2.2	1.9
Park Arenberg	6.0	-	-	6.0	10%	Nee	5.4	5.4
De Holle Bilt	0.7	-	-	0.7	50%	Ja	0.4	0.0
Veldzichtstraat	1.2	-	-	1.2	20%	Ja	1.0	0.8
	300.2	11.3	21.2	332.7			292.7	275.5

Tabel 3 – Verhard oppervlak (VO) per bemalingsgebied van de gemeente De Bilt

3.3 Externe overstorten

De gemeente De Bilt telt **10 externe overstorten** in de riolering: negen overstorten van de gemengde riolering en één overstort van het verbeterd gescheiden stelsel in Maartensdijk. De gegevens van de overstorten komen voort uit het beheerbestand en recente inmetingen die in 2019 zijn verricht in opdracht van de gemeente. Tabel 4 toont de externe overstorten in de gemeente De Bilt.

Bemalingsgebied	Locatie overstort	Put	Drempelhoogte [m+NAP]	Drempel-Breedte [m]	Polderpeil [m+NAP]	Opmerkingen
Groenekan	Grothelaan	420250	0.92	1.53	0.55	
	Veldlaan	420209	0.96	1.52	0.55	
Maartensdijk	Sterrenlaan	220627	0.99	0.99	0.80	Betreft externe HWA-overstort
De Bilt/Bilthoven	RWZI De Bilt	10961	1.53	2.17	0.95	Betreft lange V-vormige drempel (> 10 m). Tabel toont breedte van de put.
	Groenekanseweg west	10946	1.38	4.40	0.75	
	Groenekanseweg oost	10295	2.09	6.00	1.65	
	Weltevreden	10450	1.13	3.87	0.75	
Dorpsstraat	Biltstein	31721	1.78	1.50	1.65	
Emmalaan	Emmalaan	21686	1.79	0.96	1.65	
Veldzichtstraat	Veldzichtstraat	61801	0.57	0.40	0.55	Betreft 400 mm terugslagklep

Tabel 4 – Externe overstorten De Bilt

² Betreft stelsels die bij een zware bui alsnog grotendeels ledigen in het gemengde stelsels, zoals kleine IT-riolen zonder externe overstort of VGS-riolen.

³ Alleen voor het hellende (noordelijke) gedeelte van Bilthoven.

⁴ Bemalingsgebied Utrechtseweg maakte in het BRP van 2008 onderdeel uit van het bemalingsgebied Veldzichtstraat.

3.4 Randvoorzieningen

Als randvoorzieningen zijn er in de gemeente De Bilt **11 bergbezinkbassins** (BBB's) aanwezig. Hiervan zijn er vier aanwezig in de kern Maartensdijk, drie in Bilthoven en één in de kernen De Bilt, Groenekan, Hollandsche Rading en Westbroek. Tabel 5 toont de belangrijkste karakteristieken van alle BBB's. Een van de BBB's in Bilthoven (BBB Boslaan) is recentelijk dichtgezet en is daarom niet meer functioneel. Om die reden maakt dit bassin geen onderdeel uit van de tabel of de verdere berekeningen.

Figuur 7 toont de locaties van de BBB's en de 'reguliere' externe overstorten in de gemeente. Een BBB heeft twee functies:

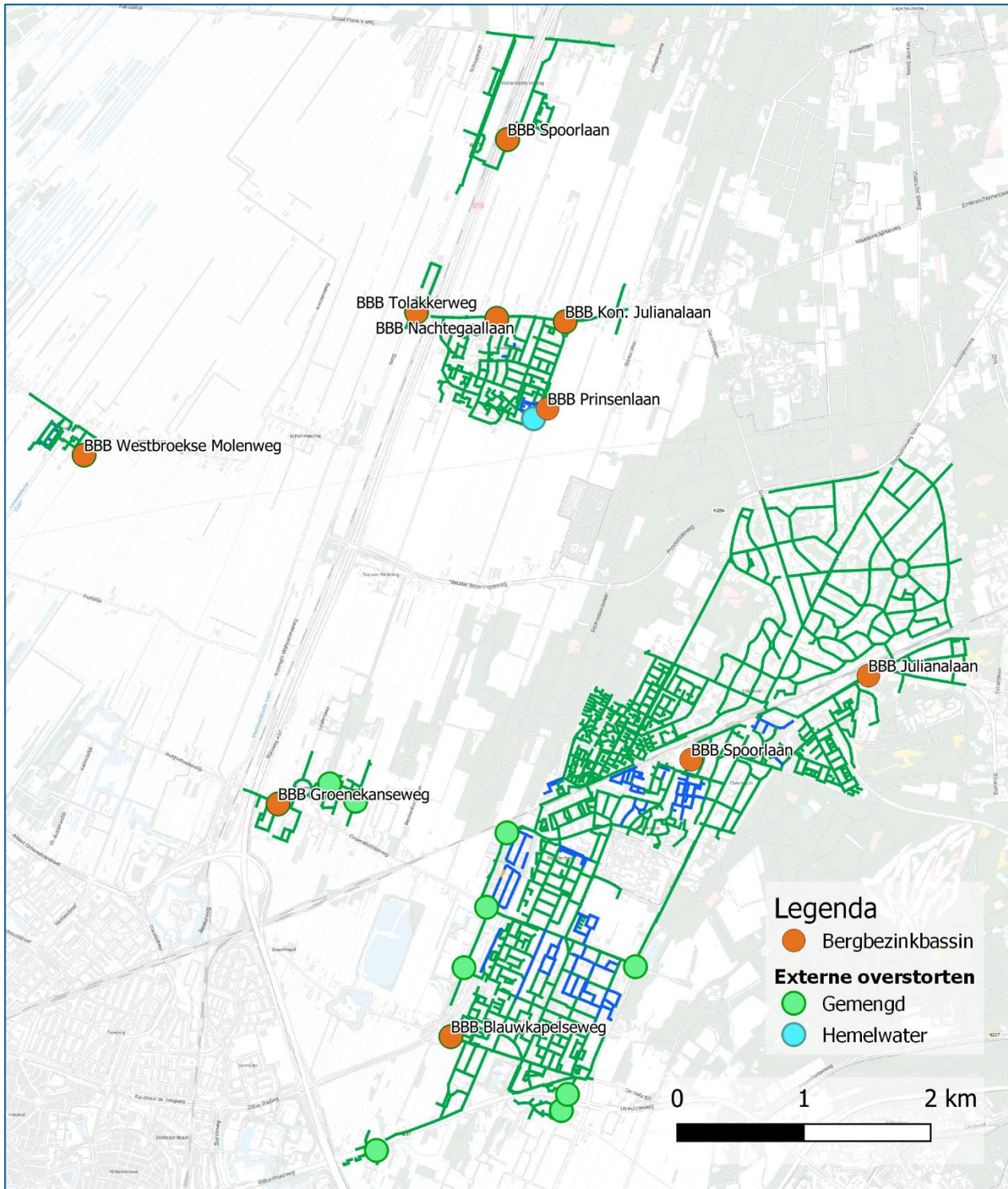
- Het creëren van berging aanvullend op het (gemengde) rioleringsstelsel, waardoor het overstortvolume afneemt.
- Het bezinken van sediment. Omdat de stroomsnelheid in het bassin lager is dan in het rioleringsstelsel, kan een deel van het sediment bezinken. Het resultaat is een afname van de (organische) vervuilingsgraad van het uitstromende water.

Veel van de bassins zijn gebouwd in het kader van de Eenduidige Basisinspanning van de Commissie Integraal Waterbeheer (CIW). Dit document is voor het laatst geactualiseerd in juni 2001 en bevatte concrete normen voor de vuilemissie van gemengde stelsels. Veel van de bassins zijn gebouwd om de vuilemissies van gemengde rioolstelsels te verminderen tot beneden de gewenste norm van 50 kg CZV/ha verhard oppervlak/jaar.

Bemalings- gebied	Locatie	Drempel intern		Drempel extern		Polderpeil [m+NAP]	Berging [m ³]	Lediging	Opmerkingen
		Hoogte [m+NAP]	Breedte [m]	Hoogte [m+NAP]	Breedte [m]				
Hollandsche Rading	Spoorlaan	-0.02	1.00	0.88	6.40	0.55	211	Vrij verval	Drievoudige externe drempel (1.12 m +NAP en 1.20 m breed)
Westbroek	Westbroekse Molenweg	-0.45	3.92	-0.34	3.92	-0.45	130	Gemaal onbekend	Interne drempel met doorlaat 400 mm (BOB-hoogte -1.01 m)
Groenekan	Groenekanseweg	0.46	2.59	0.67	2.59	0.55	95	Gemaal onbekend	Lage drempel t.o.v. polderpeil, ook Westbroek
Dorpsweg Maartensdijk	Tolakkerweg	0.75	2.03	0.82	2.96	0.50	140	Gemaal ~ 47 m ³ /u ⁵	Interne drempel met doorlaat 300 mm (BOB-hoogte 0.34 m)
Maartensdijk	Nachtegallaan	1.51	3.84	1.30	3.00	0.80	150	Gemaal ~ 45 m ³ /u	
	Kon. Julianaan	1.15	2.50	1.67	0.67	0.80	71	Gemaal ~ 22 m ³ /u	
	Prinsenlaan	-0.66	1.00	1.10	1.37	0.80	457	Vrij verval	Interne drempel is een hooggelegen buis
De Bilt/ Bilthoven	Spoorlaan	2.71	1.50	2.78	2.07	n.v.t.	135	Gemaal ~ 61 m ³ /u	Bassin loost <u>niet</u> op een externe watergang
	Julianalaan	3.04	1.08	-	-	n.v.t.	723	Gemaal onbekend	Bassin loost <u>niet</u> op een externe watergang
Park Arenberg	Blauwkapelseweg	0.65	5.00	1.15	5.00	0.75	400	Gemaal ~ 47 m ³ /u	

Tabel 5 – Randvoorzieningen Gemeente De Bilt

⁵ Capaciteit ledigingsgemalen bepaald met behulp van meetdata: bij enkele neerslagsituaties is de ledigingstijd vergeleken met de berging in het betreffende bassin. Analyse uitgevoerd door W. van Tent (HDSR)



Figuur 7 – Bergbezinkbassins en externe overstorten De Bilt

3.5 Rioolgemalen

Tabel 6 geeft een overzicht van **22 ledigingsgemalen van de vrijvervalriolering** in gemeente De Bilt. Hierbij is ook de gegevensbron van de opgegeven capaciteit weergegeven. De hoeveelheid gemalen is niet gelijk aan de hoeveelheid hoofdbemalingsgebieden zoals beschreven in §2.2:

- Het ledigingsgemaal van Westbroek loost op een gemaalput in buurtschap Achterwetering. Dit gemaal is in de beheergegevens van het waterschap beschouwt als ledigingsgemaal.
- Binnen het hoofdbemalingsgebied De Bilt/Bilthoven bevinden zich nog twee kleine rioleringsgebieden met een eigen gemaal: Soestdijkseweg Noord en Gaailaan. Omdat deze stelsels met een hoge buisverbinding alsnog kunnen lozen op het hoofdbemalingsgebied, worden deze stelsels niet geteld als (hoofd)bemalingsgebied.
- De gemeente beheert nog vijf rioolgemalen die (particuliere) riolering ledigen die niet is opgenomen in de beheerdata van de gemeente De Bilt. De stelsels die op deze gemalen lozen zijn niet opgenomen in het rekenmodel en de stelsels worden niet beschouwd als volwaardig hoofdbemalingsgebied. Wel is het afvalwater als injectie meegenomen in het model.

Bemalingsgebied	Locatie gemaal	Capaciteit [m ³ /uur]	Beheer gemaal	Beheer-codering	Bron capaciteit
Hollandsche Rading	Spoorlaan	81	HDSR	RGM 744	Geïnstalleerde capaciteit HDSR
Westbroek	Dr. Welferweg	21	Gem. De Bilt	600501	Gemeten praktijkwaarde HDSR ⁶
Achterwetering	Achterweteringseweg	45	HDSR	RGM 743	Gemeten praktijkwaarde HDSR
Groenekan	Vijverlaan	81	HDSR	RGM 741	Gemeten praktijkwaarde HDSR
Maartensdijk (hoofdgebied)	Prinsenlaan	376	HDSR	RGM 742	Gemeten praktijkwaarde HDSR
Noordeinde Maartensdijk	Noordeinde	70	Gem. De Bilt	500502	Analyse ledigingstijd (meetdata)
Dorpsweg Maartensdijk	Dorpsweg	22	Gem. De Bilt	500501	Gemeten praktijkwaarde HDSR
De Bilt/Bilthoven (hoofdgebied)	RWZI De Bilt	2739	HDSR	RGM 740	Gemeten praktijkwaarde HDSR
	Soestdijkseweg Noord	⁷	Gem. De Bilt	100504	Geen gegevens beschikbaar
	Gaailaan	-	Gem. De Bilt	100501	Geen gegevens beschikbaar
Utrechtseweg	Utrechtseweg	6	Gem. De Bilt	200505	Geen gegevens beschikbaar
Dorpsstraat	Dorpsstraat	20	Gem. De Bilt	200501	Gemeten praktijkwaarde HDSR
Emmalaan	Emmalaan	44	Gem. De Bilt	200502	Gemeten praktijkwaarde HDSR
Burgemeester Fabiuspark	Jachtlaan	529 ⁸	Gem. De Bilt	200504	Analyse ledigingstijd voor SSW
Park Arenberg	Westerlaan	164	Gem. De Bilt	200508	Analyse ledigingstijd voor SSW
De Holle Bilt	De Holle Bilt	57	Gem. De Bilt	200503	Gemeten praktijkwaarde HDSR
Veldzichtstraat	Veldzichtstraat	46	Gem. De Bilt	200506	Analyse ledigingstijd voor SSW
Overige bemalingsgebieden	Kees Boekelaan	-	Gem. De Bilt	100502	Geen gegevens beschikbaar
	Koudelaan	-	Gem. De Bilt	100503	Geen gegevens beschikbaar
	Sportpark Weltevreden	-	Gem. De Bilt	200507	Geen gegevens beschikbaar
	Nieuwe Weteringseweg	-	Gem. De Bilt	300301	Geen gegevens beschikbaar
	Camping Egelshoek	19	Gem. De Bilt	400501	Gemeten praktijkwaarde HDSR

Tabel 6 – Rioolgemalen De Bilt

⁶ Betreft resultaten van een analyse door Wouter van Tent.

⁷ Voor de gemalen (vaak mini-gemalen) waarvan geen data beschikbaar was is een capaciteit van 10 m³/uur gehanteerd.

⁸ Betreffen twee gemalen die in samenloop kunnen draaien, waarbij een gemaal een hoger inslagpeil heeft.

3.6 Berging en pompoevercapaciteit

In deze paragraaf komen de berging en pompoevercapaciteit van de verschillende stelsels aan bod. Hiervoor is gebruik gemaakt van de informatie die is geïnventariseerd in §3.2 en 3.5. Tabel 7 toont de resulterende berging en pompoevercapaciteit voor de bemalingsgebieden in de gemeente de Bilt. **Bijlage K** bevat een uitgebreidere tabel waarin aanvullende gegevens zijn uitgerekend.

Onderdrempelberging

De berging van een bemalingsgebied is de capaciteit van het rioleringsstelsel (in de putten, leidingen, randvoorzieningen) om water vast te houden als het ledigingsgemaal niet voldoende capaciteit heeft om de neerslag af te voeren. De zogeheten 'onderdrempelberging' is de inhoud van het rioleringsstelsel tot aan het karakteristiek peil. Dit peil is doorgaans de hoogte van de laagste externe overstortdrempel. De onderdrempelberging wordt uitgedrukt als volume (m³) of ten opzichte van het verhard oppervlak (mm).

Water dat niet kan worden geborgen in het stelsel, wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater via de overstorten. In het geval van een gemengd rioleringsstelsel zorgt overstortend water voor vervuiling van het oppervlaktewater, omdat ook ongezuiverd afvalwater wordt meegevoerd via de overstorten. Voor gemengde rioleringsstelsels geldt een richtwaarde van **7 mm** berging ten opzichte van het verharde oppervlak. Voor (verbeterd) gescheiden bemalingsgebieden is de richtwaarde 4 mm.

Pompoevercapaciteit (POC)

De pompoevercapaciteit (POC) is de capaciteit van het ledigingsgemaal na aftrek van de droogweerafvoer en bovenstroomse aanvoer. Het is daarmee de capaciteit die beschikbaar is voor lediging van het stelsel tijdens en na een bui. Ook de POC wordt vaak uitgedrukt ten opzichte van het verhard oppervlak (in mm/uur). Als norm voor de POC van gemengde stelsels wordt doorgaans **0,7 mm/uur** gehanteerd. Omdat een te grote pompoevercapaciteit ook niet wenselijk is (zie paragraaf op de volgende pagina), is een bovengrens gehanteerd van **2,1 mm/uur** (3x de normcapaciteit).

	DWA piek	Berging stelsel		Berging randvz.		Berging	POC
	[m ³ /uur]	[m ³]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[mm/uur]
Hollandsche Rading	16.2	771	9.1	211	2.5	11.6	0.76
Westbroek	9.6	256	13.5	130	6.9	20.4	0.60
Groenekan	19.6	584	8.9	95	1.4	10.3	0.94
Maartensdijk (hoofdgebied)	74.5	2 623	10.6	678	2.7	13.3	0.88
Noordeinde Maartensdijk	1.9	55	8.6	-	-	8.6	21.27
Dorpsweg Maartensdijk	4.6	247	8.3	140	4.7	13.0	0.59
De Bilt/Bilthoven (hoofdgebied)	772.3	15 976	7.7 ⁹	858	0.4	8.1	0.58¹⁰
Utrechtseweg	0.8	13	8.1	-	-	8.1	3.23
Dorpsstraat	1.2	20	4.8	-	-	4.8	4.48
Emmalaan	6.3	118	6.6	-	-	6.6	2.09
Burgemeester Fabiuspark	2.9	119	5.4	-	-	5.4	23.91
Park Arenberg	18.3	946	17.5	400	7.4	24.9	2.54
De Holle Bilt	6.0	58	16.6	-	-	16.6	14.58
Veldzichtstraat	7.7	54	5.6	-	-	5.6	3.89

Tabel 7 – Berging en pompoevercapaciteit per bemalingsgebied. De waarden die oranje zijn gearceerd voldoen niet aan de richtlijn.

⁹ Bij bepalen van berging in Bilthoven is rekening gehouden met de verschillende interne stuwen om water vast te houden.

¹⁰ Voor de inprik vanuit de gemeente Zeist is gerekend met de geïnstalleerde capaciteit in plaats van de normcapaciteit.

Voor (verbeterd) gescheiden riolering met lediging via een gemaal geldt een richtwaarde van **0,2 à 0,3 mm/uur**. Er bevindt zich echter maar één verbeterd gescheiden stelsel in de gemeente (Noordeinde Maartensdijk) en dit stelsel ledigt zich snel in het vuilwaterstelsel via twee 200 mm leidingen. Het stelsel is daarom in onderstaande tabel getoetst als gemengd stelsel en de karakteristieken van de DWA en HWA-riolering zijn bij elkaar opgeteld.

Als laatste kent de gemeente De Bilt ook drie absolute gemengde stelsels: Burgemeester Fabiuspark, Utrechtseweg en de Holle Bilt. Absolute stelsels hebben geen overstort, waardoor de pomppovercapaciteit dermate groot moet zijn dat al het regenwater kan worden afgevoerd. Als norm voor de absolute stelsels is daarom **20 mm/uur** pomppovercapaciteit gehanteerd.

Pomppovercapaciteit bemalingsgebieden gemeente De Bilt

Wat betreft de pomppovercapaciteit voldoet de pomppovercapaciteit van de bemalingsgebieden Dorpsweg Maartensdijk, Westbroek en het hoofdbemalingsgebied van de Bilt/Bilthoven niet aan de norm van 0,7 mm/uur. Het absolute stelsel De Holle Bilt voldoet niet aan de minimale norm van 20 mm/uur.

De bemalingsgebieden Noordeinde, Dorpsstraat, Emmalaan, Park Arenberg en Veldzichtstraat hebben allen een pomppovercapaciteit die minstens 3x de norm bedraagt. Dit leidt ertoe dat de stelsels een korte ledigingstijd hebben en relatief veel hemelwater naar de benedenstroomse bemalingsgebieden afvoeren in plaats van te lozen via de overstorten. Dit kan leiden tot overbelasting en een verhoogd overstortvolume in de benedenstroomse bemalingsgebieden en is daarom niet altijd wenselijk.

Bijlage K toont een uitgebreidere versie van de berekening in deze paragraaf, waarbij de POC ook op een andere manier is berekend. De berekening toont aan dat de hoge pomppovercapaciteiten een negatieve invloed hebben in de hoofdbemalingsgebieden van Maartensdijk en de Bilt/Bilthoven. In deze bijlage is ook de normatieve pomppovercapaciteit bepaald.

Stelselberging bemalingsgebieden gemeente De Bilt

Qua stelselberging voldoen de bemalingsgebieden Dorpsstraat, Emmalaan, Burgemeester Fabiuspark en Veldzichtstraat niet aan de richtlijn. Wel hebben al deze stelsels veel pomppovercapaciteit. De gemengde stelsels Westbroek en Park Arenberg hebben zeer veel stelselberging. Een grote stelselberging verkleint de frequentie van overstortingen en water-op-straat. Het nadeel is dat na de bui meer regenwater onnodig naar de zuivering wordt gepompt.

In het geval van Westbroek komt dit omdat er veel verhard oppervlak is afgekoppeld of gescheiden is aangelegd. De vuilwaterriolering aan de westzijde van Westbroek is vrij klein gedimensioneerd, maar zorgt alsnog voor veel berging ten opzichte van het geringe verhard oppervlak dat op de gemengde riolering is aangesloten.

In het bemalingsgebied Park Arenberg in De Bilt is een grote gemengde afvoerleiding en een bergbezinkbassin aanwezig. Deze zorgen voor veel berging ten opzichte van het verharde oppervlak. Door een serie aan interne overstorten ontvangt het bemalingsgebied tijdens zware neerslag echter veel regenwater vanuit het centrum van De Bilt. De bemalingsgebieden Park Arenberg en De Bilt/Bilthoven functioneren tijdens zware neerslag in de praktijk als een groot rioleringsgebied.

4 Beschrijving functioneren Stedelijk Watersysteem

Dit hoofdstuk gaat in op het functioneren van de riolering in de huidige situatie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het hydraulisch en het milieutechnisch functioneren van het stelsel. Ten eerste wordt er gekeken naar bekende locaties van wateroverlast. Daarna wordt bij het hydraulisch functioneren gekeken naar water-op-straat, berging en afvoercapaciteit tijdens piekbelasting. Bij het milieutechnisch functioneren wordt vervolgens gekeken naar het langdurig functioneren van de gemengde riolering en de invloed op de waterkwaliteit. Tenslotte worden er stresstesten uitgevoerd.

4.1 Bekende locaties wateroverlast

Samen met de gemeente De Bilt is een inventarisatie gemaakt van de bekende knelpunten voor wateroverlast door hevige regenval. Hieruit zijn tien locaties in de gemeente voortgekomen. Tabel 8 en Figuur 8 tonen de locaties.

Kern	Locatie	Toelichting
Hollandsche Rading	Tolakkerweg	De twee woonerven aan deze straat staan bij zware neerslag onder water.
Westbroek	Omgeving Wolkammerweg	Bewoners aan de Wolkammerweg en Schutmeesterweg hebben wateroverlast ervaren in hun woning. Gemeente vermoedt dat slecht onderhoud van particuliere duikers van invloed kan zijn.
Maartensdijk	Molenweg – Prins Bernardlaan	Op deze locatie ontstaat als eerst wateroverlast bij extreme neerslag. Beide straten liggen relatief laag t.o.v. de omgeving.
Groenekan	Kon. Wilhelminaweg	Het regenwater vanaf het bedrijventerrein kan bij extreme neerslag niet snel genoeg worden weggepompt. Terrein ligt lager dan de aanliggende Koningin Wilhelminaweg.
De Bilt	Park Arenberg	Laag punt in de omgeving dat veel regenwater ontvangt vanuit de bovenstroomse riolering.
	Omgeving Looydijk	Oostkant van De Bilt waar een groot deel van het oppervlak verhard is. Hier staan soms diepe plassen op straat, met name in de Hessenweg.
Bilthoven	Omgeving Leyenseweg	In de Leyenseweg en Spoorlaan hebben bewoners in mei 2018 en juli 2019 wateroverlast ervaren, waarbij straten blank stonden en kelders onderliepen.
	Burg. Fabiuspark	Laagste punt in de omgeving, waardoor er veel water naar deze straat toestroomt vanuit de Jachtlaan.
	1 ^e Brandenburgerweg	Belangrijke verkeersader waar water bij zware neerslag op de rijbaan blijft staan.
	Omgeving Julianalaan	In de Koperwieklaan en Julianalaan hebben bewoners in mei 2018 en juli 2019 wateroverlast ervaren. Straten stonden langere tijd blank.

Tabel 8 – Bekende wateroverlastlocaties in de gemeente De Bilt

De afgelopen jaren zijn in de gemeente twee zware buien gevallen die op meerdere locaties hebben gezorgd voor overlast. Deze buien hebben ook het lokale nieuws gehaald:

- Op 29 mei 2018 zorgde extreme neerslag voor wateroverlast in met name Bilthoven en Groenekan. Op basis van gegevens uit de Nationale Regenradar viel tijdens de piek ongeveer 20 mm neerslag in 40 minuten tijd. Wel waren er grote verschillen per kern. Bij het KNMI in het zuiden van De Bilt is 'slechts' 14,8 mm neerslag geregistreerd. Lokale nieuwszender 'Regio TV De Bilt' maakte op deze dag een rapportage die werd opgenomen in de Spoorlaan en de 2^e Brandenburgerweg.
- Op 12 juli 2019 was er een vergelijkbare overlastsituatie. De regenintensiteit verschilde op deze dag erg per locatie, maar gemiddeld viel er in de gemeente zo'n 35 mm neerslag in drie uur tijd. Bij het KNMI is 28,6 mm neerslag geregistreerd.



Figuur 8 – Overzicht bekende wateroverlastlocaties in de gemeente De Bilt

4.2 Opbouw van het rioleringsmodel

Voor het onderzoeken van het hydraulisch functioneren van het rioleringsstelsel van gemeente De Bilt, is gebruik gemaakt van een hydraulisch rekenmodel. Voor dit SSW is een hydraulisch rekenmodel opgebouwd met behulp van het softwarepakket Infoworks ICM (v11.0.3). In het model zijn alle putten, leidingen, overstorten, gemalen en bijzondere constructies weergegeven. Voor de opbouw van de benodigde database heeft de gemeente een export beschikbaar gesteld van het rioleringsbeheerbestand in Kikker. Daarna is op basis van bestektekeningen, revisies en inmetingen de database uitgebreid en waar nodig aangepast.

Vervolgens is het verharde oppervlak gekoppeld aan het rioleringsmodel en rekent het model voor iedere tijdstap van een regenbui uit hoeveel water er in het model komt via de putten en uitstroomt via de uitlaten of overstorten. Als de waterstand in een rioolput ('hydraulische druklijn') boven het maaiveld uitkomt, toont het model waar er water-op-straat te verwachten is. Hierbij gaat het model uit van schone riolering: verstoppingen door bijvoorbeeld wortels, vet of sediment zijn niet meegenomen.

Het model bestaat uit **drie modules** met een oplopend niveau van functionaliteiten. Het is simpelweg niet mogelijk om een 10-jarige neerslagreeks door te rekenen met de zwaarste modelmodule. Naar deze typen modellen wordt vaak verwezen op basis van hun functionaliteiten en de toegepaste wiskundige vergelijkingen (1D, 1D/2D of 1D/2D+). In Tabel 9 vindt u een overzicht van de drie versies van het rekenmodel en een kort overzicht van de bijbehorende functionaliteiten. **Bijlage D** gaat verder in op het meenemen van het oppervlaktewater in de modelberekeningen.

	1D basismodel	1D/2D integraal model	1D/2D+ klimaatmodel
Volledige rioleringsdatabase?	Ja	Ja	Ja
Kolken en lijngoten aanwezig in model?	Nee	Nee	Ja
Maaiveldmodel voor stroming over maaiveld?	Nee	Ja	Ja
Oppervlaktewater aanwezig in model?	Nee	Ja	Ja
Afstromend water van onverharde vlakken (tuinen, groenstroken?)	Nee	Nee	Ja
Instroom regenwater in model	Instroom in put per tijdstap (m ³) op basis van verharding en regenval. Verharding conform inventarisatie §3.2.	Instroom in put per tijdstap (m ³) op basis van verharding en regenval. Verharding conform inventarisatie §3.2.	Toestroom naar kolken over het maaiveldmodel: 'iedere druppel wordt gevolgd vanaf de plek waar hij valt'
Toepassing SSW De Bilt	Analyse langdurig functioneren riolering en bemalingsgebieden	Interactie oppervlaktewater – riolering, water-op-straat bij langere buien en normbuien (Bui 8 en Bui 9)	Gedetailleerd inzicht in afstroming van regenwater. Toegepast bij de hemelwaterstresstest

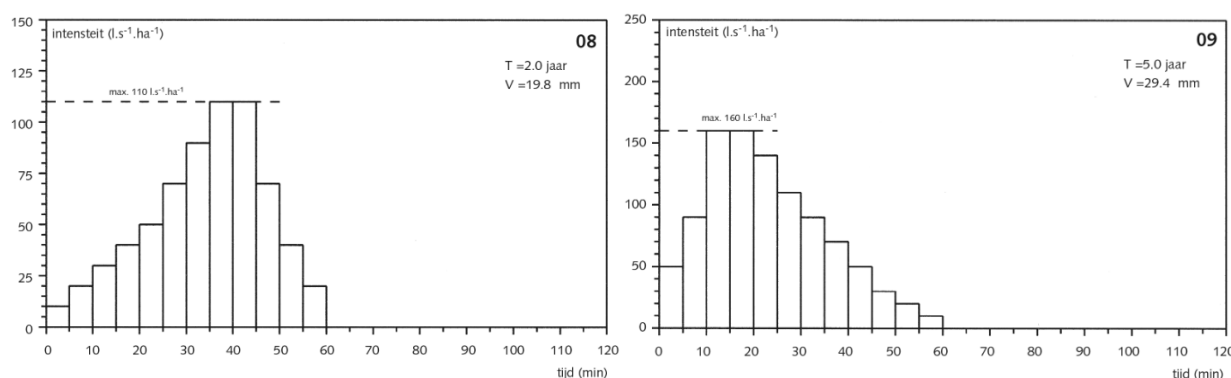
Tabel 9 – Functionaliteiten en toepassing van de drie modeltypen die zijn gebruikt voor dit SSW

4.3 Hydraulisch functioneren van het stedelijk watersysteem

De gemeente De Bilt hanteert als norm dat er bij bui 8 uit de Kennisbank Stedelijk Water geen water-op straat mag worden berekend. Deze (kunstmatige) norm bui van 19,8 mm neerslag in 60 minuten heeft een herhalingstijd (T) van 2 jaar. De bui is afgeleid van een neerslagreeks van het KNMI (1955 – 1979). De standaardbuien zijn ontwikkeld als eenduidige methode voor gemeenten om de hydraulische capaciteit van rioleringsstelsels te toetsen. Bui 8 is daarom nog steeds de meest voorkomende norm voor water-op straat bij gemeenten in Nederland.

Naast bui 8 wordt het model doorgerekend met bui 9 uit de Kennisbank Stedelijk Water (29,4 mm neerslag in 60 minuten). Deze bui van 29,4 mm in 60 minuten heeft een herhalingstijd (T) van 5 jaar. Ook deze bui is afgeleid van dezelfde neerslagreeks van het KNMI. Deze bui wordt in de praktijk meestal gebruikt als norm voor het ontwerp van nieuwe rioleringsstelsels.

De buien zijn gebaseerd op verouderde normen, maar dat wil niet zeggen dat ze niet meer voldoen aan het huidige klimaat. In 2019 hebben het KNMI en STOWA nieuwe neerslagstatistieken opgesteld voor Nederland op basis van meerdere en veel langere neerslagreeksen. Volgens deze gegevens voldoet bui 8 qua totaalvolume nog goed aan de meest recente statistieken (20,0 in plaats van 19,8 mm). Bui 9 is zelfs wat te zwaar en heeft in het huidige klimaat een herhalingstijd van 7 à 8 jaar.



Figuur 9 – Bui 8 en Bui 9 uit de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED.

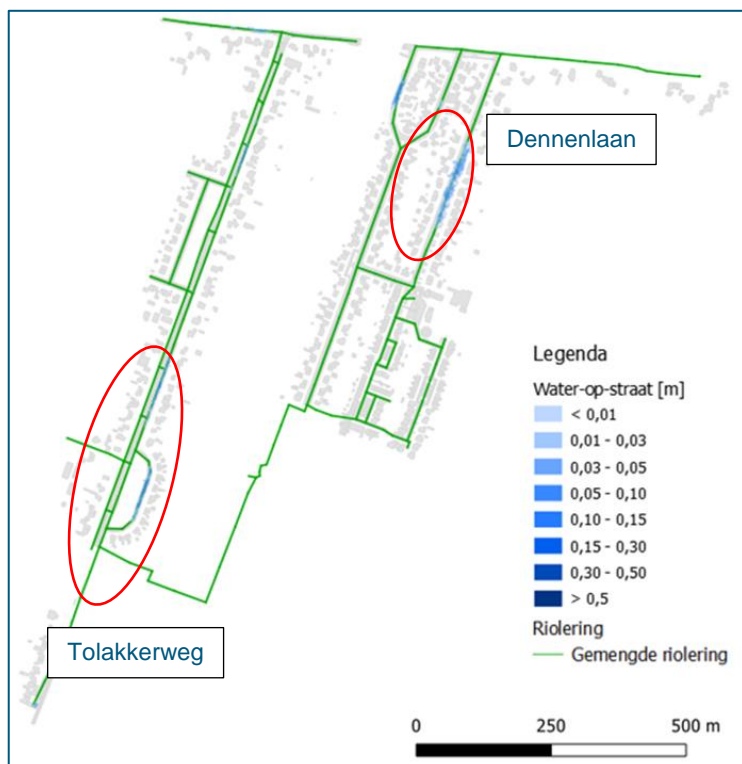
Deze paragraaf toont de modelresultaten bij Bui 8 die zijn berekend met het 1D/2D model. De resultaten worden per kern besproken en de belangrijkste water-op straat locaties worden toegelicht aan de hand van figuren en lengteprofielen. De resultaten van bui 9 zijn te vinden in **Bijlage A**.

Uitgangspunten

- Het rioleringsmodel neemt alle verharde oppervlakken mee. Afstroming van onverharde vlakken en tuinen neemt het model niet in beschouwing. De aanname is dat bui 8 en 9 deze afstroming een bescheiden rol speelt en modelparameters voldoende veilig zijn gekozen.
- De knelpuntlocaties worden bepaald op basis van bui 8. Bui 9 dient ter controle van de gevoeligheid van de locatie.
- De stuwen in het oppervlaktewatersysteem zijn ingesteld op zomerpeil.
- De riolering en het oppervlaktewater zijn voorgevuld door een simulatie van 2 dagen voor aanvang van de norm bui. In het geval van de riolering is de droogweerafvoer doorgerekend, in het geval van de watergangen is een debiet van 10 l/s op bovenstroomse locaties gezet. Hierdoor zijn alle watergangen gevuld tot stuwpeil of net hierboven.
- Voor het beschouwen van de water-op straat locaties ligt de focus op het stedelijk gebied en het landelijk gebied dat inundeert als direct gevolg van overstortende riolering.

4.3.1 Hollandsche Rading

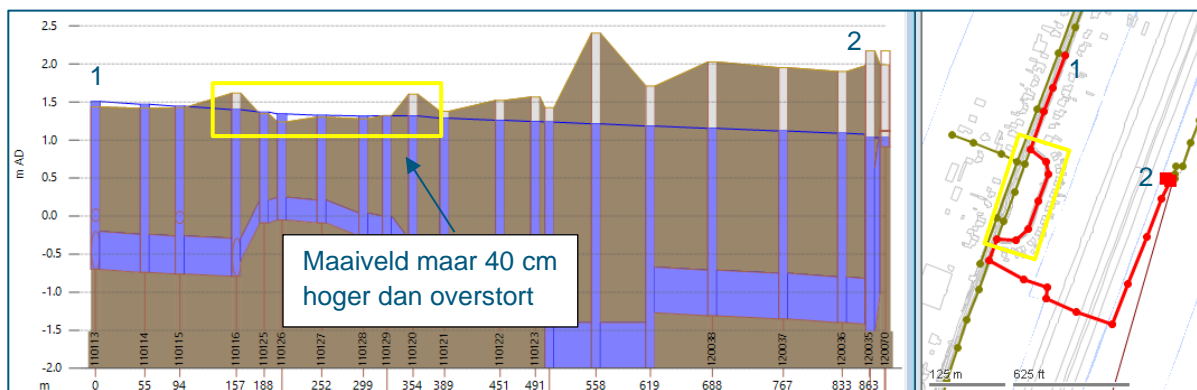
In Hollandsche Rading wordt op enkele locaties bij bui 8 water-op-sstraat berekend, zoals te zien is in Figuur 10. Locaties waar het model water-op-sstraat berekent zijn de Tolakkerweg en de Dennenlaan. Op beide locaties berekent het model een maximale waterdiepte van zo'n 7 cm.



Figuur 10 – Water-op-sstraat Hollandsche Rading Bui 8

Toelichting water-op-sstraat Hollandse Rading

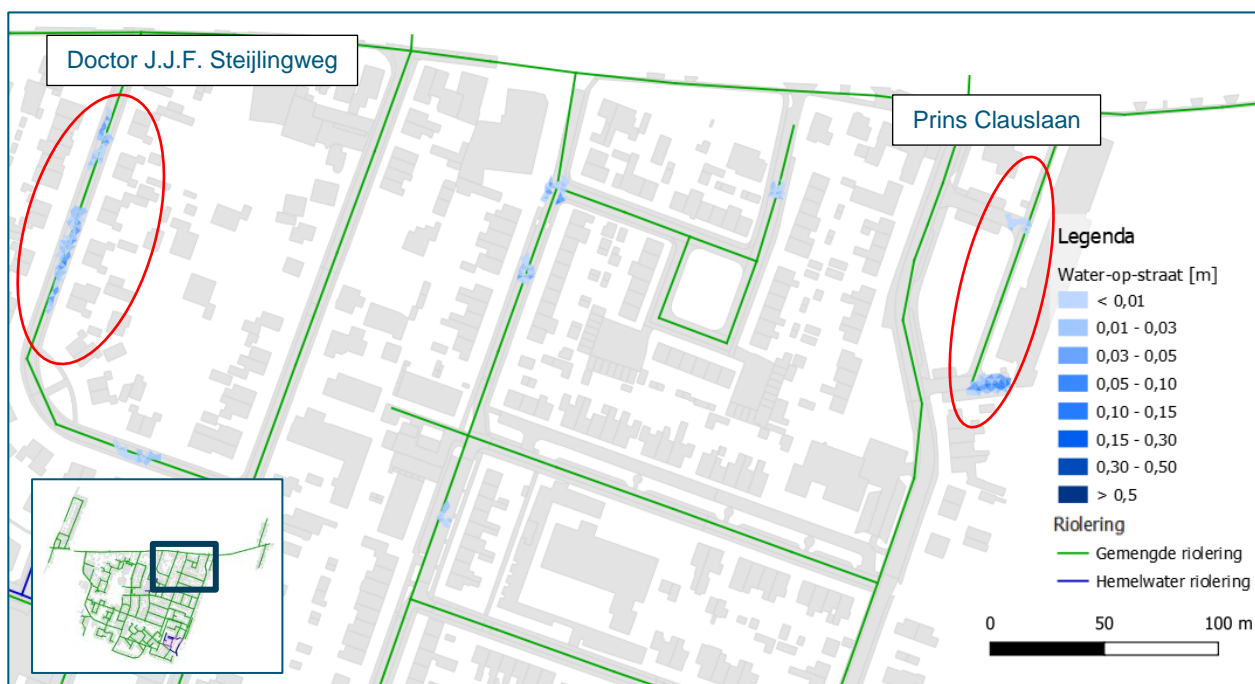
In Hollandsche Rading is één externe overstort in het BBB aanwezig waar het hele bemalingsgebied op loost. Hierdoor is voor sommige locaties in Hollandsche Rading de transportafstand naar deze overstort erg groot. Op de laaggelegen locaties Tolakkerweg en in de Dennenlaan berekent het model daarom water-op-sstraat berekend bij bui 8. Figuur 11 toont een lengteprofiel vanaf de Tolakkerweg richting het BBB bij bui 8.



Figuur 11 – Lengteprofiel vanuit de Tolakkerweg bij Bui 8.

4.3.2 Maartensdijk

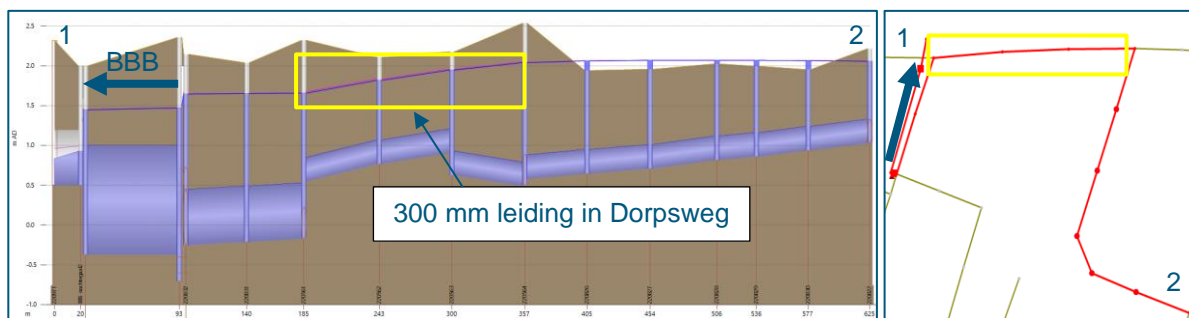
In Maartensdijk berekent het model alleen water-op-straat aan de noordoostkant van het dorp. Het meeste water-op-straat berekent het model in de Doctor J.J.F. Steilingweg. De maximaal berekende waterdiepte is hier 5 cm. Daarnaast berekent het model water-op-straat op de parkeerplaats van de Prins Clauslaan. In de praktijk zal de inundatie hier niet snel voor hinder zorgen.



Figuur 12 – Water-op-straat Maartensdijk Bui 8

Toelichting water-op-straat Maartensdijk

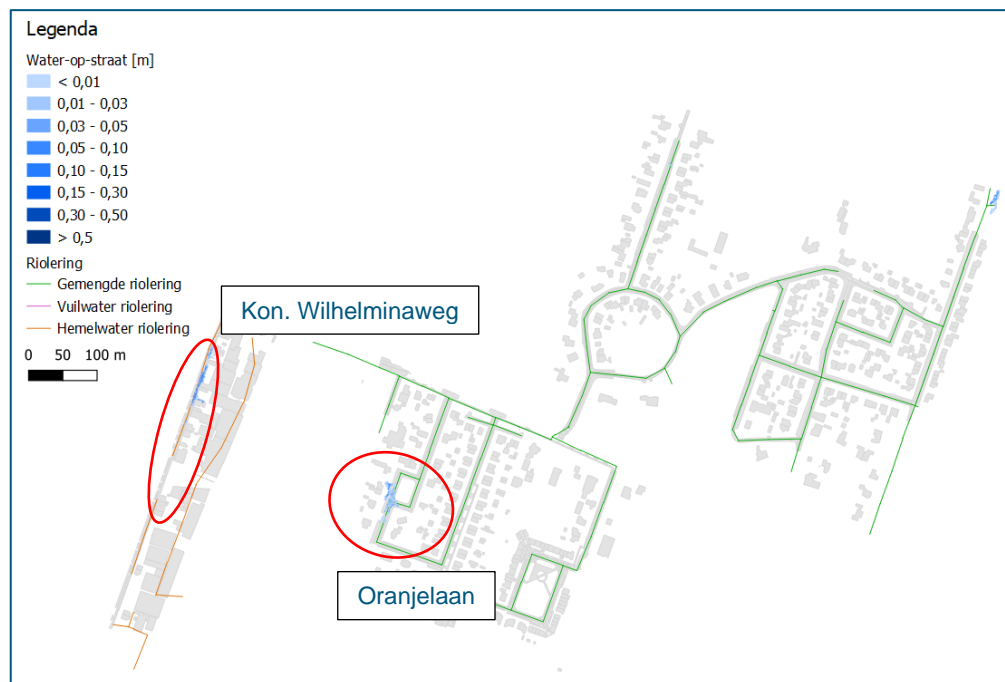
De oorzaak van het berekende water-op-straat in de Doctor J.J.F. Steilingweg is voor een deel te verklaren door een lage ligging. Met een maaiveld van 2,0 m +NAP ligt de straat zo'n 20 cm lager dan de nabijgelegen Molenweg. Een andere oorzaak is de geringe afvoercapaciteit naar het nabijgelegen BBB in de Nachtegaallaan. De 300 mm leiding in de Dorpsweg vormt de kortste route naar een externe overstort en in deze leiding berekent het model veel verhang bij Bui 8. Figuur 13 toont een lengteprofiel naar dit bassin.



Figuur 13 – Water-op-straat dwarsdoorsnede Doctor J.J.F. Steilingweg richting het BBB Nachtegaallaan (Bui 8),

4.3.3 Groenekan

In Groenekan berekent het model op twee locaties een kleine hoeveelheid water-op-sstraat bij Bui 8: in de Koningin Wilhelminaweg en in de Oranjelaan.



Figuur 14 – Water-op-sstraat Groenekan Bui 8

Toelichting water-op-sstraat Groenekan

Het water-op-sstraat dat is berekend bij de Kon. Wilhelminaweg komt goed overeen met de praktijk. Het model is echter mogelijk niet helemaal nauwkeurig op dit bedrijventerrein. Er bevindt zich een aantal regenwatergemalen in deze straat om het regenwater in de openbare ruimte naar een grote afvoerleiding te verpompen. De gemeente heeft geen goed beeld van de capaciteit van deze gemalen.

In de Oranjelaan is 5 cm water-op-sstraat berekend. De locatie is het laagste punt in de bebouwde kom van de kern Groenekan, wat een goede indicatie is voor de kans op water-op-sstraat. Omdat het een kleine hoeveelheid betreft en er voldoende groen in de omgeving ligt om naar af te stromen, zal deze hoeveelheid water in de praktijk niet zorgen voor hinder. De gemeente is ook niet bekend met wateroverlast op deze locatie.

4.3.4 Westbroek

In Westbroek berekent het model op geen enkele locatie water-op-sstraat. Het stelsel voldoet daarmee aan de normstelling van de gemeente. Dit komt door een grote stelselberging en voldoende afvoercapaciteit. Bij bui 9 berekent het model een kleine hoeveelheid water-op-sstraat rond de gemengde rioolput 310411 in de Kleppermanweg.

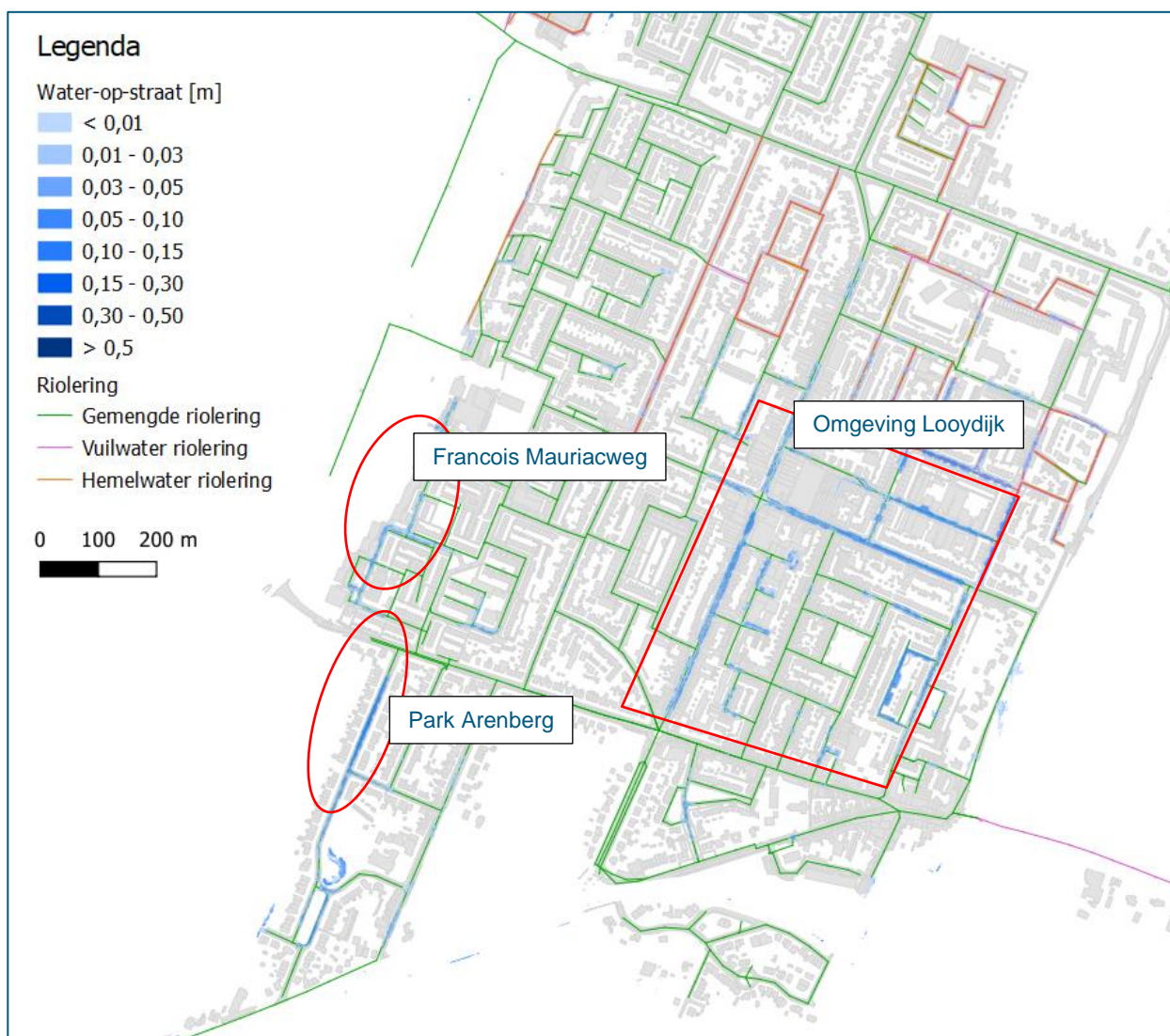
In de Wolkammerweg is de gemeente wel bekend met meldingen van wateroverlast. Een mogelijke oorzaak hiervoor is de afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem (met duikers op particulier terrein) dat door de wijk heen loopt. Mogelijk kan slecht onderhoud van de duikers ervoor zorgen dat de afvoercapaciteit in de praktijk veel lager is dan in het rekenmodel is aangenomen. Deze praktijkcheck komt terug als onderzoeksmaatregel in het knelpuntenoverzicht in Hoofdstuk 5.

4.3.5 De Bilt

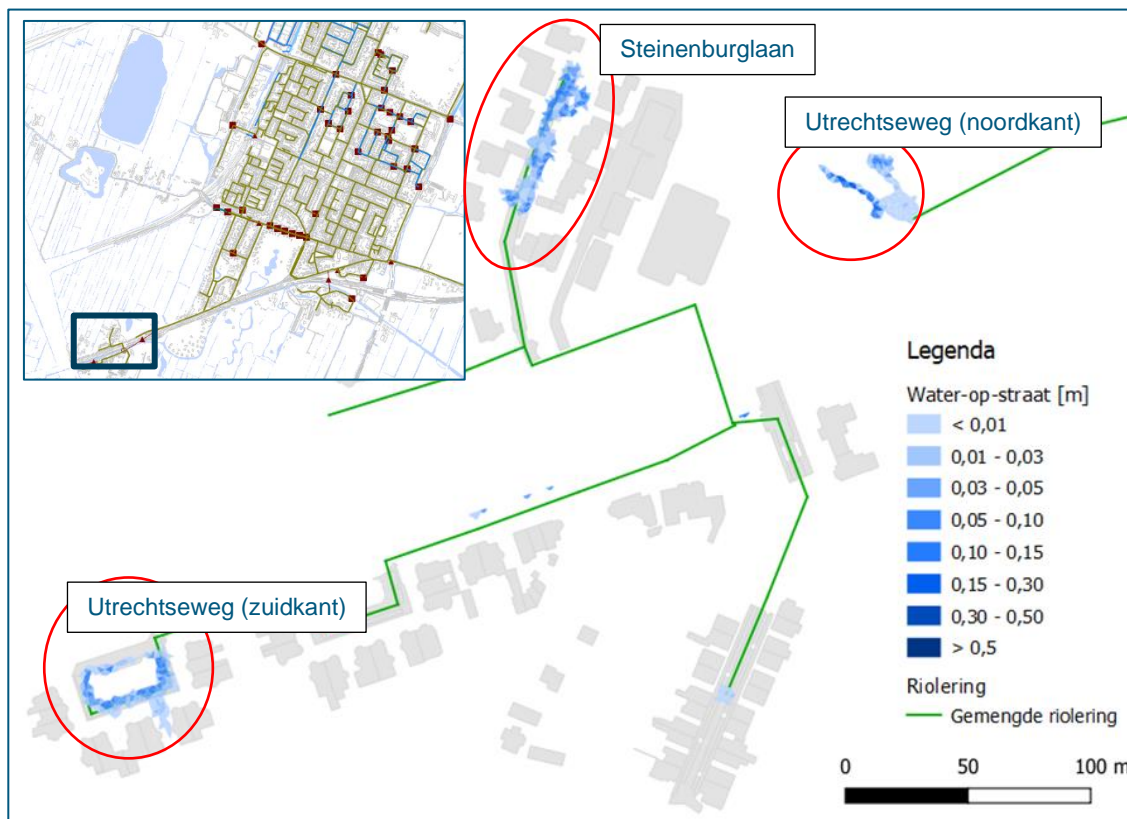
In De Bilt is een aantal locaties met water-op-sstraat. Figuur 15 toont het water-op-sstraat bij Bui 8 in de bebouwde kom van De Bilt. Locaties met het meeste water-op-sstraat zijn de Park Arenberg en de omgeving van de Looydijk. Op beide locaties bedraagt de maximaal berekende waterstand ruim 15 cm, waarmee regenwater lokaal buiten de straatbanden treedt.

Daarnaast berekent het model water-op-sstraat in de Francois Mauriacweg. De maximale waterstand bedraagt hier zo'n 5 cm. Omdat er in de praktijk hier weinig overlast wordt ervaren en de gemeente voornemens is om op de korte termijn af te koppelen aan de westkant van De Bilt, wordt aan deze locatie verder geen aandacht meer besteed in de knelpuntenanalyse.

Als laatste toont Figuur 16 de situatie in de kleine bemalingsgebieden Veldzichtstraat en Utrechtseweg, welke bestaan uit twee kleine wijken langs de Utrechtseweg (ten zuidwesten van het centrum van De Bilt). Verdere toelichting van de water-op-sstraat locaties (waaronder in de kleine bemalingsgebieden) wordt gegeven op de volgende pagina's.



Figuur 15 – Water-op-sstraat in De Bilt bui 8

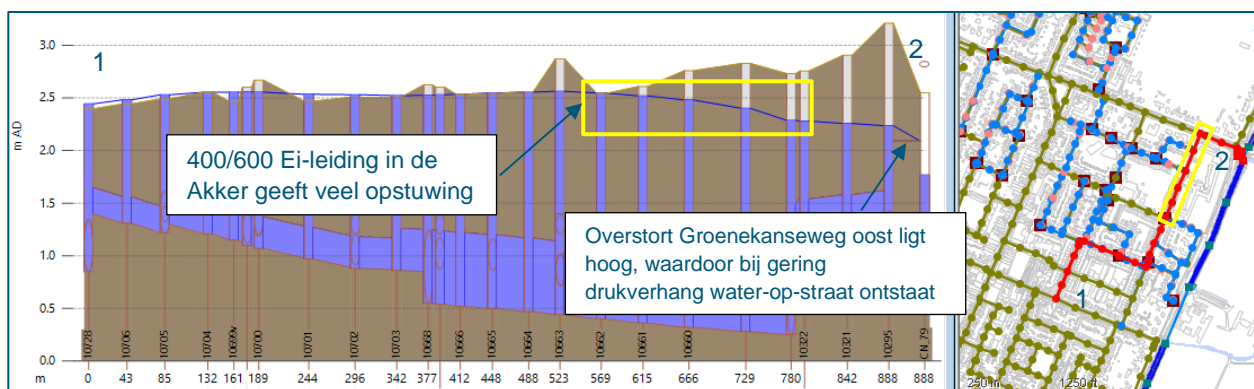


Figuur 16 – Water-op-sstraat in de bemalingsgebieden Veldzichtstraat en Utrechtseweg (ten zuidwesten van Park Arenberg)

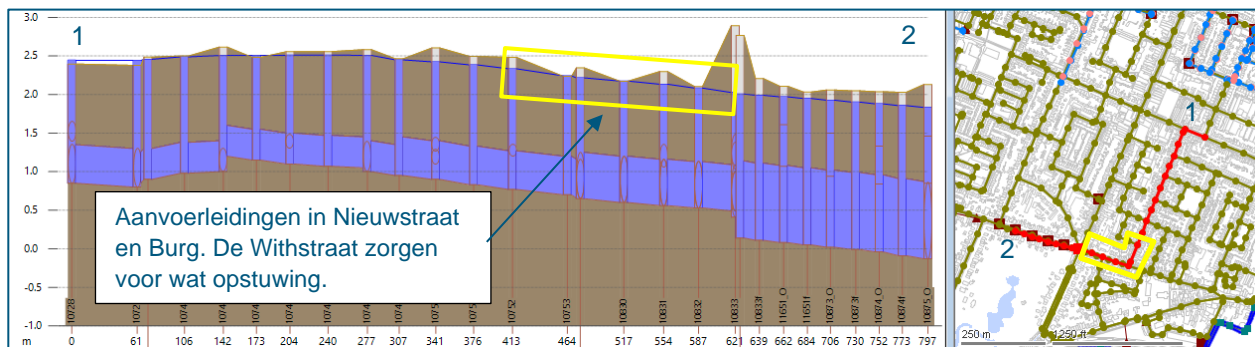
Toelichting water-op-sstraat De Bilt – bebouwde kom

In de omgeving van de Looydijk berekent het model in meerdere straten water-op-sstraat. De reden hiervoor is een combinatie van een hoge verhardingsgraad in het centrum van De Bilt in combinatie met geringe afvoercapaciteit van de riolering (kleine leidingen en een hoog gelegen overstort die niet lager kan vanwege het oppervlaktewaterpeil).

De oostelijke helft van De Bilt kan bij extreme neerslag afwateren via twee routes: het BBB in de Blauwkapelseweg (zuidwest) en de (nood)overstort in de Groenekanseweg (noordoost). In beide afvoerroutes zijn de leidingen niet voldoende groot om water-op-sstraat te voorkomen. Figuur 17 en Figuur 18 tonen lengteprofielen vanuit de Looydijk naar de twee overstorten.



Figuur 17 – Lengteprofiel afvoerroute vanuit de Looydijk naar overstort Groenekanseweg (Bui 8)



Figuur 18 – Lengteprofiel van de afvoerroute vanuit de Looydijk naar het BBB Blauwkapelseweg (Bui 8)

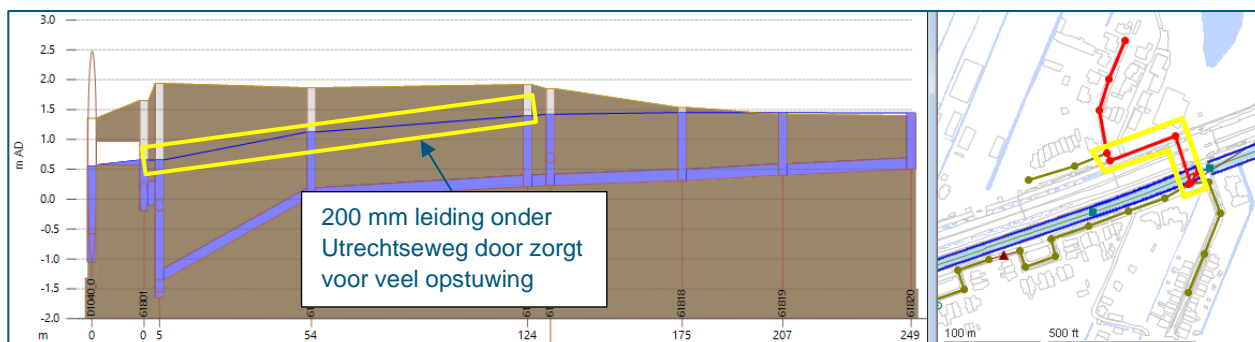
Bij bui 8 berekent het model water-op-straat in de Park Arenberg, ondanks een hoge pompovercapaciteit en veel stelselberging. Dit komt doordat Park Arenberg veel regenwater ontvangt vanuit het centrum van De Bilt bij hevige regenval via de interne overstorten in de Blauwkapelseweg en via stroming over het maaiveld. De straat ligt met een maaiveld van 1,4 m +NAP bijna een meter lager dan de Looydijk en de Hessenweg. De externe overstort van het BBB Blauwkapelseweg is met 1,15 m +NAP maar net lager dan het maaiveld in de Park Arenberg, waardoor er weinig afvoercapaciteit is bij een volledig gevuld stelsel.

Toelichting water-op-straat De Bilt – Veldzichtstraat en Utrechtseweg

Zoals te zien in Figuur 16, berekent het model op drie locaties water-op-straat in en nabij de kleine bemalingsgebieden Veldzichtstraat en Utrechtseweg. Het stelsel van bemalingsgebied Utrechtseweg is een absoluut stelsel; dat wil zeggen dat het stelsel alleen via het maaiveld kan overstorten. Omdat er geen informatie bekend was over de pompcapaciteit van het gemaal (en de lage meetfrequentie ervoor zorgde dat dit ook niet uit metingen was te halen), is hiervoor een capaciteit van 10 m³/uur aangenomen. Hierdoor is het mogelijk dat de resultaten niet overeenkomen met de praktijk. De gemeente ervaart ook geen overlast in de praktijk op deze locatie. Wel is er een optimalisatie mogelijk door bij vervanging van het stelsel een vrij verval verbinding te maken met het bemalingsgebied Veldzichtstraat.

Figuur 19 toont een lengteprofiel van de riolering vanuit de Steinenburglaan richting de overstort in de Veldzichtstraat. In het gehele tracé ligt 200 mm riolering. Met name de laatste leidingen zorgen voor veel opstuwung, waardoor het model water-op-straat berekent in de Steinenburglaan. Er zijn bij de gemeente geen meldingen bekend van wateroverlast in de Steinenburglaan, waarschijnlijk omdat woningen hier vrij ver van de riolering af staan en de straat is omringd door veel groen.

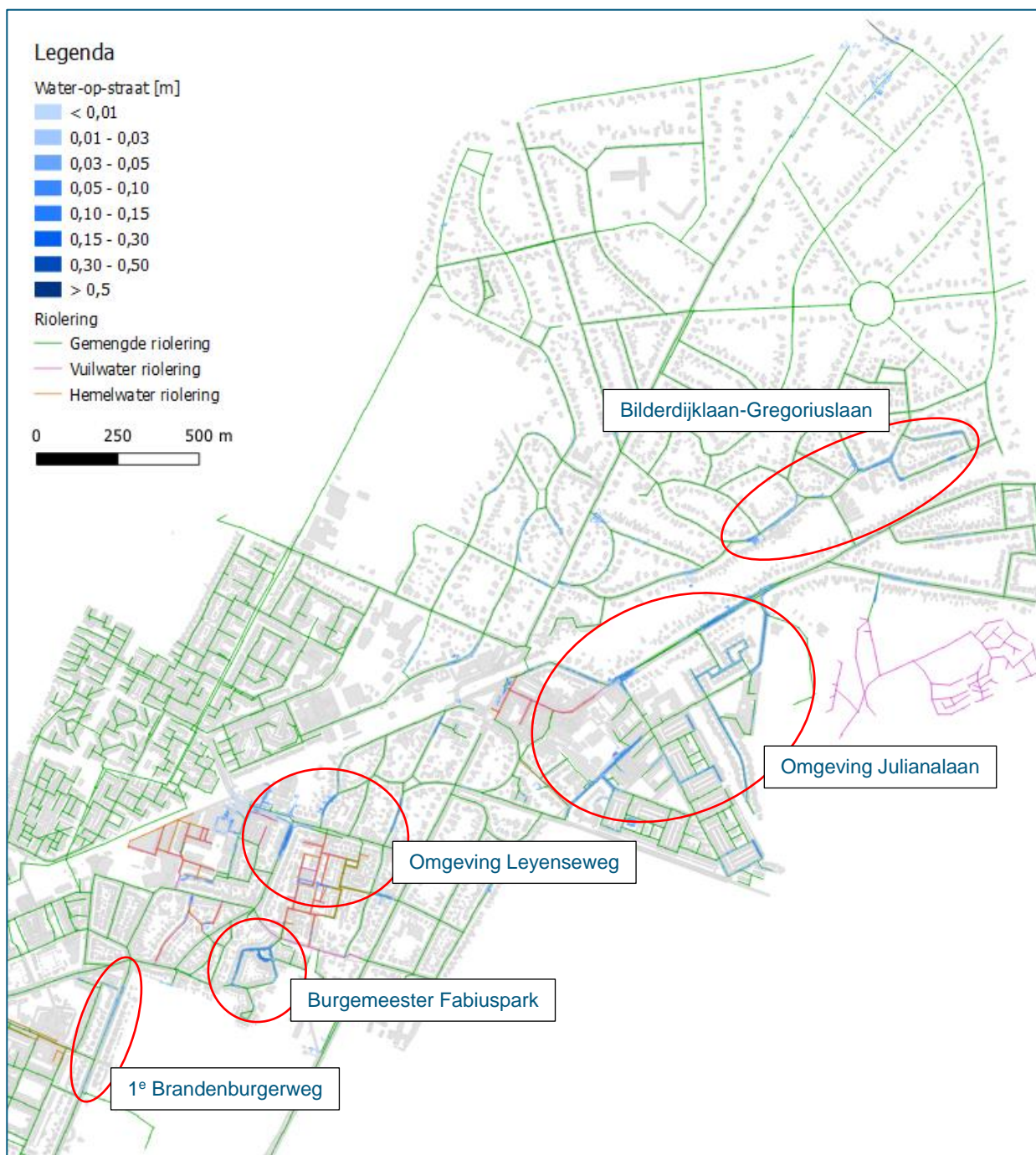
Als laatste berekent het model water-op-straat aan de noordkant van de Utrechtseweg. Dit betreft een leiding onder een fietspad langs het tankstation. Eventueel uitstromend water vanuit de riolering zal eenvoudig naar het groen kunnen stromen.



Figuur 19 – Lengteprofiel richting de overstort in de Veldzichtstraat

4.3.6 Bilthoven

In Bilthoven berekent het model op meerdere locaties water-op-sstraat. Figuur 20 toont deze locaties. Locaties met de hoogste waterstand zijn de Burgemeester Fabiuspark met een maximaal berekende waterstand van 26 cm en in de 2^e Brandenburgerweg (in de omgeving Leyenseweg) met een maximaal berekende waterstand van 16 cm. Verder berekent het model 12 cm water-op-sstraat in de Julianalaan en 11 cm in de Bilderdijklaan en Gregoriuslaan, al is het volume aan de noordkant van het spoor wel veel kleiner. In de 1^e Brandenburgerweg berekent het model een waterstand van maximaal 8 cm.



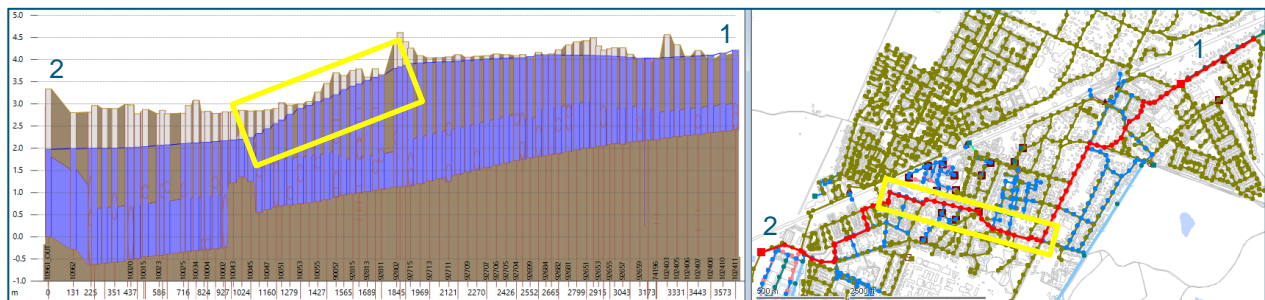
Figuur 20 – Water-op-sstraat Bilthoven bui 8

Toelichting water-op-sstraat Bilthoven

De water-op-sstraat locaties kenmerken zich met name door een lage afvoercapaciteit door de lange transportafstanden naar dichtstbijzijnde externe overstort. Deze bevindt zich bij de rioolwaterzuivering (RWZI) aan de westkant van Bilthoven. Daarnaast is er bovenstrooms ook aanvoer van water vanuit de gemeente Zeist (Den Dolder en Bosch en Duin). Deze aanvoer komt binnen aan de noordoost kant van Bilthoven, nabij de Julianalaan.

Water-op-sstraat in de omgeving van de Julianalaan

Figuur 21 toont een lengteprofiel vanuit de Julianalaan naar de overstort bij de RWZI. Om de overstort te bereiken moet een afstand van 3,6 km worden overbrugd. Ondanks dat er ook een flink hoogteverschil aanwezig is, zorgen met name de benedenstrooms gelegen afvoerleidingen in de Oude Brandenburgerweg (Ei 700/1050 mm), Jachtlaan (800 mm) en de Soestdijkseweg Zuid (Ei 700/1050 mm) voor veel opstuwing. Doordat de Julianalaan zelf hoger ligt dan enkele omliggende straten, stroomt er ook veel regenwater af naar de omliggende straten. Hierdoor berekent het model ook water-op-sstraat in de Sperwerlaan, Bosuillaan en de Koperwieklaan.

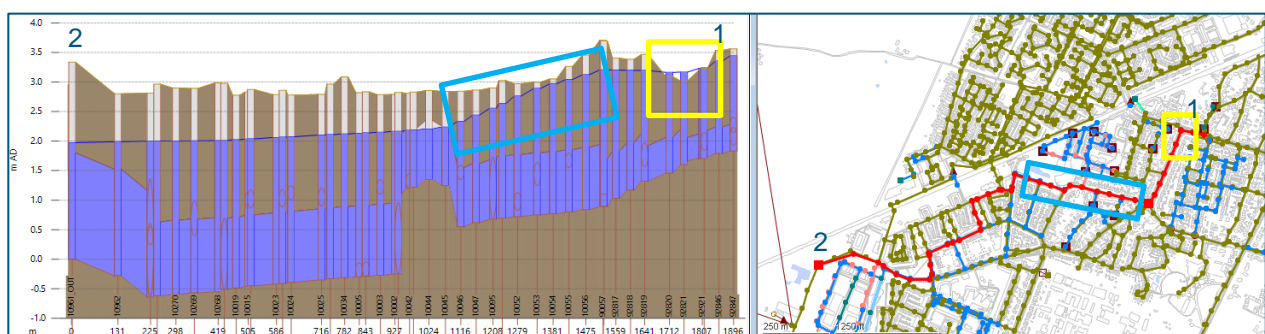


Figuur 21 – Lengteprofiel vanuit de Jachtlaan naar de overstort bij de RWZI.

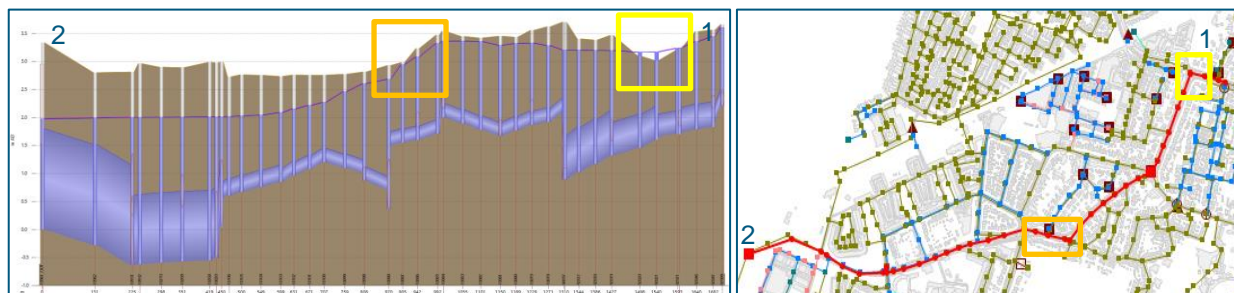
Water-op-sstraat in de omgeving van de Leyenseweg

Doordat delen van de hoofdafvoerleiding veel opstuwing veroorzaken, ontstaat ook in de omgeving hiervan water-op-sstraat. Rond de kruising van de Leyenseweg en de 2^e Brandenburgerweg berekent het model veel water-op-sstraat. Figuur 22 toont een lengteprofiel vanuit deze locatie naar de overstort, waarbij de kruising geel is gemarkeerd. Te zien is dat het maaiveld hier 50 cm lager ligt dan de directe omgeving, waardoor water vanuit de omgeving zich hier ophoopt. De hoofdafvoerleiding in de Oude Brandenburgerweg (blauw gemarkeerd) heeft niet voldoende afvoercapaciteit en zorgt voor veel opstuwing.

Ook de alternatieve afvoerroute vanaf de 2^e Brandenburgerweg (de 250 mm leiding in de Hertenlaan) vertoont erg veel opstuwing bij zware neerslag. De dwarsdoorsnede in Figuur 23 toont de alternatieve afvoerroute, waarbij de leiding in de Hertenlaan oranje is gemarkeerd.



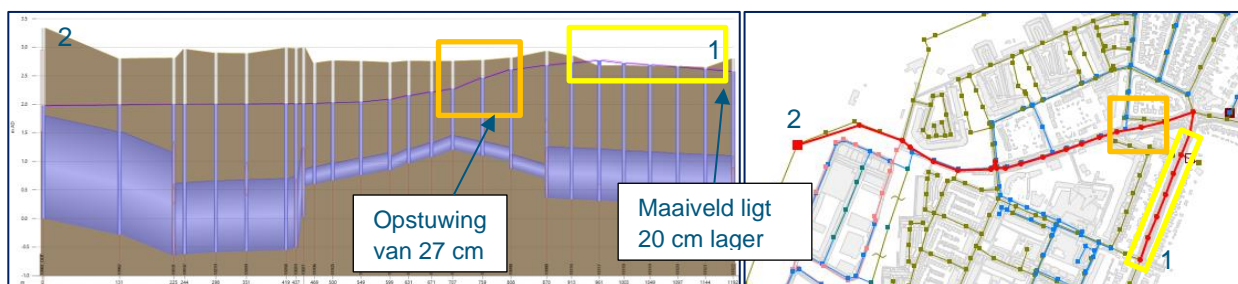
Figuur 22 – Lengteprofiel vanuit de Leyenseweg naar de overstort bij de RWZI.



Figuur 23 – Alternatief engteprofiel vanuit de Leyenseweg naar de overstort bij de RWZI.

Water-op straat in de 1^e Brandenburgerweg

In de 1^e Brandenburgerweg berekent het model water-op straat door een combinatie van twee leidingen in de Melkweg die zorgen voor een opstuwung van 27 cm en een maaiveld dat 20 cm lager ligt dan de omgeving. Figuur 24 toont een lengteprofiel richting de overstort bij de RWZI.



Figuur 24 – Wateroverlast doorsnede 1e Brandenburgerweg Bilthoven Bui 8

Water-op straat Burgemeester Fabiuspark

Tenslotte is er veel water-op straat berekend bij het Burgemeester Fabiuspark bij bui 8. Het betreft een absoluut stelsel, waarbij een groot regenwatergemaal het regenwater uit het stelsel pompt. Bij zeer zware neerslag staat het ontvangende gemengde stelsel dermate vol dat lozen hierop kan zorgen voor water-op straat in de Jachtlaan. Dit zou ik kleine mate zelfs kunnen terugstromen naar de Burgemeester Fabiuspark. Het gebied is namelijk met afstand het laagste punt in de omgeving. Hoewel er veel pompovercapaciteit aanwezig is, is het daarom niet voldoende om bui 8 weg te kunnen pompen.



Figuur 25 – Maaiveld in de omgeving van het Burgemeester Fabiuspark (o.b.v. AHN3)

4.4 Milieutechnisch functioneren

Een veelgebruikte graadmeter voor het langjarig functioneren van de riolering, is een berekening van de vuiluitworp door de gemengde overstorten. Hiervoor is een 10-jarige reeks aan neerslagdata van het KNMI (De Bilt, periode 1955 – 1964) doorgerekend met het basisrioleringsmodel (1D).

Uitgangspunten

De uitgangspunten voor het berekenen van de vuiluitworp zijn grotendeels gebaseerd op Eenduidige Basisinspanning (Commissie Integraal Waterbeheer, 2001):

- De vuiluitworp wordt uitgedrukt in Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV); de hoeveelheid oxideerbaar materiaal in water. De concentratie CZV in overstortend water bedraagt 250 mg/l.
- De vuiluitworp vanuit de hemelwaterriolering wordt niet in beschouwing genomen.
- Het rendement van een bergbezinkbassin (BBB) bedraagt 45% (concentratie CZV 137,5 mg/l).
- De maatstraf voor vuiluitworp is 50 kg CZV/jaar/ha verhard oppervlak van de gemengde riolering.
- Wanneer er verhard oppervlak is afgekoppeld, mag deze worden opgeteld bij het totaal. Bijvoorbeeld: bij 20 ha verharding op de gemengde riolering en 4 ha afgekoppeld oppervlak, mag er gerekend worden met 24 ha verharding. De norm bedraagt dan $24 \times 50 = 1.200$ kg CZV/jaar.
- Als er minder dan 24 uur tussen twee overstortingen zit, worden deze als een meegenomen (conform de definitie uit de Kennisbank Stedelijk Water).

Inmiddels zijn de bovenstaande normen verouderd; voldoen aan de basisinspanning is geen verplichting meer voor gemeenten. Op basis van recentelijk onderzoek heeft de stichting RIONED in 2018 vernieuwde normen opgenomen in de Kennisbank Stedelijk Water (*Nieuwe Emissiegetallen Riolverstorten, RIONED, 2018*). Hierin wordt uitgegaan van een concentratie CZV van 180 mg/l. Daarnaast kunnen foutaansluitingen tot gevolg hebben dat gescheiden rioleringen meer vuiluitworp veroorzaakt dan de gemengde riolering (*Anders omgaan met VGS, STOWA, 2017*). De resultaten van deze analyse geven daarom slechts een indicatie van de belasting van het oppervlaktewater met oxideerbaar materiaal.

4.4.1 Resultaten huidige situatie

Tabel 10 toont de berekende vuiluitworpen van de gemengde bemalingsgebieden in gemeente De Bilt. **Bijlage F** toont de uitgebreide resultaten met het overstortvolume per externe overstort.

Bemalingsgebied	Overstortvolume [m³/jaar]	CZV/jaar [kg]	CZV Toegestaan [kg]	CZV/jaar 2008 [kg]	CZV toegestaan 2008 [kg]
Hollandsche Rading	2.387	328	425	497	470
Maartensdijk	2.863	394	1.236	1.286	1.460
Maartensdijk Dorpsweg	365	50	150	70	130
Westbroek	70	10	150	57	145
Groenekan	1.410	234	330	480	345
De Bilt/Bilthoven	55.878	13.970	10.886	7.806	10.635
Dorpsstraat	58	14	20	Dicht in 2008	n.v.t.
Emmalaan	496	124	90	212	95
Park Arenberg	28.058	3.858	270	2.517	270
Veldzichtstraat	172	43	50	73	40
Totaal	91.758	19.025	13.607	12.998	13.590

Tabel 10 – Vuiluitworp per gemengd bemalingsgebied. Absolute stelsels zijn niet meegenomen, omdat deze geen externe overstorten hebben en daarmee ook geen vuiluitworp.

De bemalingsgebieden die voldoen aan de toegestane vuiluitworp zijn Hollandsche Rading, Maartensdijk, Maartensdijk Dorpsweg, Westbroek, Groenekan, Veldzichtstraat en Dorpsstraat. De bemalingsgebieden die niet voldoen aan de maatstaven van de maximale jaarlijkse vuiluitworp zijn De Bilt/Bilthoven, Emmalaan en Park Arenberg. Het beeld van het bemalingsgebied Emmalaan komt vrij goed overeen met de verwachting: het stelsel heeft met 6,6 mm een geringe stelselberging. Dit leidt tot een toename van de jaarlijkse vuiluitworp, die op basis van de modelberekening niet is gecompenseerd door de hoge POC.

Park Arenberg voldoet ruimschoots niet aan de richtlijn. Dit komt doordat het bergbezinkbassin in de Blauwkapelseweg bij hevige regenval ook veel water ontvangt van De Bilt en niet enkel vanuit het eigen bemalingsgebied. De vuiluitworp die in Tabel 10 staat is dus grotendeels afkomstig vanuit de riolering in De Bilt. Als laatste voldoet De Bilt/Bilthoven voldoet met 13.970 kg CZV/jaar niet aan de norm. De stelselberging voldoet (net) niet aan de oude basisinspanningsnorm (8,1 mm ten opzichte van 7,0 mm stelsel + 2,0 mm bergingsvoorziening), maar de POC is met 0,58 mm/uur niet op orde. In werkelijkheid is de POC voor het hoofdbemalingsgebied van De Bilt/Bilthoven gedurende de bui vaak nog lager, wat een verklaring is voor de te hoge vuiluitworp (zie uitleg hieronder).

Pompoevercapaciteit is in werkelijkheid variabel

De POC van het gemaal in De Bilt is berekend op basis van de gemaalcapaciteit, het verhard oppervlak in het eigen gebied en het verhard oppervlak in bovenstroomse gebieden. Hierbij is uitgegaan van een constante POC van 0,7 mm/uur van de bovenstroomse (gemengde) bemalingsgebieden. In de werkelijkheid hebben de bovenstroomse bemalingsgebieden in de gemeente De Bilt vaak een veel hogere POC dan de norm (zie §3.6).

Het gevolg is dat bovenstroomse bemalingsgebieden relatief gezien het overtollige regenwater harder naar De Bilt pompen, dan dat het gemaal bij de RWZI dit kan verwerken. Naar verloop van tijd zijn de bovenstroomse bemalingsgebieden leeggepompt en stopt daarmee de bovenstroomse regenaanvoer. De POC van het gemaal bij de RWZI is daarom in de praktijk variabel en afhankelijk van het tijdstip na de bui. Nét na de bui is de POC door de extra aanvoer vanuit bovenstroomse bemalingsgebieden veel minder dan 0,58 mm/uur: deze daalt naar slechts 0,17 mm/uur (zie **Bijlage K**). Als de bovenstroomse stelsels zijn geleidigd, neemt de POC weer sterk toe.

Pompcapaciteit gemaal RWZI is ook variabel

Naast de variatie in de aanvoer vanuit bovenstroomse bemalingsgebieden, is ook de afvoercapaciteit van het hoofdgemaal bij de RWZI niet constant. Pas bij een significante stijging van de waterstand in de riolering wordt de theoretische gemaalcapaciteit (ruim 2.700 m³/uur) ook daadwerkelijk verpompt.

Bijlage C gaat verder in op de prestatie van het ledigingsgemaal bij de RWZI. In de praktijk is de gemiddelde afvoercapaciteit van het gemaal bij de lediging van het stelsel een stuk lager dan de berekende POC, waardoor het stelsel niet altijd is geleegd voor de volgende bui. Betere (gemaal)afstemming tussen de verschillende bemalingsgebieden kan daarom mogelijk bijdragen aan verminderen van de totale vuiluitworp in de gemeente.

Verschillen huidige vuiluitworp en vuiluitworp in 2008

Tabel 9 toont zowel de huidige vuiluitworp als de vuiluitworp in 2008. Het verhard oppervlak is echter op een andere manier geïnventariseerd en gevalideerd dan in 2008, wat een vergelijking op basis van veranderde stelselkenmerken onmogelijk maakt.

Conclusie

Het **hoofdbemalingsgebied van De Bilt/Bilthoven** (en daarmee indirect ook **park Arenberg**) voldoet ruimschoots niet aan de verouderde norm uit de Eenduidige Basisinspanning. De meest waarschijnlijke oorzaak hiervoor is de variabele pompoevercapaciteit van het ledigingsgemaal bij de RWZI, die wordt veroorzaakt door de variabele pompinspanning en de hoge pompoevercapaciteit van bovenstroomse bemalingsgebieden.

4.5 Stationaire afvoercapaciteit

De stationaire afvoercapaciteit is de afvoercapaciteit die het rioleringsstelsel heeft als de berging volledig gevuld is (tot aan de externe overstortdrempel). Op dat moment vindt de afvoer vanuit de riolering plaats via de externe overstorten en ledigingsgemalen. Hierbij hebben de externe overstorten een veel grotere capaciteit dan de ledigingsgemalen.

De meeste rioleringsstelsels dienen in staat te zijn om een stationaire bui van **21,6 mm/uur (60 l/s/ha)** te verwerken zonder dat er water-op-straat plaats vindt. Deze capaciteit is namelijk in veel gemeentes als ontwerpnorm gebruikt in de tijd voordat hydrodynamische modellen beschikbaar werden. Mocht de norm voor de afvoercapaciteit (ruimschoots) niet worden gehaald, betekent het dat de externe overstort of de aanvoerende leidingen niet voldoende afvoercapaciteit hebben.

Uitgangspunten

- De capaciteit is getoetst door een neerslagsituatie van 20 dagen door te rekenen, waarbij elke halve dag de neerslagintensiteit toeneemt met 1 mm/uur. Op de laatste dag bedraagt de intensiteit 40 mm/uur (111 l/s/ha)
- De afvoercapaciteit is per bemalingsgebied beschouwd. Hierbij is gekeken naar de prestatie van het dominante rioleringstype (gemengd of hemelwaterriolering). De capaciteit is gebaseerd op het moment dat bij tenminste twee putten water-op-straat wordt berekend.
- Voor de analyse is gebruik gemaakt van het 1D rioleringsmodel; opstuwning van het ontvangende oppervlaktewater is hierbij bewust niet meegenomen.
- In de analyse worden stelsels toegelicht met een stationaire afvoercapaciteit van < **15 mm/uur**.

Resultaten

Figuur 26 toont de stationaire afvoercapaciteit per bemalingsgebied. Bemalingsgebieden Westbroek, Groenekan, Maartensdijk Noordeinde en Dorpsweg, Dorpsstraat, Emmalaan en burgemeester Fabiuspark hebben allen een zeer goede stationaire afvoercapaciteit. De Bemalingsgebieden Park Arenberg, Utrechtseweg, De Bilt/Bilthoven hebben een stationaire afvoercapaciteit van minder dan 15 mm/uur.

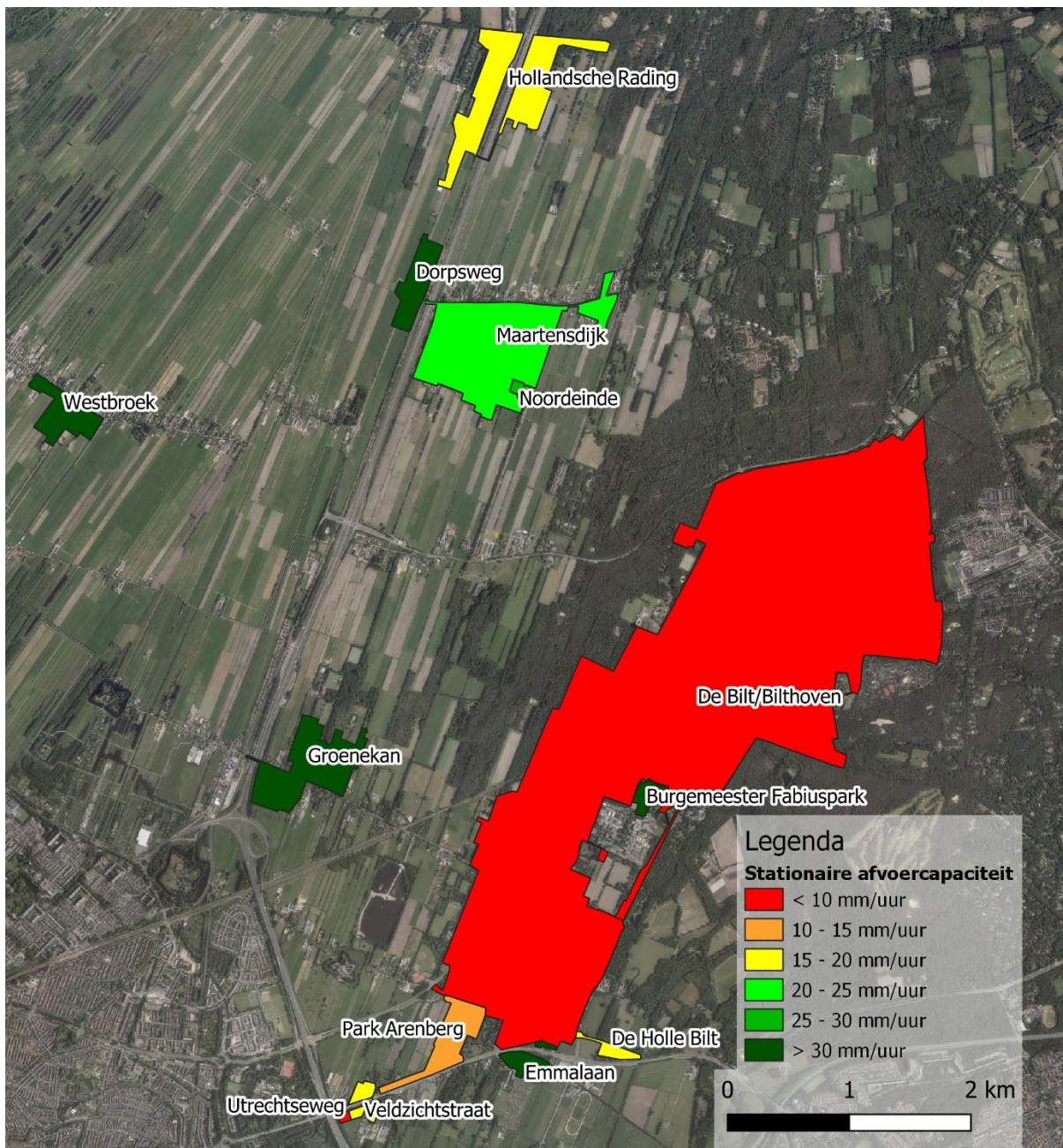
De hoge afvoercapaciteiten van de gebieden Emmalaan, Dorpsstraat en Maartensdijk Dorpsweg zijn waarschijnlijk de oorzaak van een relatief brede overstort voor de grootte van het bemalingsgebied. In de Dorpsstraat is bijvoorbeeld de maximaal berekende schil op de overstort bij Bui 8 slechts 6 cm, terwijl 20 – 30 cm de ontwerpnorm is. Daarnaast zijn ook de buizen (minimaal 300 mm, korte transportafstanden) voldoende groot voor de beperkte hoeveelheden verhard oppervlak.

De lage afvoercapaciteit van De Bilt komt doordat het een groot bemalingsgebied betreft met relatief weinig externe overstorten. Hierdoor zijn de transportroutes naar de overstorten lang, wat een negatief effect heeft op de afvoercapaciteit van het stelsel. Verder heeft Park Arenberg een lage afvoercapaciteit door de samenhang met De Bilt/Bilthoven. De interne overstorten die het bemalingsgebied Park Arenberg scheiden van het hoofdgebied van De Bilt scheiden zijn laag en bij hevige regenval komt water van De Bilt ook terecht in bemalingsgebied Park Arenberg.

Tenslotte heeft de Utrechtseweg een lage afvoercapaciteit. De Utrechtseweg is een absoluut stelsel, waardoor de stationaire afvoercapaciteit gelijk is aan de pompovercapaciteit. De afvoercapaciteit van dit gemaal is echter niet bekend, waardoor hiervoor een aanname is gedaan.

Conclusie

De bemalingsgebieden **Park Arenberg** en **het (centrum en oosten) van het hoofdbemalingsgebied van De Bilt/Bilthoven** hebben een lage stationaire afvoercapaciteit. De conclusie komt overeen met het beeld van het hydraulisch functioneren bij Bui 8 (§4.3).



Figuur 26 – Afvoercapaciteit per bemalingsgebied

4.6 Hemelwaterstresstest

Ons klimaat verandert. De komende jaren verwacht het KNMI een toename in extreme buien en de daarbij horende schade. In 2017 is het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) verschenen om overheden te ondersteunen bij het klimaat robuuster inrichten van de ruimtelijke omgeving. Onderdeel van dit Deltaplan is de verplichte uitvoering van een hemelwaterstresstest om kwetsbare locaties voor wateroverlast te identificeren. In deze paragraaf komen de resultaten aan bod van de zogenaamde 'verdiepende hemelwaterstresstest', waarbij met gedetailleerde modelberekeningen de kwetsbare locaties voor wateroverlast in beeld worden gebracht.

4.6.1 Risicopandenprofiel bij stresstestbuien

In deze paragraaf wordt een risicopandenprofiel opgesteld per bemalingsgebied van de gemeente De Bilt. Voor elk pand in de bebouwde kernen van de gemeente is op basis van modelberekeningen bepaald of er een hoog risico bestaat op wateroverlast. Het bepalen hiervan brengt altijd enige vorm van onnauwkeurigheid mee: drempelpeilen zijn niet uniform binnen de gemeente en zelfs het meest gedetailleerde model kan niet op pandniveau een nauwkeurige waterstand berekenen. Door de resultaten op pandniveau echter te bundelen tot buurt- en wijkniveau, kunnen onderlinge verschillen tussen wijken en bemalingsgebieden goed in beeld worden gebracht.

Uitgangspunten

- Voor de verdiepende hemelwaterstresstest wordt de meest gedetailleerde versie van het rekenmodel gebruikt, het zogeheten 1D/2D+ rekenmodel. Deze modelmodule rekent met een maaiveldgrid waarbij regen direct op het maaiveld valt en stroomt richting de kolken van de riolering. Hierdoor wordt ook de stroming vanaf onverharde vlakken en tuinen meegenomen, welke bij zeer extreme neerslag ook kunnen bijdragen aan de wateroverlast.
- Voor het bepalen van de risicopanden worden de drie stresstestbuien voor de korte duur (60 minuten) gebruikt van het STOWA (op basis van een studie naar neerslagstatistieken uit 2018):
 - o 30 mm neerslag (T ~ 5 jaar in 2050 KNMI-scenario).
 - o 50 mm neerslag (T ~ 30 jaar in 2050 KNMI-scenario).
 - o 70 mm neerslag (T ~ 100 jaar in 2050 KNMI-scenario).
- Een pand wordt als risicopand bestempeld bij een gegeven bui, wanneer **binnen 2 meter van een pand een waterstand van tenminste 15 cm wordt berekend**. De drempelwaarde van 15 cm is gebaseerd op de aanname dat de deurdrempel van een pand gemiddeld 15 cm hoog is.
- Als aanvullende eis is gesteld dat er gemiddeld 2 cm water moet worden binnen 2 meter van het pand. Dit is meegenomen om te voorkomen dat panden waar één of twee gridcellen blauw kleuren' worden meegeteld in de berekening. Dit kan namelijk ook komen door imperfecties in de AHN. Figuur 27 toont een voorbeeld waarbij correctie leidt tot een ander resultaat.
- Om de meeste schuurtjes en tuinhuisjes uit het bestand te filteren, is alleen bebouwing met een grondoppervlak van tenminste 40 m² beschouwd.



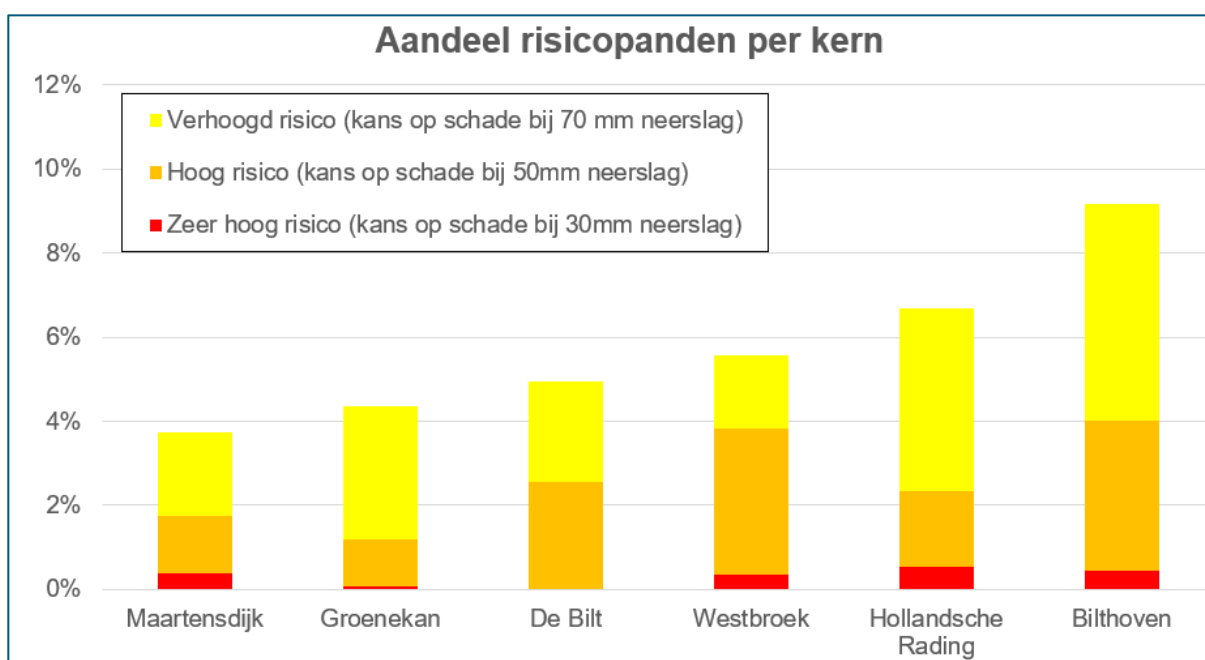
Figuur 27 – Voorbeeld van een locatie waarbij een vertekend beeld kan ontstaan zonder toepassen van de correctie

Resultaten per kern

Op basis van de berekeningen heeft 92,8% van de panden in de gemeente De Bilt een lage kans op schade bij 70 mm neerslag. Dit betekent dat 7,2 % van de panden wel een verhoogd risico loopt op schade. Figuur 28 toont de resultaten van risicopandenanalyse per kern van de gemeente De Bilt. De verschillen per kern zijn behoorlijk groot. In Maartensdijk is het aandeel risicopanden met 4,1% het laagst in de gemeente, in Bilthoven is het aandeel met 9,6% het grootst.

Een deel hiervan kan worden verklaard door het functioneren van de riolering; in Bilthoven zijn in de hydraulische analyse in §4.3 al meer locaties met een forse waterdiepte geconstateerd dan in bijvoorbeeld Maartensdijk of Groenekan.

Bij een klimaatbui van 50 of 70 mm speelt echter ook het landschap een grote rol. De riolering kan bij goed functioneren zo'n 20 – 30 mm neerslag per uur vasthouden en/of verwerken. De rest van de neerslag zal afstromen naar het laagste punt in de omgeving. In het geval van de landelijke kernen Maartensdijk en Groenekan zijn dit vaak poldersloten en weilanden aan de randen van de kern. Hier zorgt de overtollige neerslag voor relatief weinig schade als de polder na de bui weer voldoende snel goed kan worden leeggepompt. In het noorden van Bilthoven stroomt er tijdens extreme neerslag veel overtollig water af vanaf de Utrechtse Heuvelrug (uiterste noorden van Bilthoven) richting de lageregelegen wijken rond het station. Hier bevinden zich juist veel woningen.



Figuur 28 – Aandeel risicopanden per kern van de gemeente De Bilt

Resultaten per wijk/bemalingsgebied

Tabel 11 toont het aandeel risicopanden per wijk/bemalingsgebied van de gemeente De Bilt. Hierbij is het grote bemalingsgebied van De Bilt en Bilthoven opgedeeld in zes kleinere gebieden. Figuur 29 toont op een kaart de totalen (gelijk aan de laatste kolom van Tabel 11) van deze wijken en bemalingsgebieden.

Het beeld komt goed overeen met de resultaten per kern. Het bemalingsgebied Burgemeester Fabiuspark telt met afstand het grootste aandeel risicopanden in de gemeente. De locatie was al aangewezen als knelpuntlocatie in §4.3. Het aandeel risicopanden is met name het gevolg van de lage ligging. De straat ligt met een maaiveldhoogte van 2,8 m +NAP veel lager dan de omliggende straten (3,5 - 4,0 m +NAP).

Door de lage ligging (zie Figuur 25) stroomt er tijdens extreme neerslag extra regenwater vanuit de omgeving naar de straat toe. Daarnaast betreft het hier een absoluut rioleringsstelsel. Het gemaal van dit stelsel heeft weliswaar voldoende pompovercapaciteit, maar tijdens een klimaatbui staat het gemengde stelsel waarop moet worden geloosd ook helemaal vol.

Naast het Burgemeester Fabiuspark komen ook de nummer 2,3 en 4 uit de rangorde van hoogste aantal risicopanden uit Bilthoven: het centrum (8,9%), het terrein van het RIVM (16,7%) en het hellende noorden van Bilthoven (15,0%).

- In het centrum van Bilthoven bevinden zich enkele knelpunten voor wateroverlast. Dit komt met name door de lange transportafstanden naar de dichtstbijzijnde overstort.
- De riolering van het terrein van het RIVM is niet opgenomen in het rioleringsmodel, waardoor de modelberekeningen voor dit terrein minder betrouwbaar zijn. Wel is het aannemelijk dat op dit terrein een aantal panden een verhoogd risico loopt: het terrein heeft een zeer hoge verhardingsgraad.
- Het noorden van Bilthoven maakt onderdeel uit van de Utrechtse Heuvelrug; het is een zeer groen en licht hellend gebied. Bij extreme neerslag zal afstromend regenwater lokaal de laagste punten opvullen, zoals tuinen en garages. Daarnaast kan bij extreme neerslag afstromend regenwater van onverharde vlakken (zoals perken, grasveldjes) ook bijdragen hieraan. Door de helling in het maaiveld, is het relatief lastiger om dit water op te vangen en af te voeren met de riolering. Dit patroon van een opvallend hoog aandeel risicopanden in een groen en hellend gebied is daarom op meerdere locaties in Nederland zichtbaar. Zo is uit de waterkwetsbaarheidsscan BlueLabel gebleken dat woningen in Zuid-Limburg de grootste kans lopen op schade bij wateroverlast¹¹.

Conclusie

Het hoge aandeel risicopanden in het hellende noorden van Bilthoven wordt niet direct veroorzaakt door een gebrek in de afvoercapaciteit van de riolering: in hellende gebieden is het afstromende water moeilijk te reguleren met kolken en goten. De resultaten bij het RIVM zijn aannemelijk, maar minder betrouwbaar omdat de particuliere riolering geen onderdeel uitmaakt van het rekenmodel. Het **centrumgebied** en het **Burgemeester Fabiuspark in Bilthoven** tellen relatief veel panden met een verhoogd risico op schade door wateroverlast. In de prioritering van klimaatmaatregelen verdienen deze gebieden extra aandacht.

¹¹ Bron: <https://www.1limburg.nl/grootste-kans-op-natte-voeten-zuid-limburg>

Wijk/bemalingsgebied	Risicopanden 30mm neerslag (zeer hoog schaderisico)	Risicopanden 50mm neerslag (hoog schaderisico)	Risicopanden 70mm neerslag (verhoogd schaderisico)	Totale aandeel risicopanden (verhoogd, hoog of zeer hoog risico)
Bilthoven - Larenstein	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
De Bilt - Holle Bilt	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
De Bilt - Dorpsstraat	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Maartensdijk - Noordeinde	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
De Bilt - Utrechtseweg	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Groenekan - Hoofdgebied	0.0%	1.4%	2.1%	3.5%
Bilthoven - Zuid	0.1%	0.9%	2.6%	3.6%
Bilthoven - de Leijen	0.2%	1.1%	2.8%	4.0%
Maartensdijk - Hoofdgebied	0.4%	1.3%	2.4%	4.1%
De Bilt - Hoofdgebied	0.0%	1.1%	3.2%	4.3%
Bilthoven - Oost	0.1%	1.5%	3.1%	4.7%
De Bilt - Emmalaan	1.2%	2.4%	1.2%	4.7%
Maartensdijk - Dorpsweg	0.0%	3.2%	2.1%	5.3%
De Bilt - Park Arenberg	0.0%	0.6%	4.8%	5.4%
Westbroek - Hoofdgebied	0.3%	3.5%	2.1%	5.9%
Hollandsche Rading	0.5%	1.8%	4.9%	7.2%
De Bilt - Veldzichtstraat	0.0%	5.0%	2.5%	7.5%
Groenekan - K. Wilhelminaweg	0.0%	5.7%	3.2%	8.9%
Bilthoven - Centrum	0.2%	2.9%	5.7%	8.9%
Bilthoven - Noord	1.0%	6.9%	7.1%	15.0%
Bilthoven - RIVM	0.0%	5.0%	11.7%	16.7%
Bilthoven - Burg. Fabiuspark	1.4%	14.9%	51.8%	68.1%

Tabel 11 – Aandeel risicopanden (bij 30, 50 en 70 mm neerslag) per wijk/bemalingsgebied. De totalen staan vervolgens in de laatste kolom (een risicopand bij 50 mm neerslag is namelijk ook een risicopand bij 70 mm neerslag)



Figuur 29 – Aandeel risicopanden per bemalingsgebied, waarbij het bemalingsgebied De Bilt/Bilthoven is opgedeeld.

4.6.2 Modelberekening 160 mm neerslag in 48 uur

Deze paragraaf behandelt de resultaten van een modelberekening met een langdurige bui van 160 mm neerslag in 48 uur. Deze gestandaardiseerde stresstestbui van het STOWA heeft een constante neerslagintensiteit en een herhalingsstijd van circa 1000 jaar. Een dergelijke bui zorgt naar vermoeden voor weinig overlast in het stedelijk gebied: de riolering heeft bij goed functioneren veel meer afvoercapaciteit (> 15 mm/uur) dan de intensiteit van de bui (3,3 mm/uur).

De focus bij deze berekening ligt daarom vooral op de interactie met het landelijke gebied: door de langdurige regenval in het stedelijk gebied zal het peil in de omliggende sloten stijgen, waardoor landelijk gebied inundeert en riool overstorten verdrinken kunnen raken. Dit laatste kan in principe ook leiden tot overlast in het stedelijke gebied.

Rekenmodel stedelijke gebied heeft limitaties

Het integrale rekenmodel dat is opgesteld voor het SSW is met name geschikt voor het adequaat doorrekenen van kortere piekbuien (één tot enkele uren). Dit komt omdat het model de afvoer in het landelijke gebied verwaarloost (zoals drainage van landbouwpercelen richting sloten, verhard oppervlak in het buitengebied). De aanname dat landelijke afvoer te verwaarlozen is ten opzichte van de stedelijke afvoer is alleen valide bij (1) een sterk verstedelijkte omgeving en (2) gedurende (en vlak na) korte piekbuien vanwege verschillende reactietijden van stedelijke en landelijke piekafvoeren.

De modelresultaten tonen daarmee vooral een theoretische situatie met een langdurige belasting vanuit het stedelijke gebied. De daadwerkelijke inundatie bij een T1000 bui wordt zwaar onderschat door het verwaarlozen van de afvoer in het landelijke gebied. Wel worden de locaties in het oppervlaktewater-systeem duidelijk die gevoelig zijn voor hoge en langdurige stedelijke afvoeren.

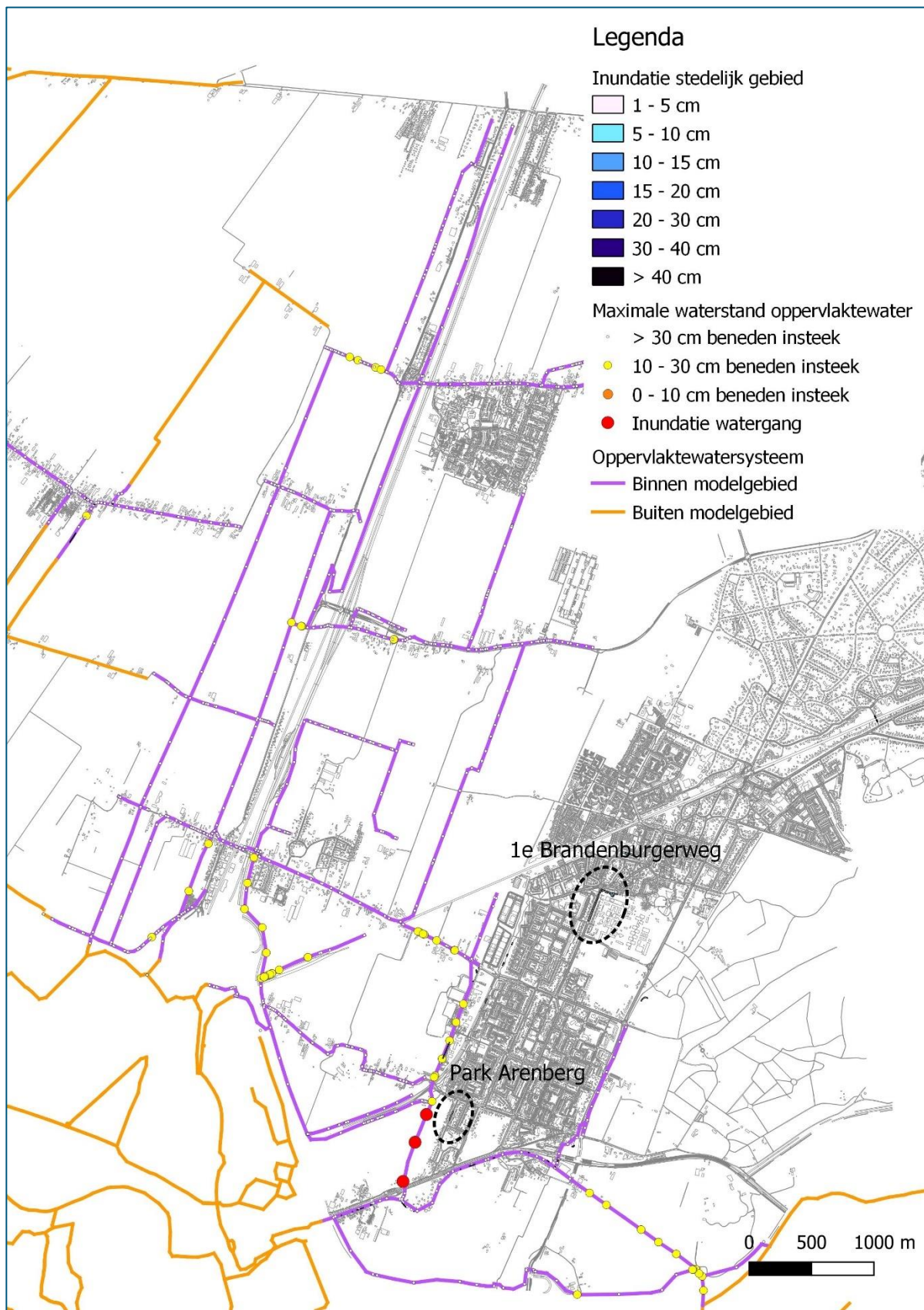
Resultaten

Figuur 30 toont de modelresultaten. De volgende zaken vallen op in de resultaten:

- Op één locatie berekent het model inundatie vanuit de watergang: de A-watergang parallel aan de Park Arenberg (verlengde van de effluentsloot). Dit komt omdat het model veel opstuwung berekent rond de stuw die het water afvoert naar De Biltse Rading. Verder is er niet voldoende afvoercapaciteit om het overtollige water effectief af te voeren naar Groenekan via de sloten langs de Groenekaneweg.
- Op twee locaties berekent het model inundatie in het stedelijk gebied: in de 1^e Brandenburgerweg en in de Park Arenberg. Dit komt omdat alle externe riool overstorten aan de westzijde van De Bilt/Bilthoven verdrinken raken (RWZI De Bilt, Groenekaneweg west, Weltevreden en Blauwkapelseweg). Verhogen van de overstorten is echter niet wenselijk, omdat dit leidt tot een verslechtering van de hydraulische afvoercapaciteit van de riolering in de Bilt (terwijl juist verbeteringen nodig zijn).
- De enige andere overstort die verdrinken raakt, is de externe overstort van het BBB in Hollandsche Rading. De afvoerende watergang zorgt voor relatief veel opstuwung, al komt hierbij geen inundatie van het landelijke gebied voor.

Conclusies

Het grootste deel van de kernen De Bilt en Bilthoven lozen overtollig water op de A-watergang aan de westzijde van De Bilt, tevens **effluentsloot**. Bij langdurige belasting stijgt het waterpeil in deze sloot flink, wat kan zorgen voor verdrinken riool overstorten als gevolg daarvan water-op-sstraat in het stedelijke gebied.



Figuur 30 – Resultaat modelberekening 160 mm neerslag in 48 uur

4.7 Functioneren riool overstorten en interactie met oppervlaktewater

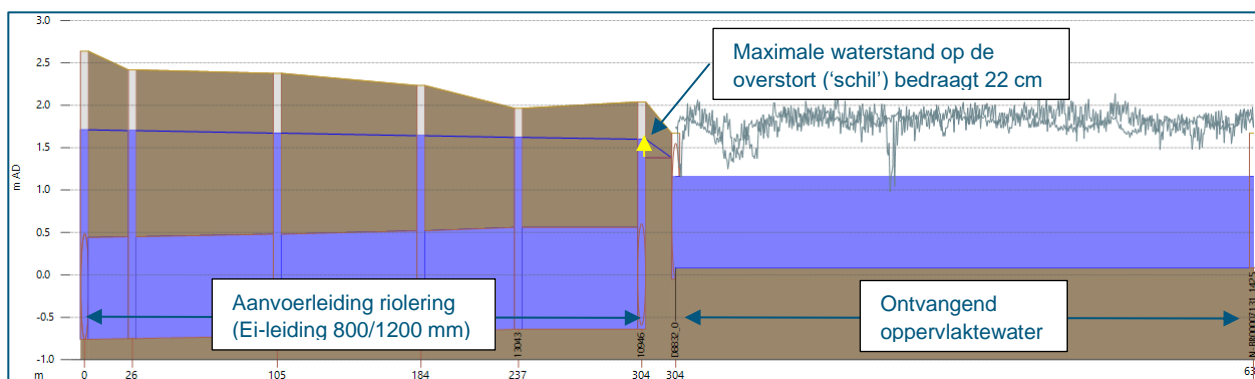
In deze paragraaf komen het functioneren van de riool overstorten en de interactie van riolering met oppervlaktewater aan bod.

4.7.1 Overstortschil externe riool overstorten

Overstortschil

De breedte van de overstort heeft grote invloed op de afvoercapaciteit van de riolering. Een goed functionerende overstort moet een zware bui kunnen verwerken zonder dat er te veel opstuwung ontstaat. Een goede indicatie voor de breedte van de overstort is de hydraulische 'schil': de (maximale) waterstand op de overstort. Bij het ontwerpen van de riolering wordt doorgaans uitgegaan van een overstortschil van zo'n 20 – 30 cm bij de ontwerp-bui. Een smallere overstort zorgt voor een grotere overstortschil, wat leidt tot opstuwung van regenwater in de riolering. Dit kan bijdragen aan wateroverlast. Figuur 31 toont een voorbeeld van een goed functionerende overstort.

In deze paragraaf worden de overstorten belicht waar het model bij de norm bui (Bui 8) minimaal **35 cm** opstuwung berekent. Als dit in de praktijk bijdraagt aan wateroverlast, kan worden overwogen om de overstortput aan te passen.



Figuur 31 – Voorbeeld van een goed functionerende overstort (riooltracé richting overstort Groenekanseweg in De Bilt)

Invloed door oppervlaktewater

De afvoercapaciteit van het ontvangende oppervlaktewatersysteem kan negatieve gevolgen hebben voor de riolering. Bij stijging van het oppervlaktewaterpeil tot boven de overstortdrempels van de riolering kunnen externe overstorten verdrongen raken. Hierdoor neemt de afvoercapaciteit van de riolering sterk af en pompen de rioolgemalen de riolering pas leeg als het waterpeil is gezakt. Dit kan ervoor zorgen dat water-op-straat langdurige hinder veroorzaakt.

Daarnaast kan een hoge oppervlaktewaterstand ook bij droogweer of een geringe neerslag negatieve invloed hebben. Oppervlaktewater dat de riolering binnenstroomt wordt onnodig naar de RWZI verpompt, met een lagere pompovercapaciteit en minder efficiënte rioolwaterzuivering tot gevolg. Mocht de riolering verdrongen raken bij regenval, ligt het voor de hand om een van de volgende maatregelen te treffen:

- Verhogen van de overstortdrempel van de riolering.
- Vergroten van de berging of afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem (vergroten duikers, verbreden watergang of verbreden stuw).
- Verlagen van een benedenstroomse stuw (als het grondwaterregime dit toelaat).

Er is **geen concrete norm** in de vakwereld voor de duur waarvoor het acceptabel is dat een overstort verdrongen raakt. De invloed op het functioneren van de riolering en de ervaringen met water-op-straat in de omgeving zijn leidend voor het eventueel nemen van maatregelen.

Tabel 12 toont alle externe overstorten van de gemeente De Bilt (inclusief de bergbezinkbassins). De laatste drie kolommen bevatten informatie vanuit de modelberekeningen die zijn uitgevoerd. Hierbij zijn de modelresultaten van twee neerslaggebeurtenissen toegevoegd:

- Bui 8 uit de Kennisbank Stedelijk Water. Deze bui geldt als norm voor bestaande rioleringsstelsels. De bui is doorgerekend met de 1D/2D module van het rekenmodel.
- 50 mm neerslag in 60 minuten. Deze klimaatbui heeft een herhalingsstijd van ongeveer 30 jaar in het klimaatscenario 2050 en is gebruikt voor de hemelwaterstresstest. Bij een dergelijke extreme bui is de verwachting dat overstorten op kleinere watergangen verdrongen zullen raken.

Figuur 32 toont de locaties van de verdrongen overstorten bij de bui van 50 mm neerslag.

§4.2 en **Bijlage D** bevatten meer informatie over de modelmodules en de berekeningen met oppervlaktewater.

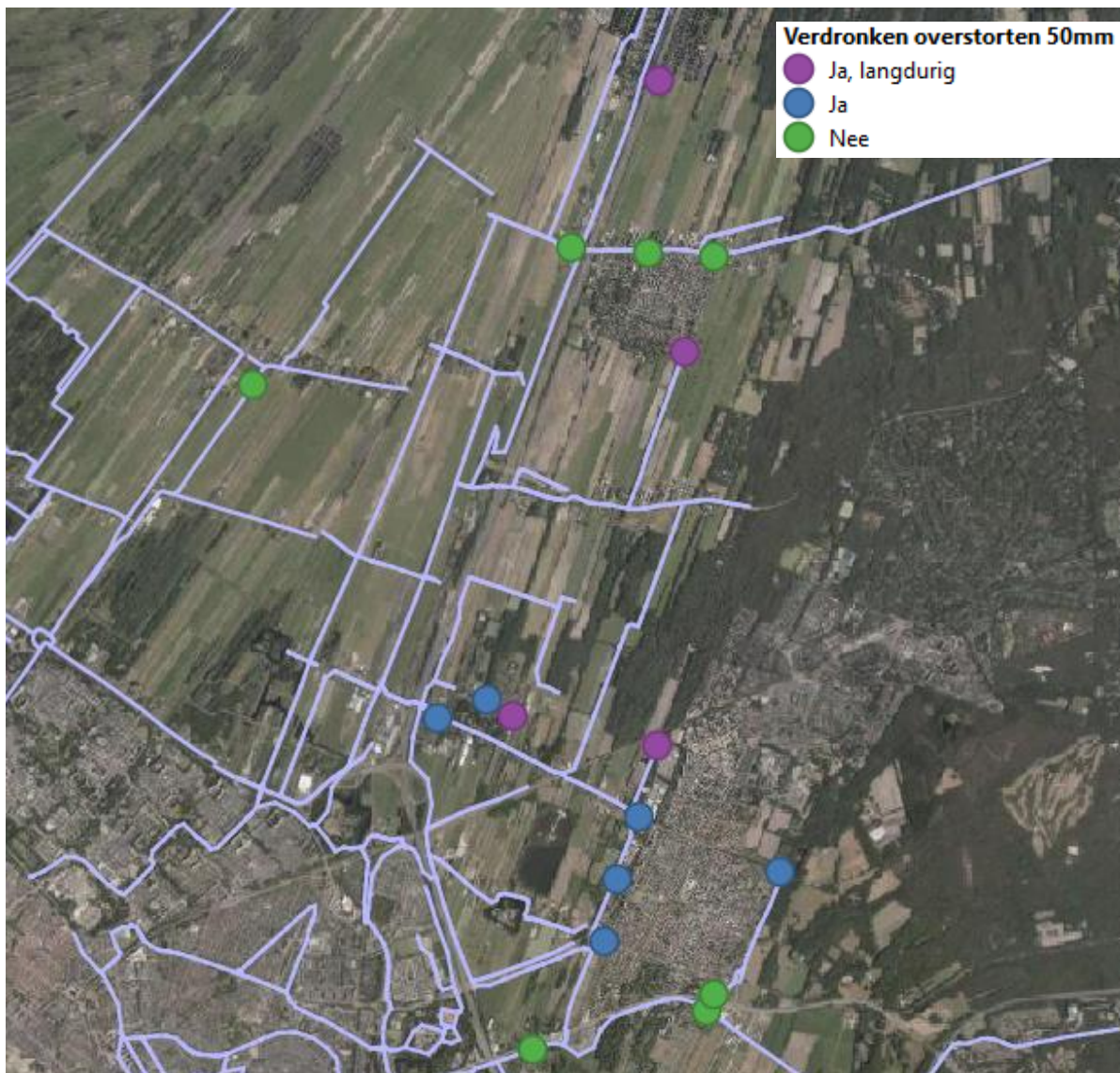
Bemalingsgebied	Locatie overstort	Drempel hoogte [m+NAP]	Polderpeil [m+NAP] ¹²	Verskil [cm]	Overstortschil Bui 8 [cm]	Verdrongen Bui 8?	Verdrongen 50 mm?
Hollandsche Rading	BBB Spoorlaan	0.92	0.55	37	11	Nee	Ja, > 90 min
Westbroek	BBB Wb. Molenweg	-0.34	-0.45	11	0	Nee	Nee
Groenekan	Grothelaan	0.92	0.55	37	15	Nee	Ja, > 90 min
	Veldlaan	0.96	0.55	41	14	Nee	Ja, < 90 min
	BBB Groenekaneweg	0.67	0.55	12	16	Nee	Ja, < 90 min
Dorpsweg Maartensdijk	BBB Tolakkerweg	0.82	0.50	32	9	Nee	Nee
Maartensdijk	Sterrenlaan	0.99	0.80	19	8	Nee	Ja, > 90 min
	BBB Nachtegaallaan	1.30	0.80	50	17	Nee	Nee
	BBB Kon. Julianalaan	1.67	0.80	87	22	Nee	Nee
	BBB Prinsenlaan	1.10	0.80	30	40	Nee	Ja, > 90 min
De Bilt/Bilthoven	RWZI De Bilt	1.53	0.95	58	45	Nee	Ja, > 90 min
	Groenekaneweg west	1.38	0.75	63	22	Nee	Ja ¹³
	Groenekaneweg oost	2.09	1.65	44	15	Nee	Ja, < 90 min
	Weltevreden	1.13	0.75	38	26	Nee	Ja ¹³
Dorpsstraat	Biltstein	1.78	1.65	13	6	Nee	Nee
Emmalaan	Emmalaan	1.79	1.65	14	23	Nee	Nee
Park Arenberg	BBB Blauwkapelseweg	1.15	0.75	40	31	Nee	Ja ¹³
Veldzichtstraat	Veldzichtstraat	0.57	0.55	2	8	- ¹⁴	-

Tabel 12 – Overstortschil en indicatie voor invloed oppervlaktewater via de overstorten.

¹² Bij een variabel peil, is gekozen voor het hogere zomerpeil.

¹³ Bij deze overstort stijgt het oppervlaktewaterpeil pas na de bui tot boven het overstortniveau. De simulatie is niet lang genoeg doorgerekend om de duur van de verdrongen overstort te berekenen.

¹⁴ Betreft een overstort die loost via een terugslagklep. Hierdoor is instroming van oppervlaktewater niet mogelijk. Peil in sloot stijgt ook nauwelijks als gevolg van de lozing.



Figuur 32 - Verdrongen overstorten bij 50 mm neerslag in 60 minuten

Overstortschil bij Bui 8

Bij twee overstorten in de gemeente berekent het model een schil van 35 cm of meer bij de (norm)bui Bui 8. In het geval van de Prinsenlaan in Maartensdijk betreft het een locatie waar bij extreme neerslag weinig knelpuntlocaties of risicopanden zijn berekend. De bassins in de Nachtegaallaan en de Kon. Julianalaan in het noorden van Maartensdijk liggen het dichtst bij de potentiële knelpuntlocaties die aan bod zijn gekomen in §4.3.

De overstort bij de RWZI De Bilt is in het model meegenomen als een overstort van 2,17 m breed. In werkelijkheid betreft het een zeer lange overstort (totale drempelbreedte meer dan 10 m) in een V-vorm in een langgerekte put. Een dergelijke constructie kan niet worden meegenomen in het rekenmodel. Omdat de breedte van deze put 'slechts' 2,17 m is, is het aannemelijk dat bij extreme neerslag de putbreedte een limiterende factor wordt in de afvoer. Om die reden is deze (voor de meeste buien zeer conservatieve) breedte aangehouden. In de praktijk zal de afvoer van de overstort wat groter zijn dan een equivalente overstort met een breedte van 2,17 m. De overstortschil die wordt berekend geeft daarom geen reden om maatregelen te treffen.

Verdronken overstorten

Bij Bui 8 berekent het model bij geen enkele overstort een waterstand in het oppervlaktewater die hoger is dan de externe overstortdrempel. De invloed van het oppervlaktewater op de riolering is bij deze bui daarom zeer gering. Bij de bui van 50 mm neerslag berekent het model wel meerdere verdronken overstorten. Van de **18** externe overstorten, raken er **11** verdronken. Minimaal **5** overstorten raken langer dan 90 minuten verdronken.

In de resultaten is een duidelijke relatie zichtbaar tussen het type watergang en de kans dat deze verdronken raakt. Er zijn vier overstorten in de gemeente die niet direct lozen op een primaire watergang:

- De externe overstort in Hollandsche Rading
- De twee externe overstorten in Groenekan (niet degene in het BBB)
- De overstort bij de RWZI De Bilt.

Al deze overstorten raken verdronken bij de klimaatbui 50 mm. Drie van de vier overstorten raken langer dan 90 minuten verdronken. In geen van de gevallen berekent het model echter inundatie vanuit de watergang, zelfs niet bij de bui van 70 mm neerslag.

Wel is het aannemelijk dat de hoge buitenwaterstand in Hollandsche Rading een reden is van het relatieve hoge aandeel risicopanden (§4.6). Een uur na het vallen van een bui van 50 mm neerslag is de berekende waterdiepte in de Tolakkerweg en de Dennenlaan nauwelijks afgenomen ten opzichte van direct na de bui. Een uur na de bui is de berekende afvoer door de sloot 0,25 m³/s, gelijk aan zo'n 11 mm/uur afvoer ten opzichte van het verhard oppervlak.

Van de primaire watergangen valt de watergang aan de westzijde van De Bilt op (parallel aan de Weltevreden). Op deze watergang lozen vier externe overstorten (Groenekanweg west, Weltevreden, Blauwkapelseweg en indirect de overstort bij de RWZI De Bilt). Deze overstorten verwerken het grootste deel van de afvoer van De Bilt en Bilthoven. Omdat er een vertraging zit in de afvoer vanuit het bovenstrooms gelegen Bilthoven, stijgt de waterstand in het uur na de bui nog flink door en raken uiteindelijk de overstorten verdronken. Mogelijk zorgt dit ook voor milieutechnische overlast vanwege de langdurige aanvoer van oxideerbaar materiaal. In de praktijk ervaart HDSR hier geen overlast, maar de hydraulische situatie wordt wel herkend.

Conclusie

De modelberekeningen geven geen aanleidingen om een van de overstortputten in de gemeente aan te passen: in de meeste gevallen is de berekende overstortschil binnen de ontwerpnormen en bij de gevallen waar dat niet zo is leidt dit naar verwachting niet tot overlast.

Er zijn ook geen overstorten die verdronken raken bij Bui 8. Bij zwaardere of meer langdurige neerslag raken de overstorten die lozen op secundaire en tertiaire watergangen als eerste verdronken. In het geval van **Hollandsche Rading** heeft dit mogelijk invloed op de duur en het voorkomen van water-op-sstraat. Het verbreden van 1500 m aan tertiaire watergangen is echter niet realistisch, waardoor lokaal vasthouden en afvoeren van water de beste oplossing is. Bij de primaire watergangen valt de **watergang aan de westzijde van De Bilt op** (effluentsloot langs de Weltevreden). Bij langdurige neerslag kunnen overstorten die op deze watergang lozen verdronken raken.

5 Uitwerking knelpunten en maatregelen

In dit hoofdstuk komen alle locaties aan bod die in de analyses in Hoofdstuk 4 (en §3.6 voor gemalen) naar voren zijn gekomen. Deze locaties zijn vervolgens ingedeeld in verschillende categorieën: van een urgent knelpunt tot een locatie waar nooit overlast wordt ervaren. De belangrijkste knelpunten worden vervolgens verder uitgewerkt in **Bijlage E**.

5.1 Vaststellen knelpuntlocaties

De locaties die naar voren zijn gekomen in de analyses in Hoofdstuk 4 zijn op basis van de modeluitkomsten, praktijkervaringen, toekomstige ontwikkelingen en de impact van het potentiële knelpunt ingedeeld in vijf verschillende categorieën:

Categorie	Toelichting	Vervolgstappen
Maatregel nodig	Knelpunt waarvoor op de korte termijn actie dient te worden ondernomen, omdat de praktijksituatie wordt herkend en de impact niet acceptabel is.	Passende maatregel wordt uitgewerkt of onderzocht in dit SSW. Reserveren financiën in GRP.
Maatregel gepland	Knelpunt dat op de korte termijn (deels) zal worden opgelost door een maatregel die reeds is gepland of onderdeel uitmaakt van een ander plan (hemelwaterstructuurvisie, bestaand afkoppelplan).	Planvorming meenemen in toekomstig scenario.
Optimalisatie	Locatie waar het systeem op dit moment voldoet aan de vigerende norm of waar het nemen van maatregelen op dit moment niet kosteneffectief is. Systeem verbeteren door werk-met-werk te maken met rioolvervangingsprojecten en andere infrastructurele projecten.	Indicatieve berekening (modelmatig of met de hand) om effectiviteit van de maatregel aan te tonen.
Onderzoek	Locatie waarvan de omvang van de overlast of de beste oplossing niet met zekerheid kan worden vastgesteld op basis van de huidige informatie (bijvoorbeeld door ontbreken meetgegevens, meldingen of inzicht in particulier terrein).	Advies voor onderzoeksmaatregel. Korte toelichting vervolgstap in tabel.
Geen	Locatie komt niet overeen met de praktijk of de impact van maatregelen is dermate gering dat geen vervolgacties gewenst zijn.	Geen

Tabel 13 - Vijf categorieën van vervolgstappen voor de gevonden knelpuntlocaties

5.2 Knelpuntlocaties en maatregelen

Tabel 14, Tabel 15 en Tabel 16 tonen de **16 locaties** in de gemeente De Bilt die naar voren zijn gekomen uit de analyses als potentiële knelpunten. Tijdens een werksessie met de gemeente en het hoogheemraadschap zijn deze locaties vervolgens ingedeeld in een van de vijf categorieën uit Tabel 13.

5.3 Uitwerking knelpuntlocaties

In **Bijlage E** worden de knelpuntlocaties uitgewerkt die in de tabellen zijn ingedeeld in de categorieën “maatregel nodig” en “optimalisatie”. Voor deze **8 locaties** worden in deze bijlage de oplossingsrichtingen verkend en/of een passende maatregel uitgewerkt. Bij de meeste maatregelen was het mogelijk om deze in één gezamenlijk modelscenario te vatten omdat de invloed van maatregelen op elkaar gering is (door de grote afstand of omdat het om een ander bemalingsgebied gaat). In enkele gevallen is er bewust voor gekozen om maatregelen samen te voegen of juist los van elkaar te onderzoeken. Bij deze maatregelen is een toelichting voorzien bij de uitgangspunten van het rekenmodel. **Bijlage L** toont een aantal overzichtskaarten waarop alle maatregelen zijn afgebeeld.

Als uitgangspunt voor het ontwerp van hemelwaterriolering is gehanteerd dat geen water-op-sstraat mag ontstaan bij **Bui 9**. In veel gevallen blijkt dit niet haalbaar omdat er nog veel wateroverlast kan ontstaan vanuit de gemengde riolering (terwijl de hemelwaterriolering is ontworpen op Bui 9). In dat geval is gefocust op een reductie van de hoeveelheid en duur van water-op-sstraat bij Bui 8 en Bui 9.

De maatregelen zijn getoetst met het gevalideerde 1D/2D rekenmodel, waarbij de riolering is gekoppeld aan een maaiveldmodel. Stroming over het maaiveld en uitwisseling tussen gemengde riolering en hemelwaterriolering (via de putten) zijn daarmee meegenomen in de berekeningen.

Knelpuntlocaties en maatregelen in Hollandsche Rading, Maartensdijk, Groenekan en Westbroek				
Code	Locatie	Beschrijving	Vervolgstappen	
HR-1	Tolakkerweg	Betreft laag punt in het maaiveld dat amper hoger ligt dan de externe overstordrempel.	Maatregel nodig	Lokaal afkoppelen en vasthouden van water. Ontlasten gemengde overstort.
MD-1	Molenweg/Doctor J.J.F. Steijlingweg	Water-op-sstraat bij Bui 8 door lage ligging en geringe afvoercapaciteit naar het nabijgelegen BBB.	Maatregel nodig	Afkoppelen van verhard oppervlak door aanleg hemelwaterriolering.
GK-1	Kon. Wilhelminaweg	Bedrijfspercelen liggen lager dan de weg, waardoor regenwater hier ophoopt. Niet voldoende afvoercapaciteit.	Onderzoek	Goed in beeld brengen systeem. Afwegen of lozing onder vrij verval mogelijk is in plaats van via gemaal.
WB-1	Wolkammerweg	De afvoercapaciteit van het watersysteem is in de praktijk lager dan in het rekenmodel.	Onderzoek	Monitoren van de situatie in Westbroek en bespreken van maatregelen (zoals regelmatig onderhoud) met bewoners.
GK-2	Oranjelaan	Kleine hoeveelheid water-op-sstraat bij Bui 8 op laag punt in de omgeving.	Geen	Voldoende groen in de omgeving om naar af te stromen. Gemeente is niet bekend met wateroverlast op deze locatie.
HR-2	Dennenlaan	Betreft laag punt in het maaiveld dat amper hoger ligt dan de externe overstordrempel.	Geen	Geen meldingen van wateroverlast bekend, woningen staan hier bovendien ver van de weg af.
MD-2	Prins Clauslaan	Kleine hoeveelheid water-op-sstraat bij Bui 8 op laag punt in de omgeving.	Geen	Geen meldingen van wateroverlast bekend, eventueel water-op-sstraat kan naar de sloot toestromen.

Tabel 14 – Knelpuntenlocaties en maatregelen in de kernen Hollandsche Rading, Maartensdijk, Groenekan en Westbroek.

Knelpuntlocaties en maatregelen in De Bilt				
Code	Locatie	Beschrijving	Vervolgstappen	
DB-1	Omgeving Looydijk	Water-op-sstraat bij Bui 8. Geringe afvoercapaciteit door hoge verhardingsgraad en kleine gemengde riolen. Hoofdwegen verminderd begaanbaar bij extreme neerslag.	Maatregel nodig	Afkoppelen in het oosten van De Bilt om meer afvoercapaciteit te creëren.
DB-2	Park Arenberg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Laag punt in de omgeving dat veel water ontvangt vanuit De Bilt via interne overstorten.	Maatregel nodig	Aanleggen hemelwaterriolering in de Park Arenberg die kan lozen naar het westen.
DB-3	Francois Mauriacweg	Water-op-sstraat bij Bui 8.	Maatregel gepland	Gemeente is voornemens om op de korte termijn af te koppelen aan de westkant van De Bilt. Plannen reeds voorbereid.
DB-4	Steinenburglaan/ Utrechtseweg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Leidingen in Steinenburglaan zorgen voor opstuwing.	Optimalisatie	Geen ervaringen van wateroverlast bekend. Leidingen vergroten bij

				vervanging en/of afkoppelen verhard oppervlak waar mogelijk.
DB-5	Bemalingsgebied Utrechtseweg	Systeem kan worden geoptimaliseerd door een vrij verval verbinding met stelsel Veldzichtstraat.	Optimalisatie	Uitvoeren optimalisatie bij vervanging huidige riolering of einde levensduuremaal.
DB-6	Hoofdgemaal RWZI de Bilt	Bovenstroomse bemalingsgebieden lozen met een hoge pompovercapaciteit op het stelsel van De Bilt, waar dit kan zorgen voor verergering van wateroverlast	Onderzoek	Onderzoeken of gemalen van bovenstroomse bemalingsgebieden kunnen worden geremd als stelsel in Bilthoven vol staat (sturing op basis van niveau).
DB-7	Oppervlaktewater De Bilt-West	A-watgang langs de Weltevreden wordt erg zwaarbelast door de vele overstorten. Grote vuiluitwerp en kans op verdrinken overstorten.	Onderzoek	In overleg met HDSR onderzoeken hoe de watgang kan worden ontlast/verbeterd.

Tabel 15 – Knelpuntenlocaties en maatregelen in de kern De Bilt.

Knelpuntlocaties en maatregelen in Bilthoven				
Code	Locatie	Beschrijving	Vervolgstappen	
BH-1	Burgemeester Fabiuspark	Water-op-sstraat bij Bui 8. Zeer veel risicopanden bij extreme neerslag.	Maatregel nodig	Lokaal bergen van hemelwater in groen en/of in de ondergrond.
BH-2	Omgeving Julianalaan	Water-op-sstraat bij Bui 8. Grote afstand moet overbrugd worden en opstuwung in benedenstroomse leidingen.	Maatregel nodig	Aanleggen nieuwe hemelwaterstructuur met IT-riolering in o.a. de Sperwerlaan, Koperwieklaan en Julianalaan richting de wadi in het bos.
BH-3	Omgeving Leyenseweg	Water-op-sstraat bij Bui 8 en grote waterdiepte bij klimaatbuien, met name rond de kruising 2 ^e Brandenburgerweg-Leyenseweg vanwege laag maaiveld.	Maatregel nodig	(1) Aanleggen nieuwe hemelwaterriolering in centrum Bilthoven en (2) vergroten gemengde riolering in Melkweg-Hertenlaan om meer afvoercapaciteit in gemengde riolering te realiseren.
BH-4	1e Brandenburgerweg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Laag maaiveld en opstuwung in twee leidingen van de gemengde riolering in de Melkweg.	Optimalisatie	Afkoppelen 1 ^e Brandenburgerweg bij vervanging riolering of herinrichting openbare ruimte. Water-op-sstraat vermindert door uitvoeren maatregel gemengde riolering BH-3.
BH-5	Lozing gemeente Zeist	Lozing heeft veel invloed op het hydraulisch functioneren van Bilthoven	Onderzoek	Onderzoeken pompovercapaciteit stelsels gemeente Zeist die lozen op het stelsel van Bilthoven
BH-6	Bilderdijklaan-Gregoriuslaan	Water-op-sstraat bij Bui 8. Grote afstand moet overbrugd worden en opstuwung in benedenstroomse leidingen (bij locaties BH-2 en BH-3).	Geen	Betreft een beperkte hoeveelheid water-op-sstraat. De gemeente is hier niet bekend met wateroverlast. Afkoppelen benedenstrooms heeft licht positief effect.

Tabel 16 – Knelpuntenlocaties en maatregelen in de kern Bilthoven.

6 Doorrekenen Toekomstige situatie

Het maatregelenpakket dat is beschreven in Hoofdstuk 5 heeft naar verwachting een positieve invloed op de waterhuishouding in de gemeente. Om de verbetering te kwantificeren, zijn de huidige en de toekomstige situatie op drie manieren met elkaar vergeleken:

- Door **water-op-sstraat** bij Bui 8 en Bui 9 te vergelijken.
- Door **emissieberekeningen** uit te voeren volgens dezelfde uitgangspunten als in §4.3.
- Door het aandeel **risicopanden** voor schade bij extreme neerslag in de huidige en toekomstige situatie met elkaar te vergelijken.

6.1 Uitgangspunten modelscenario toekomstige situatie

In het toekomstige scenario zijn alle maatregelen opgenomen die in Hoofdstuk 5 zijn ingedeeld in de categorieën 'Maatregel nodig' of 'Optimalisatie' en zijn uitgewerkt in **Bijlage E**. Voor de riolering gelden dan ook dezelfde aannames die in deze bijlage zijn gehanteerd. De enige maatregel in de categorie 'Maatregel gepland' (een afkoppelproject in het westen van De Bilt) is niet opgenomen in de toekomstige situatie, omdat de gemeente hiervoor geen tekening beschikbaar kon stellen.

Tabel 17 toont een overzicht van de maatregelen die zijn meegenomen in de toekomstige situatie. Daarin zijn ook de hoeveelheid afgekoppeld oppervlak en een inschatting van de kosten toegevoegd (voor de situatie van alleen afkoppelen of afkoppelen gelijktijdig met rioolvervangings). Voor het afgekoppelde oppervlak is net als in de maatregelenberekeningen uitgegaan van het afkoppelen van 100% openbare ruimte en 50% dakoppervlak.

De eenheidsprijs voor alleen afkoppelen (€ 115/m²) is gebaseerd op ervaringen van de gemeente de Bilt. De eenheidsprijs voor afkoppelen bij vervanging (€ 38/m²) is gebaseerd op de kosten die zijn gehanteerd in het STOWA-onderzoek 'Afkoppelen: kansen en risico's van anders omgaan met hemelwater in de stad' uit 2019.

6.2 Hydraulisch functioneren Bui 8 en Bui 9

Voor het vergelijken van het hydraulisch functioneren bij Bui 8 en Bui 9 zijn beide buien doorgerekend met het toekomstige scenario. In §4.3 is het hydraulisch functioneren van de riolering in de huidige situatie al aan bod gekomen. **Bijlage H** toont de contouren van water-op-sstraat bij beide buien en voor beide scenario's: huidig en toekomstig.

Het algemene beeld bij het uitwerken van de maatregelen voor de kernen De Bilt en Bilthoven is dat de maatregelen effectief zijn. De grootste verbetering is zichtbaar in de omgeving van de Julianalaan, waar het model in de toekomstige situatie geen water-op-sstraat meer berekent bij Bui 8. In de Park Arenberg neemt de waterdiepte zeer sterk af.

Wat wel opvalt in de resultaten, is dat maatregelen niet altijd voldoende zijn om water-op-sstraat geheel te voorkomen bij Bui 8 of Bui 9. De waterhuishouding van de kernen De Bilt en Bilthoven wordt sterk beïnvloed door de hoogteligging en het gebrek aan lokale afvoermogelijkheden. Bij een hoosbui zullen de hoger gelegen delen van Bilthoven (ten noorden van de spoorlijn) versneld afstromen richting de lagere delen: eerst richting het centrumgebied en vervolgens naar de overstorten rondom de Groenekanseweg (RWZI, Weltevreden, Groenekanseweg Oost, Groenekanseweg West). Dit leidt tot water-op-sstraat in de benedenstroomse delen.

Door het afkoppelen van verhard oppervlak wordt de gemengde riolering flink ontlast, maar zelfs bij een uitgebreid pakket aan maatregelen kan de druk in het gemengde riool nog tot boven het maaiveld stijgen (terwijl de hemelwaterriolering nog niet vol staat). Het is daarom zaak om voor voldoende uitwisselingsmogelijkheden tussen de riolen te zorgen via het maaiveld (bijvoorbeeld door lokaal kolken/lijngoten op beide riolen aan te sluiten). Hiermee kan water-op-straat niet geheel worden voorkomen, maar de duur en maximale waterdiepte nemen wel sterk af. Ook kunnen lokale maatregelen bijdragen om de impact van water-op-straat te verminderen en de kosten van het totaalpakket aan maatregelen te verlagen

Maatregelen die zijn meegenomen in toekomstige situatie						
Code	Locatie	Vervolgstappen		Afgekoppeld	Extra kosten afkoppelen (€38/m ²)	Kosten zonder vervanging (€115/m ²)
DB-1	Omgeving Looydijk	Maatregel nodig	Afkoppelen in het oosten van De Bilt om meer afvoercapaciteit te creëren.	7.9 ha	€ 3.000.000,-	€ 9.090.000,-
DB-2	Park Arenberg	Maatregel nodig	Aanleggen hemelwaterriolering in de Park Arenberg die kan lozen naar het westen.	3.0 ha	€ 1.140.000,-	€ 3.450.000,-
HR-1	Tolakkerweg	Maatregel nodig	Lokaal afkoppelen en vasthouden van water. Ontlasten gemengde overstort.	0.3 ha	€ 110.000,-	€ 350.000,-
MD-1	Molenweg/Doctor J.J.F. Steijlingweg	Maatregel nodig	Afkoppelen van verhard oppervlak door aanleg hemelwaterriolering.	1.7 ha	€ 650.000,-	€ 1.960.000,-
BH-1	Burgemeester Fabiuspark	Maatregel nodig	Lokaal bergen van hemelwater in groen en/of in de ondergrond.	1.4 ha	€ 530.000,-	€ 1.610.000,-
BH-2	Omgeving Julianalaan	Maatregel nodig	Aanleggen nieuwe hemelwaterstructuur met IT-riolering in o.a. de Sperwerlaan, Koperwieklaan en Julianalaan richting de wadi in het bos.	10.8 ha	€ 4.100.000,-	€ 12.420.000,-
BH-3	Omgeving Leyensweg	Maatregel nodig	(1) Aanleggen nieuwe hemelwaterriolering in centrum Bilthoven en (2) vergroten gemengde riolering in Melkweg-Hertenlaan om meer afvoercapaciteit in gemengde riolering te realiseren.	6.7 ha	€ 2.550.000,-	€ 7.710.000,-
DB-4	Steinenburglaan/ Utrechtseweg	Optimalisatie	Leidingen vergroten bij vervanging en/of afkoppelen verhard oppervlak waar mogelijk.	-	-	-
DB-5	Bemalingsgebied Utrechtseweg	Optimalisatie	Uitvoeren optimalisatie bij vervanging huidige riolering of einde levensduur gemaakt.	-	-	-
BH-4	1e Brandenburgerweg	Optimalisatie	Afkoppelen 1 ^e Brandenburgerweg bij vervanging riolering of herinrichting openbare ruimte.	0.8 ha	€ 300.000,-	€ 920.000,-
TOTAAL				32.6 ha	€ 12.380.000,-	€ 37.510.000,-

Tabel 17 - Overzicht maatregelen die zijn meegenomen in de toekomstige situatie

6.3 Emissieberekeningen

Door het vergelijken van de resultaten van de emissieberekening, ontstaat een beeld van de vermindering van de belasting van het oppervlaktewatersysteem met vervuild rioolwater tijdens hevige regenval. In §4.4 is het milieutechnisch functioneren van de riolering in de huidige situatie al aan bod gekomen.

Tabel 18 toont de berekende vuilemissie per bemalingsgebied voor de huidige en de toekomstige situatie. Door het pakket maatregelen neemt de vuilemissie van de bemalingsgebieden De Bilt/Bilthoven en Park Arenberg sterk af. Ook in Maartensdijk zorgt afkoppelen voor een afname van de vuiluitwerp. In de toekomstige situatie voldoet de gemeente aan de normen uit de (oude) Basisinspanning (13.607 kg/jaar).

In twee bemalingsgebieden berekent het model een afname zonder dat er maatregelen zijn getroffen: in Groenekan en in bemalingsgebied Emmalaan. Kleine afwijkingen tussen modelruns kunnen ontstaan, bijvoorbeeld door opnieuw toekennen van verhard oppervlak of door aanpassen van het aantal modeliteraties. **Bijlage G** toont de uitgebreide resultaten voor de toekomstige situatie, **Bijlage F** toont de uitgebreide resultaten voor de huidige situatie.

Bemalingsgebied	Overstort volume [m ³ /jaar]	CZV/jaar [kg]	Maatregelen getroffen?	Overstort volume [m ³ /jaar]	CZV/jaar [kg]	Verschil vuiluitwerp (%)
	Huidig			Toekomstig		
Hollandsche Rading	2.387	328	Ja	2.196	302	-7,9%
Maartensdijk	2.863	394	Ja	2.229	307	-22,1%
Maartensdijk Dorpsweg	365	50	Nee	365	50	0,0%
Westbroek	70	10	Nee	70	10	0,0%
Groenekan	1.410	234	Nee	1.402	232	-0,9%
De Bilt/Bilthoven	55.878	13.970	Ja	36.933	9.233	-33,9%
Dorpsstraat	58	14	Nee	58	14	0,0%
Emmalaan	496	124	Nee	490	123	-0,8%
Park Arenberg	28.058	3.858	Ja	16.930	2.328	-39,7%
Veldzichtstraat	172	43	Ja	139	35	-19,7%
Totaal	91.758	19.025		60.811	12.633	-33,6%

Tabel 18 – Vuilemissie per bemalingsgebied in de huidige en in de toekomstige situatie

6.4 Hemelwaterstresstest

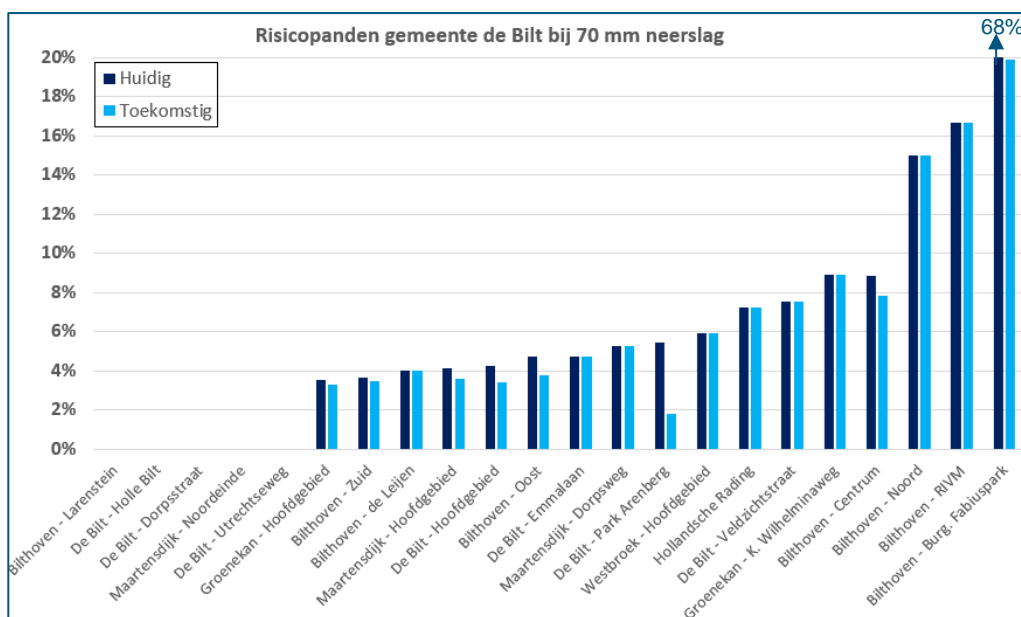
De gemeente De Bilt wil de komende jaren werken aan het verminderen van de kans op schade bij extreme neerslag. Op dit moment wordt de klimaatstrategie uitgewerkt. Om te toetsen of de kans op schade bij extreme neerslag afneemt door de maatregelen, is gekozen om het toekomstige scenario ook te toetsen aan de klimaatstresstestbui met 70 mm neerslag. Vervolgens is het aandeel risicopanden op dezelfde wijze berekend als voor de huidige situatie (zie §4.6).

Figuur 33 toont het aandeel risicopanden per wijk in de gemeente De Bilt. Tabel 19 toont de wijken waar een verschil is berekend ten opzichte van de huidige situatie. De grootste verschillen zijn berekend in De Bilt en Bilthoven: het aandeel risicopanden voor Bilthoven Centrum, Park Arenberg (De Bilt) en Burgemeester Fabiuspark (Bilthoven) neemt sterk af als gevolg van de maatregelen. Dit komt ook overeen met de verwachtingen, omdat hier met de meest ingrijpende maatregelen zijn voorgesteld voor de toekomstige situatie.

Wat opvalt is dat voor Groenekan een afname van het aandeel risicopanden wordt berekend, terwijl er geen maatregelen zijn getroffen. Dit komt doordat er altijd enige variëteit zit in de modeluitkomsten. Voor de toekomstige situatie is bijvoorbeeld een nieuw maaiveldmodel (of modelgrid) opgebouwd. Dit gebruikt dezelfde basis als het maaiveldmodel voor de huidige situatie (namelijk de AHN 3), maar op sommige locaties kan dit toch leiden tot kleine verschillen in de maaiveldhoogte. Dit kan vervolgens leiden toe een iets hogere of lagere waterstand op een bepaalde locatie.

Hollandsche Rading ontbreekt in de lijst met een dalend aandeel risicopanden. Het afkoppelen van een hofje heeft een positief effect bij Bui 8 en Bui 9, maar de meeste risicopanden worden berekend aan de zuid- en oostzijde van het dorp. De maatregel heeft daar slechts een gering effect op.

Naast de berekening van het aantal risicopanden is ook een inschatting gemaakt van de bijbehorende financiële schade in de huidige en in de toekomstige situatie. In de huidige situatie is de geschatte schade bij een bui van 70 mm neerslag € 31,5 miljoen. In de toekomstige situatie neemt dit af naar € 30,5 miljoen. De uiteindelijke schade en de uitgangspunten die aan de berekening ten grondslag hebben gelegen komen aan bod in **Bijlage J**.



Figuur 33 – Aandeel risicopanden per wijk in de huidige en in de toekomstige situatie

Wijk/bemalingsgebied	Risicopanden Huidige situatie	Risicopanden Toekomstig	Vershil aandeel Risicopanden
Groenekan - Hoofdgebied	3.5%	3.3%	-0.2%-punt
Bilthoven - Zuid	3.6%	3.5%	-0.2%-punt
Maartensdijk - Hoofdgebied	4.1%	3.6%	-0.6%-punt
De Bilt - Hoofdgebied	4.3%	3.4%	-0.8%-punt
Bilthoven - Oost	4.7%	3.8%	-0.9%-punt
Bilthoven - Centrum	8.9%	7.8%	-1.0%-punt
De Bilt - Park Arenberg	5.4%	1.8%	-3.6%-punt
Bilthoven - Burg. Fabiuspark	68.1%	19.9%	-48.2%-punt

Tabel 19 – Overzicht van de wijken waar een verschil is berekend in het aandeel risicopanden

7 Conclusies

Dit Systeemoverzicht Stedelijk Water (SSW) is geschreven om de hydraulische staat van de riolering en het stedelijk watersysteem in beeld te brengen. Op basis van het functioneren van het watersysteem in de uitgangssituatie, zijn knelpunten vastgesteld. Deze knelpunten zijn vervolgens verder ingedeeld op basis van hun relevantie en impact tijdens een aantal werksessies. Uiteindelijk zijn **zeven** locaties vastgesteld waar op de korte termijn actie gewenst is om de waterhuishouding te verbeteren:

Knelpuntlocaties in de gemeente De Bilt			
Code	Locatie	Beschrijving	Maatregel op hoofdlijnen
HR-1	Tolakkerweg	Betreft laag punt in het maaiveld dat amper hoger ligt dan de externe overstortdrempel.	Lokaal afkoppelen en vasthouden van water. Ontlasten gemengde overstort. Investering afkoppelen: €0,11 miljoen
MD-1	Molenweg/Doctor J.J.F. Steijlingweg	Water-op-sstraat bij Bui 8 door lage ligging en geringe afvoercapaciteit naar het nabijgelegen BBB.	Afkoppelen van verhard oppervlak door aanleg hemelwaterriolering. Investering afkoppelen: €0,38 miljoen
DB-1	Omgeving Looydijk	Water-op-sstraat bij Bui 8. Geringe afvoercapaciteit door hoge verhardingsgraad en kleine gemengde riolen. Hoofdwegen verminderd begaanbaar bij extreme neerslag.	Afkoppelen in het oosten van De Bilt om meer afvoercapaciteit te creëren. Investering afkoppelen: €1,94 miljoen
DB-2	Park Arenberg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Laag punt in de omgeving dat veel water ontvangt vanuit De Bilt via interne overstorten.	Aanleggen hemelwaterriolering in de Park Arenberg die kan lozen naar het westen. Investering afkoppelen: €0,65 miljoen
BH-1	Burgemeester Fabiuspark	Water-op-sstraat bij Bui 8. Zeer veel risicopanden bij extreme neerslag.	Lokaal bergen van hemelwater in groen en/of in de ondergrond. Investering afkoppelen: €0,38 miljoen
BH-2	Omgeving Julianalaan	Water-op-sstraat bij Bui 8. Grote afstand moet overbrugd worden en opstuwung in benedenstroomse leidingen.	Aanleggen nieuwe hemelwaterstructuur met IT-riolering in o.a. de Sperwerlaan, Koperwieklaan en Julianalaan richting de wadi in het bos. Investering afkoppelen: €2,89 miljoen
BH-3	Omgeving Leyenseweg	Water-op-sstraat bij Bui 8 en grote waterdiepte bij klimaatbuien, met name rond de kruising 2 ^e Brandenburgerweg-Leyenseweg vanwege laag maaiveld.	(1) Aanleggen nieuwe hemelwaterriolering in centrum Bilthoven en (2) vergroten gemengde riolering in Melkweg-Hertenlaan om meer afvoercapaciteit in gemengde riolering te realiseren. Investering afkoppelen: €1,82 miljoen

Tabel 20 - Overzicht urgente knelpuntlocaties in de gemeente De Bilt

Voor de investeringskosten is daarbij rekening gehouden met werk-met-werk maken (€38/m² meerkosten voor afkoppelen). Naast de urgente knelpunten, zijn locaties vastgesteld waar optimalisatie van het stelsel mogelijk is of waar verder onderzoek gewenst is.

Uiteindelijk is voor elke kern in de gemeente tenminste één aandachtspunt beschreven. Alleen in de kern Westbroek berekent het model op geen enkele locatie water-op-sstraat bij bui 8. De kern voldoet daarmee aan de gemeentelijke norm voor water-op-sstraat. In (de bebouwde kom van) Groenekan is de hoeveelheid dermate gering, dat geen maatregelen nodig zijn. De Bilt en Bilthoven tellen relatief de meeste wateroverlastlocaties, zelfs als daarbij rekening wordt gehouden met de relatieve grootte van de kernen.

8 Aanbevelingen

Hoofdstuk 5 beschrijft de individuele maatregelen en aanbevelingen die betrekking hebben op het hydraulisch functioneren van de riolering en het oppervlaktewater. Dit hoofdstuk bevat algemene aanbevelingen voor de gemeente De Bilt op basis van het gezamenlijke traject dat is doorlopen. De punten zijn voor de gemeente, maar ook deels door de gemeente opgesteld.

8.1 Ketenbenadering wateroverlast

Wat tijdens de berekeningen voor de maatregelen opviel, is dat individuele maatregelen niet altijd voldoende zijn om water-op-straat geheel te voorkomen bij Bui 8 of Bui 9. Dat geldt met name voor de kernen De Bilt en Bilthoven. De waterhuishouding van deze kernen wordt sterk beïnvloed door het hellende maaiveld en het ontbreken van oppervlaktewater waarnaar kan worden geloosd in de noordelijke helft van Bilthoven. Bij een hoosbui zullen de hoger gelegen delen van Bilthoven (ten noorden van de spoorlijn) versneld afstromen richting de lagere delen.

Een grootschalige verbetering van de waterhuishouding vraagt daarom om een echte ketenbenadering waarin in elk deel van de keten maatregelen worden getroffen: meer water vasthouden in de bovenstroomse delen (door lokaal infiltreren en bergen in het groen) en meer afvoercapaciteit in de benedenstroomse delen (door hemelwaterstructuren met voldoende afvoercapaciteit). Maatregelen zullen daarbij niet altijd het volledige gewenste effect hebben op de locatie zelf, maar wel een effect op het hele benedenstroomse systeem. Het advies luidt om in navolging van dit SSW verdere invulling te geven aan deze ketenbenadering door het opstellen van een overkoepelend hemelwaterstructuurplan.

8.2 Optimalisatie afvalwaterketen

De gemeente kent een aantal rioleringsstelsels met een zeer grote pompovercapaciteit. Dit komt deels doordat er drie absolute stelsels aanwezig zijn (deze hebben geen overstort en dus een groter gemaal nodig), maar ook omdat gemalen groot zijn gedimensioneerd.

Dit kan in potentie zorgen voor een onbalans in het vullen van bemalingsgebieden: het bovenstroomse bemalingsgebied wordt dan al leeggepompt, terwijl het benedenstroomse bemalingsgebied nog aan het overstorten zijn. Tegelijkertijd is op dit moment nog niet helemaal duidelijk hoe groot de lozingen vanuit de gemeente Zeist exact zijn (deze zijn uit een verouderd BRP gehaald).

Het advies luidt daarom om een goede inventarisatie te maken van de optimalisatiemogelijkheden voor de afvalwaterketen. Het SSW vormt hiervoor al een goede basis. Mogelijke vervolgstappen zijn:

- Bestuderen meetgegevens gemeente Zeist voor lozingen uit Den Dolder en Bosch en Duin.
- Inventariseren mogelijkheden voor sturing gemalen (wat is er mogelijk met de huidige telemetrie?)
- Afstemming met de beheerders van de zuivering om optimalisatiekansen in de afvalwaterketen vast te stellen (voor vermindering vuiluitworp op zuiveringsniveau, verbetering zuiveringsefficiëntie, slimmer inzetten stelselberging riolering).
- Meer frequente interpretatie van de meetgegevens van de rioolgemalen in de gemeente (in samenwerking met het hoogheemraadschap)

8.3 Beheerdata op orde

De rioleringsdata die is ingevoerd in het rekenmodel van de gemeente De Bilt, is afkomstig van verschillende bronnen:

- Het (verouderde) beheerbestand van de gemeente de Bilt (uit 2019, maar waarin een aantal afkoppelprojecten ontbraken).
- Een inmeetronde van de overstorten en bergbezinkbassins uit 2019.
- Gegevens uit de hoofdpst met gemaalgegevens van het hoogheemraadschap (HDSR).
- Schetsen van de beleidsmedewerker van de gemeente (dhr. Mehmet Seyman).
- Ervaringen uit het veld van dhr. Jan van de Akker.
- Oude rioleringsmodellen (afkomstig van Waternet en de gemeente de Bilt).
- Inventarisaties uit het verleden (zoals de lozingen vanuit het RIVM).

Het resultaat is een product dat veel gegevensbronnen heeft en daarom lastiger te reproduceren en te onderhouden is. Dit geeft een grotere kans op foutieve of onvolledige modelinvoer, wat op zijn beurt weer leidt tot minder nauwkeurige modelresultaten.

Het advies luidt om te werken naar een volledige en actuele rioolbeheerdatabase. Dit maakt het makkelijker om onderhoud uit te voeren, vervangingen te plannen en hydraulische berekeningen uit te voeren.

8.4 Bergen en vasthouden van regenwater

De gemeente De Bilt wil aan de slag met klimaatadaptatie. Op dit moment werkt de gemeente daarom aan het klimaattraject dat is voorgeschreven door het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie. De gemeente ziet stelselmatig afkoppelen van riolering als een van de pijlers om de gevolgen van extreme neerslag te verminderen. Aandachtspunt bij het uitwerken hiervan, met name voor de kern Bilthoven, is de vraag waar het afgekoppelde regenwater naartoe kan.

Op dit moment zijn er twee grote bergingslocaties aanwezig voor de kernen De Bilt en Bilthoven:

- Een wadi langs het bedrijventerrein Larenstein.
- Een grote wadi/zaksloot aan de oostzijde van Bilthoven.

Door extra hemelwater op deze bergingslocaties aan te sluiten, raken deze locaties mogelijk overbelast. Het advies is daarom om scherp te zijn op het bergen en vasthouden van regenwater:

- Waar mogelijk lokaal vasthouden/infiltreren van regenwater in plaats van afvoeren.
- Kansen benutten voor het creëren van nieuwe grote bergingslocaties.
- Goede afstemming met het hoogheemraadschap: het beschouwen van het stedelijk en landelijk water als één integraal systeem. Op dit moment werken de gemeente en het hoogheemraadschap (HDSR) al intensief samen.

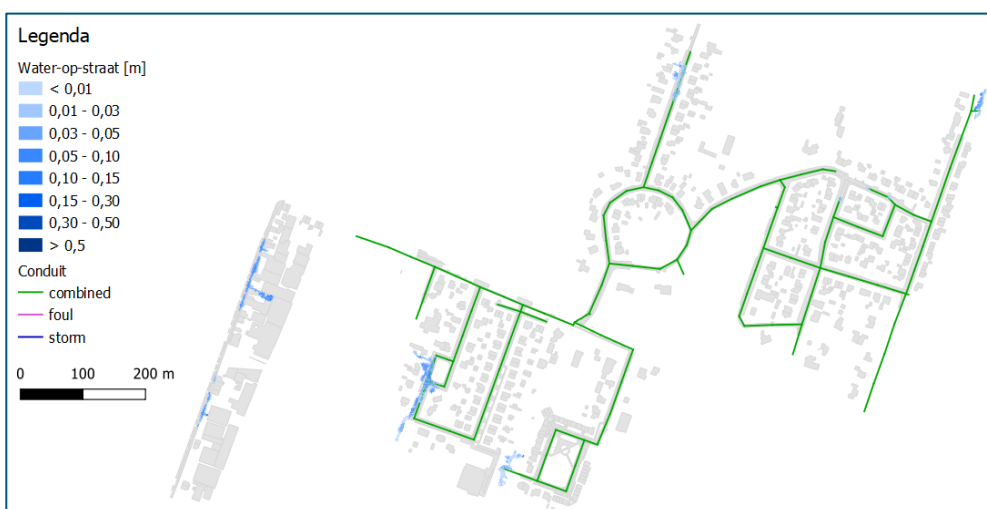
Als laatste is er op dit moment een landelijke impulsregeling van kracht voor klimaat adaptieve maatregelen. Mogelijk is dit een mooie kans voor het aanpakken van enkele urgente knelpunten.

Bijlage A – Water op Straat kaarten per kern – Bui 9

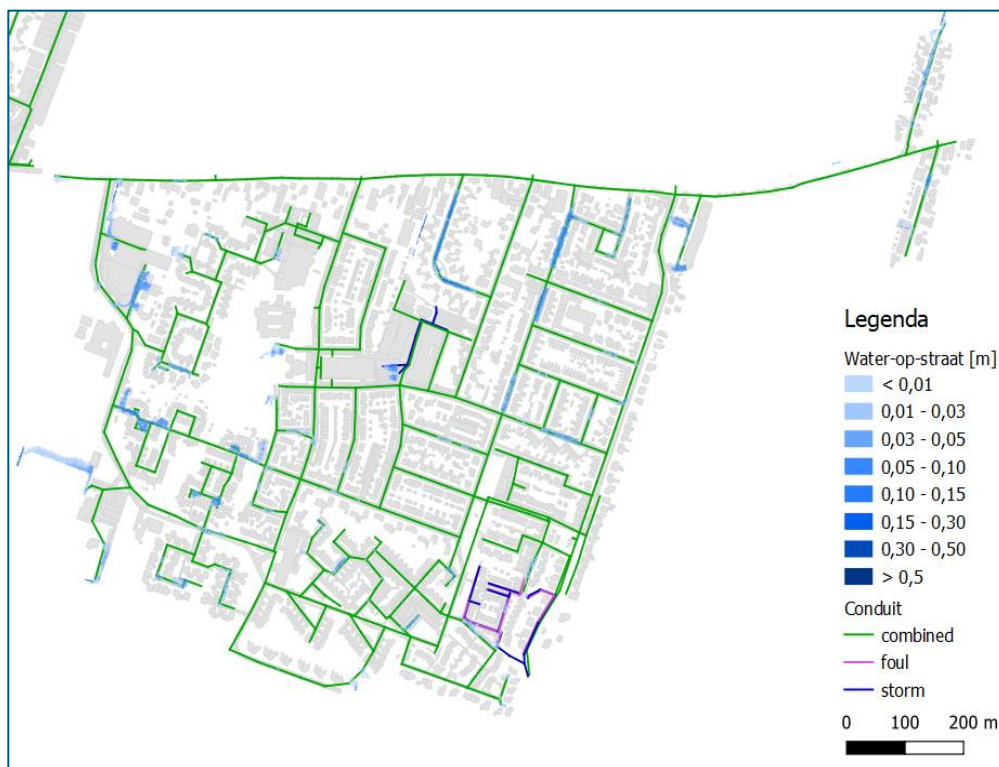
In deze bijlage staan de water-op-sstraat kaarten per bemalingsgebied bij bui 9.



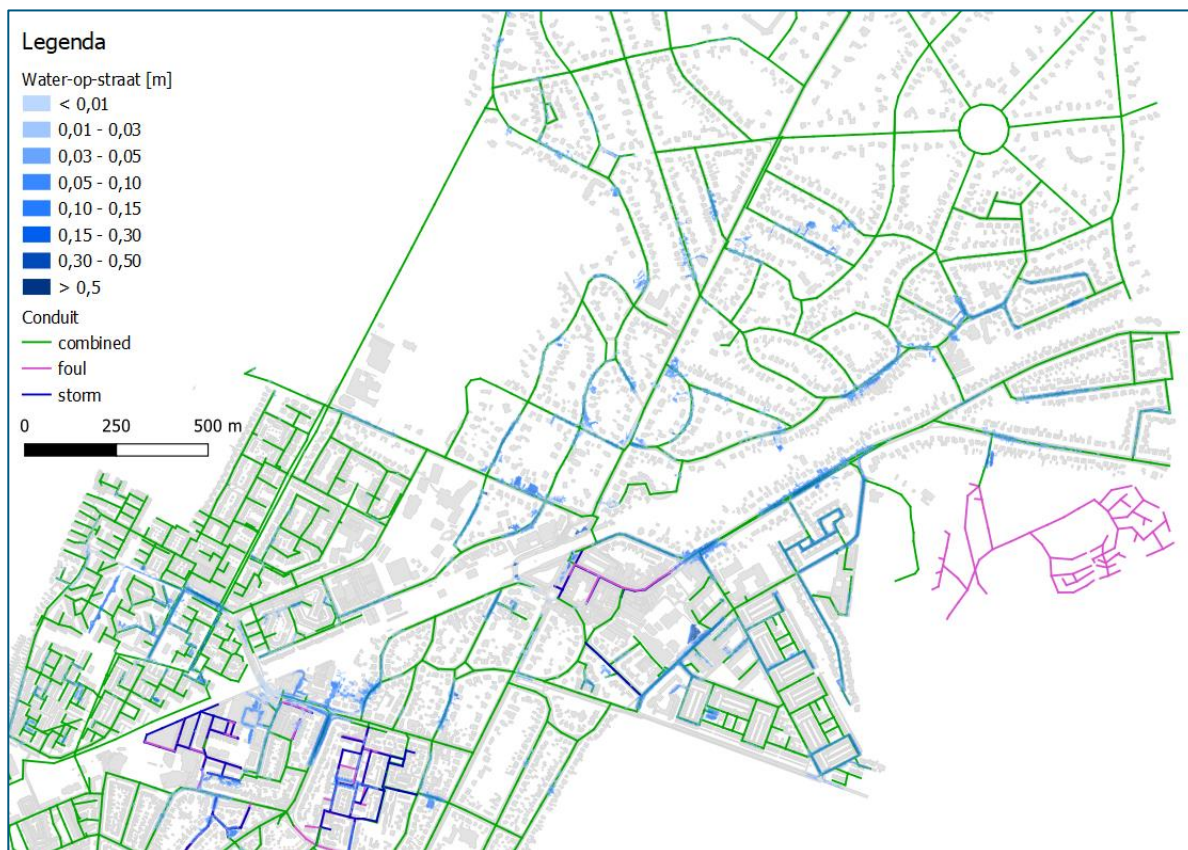
Figuur 34 – Water-op-sstraat Hollandsche Rading bij Bui 9



Figuur 35 – Water-op-sstraat Groenekan bij Bui 9



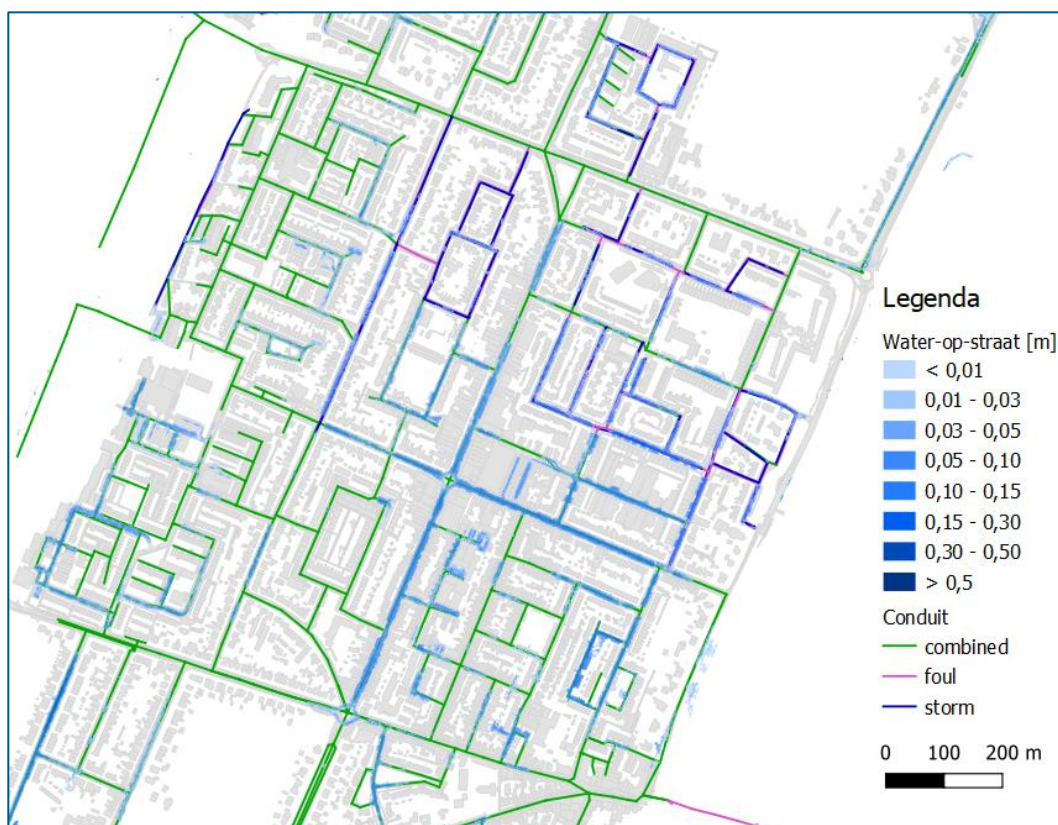
Figuur 36 - Water-op-sstraat Maartensdijk bij Bui 9



Figuur 37 - Water-op-sstraat Bilthoven Noord bij Bui 9



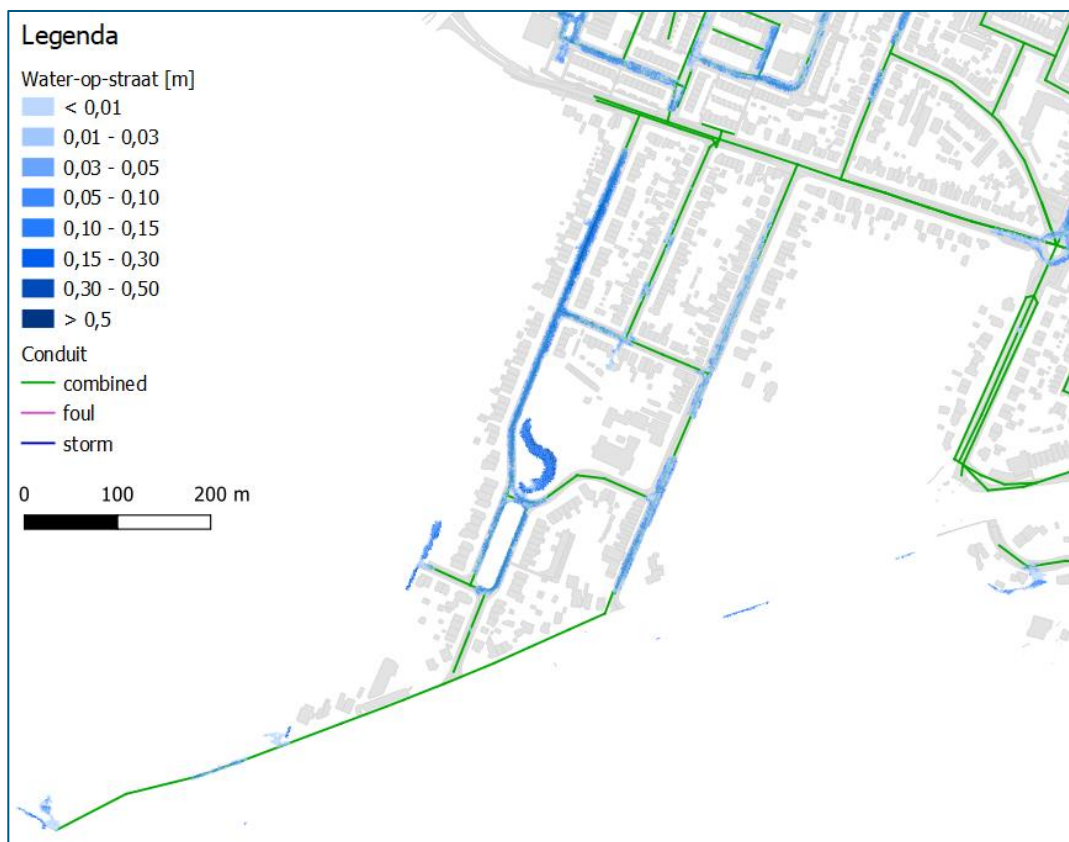
Figuur 38 – Water-op-sstraat Bilthoven Zuid bij Bui 9



Figuur 39 – Water-op-sstraat De Bilt bij Bui 9



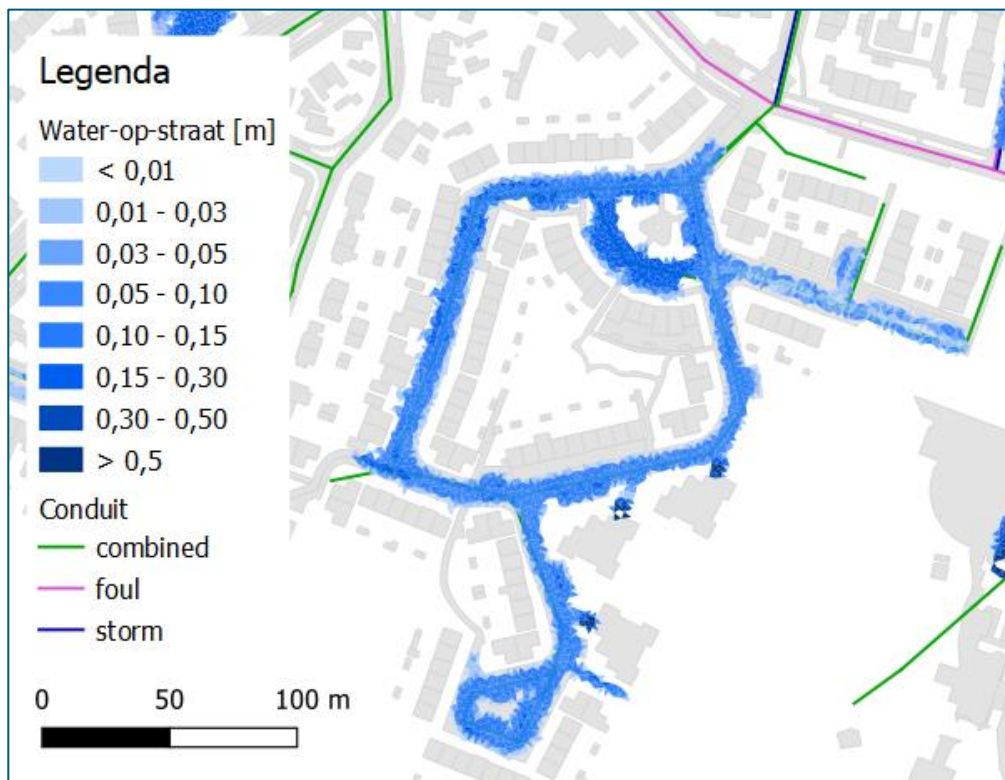
Figuur 40 – Water-op-sstraat bemalingsgebieden Emmalaan en Dorpsstraat bij Bui 9



Figuur 41 – Water-op-sstraat bemalingsgebied Park Arenberg bij Bui 9



Figuur 42 – Water-op-sraat bemalingsgebieden Veldzichtlaan en Utrechtseweg bij Bui 9



Figuur 43 – Water-op-sraat bemalingsgebied Burgemeester Fabiuspark bij Bui 9

Bijlage B – Validatie rekenmodel gemeente De Bilt

B.1 – Waarom validatie belangrijk is

Voor het rekenmodel van de gemeente De Bilt is een nieuwe verhard oppervlak kaart opgesteld op basis van de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT). Deze verhard oppervlakkaart is vervolgens aan het rioleringsmodel gekoppeld, zodat het model voor elke put een instroom berekent op basis van het verhard oppervlak en de neerslagintensiteit. Hierin worden aannames gedaan voor de plasvorming en infiltratiecapaciteit van de verschillende oppervlakken (daken, wegen, tegels).

De bovenstaande stappen hebben allemaal een beperkte nauwkeurigheid. Een rekenmodel is daarmee altijd een versimpeling van de waarheid: het is een instrument om knelpunten te bepalen en doelbewustere investeringen te doen, maar de berekende waterstanden zijn nooit volledig waarheidsgetrouw. Door het rekenmodel te valideren (vergelijken met gemeten waarden) ontstaat een duidelijker beeld van de mogelijke afwijkingen met de werkelijke situatie. Dit biedt de volgende voordelen:

- Onnauwkeurigheden die het gevolg zijn van een foute modelinvoer (bijvoorbeeld een pomp of overstort die verkeerd staat ingesteld) kunnen direct worden opgelost.
- Modelmatige afwijkingen met een herkenbaar patroon (bijvoorbeeld een systematische overschatting van de werkelijke waterstand) kunnen worden gecorrigeerd.
- De resterende onnauwkeurigheid is beter in beeld, zodat hier rekening mee kan worden gehouden in het analyseren van resultaten en ontwerp van maatregelen.

B.2 – Validatie rekenmodel gemeente De Bilt

Voor het valideren van het rekenmodel van de gemeente De Bilt heeft HDSR meetgegevens aangeleverd bij verschillende gemalen en overstorten. Daarnaast zijn neerslaggegevens aangeleverd vanuit informatiesysteem H2gO.

Meetwaarden bij overstorten en gemalen

De gegevens bij de gemalen en overstorten zijn handmatig gecontroleerd op nauwkeurigheid door minimale en maximale waterstanden te vergelijken met maaiveldhoogte of overstortdrempel op die locatie. Meetlocaties met een sterke correlatie met elkaar (een overstort en gemaal die dicht bij elkaar staan) zijn daarbij met elkaar vergeleken als extra inschatting van de validiteit van de gegevens. Meetwaarden zijn in het validatieproces ofwel **verworpen** (niet gebruikt) ofwel **toegepast**. Meetwaarden zijn niet gecorrigeerd of gevalideerd in het veld.

Betrouwbaarheid neerslaggegevens

Voor de nauwkeurigheid van de neerslaggegevens is een vergelijking gemaakt tussen drie beschikbare gegevensbronnen: H2gO, het KNMI en de Nationale Regenradar. Voor alle drie de bronnen is daarbij de waarde genomen zo dicht mogelijk bij het KNMI-terrein (in het zuiden van De Bilt).

Figuur 44 toont de vergelijking tussen de verschillende gegevensbronnen. Naar verwachting is de gemeten waarde bij het KNMI het nauwkeurigst van de drie, al geeft dit slechts het beeld van de neerslag op één locatie. Wat opvalt is dat de verschillen tussen de gegevensbronnen groot zijn, waarbij dagwaarden soms wel een factor 1,5 – 2,0 kunnen verschillen. Wat betreft de jaarsom voor 2019 is het totaal vanuit H2gO 7,5% lager dan de waarde bij het KNMI.

	H2gO	KNMI	Nationale Regenradar
29-5-2018	25.7	13.2	31.1
10-2-2019	23.8	17.3	17.0
19-6-2019	26.6	42.3	34.8
17-8-2019	13.8	12.9	14.3
4-9-2019	10.4	9.9	7.6
Augustus + September 2019	159.8	179.2	178.6
2019 totale neerslag	898.0	971.4	943.2

Figuur 44 – Vergelijking van verschillende bronnen voor neerslagdata. Neerslaggegevens zijn weergegeven in mm.

Focus van de validatie

Het is belangrijk te vermelden dat de modelvalidatie is uitgevoerd op het 1D basisrekenmodel van de gemeente. In §4.2 zijn de verschillende modelmodulen toegelicht. Dit basisrekenmodel gebruikt hetzelfde inloopmodel als het 1D/2D rekenmodel, waardoor de validatie ook van toepassing is op deze modelmodule.

De meest gedetailleerde modelmodule (1D/2D+) is alleen gebruikt voor het doorrekenen van extreme neerslag met een herhalings tijd van meer dan 5 jaar. Dit model gebruikt een afwijkend inloopmodel voor neerslag in de openbare ruimte en in tuinen. De neerslag valt in dit model namelijk direct op het maaiveldgrid en stroomt af naar de dichtstbijzijnde kolken. Dit model is niet gevalideerd met behulp van meetgegevens, omdat er simpelweg geen meetgegevens beschikbaar zijn van een dergelijke situatie. Wel zijn voor alle modelmodule de modelmatige knelpunten vergeleken met de praktijk.

Uiteindelijk zijn vijf neerslagsituaties geselecteerd om het model te valideren. Tabel 21 toont de vijf neerslaggebeurtenissen, waarbij is uitgegaan van de gemiddelde neerslag in de gemeente voor de specifieke gebeurtenis. De herhalings tijd is gebaseerd op de neerslagduurlijnen van het STOWA uit 2019.

	Datum	Neerslag	Duur	Herhalings- tijd	Variëteit neerslag	Opmerkingen
1.	29-05-2018	22 mm	1 uur	2 – 5 jaar	Groot	Betreft alleen de pieksituatie. Ongeveer drie uur voor de piekbui viel al een kleinere bui van zo'n 4-7 mm neerslag, waardoor het systeem al deels was gevuld. Grote verschillen in neerslag per locatie, grootste neerslagsom in Bilthoven (25 – 30 mm).
2.	10-02-2019	37 mm	22 uur	1 jaar	Klein	Betreft twee opeenvolgende langdurige buien met ongeveer 5-6 uur ertussen. Zeer gelijkmatige intensiteit.
3.	19-06-2019	19 mm	2 uur	1 jaar	Groot	Kortdurende piekbui met hoge maximale intensiteit (tot 60 mm/uur).
4.	17-08-2019	11 mm	1 uur	0,5 jaar	Beperkt	Kortdurende piekbui met een maximale intensiteit van +- 30 mm/uur. Ongeveer 3 uur na de bui viel er nog een kleine bui (2 – 3 mm neerslag in 5 – 10 minuten)
5.	04-08-2019	10 mm	6 uur	< 0,5 jaar	Beperkt	Langdurige bui met beperkte maximale neerslagintensiteit. Over het algemeen is de neerslagbelasting constant over de gemeente, maar in Westbroek en in het zuiden van De Bilt is de belasting veel lager (4 – 5 mm neerslag)

Tabel 21 – Vijf neerslaggebeurtenissen waarmee het model is gevalideerd

B.3 – Wijzigingen rekenmodel gemeente De Bilt

Uiteindelijk is een beperkte vorm van kalibratie uitgevoerd op de invoergegevens van het rekenmodel.

Hierbij zijn de volgende aanpassingen verricht:

- In veel gevallen bleek het rekenmodel een overschatting te geven van de gemeten waterstanden. Om die reden is het verhard oppervlak verminderd met een vast percentage per bemalingsgebied. De correctiefactor is hoger voor de kleine kernen van de gemeente De Bilt, omdat regenwater hier makkelijker kan afstromen naar omliggend groen of de achterliggende polder.
- Een ander veel voorkomende situatie was dat er een tijdsverschil van 1 – 10 minuten zichtbaar was in de vulling van de riolering. Dit is vaak het geval wanneer het regenwater volgens de modelwaarden al aan het afstromen is naar de riolering, terwijl dat in de praktijk niet zo is (door plasvorming, infiltratie, verdamping). In de bemalingsgebieden waar dit zichtbaar was, is 2 mm extra maaiveldberging toegekend aan de openbare ruimte.

Tabel 22 toont de uiteindelijke aanpassingen voor de bemalingsgebieden in de gemeente De Bilt. Hierbij is het belangrijk te vermelden dat de wijzigingen geldig zijn voor de 1D en de 1D/2D modelmodule die zijn gebruikt voor het doorrekenen van **Bui 8, Bui 9 en de reeksberekening 1955-1964**. Het klimaatmodel gebruikt een afwijkend inloopmodel.

	Correctie verhard oppervlak validatie	Correctie maaiveldberging
Hollandsche Rading	20%	Ja
Westbroek	30%	Ja
Groenekan	20%	Ja
Maartensdijk	20%	Ja
Noordeinde Maartensdijk	20%	Ja
Dorpsweg Maartensdijk	20%	Ja
De Bilt/Bilthoven	10%	Ja ¹⁵
Utrechtseweg	20%	Ja
Dorpsstraat	30%	Ja
Emmalaan	0%	Nee
Burgemeester Fabiuspark	0%	Nee
Park Arenberg	10%	Nee
De Holle Bilt	50%	Ja
Veldzichtstraat	20%	Ja

Tabel 22 - Correcties die zijn toegepast op de verhard oppervlakkaart

B.4 – Beschouwing modelprestatie per bemalingsgebied

Bijlagen B.4.1 – B.4.6 tonen de berekeningsresultaten per kern voor en na de validatie. Opvallende zaken die zijn gevonden voor specifieke bemalingsgebieden, komen hierbij aan bod. Vervolgens zijn een aantal figuren toegevoegd ter ondersteuning van de bevindingen die worden gedaan.

Voor de kern Hollandsche Rading waren geen betrouwbare meetgegevens beschikbaar. Er is besloten dezelfde correctiefactor toe te passen als voor Maartensdijk en Groenekan aangezien deze kernen een zeer vergelijkbaar karakter hebben (qua omvang, grondwater, bodemsoort, dominant type riolering).

¹⁵ Alleen voor het hellende (noordelijke) gedeelte van Bilthoven.

B.4.1 Bilthoven noord

Locaties

In het noorden van Bilthoven zijn twee meetlocaties bekeken in en nabij de Julianalaan:

- Meetlocatie 100501 in het opvoergemaal in de Gaailaan.
- Meetlocatie 100101 in de bergbezinkleiding in de Julianalaan.

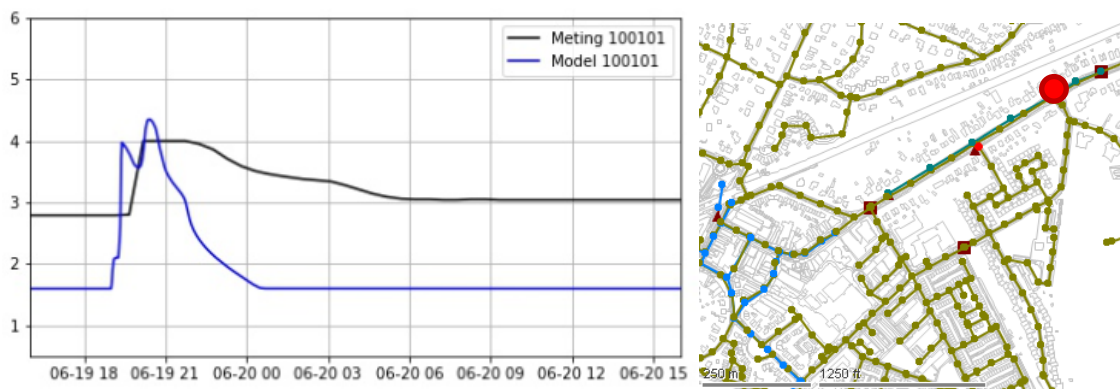
Bevindingen

- Er zijn grote verschillen in gemeten waterstand tussen de locaties, terwijl de verschillen klein zouden moeten zijn omdat de locaties dicht bij elkaar liggen.
- Het model overschat de waterstanden rond de Julianalaan.
- Sensor 100101 meet geen waarden boven de 4,0 m +NAP, waardoor piekwaterstanden niet altijd af te lezen zijn. Ook is de minimaal gemeten waterstand (2,9 m +NAP) veel hoger dan de bodem van het bassin (0,55 – 1,64 m +NAP). De sensor lijkt daarom niet goed ingesteld.
- Sensor 100501 meet voor alle vijf de neerslagsituaties een lagere piekwaterstand dan dat met het model wordt berekend.
- In beide gevallen stijgt de waterstand in de riolering veel eerder dan in de praktijk. Het verschil bedraagt ongeveer een uur. Dit komt mogelijk door zomer- en wintertijd.

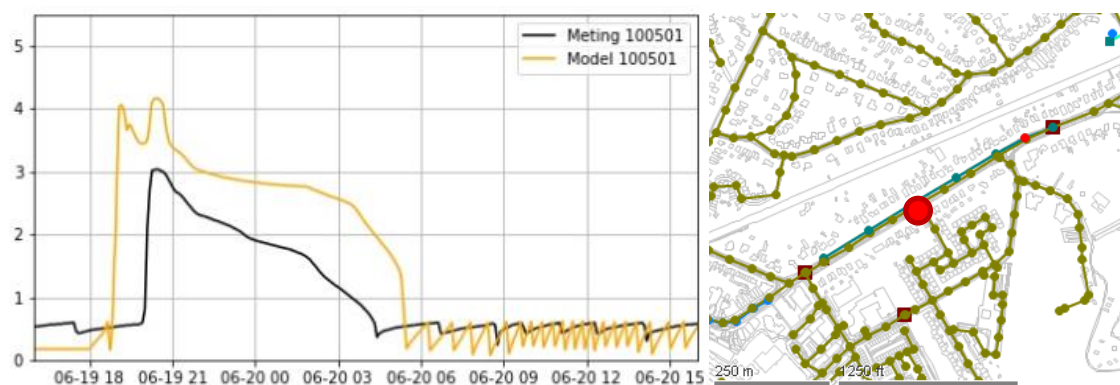
Acties

- Correctie van 10% voor verhard oppervlak (+ extra maaiveldberging) voor het noorden van Bilthoven (getalswaarde mede bepaald door metingen in Bilthoven-Zuid, zie bijlage B.4.2).

Figuren



Figuur 45 – Model vs. meting op locatie 100101. De figuur toont het beperkte meetbereik van de sensor.



Figuur 46 – Model vs. meting op locatie 100501. De figuur toont de overschatting van de waterstand door het rekenmodel bij deze bui.

B.4.2 - Bilthoven zuid/noorden van De Bilt

Locaties

In het zuiden van Bilthoven/noorden van De Bilt zijn vier meetlocaties bekeken:

- Meetlocatie DEB02 bij de externe overstort dichtbij de RWZI.
- Meetlocatie DEB22 bij de externe overstort aan de oostkant van de Groenekanseweg (op de grens van De Bilt en Bilthoven).
- Meetlocatie DEB03 bij de externe overstort in de Weltevreden (bevindt zich in De Bilt).
- Meetlocatie 200504H in het pompemaal van het bemalingsgebied Burgemeester Fabiuspark.

Bevindingen

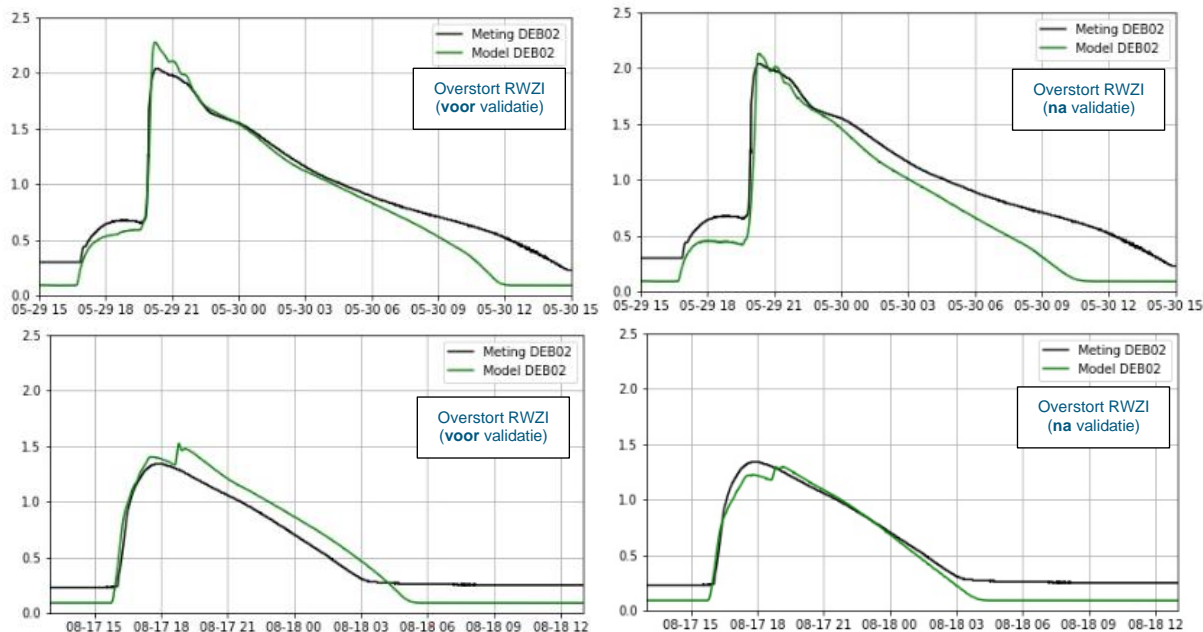
- Bij meetlocaties DEB02 en DEB22 overschat het model de maximale waterstanden licht. Ook lijkt het stelsel volgens het model iets sneller te legen dan in de praktijk. Over het algemeen is de overeenkomst tussen model en metingen bij deze meetlocaties vrij goed.
- Bij meetlocatie DEB03 overschat het model de waterstanden flink. Omdat de waterstanden hier wat lager zijn dan bij de andere externe overstorten in Bilthoven, is het vermoeden dat de bedrijven in de Weltevreden qua hemelwaterafvoer niet zijn aangesloten op de riolering. De gemeente De Bilt heeft dit vermoeden bevestigd en het model is hierna aangepast.
- Bij meetlocatie 200504H verschillen het model en de metingen behoorlijk, zonder dat er een eenduidig beeld ontstaat. Dit komt enerzijds omdat het een klein bemalingsgebied is waar kleine buien langs kunnen gaan. Aan de andere kant wordt de afvoer van het gebied volledig bepaald door de capaciteit van het ledigingsemaal. Het model werkt met een vaste ledigingscapaciteit, terwijl eenemaal in de praktijk niet altijd een constante hoeveelheid verpompt. Dit kan zorgen voor een afwijking tussen model en praktijk.

Acties

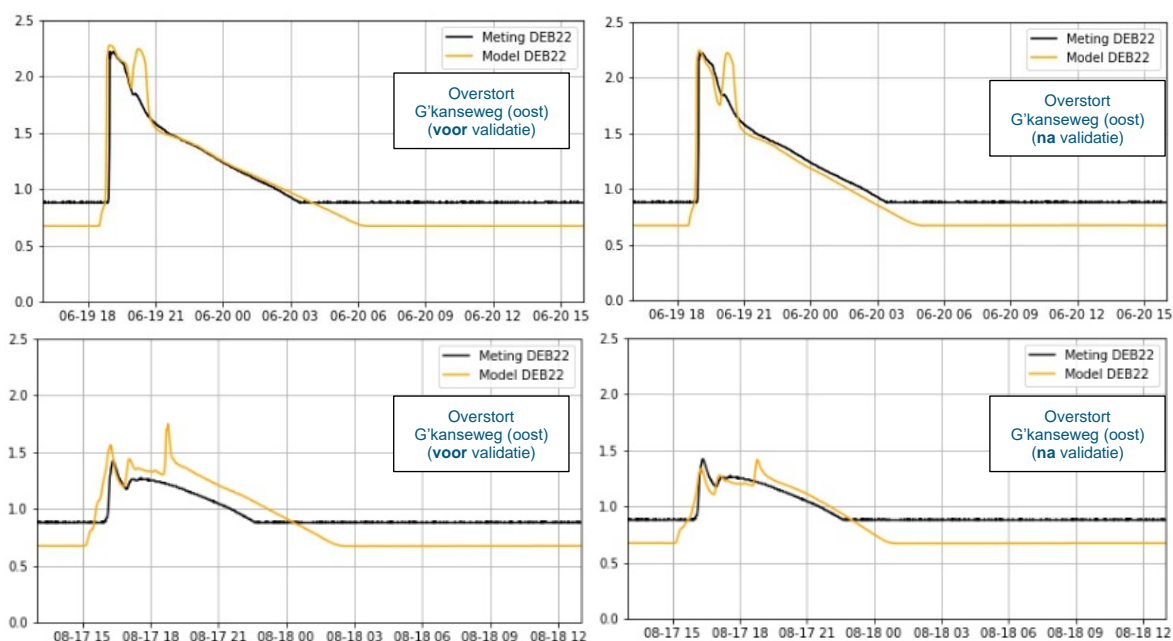
- Verwijderen bedrijfspanden Weltevreden uit verhard oppervlakkaart. De gemeente bevestigde dat deze bedrijfspanden waarschijnlijk direct op het oppervlaktewater lozen.
- Correctie van 10% voor verhard oppervlak in hoofdbemalingsgebied Bilthoven (inclusief hellende noorden).

Figuren

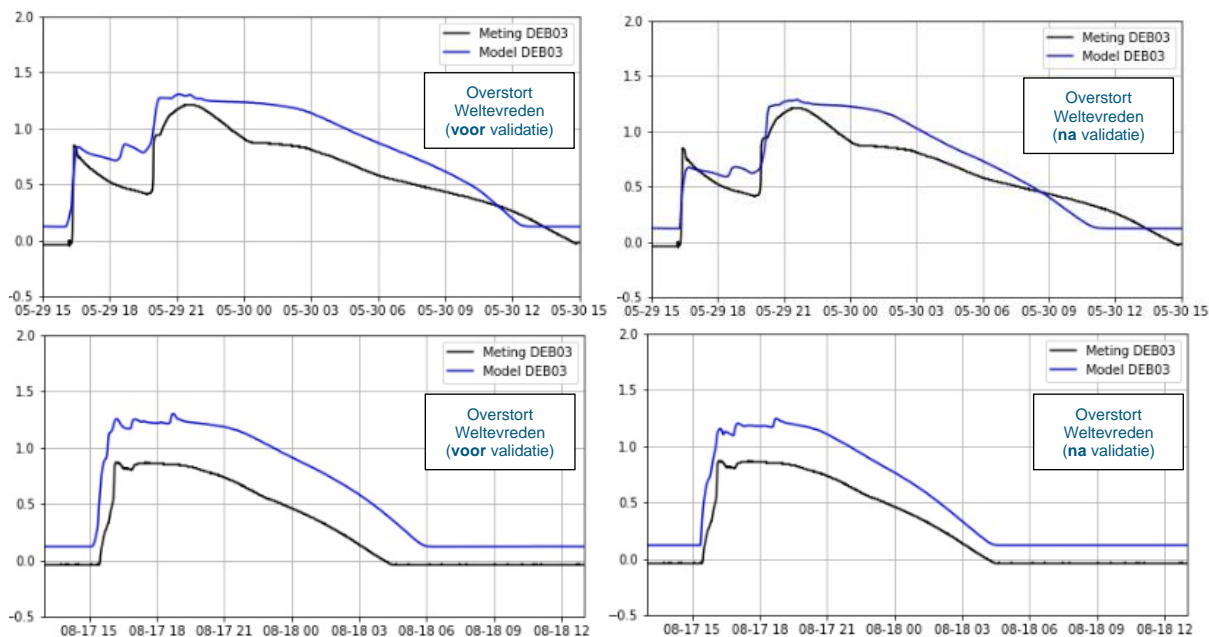
Zie volgende pagina's



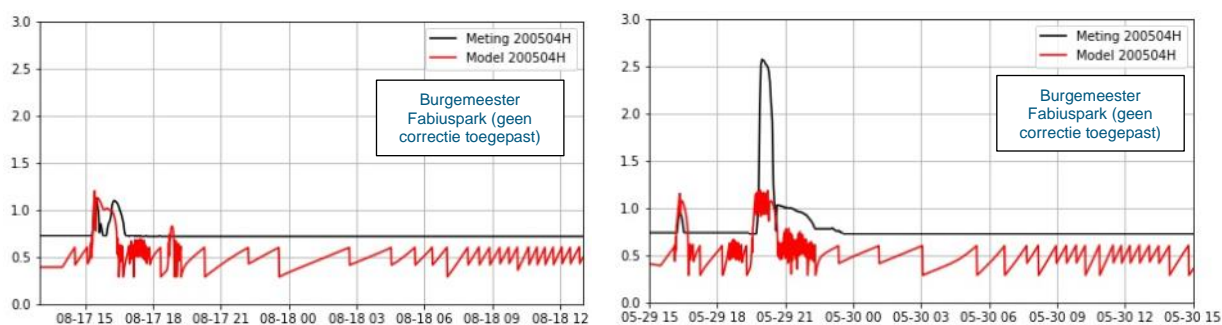
Figuur 47 - Model vs. meting op locatie DEB02 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Na de correctie van verhard oppervlak komen de piekwaterstanden goed overeen met de praktijk. Wel lijkt het stelsel volgens het model iets sneller te legen dan volgens de metingen.



Figuur 48 - Model vs. meting op locatie DEB22 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Met name bij de onderste neerslagsituatie komende de piekwaterstanden na correctie van het verhard oppervlak wat beter overeen dan daarvoor. In de bovenste figuur is een tweede piek in de waterstanden zichtbaar die niet zichtbaar is in de metingen (ongeveer een uur na de eerste piek). Dit komt mogelijk doordat de neerslagdata afweek van de daadwerkelijk gevallen neerslag.



Figuur 49 - Model vs. meting op locatie DEB03 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Op basis van het validatieresultaat is besloten de verhard oppervlakkaart aan te passen. Dit zorgt voor een iets betere overeenkomst tussen model en metingen, maar ook na validatie overschat het model de waterstanden op deze locatie flink.



Figuur 50 - Model vs. meting op locatie 200504 (pompgebied Burgemeester Fabiuspark). In de figuur links komen de gemodelleerde piekwaterstanden goed overeen met de praktijk. In de rechter figuur is een grote afwijking zichtbaar. Wat daarnaast opvalt is dat het meetbereik niet voldoende is om het in- en uitslagpeil goed te meten.

B.4.3 – Zuiden van De Bilt

Locaties

In het zuiden van De Bilt zijn vier meetlocaties bekeken:

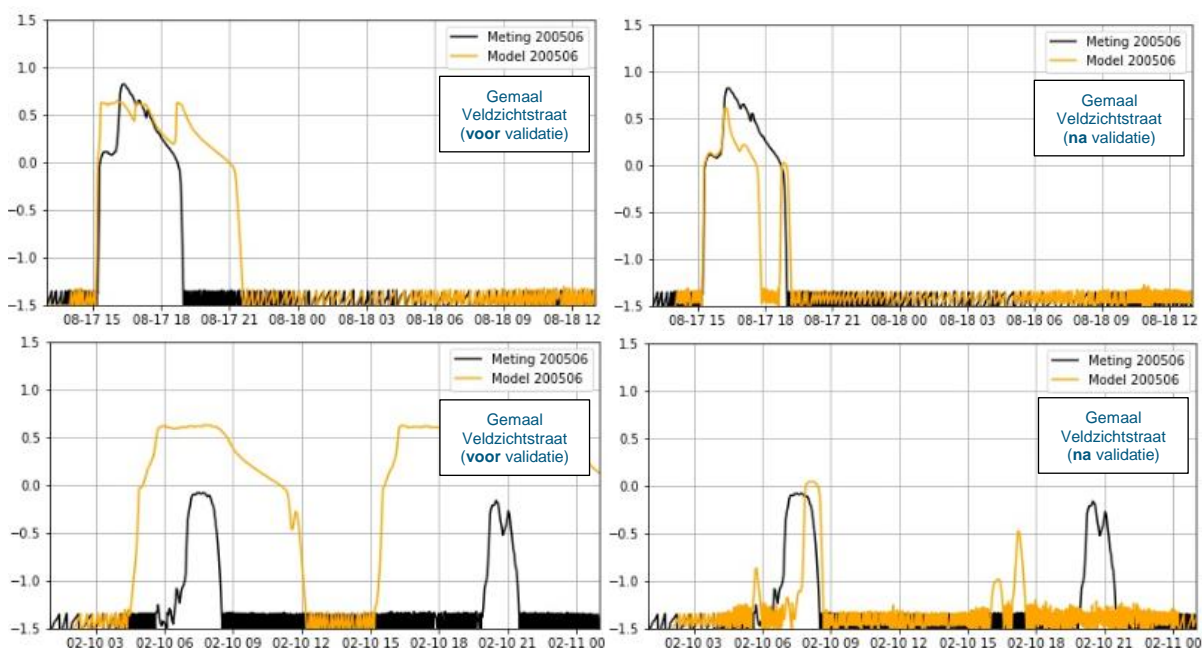
- Meetlocatie 200506 in het ledigingsgemaal van het kleine bemalingsgebied Veldzichtstraat.
- Meetlocatie 200101 aan de rioolzijde van het BBB Blauwkapelseweg.
- Meetlocatie 200508 in de pompkelder van het ledigingsgemaal van het bemalingsgebied Park Arenberg (locatie slechts 140 meter ten oosten van locatie 200101).
- Meetlocatie 200501 in de overstortput van het kleine bemalingsgebied Dorpsstraat.

Bevindingen

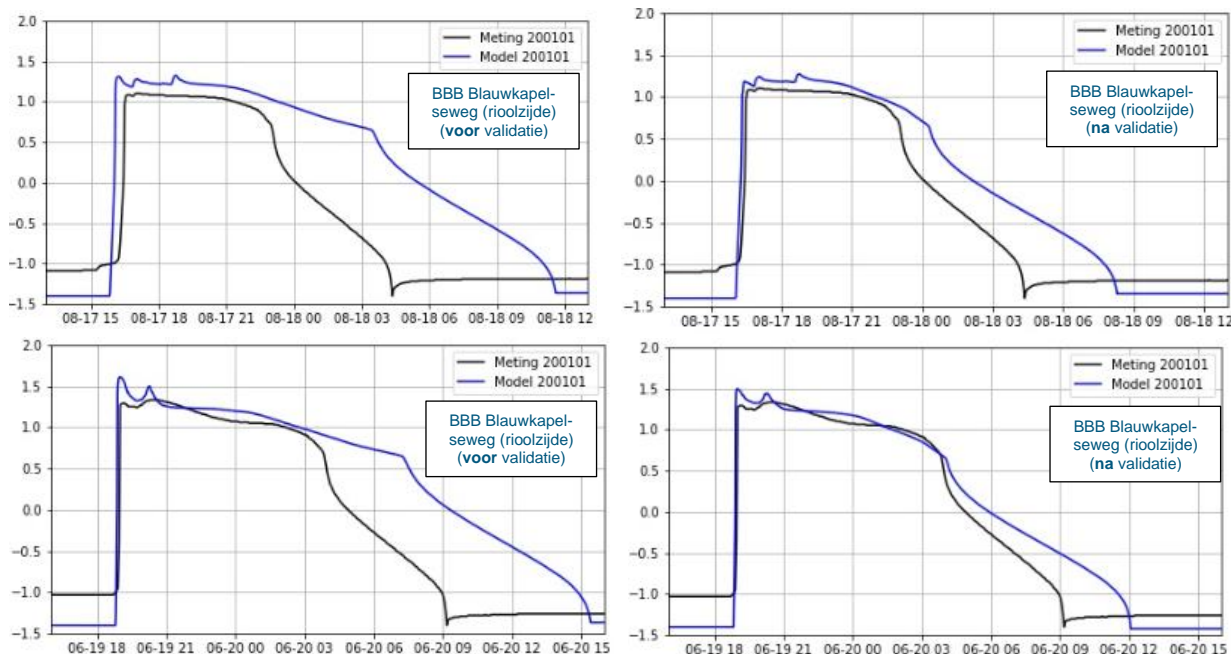
- Bij meetlocatie 200506 overschat het model de maximale waterstand, met name tijdens de bui op 2 oktober. Wel lijkt er bij deze locatie een verschil in de neerslagdata met de daadwerkelijk gevallen neerslag, omdat gemeten pieken niet kunnen worden verklaard met de neerslagdata.
- De metingen op de locaties 200101 en 200508 komt erg goed overeen met elkaar. Dit is ook geheel volgens de verwachting omdat de locaties dicht bij elkaar liggen. In beide gevallen overschat het model de maximale waterstanden en stijgt de waterstand in het model ook iets eerder in de tijd dan in de praktijk.
- Het stelsel van Park Arenberg leegt zich in de praktijk veel sneller dan op basis van de modelberekening. Mogelijk komt dit omdat de ledigingscapaciteit van het bergbezinkbassin is ingeschat in plaats van gebaseerd op metingen. De lediging van het bassin heeft ook een grote invloed op het legen van het ontvangende rioleringsstelsel.
- Bij de meetlocatie 200501 overschat het model de daadwerkelijke maximale waterstanden.

Acties

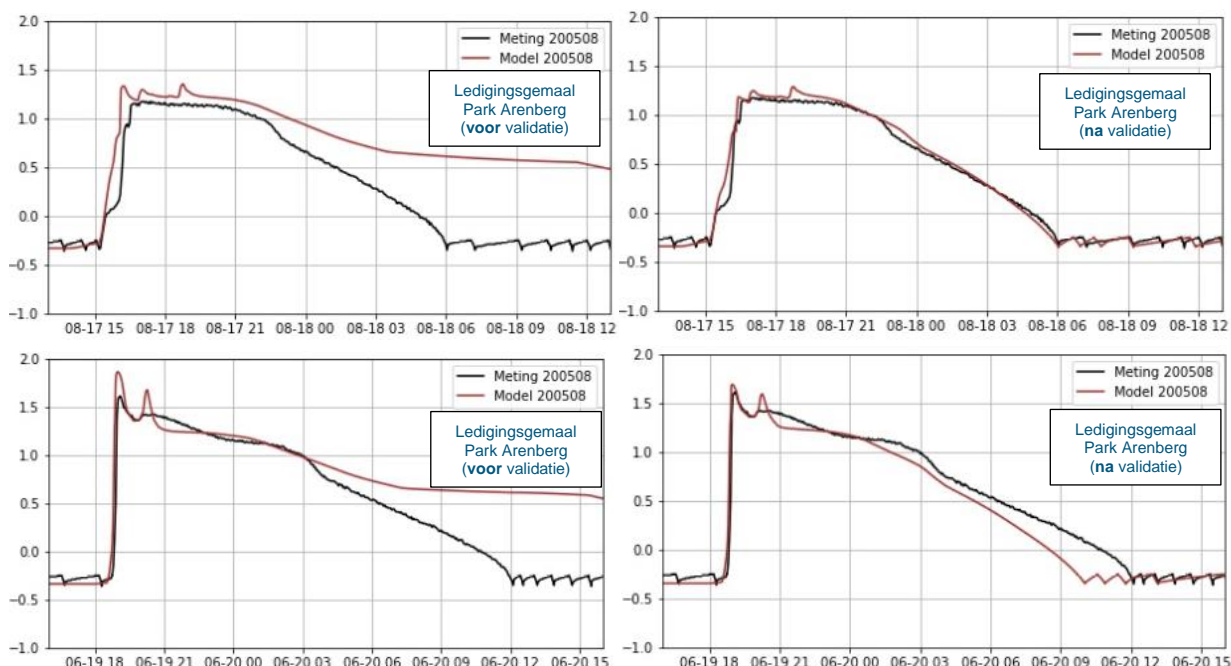
- Correctie van 10% voor verhard oppervlak in De Bilt en Park Arenberg, 20% voor bemalingsgebied Veldzichtstraat en 30% voor bemalingsgebied Dorpsstraat.
- Invoeren gemeten gemaalcapaciteit voor de lediging van het gemaal van het BBB Blauwkapelseweg.



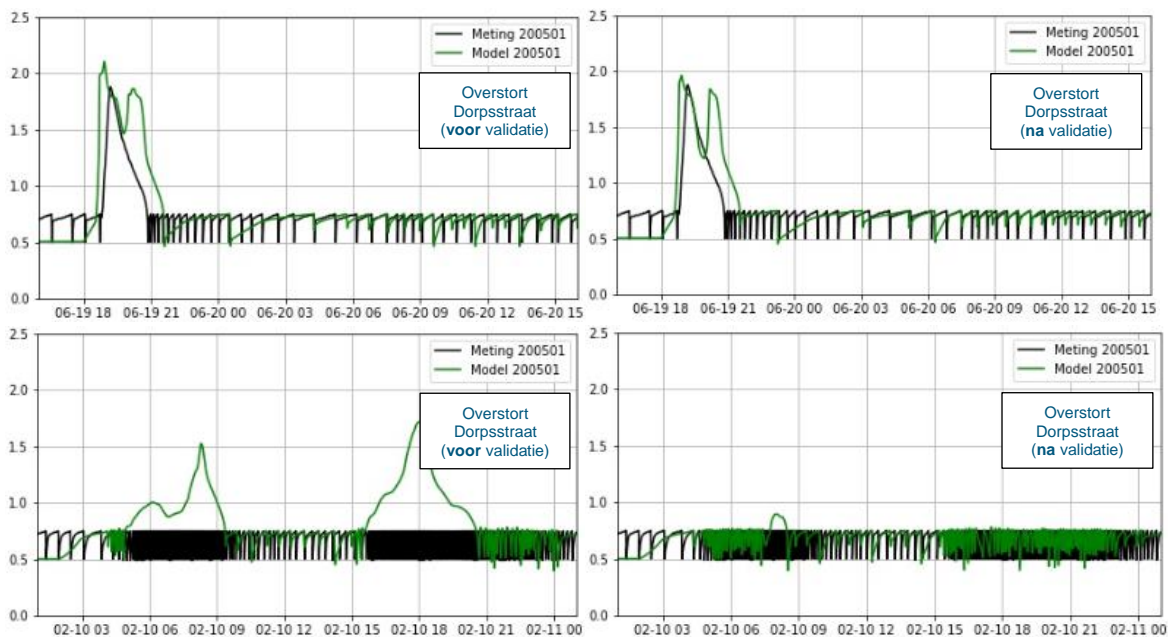
Figuur 51 - Model vs. meting op locatie 200506 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Met name in de onderste neerslagsituatie overschat het model de maximale waterstand voor de validatie.



Figuur 52 - Model vs. meting op locatie 200101 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Na de validatie is zichtbaar dat het bergbezinkbassin zich eerder na de bui begint met legen en dat de piekwaterstand beter overeenkomt met de praktijk.



Figuur 53 - Model vs. meting op locatie 200508 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Na de aanpassing van de hoeveelheid verhard oppervlak en de gemaalcapaciteit van het bergbezinkbassin is de overeenkomst tussen model en metingen erg goed.



Figuur 54 - Model vs. meting op locatie 200501 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. In de bovenste figuren is te zien dat er in het model twee pieken in de waterstand worden berekend, terwijl er maar een wordt gemeten. Dit komt waarschijnlijk door de gebruikte neerslagdata (zelfde onverklaarbare piek zichtbaar bij o.a. locatie 200506). In de onderste figuren is te zien dat de pompoevercapaciteit in de praktijk voldoende was om een peilstijging in de riolering te voorkomen. Na aanpassing van het verhard oppervlak stijgt de waterstand in de riolering nog amper als gevolg van de bui.

B.4.4 – Maartensdijk

Locaties

In Maartensdijk zijn drie meetlocaties bekeken:

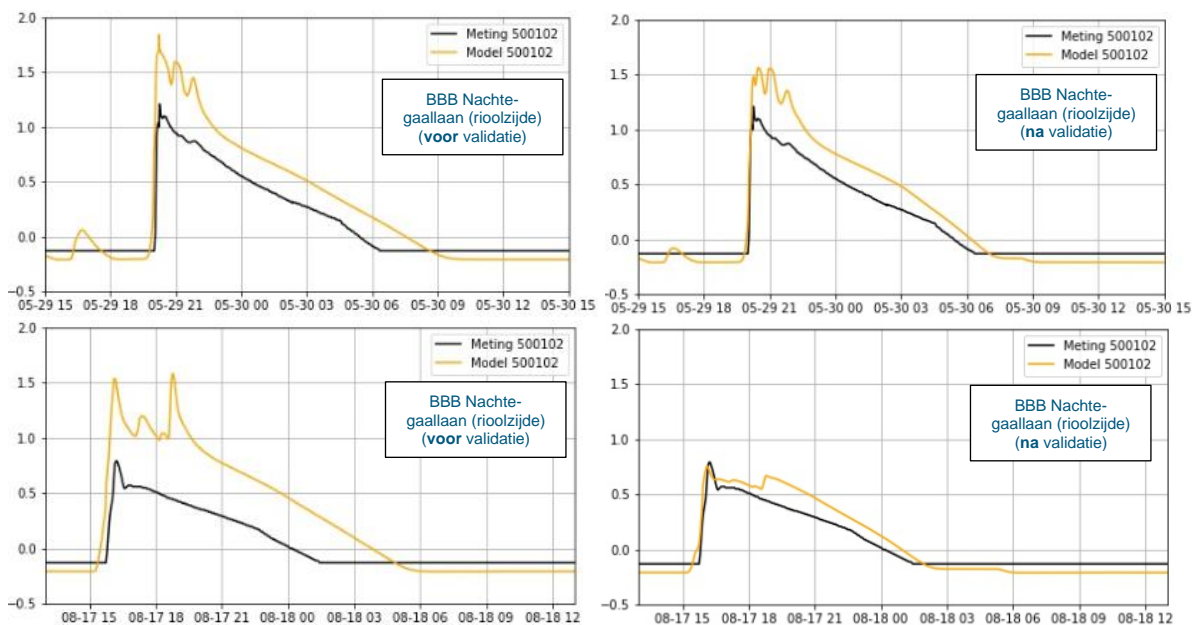
- Meetlocatie 500102 aan de rioolzijde van het BBB Nachtegaallaan.
- Meetlocatie 500101 aan de rioolzijde van het BBB Julianalaan.
- Meetlocatie 500502 in de pompkelder van het ledigingsgemaal van het bemalingsgebied Noordeinde.

Bevindingen

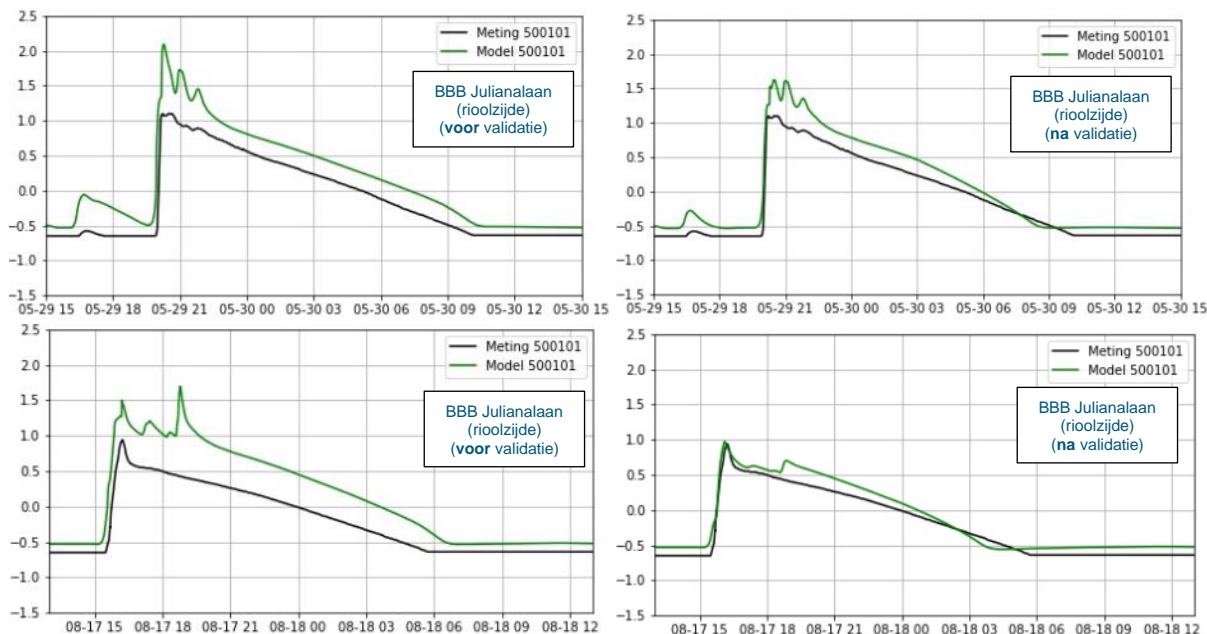
- Meetlocaties 500101 en 500102 komen qua gemeten en gemodelleerde waterstand erg overeen met elkaar. Beide meetlocaties bevinden zich in hetzelfde bemalingsgebied en de bassins bevinden zich zo'n 500 m van elkaar.
- In alle gevallen stijgt de waterstand in het model sneller dan in de praktijk. Dit komt vermoedelijk doordat er in de praktijk wat meer maaiveldberging is dan bij de modelinvoer is aangenomen.
- Voor alle drie de meetlocaties overschat het model de waterstanden flink.
- Het stelsel van Noordeinde leegt in de praktijk veel sneller dan op basis van de berekeningen. Ook heeft de piek een meer afgeronde vorm in de praktijk, wat vaak duidt op een sterke invloed van de pompcapaciteit op de maximale waterstand.

Acties

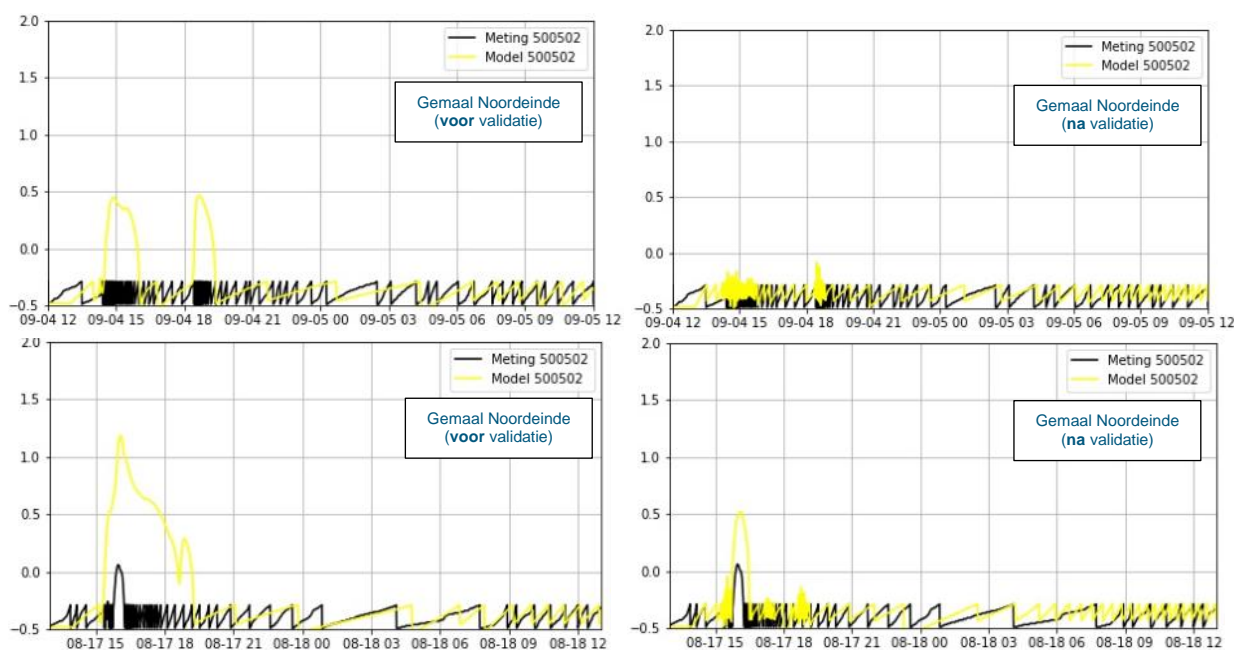
- Correctie van 20% voor verhard oppervlak in Maartensdijk, inclusief 2 mm extra maaiveldberging
- Invoeren gemeten gemaalcapaciteit (70 m³/uur) voor bemalingsgebied Noordeinde.



Figuur 55 - Model vs. meting op locatie 500102 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Na de validatie overschat het model de waterstand alsnog enigszins, maar de overeenkomst is met name bij de bui in augustus (onderaan) veel beter.



Figuur 56 - Model vs. meting op locatie 500101 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Het resultaat is vergelijkbaar als bij het nabijgelegen bassin aan de Nachtegaallaan: met name bij de bui in augustus (onderaan) is de overeenkomst na validatie een stuk beter.



Figuur 57 - Model vs. meting op locatie 500502 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie. Voor de validatie was de gemaalcapaciteit veel te laag, waardoor de gemodelleerde waterstand veel te hoog was. Na aanpassen van de gemaalcapaciteit en reductie van het verhard oppervlak komt de gemodelleerde waterstand amper nog boven de pompkelder uit. Dit komt omdat het stelsel heel veel pompovercapaciteit heeft.

B.4.5 – Groenekan

In Groenekan zijn twee meetlocaties bekeken:

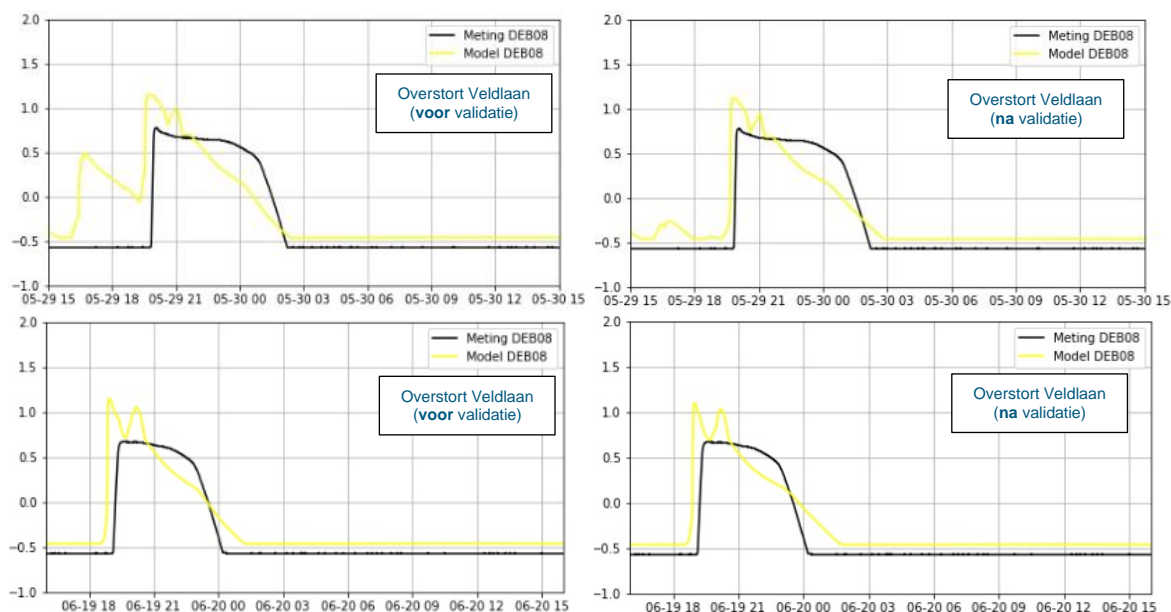
- Meetlocatie DEB08 aan de rioolzijde van de overstort in de Veldlaan.
- Meetlocatie 300101 in het bergbezinkbassin aan de Groenekanseweg

Bevindingen

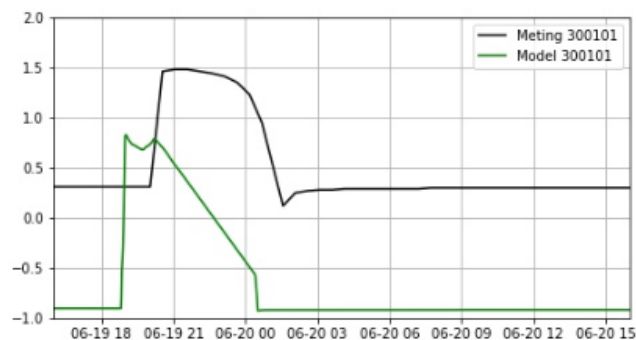
- Bij meetlocatie DEB08 overschat het model de waterstand. Bij de bui in mei (bovenste situatie) berekent het model daarbij een piek die niet wordt gemeten. Na validatie verdwijnt de eerste piek en komt de piekwaterstand wat beter overeen met de meting. Omdat het hier echter maar om één meetlocatie gaat, zijn geen verdere acties ondernomen om het model verder te kalibreren.
- Bij meetlocatie 300101 geeft de meetsensor geen betrouwbaar resultaat. In de afbeelding komt het patroon van vullen en legen goed overeen met het model, maar de hoogte klopt niet: het bassin heeft een bodem van 0,65 m-NAP en een maaiveld van circa 1,3 m+NAP. De gemeten waterstand komt bij meerdere buien ver boven het maaiveld uit en de sensor meet pas als het bassin al grotendeels gevuld is. Dat lijkt niet te kloppen.

Acties

- Correctie van 20% voor verhard oppervlak in Groenekan, inclusief 2 mm extra maaiveldberging



Figuur 58 - Model vs. meting op locatie DEB08 bij twee neerslagsituaties en voor en na validatie.



Figuur 59 – Meetlocatie 300101 waar de sensor verkeerd ingesteld lijkt te zijn.

B.4.6 – Westbroek

In Groenekan zijn twee meetlocaties bekeken:

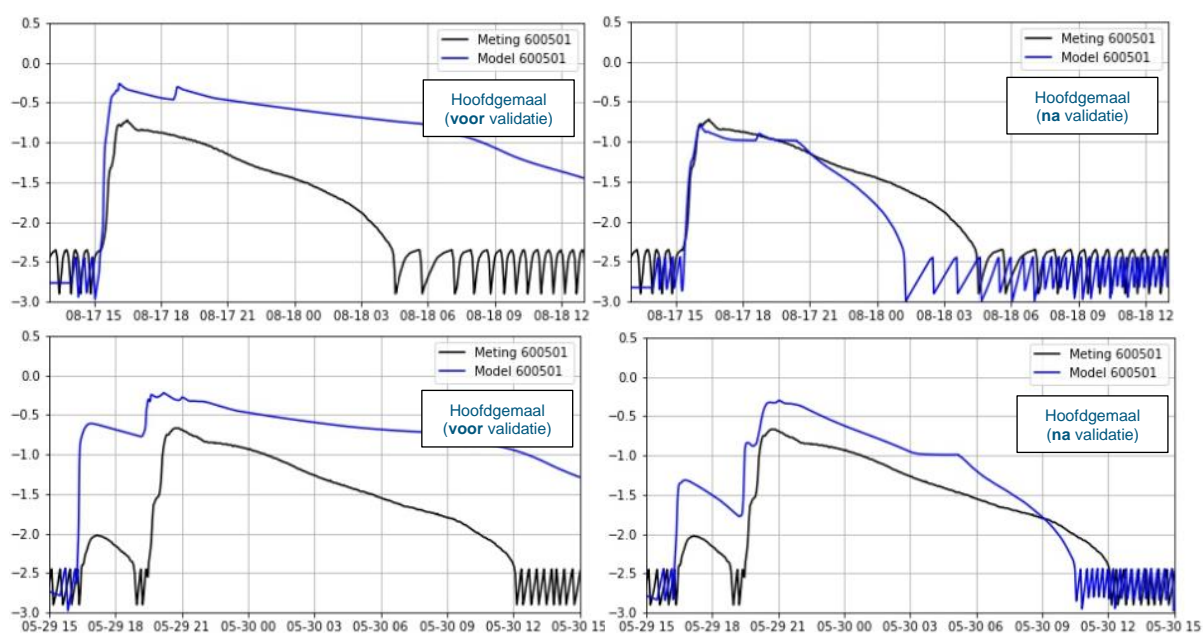
- Meetlocatie DEB08 aan de rioolzijde van de overstort in de Veldlaan.
- Meetlocatie 300101 in het bergbezinkbassin aan de Groenekanseweg

Bevindingen

- Bij meetlocatie DEB08 overschat het model de waterstand. Bij de bui in mei (bovenste situatie) berekent het model daarbij een piek die niet wordt gemeten. Na validatie verdwijnt de eerste piek en komt de piekwaterstand wat beter overeen met de meting. Omdat het hier echter maar om één meetlocatie gaat, zijn geen verdere acties ondernomen om het model verder te kalibreren.
- Bij meetlocatie 300101 geeft de meetsensor geen betrouwbaar resultaat. In de afbeelding komt het patroon van vullen en legen goed overeen met het model, maar de hoogte klopt niet: het bassin heeft een bodem van 0,65 m-NAP en een maaiveld van circa 1,3 m+NAP. De gemeten waterstand komt bij meerdere buien ver boven het maaiveld uit en de sensor meet pas als het bassin al grotendeels gevuld is. Dat lijkt niet te kloppen.

Acties

- Correctie van 20% voor verhard oppervlak in Groenekan, inclusief 2 mm extra maaiveldberging

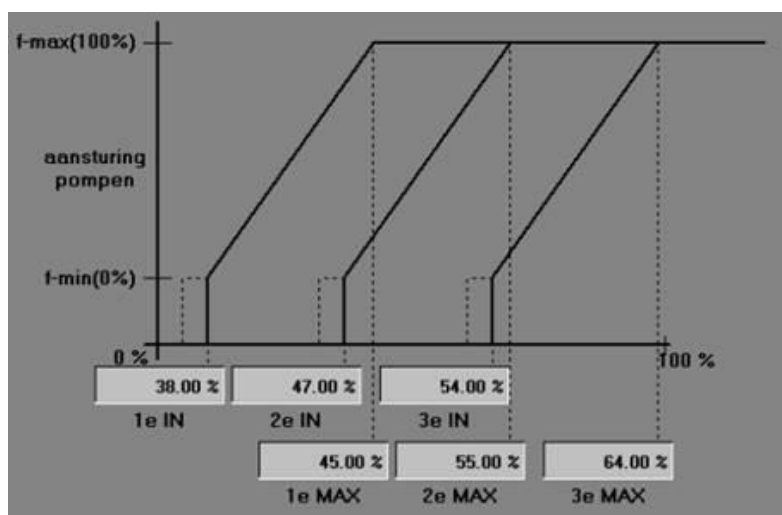


Bijlage C – Gemaalcapaciteit hoofdgemaal De Bilt

Deze bijlage behandelt de gemaalcapaciteit van het hoofdgemaal (of eigenlijk hoofdgemalen) van de gemeente De Bilt. De gemalen ledigen het rioleringsstelsel van de kern De Bilt door de inhoud vanuit de ontvangstkelder naar de nabijgelegen rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) te pompen. Alle riolering van de hele gemeente De Bilt (inclusief een deel van de gemeente Zeist) loost direct of indirect op de ontvangstkelders waarin deze gemalen staan. De ledigingscapaciteit van deze gemalen heeft daarmee een grote invloed op het functioneren van de afvalwaterketen in de hele gemeente.

Drie gemalen met verschillende instellingen

De ontvangstkelder wordt leeggepompt middels drie gemalen met een verschillend in- en uitslagpeil. Bij een vulling van de gemaalkelder van 38% (1,05 m –NAP) slaat het eerste gemaal aan. Bij een vulling van de gemaalkelder van 64% draaien alle drie de gemalen in samenloop en met de maximale capaciteit. Op dat moment is de kelder gevuld tot een niveau van 1,10 m +NAP. Figuur 60 toont de gemaalinstellingen.



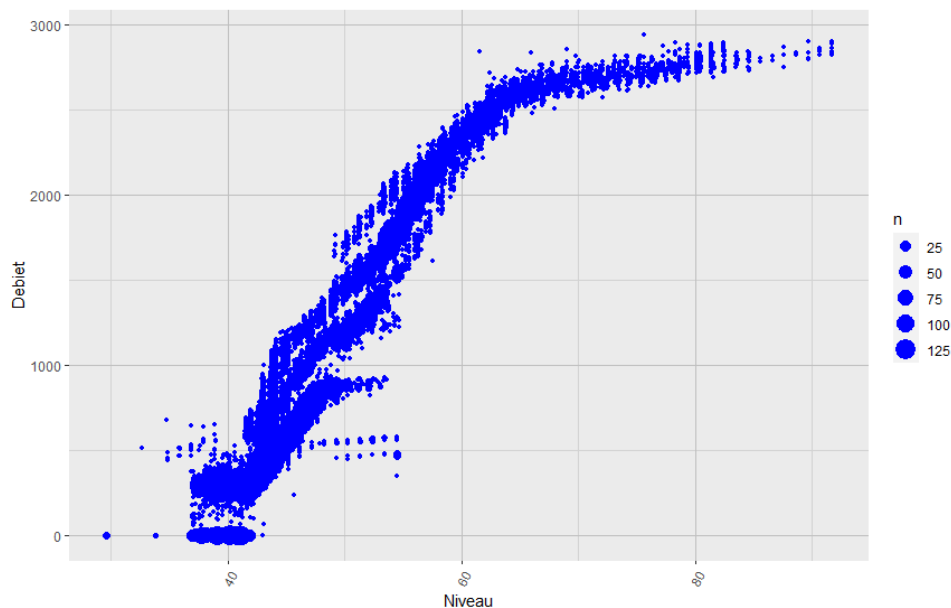
Figuur 60 – Instellingen van de drie gemalen die de ontvangstkelder leegpompen.

Meetgegevens

Om te checken of de gemaalinstellingen overeenkomen met de praktijk, is een puntenwolk gemaakt met de metingen van het jaar 2019 (zie Figuur 61). In deze wolk zijn de gemeten debieten uitgezet tegen de gemeten vulling van de pompkelders.

De metingen lijken goed overeen te komen met de theorie: bij een vulling van circa 65% vlakkt de gemaalcapaciteit af, wat aantoont dat de maximale capaciteit is bereikt. Dit komt overeen met de 64% die Figuur 60 toont.

Toch stijgt het debiet ook na de vulling van circa 65% nog iets door. Dit komt waarschijnlijk door de werking van de gemalen: bij een hogere waterstand hoeven de gemalen een minder hoog waterstandsverschil te overwinnen. Hierdoor schuift het werkpunt van de gemalen (het evenwicht tussen het pompvermogen, de weerstand in de persleiding en de hoogte die moet worden overwonnen) iets op, wat leidt tot een lichte toename van de pompcapaciteit.



Figuur 61 – Puntenwolk waarbij het verpompte debiet is uitgezet tegen het niveau van de pompkelder (0% = 3,05 m–NAP, 100% = 2,30 m+NAP)

Modelweergave gemaal

Voor de modelweergave van de gemaalcapaciteit is een trendlijn (3^e-macht polynoom) getrokken door de bovenstaande puntenwolk. Als randvoorwaarde is gekozen voor een maximale capaciteit van 2.739 m³/uur. Dit is de capaciteit die is afgesproken in het afvalwaterakkoord en deze capaciteit komt goed overeen met de metingen. Dit levert uiteindelijk de volgende invoer op:

Niveau [m +NAP]	Debiet [m ³ /uur]
-1,05	0
-0,90	194
-0,75	413
-0,60	657
-0,45	921
-0,30	1.195
-0,20	1.381
-0,10	1.567
0,00	1.750
0,10	1.928
0,20	2.099
0,30	2.262
0,40	2.413
0,50	2.551
0,60	2.674
0,70	2.739

Tabel 23 – Modelweergave gemaalcapaciteit

Bijlage D – Oppervlaktewater in de modelberekeningen

In de meer gedetailleerde modelmodules 1D/2D en 1D/2D+ is ook het ontvangende oppervlaktewatersysteem van de gemeente De Bilt toegevoegd. Het toevoegen van de watergangen stelt de modelleur in staat om de interactie tussen de riolering en het oppervlaktewater nauwkeurig in beeld te brengen. Bij langdurige regenval kunnen overstorten verdronken raken, waardoor de afvoercapaciteit van de riolering sterk afneemt. Door ook de watergangen tijdsdynamisch door te rekenen, kunnen dergelijke situaties en de gevolgen hiervan in beeld worden gebracht.

Profielen, duikers en stuwen

Voor de profielen van de watergangen, de stuwen en de duikers is gebruik gemaakt van het SOBEK-model van HDSR en de Legger van het waterschap AGV. Vervolgens zijn de stuwhoogtes gecontroleerd en aangepast op basis van een overzicht dat door het waterschap is aangeleverd. Hiervoor is uitgegaan van het zomerpeil. Kleine secundaire en tertiaire watergangen maken geen onderdeel uit van het model, tenzij een hierop een riool overstort is aangesloten.

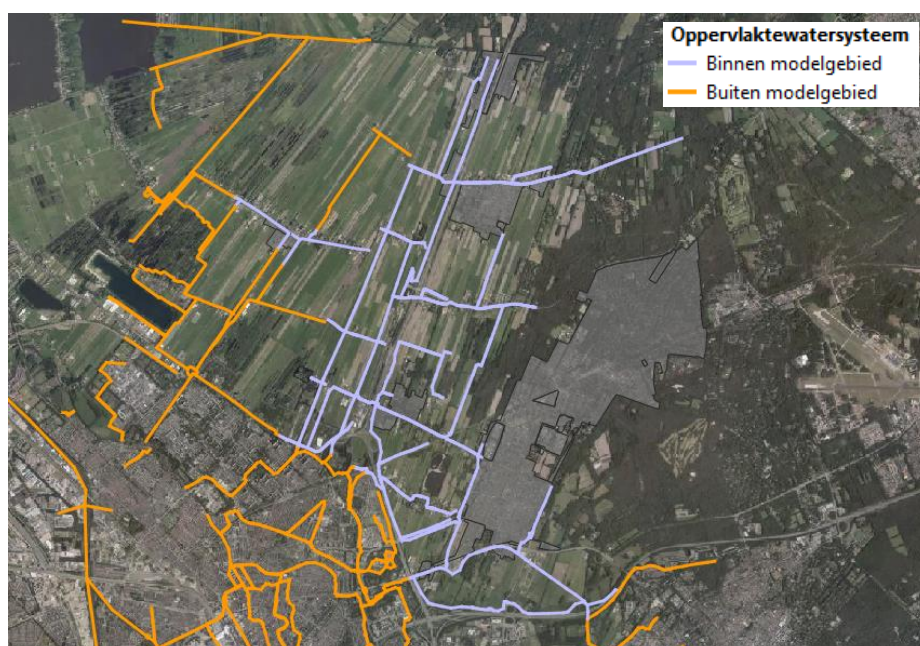
Figuur 62 toont het deel van het oppervlaktewatersysteem dat is meegenomen in de berekeningen. Hierbij zijn de snelwegen A27 en A28 gekozen als grenzen van het gemodelleerde gebied. De Utrechtse Heuvelrug vormt een natuurlijke scheidslijn aan de noordzijde van de gemeente.

Afstroming landelijke gebied

Omdat het model voornamelijk gebruikt wordt om intense, kortere buien door te rekenen, wordt aangenomen dat de afstroming vanuit het landelijke gebied een verwaarloosbare rol speelt ten opzichte van de stedelijk afvoer.

Voorvullen watergangen

De riolering en het oppervlaktewater zijn in de berekeningen 'voorgevuld' met een simulatie van 2 dagen voor aanvang van de bui. In het geval van de riolering is de droogweerafvoer doorgerekend, in het geval van de watergangen is een debiet 10 l/s op de bovenstroomse delen van de watergangen gezet. Peilgebieden zijn ingesteld op het zomerpeil. Hierdoor zijn watergangen gevuld tot stuwpeil of net hierboven.



Figuur 62 – Oppervlaktewatersysteem dat is meegenomen in de modelberekeningen

Bijlage E – Uitwerking maatregelen

E.1 – Tolakkerweg Hollandsche Rading (HR-1)

Beschrijving

De Tolakkerweg is gelegen aan de westkant van Hollandsche Rading. In de lagere delen van deze straat ontstaat wateroverlast bij zware neerslag, met name in een van de twee woonerfjes in deze straat (de meest zuidelijke, zie Figuur 63). Dat komt door een laag maaiveld ten opzichte van de overstort, waardoor de afvoercapaciteit van de riolering gering is. Daarnaast is instroom van oppervlaktewater bij zeer langdurige neerslagbelasting mogelijk.



Figuur 63 - Zuidelijke woonerf aan de Tolakkerweg (Bron: Google Maps)

Keuzeproces en oplossing

De gemeente De Bilt acht het niet mogelijk om een hemelwaterstructuur door de Tolakkerweg aan de leggen door de vele bestaande kabels en leidingen. Vergroten van de gemengde riolering vereist vernieuwen van de zinker onder het spoor door, wat een kostbare operatie is. Een extra gemengde overstort aan de westzijde van het dorp is mogelijk, maar betekent wel een flinke verslechtering van de waterkwaliteit bij het betreffende lozingspunt. Als oplossing is daarom gekozen om het effect te bekijken van het lokaal afkoppelen van hemelwater in de twee woonerven in de Tolakkerweg:

- In het geval van het noordelijke woonerf is het mogelijk om af te koppelen naar een sloot aan de westzijde van de Tolakkerweg die uiteindelijk uitkomt bij de Dorpsweg in Maartensdijk.
- In het geval van het zuidelijke woonerf, waar het maaiveld lager is, is een dergelijke oplossing niet mogelijk. Ook staat het grondwater hier hoog. De volgende mogelijkheden zijn haalbaar:
 - o Verlagen van de straatbanden om zo regenwater makkelijker af te voeren naar het groen.
 - o Bergen van water in de wegfundering, waarbij overtollig regenwater vervolgens langzaam wordt afgevoerd met drainage.

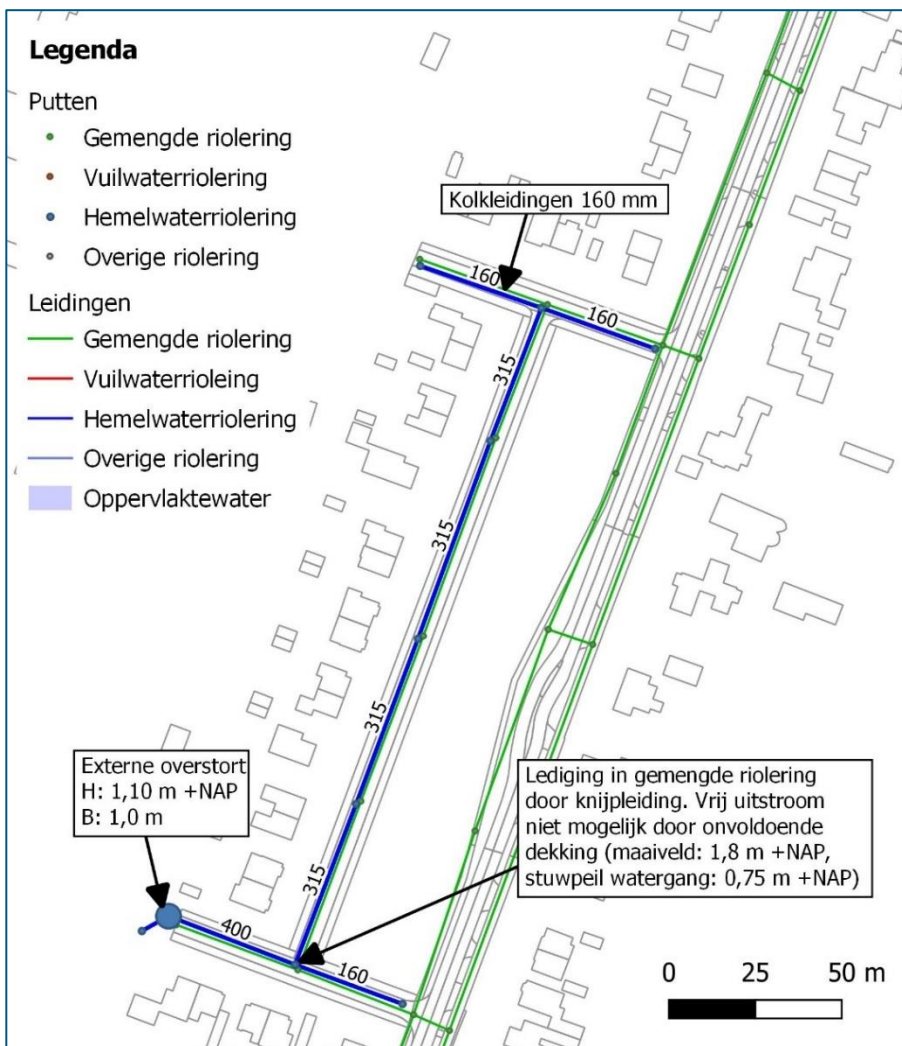
Uitgangspunten rekenmodel

- Een lokale maatregel zoals is voorgesteld voor het zuidelijke woonerf, is niet mogelijk om nauwkeurig mee te nemen in het rekenmodel. Om die reden is alleen de maatregel voor het **noordelijke woonerf** doorgerekend.
- Met de aanleg van de hemelwaterriolering kan zo'n 0,3 ha verhard oppervlak worden afgekoppeld, uitgaande van het afkoppelen van 100% van openbare ruimte. Omdat het hier om woningen gaat die ver van de weg af staan, lijkt afkoppelen van daken hier niet haalbaar.
- Er is aangenomen dat er uitwisseling tussen de gemengde riolering en de hemelwaterriolering mogelijk is via het maaiveld.

Resultaten

Figuur 64 toont het uiteindelijke ontwerp dat is doorgerekend. Omdat het om een beperkte hoeveelheid verhard oppervlak gaat, zijn beperkte diameters voldoende om het hemelwater uit het erf (en overtollig water dat via de Tolakkerweg zelf naar het systeem stroomt) af te voeren. Om leidingkruisingen met de gemengde riolering te voorkomen, kan daarbij ook ervoor worden gekozen om enkele kolken met een kleinere leiding (bijvoorbeeld 160 mm) aan te sluiten op het hoofdriool.

Figuur 65 toont dat na aanleg van de hemelwaterriolering het model geen water-op-straat meer berekend in het noordelijke woonerf. Wat betreft het zuidelijke woonerf, is het effect van het bovenstroomse afkoppelen positief, maar wel gering. De maximaal berekende waterstand bij Bui 8 ter hoogte van de diepst gelegen put (110127) neemt volgens de berekeningen af van 5,7 naar 5,1 cm. Het berekende volume water-op-straat neemt af met zo'n 17% tot 23 m³. Een dergelijk volume zou goed te bergen zijn in de funderingslaag van de weg of door afvoeren naar het groen makkelijker te maken. Aanpassingen in de openbare ruimte aan het zuidelijke erf zijn niet meegenomen in de berekening.



Figuur 64 – Doorgerekende ontwerp hemelwaterriolering Tolakkerweg-Noord



Figuur 65 – Effect van aanleg hemelwaterriolering Tolakkerweg-Noord bij Bui 9: water-op-sstraat voor en na de maatregelen.

E.2 – Molenweg/Doctor J.J.F. Steijlingweg (MD-1)

Beschrijving

De Doctor J.J.F. Steijlingweg ligt aan de noordoostkant van Maartensdijk. Dit is de locatie waar bij extreme regenval als eerste water-op-straat ontstaat in Maartensdijk. De straat ligt lager dan de omgeving, waardoor zich neerslag ophoopt als de riolering de aanvoer niet meer aan kan.



Figuur 66 – Krusing Molenweg met de Doctor J.J.F. Steijlingweg (Bron: Google Maps)

Keuzeproces en oplossing

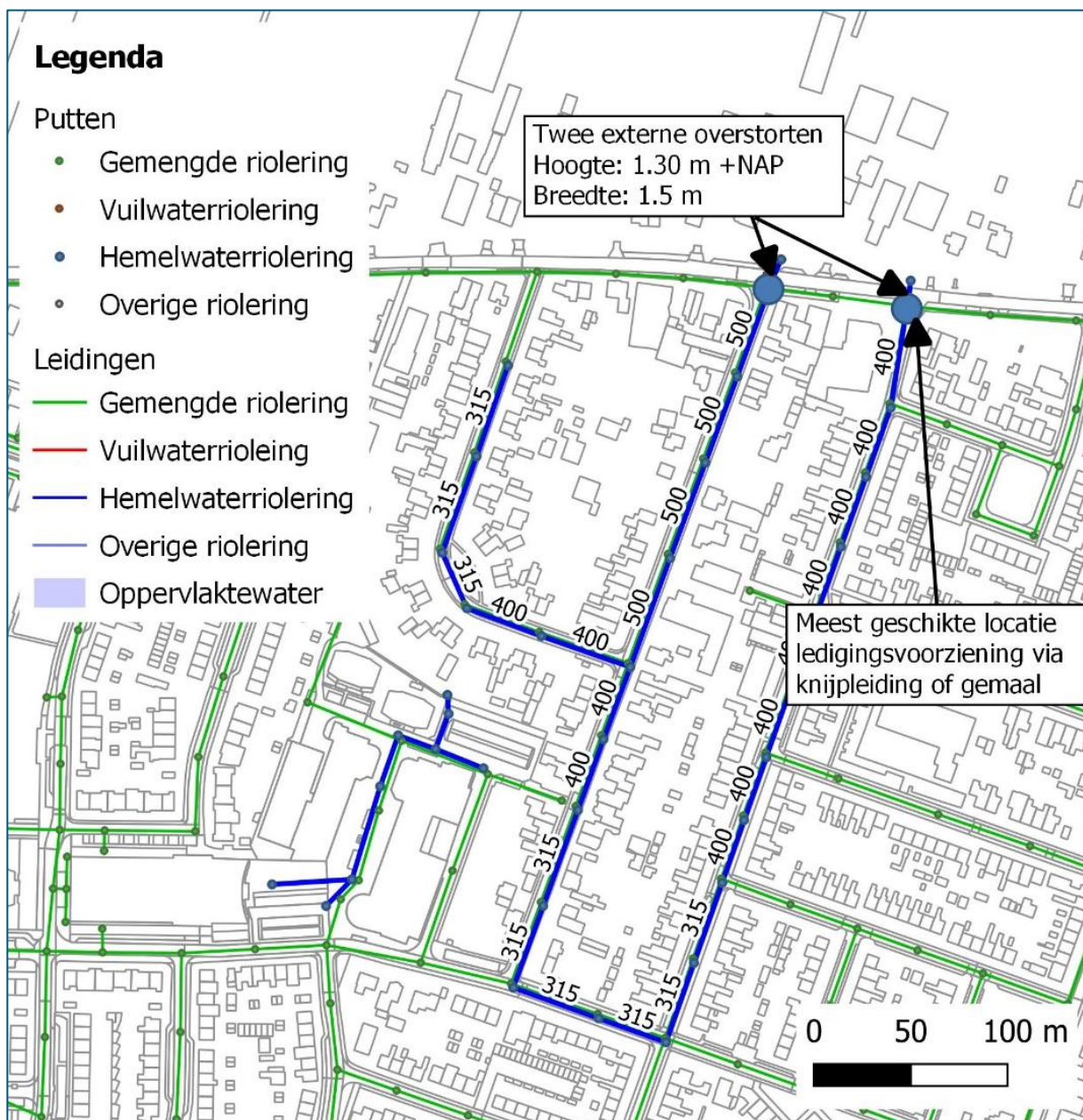
De gemeente De Bilt is voornemens om een afkoppelproject op te zetten aan de noordoostkant van Maartensdijk. Het plan is daarbij is om een afvoermogelijkheid te maken naar de A-watgang die parallel loopt aan de Dorpsweg. Afvoer naar de sloot aan de westzijde van de Doctor J.J.F. Steijlingweg acht de gemeente niet mogelijk door enkele krappe duikers in de sloot. Middels een berekening is het effect van een dergelijk afkoppelproject doorgerekend.

Uitgangspunten rekenmodel

- Voor nu is rekening gehouden met de aanleg van hemelwaterriolering in de Molenweg, Prins Bernardlaan en de Doctor J.J.F. Steijlingweg. Uitbreidingen van het afkoppelplan naar het westen of oosten zijn daarbij ook mogelijk, eventueel in combinatie met een extra hoge overstort naar de vijvers langs de Nachtegaallaan. Hier is nog geen rekening mee gehouden in het ontwerp.
- Er is gekozen voor een hemelwaterriool met berging. Dit voorkomt dat de watgang langs de Dorpsweg krijgt te maken met grotere piekvolumes aan neerslag.
- Met de aanleg van hemelwaterriolering in de genoemde straten kan zo'n 1,7 ha verhard oppervlak worden afgekoppeld, uitgaande van het afkoppelen van 100% van openbare ruimte en 50% van het dakoppervlak.
- Er is aangenomen dat goede uitwisseling tussen de gemengde riolering en de hemelwaterriolering mogelijk is via het maaiveld. Dit is in het model meegenomen door wat extra leidingen tussen de gemengde en hemelwaterriolering met als B.O.B. het maaiveldniveau. Naast de extra leidingen is ook uitwisseling mogelijk via de inspectieputten en het 2D maaiveld.

Resultaten

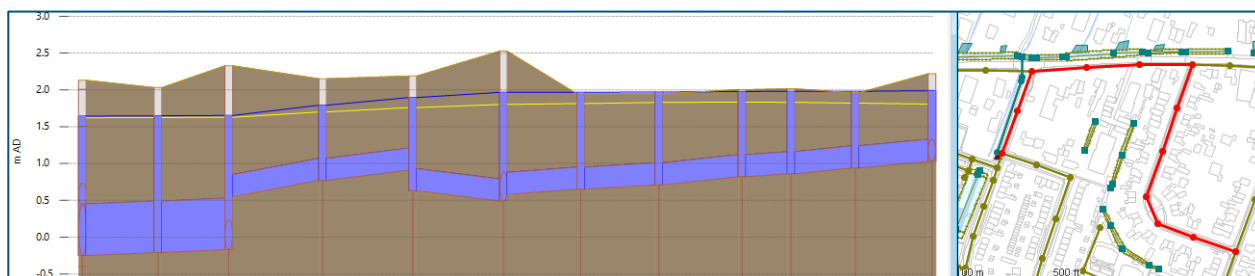
Figuur 67 toont het uiteindelijke ontwerp dat is doorgerekend met het rekenmodel. Figuur 68 toont het effect van de maatregel bij Bui 9: de hoeveelheid water-op-straat vanuit de gemengde riolering neemt sterk af bij deze bui als gevolg van het afkoppelen en de uitwisseling met de hemelwaterriolering via het maaiveld. De berekende waterstand in de Doctor J.J.F. Steijlingweg (ter hoogte van put 220827) bij Bui 9 neemt af van 8 naar 3 cm. Bij Bui 8 berekent het model in de toekomstige situatie geen water-op-straat meer. Figuur 69 toont een doorsnede van de riolering in de huidige en toekomstige situatie bij Bui 8.



Figuur 67 – Doorgerekende ontwerp van de hemelwaterriolering in Maartensdijk



Figuur 68 – Effect van aanleg hemelwaterriolering Maartensdijk bij Bui 9: water-op-sstraat voor en na de maatregelen.



Figuur 69 – Doorsnede gemengde riolering van de Doctor J.J.F. Steijlingweg naar het BBB Nachtegaallaan en bij Bui 8. De blauwe lijn toont de druk in de huidige situatie, de gele lijn na uitvoering van het afkoppelproject.

E.3 – Omgeving Looydijk (DB-1)

Beschrijving

De Looydijk loopt van west naar oost door De Bilt. In de wijk ten zuiden van de Looydijk en ten oosten van de Hessenweg ontstaat bij extreme regenval water-op-sstraat. Dit komt door het hoge aandeel verhard oppervlak in combinatie met vrij geringe diameters van de gemengde riolering. Figuur 70 toont de Looydijk in De Bilt.



Figuur 70 - De Looydijk in De Bilt (Bron: Google Maps)

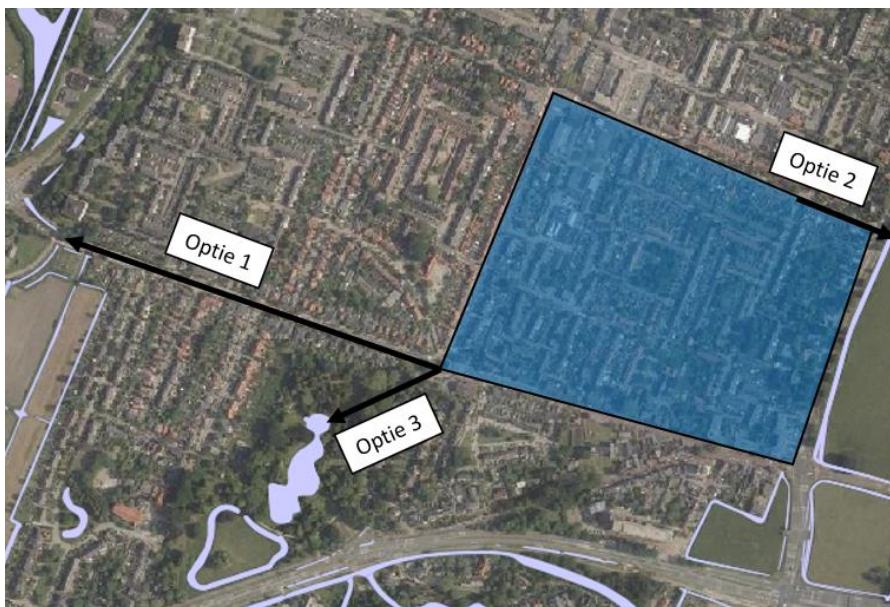
Keuzeproces en oplossing

Vergroten van de gemengde riolering aan de oostzijde van De Bilt zorgt voor meer afvoercapaciteit naar de overstorten in de Weltevreden en de Blauwkapelseweg, maar ook dichterbij deze overstorten ontstaat water-op-sstraat in de huidige situatie. Vergroten van de gemengde riolering kan daarom een negatief effect hebben op benedenstroomse straten. Afkoppelen van verhard oppervlak door de aanleg van een hemelwaterriolering lijkt hier daarom de meest effectieve methode om wateroverlast te verminderen.

In overleg met de gemeente is besloten de mogelijkheden te onderzoeken voor een nieuwe hemelwaterstructuur aan de zuidoostzijde van De Bilt. Wat betreft de locatie van de primaire (laagst gelegen) externe overstort, zijn drie locaties bekeken (zie Figuur 71):

- Optie 1: de A-watgang aan de westzijde van De Bilt parallel aan de Park Arenberg (via een riool in de Blauwkapelseweg).
- Optie 2: de A-watgang aan de oostzijde van De Bilt parallel aan de Soestdijkseweg Zuid (via een riool in de Looydijk).
- Optie 3: de vijver in het van Boetzelaerpark.

Uiteindelijk is gekozen om **optie 3** verder uit te werken. Dit komt omdat de gemeente De Bilt het niet mogelijk acht een groot hemelwaterriool in de Blauwkapelseweg te leggen door de vele kabels en leidingen die er al liggen. Optie 1 valt daarom af. Optie 2 is uitvoerbaar, maar het zomerpeil van deze watgang bedraagt 1,65 m +NAP, terwijl het laagste maaiveld in het projectgebied 2,20 m +NAP bedraagt. Hierdoor zal het in de praktijk moeilijk zijn om voldoende afvoercapaciteit te creëren naar de overstort. Optie 3 blijft daarmee over: het peil van de vijver bedraagt 0,80 m +NAP en de bergingscapaciteit van de vijver is circa 2.400 m³ (uitgaande van peilstijging van 40 cm) zonder dat er wateroverlast zal ontstaan. Hydraulisch gezien is deze optie daarom zeer gunstig.



Figuur 71 - Drie opties voor de afvoer van de 'hemelwaterstructuur Looydijk'

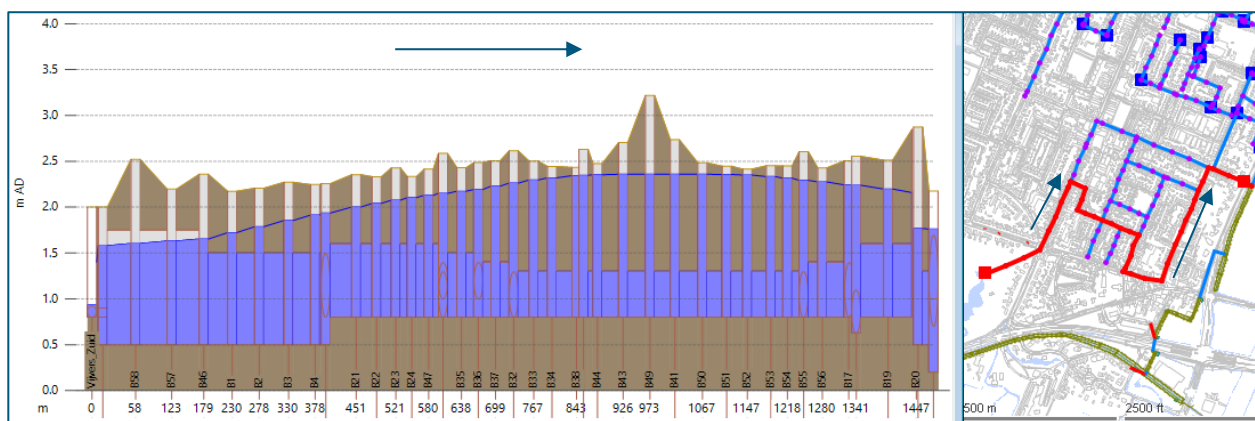
Uitgangspunten rekenmodel

- Uit verkennende berekeningen is gebleken dat een tweede afvoerroute via een nood overstort in de Looydijk ('optie 2') nodig is om water-op-straat te voorkomen in deze straat.
- Met de aanleg van hemelwaterriolering kan zo'n 7,9 ha verhard oppervlak worden afgekoppeld, uitgaande van het afkoppelen van 100% van openbare ruimte en 50% van het dakoppervlak.

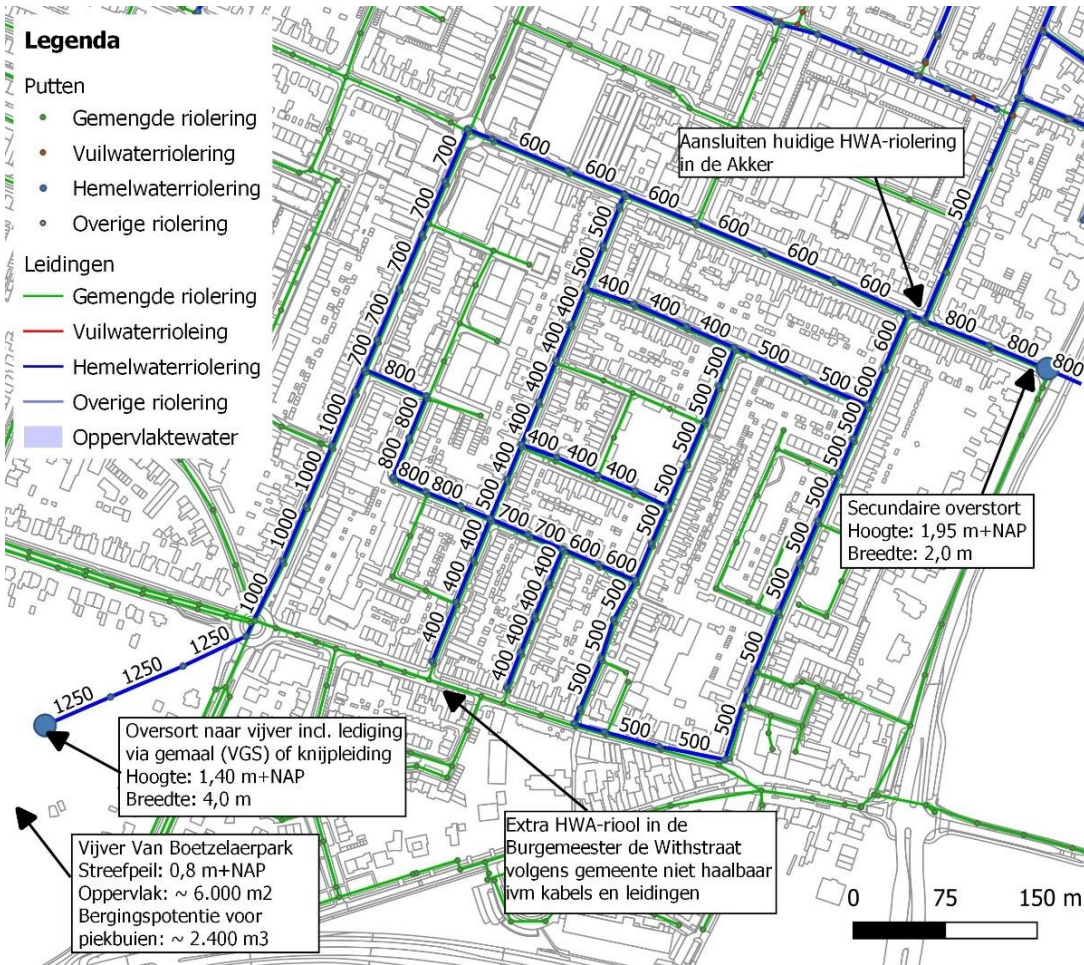
Resultaten

Figuur 73 toont het ontwerp dat is uitgewerkt met behulp van de modelberekeningen. Hierbij zijn de transportriolen opgenomen in het rekenmodel. Zijstraten en eindstrengen zijn niet meegenomen in het rioleringsmodel, maar wel afgekoppeld qua verhard oppervlak.

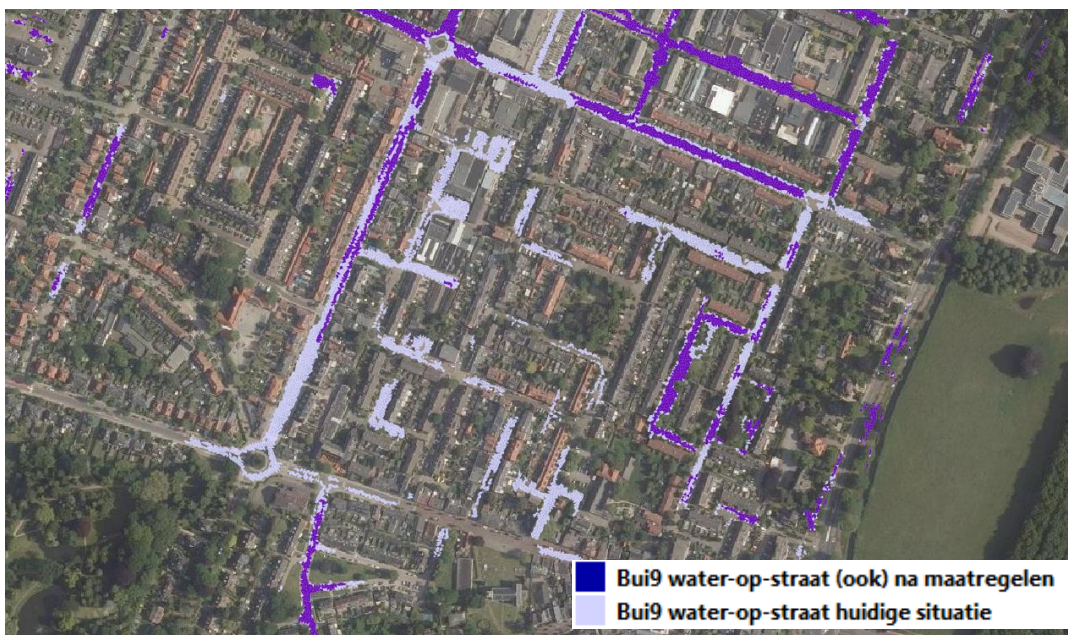
Figuur 72 toont een doorsnede van de hemelwaterriolering bij Bui 9. De figuur toont dat zelf bij de grote ontwerpdiameters die zijn aangehouden (maximaal 1250 mm, zie Figuur 73), de waking bij Bui 9 alsnog gering is. Figuur 74 toont het effect van de maatregel bij Bui 9: de hoeveelheid water-op-straat vanuit de gemengde riolering neemt sterk af bij deze bui als gevolg van het afkoppelen.



Figuur 72 – Hydraulisch functioneren hemelwaterriolering bij Bui 9



Figuur 73 - Doorgerekende ontwerp van de hemelwaterriolering in De Bilt zuidoost.



Figuur 74 – Effect van de aanleg van een nieuwe hemelwaterstructuur ten zuiden van de Looydijk.

E.4 – Park Arenberg (DB-2)

Beschrijving

Park Arenberg ligt ten zuiden van het centrum van De Bilt. Het model berekent in de straat veel inundatie bij Bui 8 en 9. Dat komt doordat de straat (tevens een bemalingsgebied samen met de omliggende straten) lager ligt dan het centrum De Bilt, waardoor het gebied veel overtollig water vanuit bovenstroomse gebieden ontvangt. De externe overstort van het BBB Blauwkapelseweg is met 1,15 m +NAP maar net lager dan het maaiveld in de Park Arenberg (1,40 m +NAP), waardoor er bovendien weinig afvoercapaciteit is bij een volledig gevuld rioleringsstelsel.



Figuur 75 - Park Arenberg in De Bilt (Bron: Google Maps)

Keuzeproces en oplossing

Ten westen van Park Arenberg is de gemeente voornemens om een gebied in de Voordorpse polder van zo'n 3,5 ha in te richten als natuur met daarin een grote waterberging. Hierdoor ontstaat een mogelijkheid om bemalingsgebied Park Arenberg af te koppelen en te laten afwateren richting deze berging. Bijkomend voordeel is dat de polder een lager peil heeft (zomerpeil 0,20 m +NAP) dan de effluentsloot waarop het BBB loost (vast peil 0,75 m+NAP). Overtollig water vanuit de gemengde riolering kan via het maaiveld worden opgevangen en afgevoerd.

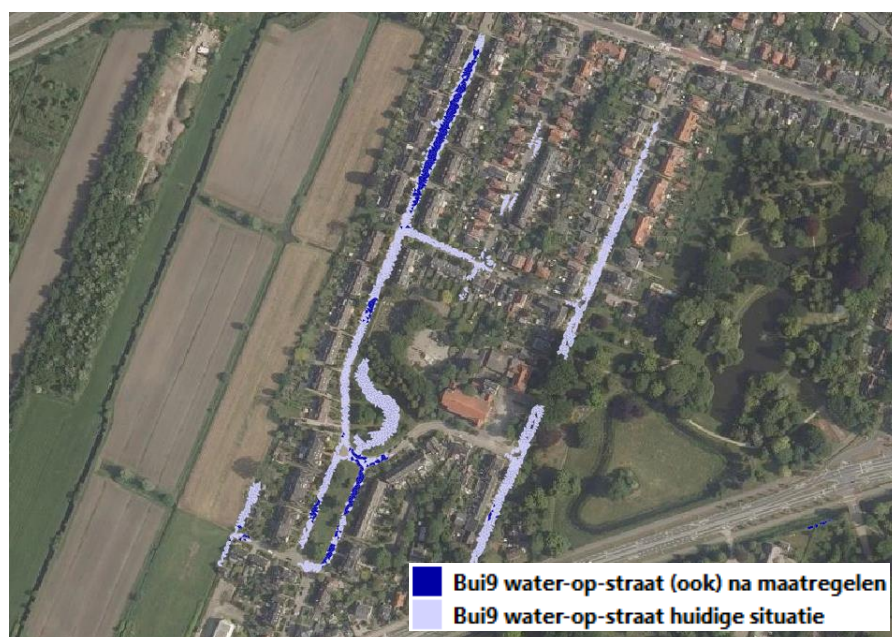
Uitgangspunten rekenmodel

- Met de aanleg van hemelwaterriolering kan zo'n 3,0 ha verhard oppervlak worden afgekoppeld, uitgaande van het afkoppelen van 100% van openbare ruimte en 50% van het dakoppervlak.
- Er is aangenomen dat goede uitwisseling tussen de gemengde riolering en de hemelwaterriolering mogelijk is via het maaiveld (waarmee het HWA bij zware neerslag kan fungeren als overstortriool). Dit is in het model meegenomen door wat extra leidingen tussen de gemengde en hemelwaterriolering met als B.O.B. het maaiveldniveau. Naast de extra leidingen is ook uitwisseling mogelijk via de inspectieputten en het 2D maaiveldmodel.
- Voor het berekenen van het effect van de maatregelen is een apart rekenscenario opgesteld waarbij de maatregelen voor de omgeving van de Looydijk niet zijn meegenomen.

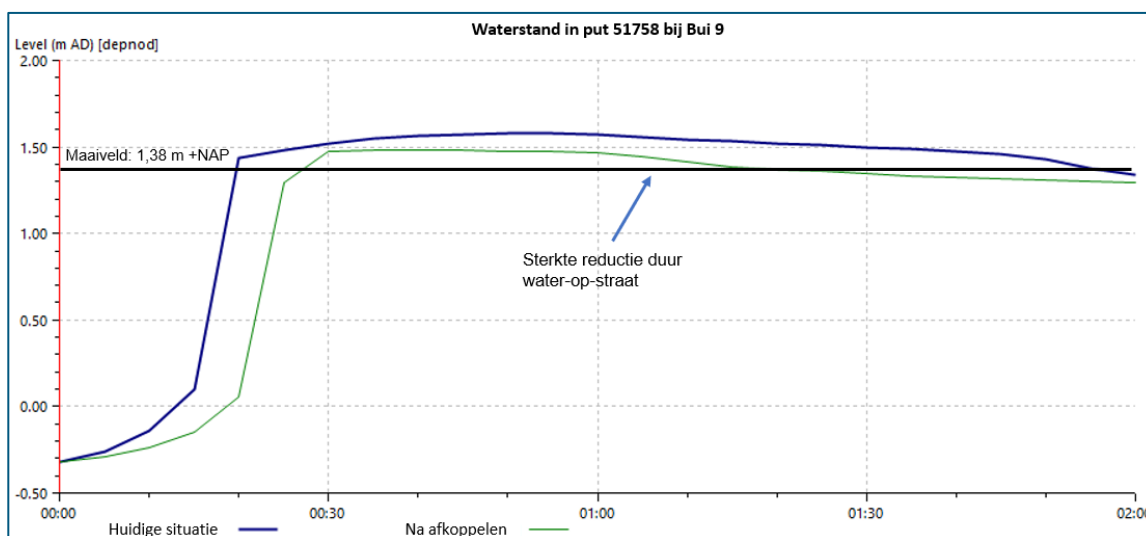
Resultaten

Figuur 76 toont het berekende water-op-straat in de huidige en in de toekomstige situatie en bij Bui 9. Door de maatregelen neemt de duur en het volume water-op-straat sterk af. Om dit verder te

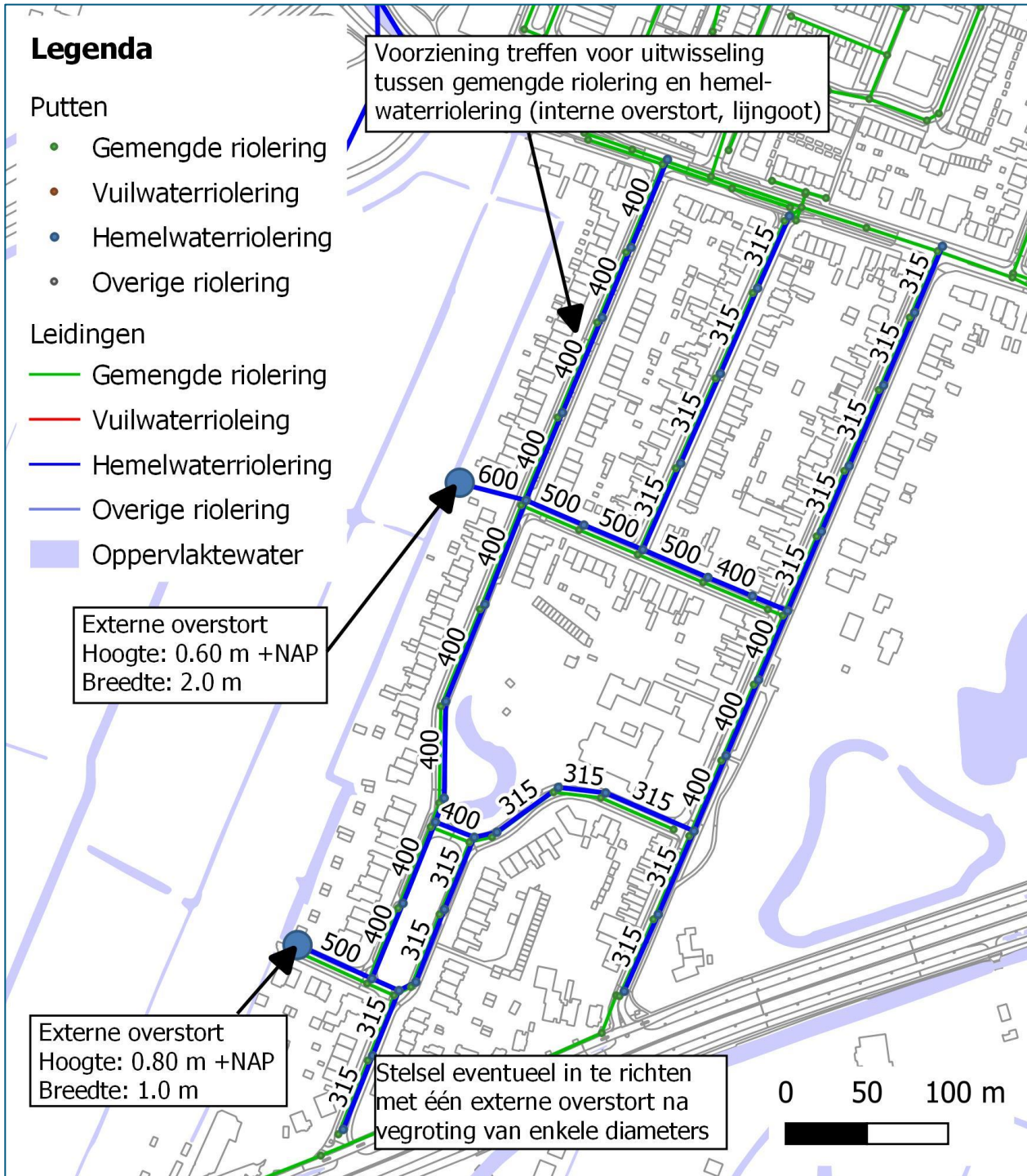
verduidelijken, toont Figuur 77 de waterstand over de tijd in de diepst gelegen put in de straat. Figuur 78 toont het doorgerekende ontwerp van de hemelwaterriolering. Hierin is gekozen voor twee externe overstorten, waardoor leidingdiameters wat kleiner en daarmee makkelijker in te passen in de straat zijn. De maatregelen kunnen niet voorkomen dat bij gemeentelijke normbui Bui 8 alsnog water-op-straat ontstaat. Het model berekent zo'n 4 – 6 cm water-op-straat in de laagste delen van de straat (> 10 cm in de huidige situatie). Dit komt omdat het afkoppelen van verhard oppervlak niet voorkomt dat water vanuit het centrum van De Bilt richting deze lage delen stroomt. Door op de langere termijn ook af te koppelen in het centrum van De Bilt (bijvoorbeeld door maatregel DB-1), zal de waterhuishouding verder verbeteren. Op dit moment is de gemeente al bezig met het afkoppelen van de Professor T.M.C. Asserweg en de omgeving daarvan. Ook dit plan heeft een positieve invloed op de waterhuishouding in de Park Arenberg.



Figuur 76 – Omvang water-op-straat Bui 9 Park Arenberg



Figuur 77 – Waterstand in put 51758 (laagstgelegen punt in Park Arenberg). De figuur toont een sterke afname van de duur van water-op-straat en de maximale waterstand.



Figuur 78 – Doorgerekende ontwerp van de hemelwaterriolering in de Park Arenberg.

E.5 – Steinenburglaan/Utrechtseweg (DB-4 + DB-5)

Beschrijving

In het zuidwesten van De Bilt liggen aan de noord- en zuidzijde van de Utrechtseweg nog een aantal straten met woningen. In deze straten ligt een gemengd rioleringsstelsel. Figuur 79 toont de Steinenburglaan ten noorden van de Utrechtseweg. Volgens de berekeningen kan bij zware neerslag water-op-straat ontstaan. In de praktijk zijn er geen meldingen van overlast, maar bij vervanging van de huidige riolering luidt het advies om de afvoercapaciteit van de gemengde riolering te vergroten.



Figuur 79 - De Steinenburglaan in De Bilt (Bron: Google Maps)

Keuzeprocess en oplossing

Door middel van een modelberekening is het effect getoetst van het vergroten van de gemengde riolering in het bemalingsgebied Veldichtstraat. Het bemalingsgebied Utrechtseweg, wat wordt gevormd door slechts één woonerf, kan onder vrij verval worden aangesloten op het bemalingsgebied Veldzichtstaat. Ook deze maatregel is meegenomen in de berekening.

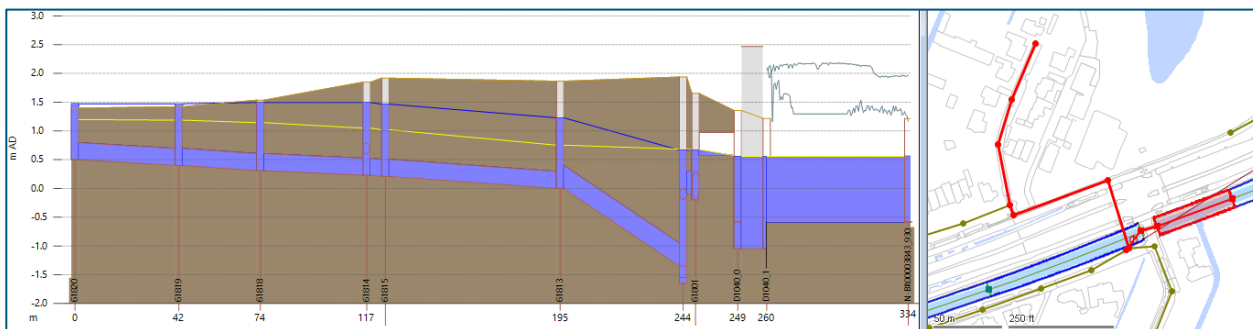
Uitgangspunten rekenmodel

- In het model is alleen uitgegaan van het aanpassen van de gemengde riolering. In de praktijk lijkt het wel mogelijk om bij reconstructie van de openbare ruimte ook enkele straatkolken in de Utrechtseweg direct te laten lozen op De Biltse Grift.

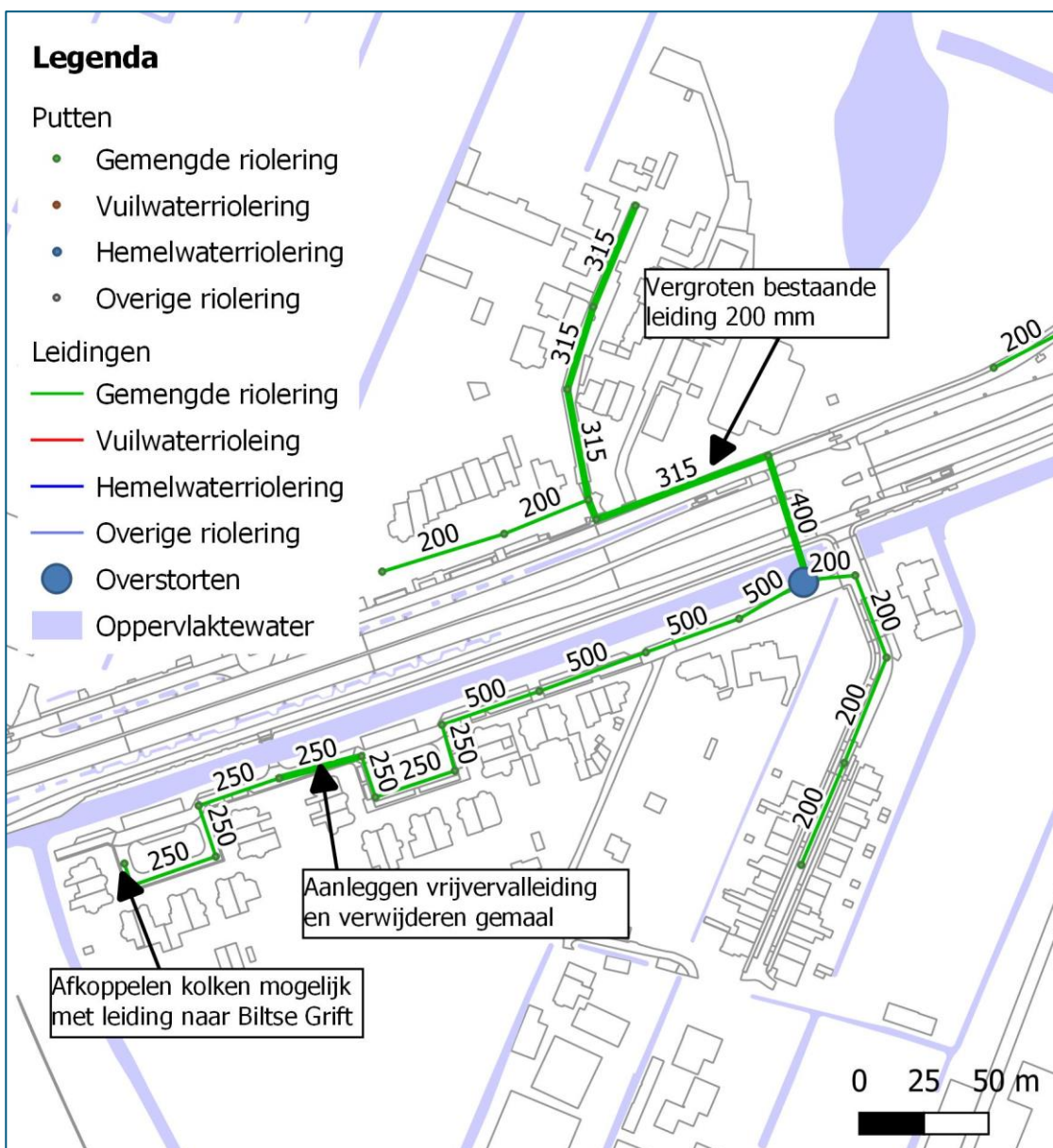
Resultaten

Figuur 81 toont het ontwerp dat is doorgerekend. Figuur 80 toont een doorsnede van de riolering en de resultaten in de huidige en in de toekomstige situatie. Door vergroten van de leidingdiameters berekent het model geen water-op-straat meer bij Bui 9. Het opheffen van het bemalingsgebied Utrechtseweg door het gemaal te verwijderen en een vrij verval leiding aan te leggen heeft vooral voordelen voor de onderhoudskosten van de riolering.

Naast de voordelen voor het hydraulisch functioneren, neemt ook de berging van het stelsel iets toe: van 67 m³ in de huidige situatie (54 m³ voor Veldzichtstraat + 13 m³ Utrechtseweg) tot 75 m³ in de toekomstige situatie. Dit zal zorgen voor een afname van de jaarlijkse vuiluitwerp via de overstort.



Figuur 80 – Doorsnede riolering in de huidige situatie (blauwe lijn) en na vergroten van de leidingdiameters (gele lijn) bij Bui 9. In de nieuwe situatie berekent het model geen water-op straat meer.



Figuur 81 – Doorgerekende ontwerp van de gemengde riolering in de bemaalingsgebieden Veldzichtstraat en Utrechtseweg. De dikkere leidingen zijn daarbij de gewijzigde leidingen.

E.5 – Burgemeester Fabiuspark (BH-1)

Beschrijving

De (straat) Burgemeester Fabiuspark is een straat die ongeveer een meter lager ligt dan de omgeving. Het absolute stelsel (een eigen bemalingsgebied) is voorzien van een groot ledigingsgemaal, maar het gemengde stelsel waarop dit gemaal loost heeft niet altijd voldoende capaciteit om dit op te vangen. Het gevolg is water-op-straat bij zware neerslag en een hoog aandeel risicopanden bij de klimaatbuien door de lage ligging. Figuur 82 toont de straat.

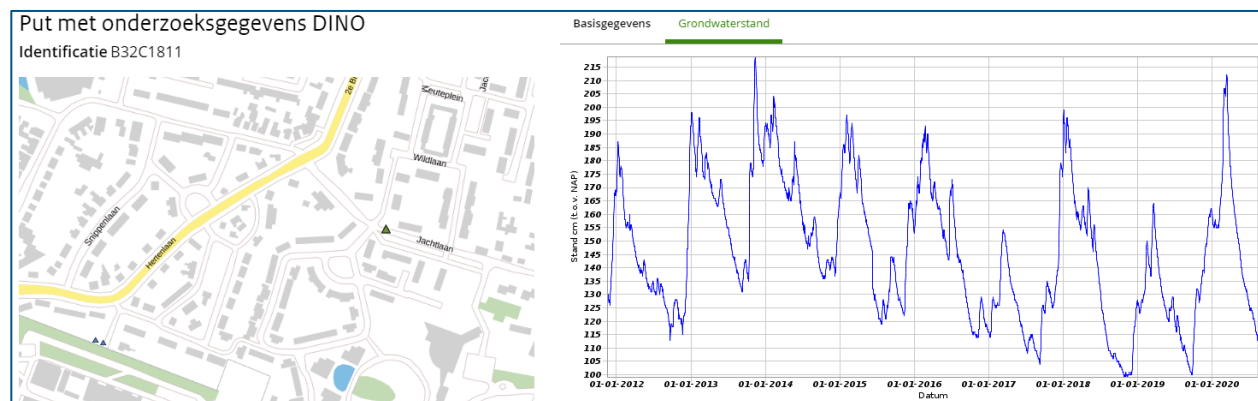


Figuur 82 - Burgemeester Fabiuspark te Bilthoven (Bron: Google Maps)

Keuzeproces en oplossing

De ligging van de straat is dermate ongunstig dat veel opties niet of nauwelijks mogelijk zijn:

- Aanleg van riolering is mogelijk, maar deze kan niet onder vrij verval worden aangesloten op het bestaande systeem en er bevindt zich ook geen watergang in de directe omgeving.
- Het maaiveld in alle richtingen ligt veel hoger dan het wijkje zelf.
- De hoogste grondwaterstand (GHG) is met 1,9 – 2,0 m +NAP relatief hoog ten opzichte van het maaiveld (2,8 m +NAP). Figuur 83 toont de gegevens van het dichtstbijzijnde grondwatermeetpunt. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het uitwerken van ondergrondse oplossingen (bijvoorbeeld door ondiep te bergen in combinatie met drainage).



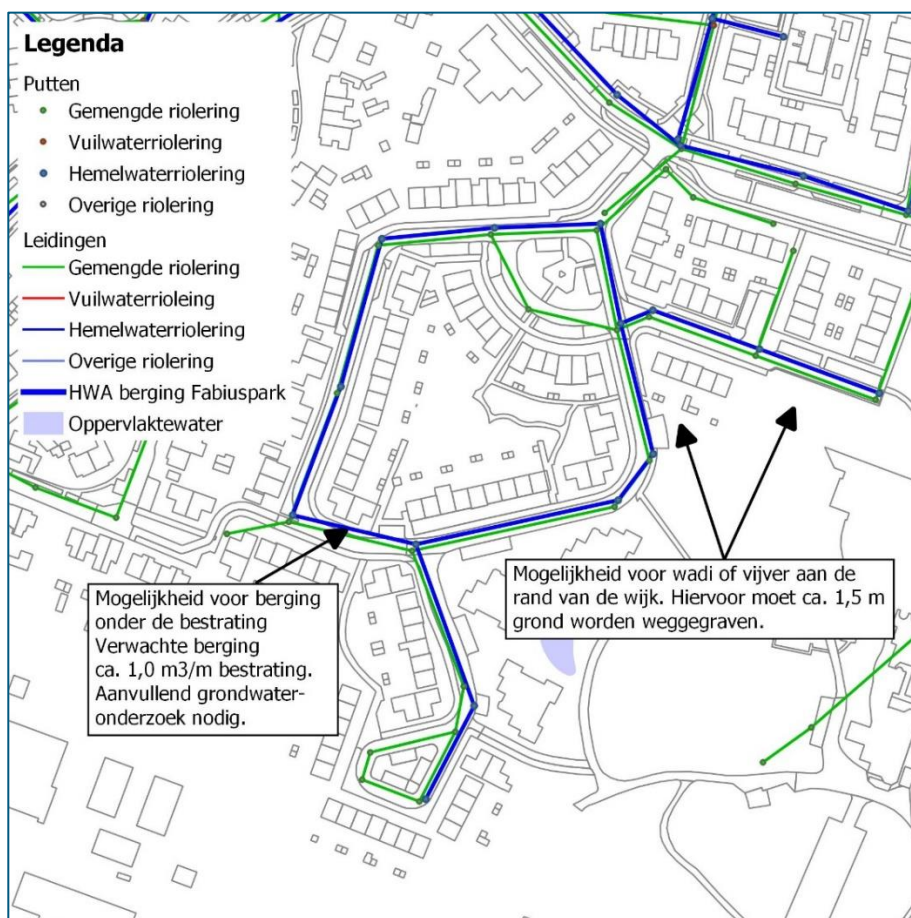
Figuur 83 - Gegevens grondwatermeetpunt B32B1811 (Bron: DinoLoket)

De meest voor de hand liggende oplossing is daarom het creëren van waterberging in de wegfundering. Hiervoor zijn verschillende marktpartijen die oplossingen aanbieden (zoals Aquaflo, Urban Rainshell), ook in combinatie met drainage voor toepassing met hoog grondwater. Door middel van een pakket waterdoorlatend materiaal onder de bestrating kan tot 750 m³ extra water worden geborgen onder de verharding van het wijkje. Ter vergelijking: de huidige bergingscapaciteit van het gemengde rioleringsstelsel bedraagt 119 m³ (5,4 mm ten opzichte van het verharde oppervlak).

Het totaal van 869 m³ waterberging is op basis van het verhard oppervlak in het bemalingsgebied voldoende om een bui van 40 mm neerslag te bergen zonder water-op-straat. Omdat het gebied echter zo laag ligt, zal bij zware neerslag ook regenwater vanuit de omgeving naar het de locatie toestromen. Hoeveel dit precies is, wordt beïnvloed door lokale kenmerken (op welke streng een bepaalde kolk zit aangesloten of kleine variaties in het maaiveld) en is daarom niet exact te berekenen met behulp van het rekenmodel. Naar verwachting zal de omvang en duur van water-op-straat wel sterk afnemen als gevolg van de maatregel.

Alternatieve of aanvullende berging

Een aanvullende of alternatieve oplossing is het uitgraven van een deel van het groen tussen de straat en het gemeentehuis in. Hiervoor moet wel 1,5 – 2,0 meter diep worden gegraven, zodat de bodemhoogte ongeveer 2,0 m +NAP bedraagt. Dicht tegen de woonwijk aan is het maaiveld nog relatief laag (maximaal 3,5 m +NAP), waardoor de hoeveelheid graafwerk hier beperkter blijft. Bij het graven van een vijver van 1.000 m² en een toegestane peilstijging van 50 cm, kan 500 m³ waterberging worden gecreëerd.



Figuur 84 – Mogelijkheden voor waterberging in de (straat) Burgemeester Fabiuspark

E.6 – Omgeving Julianalaan (BH-2)

De knelpuntlocatie “Omgeving Julianalaan” ligt in oosten van Bilthoven. Het model berekent hier veel water-op-sstraat bij Bui 8 en 9 en ook in de praktijk is regelmatig overlast ervaren. De overlast komt enerzijds doordat er een grote afstand moet worden overbrugd naar de overstort bij de RWZI (bij Bedrijventerrein Larenstein). Ondanks dat er ook een flink hoogteverschil aanwezig is, zorgen benedenstrooms gelegen afvoerleidingen in de Oude Brandenburgerweg, Jachtlaan en de Soestdijkseweg-zuid voor veel opstuwning (voor maatregelen hiervoor: zie Bijlage E.7). Anderzijds stroomt het water uit de hogere delen van Bilthoven (ten noorden van de spoorlijn) versneld af richting het zuiden, waardoor de riolering in de Julianalaan hoge piekdebieten krijgt te verduren.

Doordat de Julianalaan zelf hoger ligt dan enkele omliggende straten, stroomt er ook veel regenwater af naar de omliggende straten. Hierdoor berekent het model ook water-op-sstraat in de Sperwerlaan, Bosuillaan en de Koperwieklaan.



Figuur 85 - Julianalaan te Bilthoven

Keuzeproces en oplossing

In overleg met de gemeente is besloten om het effect van een nieuwe hemelwaterstructuur in de omgeving van de Julianalaan te onderzoeken. Daarbij worden ook mogelijkheden onderzocht om water lokaal vast te houden en vervolgens te infiltreren. Vasthouden van regenwater in de omgeving van de Julianalaan heeft ook een positieve invloed op de delen van Bilthoven die nog lager liggen.

Uitgangspunten rekenmodel

- Met de aanleg van hemelwaterriolering kan zo'n 10,8 ha verhard oppervlak worden afgekoppeld, uitgaande van het afkoppelen van 100% van openbare ruimte en 50% van het dakoppervlak.
- In het rekenmodel is de nieuwe hoofdstructuur van de hemelwaterriolering meegenomen. Kleine eindstrengen zijn niet opgenomen in het rekenmodel.
- Er zijn drie locaties vastgesteld waar waterberging kan worden gerealiseerd in de omgeving van de Julianalaan. Deze bergingen zijn meegenomen in het rekenmodel als een bergingsput met een vooraf opgegeven oppervlak en bodemhoogte.
- Er is aangenomen dat goede uitwisseling tussen de gemengde riolering en de hemelwaterriolering mogelijk is via het maaiveld. Dit is in het model meegenomen door wat extra leidingen tussen de gemengde en hemelwaterriolering met als B.O.B. het maaiveldniveau in de Julianalaan, Bosuillaan en Koperwieklaan. Naast de extra leidingen is ook uitwisseling mogelijk via de inspectieputten en het 2D maaiveldmodel.

- Het effect van de maatregel is gezamenlijk getoetst met de maatregelen voor de omgeving van de Leyenseweg (BH-3, BH-4). De gemeente De Bilt wil in navolging op dit SSW werken aan een hemelwaterstructuurplan. Belangrijk element hierin wordt de opstuwning (en daarmee de onderlinge beïnvloeding van maatregelen) die kan ontstaan als veel meer verharding wordt aangesloten op de lange wadi in het bos aan de oostkant van Bilthoven. Door de maatregelen te combineren, kan alvast een eerste inschatting worden gemaakt van het effect hierop.
- Alle nieuwe hemelwaterriolering is in de berekening gemodelleerd als IT-riolering, ervan uitgaande dat de grondwaterstanden hiervoor gunstig genoeg zijn.

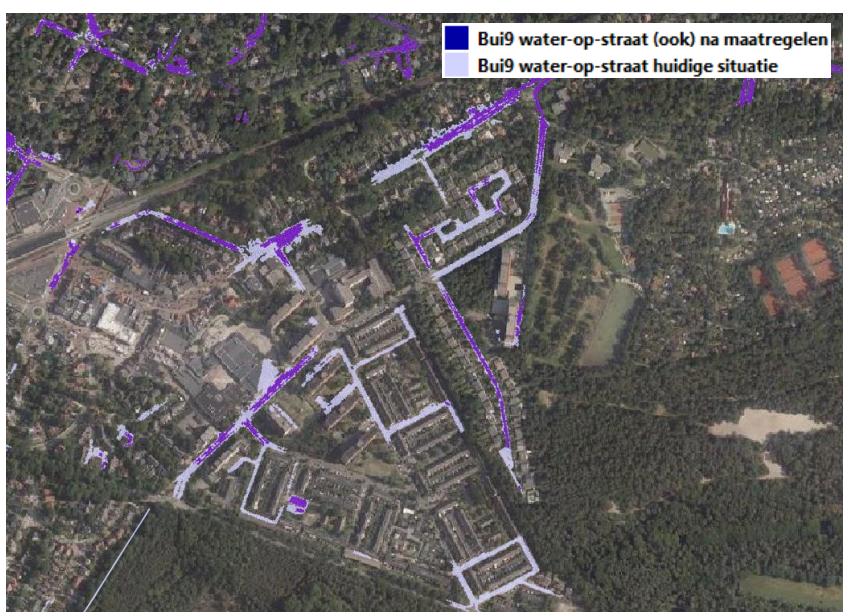
Resultaten berekeningen

Figuur 87 toont het ontwerp dat is doorgerekend. Hierin zijn drie locaties aangewezen waar mogelijk een waterberging kan worden ingericht. Figuur 86 toont de locaties met water-op-straat in de huidige en in de toekomstige situatie. Te zien is dat de wateroverlast sterk afneemt, maar dat er alsnog water-op-straat ontstaat vanuit de gemengde riolering. De maximale waterdiepte in de Julianalaan neemt sterk af: ter hoogte van put 74196 neemt de berekende waterdiepte af van 14 naar 5 cm. Hierbij moet wel worden vermeld dat ook de benedenstroomse maatregelen (BH-3 en BH-4) hier enig effect op zullen hebben.

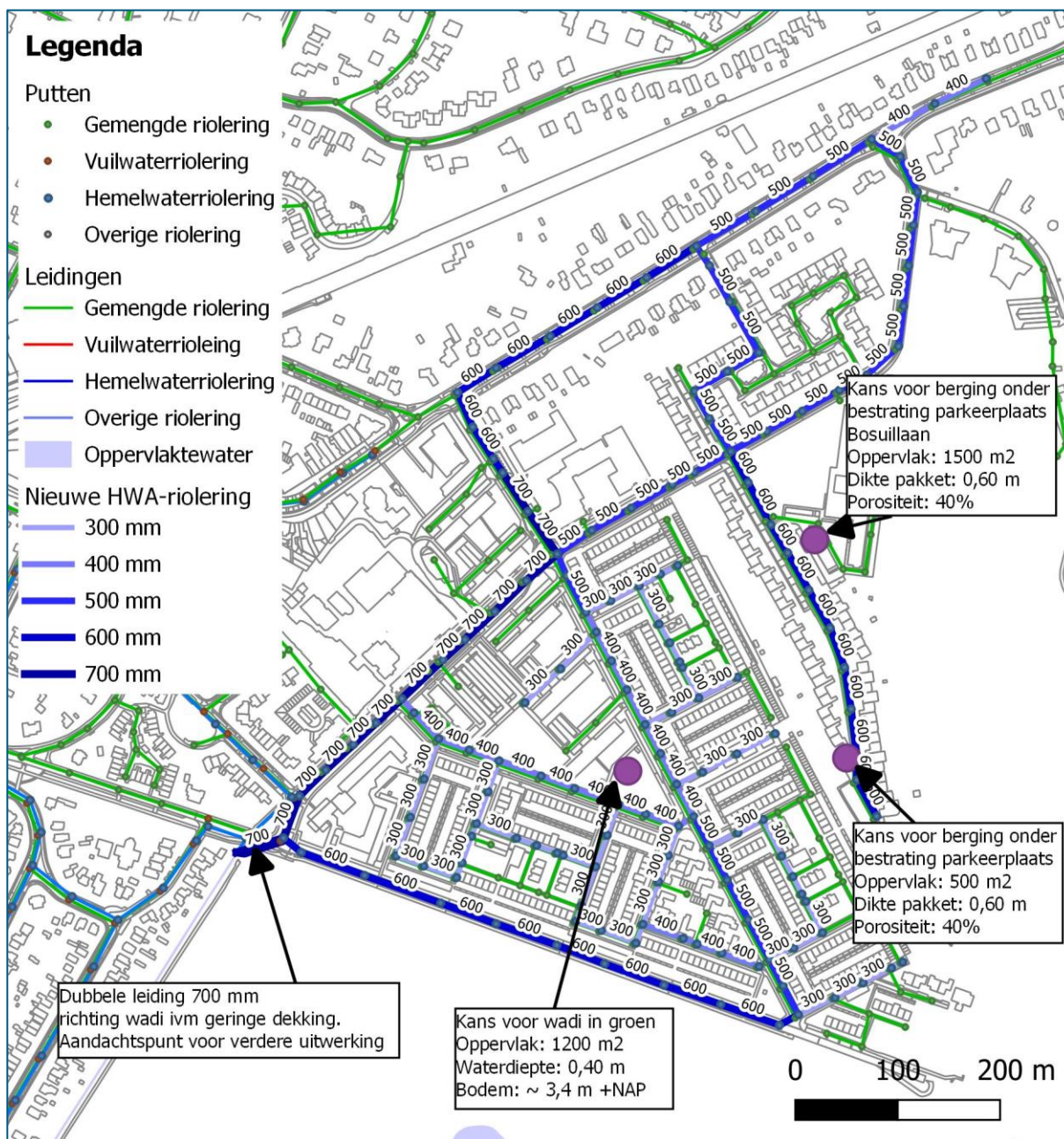
Effect afkoppelen op wadi

Zoals benoemd in de uitgangspunten is de belasting van de lange wadi in het bos die begint bij de Boslaan een aandachtspunt bij grootschalig afkoppelen in Bilthoven. Maatregelen BH-2, BH-3 en BH-4 zijn namelijk allen afkoppelprojecten. Ondanks het nemen van maatregelen om extra water vast te houden, zal deze wadi alsnog zwaarder worden belast als gevolg van het afkoppelen. Dit heeft weer opstuwning in de riolering als gevolg, ook van de bestaande afkoppelprojecten die hierop afwateren (omgeving Parklaan en de Soestdijkseweg-Zuid).

Volgens het rekenmodel bedraagt de maximale waterdiepte in de wadi ter hoogte van de Boslaan 67 cm bij Bui 8 en 94 cm bij Bui 9 en na het uitvoeren van BH-2, BH-3 en BH-4. De wadi is gemodelleerd op basis van profielen uit de AHN 3 en een geschatte infiltratiecapaciteit van 20,8 mm/uur van de watergang (K-waarde 0,5 m/dag). Het advies luidt om bij uitwerking van een hemelwaterstructuurplan de berging en afvoercapaciteit van de wadi beter in beeld te brengen door het inmeten van profielen.



Figuur 86 – Water-op-straat bij Bui 9 in de omgeving van de Julianalaan in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregelen



Figuur 87 - Hemelwaterstructuur omgeving Julianalaan

E.7 – Omgeving Leyenseweg (BH-3) + 1^e Brandenburgerweg (BH-4)

De knelpuntlocatie “Omgeving Leyenseweg” is beschreven in hoofdstuk 4.3.6. Het model berekent veel water-op-sstraat bij Bui 8 en 9 in de omgeving Leyenseweg doordat de afvoerleidingen in de gemengde riolering veel opstuwung veroorzaken. Dit komt mede doordat het gebied veel regenwater ontvangt vanuit de hoger gelegen delen van Bilthoven. Het meeste water-op-sstraat wordt berekend rond de kruising van de Leyenseweg en de 2^e Brandenburgerweg door een lokale laagte in het maaiveld.



Figuur 88 - Kruising 2e Brandenburgerweg met de Leyenseweg (Bron: Google Maps)

Keuzeproces en oplossing

Het doel van een maatregel in de omgeving Leyenseweg is het creëren van meer afvoercapaciteit. In overleg met de gemeente is besloten om het effect te onderzoeken van het **afkoppelen** van de Leyenseweg, 2^e Brandenburgerweg, Jachtlaan en de Prins Hendriklaan. De nieuwe strengen kunnen worden aangesloten op de huidige hemelwaterriolering in de omgeving van de Parklaan, zodat de nieuwe hemelwaterriolering kan afwateren op de wadi in het bos. Daarbij is het ook mogelijk om enkele bestaande afkoppelprojecten met elkaar te verbinden, zodat een gedegen hemelwaterstructuur ontstaat. Door het afkoppelen van de 1^e Brandenburgerweg mee te nemen in de hemelwaterstructuur, zal ook hier de omvang en duur van water-op-sstraat verminderen. Om die reden is het onderzoeken van deze maatregel (BH-4) samengevoegd met het knelpunt Leyenseweg (BH-3).



Figuur 89 - 1e Brandenburgerweg te Bilthoven (Bron: Google Maps)

Uitgangspunten rekenmodel hemelwaterriolering

- Met de aanleg van hemelwaterriolering kan zo'n 7,6 ha verhard oppervlak worden afgekoppeld, uitgaande van het afkoppelen van 100% van openbare ruimte en 50% van het dakoppervlak.
- Alle nieuwe hemelwaterriolering is in de berekening gemodelleerd als IT-riolering, ervan uitgaande dat de grondwaterstanden hiervoor gunstig genoeg zijn.
- In het rekenmodel is de nieuwe hoofdstructuur van de hemelwaterriolering meegenomen. Kleine eindstrengen zijn niet opgenomen in het rekenmodel.
- Er is aangenomen dat goede uitwisseling tussen de gemengde riolering en de hemelwaterriolering mogelijk is via het maaiveld. Dit is in het model meegenomen door wat extra leidingen tussen de gemengde en hemelwaterriolering met als B.O.B. het maaiveldniveau in de Leyenseweg en de 2^e Brandenburgerweg. Naast de extra leidingen is ook uitwisseling mogelijk via de inspectieputten en het 2D maaiveldmodel.
- Het effect van de maatregel is gezamenlijk getoetst met de maatregelen voor de omgeving van de Julianlaan en 1^e Brandenburgerweg (BH-2, BH-4). De gemeente De Bilt wil in navolging op dit SSW werken aan een hemelwaterstructuurplan. Belangrijk element hierin wordt de opstuwung (en daarmee de onderlinge beïnvloeding van maatregelen) die kan ontstaan als veel meer verharding wordt aangesloten op de lange wadi in het bos aan de oostkant van Bilthoven. Door de maatregelen te combineren, kan alvast een eerste inschatting worden gemaakt van het effect hierop.

Wijzigingen uitgangspunten hemelwaterstructuur na verkennende berekeningen

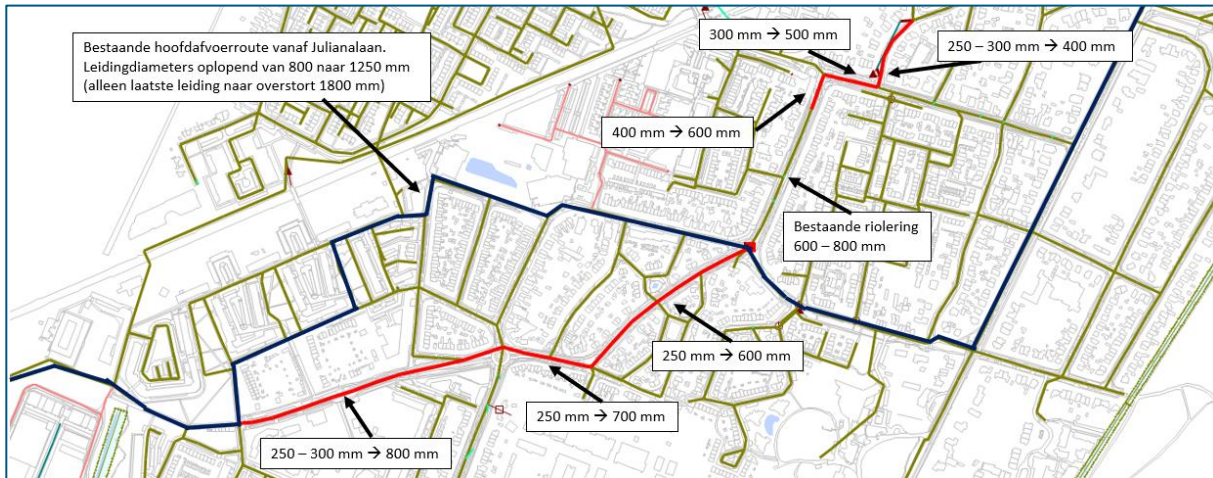
Tijdens de verkennende berekeningen zijn twee wijzigingen toegevoegd aan de hemelwaterstructuur:

- Door het extra verhard oppervlak wordt de wadi in het bos zwaarder belast (zie uitwerking maatregel BH-2). Hierdoor kan het peil in de wadi stijgen tot net onder het maaiveld in de 2^e Brandenburgerweg. Omdat er geen mogelijkheden zijn om lokaal berging te creëren, is gekozen om in het indicatieve ontwerp uit te gaan van een tweede afvoerroute richting de wadi bij de RWZI (bedrijventerrein Larenstein).
- Het bleek hydraulisch gezien niet mogelijk om te voorkomen dat ook bestaande leidingen van de hemelwaterriolering worden vergroot (in de Noord-Houdringelaan en de Melkweg).

Extra maatregel: extra hoofdafvoerroute gemengde riolering

Daarnaast is uit de analyses van hoofdstuk 4 voortgekomen dat ook in de gemengde riolering winst te behalen is: leidingen in de 2^e Brandenburgerweg, Oude Brandenburgerweg, Jachtlaan en Soestdijkseweg Zuid zorgen voor veel opstuwung. Om die reden is als aanvulling op het afkoppelen ook het effect berekend van het **vergroten van gemengde riolering** in de Melkweg, Hertenlaan en 2^e Brandenburgerweg om een extra afvoerroute naar de overstort te creëren (en daarbij riolering in de omgeving te ontlasten).

Hiervoor is een apart modelscenario opgesteld waarbij het effect is onderzocht bij Bui 8, (normbui voor bestaande riolering in de gemeente De Bilt) en Bui 9. Het resulterende ontwerp is vervolgens toegevoegd aan het modelscenario waarmee ook de hemelwaterriolering is doorgerekend.

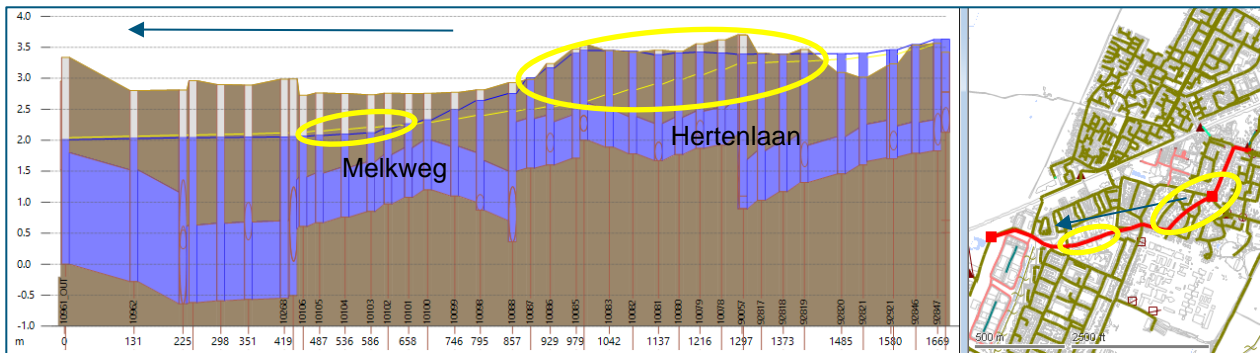


Figuur 90 – Doorgerekende vergroting van de gemengde riolering

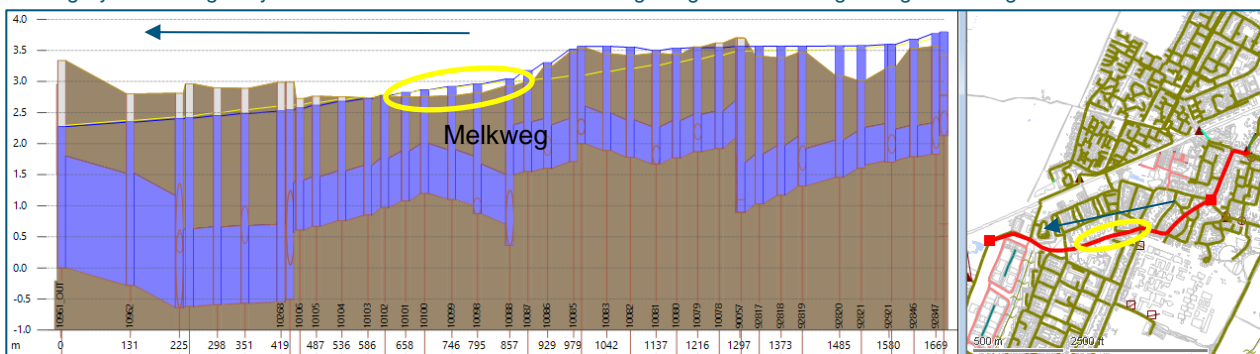
Resultaten vergroten gemengde riolering

Figuur 91 en Figuur 92 tonen het functioneren van de riolering bij Bui 8 en Bui 9 voor het tracé van de Nachtegaallaan naar de overstort bij de RWZI. Met name bij Bui 8 is een duidelijk verschil zichtbaar in de maximale waterstand: door vergroten van het tracé verlaagt de maximale waterstand aanzienlijk in de Hertenaan en 2^e Brandenburgerweg. Dit leidt benedenstrooms in de Melkweg tot een lichte toename van de maximale waterstand, maar dit leidt niet tot overlast omdat de waking nog voldoende is.

Bij Bui 9 is te zien dat het vergroten van de gemengde riolering leidt tot wat meer water-op straat in de Melkweg. Dit effect is echter beperkt ten opzichte van de vermindering van de waterstand bovenstrooms.



Figuur 91 – Doorsnede vanaf de Nachtegaallaan naar de overstort bij de RWZI. De blauwe lijn toont de maximale waterstand in de riolering bij Bui 8. De gele lijn toont de maximale waterstand na vergroting van het tracé gemengde riolering.



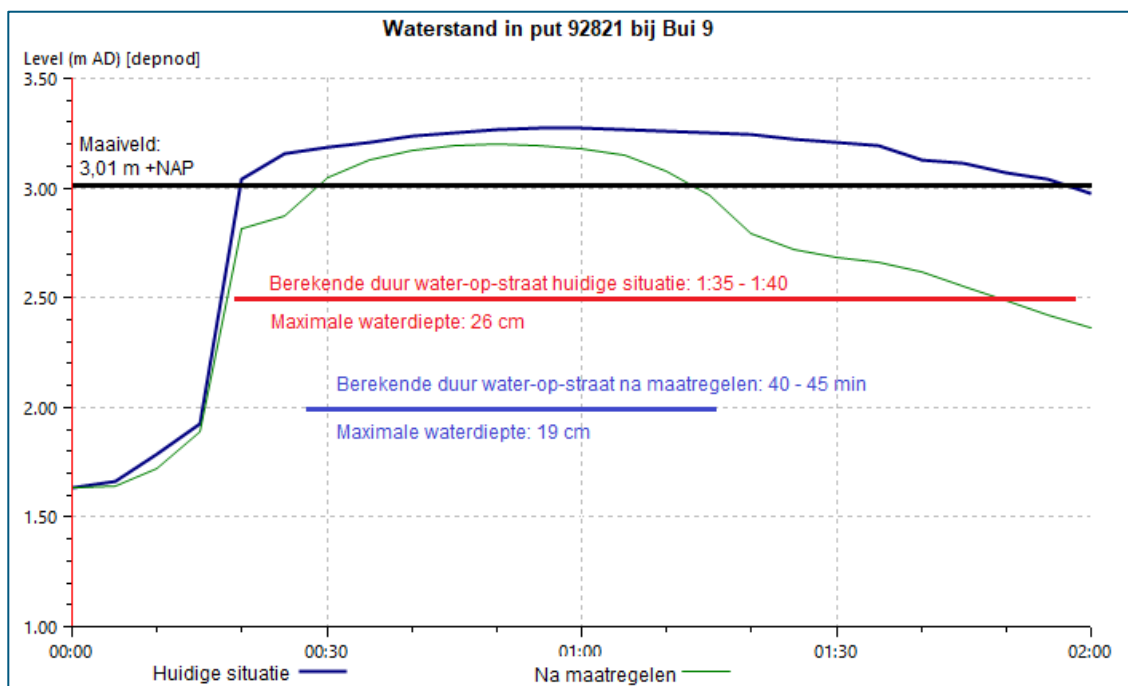
Figuur 92 – Doorsnede vanaf de Nachtegaallaan naar de overstort bij de RWZI. De blauwe lijn toont de maximale waterstand in de riolering bij Bui 9. De gele lijn toont de maximale waterstand na vergroting van het tracé gemengde riolering.

Resultaten hemelwaterriolering

Figuur 95 toont het doorgerekende ontwerp van de hemelwaterriolering in de omgeving van de Leyenseweg. Naast deze maatregelen, zijn ook de aanpassingen van de gemengde riolering en de maatregel BH-2 doorgevoerd in het rekenmodel.

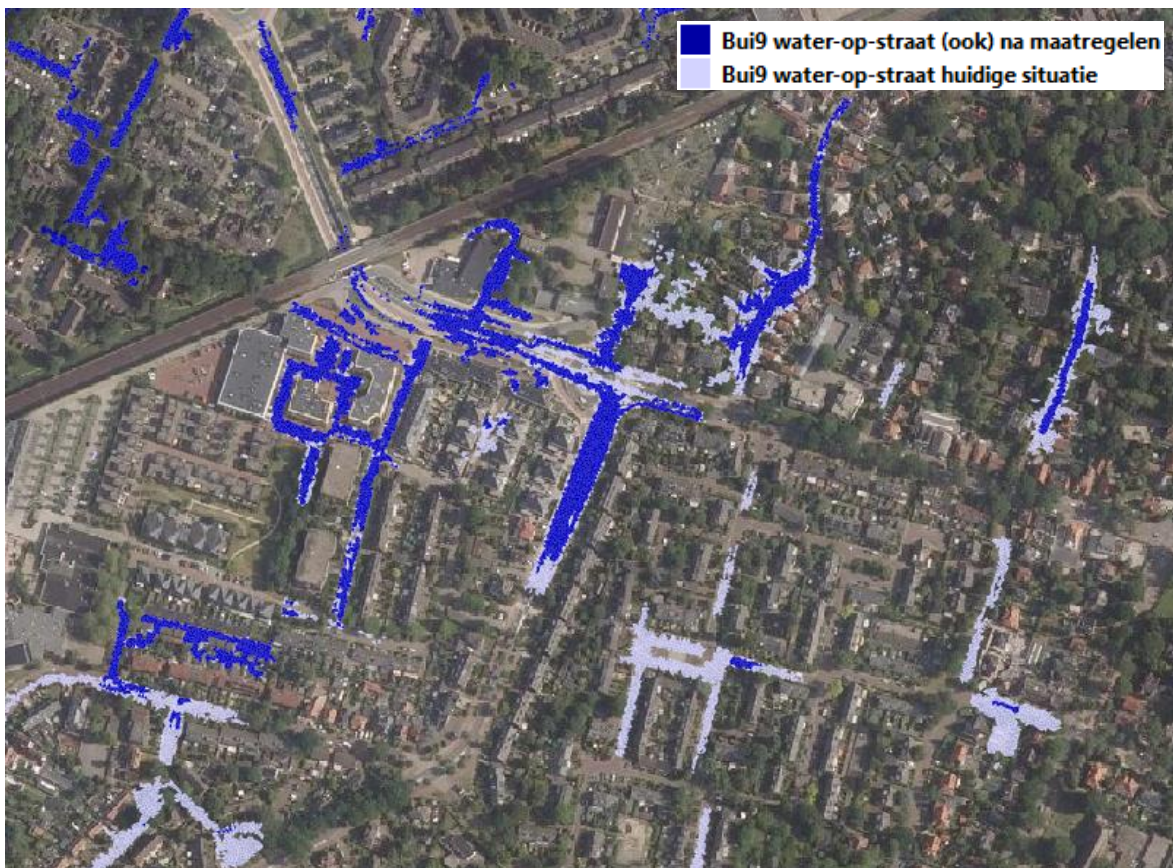
Figuur 94 toont de berekende omvang van water-op-sstraat in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregelen. Op het eerste gezicht lijkt de winst van het uitvoeren van een zeer zwaar pakket maatregelen beperkt: de omvang van water-op-sstraat bij de kruising Leyenseweg-2^e Brandenburgerweg neemt amper af na afkoppelen van 17 ha verhard oppervlak en een maatregelenpakket voor de gemengde riolering (alle maatregelen BH-2, BH-3, BH-4).

De winst zit echter vooral in een sterke afname van de duur van de overlast en de maximale waterdiepte op straat. Figuur 93 toont het verloop van de waterstand in de laagstgelegen put in de 2^e Brandenburgerweg. Door het pakket maatregelen neemt de duur van water-op-sstraat bij Bui 9 af met bijna een uur. Een verder afname lijkt hier moeilijk haalbaar: het vlakke centrumgebied van Bilthoven is hydraulisch gezien het afvoerputje voor de hoger gelegen delen van Bilthoven ten noorden van de spoorlijn. Om die reden is het met zware maatregelen alsnog niet te voorkomen dat bij piekbuien voor enige tijd water-op-sstraat ontstaat.

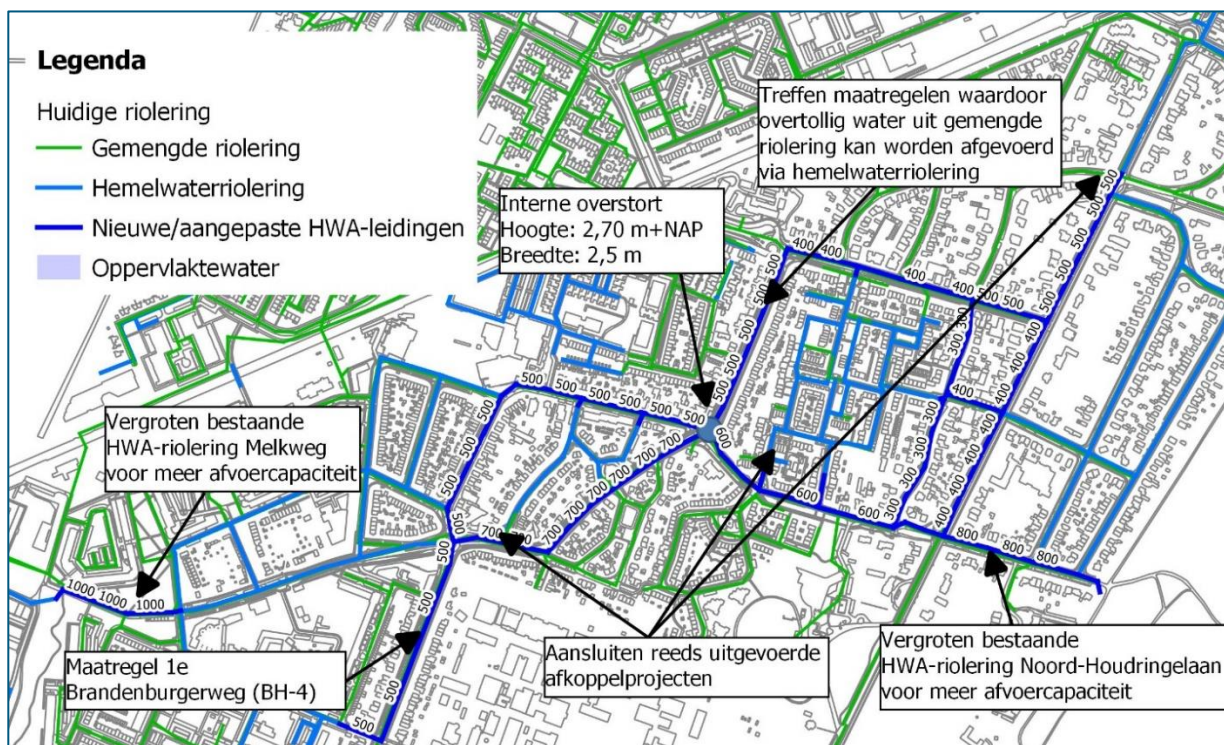


Figuur 93 - Verloop waterstand op laagstgelegen locatie 2^e Brandenburgerweg

Als laatste is in de maatregelen ook rekening gehouden met het afkoppelen van de 1^e Brandenburgerweg (maatregel BH-4). De maximale waterdiepte neemt hier bij Bui 9 af van 17 naar 10 cm (put 10117). Bij Bui 8 bedraagt de afname 3 cm (van 10 naar 7 cm).



Figuur 94 – Water-op-sstraat bij Bui 9 in de omgeving van de Leyenseweg in de huidige situatie en na uitvoering van de maatregelen



Figuur 95 - Hemelwaterstructuur omgeving Leyenseweg

Bijlage F – Emissieberekeningen uitgebreide resultaten

Deze bijlage toont de resultaten van de emissieberekening voor de huidige situatie in meer detail.

Locatie	Putcode rekenmodel	Volume 10jr	Aandeel (%)	kg CZV 10jr	Frequentie/jr
BBB Hollandsche Rading	BBBspoorlaan_2	23.872	100%	3.282	4.7
TOTAAL Hollandsche Rading		23.872 m³/10 jaar		3.282 kg CZV/10 jaar	
BBB Westbroek	BBBW-1	697	100%	96	0.3
TOTAAL Westbroek		697 m³/10 jaar		96 kg CZV/10 jaar	
BBB Groenekan	BBL-groenekan2	10.558	74,9%	1.452	5.7
Grothelaan	420250	1.915	13,6%	479	2.8
Veldlaan	420209	1.630	11,6%	408	2.7
TOTAAL Groenekan		14.103 m³/10 jaar		2.338 kg CZV/10 jaar	
BBB Industrieweg	2105352_O	3.648	11,3%	502	1.6
BBB Nachtegaallaan	BBL-nachtegaal1	4.277	13,2%	588	0.8
BBB Kon Julianalaan	BBB-jul1	1.529	4,7%	210	1.0
BBB Prinsenlaan	221117	22.831	70,7%	3.139	1.8
TOTAAL Maartensdijk		32.285 m³/10 jaar		4.439 kg CZV/10 jaar	
Veldzichtstraat	61801	1.724	0,2%	431	3.3
Emmalaan	21686	4.961	0,6%	1.240	1.6
Weltevreden	10450	283.081	33,4%	70.770	8.8
Groenekanseweg Oost	10295	12.382	1,5%	3.095	1.7
Groenekanseweg West	10946	128.807	15,2%	32.202	4.2
Dorpsstraat	31721	576	0,1%	144	2.3
BBB Blauwkapelseweg	BBLgroenekan2	280.579	33,1%	38.580	8.3
RWZI De Bilt	10961	134.515	15,9%	33.629	3.7
TOTAAL De Bilt/Bilthoven		846.623 m³/10 jaar		180.091 kg CZV/10 jaar	

Tabel 24 – Uitgebreide resultaten emissieberekening huidige situatie

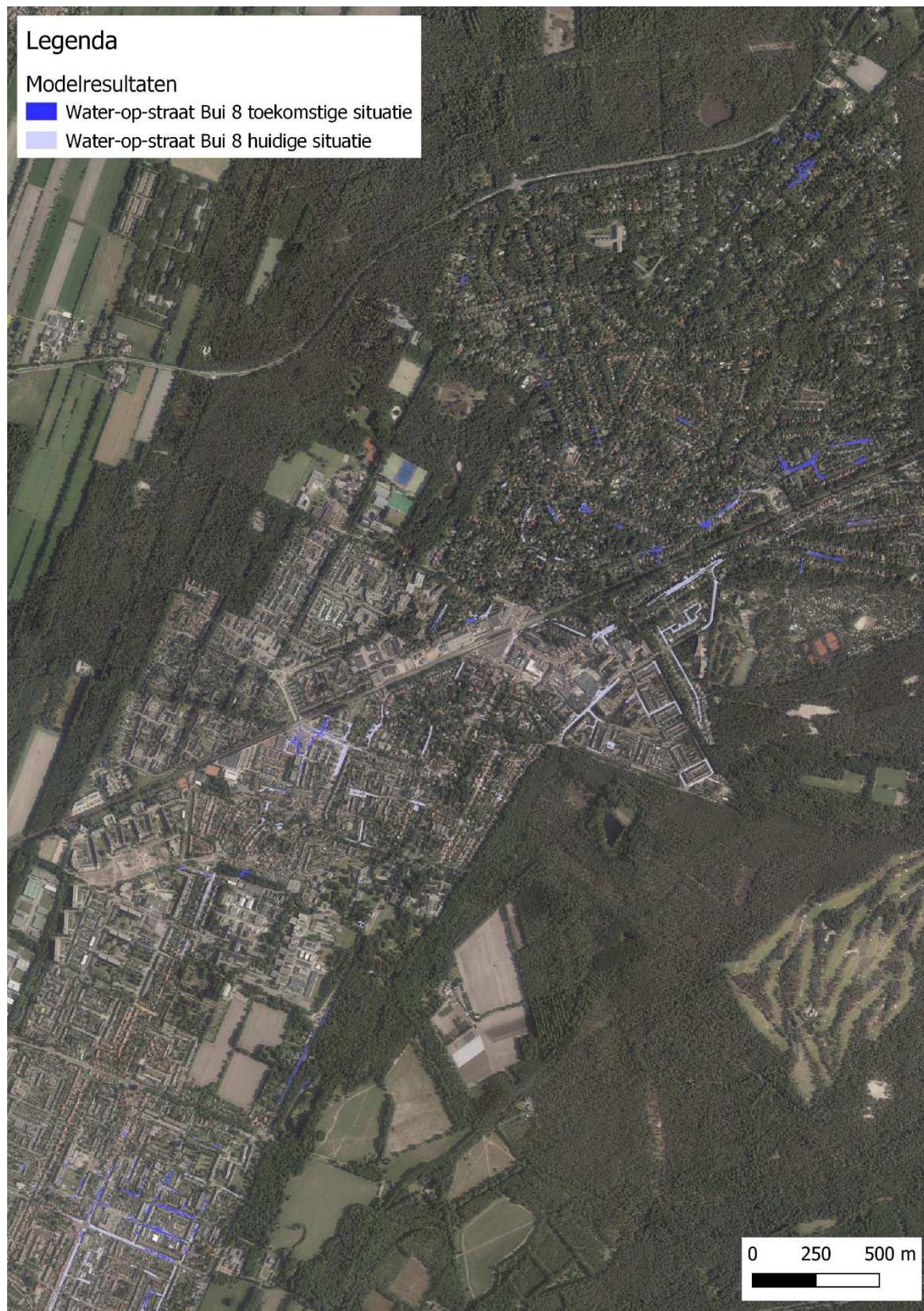
Bijlage G – Emissieberekeningen toekomstige situatie uitgebreide resultaten

Deze bijlage toont de resultaten van de emissieberekening voor de toekomstige situatie in meer detail.

Locatie	Putcode rekenmodel	Volume 10 jr	Aandeel (%)	kg CZV 10 jr	Frequentie/jr
BBB Hollandsche Rading	BBBspoorlaan_2	21.957	100%	3.019	4,5
TOTAAL Hollandsche Rading		21.957 m³/10 jaar		3.019 kg CZV/10 jaar	
BBB Westbroek	BBBW-1	697	100%	96	0,3
TOTAAL Westbroek		697 m³/10 jaar		96 kg CZV/10 jaar	
BBB Groenekan	BBL-groenekan2	10.500	74,9%	1.444	5,7
Grothelaan	420250	1.902	13,6%	476	2,8
Veldlaan	420209	1.619	11,5%	405	2,6
TOTAAL Groenekan		14.021 m³/10 jaar		2.324 kg CZV/10 jaar	
BBB Industrieweg	2105352_O	3.644	14,1%	501	1,5
BBB Nachtegaallaan	BBL-nachtegaal1	3.398	13,1%	467	0,7
BBB Kon Julianalaan	BBB-jul1	803	3,1%	110	1,7
BBB Prinsenlaan	221117	18.087	69,7%	2.487	1,6
TOTAAL Maartensdijk		25.932 m³/10 jaar		3.566 kg CZV/10 jaar	
Veldzichtstraat	61801	1.385	0,3%	346	2,3
Emmalaan	21686	4.907	0,9%	1.227	1,5
Weltevreden	10450	192.909	35,4%	48.227	6,2
Groenekanseweg Oost	10295	7.115	1,3%	1.779	1,1
Groenekanseweg West	10946	82.559	15,1%	20.640	2,8
Dorpsstraat	31721	576	0,1%	144	2,3
BBB Blauwkapelseweg	BBLgroenekan2	169.298	31,0%	23.279	5,7
RWZI De Bilt	10961	86.750	15,9%	21.687	2,8
TOTAAL De Bilt/Bilthoven		545.499 m³/10 jaar		95.641 kg CZV/10 jaar	

Tabel 25 – Uitgebreide resultaten emissieberekening toekomstige situatie

Bijlage H – Water-op straat kaarten huidige en toekomstige situatie



Figuur 96 – Contouren van water-op straat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 8 – Bilthoven (deel 1)



Figuur 97 – Contouren van water-op-sstraat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 9 – Bilthoven (deel 1)



Figuur 98 – Contouren van water-op-straat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 8 – Biltthoven/De Bilt



Figuur 99 – Contouren van water-op-sraat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 9 – Biltthoven/De Bilt



Figuur 100 – Contouren van water-op-sraat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 8 – Maartensdijk en Hollandsche Rading



Figuur 101 – Contouren van water-op-sraat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 9 – Maartensdijk en Hollandsche Rading



Figuur 102 – Contouren van water-op-sraat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 8 – Westbroek en Groenekan



Figuur 103 – Contouren van water-op-sstraat in de huidige en toekomstige situatie en bij Bui 9 – Westbroek en Groenekan

Bijlage I – Droogweerafvoer hoofdgemalen De Bilt

In deze bijlage worden de theoretische afvalwaterdebieten vergeleken met de meetgegevens voor de hoofdgemalen in de gemeente De Bilt.

Methode

Voor de theoretische afvalwaterdebieten zijn de waarden uit §3.1.1 overgenomen en vermenigvuldigd met 24 uur om het dagelijkse afvalwaterdebiet te bepalen. Het hoofdgemaal dat het afvalwater van de kern Westbroek verpompt staat in het buurtschap Achterwetering. Om dit debiet te bepalen is de hoeveelheid afvalwater die drukriolering loost op het gemaal (naar schatting 270 inwoners en een aantal bedrijven → 1,6 m³/uur) opgeteld bij het afvalwater van de kern Westbroek (3,9 m³/uur).

Voor de gemeten hoeveelheden afvalwater zijn met behulp van gegevens uit de Nationale Regenradar vijf droge perioden vastgesteld in 2019. Gedurende deze droge periode zouden de gemalen namelijk alleen afvalwater moeten verpompen. Er is bewust gekozen voor verschillende perioden over het jaar, zodat eventuele seizoen afhankelijke variaties in de hoeveelheid afvalwater zichtbaar worden. Voor de vijf perioden is vervolgens het gemeten afvalwaterdebiet uit de meetgegevens van het hoogheemraadschap (HDSR) gehaald.

Resultaten

Tabel 26 toont de resultaten van de vergelijking tussen het theoretische afvalwaterdebiet en het gemeten debiet. Hierbij is het hoogst gemeten gemiddelde oranje gemarkeerd en het laagst gemeten gemiddelde groen. In (bijna) alle gevallen is het gemeten afvalwaterdebiet hoger dan het theoretische debiet. Dit komt overeen met de verwachting, omdat in vrijwel elk stelsel rioolvreemd water aanwezig is. Het verschil tussen het theoretische en het gemeten debiet is een goede maatstaf voor de hoeveelheid rioolvreemd water. Figuur 104 toont een Infographic over rioolvreemd water.

Verder vallen de volgende zaken op in de tabel:

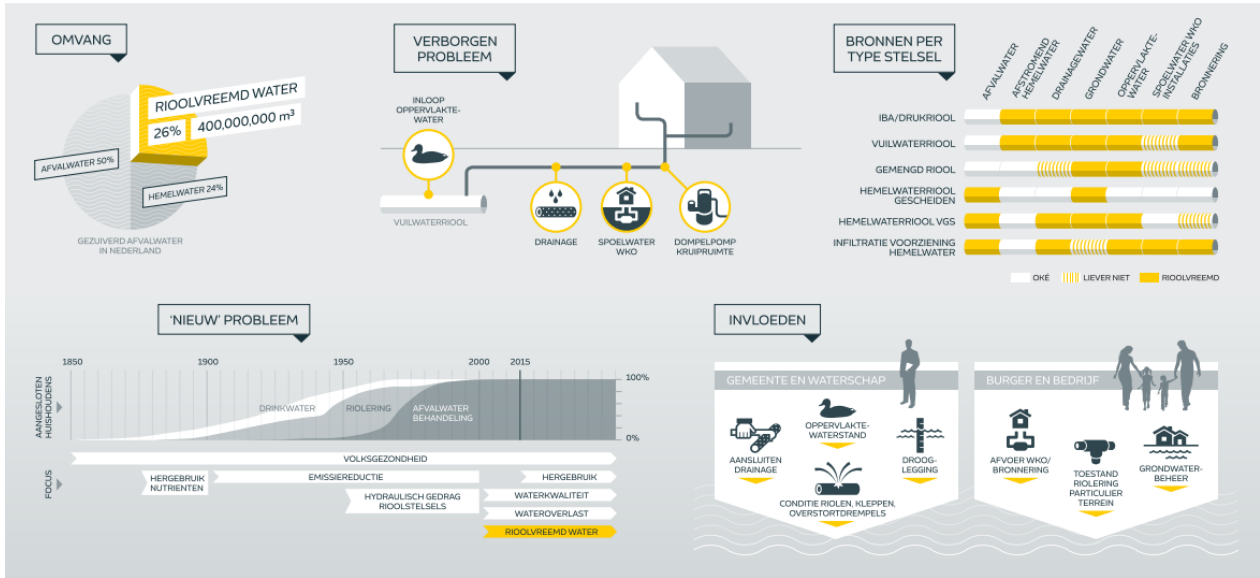
- Voor vrijwel alle gemalen wordt het hoogste gemiddelde debiet gemeten in het voorjaar. Dit is mogelijk te verklaren door de hoge grondwaterstand in het voorjaar, waardoor meer grondwater de riolering kan binnensijpelen (zie grondwaterstand Figuur 105).
- Voor alle gemalen wordt het laagste gebied gemeten gedurende de zomer. In de vakantieperiode is de bedrijfsactiviteit lager en zijn veel mensen op vakantie. Tegelijkertijd is de grondwaterstand een stuk lager dan in het voorjaar.
- In Hollandsche Rading is het verschil tussen theorie en praktijk het grootst. Hier is bekend dat relatief veel lekkage van grondwater aanwezig is.

	Theorie	17 - 27 feb	5 - 16 apr	15 - 24 mei	25 jun - 6 juli	22 - 31 aug	Gemiddelde	% theoretisch debiet
RWZI	7.270	9.416	8.771	7.973	8.012	7.245	8.283	114%
Groenekan	189	271	285	271	283	263	275	145%
Maartensdijk	730	1.106	1.107	1.014	1.090	1.029	1.069	147%
Achterwetering	132	219	224	212	224	174	210	159%
Hollandse Rading	155	Geen data	296	281	291	278	287	185%

Tabel 26 – Theoretisch afvalwaterdebiet in vergelijking met de praktijk voor vijf perioden met droog weer in 2019

RIOOLVREEMD WATER SAZ RIONED stowa

WAT IS HET?



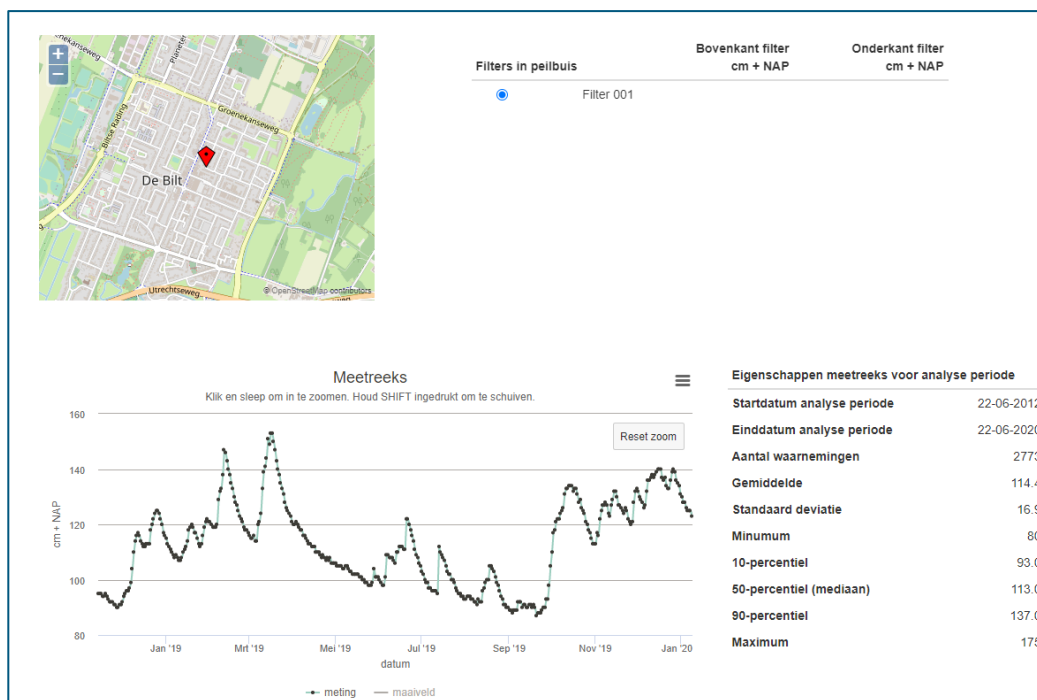
WAAROM IS HET EEN PROBLEEM?



WAT NU?



Figuur 104 - Infographic van SAZ, Rioned en STOWA over rioolvreemd water (Bron: <https://library.wur.nl/WebQuery/hydrotheek/2147471>)



Figuur 105 - Gemeten grondwaterstand in het centrum van De Bilt in 2019

Bijlage J – Berekening schade bij extreme neerslag de Bilt

In deze bijlage komen de uitgangspunten en de resultaten van de schadeberekeningen aan bod. De schade is berekend bij de klimaatbui van 70 mm neerslag in 60 minuten voor de huidige en de toekomstige situatie.

J.1 – De zin en onzin van schadeberekeningen

Kwantificering van de schade die wordt veroorzaakt door extreme neerslag is in potentie een zeer goede tool om goede afwegingen te maken in het nemen van maatregelen. Investerings in het verbeteren van de waterhuishouding moeten zichzelf namelijk 'terugverdienen' door minder hinder en schade bij extreme neerslag. Het voorspellen van de schade bij extreme neerslag is echter buitengewoon lastig. Schade door extreme neerslag is namelijk het product van een enorm aantal variabelen, waaronder:

- De (maximale) waterdiepte
- De duur van de overlast
- De gebruiksfunctie van het gebouw of de weg
- Vloerpeil van gebouwen
- Inrichting van gebouw of weg (type vloerbedekking, positionering waardevolle spullen)
- Menselijk handelen tijdens neerslag (boeggolven door auto's, handelingen van hulpdiensten, wel/niet aanwezig zijn om spullen te verplaatsen).
- Getroffen voorzorgsmaatregelen (tactische plaatsing gevoelige installaties, plaatsen zandzakken of noodpomp).

De eerste drie variabelen zijn redelijk goed in te schatten met behulp van het rekenmodel (waterdiepte en duur overlast) en openbare informatie (gebruiksfunctie); de variabelen die daarna volgen zijn veel lastiger te generaliseren in een simpele schadefunctie. Daarnaast is ook het begrip schade breed: schade kan direct zijn (waterschade aan de vloer), maar ook indirect (vertraging in het verkeer) of zelfs immaterieel (emotionele schade). Een gevoel van onveiligheid onder bewoners kan in potentie vervelender of schadelijker zijn dan sommige directe schadeposten.

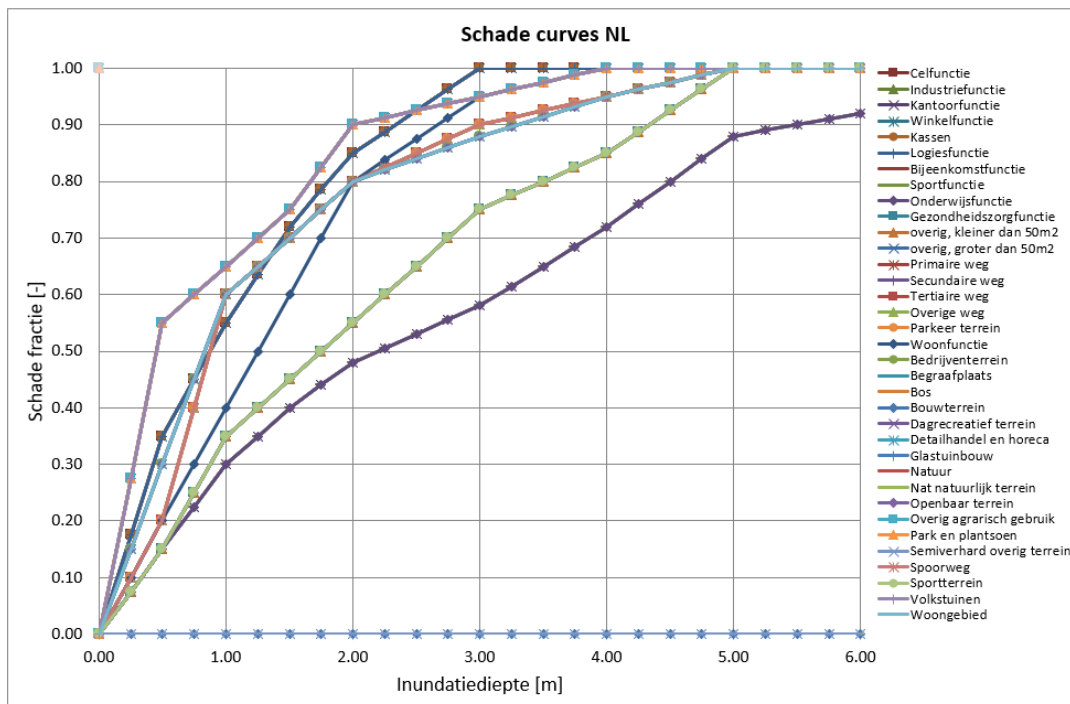
Samenvattend is een berekening van de schade in potentie een zeer goed middel om investeringen te verantwoorden. De uiteindelijke schadebedragen zijn daarbij niet heel nauwkeurig, maar kunnen wel goed worden gebruikt om verschillende investeringen met elkaar te vergelijken.

J.2 – Gebruikte methode

Voor dit SSW is een globale schatting gemaakt van de schade bij de klimaatbui van 70 mm neerslag. Hiervoor is de Global Flood Risk-tool gebruikt (GFRT), een product van Royal HaskoningDHV¹⁶ dat al op veel plekken is gebruikt om inundatiebeelden om te zetten in schade. De tool werkt als volgt: op basis van de gebruiksfunctie en de maximale waterdiepte berekent de tool een schadebedrag in euro's. De waterdiepte in een pand is berekend met dezelfde uitgangspunten die zijn gebruikt voor het bepalen van de risicopanden: (1) een drempelpeil van 15 cm t.o.v. omliggend maaiveld en (2) gebruik van de maximale berekende waterstand rond het gebouwen.

Voor de omrekening wordt ten eerste een 'schadefunctie' gebruikt die voor iedere gebruiksfunctie uniek is. Figuur 106 toont de verschillende gebruiksfuncties waar rekening mee is gehouden. Op basis van deze schadefunctie berekent de tool welk percentage aan waarde van de waarde van het gebouw of de weg verloren gaat. Hoe groter de waterdiepte, hoe hoger het percentage aan schade. Dit percentage wordt vervolgens vermenigvuldigd met de geschatte waarde van de functie. Voor deze waarde worden eenheidsprijzen toegepast, welke zijn gebaseerd op verschillende praktijkvoorbeelden.

¹⁶ <https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/diensten/diensten-van-a-tot-z/global-flood-risk-tool/10245>



Figuur 106 – Verschillende schadeposten met de bijbehorende schade fractie

J.3 – Resultierend schadebeeld

Tabel 27 toont de berekende schade in de huidige en in de toekomstige situatie. Volgens de berekening neemt de schade door de maatregelen af van € 31,6 miljoen tot € 30,5 miljoen als gevolg van de maatregelen. Naar vermoeden is het schadebedrag hoger dan in de werkelijkheid, omdat in de schadefuncties geen rekening is gehouden met lokale omstandigheden en modelmatige imperfecties (bijvoorbeeld in het AHN 3). Daarbij is ook gerekend met de maximale waterstand.

Gemeente de Bilt	Huidig	Toekomstig
Functie	(x €1.000)	(x €1.000)
Woongebied	10,013	9,683
Woonfunctie	9,418	9,039
Kantoorfunctie	2,377	2,350
Tertiaire weg	1,571	1,457
Spoorweg	1,504	1,495
Industriefunctie	471	469
Winkelfunctie	407	415
Bedrijventerrein	379	368
Overige weg	317	307
Secundaire weg	304	283
Overig	4,774	4,595
Totaal (x €1.000)	31,535	30,461

Tabel 27 – Resulterende schade in de huidige en de toekomstige situatie bij een bui van 70 mm neerslag in 60 minuten

Bijlage K – Gecorrigeerde en normatieve pompovercapaciteit

Deze bijlage bevat aanvullende informatie over de berging en pompovercapaciteit (POC), welke reeds zijn besproken in §3.6. In deze bijlage zijn de volgende gegevens uitgerekend:

- De gewenste pompcapaciteit voor de verschillende bemalingsgebieden volgens de norm van DWA + 0,7 mm/uur (20 mm/uur voor absolute stelsels). Deze POC wordt beschouwd als **POC-theorie**. De berekende waarde komt overeen met de waarde uit §3.6.
- De pompovercapaciteit op basis van daadwerkelijke pompcapaciteit van de gemalen van bovenstroomse bemalingsgebieden. In de tabel in §3.6 is uitgegaan van de normatieve pompcapaciteit voor bovenstroomse bemalingsgebieden, namelijk DWA + 0,7 mm/uur POC. Deze POC wordt beschouwd als **POC-gecorrigeerd**.
- **Verloren berging** per bemalingsgebied. Dit is meestal ofwel gevolg van (1) een gemaal met hoog uitslagpeil, (2) een foute leiding in het rioolbeheer of (3) een leiding die is gezakt over de jaren.

Tabel 28 toont het resultaat van de berekeningen. Bij de bemalingsgebieden waar geen bovenstroomse gebieden op inrikken, is de POC hetzelfde voor beide rekenmethoden. Om die reden zijn de waarden die anders uitvallen geel gemarkeerd. Twee bemalingsgebieden vallen op: (1) het hoofdbemalingsgebied van de kern Maartensdijk en (2) het hoofdbemalingsgebied van de Bilt/Bilthoven.

Bij beide bemalingsgebieden is de POC op basis van de daadwerkelijke capaciteiten die naar de gebieden pompen veel lager dan op basis van de theoretische norm. Dit komt omdat de bovenstroomse gebieden een veel hogere pompovercapaciteit hebben dan de norm van 0,7 mm/uur. Het resultaat is dat de bemalingsgebieden tijdens en vlak na een bui (als gemalen in alle bovenstroomse bemalingsgebieden draaien) een zeer lage pompcapaciteit hebben om het eigen stelsel leeg te pompen. Dit heeft met name een negatief effect op de vuiluitworp.

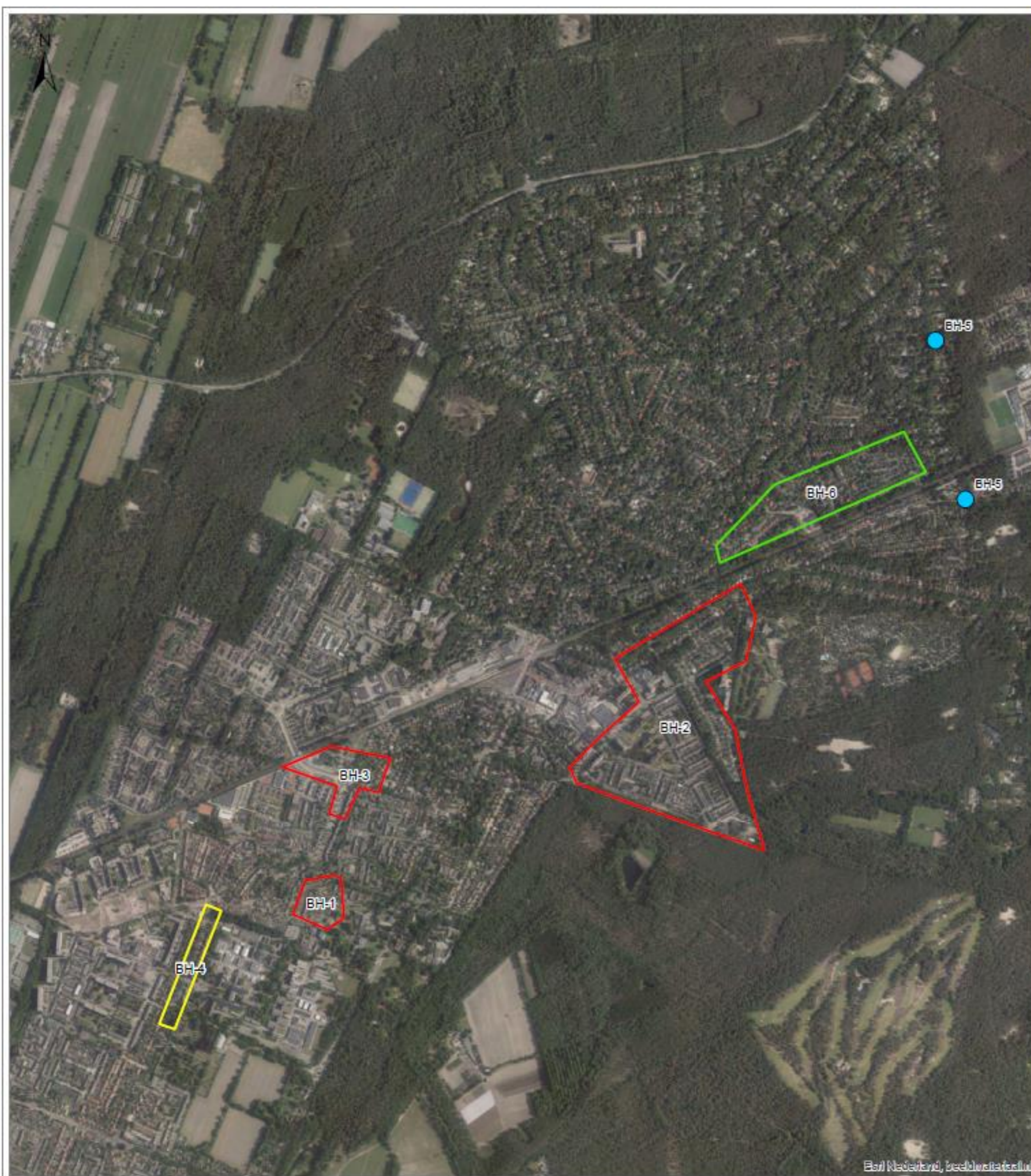
Als laatste element is de normatieve pomp(over)capaciteit uitgerekend. Dit is de gewenste pompcapaciteit van het bemalingsgebied, ervan uitgaande dat alle bemalingsgebieden een pompovercapaciteit van precies 0,7 mm/uur hebben.

	Pomp- capaciteit	DWA	Berging	Waarvan verloren	POC (theorie)	POC (gecorrigeerd)	Pompcapaciteit volgens norm
	[m ³ /uur]	[m ³ /uur]	[mm]	[%]	[mm/uur]	[mm/uur]	[m ³ /uur]
Hollandsche Rading	81	12.9	11.6	27%	0.76	0.76	71
Westbroek	21	7.7	20.4	5%	0.60	0.60	21
Groenekan	91	15.8	10.3	29%	0.94	0.94	57
Maartensdijk (hoofdgebied)	376	60.9	13.3	5%	0.88	0.52	282
Noordeinde Maartensdijk	70	1.6	8.6	5%	21.27	21.27	2
Dorpsweg Maartensdijk	22	3.7	13.0	5%	0.59	0.59	25
De Bilt/Bilthoven (hfd. gebied)	2 739	605.7	8.1	8%	0.58	0.17	2 910
Utrechtseweg	6	0.7	8.1	0%	3.23	3.23	36
Dorpsstraat	20	1.0	4.8	54%	4.48	4.48	3
Emmalaan	44	5.0	6.6	31%	2.09	2.09	14
Burgemeester Fabiuspark	529	2.4	5.4	3%	23.91	23.91	442
Park Arenberg	156	15.2	24.9	6%	2.54	1.89	42
De Holle Bilt	57	4.4	16.6	9%	14.58	14.58	76
Veldzichtstraat	43	6.3	5.6	22%	3.89	3.38	7

Tabel 28 – Tabel met berging en pompovercapaciteit, waarin ook rekening is gehouden met pompcapaciteit van bovenstroomse bemalingsgebieden.

Bijlage L – Knelpunten-maatregelenkaarten gemeente de Bilt

Deze bijlage toont de knelpunten-maatregelenkaarten voor de gemeente de Bilt.



Knelpuntlocaties en maatregelen in Bilthoven				
Code	Locatie	Beschrijving	Vervolgstappen	
BH-1	Burgemeester Fabiuspark	Water-op-sstraat bij Bui 8. Zeer veel risicopanden bij extreme neerslag.	Maatregel nodig	Lokaal bergen van hemelwater in groen en/of in de ondergrond.
BH-2	Omgeving Julianalaan	Water-op-sstraat bij Bui 8. Grote afstand moet overbrugd worden en opstuwning in benedenstroomse leidingen.	Maatregel nodig	Aanleggen nieuwe hemelwaterstructuur met IT-riolering in o.a. de Sperwerlaan, Koperwieklaan en Julianalaan richting de wadi in het bos.
BH-3	Omgeving Leyenseweg	Water-op-sstraat bij Bui 8 en grote waterdiepte bij klimaatbuien, met name rond de kruising 2 ^e Brandenburgerweg-Leyenseweg vanwege laag maaiveld.	Maatregel nodig	(1) Aanleggen nieuwe hemelwaterriolering in centrum Bilthoven en (2) vergroten gemengde riolering in Melkweg-Hertenlaan om meer afvoercapaciteit in gemengde riolering te realiseren.
BH-4	1e Brandenburgerweg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Laag maaiveld en opstuwning in twee leidingen van de gemengde riolering in de Melkweg.	Optimalisatie	Afkoppelen 1 ^e Brandenburgerweg bij vervanging riolering of herinrichting openbare ruimte. Water-op-sstraat vermindert door uitvoeren maatregel gemengde riolering BH-3.
BH-5	Lozing gemeente Zeist	Lozing heeft veel invloed op het hydraulisch functioneren van Bilthoven	Onderzoek	Onderzoeken pompovercapaciteit stelsels gemeente Zeist die lozen op het stelsel van Bilthoven
BH-6	Bilderdijklaan-Gregoriuslaan	Water-op-sstraat bij Bui 8. Grote afstand moet overbrugd worden en opstuwning in benedenstroomse leidingen (bij locaties BH-2 en BH-3).	Geen	Betreft een beperkte hoeveelheid water-op-sstraat. De gemeente is hier niet bekend met wateroverlast. Afkoppelen beneden-strooms heeft licht positief effect.

Datum 3-3-2021	Schaal 1:15000	Figuur Figuur 1
-------------------	-------------------	--------------------

Legenda

Maatregel

- Maatregel nodig
- Maatregel gepland
- Optimalisatie
- Onderzoek
- Geen

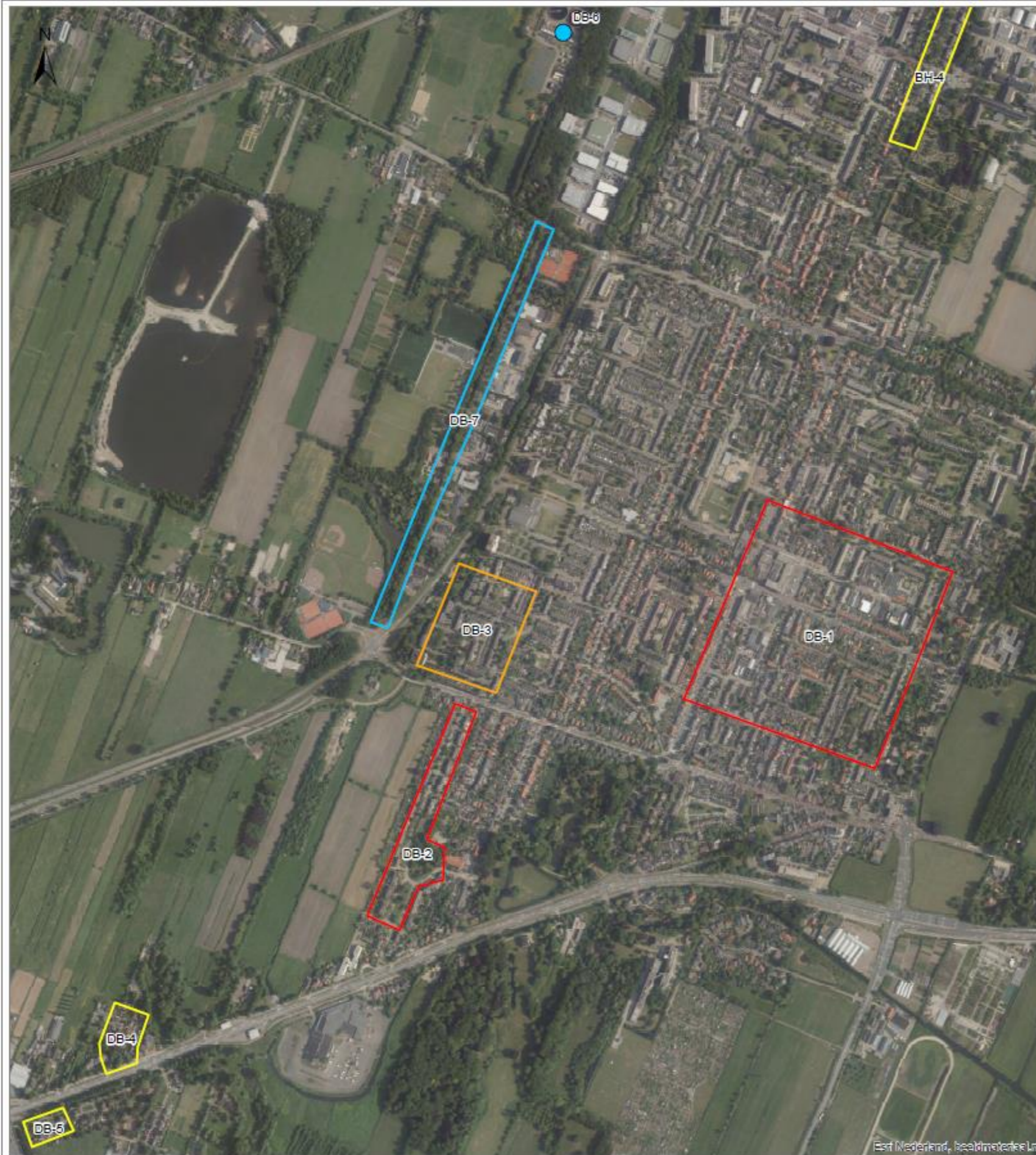
Titel
Knelpunten maatregelenkaart Bilthoven

Project
BG7749 BRP & Stresstest de Bilt

Opdrachtgever
Gemeente de Bilt

Gecontroleerd door J. Breedijk	Volgnummer 1
-----------------------------------	-----------------





Knelpuntlocaties en maatregelen in De Bilt

Code	Locatie	Beschrijving	Vervolgstappen	
DB-1	Omgeving Looydijk	Water-op-sstraat bij Bui 8. Geringe afvoercapaciteit door hoge verhardingsgraad en kleine gemengde rielen. Hoofdwegen verminderd begaanbaar bij extreme neerslag.	Maatregel nodig	Afkoppelen in het oosten van de Bilt om meer afvoercapaciteit te creëren. Overwegen heropenen dichte gemengde overstorten.
DB-2	Park Arenberg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Laag punt in de omgeving dat veel water ontvangt vanuit de Bilt via interne overstorten.	Maatregel nodig	Aanleggen hemelwaterriolering in de Park Arenberg die kan lozen naar het westen.
DB-3	Francois Mauriacweg	Water-op-sstraat bij Bui 8.	Maatregel gepland	Gemeente is voornemens om op de korte termijn af te koppelen aan de westkant van de Bilt. Plannen reeds voorbereid.
DB-4	Steinenburglaan/ Utrechtseweg	Water-op-sstraat bij Bui 8. Leidingen in Steinenburglaan zorgen voor opstuwung.	Optimalisatie	Geen ervaringen van wateroverlast bekend. Leidingen vergroten bij vervanging en/of afkoppelen verhard oppervlak waar mogelijk.
DB-5	Bemalingsgebied Utrechtseweg	Systeem kan worden geoptimaliseerd door een vrij verval verbinding met stelsel Veldzichtstraat.	Optimalisatie	Uitvoeren optimalisatie bij vervanging huidige riolering of einde levensduur gemaal.
DB-6	Hoofdgemaal RWZI de Bilt	Bovenstroomse bemalingsgebieden lozen met een hoge pompcapaciteit op het stelsel van de Bilt, waar dit kan zorgen voor verergering van wateroverlast	Onderzoek	Onderzoeken of gemalen van bovenstroomse bemalingsgebieden kunnen worden geremd als het stelsel in Bilthoven vol staat (sturing op basis van niveau).
DB-7	Oppervlaktewater de Bilt-West	A-watgang langs de Weltevreden wordt erg zwaarbelast door de vele overstorten. Grote vuiluitworp en kans op verdrinken overstorten.	Onderzoek	In overleg met HDSR onderzoeken hoe de watgang kan worden ontlast.

Datum 9-4-2021	Schaal 1:8000	Figuur Figuur 1
-------------------	------------------	--------------------

Legenda

Maatregel

- Maatregel nodig
- Maatregel gepland
- Optimalisatie
- Onderzoek
- Geen

Titel
Knelpunten maatregelenkaart de Bilt

Project
BG7749 BRP & Stresstest de Bilt

Opdrachtgever
Gemeente de Bilt

Gecontroleerd door
J. Breedijk

Volgnummer
1





Knelpuntlocaties en maatregelen in Hollandsche Rading, Maartensdijk, Groenekan en Westbroek

Code	Locatie	Beschrijving	Maatregel	Vervolgstapten
HR-1	Tolakkerweg	Betreft laag punt in het maaiveld dat amper hoger ligt dan de externe overstordrempel.	Maatregel nodig	Lokaal afkoppelen en vasthouden van water. Ontlasten gemengde overstorf.
MD-1	Molenweg/Doctor J.J.F. Steijlingweg	Water-op-sstraat bij Bui 8 door lage ligging en geringe afvoercapaciteit naar het nabijgelegen BBB.	Maatregel nodig	Afkoppelen van verhard oppervlak door aanleg hemelwaterriolering.
GK-1	Kon. Wilhelminaweg	Bedrijfspercelen liggen lager dan de weg, waardoor regenwater hier ophoopt. Niet voldoende afvoercapaciteit.	Onderzoek	Goed in beeld brengen systeem. Afwegen of lozing onder vrij verval mogelijk is in plaats van via gemaal.
WB-1	Wolkammerweg	De afvoercapaciteit van het watersysteem is in de praktijk lager dan in het rekenmodel.	Onderzoek	Monitoren van de situatie in Westbroek en bespreken van maatregelen (zoals regelmatig onderhoud) met bewoners.
GK-2	Oranjelaan	Kleine hoeveelheid water-op-sstraat bij Bui 8 op laag punt in de omgeving.	Geen	Voldoende groen in de omgeving om naar af te stromen. Gemeente is niet bekend met wateroverlast op deze locatie.
HR-2	Dennenlaan	Betreft laag punt in het maaiveld dat amper hoger ligt dan de externe overstordrempel.	Geen	Geen meldingen van wateroverlast bekend, woningen staan hier bovendien ver van de weg af.
MD-2	Prins Clauslaan	Kleine hoeveelheid water-op-sstraat bij Bui 8 op laag punt in de omgeving.	Geen	Geen meldingen van wateroverlast bekend, eventueel water-op-sstraat kan naar de sloot toestromen.

Datum 9-4-2021	Schaal 1:24000	Figuur Figuur 1
-------------------	-------------------	--------------------

Legenda

Maatregel

- Maatregel nodig
- Maatregel gepland
- Optimalisatie
- Onderzoek
- Geen

Titel
Knelpunten maatregelenkaart
Hollandsche Rading, Westbroek,
Maartensdijk en Groenekan

Project
BG7749 BRP & Stresstest de Bilt

Opdrachtgever
Gemeente de Bilt

Gecontroleerd door J. Breedijk	Volgnummer 1	 <p>Royal HaskoningDHV Enhancing Society Together</p>
-----------------------------------	-----------------	---