

Basisrioleringsplan Putten
Gemeente Putten
hoofdrapport

projectnr. 179385
revisie 09
7 november 2011

Auteur(s)

K. van 't Slot MSc.

Opdrachtgever

Gemeente Putten
Postbus 400
3880 AK PUTTEN

datum vrijgave

7 nov 2011

beschrijving revisie 09

Eindrapport - definitief en aanvulling 2

goedkeuring

B. Steentjes

vrijgave

D. Jansen

	Inhoud	Blz.
1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel	3
1.3	Procedure	3
1.4	Leeswijzer	4
2	Basisgegevens, opzet berekeningen en uitgangspunten	5
2.1	Basisgegevens	5
2.2	Opzet berekeningen	5
2.3	Uitgangspunten	7
3	Inventarisatie	8
3.1	Systeemopzet rioolstelsel	8
3.2	Belasting op de riolering	10
3.3	Beschrijving objecten	11
3.4	Knelpunten in de praktijk	15
4	Toetsing huidige situatie	16
4.1	Controle gemaalcapaciteiten	16
4.2	Controle afvoercapaciteit doorlaten	17
4.3	Controle afvoercapaciteit riolering	19
4.4	Controle functioneren retentiebossins	22
4.5	Resumé	23
5	Analyse verbeteringsmaatregelen	24
5.1	Scenario hydraulisch functioneren	24
5.2	Scenario benutten berging	25
5.3	Scenario extreem afkoppelen	26
5.4	Functioneren bergingsbossins in de scenario's	27
5.5	Optimalisatie scenario hydraulisch functioneren	29
6	Conclusies en aanbevelingen	32
6.1	Conclusies	32
6.2	Aanbevelingen	33

Bijlagen

Bijlage 3.1:	Schematisch overzicht rioolstelsel kern Putten
Bijlage 3.2:	Overzicht bestaande riolering
Bijlage 3.3:	Locaties met water overlast in de praktijk
Bijlage 4.1:	Locaties waar als eerste water-op-sstraat berekend wordt
Bijlage 4.2:	Water-op-sstraat situaties bij 1x per 2 jaar combinaties
Bijlage 4.3:	Water op straat situaties bij 1x per 5 jaar combinaties
Bijlage 4.4:	Ontwikkeling water-op-sstraat 40 l/s/ha
Bijlage 4.5:	Ontwikkeling water-op-sstraat 60 l/s/ha
Bijlage 4.6:	Overlastlocaties praktijk en ingesloten laagtes
Bijlage 4.7:	Overlastlocaties praktijk met stroombanen maaiveld
Bijlage 5.1:	Berekende water-op-sstraat situaties bij bui 08, scenario hydraulisch functioneren
Bijlage 5.2:	Berekende water-op-sstraat situaties bij bui 08, scenario benutten berging
Bijlage 5.3:	Berekende water-op-sstraat situaties bij bui 08, scenario extreem afkoppelen
Bijlage 5.4:	Overzicht resultaten functioneren bergingsbassins (tabellen)
Bijlage 5.5:	Overzicht resultaten functioneren bergingsbassins (grafieken)
Bijlage 5.6:	Overzicht diameterverzwaringen per variant (scenario hydraulisch)
Bijlage 5.7:	Water-op-sstraat situaties noord-zuid

Tekeningen

179385-RP1	Rioleringsplantekening
179385-VH2	Tekening verhard oppervlak

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

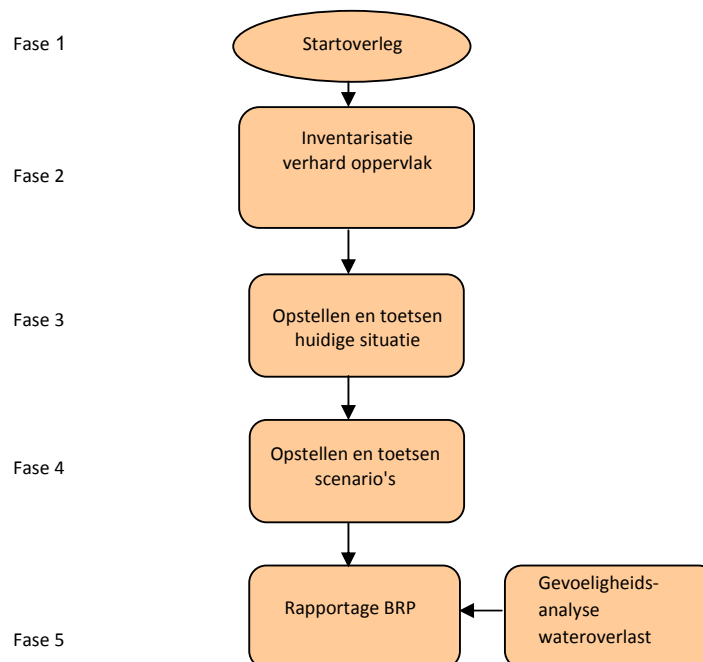
Het laatste basisrioleringsplan (BRP) van de gemeente Putten is in 1995 opgesteld. Mede op basis van dit BRP heeft de gemeente deelgenomen aan de optimalisatie van het afvalwaterstelsel op de RWZI Harderwijk. Deze OAS (januari 2004) heeft ertoe geleid dat de gemeente maximaal inzet op het monitoren van wateroverlast en afkoppelen van verhard oppervlak en het aanpassen van de pompregimes van de verbeterd gescheiden stelsels. Het BRP 1995 biedt onvoldoende houvast om het afkoppelen in goede banen te leiden. Daarnaast wil de gemeente in relatie met de toename van het verhard oppervlak nog meer inzicht krijgen in het hydraulisch functioneren van het rioolstelsel en het functioneren van de bergingbassins. In 2009 is daarom gestart met de actualisatie van het BRP. In 2011 is een gevoeligheidsanalyse naar wateroverlast uitgevoerd. Dit onderzoek is geïntegreerd in dit Basisrioleringsplan.

1.2 Doel

Het doel van dit Basisrioleringsplan is het verkrijgen van inzicht in het functioneren van het rioolstelsel. Hierbij wordt gekeken naar het hydraulisch functioneren (de afvoercapaciteit) en de overstortfrequentie van de bergingbassins. Op basis van de actuele situatie worden voorstellen gedaan ter voorkoming c.q. beperking van de wateroverlast.

1.3 Procedure

Het BRP is opgesteld door ingenieursbureau Oranjewoud in nauw overleg met de gemeente Putten en het Waterschap Veluwe. De procedure die ten aanzien van het opstellen van het plan is aangehouden is weergegeven in figuur 1-1.



Figuur 1-1: procedure opstellen Basisrioleringsplan Putten.

1.4 Leeswijzer

In onderhavige versie zijn de werkzaamheden tot en met fase 5 beschreven, en betreft de definitieve eindrapportage.

In hoofdstuk 2 zijn de basisgegevens, opzet berekening en uitgangspunten beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de huidige situatie en de kenmerken van het rioolstelsel. Vervolgens zijn in hoofdstuk 4 de rekenresultaten en de toetsing van de huidige situatie weergegeven. Hoofdstuk 5 beschrijft de verschillende scenario's samen met de rekenresultaten en de toetsing van de scenario's. Tenslotte zijn in hoofdstuk 6 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Basisgegevens, opzet berekeningen en uitgangspunten

2.1 Basisgegevens

Geometrie

Om inzicht te verkrijgen in het functioneren van het rioolstelsel is de riolering gemodelleerd in het softwarepakket Sobek (versie 2.11). De basis voor de geometrie zijn de gegevens uit het beheerpakket van de gemeente op peildatum maart 2008. Voor de aanvullende analyse in 2011 is er geen aanleiding de modeldata te actualiseren.

Verhard oppervlak

Voor het BRP kern Putten is het aangesloten verhard oppervlak geactualiseerd. Tekeningen hiervan zijn bijgevoegd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de GBKN, Wegvlakkenkaart en beschikbare digitale luchtfoto's van de gemeente uit 2008. Tevens is door de gemeente de relevante particuliere terreinverharding aangegeven. Onderscheid is gemaakt in de volgende typen; gesloten verhard, open verhard, daken vlak en daken hellend. In het verleden afgekoppelde oppervlakken zijn door de gemeente aangegeven.

2.2 Opzet berekeningen

Het functioneren van de riolering is getoetst door middel van modelberekeningen met het softwarepakket Sobek. Hiermee kunnen onder meer stationaire, niet-stationaire en continue simulatieberekeningen in vrij-vervalstelsels worden uitgevoerd. De opbouw van het rioleringsmodel en de berekeningen zijn uitgevoerd volgens leidraadmodule C2100 'Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren' (augustus 2004).

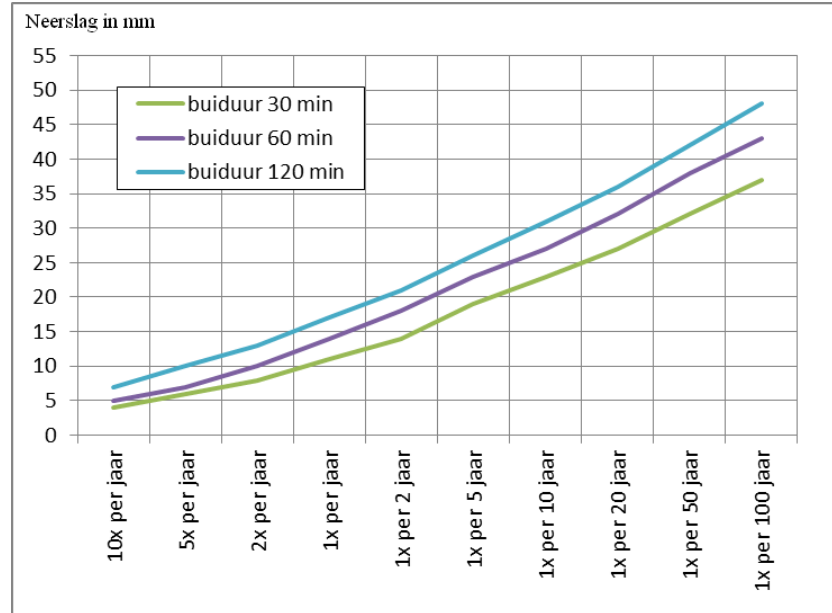
Controle afvoercapaciteit

Wateroverlast kan ontstaan wanneer stelsels het regenwater niet snel genoeg naar een lozingspunt kunnen afvoeren. Echter, al het water via de riolering afvoeren is niet doelmatig. Voor zeer heftige buien zouden dan zeer grote leidingdiameters noodzakelijk zijn. Het landelijk gebruik is om de ondergrondse rioolstelsels te dimensioneren op een bui met een kans van optreden van 1x per 2 jaar. Dit wordt als ook voor de gemeente Putten als richtlijn gehanteerd. In principe is de gemeente is in de keuze hiervan vrij. De gevoeligheid van de kern Putten onder verschillende neerslagomstandigheden is in beeld gebracht, waardoor een goed afgewogen keuze gemaakt kan worden.

In het voorgaande BRP uit 1995 is de hydraulische afvoercapaciteit van het rioolstelsel getoetst met bui 07 (ook dit is een standaardbui uit de Leidraad Riolering met een kans van optreden van 1x per 2 jaar).

In dit BRP wordt gewerkt met een uitgebreide analyse van de gevoeligheid van de riolering voor wateroverlast. Voor deze gevoeligheidsanalyse is de afvoercapaciteit van de rioolstelsels bij neerslag getoetst door de stelsels met verschillende neerslagintensiteiten te belasten, in plaats van met één standaardbui. Met deze methodiek ontstaat veel meer inzicht in het moment van falen en de locaties waar dit plaatsvindt in de systemen en kan, met het oog op de klimaatveranderingen, een beeld worden gevormd van het functioneren onder extreme omstandigheden.

De neerslagintensiteiten zijn vertaald naar een herhalingstijd (dit is de kans van optreden). Op basis van historische meetgegevens is door het KNMI een statistiek voor de neerslag opgesteld (16 maart 2011). De volgende grafiek geeft hiervan het overzicht. Het KNMI geeft aan dat voor buien korter dan 24 uur geen plaatselijke verschillen zijn aangetoond in de kans van optreden. De hier gebruikte statistiek is dus geldig voor elke plek in Nederland, en kan dus ook in Putten zonder aanpassingen worden gebruikt.



In Tabel 2-1 is inzichtelijk gemaakt welke herhalingstijd hoort bij een combinatie van neerslagintensiteit en duur van de bui. Ter vergelijking zijn de combinaties van tijdsduur en intensiteit die een herhalingstijd van 2 jaar hebben in de tabel blauw gearceerd en de combinaties van tijdsduur en intensiteit die een herhalingstijd van 5 jaar hebben zijn oranje gearceerd.

Tabel 2-1: neerslagintensiteit versus herhalingstijd

intensiteit [l/s per ha]	tijdsduur 0,5 uur		tijdsduur 1 uur		tijdsduur 2 uur	
	[mm]	herhalingstijd	[mm]	herhalingstijd	[mm]	herhalingstijd
0	0	-	0	-	0	-
10	1,8	>10 x per jaar	3,6	10x per jaar	7,2	10x per jaar
20	3,6	>10 x per jaar	7,2	5x per jaar	14,4	2x per jaar
30	5,4	10x per jaar	10,8	2x per jaar	21,6	1x per 2 jaar
40	7,2	5x per jaar	14,4	1x per jaar	28,8	1x per 5 jaar
50	9	2x per jaar	18	1x per 2 jaar	36	1x per 20 jaar
60	10,8	1x per jaar	21,6	1x per 2,5 jaar	43,2	1x per 50 jaar
70	12,6	1x per 1,5 jaar	25,2	1x per 5 jaar	50,4	1x per 100 jaar
80	14,4	1x per 2 jaar	28,8	1x per 10 jaar	57,6	<1x per 100 jaar
90	16,2	1x per 3 jaar	32,4	1x per 40 jaar	64,8	<1x per 100 jaar
100	18	1x per 4 jaar	36	1x per 20 jaar	72	<1x per 100 jaar
110	19,8	1x per 5 jaar	39,6	1x per 50 jaar	79,2	<1x per 100 jaar
120	21,6	1x per 10 jaar	43,2	1x per 100 jaar	86,4	<1x per 100 jaar
> 120	> 21,6	< 1 x per 10 jaar	> 43,2	< 1 x per 100 jaar	> 86,4	<1x per 100 jaar

Voor de beeldvorming; bui 08 uit de Leidraad riolering (1x per 2 jaar) heeft een inhoud van 19,8 mm, duurt 1 uur en heeft een korte piekintensiteit (10 min) van 110 l/s/ha; bui 09 (1x per 5 jaar) heeft een inhoud van 29,4 mm, duurt 1 uur en heeft een korte piekintensiteit (10 min) van 160 l/s/ha.

Afstroming via maaiveld

De mate waarin wateroverlast in de praktijk ervaren wordt is afhankelijk van een aantal factoren, zoals aanwezige kantopsluitingen, bovengrondse afstroming, lokale laagtes e.d.). De berekende water-op-sstraat locaties vanuit het rioleringsmodel geven wel een indicatie van de mogelijke knelpunten.

Voor een goed begrip van wateroverlastproblematiek is inzicht in de afstroming via maaiveld noodzakelijk. Om een goed beeld te krijgen van de invloed van de hoogtecomponent zijn door middel van een GIS-analyse van de hoogtegegevens van het maaiveld stroombanen en lokale laagtes in beeld gebracht. Bron voor de analyse van de afstroming over het maaiveld is de Algemene Hoogtekaart Nederland. De bestanden zijn ter beschikking gesteld door het waterschap Veluwe. Een kanttekening hierbij is dat de gebruikte hoogtegegevens een beperking hebben door het grove grid van 5x5 m, met een precisie van ongeveer 5cm. Voor de onderhavige verkenning van de gevoeligheid van de kern Putten voor wateroverlast is de data bruikbaar.

Controle functioneren bergingbassins

Het functioneren van de bergingbassins is gecontroleerd aan de hand van de resultaten van berekeningen met meetgegevens van de neerslag. In dit BRP is gewerkt met de 10-jarige regenreeks (historische 15 minuten reeks, De Bilt, 1955-1964). Uit deze berekeningen volgen de frequenties van overstortingen per jaar.

2.3 Uitgangspunten

In de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Droogweeraanbod	
- inwoners	120 l/inwoner per dag piekbelasting 12 l/inw per uur in de reeksberekening is de dagverdeling volgens de Leidraad Riolerings aangehouden
- bedrijven	Bij voorkeur op basis van lozingsgegevens; indien niet bekend 0,5 m ³ /h per bruto hectare
- injecties	Het eindgemaal wordt via een ringleiding belast vanuit het bedrijf Storteboom en de lozing van het buitengebied.

Gemalen	
- gemengde stelsels	Vanuit de OAS is afgesproken dat het eindgemaal maximaal 904 m ³ /h mag verpompen.
- verbeterd gescheiden stelsels	Afvoernorm 0,3 mm/h over het aangesloten verhard oppervlak. Ledigingstijd < 20 uur

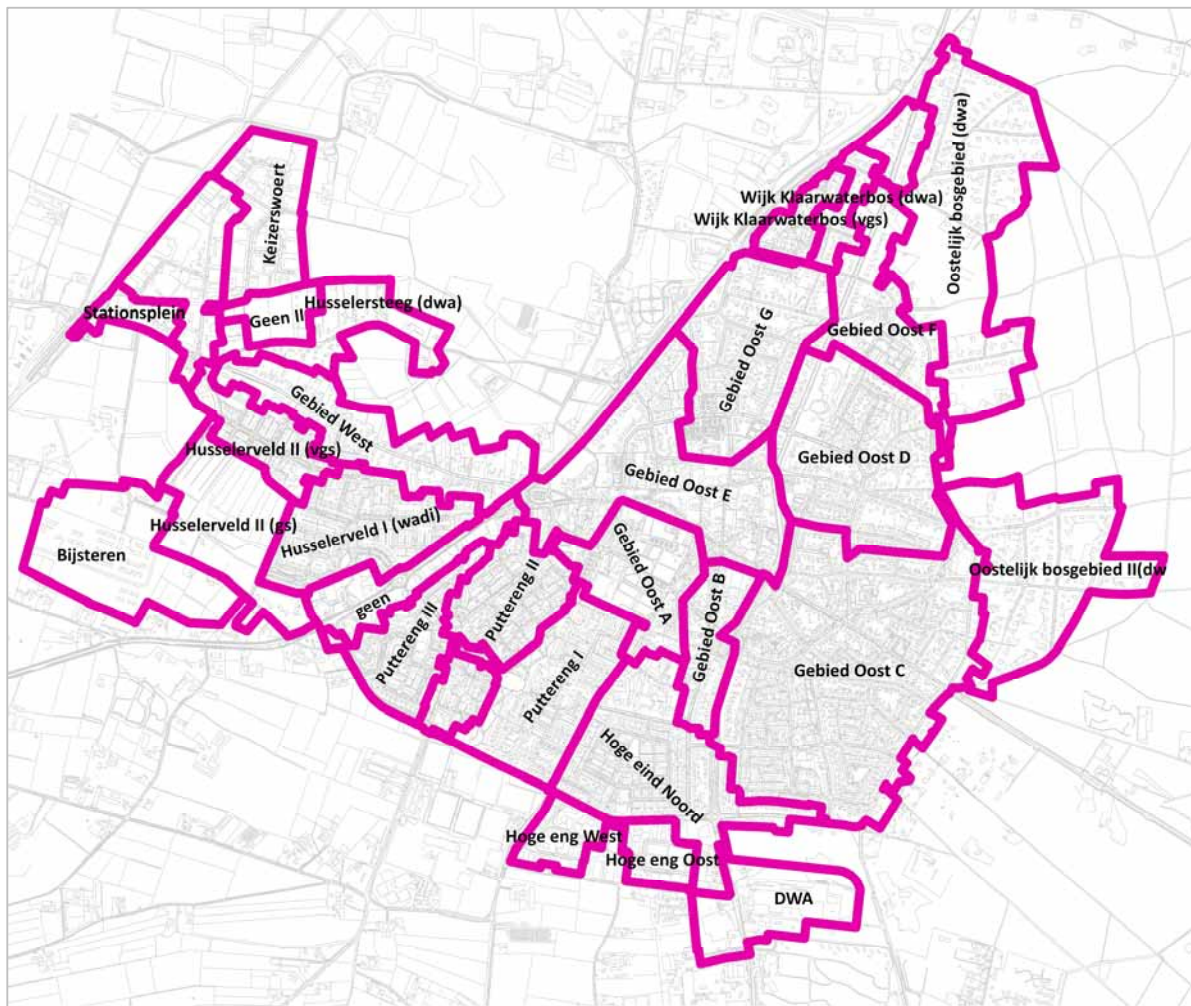
Toetsingskaders	
- controle afvoercapaciteit	Gevoeligheidsanalyse wateroverlast. Toetsing op basis van 1x per 2 jaar en 1x per 5 jaar, alsmede een koppeling met de water-op-sstraat locaties uit de praktijk.
- controle overstortende frequentie	10-jarige regenreeks (15 minuten reeks, De Bilt, 1955-1964).
- controle vuilemissie	Het toetsingskader sluit aan op de eenduidige basisinspanning: - lat jaargemiddelde emissie 50 kg/CZV per ha. - CZV-concentratie jaargemiddelde: 0,250 kg/m ³ - overstortende hoeveelheden o.b.v. de 10-jarige regenreeks (15 minuten reeks, De Bilt, 1955-1964).

3 Inventarisatie

Dit hoofdstuk beschrijft de kenmerken van het huidige rioolstelsel in de kern Putten. Achtereenvolgens zijn aan de orde de systeemopzet van het rioolstelsel in de gemeente, de opbouw van het rioleringsmodel kern Putten en tenslotte de knelpunten in de praktijk in de kern Putten.

3.1 Systeemopzet rioolstelsel

Het rioolstelsel van de kern Putten bestaat uit 20 deelgebieden waarvan 4 gemengd, 7 verbeterd gescheiden, 3 gescheiden stelsel en 6 DWA stelsels. Via een gemaal en persleiding van het waterschap is de kern Putten aangesloten op de RWZI in Harderwijk. Onderstaande figuur geeft de indeling weer. In tabel 3.1 zijn de kenmerken van de deelgebieden weergegeven, en in bijlage 3.1 is een schematisch overzicht van de verschillende bemalingsgebieden weergegeven.



Figuur 3-1: Bemalingsgebieden/deelgebieden kern Putten.

Tabel 3-1: kenmerken bemalingsgebieden/deelgebieden

Bemalingsgebied	type stelsel	lozingswijze	Ontvangend gebied
Gebied Oost (O)	Gemengd	Wervelventiel	Gebied West
Hoge eind Noord (HN)	Gemengd	Wervelventiel	Puttereng I
Gebied West (W)	Gemengd	Gemaal	RWZI
Stationsplein (S)	Gemengd	Gemaal	Gebied West
Puttereng I (PI)	VGS	Gemaal/vrijverval	Puttereng II
Puttereng II (PII)	VGS	Gemaal/vrijverval	Puttereng II
Puttereng III (PIII)	VGS	Gemaal/vrijverval	Gebied West
Husselveld I (HV)	VGS	Wervelventiel	Gebied West
Hoge Eng Oost (HE O)	VGS	Gemaal	Puttereng I
Hoge Eng West (HE W)	VGS	Gemaal	Puttereng I
Keizerswoert (K)	VGS	Gemaal	Gebied West
Wijk Klarwaterbos (KL)	GS	Vrijverval	Gebied Oost
Bijsteren I (BI)	GS	Gemaal	Ringleiding
Bijsteren II (BII)	GS	Vrijverval	Husselveld
Klarwaterbos	DWA	Vrijverval	Gebied Oost
Husselsesteeg	DWA	Vrijverval	Gebied West
Bosgebieden en overige (4x)	DWA	Vrijverval	Gebied Oost

Stuwgebieden:

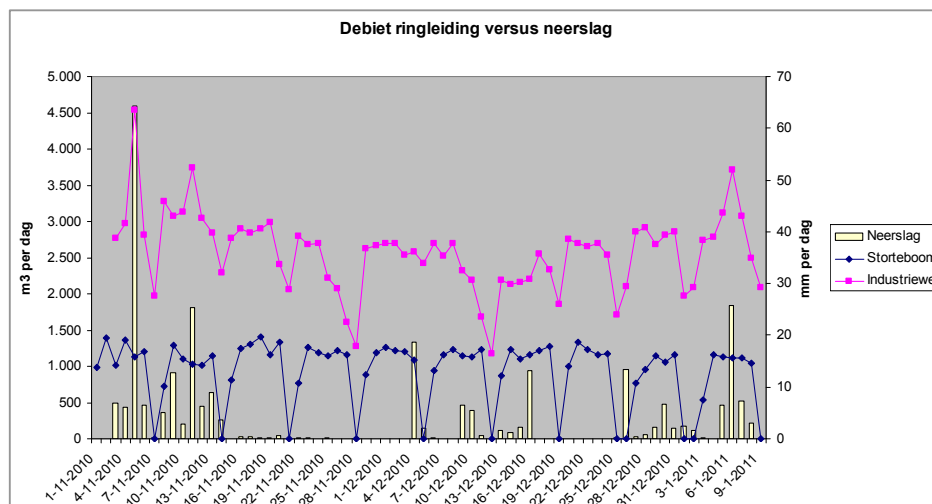
Kenmerkend voor het rioolstelsel van de kern Putten is de aanwezigheid van verschillende stuwgebieden. Gebied Oost is licht hellend, om de berging in dit gebied te benutten zijn 6 stuwgebieden gecreëerd.

Bergingbassins:

Daarnaast heeft het gemengde stelsel slechts één externe overstort. De overige overstorten lozen op een aantal gecompartmenteerde bergingbassins.

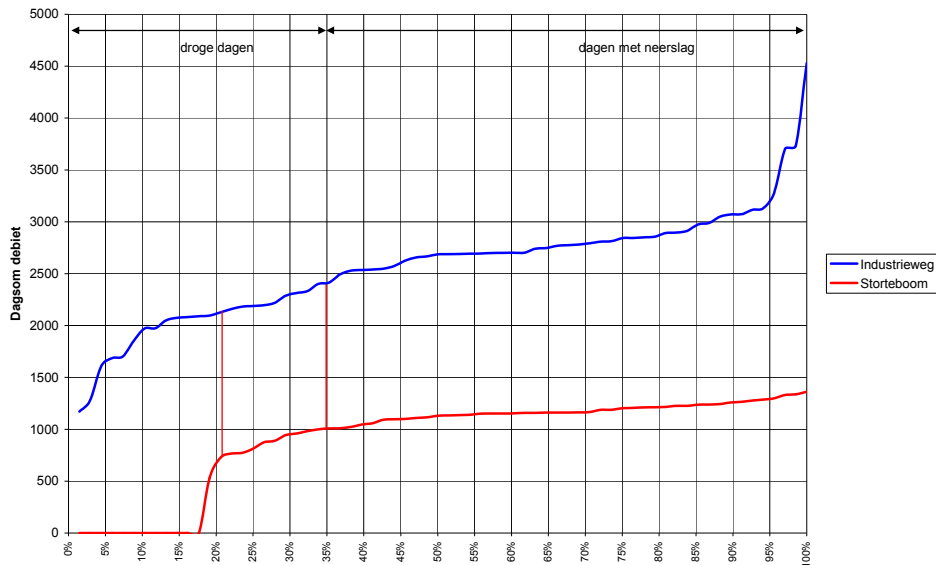
Ringleiding:

De afvoer van de lozingen in de buitengebieden (met name de lozing van de firma Storteboom) vindt plaats via een ringleiding. Deze ringleiding is aangesloten op het hoofdgemaal in gebied West. De gemeente heeft in november/december 2010 debietmetingen verricht aan de ringleiding. De meting vond plaats in de Industrieweg, nabij het lozingspunt op het eindgemaal. Ook zijn etmaaldebieten van Storteboom bekend. Figuur 3-2 geeft het debiet van Storteboom en de Industrieweg per dag weer, samen met de gemeten dagsommen van de neerslag te Koudhoorn.



Figuur 3-2: Debiet ringleiding versus neerslag

In figuur 3-3 zijn de gemeten dagsommen weergegeven, gesorteerd van klein naar groot. Uit de meetgegevens van de neerslag blijkt dat het ongeveer 35% van de meetperiode zo goed als droog geweest is, dus alle waarden die onder de 35% vallen zijn waarden voor droogweerafvoer.



Figuur 3-3: DWA-analyse ringleiding.

Uit deze 2 figuren zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Het debiet van Storteboom bedraagt 700-1300 m³/dag. Dit komt overeen met gemiddeld 100 m³/uur bij 12 draaiuren per dag.
2. Het debiet bij het meetpunt op de Industrieweg bedraagt op droge dagen tussen de 1500 en 2400 m³/dag. Na aftrek van Storteboom blijft hiervan nog circa 1400 m³/dag over. Verdeeld over 24 uur zorgt dit voor een aanbod van circa 58 m³/uur.
3. Het totale piekdebiet dat door de ringleiding gaat bedraagt tijdens droge dagen circa 58 tot 158 m³/uur, al naar gelang Storteboom injecteert (dag- of nachtperiode).

NB: In de modelberekeningen in dit BRP is uitgegaan van 100 m³/uur voor de bepaling van de normcapaciteit. De daadwerkelijk gemeten dwa-piek van deze injectie ligt echter op 58 tot 158 m³/uur. De verwachting is dat de rekenresultaten en conclusies niet wijzigingen, de berekeningen zijn niet herzien.

3.2 Belasting op de riolering

3.2.1 Inwoners en bedrijven

In de huidige situatie (maart 2008) is het aantal inwoners dat op de riolering in de woonkern is aangesloten 17424. Tevens loost een aantal bedrijven hun afvalwater op de vrij-verval riolering. Het exacte aantal is niet te herleiden uit de lijsten van het waterschap. Door het waterschap is aangegeven dat in totaal 39.489 vervuilingseenheden zijn aangesloten op het eindgemaal te Putten.

3.2.2 Verhard oppervlak

Zoals vermeld in §2.1 is in maart 2008 het aangesloten en afgekoppelde verhard oppervlak opnieuw bepaald. Voor een overzichtstekening wordt verwezen naar de verhardingstekening 179385 VH2. In de onderstaande tabel is het bepaalde verhard oppervlak weergegeven en is een vergelijking gemaakt met de hoeveelheden uit het voorgaande BRP (1995). De kolom verhard oppervlak 2008 is exclusief het reeds afgekoppelde oppervlak 2008.

Tabel 3-2: verhard oppervlak kern Putten [ha].

Deelgebied	type stelsel	verhard oppervlak [ha]	verandering [%]	verhard oppervlak [ha]	reeds afgekoppeld [ha]
		BRP 1995		2008	2008
Gebied Oost (O)	GEM	56,50	+22%	69,42	5,63
Hoge eind Noord (HN)	GEM	8,60	+21%	10,85	1,33
Gebied West (W)	GEM	9,90	+26%	12,55	0,97
Stationsplein (S)	GEM	1,90	-38%	1,17	--
Puttereng I (PI)	VGS	5,20	+22%	6,35	--
Puttereng II (PII)	VGS	6,20	+28%	7,95	--
Puttereng III (PIII)	VGS	3,30	+52%	5,03	--
Husselerveld I (HV)	VGS	10,40	+11%	11,58	--
Hoge Eng Oost (HE O)	VGS	7,60	+7%	5,03	--
Hoge Eng West (HE W)	VGS		+7%	4,11	--
Keizerswoert (K)	VGS	6,30	72%	10,85	--
Wijk Klarwaterbos (KL)	GS	--	--	1,87	--
Bijsteren (BI)	GS	--	--	0,97	--
Bijsteren II (BII)	GS	--	--	0,57	--
Totaal		115,90	21%	147,30	7,93

Uit de vergelijking met de waarden uit het voorgaande BRP blijkt dat het opnieuw bepaalde verhard oppervlak met gemiddeld 21% is toegenomen. Deze toename wordt vooral veroorzaakt door het meenemen van extra particulier oppervlak van zowel de woningen als het bedrijventerrein. Voor de beeldvorming; alleen voor de bedrijventerreinen is dit reeds een toename van 11,5 ha.

Van de gemengde stelsels is, in de kern Putten, in het verleden reeds 7,93 ha afgekoppeld welke voorheen op het gemengde stelsel was aangesloten. Dit is ongeveer 8,5% van het aangesloten verhard oppervlak op het gemengde stelsel.

3.3 Beschrijving objecten

In bijlage 3.2 is een overzicht opgenomen van de stelsels van de kern Putten, inclusief de objecten als gemalen, overstorten e.d. In deze paragraaf is nader ingegaan op de kenmerken van deze objecten.

3.3.1 Gemalen

In het rioolstelsel van de kern Putten zijn in totaal 17 gemalen opgenomen. Deze gemalen voeren hun afvalwater af conform het schema van de rioolstelsels in bijlage 3.1.

Tabel 3-3 toont een overzicht van de kenmerken van deze gemalen.

Tabel 3-3: kenmerken gemalen

Deel gebied	Type	Gemaal	Locatie	Ontv. gebied	Inslag-peil [NAP]	Uitslag-peil [NAP]	capacit. [m ³ /h]	Put-bo-dem [NAP]	Maaiv. [NAP]	Laagst bob in [NAP]
Gemeente:										
Gebied Oost	GEM.	WV846	Stationstraat	Gebied West	n.v.t.	n.v.t.	740	11,15	14,32	11,15
Hoge Eind Noord	GEM.	WV1110	Van Geenstraat	Gebied West	n.v.t.	n.v.t.	135	13,30	15,91	13,30
	GEM.	PPBBR**	BBL	Gebied West	12,50	12,15	45	11,75	17,78	12,49
Hoge Eng West	VGS	10cRG2*	Hoge Engweg	Gebied West	12,25	11,57	40	11,35	14,90	12,50
Hoge eng Oost	VGS	10cRG1*	Midden Engweg	Gebied West	13,35	12,75	55	12,35	16,12	13,53
Puttereng I	VGS	PPR1291*	Van Geenstraat (knoppert)	Gebied West	11,80	11,30	15	10,60	13,95	11,64
Puttereng II	VGS	PP1294*	Van Geenstraat (rotonde)	Gebied West	10,35	9,75	15	9,15	13,60	10,51
Puttereng III	VGS	RG1302*	Van Geenstraat (hoek)	Gebied West	9,63	9,23	15	8,83	12,23	10,34
Husselveld	VGS	RG01*	Rietgansstraat	Gebied West	8,60	7,45	60	7,10	10,70	7,47
		1838A*	Mennestraat	Gebied West	7,95	7,70	9,8	7,30	10,30	8,07
		1700	J. Nijenhuisstraat	Gebied West	n.v.t.	n.v.t.	90	6,21	8,96	6,22
		R1778	Mennestraat	Husselveld I	n.v.t.	n.v.t.	1,44	8,98	11,46	9,08
Stationsplein	GEM	PPM	Nijverheids-weg	Gebied West	5,65	5,15	25	4,85	7,65	5,67
Bijsteren	DWA	RG24	Bijsteren	Gebied West	5,60	5,10	10	4,80	7,60	5,81
Keizerswoert	VGS	RG19*	Ruitenbeek	Gebied West	5,82	5,42	27	5,02	8,00	5,79
		VGS4b	Ruitenbeek	Gebied West	5,75	5,35	15	4,95	8,35	6,00
Waterschap:										
Gebied West	GEM	HGR	Industrieweg	RWZI	6,0***	5,7	900	5,02	8,50	5,52

* Gemaal met een pompsturing, de hemelwaterpomp slaat na enige tijd uit.

** Ledigingsgemaal van de BBL.

Het inslagpeil van het waterschapsgemaal ligt op 0,48 m boven de laagst inkomende bob. Dit zorgt voor maximaal 84 m³ verloren berging in het rioolstelsel. De consequentie hiervan is dat een gedeelte van het stelsel wordt gebruikt als pendelberging voor het eindgemaal.

3.3.2 Overstorten

In de kern Putten is een aantal overstorten op voorzieningen aanwezig. Tevens zijn in het oostelijk deel interne overstorten aangebracht op stuwgebieden te creëren. In tabel 3-4 zijn de kenmerken van de overstorten voor de huidige situatie weergegeven.

Tabel 3-4: kenmerken overstorten.

Deelgebied	Code	Locatie [straat]	Type stel-sel	Drempel-Hoogte [NAP]	Drempel-breedte [m]	Doorlaat [mm]	Hoogte [m NAP]	stort over naar
Interne overstorten gemengde stelsels								
Hoge eind Noord	WV110	Van Geenstraat	GEM	14,40	2,50	-	-	BBL
Gebied Oost	152	Hakschaer	GEM	16,20	1,60	ø160mm*	15,06+	n.v.t.
	195	Bruno Fabriciusstraat	GEM	14,90	1,70	ø160mm*	14,32+	n.v.t.
	541	Engweg	GEM	16,65	1,60	ø160mm*	14,80+	n.v.t.
	590	Engweg	GEM	15,50	1,75	ø160mm*	14,32+	n.v.t.
	639	Brinkstraat	GEM	16,65	1,60	ø160mm*	14,96+	n.v.t.
	660	Brinkstraat	GEM	14,70	1,60	ø160mm*	13,33+	n.v.t.
Hoge eind Noord	769	Engweg	GEM	14,50	1,60	ø160mm*	13,00+	n.v.t.
	594	Halvinkhuizerweg	GEM	16,00	1,00	160mm*	14,91+	n.v.t.
	966	Tollenstraat	GEM	17,00	1,10	ø160mm*	15,92+	n.v.t.
Externe overstorten gemengde stelsels								
Gebied West	RO870	Stationsstraat	GEM	8,00	3,25	-	-	oppervlaktewater
Overstorten verbeterd gescheiden stelsels								
Hoge Eng "west"	R1929	Hoge Eng West	VGS	13,90	1,60	-	-	wadi
Hoge Eng "Oost"	R1914	Midden Engweg	VGS	15,02	4,00	ø200mm	13,95+	wadi
Puttereng I	RO1292	Van Geenstraat	VGS	13,07	1,40	-	-	bergingsvij-ver/oppervlaktewater
Puttereng II	RO1293	Van Geenstraat	VGS	12,62	1,50	-	-	bergingsvij-ver/oppervlaktewater
Puttereng III	RO1303	Van Geenstraat	VGS	11,27	1,00	ø200mm	9,60+	IT-riool
	R1865	Rietgansstraat	VGS	9,83	1,10	-	-	zaksloot/ oppervlakte-water
Keizerswoert	R1391A R	Keizerswoert	VGS	7,22	1,00	ø200mm	6,00+	zaksloot/ oppervlakte-water
Husselerveld	ROH1	Jan Nijehuisstraat	VGS	8,48	1,00	ø200mm	7,25+	oppervlaktewater
	R1778	Mennestraat	VGS	11,00	1,00	-	-	wadi
	R1779	Mennestraat	VGS	10,90	1,60	-	-	wadi
	R1813	Rietgansstraat	VGS	9,60	1,00	-	-	zaksloot/ oppervlakte-water
Overstorten gescheiden stelsels								
Bijsteren	R2213	Bouwmeester-goed	GS	9,40	0,80	-	-	wadi
	R2206	Bouwmeester-goed	GS	8,80	0,80	-	-	wadi
	R2218	Kievitlaan	GS	9,40	0,80	-	-	wadi
	R2227	Jan Nijehuisstraat	GS	8,80	0,80	-	-	wadi
	R2233	Mennestraat	GS	8,80	0,80	-	-	wadi
Bijsteren	R2204	Aaltsengoed	GS	8,90	0,80	-	-	in ontwikkeling
	R2205	Aaltsengoed	GS	8,90	0,80	-	-	in ontwikkeling

* diameter doorlaat op basis van aanname gemeente.

3.3.3 Voorzieningen

In de huidige situatie is in de kern Putten één bergbezinkleiding aanwezig, met de volgende kenmerken:

Tabel 3-5: kenmerken BBL

Deelgebied	drempel breedte intern/extern [m]	drempelhoogte intern/extern [NAP]	inhoud [m³]
Hoge eind Noord (WV110)	2,50/2,75	+14,40/+14,40	465

Daarnaast is in de kern Putten nog een viertal bergingbassins aanwezig. In de onderstaande tabel zijn de kenmerken van de bergingbassins opgenomen:

Tabel 3-6: kenmerken bergingsbassins

Deelgebied	Code Overstort	Drempel- Hoogte [NAP]	Drempel- breedte [m]	Voorziening	drempel breedte [m]	drempelhoogte in-/uit- [NAP]	Bodem peil [NAP]	inhoud [m³]
Gebied Oost*	RO819	12,80	3,00	comp. 1	73,70	12,80+/12,90+	12,38+	729
				comp. 2	73,70	12,90+/12,90+	12,41+	715
				comp. 3	37,78	12,90+/13,35+	12,43+	4291
				comp. 4	--	13,35+/-	12,48+	6465
							totaal	12200
Hoge eind Noord**	111E	14,40	2,75	bergingbassin	2,75	+14,40	13,40+	1833
Stations- plein*	D	7,35	1,00	comp. 1	1,0	7,35+/7,10+	6,50+	138
				comp. 2	4,0	7,10+/-	6,65+	138
							totaal	275
Gebied West	HGR	7,20	1,00	bergingbassin	1,0	7,20+	6,20+	3500
	RO870	8,00	3,25	nooduitlaat	3,25	8,00	-	-

* De retentiebasins van de gebieden Oost en Stationsplein bestaan uit meerdere compartimenten.

** Dit betreft de berging achter de BBL

3.3.4 Terugslagkleppen

Binnen het bestaande stelsel van de kern Putten zijn geen terugslagkleppen aanwezig.

3.4 Knelpunten in de praktijk

Wateroverlast

Voor de kern Putten heeft de gemeente voor de periode van 2002-2006 de wateroverlast situaties aangegeven. In de volgende straten worden bij hevige regenval wateroverlast geconstateerd. De wateroverlast varieert van borrelende toiletten tot zelfs water in de woningen (kelders).

- Gebied Oost:
 1. Dorpsstraat e.o.
 2. Voorthuizerstraat
 3. Harderwijkerstraat
 4. Papiermakerstraat/ Brinkstraat
 5. Tollensstraat
 6. Veldstraat
 7. Bruno Fabridiostraat
 13. Calcariaweg
- Hoge eind Noord:
 8. Halvinkhuizerweg
 9. Van Geenstraat
- Puttereng III:
 10. Roosendaalseweg
- Keizerswoert:
 11. Nijverheidsweg/Industrieweg
 12. Handelsweg

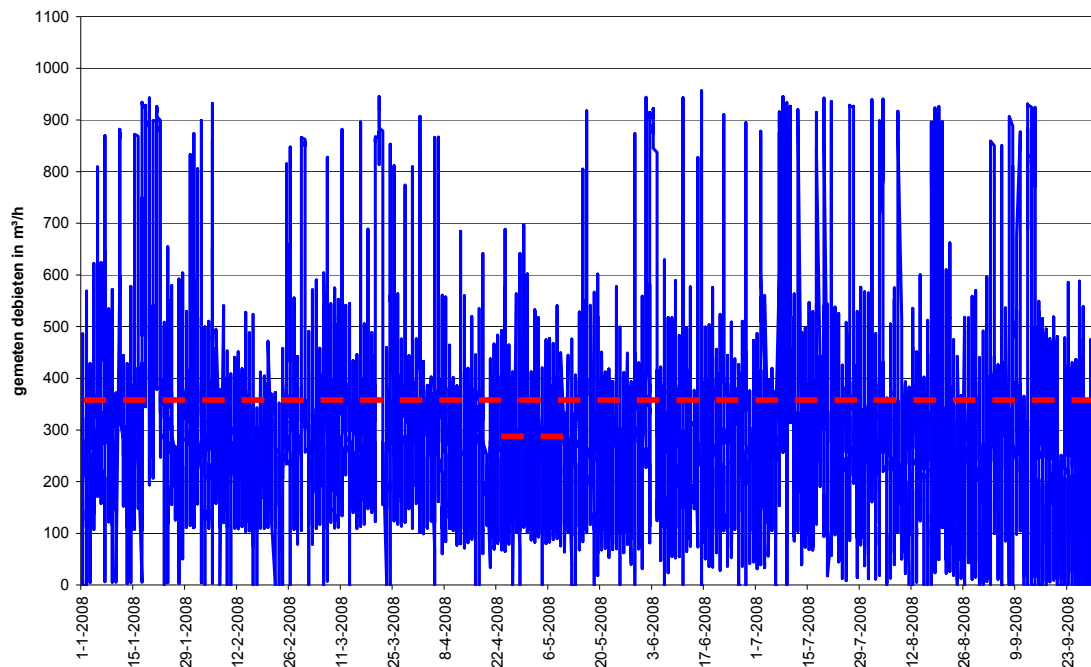
In bijlage 3.3 is een overzicht van deze wateroverlastlocaties in de praktijk opgenomen.

4 Toetsing huidige situatie

4.1 Controle gemaalcapaciteiten

De geïnstalleerde gemaalcapaciteit van het eindgemaal is 904 m³/h. Het DWA-piekaanbod in de Putten bedraagt in theorie 367 m³/h (17424 inwoners à 12 l/h + 100 m³/h vanuit Storteboom en + 58 m³/h vanuit overige injecties).

Het theoretische DWA-aanbod is geconfronteerd met meetgegevens van het eindgemaal van het waterschap, en het waterverbruik van bedrijven en inwoners. De gegevens bestrijken de periode 1 januari tot 30 september 2008. Onderstaande grafiek toont deze meetwaarden.



Figuur 4.1: gemeten uurdebieten eindgemaal.

Het gemiddelde uurdebiet van de metingen is 317 m³/h. Voor een droge periode (22-4 tot 10-5) is dit gemiddelde 281 m³/h. Dit laatste is 9% lager dan het theoretische aanbod. Een lastige factor in deze analyse is de injectie vanuit de ringleiding. Het lozingsgedrag hiervan was tot voor kort niet in te schatten. Inmiddels is aan het debiet gemeten, zie §3.1. In de modelberekeningen in dit BRP is uitgegaan van 100 m³/uur voor de bepaling van de normcapaciteit. De daadwerkelijk gemeten dwa-piek van deze injectie ligt echter op 58 tot 158 m³/uur, voor de normcapaciteit moet dan ook worden uitgegaan van de hoogste waarde. Voor het totale DWA-aanbod is 367 m³/h aangehouden.

In januari 2010 is een DWAAS (DroogweerAfvvoerAnalyseSystematiek) uitgevoerd door DHV. Hierin is een theoretisch dagtotaal bepaald op 4738 m⁴/dag, op basis van 39.4789 v.e. Dit ligt in lijn met de gehanteerde uitgangspunten voor dit BRP:

- 17424 inwoners * 120 l/dag:	2091 m ³ /dag
- injectie Storteboom 100 m/h gedurende 10 uur:	1000 m ³ /dag
- overige injecties 1400 m ³ /dag (zie §3.1):	1400 m ³ /dag
totaal:	4490 m ³ /dag

Vermeldenswaardig is de conclusie uit DWAAS dat tijdens droge dagen gemiddeld 20% meer wordt afgevoerd dan in theorie verwacht. Dit kan rioolvreemd water zijn (intreden grond- of oppervlaktewater), maar ook nog onbekende bedrijfslozingen.

Voor de kern Putten is de huidige situatie een pompovercapaciteit van 537 m³/h beschikbaar. Hiervan wordt een deel gebruikt voor de verbeterd gescheiden stelsels (0,3 mm/h over 50 ha is 149 m³/h; in het kader van de OAS wordt van deze stelsels echter slechts gedurende 1 uur de pompovercapaciteit afgevoerd; hierna slaat de pomp uit). Resteert voor de gemengde stelsels een pompovercapaciteit van 239 m³/h tot 388 m³/h (0,3 mm/h tot 0,4 mm/h over 94 ha).

Conclusie:

De geïnstalleerde gemaalcapaciteit van het eindgemaal is 904 m³/h. Het totale DWA-aanbod in de kern Putten bedraagt 367 m³/h, wat resulteert in een pompovercapaciteit voor de gemengde stelsels van 0,3 tot 0,4 mm/h.

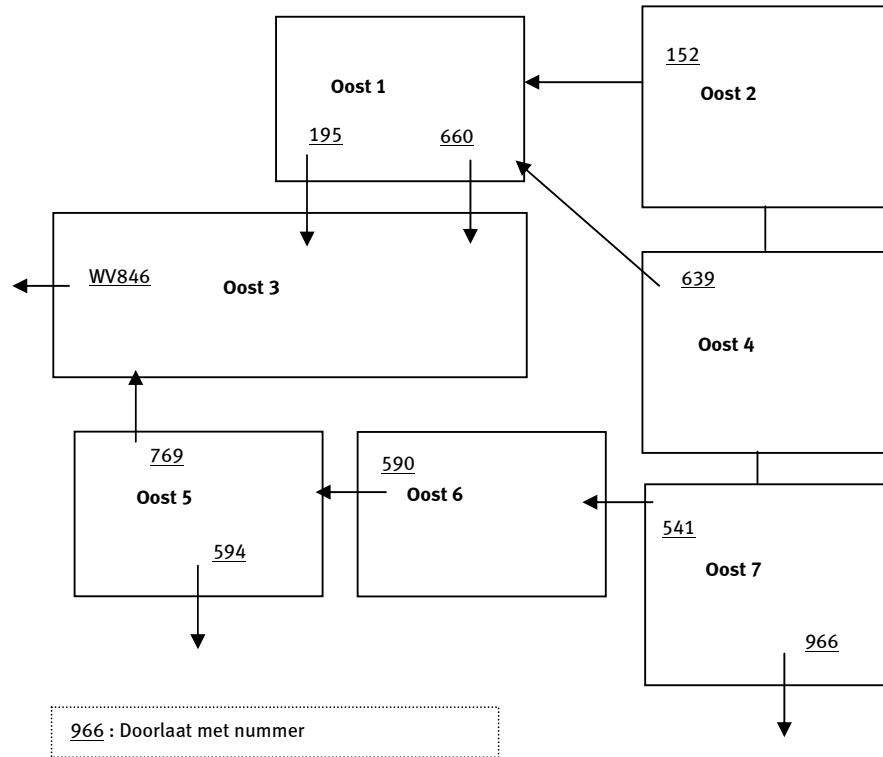
Dit is lager dan de normcapaciteit. Uitgaande van een pompovercapaciteit van 0,7 mm/h voor de gemengde stelsels bedraagt deze voor de huidige situatie 1174 m³/h, inclusief de overcapaciteit van de verbeterd gescheiden stelsels.

4.2 Controle afvoercapaciteit doorlaten

De indeling in stuwgebieden wordt gevormd door interne overstortmuren, waarvan enkele zijn voorzien van doorlaten om het vuilwater af te kunnen voeren. Dit zijn leidingen door de overstortmuren, met een diameter van 160mm of 200mm.

Tijdens droogweer zal al het afvalwater door de doorlaten stromen. Bij kleine buien past ook de beperkte regenwaterhoeveelheid hier nog door. Als het harder regent is de capaciteit van de doorlaat te klein om al het water door te laten en wordt het water in het bovenstroomse gebied vastgehouden. Dit is ook de bedoeling, om de aanwezige berging in het stelsel optimaal te benutten. Mocht er dan nog meer neerslag vallen gaat het water over de interne overstortmuur.

Voor de controle van de afvoercapaciteit van de doorlaten is een vergelijking gemaakt met de afvoernorm (dwa + p.o.c.) van een stuwgebied en de daadwerkelijke afvoer uit het model. Bij de normbepaling is rekening gehouden met de doorvoer vanuit de hoger gelegen gebieden. Zo moet bij het totale aanbod van Oost 1 de toevoer vanuit Oost 2 en Oost 4 worden opgeteld. In onderstaande figuur 4-2 is een schematisch overzicht opgenomen van de verschillende stuwgebieden. In Tabel 4-1 is de toetsing van de doorlaten opgenomen.



Figuur 4-2: Overzicht doorlaten en stuwgebieden

Tabel 4-1: Toetsing afvoercapaciteit doorlaten.

Deelgebied	Verhard oppervlak [ha]	Inwoners [-]	Doorlaat code	Ontv. gebied	Aanbod theoretisch				Aanbod Bui08 (SobeK)	
					DWA [l/s]	p.o.c. [l/s]	injectie ander gebied [l/s]	Totaal [l/s]	Aanbod [l/s]	Totaal [l/s]
Oost 1	8,56	1138	195	Oost 3	1,9	8,2	24,8	35	270	546
			660	Oost 3	1,9	8,4	25,4	36	276	
subtotaal					3,8	16,7	50,2	71		
Oost 2,4 en 7	41,44	6448	152	Oost 1	3,9	14,7	-	19	207	1134
			639	Oost 1	6,7	25,0	-	32	352	
			541	Oost 6	5,8	21,9	-	28	308	
			966	Hoge eind Noord	5,1	19,0	-	24	267	
subtotaal					21,5	80,6	-	102		
Oost 3	15,32	1298	WV846	West	4,3	29,8	105,2	139	206	206
Oost 5	3,35	296	769	Oost 3	0,8	5,4	28,3	35	230	279
			594	Hoge eind Noord	0,2	1,2	6,0	7	49	
subtotaal					1,0	6,5	34,4	42		
Oost 6	2,91	284	590	Oost 5	0,9	5,7	27,8	34	250	250
Totaal	71,59	9464	-	-	32	139	-	171	2415	2415

Uit de vergelijking van de theoretische afvoercapaciteit van de doorlaten met het maximale aanbod vanuit de berekening met bui 08 in het model blijkt dat de doorlaten veel meer afvoeren dan de theoretische afvoernorm.

Conclusie:

De doorlaten bestaan uit kleine leidingen (160/200mm). De doorlaten voeren onder belasting meer door dan de theoretische afvoernorm. Hierdoor zal de berging in het bovenstroomse gedeelte van het stelsel minder effectief benut worden dan mogelijk is.

4.3 Controle afvoercapaciteit riolering

4.3.1 Theorie riolering

De afvoercapaciteit van het rioolstelsel van Putten is getoetst door het stelsel met verschillende neerslagintensiteiten te belasten. Hierbij is voor 0,5 uur, 1 uur en 2 uur gekeken bij welke intensiteit water-op-sstraat berekend wordt. In tabel 4-2 is per deelgebied weergegeven bij welke intensiteit voor het eerst water-op-sstraat voorkomt. De locaties waar het eerst water-op-sstraat berekend wordt zijn weergegeven in bijlage 4.1. De blauw gemarkeerde velden zijn situaties die vaker dan 1x per 2 jaar voorkomen. De oranje gemarkeerde velden zijn situaties die vaker dan 1x per 5 jaar voorkomen. De tweede kolom geeft aan bij welke intensiteit voor het eerst water-op-sstraat berekend wordt bij een buiduur van 0,5 uur. De derde kolom geeft de bijbehorende herhalingsstijd. De vierde en vijfde kolom geven dezelfde gegevens bij een buiduur van 1 uur en de zesde en zevende kolom voor een buiduur van 2 uur.

Tabel 4-2: Faalkans vrijervalstelsels

Deelgebied	Neerslagintensiteit waarbij Herhalingsstijd		Neerslagintensiteit waarbij Herhalingsstijd		Neerslagintensiteit waarbij Herhalingsstijd	
	water-op-sstraat optreedt bij 0,5 uur [l/s/ha]	bij duur van 0,5 uur	water-op-sstraat optreedt bij 1 uur [l/s/ha]	bij duur van 1 uur	water-op-sstraat optreedt bij 2 uur [l/s/ha]	bij duur van 2 uur
Bijsteren (dwa)	> 120	< 1 x per 10 jaar	> 120	< 1 x per 100 jaar	> 120	<1x per 100 jaar
DWA	100	1x per 4 jaar	60	1x per 2,5 jaar	50	1x per 20 jaar
Gebied Oost A	70	1x per 1,5 jaar	50	1x per 2 jaar	50	1x per 20 jaar
Gebied Oost B	70	1x per 1,5 jaar	60	1x per 2,5 jaar	50	1x per 20 jaar
Gebied Oost C	50	2x per jaar	30	2x per jaar	20	2x per jaar
Gebied Oost D	80	1x per 2 jaar	70	1x per 5 jaar	70	1x per 100 jaar
Gebied Oost E	60	1x per jaar	40	1x per jaar	40	1x per 5 jaar
Gebied Oost F	110	1x per 5 jaar	90	1x per 40 jaar	80	<1x per 100 jaar
Gebied Oost G	70	1x per 1,5 jaar	40	1x per jaar	30	1x per 2 jaar
Gebied West	90	1x per 3 jaar	70	1x per 5 jaar	50	1x per 20 jaar
Hoge eind Noord	70	1x per 1,5 jaar	50	1x per 2 jaar	30	1x per 2 jaar
Hoge eng Oost	100	1x per 4 jaar	100	1x per 20 jaar	100	<1x per 100 jaar
Hoge eng West	110	1x per 5 jaar	110	1x per 50 jaar	100	<1x per 100 jaar
Husselersteeg (dwa)	> 120	< 1 x per 10 jaar	> 120	< 1 x per 100 jaar	> 120	<1x per 100 jaar
Husselerveld I (wadi)	70	1x per 1,5 jaar	50	1x per 2 jaar	40	1x per 5 jaar
Husselerveld II (gs)	100	1x per 4 jaar	90	1x per 40 jaar	80	<1x per 100 jaar
Husselerveld II (vgs)	90	1x per 3 jaar	60	1x per 2,5 jaar	60	1x per 50 jaar
Keizerswoert	100	1x per 4 jaar	100	1x per 20 jaar	100	<1x per 100 jaar
Oostelijk bosgebied (dwa)	> 120	< 1 x per 10 jaar	> 120	< 1 x per 100 jaar	> 120	<1x per 100 jaar
Oostelijk bosgebied II(dwa)	> 120	< 1 x per 10 jaar	> 120	< 1 x per 100 jaar	> 120	<1x per 100 jaar
Puttereng I	> 120	< 1 x per 10 jaar	100	1x per 20 jaar	100	<1x per 100 jaar
Puttereng II	80	1x per 2 jaar	60	1x per 2,5 jaar	60	1x per 50 jaar
Puttereng III	80	1x per 2 jaar	70	1x per 5 jaar	70	1x per 100 jaar
Stationsplein	70	1x per 1,5 jaar	70	1x per 5 jaar	60	1x per 50 jaar
Wijk Klarwaterbos (dwa)	110	1x per 5 jaar	80	1x per 10 jaar	70	1x per 100 jaar
Wijk Klarwaterbos (vgs)	80	1x per 2 jaar	40	1x per jaar	20	2x per jaar

Uit deze analyse blijkt dat in theorie vooral de volgende gebieden gevoelig zijn voor wateroverlast:

- Gebied Oost C
- Gebied Oost E
- Gebied Oost G
- Wijk Klarwaterbos (vgs)

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat voor de deelgebieden met '(dwa)' alleen vuilwaterafvoer in de berekeningen is meegenomen. Eventuele foutieve aansluitingen van verhard oppervlak op de vuilwaterafvoer zijn niet in beeld.

In bijlage 4.2 is een overzicht opgenomen waarin de water-op-sstraat situatie van bui 08 wordt vergeleken met een drietal combinaties van neerslagintensiteit en buiduur die net als een bui 08 een herhalingstijd hebben van 1x in de 2 jaar. In bijlage 4.3 is hetzelfde gedaan voor bui 09 en 1x per 5 jaar combinaties. Hierin valt op dat bij een bui 08 en 09 in Putten meer water-op-sstraat voorkomt dan bij de combinaties uit de gevoeligheidsanalyse. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het stelsel van Putten gevoelig is voor de hoge piekintensiteit die in bui 08 en 09 voorkomt. De resultaten in Tabel 4-2 ondersteunen deze verklaring, bij een buiduur van 0,5 uur (2^e en 3^e kolom) zijn er meer deelgebieden die niet voldoen aan de eisen dan bij een duur van 1 of 2 uur.

In bijlage 4.4 en 4.5 is voor een neerslagintensiteit van respectievelijk 40 l/s/ha en 60 l/s/ha de ontwikkeling van de water-op-sstraat situatie in de tijd weergegeven. Hierin is goed te zien dat bij een lage intensiteit het gebied met water-op-sstraat beperkt blijft, terwijl bij een hogere intensiteit het gebied waar water-op-sstraat berekend wordt snel groeit. Verder valt op dat vrijwel alle putten waar water-op-sstraat berekend wordt in een brede noord-zuid strook dwars door Putten liggen. Hier is niet direct een verklaring voor. Een mogelijke verklaring hiervoor kan worden gezocht in de belemmering in de afvoer tijdens neerslagsituaties door stuwen en wervelventielen en onvoldoende afvoer richting de bergingsbassins.

4.3.2 Theorie afstroming over maaiveld

In het rioleringsmodel komt water-op-sstraat niet tot afstroming, Modelmatig blijft het boven de put staan waar het uitteedt, en zodra er ruimte ontstaat zal het water de put weer instromen. In de praktijk zal het water echter over het maaiveld naar lager gelegen de delen stromen en zich in de laagtes verzamelen.

De mate waarin 'water-op-sstraat' in de praktijk ervaren worden als overlast is afhankelijk van een aantal factoren zoals aanwezige kantopsluitingen, bovengrondse afstroming en lokale laagtes. De hoogtecomponent is dan ook onontbeerlijk voor de interpretatie van de berekende situatie. In deze paragraaf bekijken we de hoogtekaart van Putten en kijken of op basis van het maaiveld locaties zijn aan te wijzen die gevoelig zijn voor wateroverlast.

Middels een GIS-analyse van de hoogtegegevens (AHN) is deze afstroming verkend. Het grid van de huidige data is te grof (5x5m) om een detailanalyse te kunnen maken, maar de analyse geeft wel een eerste inzicht. Het resultaat van de analyse is weergegeven in bijlage 4.6 en 4.7. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Duidelijke patronen van afstroming over maaiveld zijn te zien. In de analyse is geen rekening gehouden met bijvoorbeeld de aanwezigheid van duikers in watergangen. Stroombanen lijken dus te eindigen, terwijl deze werkelijkheid doorlopen via duikers.
- Vrijwel overal loopt de stromingsrichting van (zuid-)oost naar (noord-)west.
- Op een aantal plaatsen zijn ingesloten laagtes zichtbaar. Deze plaatsen zijn gevoelig voor water-op-sstraat.
- Bij overlastlocaties 2, 4, 9 en 10 loopt het maaiveld op in de afvoerrichting van het riool. Dit kan er toe leiden dat er meer water via de eindstrengen in het riool komt, die daardoor niet langer voldoende capaciteit hebben. Of dit ook in de praktijk gebeurt, hangt af van de detailinrichting van de weg, bv drempels etc.

4.3.3 Praktijk

In bijlage 4.6 en 4.7 is een overzicht opgenomen van de locaties waar in de praktijk water-overlast ervaren wordt.

Vrijwel alle locaties waar klachten gemeld zijn liggen in gebieden die ook in theorie het meest gevoelig zijn voor water-op-sstraat. Op de locaties 9 (Van Geenstraat) en 10 (Roosendaalseweg) wordt vanuit de riolering geen water-op-sstraat berekend. Deze locaties bevatten wel lokale laagtes die de overlast kunnen verklaren. Alleen voor locatie 13 (Calcariaweg) is geen eenduidige oorzaak voor de klachten aan te wijzen.

Een indicatie van de oorzaak, een koppeling tussen de theorie en de praktijk is in de volgende tabel opgenomen.

Tabel 4-3: Probleemlocaties water-op-sstraat

Deelgebied	nr. Locatie	Overlast theorie	Overlast praktijk	Oorzaak (theoretisch)
Gebied Oost	1 Dorpsstraat e.o.	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin in combinatie met beperking afvoer door wervelventiel
	2 Voorthuizerstraat	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin
	3 Harderwijkstraat	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin
	4 Papiermakerstr/Brinkstr	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin in combinatie met beperking afvoer door wervelventiel
	5 Tollenstraat	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin in combinatie met beperking afvoer door wervelventiel
	6 Veldstraat	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin
	7 Bruno Fabriciusstraat	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin
13 Calcariaweg	nee	ja	--	
Hoge eind Noord	8 Halvinkhuizerweg	ja	ja	Te krappe leiding richting bergingsbassin in combinatie met beperking afvoer door wervelventiel
	9 Van Geenstraat	ja	ja	Laagte in maaiveld
Puttereng III	10 Roosendaalseweg	ja	ja	Laagte in maaiveld
Gebied West	11 Nijverheidsweg	nee	ja	Laagste punt van Putten
Keizerswoert	12 Handelsweg	nee	ja	Laagste punt van Putten

4.3.4 Gecombineerd

Een aantal deelgebieden van de kern Putten is gevoelig voor water-op-sstraat. Vanuit de riolering zijn de deelgebieden Oost C, E en G en Klarwaterbos het meest gevoelig. Deze locaties voldoen niet aan de eis van maximaal 1x per 2 jaar water-op-sstraat. De meeste ingesloten laagtes komen voor in de deelgebieden Bijsteren en Husselerveld. In de praktijk zijn hier echter geen klachten bekend.

Kijken we naar de locaties waar klachten gemeld zijn dan zien we dat een groot deel van die klachten gemeld is op plaatsen waar ook water-op-sstraat berekend wordt, of waar een lokale laagte aanwezig is.

Conclusie:

In de praktijk zijn overlastlocaties bekend. In de meeste gevallen komen deze praktijklocaties overeen met de theoretisch gevoelige locaties. Het stelsel voldoet dus niet aan de gestelde criteria.

4.4 Controle functioneren retentiebossen

Huidige gemaalcapaciteit

Met behulp van een neerslagreeks berekening is het functioneren van de bergingbassins getoetst. In dit BRP is gewerkt met de 10-jarige regenreeks (15 minuten reeks, De Bilt, 1955-1965). Hierbij is gekeken naar de overstortende frequenties en de totale overstortende hoeveelheid. Voor de externe overstort is ook gekeken naar de piekemissies voor 1x per 1, 2, 5 en 10 jaar. In de volgende tabel zijn resultaten van de berekening weergegeven.

Tabel 4-4: Resultaten overstort frequentie bergingbassins

Deelgebied	Omschrijving	Overstort frequentie [x/jaar]	Overstort volume [m ³]
Gebied Oost	Van overstort R0819 naar compartiment 1	26x	592643
	Van compartiment 1 naar compartiment 2	17x	342902
	Van compartiment 2 naar compartiment 3	10x	181468
	Van compartiment 3 naar compartiment 4	1x	53498
Hoge eind Noord	Retentiebassin	8x	59066
Stationsplein	compartiment 1	6x	3167
	compartiment 2	1x	1057
Gebied West	Bergingreservoir	28x	555891
	Nooduitlaat (R0870)	6x	116097

Conclusie:

De bergingsvoorzieningen worden regelmatig benut, en doen waar ze voor bedoeld zijn. De nooduitlaat (R0870) treedt echter enkele malen per jaar in werking.

Eindgemaal op normcapaciteit

Vanuit de OAS is gesteld dat de huidige gemaalcapaciteit 904 m³/h mag bedragen. Echter door de toename van het verhard oppervlak zou het gemaal op basis van de norm 1174 m³/h moeten afvoeren. Om inzichtelijk te maken wat het effect is van het aanpassen van het eindgemaal naar de normcapaciteit is met behulp van een reeks berekening het functioneren van de bergingbassins nogmaals getoetst. In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekening weergegeven.

Tabel 4-5: Resultaten overstort frequentie bergingbassins

Deelgebied	Omschrijving	Norm 1174 m ³ /h		904 m ³ /h	
		Overstort frequentie [x/jaar]	Overstort volume [m ³]	Overstort frequentie [x/jaar]	Overstort volume [m ³]
Gebied Oost*	Van overstort R0819 naar compartiment 1	26x	592.293	26x	592.644
	Van compartiment 1 naar compartiment 2	17x	342.429	17x	342.907
	Van compartiment 2 naar compartiment 3	10x	105.280	10x	136.845
	Van compartiment 3 naar compartiment 4	1x	53.455	1x	53.498
Hoge eind Noord	Retentiebassin	8x	44.423	8x	44.359
Stationsplein*	compartiment 1	6x	3.180	6x	3.167
	compartiment 2	1x	1.061	1x	1.057
Gebied West	Bergingreservoir	24x	261.218	28x	555.891
	Nooduitlaat (R0870)	4x	36.799	6x	116.097

Uit de vergelijking van de overstortfrequenties in tabel 4-5 blijkt dat het aanpassen van het eindgemaal naar de normcapaciteit alleen invloed heeft op de overstortfrequentie van het deelgebied West. De overstortfrequenties van het bergingsreservoir en de nooduitlaat nemen hier af met respectievelijk 4x tot 2x per jaar, en de overstortende hoeveelheden nemen af met 53% en 68%.

Het gemengde stelsel functioneert als een nagenoeg absoluut stelsel, met slechts één overstort. Om een beeld te krijgen van de emissie is een vergelijking gemaakt met de maatstaf volgens de eenduidige basisinspanning:

maatstaf:	$(147,3\text{ha} + 7,9\text{ ha}) * 50\text{ kg CZV/ha} =$	7775 kg CZV per jaar
emissie 904m ³ /h:	$116.097\text{ m}^3 / 10\text{jaar} * 0,25\text{ kg/m}^3 =$	2903 kg CZV per jaar
emissie norm:	$36.799\text{ m}^3 / 10\text{jaar} * 0,25\text{ kg/m}^3 =$	920 kg CZV per jaar

De piekemissies voor T=1, 2, 5 en 10 zijn weergegeven in onderstaande tabel. Geconcludeerd wordt dat de resterende emissie ruimschoots voldoet aan de gestelde maatstaf.

Tabel 4-5: Piekemissies externe overstort, huidige gemaalcapaciteit

situatie	emissies				
	jaargemiddelde [kg CZV/jaar]	piek 1x per jaar [kg CZV/jaar]	piek 1x per 2 jaar [kg CZV/jaar]	piek 1x per 5 jaar [kg CZV/jaar]	piek 1x per 10 jaar [kg CZV/jaar]
huidige situatie (904 m ³ /h)	2902	996	2207	5036	8469
normcapaciteit (1174 m ³ /h)	920	187	1111	1947	4205

Conclusie:

De beperkte pompcapaciteit heeft een ongunstig effect op met name het functioneren van de nabijgelegen bergingsvoorziening en de bijhorende nooduitlaat. Bovenstrooms is de invloed nihil.

4.5 Resumé

Uit de toetsing van de huidige situatie zijn de volgende conclusies getrokken:

- de gemaalcapaciteit van het eindgemaal is lager dan de normcapaciteit.
- de capaciteiten van de doorlaten van de stuwgebieden zijn hoger dan de normcapaciteiten.
- Het stelsel voldoet niet aan de gestelde criteria voor de afvoercapaciteit. De theoretisch gevoelige locaties komen overeen met de bekende praktijklocaties.
- De bergingsvoorzieningen worden regelmatig benut. De nooduitlaat treedt echter ook enkele malen per jaar in werking. De beperkte pompcapaciteit heeft een ongunstig effect op met name het functioneren van de nabijgelegen bergingsvoorziening en de bijhorende nooduitlaat.

5 Analyse verbeteringsmaatregelen

Uit de toetsing van de huidige situatie blijkt een aantal knelpunten, en zijn verbeteringsmaatregelen noodzakelijk. In overleg met de gemeente is een drietal scenario's opgesteld en getoetst (een overzicht hiervan is opgenomen op tekening 179385-RP1):

1. Scenario hydraulisch functioneren:

Het aanpakken van de knelpunten in de praktijk door middel van hydraulische verbetermaatregelen (diametervergrotingen). De discussie richt zich met name op het functioneren van de nooduitlaat aan de westzijde van Putten (Stationsstraat). Dit is de enige lozer op oppervlaktewater. Overigens zijn er door de nooduitlaat geen klachten of overlast bekend.

2. Scenario benutten berging:

Het bepalen of de berging in het hoger gelegen gebied beter kan worden benut.

3. Scenario "extreem" afkoppelen:

Het aanpakken van de knelpunten in de praktijk door middel van het afkoppelen van verhard oppervlak. Voor het bepalen van het effect van afkoppelen is in eerste instantie een extreme variant voorgesteld. In dit scenario zullen in eerste instantie alle wegen worden afgekoppeld.

Hydraulisch functioneren

Per scenario is de afvoercapaciteit van het rioolstelsel van de kern Putten getoetst met de standaardbui 08 uit de Leidraad Riolerings (C2100). In de volgende paragrafen is aangegeven wat het effect is van de voorgestelde maatregelen op de hydraulische situatie. De resultaten hiervan zijn opgenomen in de bijlagen 5.1, 5.2 en 5.3.

Functioneren bergingsvoorzieningen

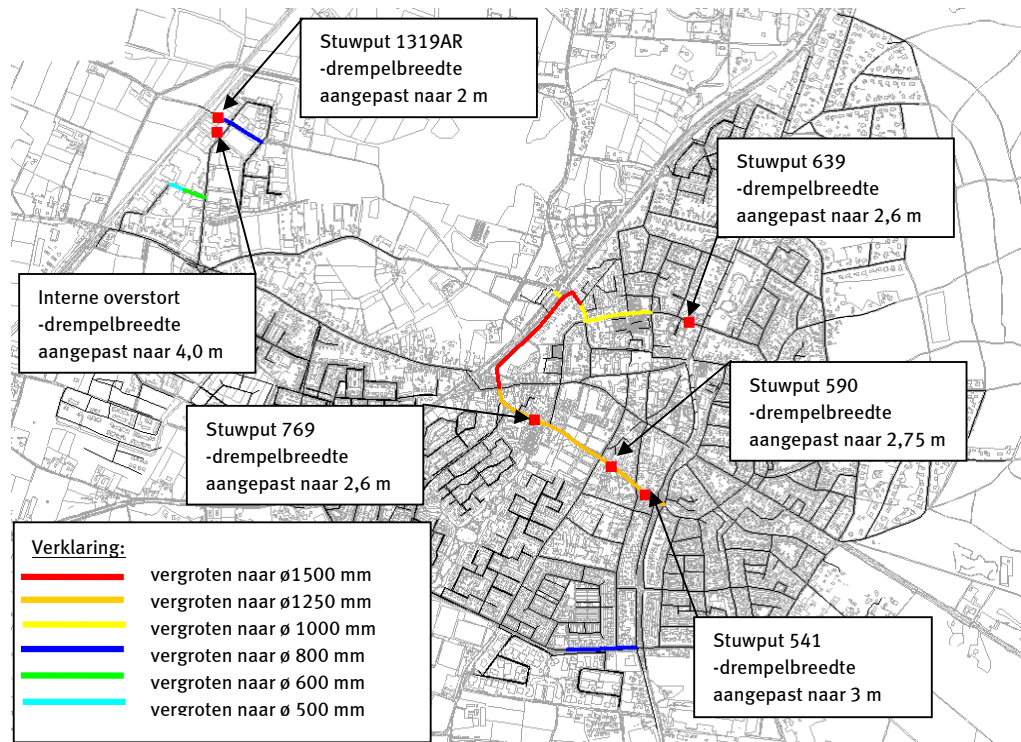
Met behulp van een reeksberekening is voor de verschillende scenario's het functioneren van de bergingbassins getoetst. Hierbij is gekeken naar het effect van de voorgestelde maatregelen op zowel de overstortende frequenties als de hoeveelheden. In de bijlage 5.4 en 5.5 zijn de resultaten van de reeksberekeningen voor de verschillende scenario's naast elkaar gezet, in zowel tabellen als grafieken. Hierbij is gekeken naar zowel een scenario met de pomp op 904 m³/h als met de pompcapaciteit op de norm (1174 m³/h).

5.1 Scenario hydraulisch functioneren

In het scenario hydraulisch functioneren is gekeken naar welke hydraulische verbetermaatregelen noodzakelijk zijn om de theoretische water-op-straat situaties zoals die ook in de praktijk worden ervaren te verbeteren danwel op te lossen.

Maatregelen

In de volgende figuur is een overzicht opgenomen van de locaties waar diametervergroting worden voorgesteld. Om het effect van de aangepaste pompcapaciteit op de vuilemissie te bekijken, is dit scenario doorgerekend met de normcapaciteit van 1174 m³/u, en met de afgesproken capaciteit van 904 m³/u.



Figuur 5-1: Overzicht hydraulische verbetermaatregelen

Zoals gesteld is binnen dit scenario ook gekeken of optimalisatie van het functioneren van de nooduitlaat mogelijk is. Doelstelling is zoveel mogelijk bovenstrooms vasthouden van rioolwater, dus in het oostelijk gebied. Gekeken is naar het effect van het aanpassen van de capaciteit van wervelventiel WV846 naar de afvoernorm, op basis van het dwa-aanbod plus de pompovercapaciteit van het achterliggende gebied (aanpassing van 206 l/s naar 139 l/s).

Hydraulisch functioneren

In de bijlagen is een grafische weergave van de berekende water-op-sstraat situaties opgenomen. Bijlage 5.1 toont de situatie met de pomp op 904 m³/u. Deze bijlage toont aan dat de knelpunten, waar ook in de praktijk wateroverlast optreedt, theoretisch opgeheven worden of zijn verminderd. Het aanpassen van de pompcapaciteit heeft geen merkbaar effect op de water-op-sstraat situatie.

Het aanpassen van de capaciteit van het wervelventiel WV846 heeft alleen zichtbaar effect op een paar putten in de leiding naar het wervelventiel toe, in de rest van het stelsel is er geen effect op de water-op-sstraat situatie. Omdat afstroming via de straat niet wordt meegenomen in de berekening is de verwachting dat er in de praktijk geen effect is op de water-op-sstraat situatie.

5.2 Scenario benutten berging

In het scenario benutten berging wordt gekeken naar de mogelijkheid om in het hoger gelegen stuwgebied de berging beter te benutten. In de huidige situatie zijn in het hoger gelegen gebied al stuwputten (inclusief doorlaten) aanwezig. Echter uit de toetsing van de afvoercapaciteit van de doorlaten in het stuwgebieden blijkt dat de doorlaten meer afvoeren dan de normcapaciteit.

Maatregelen

Om de berging in de stuwgebieden beter te kunnen benutten wordt als verbetermaatregel voorgesteld om de doorlaten van de stuwputten te begrenzen op de normcapaciteit. In de praktijk betekent dit dat de huidige leidingen vervangen moeten worden door een wervelventiel of een pomp. In tabel 4-1 is per stuwgebied de normcapaciteit bepaald. In tabel 5-2 zijn de gewenste afvoercapaciteiten, conform de afvoernorm, van de doorlaten opgenomen.

Tabel 5-2: Begrenzing afvoercapaciteit doorlaten.

Deelgebied	Loost op gebied	Doorlaat code	Afvoer capaciteit [l/s]	Totaal per gebied [l/s]
Gebied Oost 1	Gebied Oost 3	195	35,0	70,8
	Gebied Oost 3	660	35,7	
Gebied Oost 2,4 en 7	Gebied Oost 1	152	18,6	102,1
	Gebied Oost 1	639	31,7	
	Gebied Oost 6	541	27,7	
	Hoge eind Noord	966	24,1	
Gebied Oost 3	Gebied West	WV846	139,4	139,4
Gebied Oost 5	Gebied Oost 3	769	34,5	41,9
	Hoge eind Noord	594	7,4	
Gebied Oost 6	Gebied Oost 5	590	34,4	34,4

Extra berging generen:

Op basis van de overstorthoogte van de stuwputten in gebied Oost is een globale analyse gedaan naar de mogelijke extra berging in het hoger gelegen gebied. Voor het creëren van extra berging is het noodzakelijk extra stuwputten te plaatsen (ca. 10 stuks, globaal boven de +18,50 m NAP). Het toepassen van de extra stuwputten zou ca. 3 % meer berging opleveren. Deze extra berging is in de huidige berekening niet meegenomen.

Hydraulisch functioneren

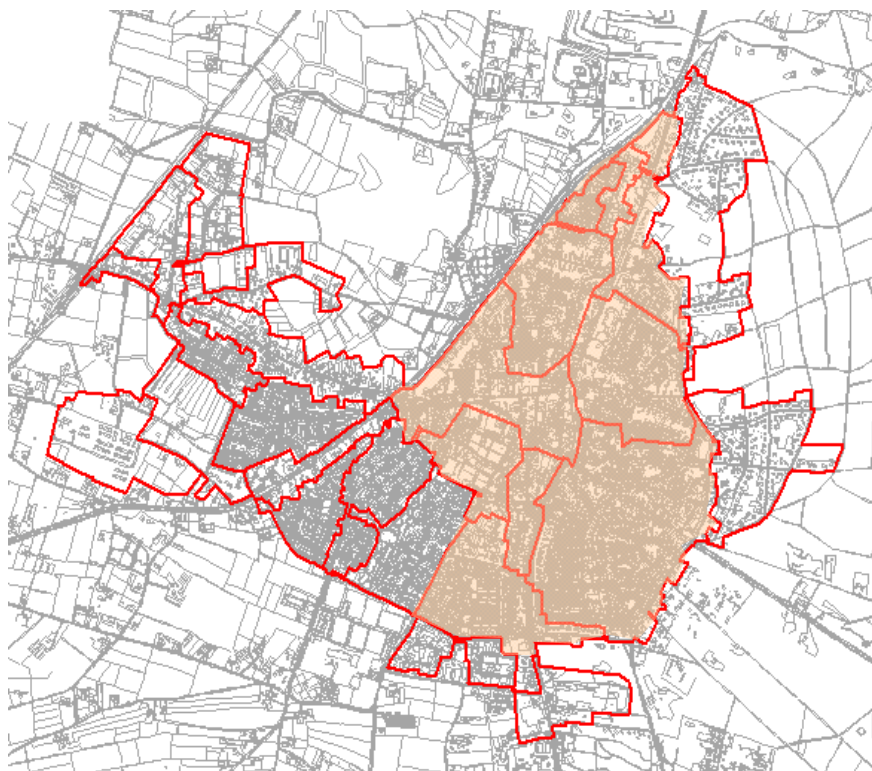
In bijlage 5.2 is een grafische weergave van de berekende water-op-sstraat situaties opgenomen. Deze berekening is gedaan met de pompcapaciteit op 904 m³/u. Deze bijlage toont aan dat het begrenzen van de doorlaten nagenoeg geen effect heeft op de berekende water-op-sstraat situaties. De water-op-sstraat situatie van gebied Oost verbeterd dus niet. Verder benedenstrooms is het effect verwaarloosbaar.

5.3 Scenario extreem afkoppelen

In het scenario extreem afkoppelen is gekeken naar wat de invloed is van het afkoppelen van alleen de wegen en terreinverharding in het oostelijke gemengde stelsel.

Maatregelen

Als verbetermaatregel wordt voor dit scenario in eerste instantie alleen de weg- en terreinverharding afgekoppeld om het effect op het hydraulisch functioneren inzichtelijk te maken. In het oostelijke gebied is in de huidige situatie totaal 37,46 ha weg- en terreinverharding aangesloten. Voor dit scenario is aangenomen dat de 37,46 ha wordt afgekoppeld.



Figuur 5-3: Overzicht gebied van "extrem"afkoppelen

Doordat het afvoerend oppervlak is afgenomen neemt ook de normcapaciteit van de pomp af. De nieuwe normcapaciteit bedraagt $912 \text{ m}^3/\text{h}$. Er is een reeks berekening uitgevoerd voor zowel de afgesproken capaciteit van $904 \text{ m}^3/\text{h}$ als voor de normcapaciteit van $912 \text{ m}^3/\text{h}$.

Hydraulisch functioneren

In bijlage 5.3 is een grafische weergave van de berekende water-op-sstraat situaties opgenomen. Deze berekening is gedaan met de pompcapaciteit op $904 \text{ m}^3/\text{u}$. Deze bijlage toont aan dat bij het extreem afkoppelen de theoretische water-op-sstraat situaties in het oostelijke deel van Putten wordt opgelost. Het aanpassen van de pompcapaciteit heeft geen merkbaar effect op de water-op-sstraat situatie.

5.4 Functioneren bergingsbassins in de scenario's

Uit de vergelijking van de overstortingsfrequenties (bijlage 5.4 en 5.5) kan geconcludeerd worden dat alle scenario's een positief effect hebben op de overstortfrequentie van de nooduitlaat. Door het toepassen van de hydraulische verbetermaatregelen (vergroten diameters) in scenario Hydraulisch Functioneren heeft het stelsel extra berging gekregen. De extra berging veroorzaakt een afname van de overstortfrequenties en hoeveelheden ten opzichte van de huidige situatie.

Het 'knijpen' van de capaciteit van het wervelventiel leidt tot een duidelijke afname van de hoeveelheid die bij de nooduitlaat wordt overgestort. De oorzaak hiervan is dat het water in gebied Oost en het daargelegen bergingsbassin beter en langer wordt vastgehouden, waardoor het uiteindelijk vertraagd wordt afgevoerd naar de RWZI.

Zoals gesteld in §5.1 richt de discussie zich met name op het functioneren van de nooduitlaat aan de westzijde van Putten. Dit is de enige gemengde lozer op oppervlaktewater.

Uit de analyse van de bijlagen 5.4 en 5.5 blijkt dat de overstortfrequentie en hoeveelheid kan worden teruggedrongen door met name het afkoppelen van verhard oppervlak, en door het 'knijpen' van het wervelventiel WV846.

Om de lozing volledig op te heffen is een bergingsvoorziening achter de uitlaat een optie. In tabel 5.1 is voor elk scenario aangegeven hoe groot de bergingsvoorziening moet zijn om het aantal overstortingen terug te brengen naar 3x, 1x en 0x per jaar.

Tabel 5.1: benodigde inhoud bergingsvoorziening achter nooduitlaat.

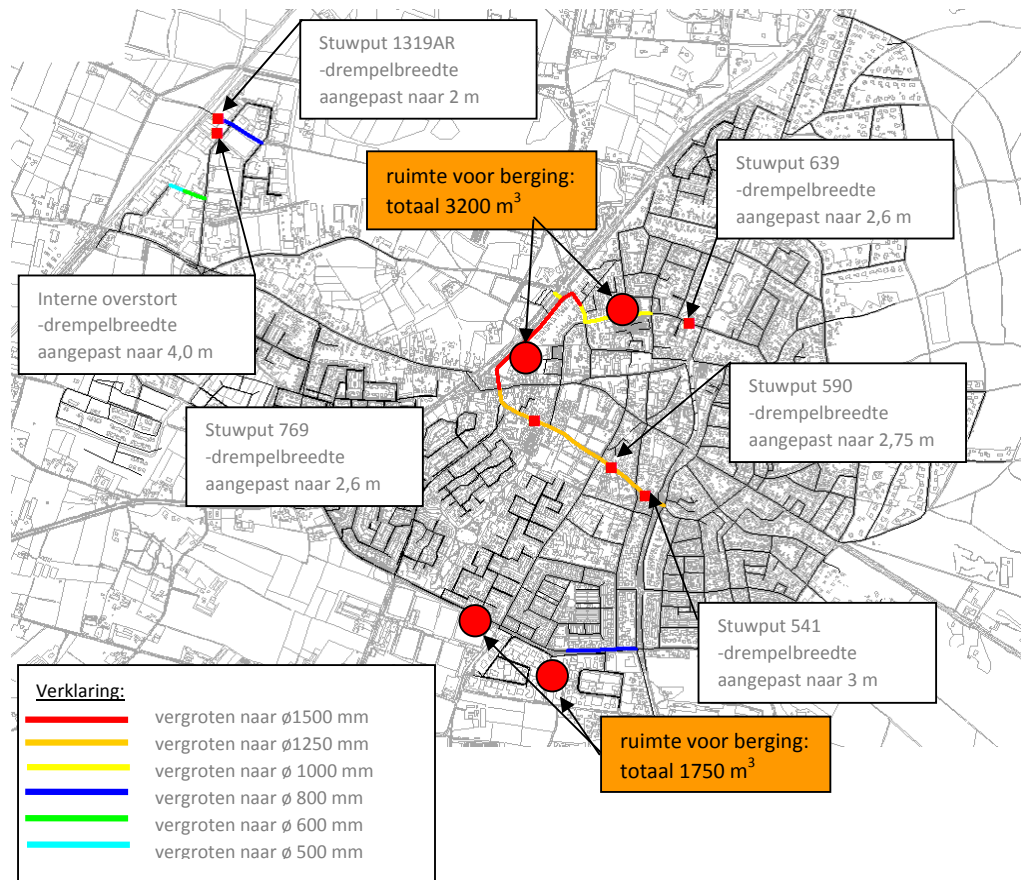
	Scenario	Benodigde inhoud bergingsvoorziening		
		3x/jaar	1x/jaar	0x
Pomp op 904 m ³ /u	Huidige situatie	369	2.486	27.842
	Diametervergroting	184	2.743	28.072
	Diametervergroting en wervelventiel op de norm	0	260	13.340
	Benutten berging	361	2.701	28.365
	Afkoppelen	69	771	21.263
Pomp op norm capaciteit (1174 m ³ /u)	Huidige situatie	17	452	14.383
	Diametervergroting	0	272	14.429
	Diametervergroting en wervelventiel op norm	Buiten beschouwing		
	Benutten berging	Buiten beschouwing		
	Afkoppelen (norm 912 m ³ /h)	98	1.066	23.619

Om de lozing volledig op te heffen is een aanzienlijke inspanning noodzakelijk. Afhankelijk van het scenario is een berging noodzakelijk van 13.000 tot 28.000 m³, om ook de extreme piek op te kunnen vangen. Wordt gekozen voor een frequentie van 1x per jaar, dan bedraagt de benodigde berging 260 tot 2700 m³.

Het scenario waarbij het wervelventiel geknepen wordt is het meest gunstige. Het 'knijpen' van het wervelventiel WV846 heeft ook invloed op de het functioneren van de bergingsvoorzieningen bovenstrooms, met name de voorziening Oost. Hier spelen verschillende processen een rol. Door het 'knijpen' neemt de hoeveelheid toe, en door het vergroten van diameters en afkoppelen van verhard oppervlak neemt de hoeveelheid af. Deze laatste twee aspecten hebben een grotere invloed, zodat verwacht wordt dat de overstortings frequenties en -hoeveelheden in de toekomst verder zullen afnemen.

5.5 Optimalisatie scenario hydraulisch functioneren

In 2011 is in overleg met de gemeente besloten om, naar aanleiding van de inzichten uit de gevoeligheidsanalyse wateroverlast en voorziene kansen voor het creëren van extra berging het scenario hydraulisch functioneren verder uit te werken. Bij deze uitwerking is gekeken of het mogelijk is de diametervergrotingen uit dit scenario (deels) te laten vervallen door het aanleggen van nieuwe bergingsbassins. Op de volgende vier lokaties ziet de gemeente ruimte voor de mogelijke realisatie van de een bergingsbassin. In de toetsing is uitgegaan van in totaal 4950 m^3 , verdeeld over maximaal vier lokaties.



Figuur 5-4: Overzicht lokaties bergingsmogelijkheden

Verder is gekeken hoe het scenario aangepast moet worden om voorbereid te zijn op een T=5 situatie. Per situatie is een inschatting gemaakt van de kosten om de voorgestelde maatregelen te realiseren. Het uiteindelijke doel is het voorgestelde maatregelenpakket te optimaliseren, zodat investeringen het meest doelmatig en adequaat ingezet worden.

Voor de toetsing van deze scenario's is als maatstaf aangehouden dat de berekende water-op-straat situatie bij een bui 08 vanuit het rioolmodel vergelijkbaar is met de berekende water-op-straat situatie van het scenario hydraulisch functioneren (bijlage 5.1). Met deze uitgangspunten zijn de volgende varianten opgesteld en getoetst:

- I: referentiesituatie: : voorstel diametervergrotingen scenario §5.1.
 II: situatie: realisatie bergingsbassins en verminderde diametervergroting
 III: situatie: aanvullende diametervergrotingen voor de T=5 situatie.
 IV: situatie: realisatie bergingsbassins en diametervergrotingen voor de T=5 situatie.
NB: voor alle varianten geldt dat de voorgestelde diametervergrotingen in Keizerswoert als reeds uitgevoerd worden beschouwd.

Kostenindicatie

Uit de modeltoetsingen is geconcludeerd dat de op enkele lokaties diametervergroting achterwege zou kunnen blijven. Feit is echter dat overtollig water voldoende snel afgevoerd moet kunnen worden naar de beoogde bergingsbassins. Diametervergroting is onontkoombaar. Een overzicht van de maatregelen per scenario is opgenomen in bijlage 5.6. De volgende tabel geeft de verschuiving in maatregelen weer (de lengtes te verzwaren riolering zijn weergegeven). Tevens is een kostenindicatie gemaakt op basis van de kentallen uit de Leidraad Riolering (gemiddelde eenheidsprijs voor vervanging/aanleg). Voor de eenheidsprijs van de bassins is uitgegaan van een ondergrondse, dichte betonnen constructie (€1000/m³).

Tabel 5-2: Maatregeloverzicht en kosten

Maatregel	eenheidsprijs [€/m]	scenario I	scenario II	scenario III	scenario IV
		referentie §5.1	incl. bassins	excl. bassins	incl. bassins
		T=2	T=2	T=5	T=5
Vergroten naar 400	435			97	408
Vergroten naar 500	530			180	682
Vergroten naar 600	645			79	91
Vergroten naar 700	850		78	417	
Vergroten naar 800	980	467		1001	225
Vergroten naar 900	1120			110	705
Vergroten naar 1000	1295	335	74	972	692
Vergroten naar 1250	1870	821	1071	1018	1400
Vergroten naar 1500	2530	563		563	
Subtotaal kosten diameterverzwaring		€ 3.851.000	€ 2.165.000	€ 6.234.000	€ 5.122.000
Kosten aanleg bassins	€1000/m	0	€ 4.950.000	0	€ 4.950.000
Totale kosten		€ 3.851.000	€ 7.115.000	€ 6.234.000	€ 10.072.000

Uit de bovenstaande tabel is te herleiden dat de scenario's met de aanleg van gesloten bergingsbassins op de beoogde lokaties circa 65% duurder zijn. Pas bij een eenheidsprijs van €300 per m³ wordt de realisatie van een bergingsbassin interessant. De verwachting is dat dergelijke eenheidsprijzen voor de voorgestelde ondergrondse voorzieningen niet reëel zijn, voor genoemde eenheidsprijs zou een open berging gerealiseerd kunnen worden. De beoogde lokaties voor de berging liggen echter in of naast bebouwing, waardoor een open volledig open voorziening niet haalbaar wordt geacht.

Als de lat hoger wordt gelegd zijn logischerwijs meer en zwaardere maatregelen noodzakelijk. Uit tabel 5-2 is te herleiden dat benodigde investering toeneemt met €2,4 of €2,9 ml. oftewel circa 60%.

Tot slot is in bijlage 5.7 inzichtelijk gemaakt wat het effect is op de theoretische water-opstraat (bij bui 08 - 1x per 2 jaar) als alleen de maatregelen 'noord' of alleen de maatregelen 'zuid' worden uitgevoerd. De resultaten zijn de vergelijken met bijlage 5.1. Duidelijk is te zien dat de 'noordelijke' maatregelen het meeste effect hebben op de verbetering van de afvoercapaciteit van de riolering.

Conclusie

Technisch en qua ruimtelijke inpassing is de realisatie van een aantal bergingsbassins mogelijk. Op basis van kostenkentallen is geconcludeerd dat de scenario's inclusief bergingsbassins meerkosten met zich meebrengen ten opzichte van de scenario's met alleen diametervergrotingen. Open berging lijkt geen reële optie, de afweging is gemaakt met ondergrondse en gesloten voorzieningen.

Ook het benodigde investeringen om het rioolstelsel aan een hogere lat qua afvoercapaciteit te laten voldoen zijn aanzienlijk hoger dan de referentiesituatie. Waar deze lat wordt gelegd is een bestuurlijke keuze. Geadviseerd wordt om op basis van een meerkeuzemodel de afweging aan het gemeentebestuur voor te leggen.

6 Conclusies en aanbevelingen

Dit BRP heeft tot doel het verkrijgen van inzicht in het functioneren van de rioolstelsels in de kern Putten. Hierbij is gekeken naar het hydraulisch functioneren (de afvoercapaciteit) en de overstortingsfrequentie van de bergingbassins.

De volgende paragrafen bevatten een resumé van de bevindingen. Tevens zijn de mogelijke oplossingsrichtingen aangegeven, en welke nadere onderzoeken worden aanbevolen.

6.1 Conclusies

De huidige situatie (peildatum maart 2008) is getoetst aan de gestelde criteria. Het volgende is geconcludeerd:

Inventarisatie

Uit de inventarisatie blijken de stelsels van Putten een aantal opvallende kenmerken te bevatten, die de aandacht hebben gevraagd in de modellering en toetsing:

- Kenmerkend voor het rioolstelsel van de kern Putten is de aanwezigheid van verschillende stuwgebieden. Gebied Oost is licht hellend, om de berging in dit gebied te benutten zijn 6 stuwgebieden gecreëerd.
- Het stelsel van Putten is een absoluut stelsel met één nooduitlaat aan de westzijde, behorende bij het bergingsbassin van dat gebied. Daarnaast heeft het stelsel geen externe overstorten. De interne overstorten lozen op een viertal bergingbassins.
- Het verhard oppervlak van de gemengde stelsels neemt met circa 21% toe ten opzichte van het vorige BRP. De oorzaak hiervan is dat het particuliere verharde oppervlak van zowel de woningen als het bedrijventerrein nauwkeuriger is geïnventariseerd.
- In de optimalisatiestudie van het afvalwatersysteem zijn met het waterschap afspraken gemaakt over de gemaalcapaciteit, het afkoppelen van verhard oppervlak en de pompre-gimes van de verbeterd gescheiden stelsels.

Toetsing huidige situatie

Naar aanleiding van de uitgevoerde toetsing concluderen wij het volgende:

- De geïnstalleerde gemaalcapaciteit van het eindgemaal is 904 m³/h. Het totale DWA-aanbod in de kern Putten bedraagt 367 m³/h, wat uiteindelijk resulteert in een pompo-vercapaciteit voor de gemengde stelsels van 0,3 tot 0,4 mm/h.
Dit is lager dan de normcapaciteit. Uitgaande van een pompo-vercapaciteit van 0,7 mm/h voor de gemengde stelsels bedraagt deze voor de huidige situatie 1174 m³/h, inclusief de overcapaciteit van de verbeterd gescheiden stelsels.
- De doorlaten bestaan uit leidingen (160/200mm) en zijn niet voorzien van een aanvullen-de afvoerbepanking. De doorlaten kunnen meer doorvoeren dan de theoretische afvoernorm. Hierdoor wordt minder water vastgehouden dan wellicht mogelijk is. Uit toetsing blijkt echter dat het effect gering is.
- Het stelsel voldoet niet aan de gestelde criteria voor de afvoercapaciteit. De theoretisch gevoelige locaties komen overeen met de bekende praktijklocaties..
- De bergingsvoorzieningen worden regelmatig benut, en doen waar ze voor bedoeld zijn. De externe overstort van het gemengde stelsel treedt echter enkele malen per jaar in werking, dit is veel vaker dan oorspronkelijk de bedoeling was.

- De beperkte pompcapaciteit heeft een ongunstig effect op met name het functioneren van de nabijgelegen bergingsvoorziening (het westelijk gebied) en de bijhorende nooduitlaat. Bovenstrooms is de invloed nihil.

6.2 Aanbevelingen

Onderzoeken

- De toename van het verharde oppervlak leidt tot andere uitgangspunten dan destijds gehanteerd voor de optimalisatiestudie. Aanbevolen wordt de houdbaarheid en geldende afspraken vanuit de OAS tegen het licht te houden.
- De enige externe overstort blijkt uit de toetsing toch regelmatig te functioneren. Aanbevolen wordt het functioneren in de praktijk te gaan monitoren, door middel van een waterstandsmeting en een neerslagmeting. Eventueel kan ook de daadwerkelijke kwaliteit van het overstortende water in beeld worden gebracht.

Verbeteringen

Uit de toetsing van de huidige situatie blijkt een aantal knelpunten, en zijn verbeteringsmaatregelen noodzakelijk. In overleg met de gemeente is een drietal scenario's opgesteld en getoetst:

- Scenario hydraulisch functioneren:
- Scenario benutten berging:
- Scenario "extreem" afkoppelen:

Afvoercapaciteit

Door een combinatie van diametervergrotingen en afkoppelen is het hydraulisch functioneren te verbeteren. In dit BRP zijn hiervoor voorstellen gedaan. Voor dit scenario heeft een aanvullende analyse plaatsgevonden. Hierbij is gekeken of het mogelijk is de diametervergrotingen uit dit scenario (deels) te laten vervallen door het aanleggen van nieuwe bergingsbassins. Technisch en qua ruimtelijke inpassing is dit mogelijk, op basis van kostenkennallen is geconcludeerd dat de scenario's inclusief bergingsbassins meerkosten met zich meebrengen ten opzichte van de scenario's met alleen diametervergrotingen. Ook de benodigde investeringen om het rioolstelsel aan een hogere lat qua afvoercapaciteit te laten voldoen zijn aanzienlijk hoger dan de referentiesituatie. Waar deze lat wordt gelegd is een bestuurlijke keuze. Geadviseerd wordt om op basis van een meerkeuzemodel de afweging aan het gemeentebestuur voor te leggen..

Aanbevolen wordt de voorstellen voor verbeteringen aan de riolering af te stemmen met het weg- en rioolbeheer, zodat een goed beeld ontstaat van de (on)mogelijkheden.

Functioneren bergingsvoorzieningen

Door het nemen van maatregelen is het functioneren van de bergingsvoorzieningen te optimaliseren. Door vergroting van diameters en het afkoppelen van verhard oppervlak ontstaat extra berging in het stelsel, wat leidt tot minder overstortingen door de nooduitlaat. Het afkoppelen van verhard oppervlak is reeds beleid van de gemeente. Bij ontwikkelingen wordt altijd afgewogen op welke wijze verhard oppervlak van het gemengde stelsel kan worden afgekoppeld. Hoeveelheden voor de komende periode zijn echter niet aan te geven. Het aanleggen van nieuwe bergingsvoorzieningen is niet kosteneffectief. Ook is het een maatregel die moeilijk te verantwoorden is voor een gemeente die afkoppelen als voorkeursbeleid heeft.

Capaciteit nooduitlaat

Het knippen van wervelventiel WV846 leidt ertoe dat meer water bovenstrooms wordt vastgehouden. Hierdoor stroomt meer water naar de bergingsvoorzieningen en wordt de nooduitlaat ontzien. Aanbevolen wordt de mogelijkheden voor het knippen van het wervelventiel nader te onderzoeken (toetsing van de theorie aan de praktijk), in combinatie met het monitoren van de nooduitlaat en neerslagmeting.

Functioneren nooduitlaat

Het functioneren van de nooduitlaat is een van de belangrijkste criteria voor het beoordelen van de verschillende scenario's. Daarom is de aanbeveling opgenomen het daadwerkelijk functioneren van de nooduitlaat te gaan monitoren. Het is niet reëel om de lozing van de nooduitlaat volledig op te willen heffen door het aanbrengen van een bergingsvoorziening. Door de lat op 1x per jaar te leggen ontstaat een realistischer scenario, en zou, afhankelijk van de variant, een bergingsvoorziening noodzakelijk zijn van 260 à 2700 m³. Ook voor het rechtvaardigen van een dergelijke investering verdient het aanbeveling om vooraf te monitoren.