[redacted]

Gemeente Leeuwarden
[redacted]
Postbus 21000
8900 JA LEEUWARDEN

Leeuwarden, 27 mei 2024

Hartelijk dank voor uw schriftelijke reactie van 27 maart 2024 op mijn schrijven van 12 maart jl. U begint u brief met de quote "het klimaat verandert, we krijgen steeds meer te maken met extremen" Een kreet waarmee we vandaag de dag regelmatig om de oren worden geslagen. Helaas altijd zonder onderbouwing met feiten. Ik heb inmiddels een leeftijd waarbij ik over een tijdsbestek van meer dan 60 jaar een ervaringsoordeel kan vellen. Gedurende dit tijdsbestek heb ik vele dergelijke angstaanjagende stellingen voorbij zien komen. Darwin met de stelling dat de wereldbevolking zou omkomen van de honger. Het rapport van de club van Rome (Aula boeken 500, 1972) dat we zullen ondergaan aan hetzelfde probleem en nog veel meer. Zichzelf benoemde deskundigen met alarmerende gevolgen van zure regen, later aangevuld met ammoniak, de uitstoot van methaan bij het toiletteren van mens en dier, het smelten van de polen, ozongat etc. etc.
Nu worden we verrast met een nieuw rampscenario: Minuscule toename van het voor de natuur en mensheid essentiële CO2 in de atmosfeer. Gevolg opwarming van de aarde! In heel Europa worden fossielen gevonden, waaruit blijkt dat we ook hier een tropisch klimaat hebben gekend, terwijl nog niet zo lang geleden tevens een ijstijd hebben beleefd, waaraan we de hunebedden in Drenthe hebben te danken. Dus inderdaad het klimaat verandert ook nu zoals de natuur altijd al verandert. De gemeente Leeuwarden gaat nu op basis van de door haar onderschreven SDG doelstellingen (lees hoe vernietigen we God's schepping) "regenwaterriolen of waterbuffers" aanleggen in plaats van te werken aan een goed functionerende bestaande riolering. Begin jaren negentig stond het water in Leeuwarden-West en Huizum tot aan de deurdorpels omdat die het water niet aan kon.....
Eén en ander uiteraard op kosten van de ander. Hoe innovatief, een nieuwe belasting, getiteld 'waterzorg'. Geld uitge(te)geven aan nutteloze en volledig overbodige werkzaamheden, gebaseerd op angst en politiek hobbyisme en verspilt aan van subsidie/gelegaliseerde diefstal in leven gehouden adviesbureaus en bedrijven.

Ik verzoek u dan ook mij op basis van de WOO/WOB, binnen de door de wet bepaalde termijn, alle relevante informatie te verschaffen die tot deze extra belasting hebben geleid en alle gemeentelijke plannen, werkzaamheden en investeringen hiervoor zowel op korte als op lange termijn met vermelding van de NGO's, bureaus en bedrijven, die de gemeente bij zowel de adviezen als de uitvoering inschakelt cq. ingeschakeld heeft alsmede de eraan betaalde en gebudgetteerde bedragen. Mocht u in gebreke blijven dan zal ik als eerste stap een klacht indienen bij de nationale ombudsman.

[redacted]

Oldehoofsterkerkhof 2
Postbus 21000
8900 JA Leeuwarden
Telefoon 14 058

www.leeuwarden.nl
E-mail gemeente@leeuwarden.nl

Gemeente Leeuwarden

[redacted]

Onderwerp WOO-besluit
Uw kenmerk
Ons kenmerk 2024-126092
Dienst REOB
Sector GEB SSJ
Contact 14-058
Bijlagen Bezwarenbijsluiter
Datum 5 november 2024

Geachte [redacted]

In een brief d.d. 6 juni 2024 heeft u met een beroep op de Wet open overheid (Woo) aan de gemeente Leeuwarden verzocht om verstrekking en openbaarmaking van informatie. U verzocht om documenten inzake de Riool- en Waterzorgheffing. Wij hebben u een rapport verstuurd met de vraag of dit is waarnaar u op zoek bent. U geeft op 11 september 2024 aan dat dit niet voldoende is. U geeft aan op zoek te zijn naar de gemeentelijk plannen, werkzaamheden en (voorgenomen) uitgaven naar aanleiding van het beleid omtrent Riool- en Waterzorgheffing. Ook verzoekt u om opgave van de bedragen, die de gemeente Leeuwarden reserveert/besteedt aan de uitvoering van deze plannen en wat er wordt uitgegeven aan adviesorganisatie(s).

Zoekslag
Onze zoekslag naar documenten die onder ons rusten en binnen de reikwijdte van het verzoek vallen hebben 10 documenten opgeleverd. Het gaat om 2 collegevoorstellen, 1 memo, 1 uitvoeringsagenda, 5 rapporten en 1 opgave van uitgaven aan adviesorganisaties. Sommige informatie waar u om verzoekt is reeds openbaar. Deze kunt u vinden in het document ‘overzicht stukken link naar raadsvergaderingen’.

Derde belanghebbenden
Er zijn derde belanghebbenden betrokken bij het verzoek om de openbaarmaking van onderhavige documenten. Wij hebben BZ Ingenieurs & Managers en Arcadis in de gelegenheid gesteld om een zienswijze te geven op ons voornemen tot openbaarmaking van informatie. Beiden geven aan geen bezwaar te hebben tegen de openbaarmaking.

Besluit
Wij hebben besloten om de documenten in gedeeltelijk geanonimiseerde vorm openbaar te maken.

Persoonlijke levenssfeer
Op grond van artikel 5.1, tweede lid, onder e van de Woo zijn o.a. namen en contactgegevens van personen niet zijnde leden van ons college, bijvoorbeeld medewerkers van onze organisatie en personen van buiten onze organisatie, onleesbaar gemaakt. Naar onze mening weegt het belang van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen zwaarder dan het belang van openbaarheid. Wij wijzen daarbij op vaste jurisprudentie van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State.
Het belang van eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer verzet zich tegen openbaarmaking van namen en contactgegevens van medewerkers binnen en buiten de organisatie die niet wegens hun functie in de openbaarheid treden, tenzij de indiener van het desbetreffende Woo-verzoek aannemelijk heeft gemaakt dat het belang van de openbaarheid in een concreet geval zwaarder weegt. Van dit laatste is niet gebleken.

Concurrentiegevoelige bedrijfsgegevens
Op grond van artikel 5.1, tweede lid, onder f, van de Woo hoeft informatie omtrent andere dan vertrouwelijke bedrijfs- en fabricagegegevens niet te worden verstrekt indien de bescherming daarvan zwaarder dient te wegen dan de openbaarmaking. Het gaat daarbij om gegevens die betrekking hebben op het fabricageproces, de strategie van een onderneming, actuele offertes, aanbestedingen en andere concurrentiegevoelige gegevens. In de rapporten worden geldbedragen genoemd. Deze geldbedragen zijn onleesbaar gemaakt.

Verzending per post van de documenten is vanwege de omvang van de stukken bewerkelijk. Onze voorkeur gaat uit naar verzending per mail. Graag ontvangen wij om die reden uw e-mailadres, zodat we de documenten kunnen verzenden. Ook worden de documenten geopenbaard op https://www.leeuwarden.nl/afgehandelde-woo-verzoeken-2024/.

Indien u het niet eens bent met dit besluit kunt u daartegen bezwaar maken. Wij verwijzen u kortheidshalve naar de bezwarenbijsluiter bij dit besluit.

Mocht u vragen of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit besluit, dan verzoeken wij om eerst contact op te nemen via bovenstaand telefoonnummer.

Wij vertrouwen erop, dat wij u voor nu voldoende hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,

burgemeester en wethouders van Leeuwarden,
namens dezen

drs. Chr. Wallet,
sectormanager Gebiedsontwikkeling, Economie en Strategische Staf

Onder deze brief treft u geen handtekening aan. Meer informatie:
https://www.leeuwarden.nl/digitalepost

BIJLAGE 1: Bezwaar maken

Bent u het niet eens met dit besluit?
Dan kunt u bezwaar maken. Dit doet u door binnen zes weken na de verzenddatum van dit besluit een brief (een ‘bezwaarschrift’) naar ons te sturen. In deze brief staan in ieder geval:

a uw naam en adres;
b de datum waarop u de brief heeft geschreven;
c. tegen welk besluit u bezwaar maakt;
d. het kenmerk/nummer van het besluit;
e. de reden van uw bezwaar;
f. uw handtekening.

U kunt het bezwaar digitaal indienen via www.leeuwarden.nl/bezwaarschrift of schriftelijk door het bezwaar te sturen naar de gemeente Leeuwarden, Postbus 21000, 8900 JA in Leeuwarden.

Besluit uitstellen?
Bij spoedeisende zaken kunt u vragen het besluit tijdelijk uit te stellen. Dit doet u door een ‘voorlopige voorziening’ aan te vragen bij Rechtbank NoordNederland. Hier zijn kosten voor u aan verbonden. Uiteraard is het aan de rechter om te beslissen of het besluit wel of niet kan worden uitgesteld. U kunt ook digitaal een verzoek om een voorlopige voorziening indienen bij de rechtbank via http://loket.rechtspraak.nl/bestuursrecht. Daarvoor moet u wel beschikken over een elektronische handtekening (DigiD). Kijk voor de precieze voorwaarden op de genoemde site.

Oldehoofsterkerkhof 2
Postbus 21000
8900 JA Leeuwarden
Telefoon 14058

Gemeente Leeuwarden

Collegevoorstel

Rioolheffing met riool- en waterzorgtarief
Zaaknummer: 2023-112332

Aanleiding en context
Op 21 december 2022 heeft de raad met het vaststellen van het Programma Water en Riolering 2023-2027 besloten om de rioolheffing om te vormen naar een bredere riool- en waterzorgheffing. Hiermee komt er een nieuwe basis voor de bekostiging van de rioolvervanging en de klimaatopgave. Bij amendement is besloten om de raad verschillende scenario's voor te leggen

In de informerende brief aan de raad wordt de keuze voorgelegd wie er mee gaat betalen aan het waterzorgtarief en daarmee de klimaatopgave. Deze beslissing wordt gemaakt door een keuze te maken uit één van de onderstaande scenario's.

Scenario 1
Het riooltarief en het waterzorgtarief voor iedereen die een rioolaansluiting heeft.

Scenario 2
Een riooltarief voor iedereen met een rioolaansluiting.
Een waterzorgtarief voor alle bebouwde percelen met een WOZ-waarde. Dit zijn ook de percelen zonder rioolaansluiting.

Riooltarief	Tarief 2023	Scenario 1	Scenario 2
Eigenaren % van de WOZ-waarde	0,02560%	0,01022%	0,01022%
Gebruikers woningen EPHH	€ 67,84	€ 60,20	€ 60,20
Gebruikers woningen MPHH	€ 101,76	€ 90,30	€ 90,30
Gebruikers niet-woningen (> 10 m3)	€ 218,31	€ 204,56	€ 204,56
Gebruikers niet-woningen (<= 10 m3)	€ 72,69	€ 68,11	€ 68,11
Recreatiewoningen	€ 50,88	€ 44,78	€ 44,78

Waterzorgtarief	Tarief 2023	Scenario 1	Scenario 2
Eigenaren % van de WOZ-waarde		0,01642%	0,01561%
Gebruikers vast tarief		€ 11,75	€ 11,55

Goed om te weten:
- *Landbouwpercelen worden **niet** aangeslagen;*
- *Bebouwde percelen met een WOZ-waarde zónder rioolaansluiting worden **niet** aangeslagen voor het riooltarief.*

Maatregelen als gevolg van de klimaatverandering zijn van algemeen belang. Bij dit onderdeel van de nieuwe rioolheffing is er geen relatie te leggen met het al dan niet hebben van een aansluiting op de riolering. In de lijn van het gelijkheidsbeginsel is het reëel om voor het tarief Waterzorgheffing alle percelen aan te slaan met een WOZ-waarde.

Het college wordt voorgesteld om te besluiten om alle bebouwde percelen met een WOZ-waarde aan te slaan voor het waterzorgtarief (scenario 2) en de raad in een informerende brief deze keuze mee te delen.

Oldehoofsterkerkhof 2
Postbus 21000
8900 JA Leeuwarden
Telefoon 14058

Gemeente Leeuwarden

Collegevoorstel

Rioolheffing met riool- en waterzorgtarief
Zaaknummer: 2023-112332

Aanleiding en context
In uw vergadering van 30 mei jl. heeft u voor de nieuwe heffingsmethodiek van de rioolheffing de voorkeur uitgesproken voor scenario 2. Bij dit scenario geldt het riooltarief alleen voor percelen met een directe of indirecte rioolaansluiting. Het waterzorgtarief geldt voor alle bebouwde percelen met een WOZ-waarde, ook percelen zonder rioolaansluiting.

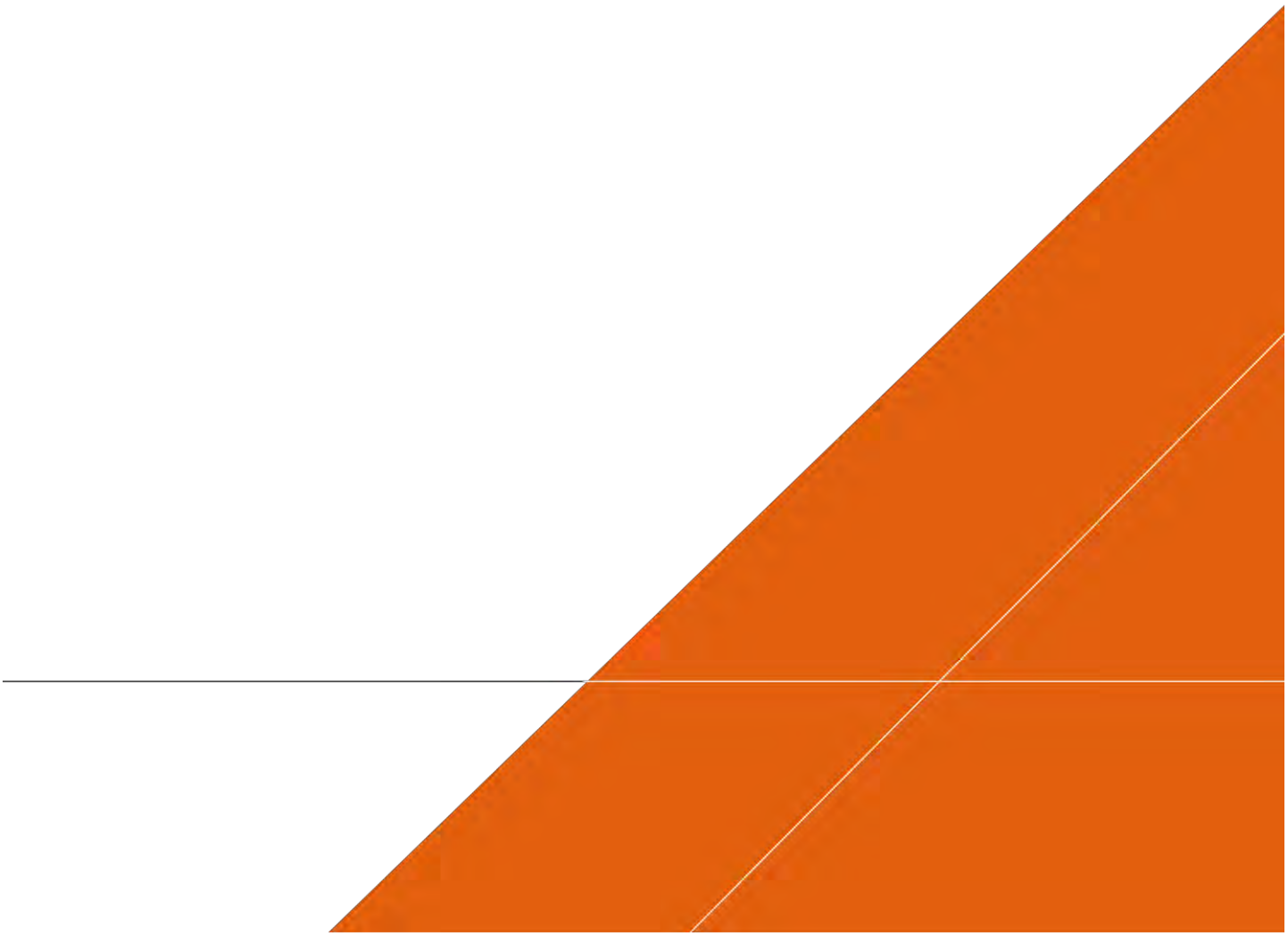
Het voorkeursscenario is uitgewerkt in de verordening Rioolheffing Leeuwarden 2024. Deze verordening wordt u hierbij ter besluitvorming voorgelegd.

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

HERBEREKENING RIOOLSTELSEL STIENS

Gemeente Leeuwarden

20 JUNI 2019



Contactpersoon

[redacted]
Projectleider Stedelijk Water en Riolering

T +31 6 [redacted]
M +31 6 [redacted]
E [redacted]@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5

1.1 Aanleiding 5

1.2 Doel 5

1.3 Leeswijzer 5

2 UITGANGSPUNTEN 6

2.1 Brongegevens 6

2.2 Water-op-straat en wateroverlast 6

2.3 Emissieberekeningen 6

2.4 Rekenmodel 6

3 SYSTEEMKENMERKEN IN DE HUIDIGE SITUATIE 8

3.1 Hoogteligging 8

3.2 Bemalingsgebieden 8

3.3 Stelselberging 10

3.4 Gemalen 10

3.5 Overstorten en randvoorzieningen 11

3.6 Inwonersaantallen en afvalwatereenheden 11

3.7 Afvoerend oppervlak 12

3.8 Water-op-straat en wateroverlast 12

4 FUNCTIONEREN HUIDIGE SITUATIE 14

4.1 Hydraulisch functioneren 14

4.2 Milieutechnisch functioneren 17

5 MAATREGELEN 18

5.1 Overzicht kwetsbare locaties 18

5.2 Ontwerp hydraulische maatregelen 19

5.3 Resultaat maatregelen ten aanzien van extreme neerslag 24

5.4 Verbetering onderlinge afstemming gemalen 24

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 26

BIJLAGEN

BIJLAGE A MODELINSTELLINGEN 28

BIJLAGE B OVERZICHTSKAART RIOLERING STIENS 32

BIJLAGE C HOOGTEKAART 33

BIJLAGE D OVERZICHT BEMALINGSGEBIEDEN 34

BIJLAGE E KENMERKENBLADEN 35

BIJLAGE F NADERE UITWERKING MAATREGELEN 36

BIJLAGE G REKENRESULTATEN HYDRAULISCH FUNCTIONEREN 53

BIJLAGE H REKENRESULTATEN EMISSIEBEREKENINGEN 54

BIJLAGE I VLAKKENKAART AANGESLOTEN VERHARD OPPERVLAK 55

COLOFON 56

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In de kern Stiens, ten noordwesten van Leeuwarden, is bij hevige neerslag regelmatig sprake van wateroverlast. Door klimaatverandering komen extreme buien steeds vaker voor en wordt de kans op overlast groter. Maar ook bij kleinere buien is er sprake van overlast. Daarnaast is er in Stiens vaak sprake van riooloverstorten naar het oppervlaktewater. De riolering is in het algemeen klein gedimensioneerd en er is weinig oppervlaktewater aanwezig, wat de kans op overlast vergroot. De gemeente wil inzicht krijgen in maatregelen om de kern Stiens klimaatbestendig te maken.

Een ander belangrijk aandachtspunt voor de gemeente is een koppeling in de riolering die aanwezig is tussen het westelijk en oostelijk deel van Stiens. Deze koppeling bevindt zich op privéterrein en door deze koppeling wordt rioolwater feitelijk ‘rondgepompt’. Dit is niet wenselijk.

1.2 Doel

Om meer inzicht te krijgen in het functioneren van de riolering en om doelmatige maatregelen te ontwerpen om het functioneren te verbeteren, heeft de gemeente met Arcadis een nieuw rioleringsplan opgesteld. Hiervoor is een nieuw en actueel rioleringsmodel opgebouwd dat is gebruikt voor de berekeningen. Met dit model is zowel het functioneren van het riool, als de stroming van water over maaiveld inzichtelijk gemaakt. In dit rioleringsplan zijn de resultaten van het onderzoek naar de riolering in Stiens opgenomen en zijn de maatregelen beschreven om het functioneren te verbeteren.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten beschreven. In hoofdstuk 3 wordt het stelsel beschreven in de huidige situatie. Hoofdstuk 4 gaat in op het functioneren van de riolering en in hoofdstuk 5 worden maatregelen beschreven. Conclusies en aanbevelingen zijn vervolgens opgenomen in hoofdstuk 6.

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Brongegevens

Voor het opstellen van dit rioleringsplan zijn verschillende brongegevens gebruikt.

Er is een nieuw rioolmodel opgesteld van Stiens op basis van het beheerbestand van de gemeente volgens de situatie van begin maart 2018. De kenmerken van het rioolstelsel zijn in hoofdstuk 3 van dit rapport nader beschreven.

Het aangesloten verhard oppervlak is opgenomen in het rekenmodel. Dit oppervlak is opnieuw geïnventariseerd op basis van de BGT en actuele luchtfoto's.

Aan het rekenmodel is een 2D-maaiveldmodel gekoppeld dat is opgebouwd op basis van de AHN3.

Op het model is de injectie van Britsum opgenomen als 'bakje'. Dit bakmodel injecteert tijdens neerslag met 100 m^3/uur op het stelsel van Stiens.

2.2 Water-op-straat en wateroverlast

Om te kunnen beoordelen in hoeverre de riolering in de bestaande situatie voldoet, moeten eisen worden gesteld aan het functioneren van de riolering. Dit betekent dat moet worden afgesproken waar het stelsel aan moet voldoen. In Stiens is ervoor gekozen om het functioneren van het rioolstelsel te toetsen aan de buien 08, 09 en 10 uit de Leidraad Riolering (module C2100). Locaties waar bij bui 08 water-op-straat voorkomt, zijn naast de ervaringen van de gemeente gelegd. Alle overlastlocaties die bij de gemeente bekend zijn, worden herkend in het rioolmodel. Waar overlast wordt herkend en verbetering noodzakelijk is, zijn maatregelen ontworpen.

Als maatregelen worden getroffen om overlast op te lossen, bijvoorbeeld door het vergroten van leidingen, dan zijn de meerkosten om voor een hoger veiligheidsniveau te kiezen, relatief klein. Met het oog op de toename van hevige buien, is dit al snel een slimme keus. Zeker in Stiens, waar de riolering in het algemeen klein is gedimensioneerd en er sprake is van veel wateroverlast. Daarom is 'geen water-op-straat bij bui 09' aangehouden als maatstaf voor het ontwerp van nieuwe maatregelen. In sommige situaties is de maatstaf 'geen water-op-straat bij bui 09' echter niet haalbaar of doelmatig. In deze situaties is bui 08 aangehouden.

Bui 08 heeft volgens de Leidraad Riolering een herhalingstijd van 2 jaar, een piekintensiteit van 110 l/s/ha en een totale neerslaghoeveelheid van 19,8 mm. Bui 09 heeft een herhalingstijd van 2 jaar, een piekintensiteit van 160 mm/uur en een neerslaghoeveelheid van 29.4 mm.

Om te toetsen hoe de riolering in Stiens in staat is om extreme buien te verwerken en om de gevolgen van klimaatverandering te onderzoeken, is het stelsel tevens doorgerekend met bui 10 uit de Leidraad Riolering-vermeerderd met 40%. Hierbij valt er 50 mm water in één uur tijd met een piekintensiteit van 295 l/s/ha. Als maatstaf is hierbij gehanteerd dat er geen water tegen de gevels van woningen komt te staan.

2.3 Emissieberekeningen

Voorheen was het uitvoeren van reeksberekeningen een essentieel onderdeel van een BRP omdat rioolstelsels dienden te voldoen aan de 'basisinspanning': de minimaal benodigde inspanning om de vuilemissie van rioolstelsels te beperken. De reeksberekeningen geven inzicht in de actuele vuilemissie. Tegenwoordig geldt de basisinspanning niet langer en is de noodzaak van het uitvoeren van reeksberekeningen afgenomen. Toch is in deze rapportage het resultaat van een emissieberekening opgenomen. Ondanks dat voor deze berekening gebruik is gemaakt van de (historische) 10-jarige neerslagreeks 1955-1964 (De Bilt), geeft het resultaat inzicht in overstortfrequenties en -hoeveelheden.

2.4 Rekenmodel

De berekeningen worden uitgevoerd conform de eisen die in de Leidraad Riolering (module C2100) zijn gesteld aan het uitvoeren van berekeningen voor een BRP. In Bijlage A van dit rapport is vastgelegd hoe de informatie uit de Leidraad is geïnterpreteerd en hoe hiermee is omgegaan.

Berekeningen aan de hydraulische capaciteit van het rioolstelsel en de vuilemissie, zijn uitgevoerd met alleen het rioolmodel. Voor simulaties van extreme neerslag is het rioolmodel gekoppeld met het 2D-maaiveld model. Met dit gecombineerde model vindt volledige interactie tussen de riolering en het maaiveld plaats en wordt een nauwkeurig inzicht verkregen in het risico van water-op-straat.

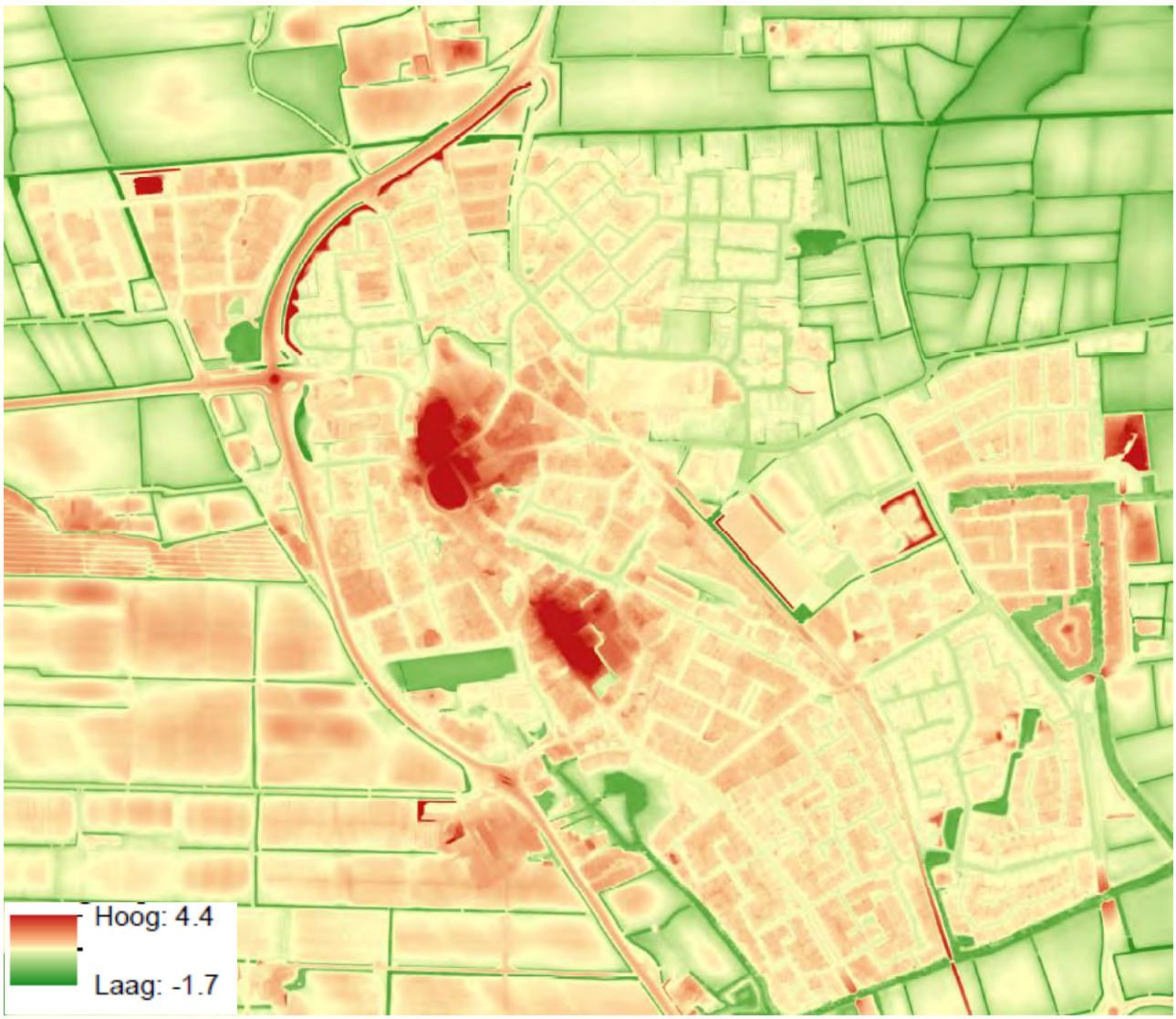
Het rekenmodel is zoveel mogelijk gevalideerd aan de praktijk. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschikbare praktijkervaringen.

3 SYSTEEMKENMERKEN IN DE HUIDIGE SITUATIE

In dit hoofdstuk wordt de werking van het rioolstelsel van Stiens beschreven, daarbij wordt ook ingegaan op de systeemkenmerken. In bijlage E, het kenmerkenblad, zijn de kenmerken in detail opgenomen.

3.1 Hoogteligging

De kern Stiens ligt ten noorden van Leeuwarden. drie terpen in het oude deel van Stiens, rond de kerk. Later aangelegde woonwijken liggen in vlakke gebieden. In Figuur 3.1 is een hoogtekaart opgenomen gebaseerd op het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3), deze hoogtekaart is in groter detail opgenomen in bijlage C.



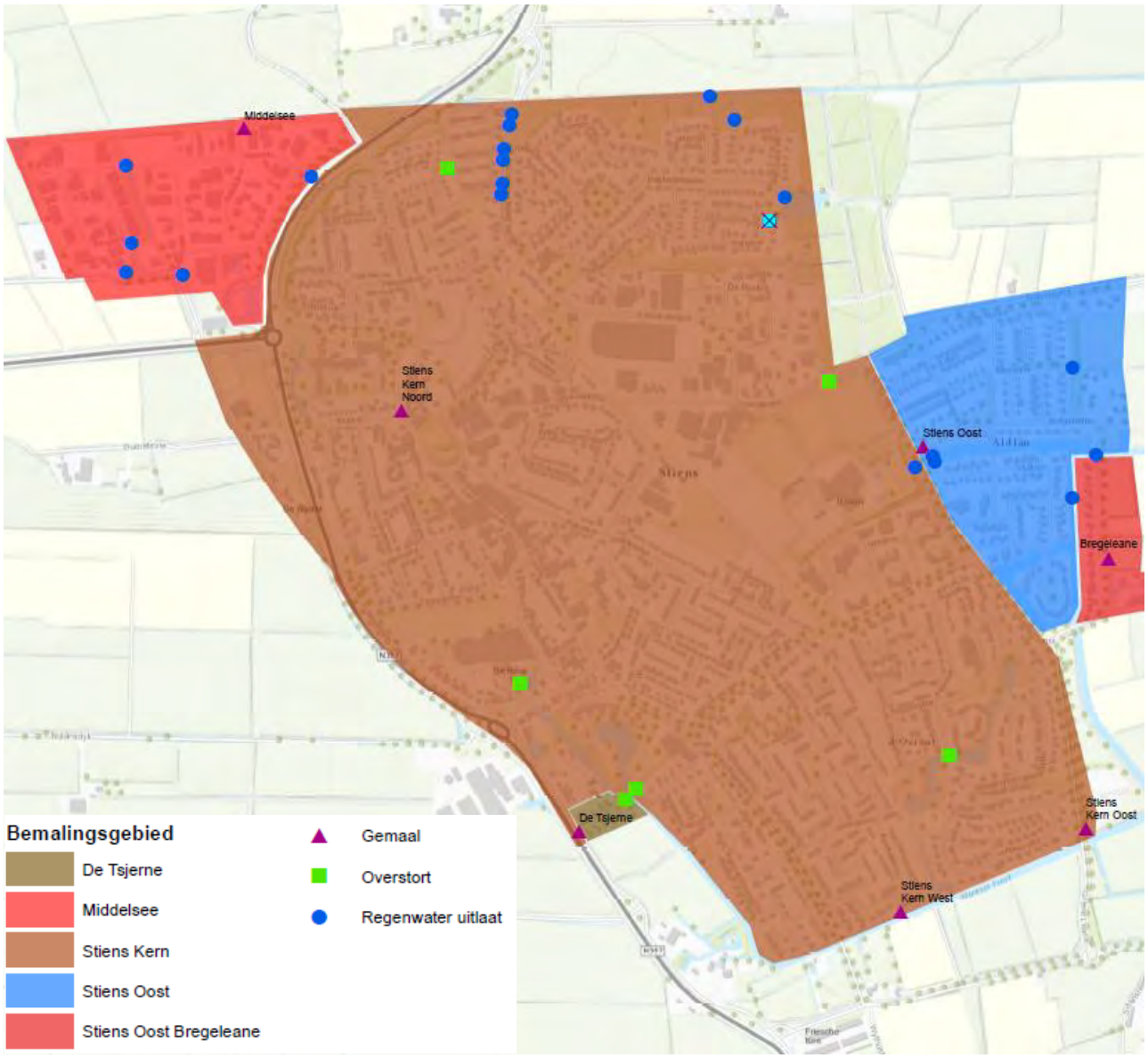
Figuur 3.1. Hoogtekaart Stiens

3.2 Bemalingsgebieden

In de kern Stiens liggen zeven bemalingsgebieden. De gebieden zijn grafisch weergegeven in Figuur 3.2. Alle gebieden voeren af naar het gebied ‘Stiens Kern Oost’. In dit gebied bevindt zich het eindgemaal dat afvoert naar de RWZI. Stiens Kern West voert met een gemaal, dat ligt aan de zuidzijde van Stiens, af naar de gemaalkelder in Stiens Kern Oost. Noordelijker in Stiens ligt echter ook een vrijvervalleiding tussen beide gebieden. Bij droogweer voert deze leiding geen water af. Tijdens regensituaties zijn de bemalingsgebieden onder vrijverval met elkaar verbonden. Als het stelsel is gevuld, ontstaat de situatie dat water dat door het gemaal wordt verpompt, door de vrijvervalleiding terugstroomt.

Stiens Noord is een kleiner bemalingsgebied dat met een gemaal loost op het stelsel Stiens Kern West. Ook hier is een vrijverval verbinding aanwezig, zodat er tijdens neerslagsituaties sprake is van een vrijverval verbinding tussen beide gebieden.

Verder is een klein gemengd bemalingsgebied aanwezig (De Tsjerne) en enkele gescheiden en verbeterd gescheiden gebieden.



Figuur 3.2. Bemalingsgebieden

In onderstaande tabel is een overzicht van de bemalingsgebieden weergegeven, het ontvangende bemalingsgebied en eventuele inprikkers. In bijlage D zijn de bemalingsgebieden afgebeeld.

Tabel 3.1. Interactie tussen de verschillende bemalingsgebieden

Bemalingsgebied	Stelseltype	Loost op	Inprikkers
Stiens Kern Noord	Gemengd	Stiens Kern West	
Stiens Kern West	Gemengd	Stiens Kern Oost	
Stiens Kern Oost	Gemengd	Eindgemaal	Britsum
De Tsjerne	Gemengd	Stiens Kern West	
Middelsee	GS / VGS	Stiens Kern Oost	
Stiens Oost	GS / VGS	Stiens Kern Oost	Truerd, Helling
Stiens Bregeleyande	VGS	Stiens Kern Oost	

3.3 Stelselberging

De berging in het rioolstelsel is per bemalingsgebied weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Berging per bemalingsgebied

Bemalingsgebied	Netto berging (m^3)	Netto berging (mm)	Verloren berging [m^3 (% totaal)]
Stiens Kern Noord	306,5	4,3	0,3 (0,1%)
Stiens Kern West	1874	6	40,2 (0,2%)
Stiens Kern Oost	2435	8,2	9,4 (0,1%)
De Tsjerne	9,5	3,1	0,1 (0,1%)
Middelsee	148	2,2	8,7 (0,6%)
Stiens Oost	142,6	3,7	1,1 (0,1%)
Stiens Bregeleande	15,8	2,3	0,3 (0,2%)

3.4 Gemalen

In Tabel 3.3 zijn de kenmerken van de gemalen weergegeven.

Tabel 3.3. Riooltechnische gegevens pompen en gemalen

Naam	Code	Inslagpeil [mNAP]	Uitslagpeil [mNAP]	Debiet [m^3/s]	Debiet [m^3/dag]
Eindgemaal (Kern Oost)	ST382	-4.15	-5.15	0.149	535
Gemaal Canterstins (Kern West)	ST997	-2.8	-3.8	0.145	523
Gemaal Nije Poarte (Kern Noord)	ST959	-2.2	-2.5	0.028	101
Gemaal De Tsjerne	ST942	-0.91	-1.41	0.001	3.6
Gemaal Bregeleane	ST1367	-1.31	-2.31	0.003	11

Gemaal Stiens Oost	ST1372	-2.43	-3.43	0.007	25
Gemaal Middelsee	ST2000	-2.5	-3.5	0.0075	27
BBL Truerderdyk	ST1032	-2.50	-2.60	0.008	28.8
BBB Pompebled	ST1852	-2.49	-2.59	0.008	28.8
BBB Mounepaed	ST1015	-2.39	-2.49	0.008	28.8

3.5 Overstorten en randvoorzieningen

In Tabel 3.4 zijn de kenmerken van de overstorten in de gemengde bemalingsgebieden weergegeven. De kenmerken van de randvoorzieningen zijn weergegeven in Tabel 3.5.

Tabel 3.4. Riooltechnische gegevens van de overstorten (exclusief randvoorzieningen)

Overstort	Putnummer	Drempelhoogte [mNAP]	Drempelbreedte [m]
Stiens Kern Oost	ST024	-0.47	2.50
Stiens Kern Noord	ST478	-0.36	1.80
Middelsee	ST1225	-0.30	2.50
Middelsee	ST1203	-0.30	2.50
De Tsjerne	ST943	-0.44	1.14
Bregeleane	ST1473	0.00	1.00

Tabel 3.5. Riooltechnische gegevens van de randvoorzieningen

BBB	Putnummer	Interne drempel [m NAP]	Externe drempel [m NAP]	Lengte drempel [m]	Capaciteit (berging) [m^3]
Mounepaed	ST1014	-0.70	--	4.50	280
	ST1016	--	-0.34	4.50	
Pompebledstrjitte	ST1851	-0.70	--	4.50	280
	ST1853	--	-0.34	4.50	
Truerderdyk (BBL)	ST1030	-0.60	--	4.00	287
	ST1032	--	-0.49	5.10	

3.6 Inwonersaantallen en afvalwatereenheden

De inwoneraantallen gebruikt voor Stiens zijn ontleend aan gegevens van het CBS en gelden voor de bestaande situatie (2017). Het totaal aantal inwoners in de kern Stiens bedraagt 7.545. Deze zijn verdeeld over de verschillende bemalingsgebieden in Stiens.

De verdeling van de inwoners is weergegeven in Tabel 3.6. In deze tabel is ook de DWA per bemalingsgebied weergegeven (piekafvoer). Er is uitgegaan van een piekafvoer van 10 l/inw/uur.

Tabel 3.6. Inwonersgetallen per bemalingsgebied en bijbehorende DWA afvoer

Bemalingsgebied	Aantal inwoners	DWA piekafvoer [m^3/uur]
Stiens Kern Oost	2824	28.2
Stiens Kern West	2591	25.9
Stiens Kern Noord	638	6.4
De Tsjerne	26	0.3
Middelsee	868	8.7
Stiens Oost	557	5.5
Bregeleane	53	0.5

Bij de gemeente Leeuwarden zijn voor de kern Stiens geen grote bedrijfswaterlozingen bekend. Het enige bedrijf in Stiens dat mogelijk een grotere bedrijfslozing heeft dan normale huishoudens is ZOS BV, een opslag en sorteerbedrijf gelegen aan de It Noarderfjild in Stiens. Er wordt niet verwacht dat op deze locatie grote hoeveelheden bedrijfsafvalwater worden geloosd. Daarom is besloten om hiervoor geen aanvullende belasting mee te nemen in de berekening.

3.7 Afvoerend oppervlak

Het afvoerend oppervlak is opnieuw geïnventariseerd en op basis van de BGT bepaald. Hiervoor is de methodiek uit de Kennisbank Stedelijk Water gehanteerd. Het aangesloten oppervlak is per bemalingsgebied met behulp van Thiessen-polygonen toegerekend aan de rioolputten. In Tabel 3.7 zijn de verharde oppervlakken weergegeven per bemalingsgebied, onderverdeeld naar open verharding, gesloten verharding, platte daken en hellende daken.

Tabel 3.7. Verhard oppervlak

Gebied	Open verharding [ha]	Gesloten verharding [ha]	Platte daken [ha]	Hellende daken [ha]	Totaal [ha]
Stiens Kern Oost	9.50	6.26	4.95	8.81	**29.53**
Stiens Kern West	13.30	2.18	6.15	9.62	**31.25**
Stiens Kern Noord	2.06	1.18	1.24	2.64	**7.12**
De Tsjerne	0.09	0.00	0.06	0.15	**0.30**
Middelsee	4.69	2.20	2.40	1.18	**10.40**
Stiens Oost	2.52	0.39	1.00	2.30	**6.21**
Bregeleane	0.04	0.35	0.06	0.20	**0.64**

Hieruit volgt dat er 68.2 hectare verhard oppervlak is aangesloten op het gemengde stelsel in Stiens. Daarnaast is in de bemalingsgebieden Middelsee, Stiens Oost en Bregeleane tezamen nog eens 17.25 hectare aangesloten op (deels verbeterd) gescheiden riolering.

3.8 Water-op-straat en wateroverlast

In het algemeen is de riolering in Stiens klein gedimensioneerd. Er zijn in het verleden kleine diameters aangelegd. Daarnaast is er weinig oppervlaktewater aanwezig, zodat rioolwater over relatief grote afstanden

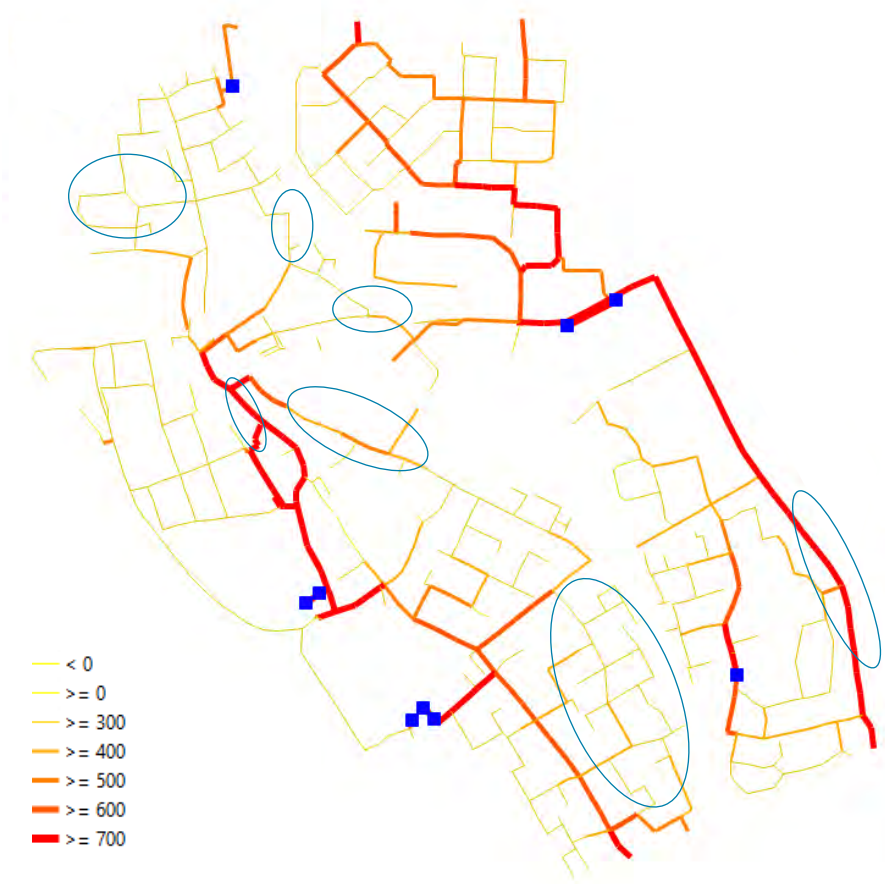
moet worden afgevoerd voordat het kan overstorten. Dit leidt er toe dat er regelmatig water-op-straat ontstaat, ook bij kleinere buien. Ook ziet de gemeente dat er regelmatig riooloverstorten plaatsvinden, ook bij kleinere buien. Daarom staat Stiens bij de gemeente hoog op de prioriteitenlijst om wateroverlast aan te pakken. Van de volgende locaties is bij de gemeente bekend dat wateroverlast wordt ervaren:

- Mounepaed;
- Kakewei;
- Grienelaene;
- Omgeving Boarskulp;
- Omgeving Canterstins;
- Lege Hearewei;
- Omgeving Kastanjeleane, Elzenbeamhof en Ikeleane.

4 FUNCTIONEREN HUIDIGE SITUATIE

4.1 Hydraulisch functioneren

Tijdens hevige neerslag raakt het rioolstelsel gevuld en wordt water afgevoerd naar de overstorten. De afvoercapaciteit naar de overstorten bepaalt of water snel genoeg kan worden afgevoerd en of er water-op-straat ontstaat. Bij onvoldoende afvoercapaciteit, stuwt water op en komt het op straat te staan. In Figuur 4.1 is de diameteropbouw van het rioolstelsel van Stiens weergegeven. Dit laat de afvoerstructuur zien tijdens neerslag. De grootste leidingen voeren af naar de overstorten (blauwe vierkantjes). Duidelijk zichtbaar is dat op sommige plaatsen de afstand tot de overstorten groot is. Wateroverlast blijkt vooral op deze locaties voor te komen locaties met blauwe cirkels).



Figuur 4.1 Diameteropbouw gemengde riolering Stiens. Schaalverdeling in mm is aangegeven, riooloverstorten zijn blauw gemarkeerd.

De verbindingsleiding tussen Stiens West en Stiens Oost heeft een cruciale functie in het afvoeren van water uit het centrum naar de overstort (randvoorziening) aan de Truerderdyk. Als deze leiding niet zou bestaan, kan het overstortwater uit het centrum alleen worden afgevoerd naar de overstorten in noordelijke en zuidelijke richting. De afvoercapaciteit naar deze overstorten is hiervoor te klein, wat zou leiden tot een grootschalige toename van wateroverlast in het centrum.

In onderstaande figuren zijn rekenresultaten weergegeven van hydraulische berekeningen. In Figuur 4.2 is met een 1D-berekening weergegeven (standaardbui 09) wat het volume water-op-straat is en de waakhoogte ten opzichte van maaiveld. De legenda behorende bij de figuur is als volgt. De kleuren geven de waterstand of waking aan, het aantal cirkels het volume water-op-straat:

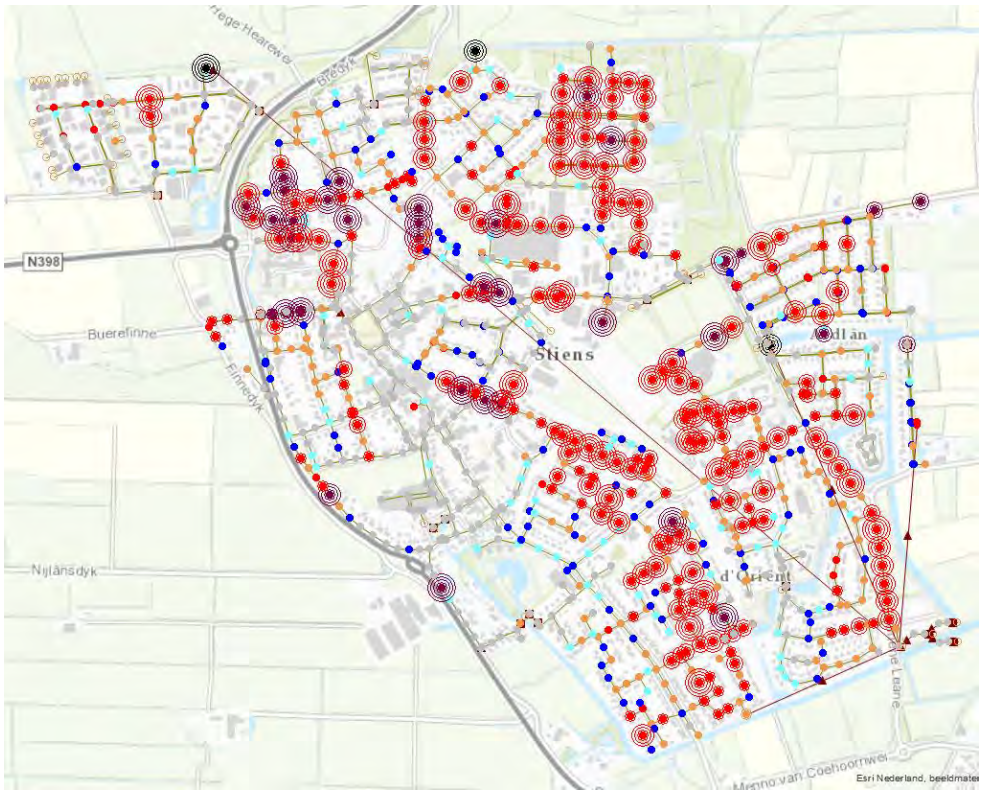
Waking [m]

- < -0.5
- >= -0.5
- >= -0.2
- >= -0.1
- >= 0
- >= 0.1
- >= 0.25
- >= 0.5

Volume [m^3]

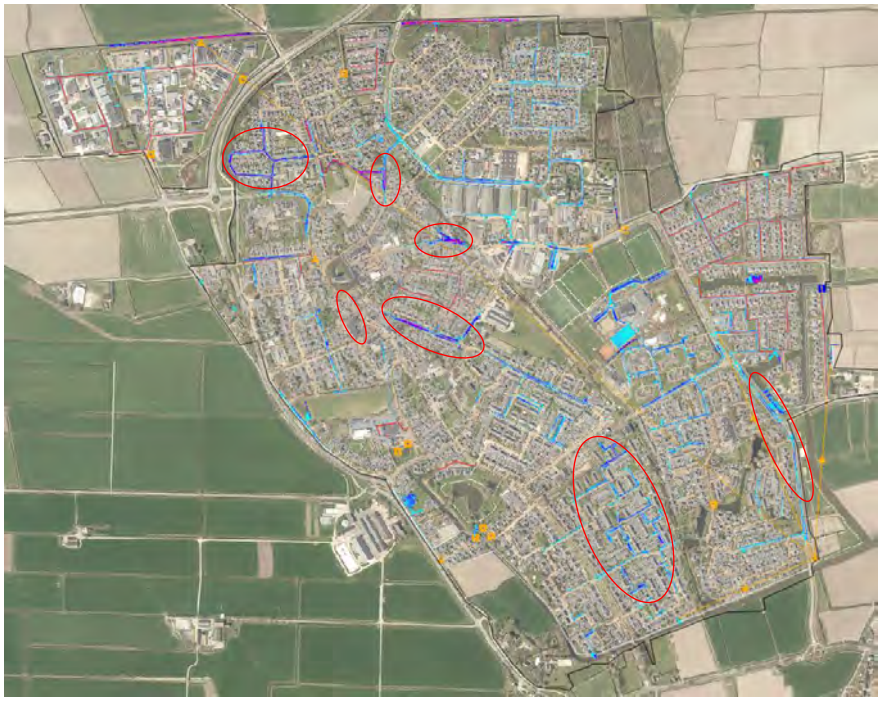
- < 5
- >= 5
- >= 10
- >= 15
- >= 25
- >= 200

Het berekende water-op-straat en de waakhoogte geven een indicatie van de ernst en omvang van de water-op-straat situatie ter plaatse. In werkelijkheid komen geen waterstanden van 40 à 50 cm boven maaiveld voor, aangezien water over maaiveld zal verspreiden over het omringend straatoppervlak en/of afvloeit naar de berm.



Figuur 4.2. 1D berekeningsresultaten voor de huidige situatie bij bui 09 in Stiens

Uit bovenstaand figuur blijkt dat bij bui 09 op veel locaties water-op-straat optreedt. Dit komt omdat bui 09 het rioolstelsel in feite overbelast. Het rekenresultaat van een 2D-berekening laat in meer detail zien in welke mate sprake is van overlast. Hierbij stroomt berekend water-op-straat af over maaiveld zodat een realistischer beeld wordt weergegeven. Dit resultaat is weergegeven in Figuur 4.3.



Figuur 4.3. 2D berekeningsresultaten voor de huidige situatie bij bui 09 in Stiens (zie ook bijlage G voor een gedetailleerdere afbeelding)

Op een aantal plaatsen leidt het water-op-straat tot wateroverlast. Dit gaat om de volgende locaties (deze locaties zijn met een rode cirkel gemarkeerd in Figuur 4.3):

- Omgeving Canterstins (Zuid Stiens rondom de Wythusterwei);
- Kakewei en Lutsedyk;
- Langebuorren (nabij oude gemeentehuis);
- Grieneleane;
- Omgeving Boarskulp;
- Lege Hearewei;
- Pyter Jurjensstrjitte.

Aanvullend wil de gemeente inzicht krijgen in het optreden van wateroverlast bij extreme buien. Hiervoor wordt standaardbui 10+40% gehanteerd (50 mm in een uur). Als maatstaf geldt dat water niet tegen panden mag staan, omdat het risico op instromend water te groot wordt. De resultaten zijn getoond in Figuur 4.4.

Figuur 4.4: 2D resultaten voor de huidige situatie bij bui 10 + 40% in Stiens.

Bij de klimaatbui worden grote hoeveelheden water-op-straat berekend door de hele kern. Bij een dergelijke bui ligt dat voor de hand. Het water bereikt echter ook enkele panden. Dit komt echter alleen voor op locaties die al zijn gemarkeerd als 'overlastlocatie' en waarvoor maatregelen moeten worden ontworpen.

4.2 Milieutechnisch functioneren

Ook het milieutechnisch functioneren van het rioolstelsel van Stiens is in beeld gebracht. De resultaten van het gemengd stelsel zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.1. Resultaat emissieberekening huidige situatie

			volume					emissie	freq.
overstort	locatie	BBB	T=1	T=2	T=5	T=10	gemiddeld	CZV	
		[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3/jr]	[kg/jaar]	[n/jaar]
ST1853.1	BBB Pompebled extern	280	556	1.010	2.258	3.440	1.760	242	3,3
ST1016.1	BBB Mounepaed extern	280	1.429	2.583	5.842	8.041	4.708	647	4,1
ST1032.2	BBL Truerderdyk extern	280	4.174	6.037	10.693	18.551	17.163	2.360	10,7
ST943.1	De Tsjerne		42	58	110	126	206	51	15,1
ST1473.1	Bregeleane		55	80	163	243	167	42	4,8
ST024.2	Noardkromp		734	955	1.938	3.070	3.118	779	10,8
ST478.3	Felixwei (noord)		1.324	2.073	4.261	6.302	5.997	1.499	11,0
TOTAAL							33.118	5.621	

In totaal is op het gemengde stelsel 68,2 ha verhard oppervlak aangesloten. Als op basis van dit oppervlak de maatstaf van de vroegere basisinspanning wordt uitgerekend, dan wordt een referentie-emissie berekend van 3.410 kg CZV/jr (o.b.v. 50 kg CZV/jr per hectare). Dit is lager dan de vuilemissie in de huidige situatie. Hierbij moet worden opgemerkt dat de referentie-emissie in het verleden naar verwachting hoger lag, omdat oppervlak dat sindsdien is afgekoppeld, nu onterecht niet is meegerekend. Naar verwachting is de grens van 3.410 kg CZV/jr dus een onderschatting van de destijds geldende referentie-emissie.

5 MAATREGELEN

5.1 Overzicht kwetsbare locaties

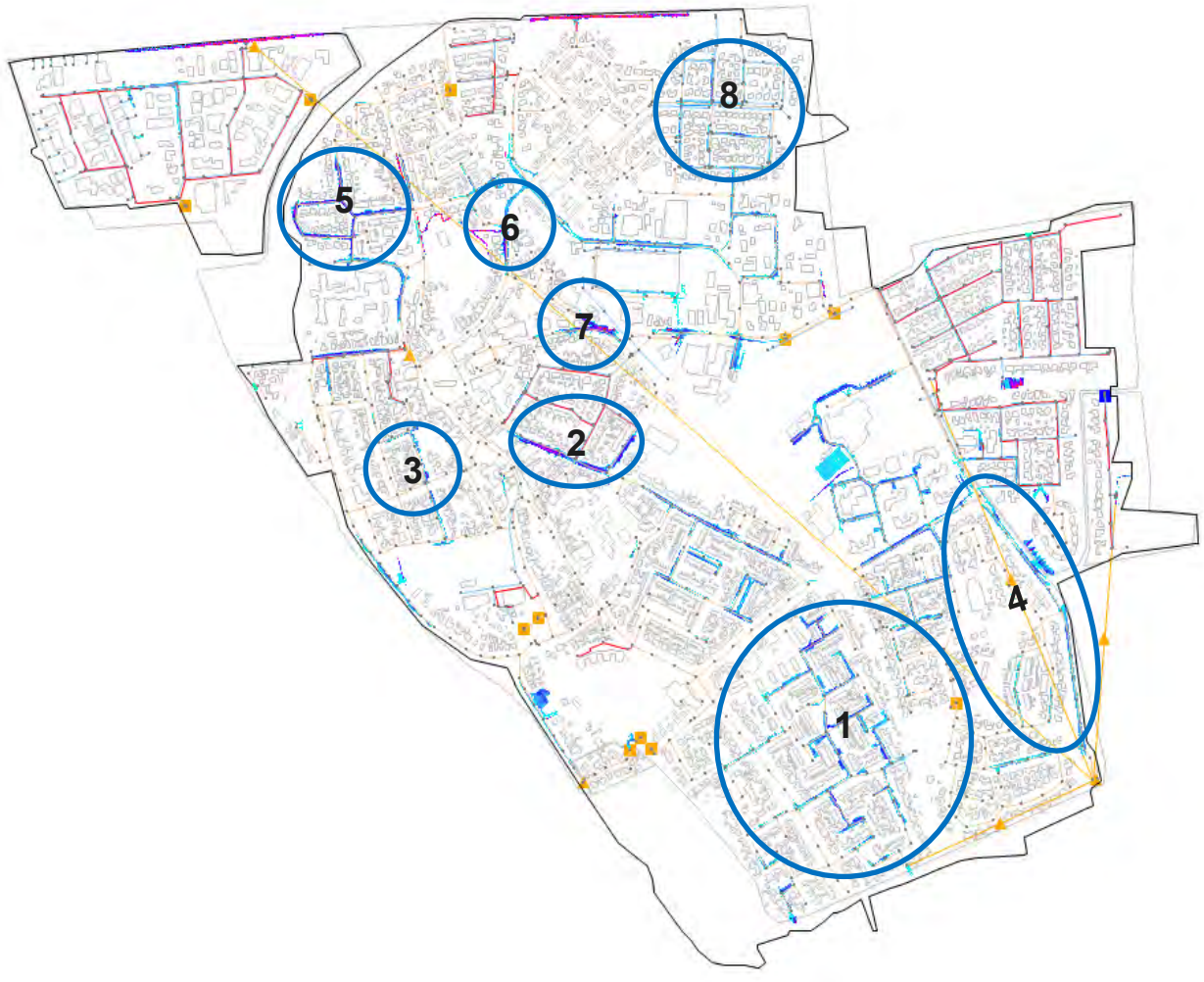
Als water-op-straat moet worden voorkomen, ligt het voor de hand om leidingen te vergroten. Water gaat dan vooral *sneller* overstorten, er stort niet per se *meer* water over. Belangrijk is dat de hoogte van de overstortdrempels wordt gehandhaafd om geen berging te verliezen. Ook als wordt overwogen om een oude overstort te heropenen, hoeft dit niet te leiden tot een toename van het overstortend volume, zo lang de drempel niet lager is dan andere overstorten. Wel zal het overstortwater anders over de overstorten worden verdeeld.

Kenmerkend voor neerslagsituaties in de riolering is dat het de afvoercapaciteit van het gemaal in het niet valt bij de afvoercapaciteit van de overstorten. Het gemaal heeft met name na de bui, als het stelsel niet langer overstort, een belangrijke functie: het stelsel wordt dan leeggepompt zodat de berging weer beschikbaar is voor de volgende regenbui.

Om overlast tijdens extreme buien te voorkomen, kunnen soms maatregelen op maaiveldniveau worden getroffen. Dit is echter alleen haalbaar als aan een aantal randvoorwaarden wordt voldaan:

- Er moet sprake zijn van hoogteverschil zijn, zodat water kan wegstromen naar een lager gelegen deel;
- Op het lager gelegen deel moet het water kunnen worden geborgen of het moet kunnen worden afgevoerd. Hier mag geen overlast ontstaan;
- Water-op-straat moet worden geaccepteerd. Als water niet op straat kan of mag staan, kan het ook niet over maaiveld afstromen. Vaak is een waterhoogte van meerdere centimeters noodzakelijk om afstroming mogelijk te maken. Water-op-straat is echter niet altijd gewenst.

In de praktijk komt het er vaak op neer dat overlast het meest doelmatig kan worden verholpen door de capaciteit van het riool te vergroten. In Stiens zijn er zijn op acht locaties maatregelen ontworpen. Deze locaties zijn weergegeven in onderstaande afbeelding.



Figuur 5.1. Overzicht overlastlocaties in de kern Stiens.

De overlastlocaties zijn:

1. Omgeving Canterstins (Zuid Stiens);
2. Kakewei & Lutsedyk;
3. Oude gemeentehuis - Langebuorren;
4. Griene Leane & Felixwei;
5. Omgeving Boarskulp
6. Lege Hearewei;
7. Pyter Jurjensstrjitte.

Ook is onderzocht wat het effect is wanneer de verbindingsleiding langs de Truerderdijk, tussen de bemalingsgebieden Stiens West en Stiens Oost wordt vergroot. De leiding is cruciaal voor de afvoer van water uit het centrum van Stiens naar het BBB Truerderdijk. Deze leiding ligt op particulier terrein, maar als deze moet worden verlegd, kan dit een kans vormen om bij hevige neerslag meer water uit het centrum af te voeren naar het oppervlaktewater.

Verder blijkt dat de pompovercapaciteit in Stiens Oost negatief is. Dit wordt veroorzaakt door de hoge capaciteit van gemaal Stiens West (Canterstins) en door de lage capaciteit van het hoofdgemaal. Door gemalen beter op elkaar af te stemmen, kan winst worden geboekt in de beperking van de vuilemissie.

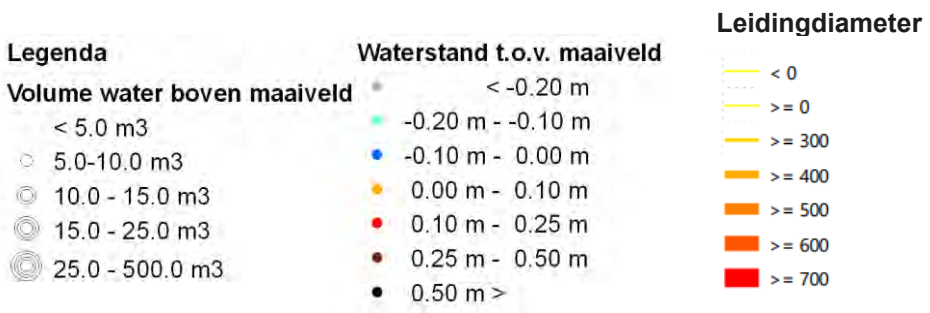
5.2 Ontwerp hydraulische maatregelen

Voor het ontwerpen van maatregelen is als uitgangspunt gehanteerd dat er geen water-op-straat meer ontstaat bij standaardbui 09 (uit de Kennisbank Stedelijk Water), terwijl dit voorheen doorgaans bui 08 was. Zo wordt de afvoercapaciteit van het stelsel met een relatief kleine extra investering, aanzienlijk vergroot.

Omdat de afvoercapaciteit van het rioolstelsel als geheel al klein is, zijn soms echter ingrijpende maatregelen noodzakelijk om water-op-straat te voorkomen. Doordat veel leidingen klein zijn, wordt door het vergroten van één rioolleiding, water uit een relatief groot gebied door deze buis afgevoerd. Dit betekent dat een relatief grote verruiming van de leiding noodzakelijk is. Hierdoor is het niet altijd mogelijk om maatregelen te ontwerpen bij bui 09. In dergelijke gevallen is soms bui 08 als uitgangspunt gehanteerd.

Voor het ontwerpen van maatregelen is gebruik gemaakt van het 1D-rekenmodel, waarbij alleen wordt gekeken naar het functioneren van de riolering. Dit volstaat voor het ontwerpen van maatregelen als water niet op doelmatige via het maaiveld kan worden afgevoerd. Het uiteindelijke effect van de maatregelen op de stroming over maaiveld is wel inzichtelijk gemaakt met een gecombineerd 1D-2D-model.

Om rekenresultaten inzichtelijk te maken, is de volgende legenda gehanteerd om water-op-straat (putcirkels), de waterstand (kleur putten) en leidingdiameters (kleur leidingen) weer te geven:



In dit hoofdstuk zijn de maatregelen samengevat. Een uitgebreid overzicht van de maatregelen en een nadere onderbouwing is opgenomen in bijlage F van dit rapport.

In dit hoofdstuk zijn kosten van maatregelen geraamd. De kostenramingen zijn gebaseerd op kostenkengetallen en geven een orde van grootte aan. De lokale situatie bepaalt in grote mate de werkelijke

kosten. Om inzicht te krijgen in de werkelijke kosten, dienen de maatregelen te worden uitgewerkt tot op VO-niveau (voorontwerp) en dient op basis hiervan een nauwkeurige raming te worden gemaakt.

5.2.1 Locatie 1: Omgeving Canterstins (Zuid Stiens)

In de omgeving van de Wuthusterwei wordt wateroverlast ervaren door bewoners. De volgende maatregelen zijn onderzocht:

- Heropenen overstort Wythusterwei;
- Vergroten afvoerleidingen naar het bergbezinkbassin Pompebledstrjitte;
- Combinatie van bovengenoemde maatregelen.

Op deze locatie is het niet doelmatig om al het WOS te voorkomen bij bui 09 (zoals achter in de wijk), omdat het hele leidingensysteem in zijn algemeen te klein is aangelegd. Daarom zouden alle leidingen tot diep in de wijk vervangen moeten worden, wat grote kosten met zich meebrengt.

Het heropenen van de overstort lijkt het meest doelmatig, ondanks dat het vergroten van de leidingen een groter effect heeft. De kosten hiervan zijn hoger. Toch is de combinatie van beide maatregelen de meest optimale oplossing, omdat hiermee de meeste overlast wordt voorkomen. Door het heropenen van een overstort gaat er doorgaans niet méér water overstorten, het water kan vooral sneller overstorten waardoor water-op-straat kan worden voorkomen. Water wordt wel op meerdere locaties op het watersysteem geloosd. Een ander nadeel in dit specifieke geval is dat minder water bij het bergbezinkbassin overstort, en meer via een ‘gewone’ overstort. Hierdoor neemt de vuilemissie iets toe. De maatregel lijkt echter noodzakelijk om wateroverlast te voorkomen.

Na toepassing van de hierboven toegelichte maatregelen komt water-op-straat enkel nog voor achter in de wijk. Hiervoor zijn vooralsnog geen maatregelen voorzien.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.1. Maatregelen Canterstins (Zuid Stiens)

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
vergroten riool tussen ST1850 en ST602	700	1.200	162	[redacted]	
vergroten riool tussen ST518 en ST636	600	1.000	342	[redacted]	
heropenen overstort				[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor kosten voor het vervangen van leidingen is uitgegaan van een bedrag in €/m gelijk aan de leidingdiameter in mm.
Voor het heropenen van de overstort is uitgegaan van € [redacted]. De werkelijke situatie is echter niet bekend. Afhankelijk van de situatie kunnen kosten toenemen.

5.2.2 Locatie 2: Kakewei en Lutskedyk

De Kakewei is laaggelegen waardoor water-op-straat ontstaat. Door een hemelwaterriool kan de overlast grotendeels worden opgelost. Het water komt niet meer in de buurt van panden waar het schade aan kan richten en de overlast wordt sterk verminderd. Het is daarom een effectieve maatregel.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.2. Maatregelen Kakewei en Lutskedyk

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Aanleg hemelwaterriool		500	299	[redacted]	
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor kosten voor het aanleggen van leidingen is uitgegaan van een bedrag in €/m gelijk aan de leidingdiameter in mm.

5.2.3 Locatie 3: Oude gemeentehuis – Langebuorren

Bij het oude gemeentehuis in Stiens wordt overlast ervaren, met name achter de panden.

Om de wateroverlast bij het oude gemeentehuis aan de Langebuorren in de toekomst te voorkomen zijn verschillende maatregelen onderzocht op effectiviteit. Hieruit is naar voren gekomen dat het vergroten van de leiding in de zijstraat van ∅160 mm naar ∅400 mm het meest effectief is.

De leiding ligt vlak langs bestaande panden, wat het lastig kan maken om een leidingvergroting in de praktijk door te voeren. In feite komt de maatregel er op neer dat water uit het gebied beter kan worden afgevoerd naar het gemengd riool, waarmee water-op-straat wordt voorkomen. Dit betekent dat water ook via een ander tracé naar het gemengd riool kan worden afgevoerd.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.3. Maatregelen Oude gemeentehuis – Langebuorren

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Vergroten riool tussen ST142 en ST144	160	400	31	[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor kosten voor het vervangen van leidingen is uitgegaan van een bedrag in €/m gelijk aan de leidingdiameter in mm.

5.2.4 Locatie 4: Zuid Oost Stiens - Grieneleane

In het zuidoosten van Stiens wordt WOS berekend en in de praktijk overlast ervaren langs de Grieneleane.

Om overlast in de toekomst te voorkomen zijn verschillende oplossingen onderzocht. Een leidingvergroting naar de bestaande overstort aan de Felixwei heeft slechts beperkt effect, omdat de afstand tot de overlastlocaties aan de Grieneleane erg groot is. Ook heeft het vergroten van leidingen in de Grieneleane zelf beperkt effect. Geconcludeerd is dat de afstand tussen het water-op-straat en de overstort, in relatie tot de drooglegging, te groot is. Daarom is het aanleggen van een nieuwe overstort ter hoogte van het gemaal de meest doelmatige maatregel.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.4. Maatregelen Grieneleane

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Aanleggen overstort				[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor het aanleggen van de overstort is uitgegaan van € [redacted]. De werkelijke situatie is echter niet bekend. Afhankelijk van de situatie kunnen kosten toenemen.

5.2.5 Locatie 5: Boarskulp

In het noord-westen van Stiens wordt WOS berekend op relatief grote afstand van de overstortleiding aan de Noardkromp. Dit WOS wordt voornamelijk veroorzaakt door een klein gedimensioneerd rioolstelsel. Een vergroting van leidingen naar de overstort ligt voor de hand, maar doordat de gehele stelselstructuur klein is, is een aanzienlijke vergroting noodzakelijk. De maatregel beperkt het water-op-straat aanzienlijk, maar het wordt niet voorkomen bij bui 09. De maatregel heeft niet alleen effect op het water-op-straat in de Boarskulp, maar draagt bij aan een betere klimaatbestendigheid van de gehele wijk.

Alternatieven voor de leidingvergroting zijn er niet. Zo zijn er geen mogelijkheden om water over maaiveld af te voeren.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.5. Maatregelen Boarskulp

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Vergroten riool tussen ST045 en ST052	300	500	123	[redacted]	[redacted]
Vergroten riool van ST026. via ST028 tot ST045	300	800	265	[redacted]	[redacted]
Vergroten riool van ST026. via ST024 tot ST067 (uitstroom)	500	800	236	[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor kosten voor het vervangen van leidingen is uitgegaan van een bedrag in €/m gelijk aan de leidingdiameter in mm.

5.2.6 Locatie 6: Lege Haerewei

Bij de Lege Haerewei wordt WOS berekend en overlast ervaren ter hoogte van de bushalte en ten zuiden van de T-splitsing met de Venusskulp. Het meeste WOS wordt tijdelijk geborgen op straat binnen de banden, echter zal bij aanhoudende neerslag water uitbreiden richting de huizen.

Een lokale reconstructie van de weg en een nieuw aan te leggen sloot zijn effectieve maatregelen om het WOS sneller af te voeren bij intensieve neerslaggebeurtenissen. Het water komt niet meer in de buurt van de woningen en nog voor de bui voorbij is, is het water-op-straat verdwenen. WOS wordt geborgen in de sloot waar het in zuidelijke richting kan wegstromen.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.6. Maatregelen Lege Haerewei

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Aanleggen watergang				[redacted]	[redacted]
Aanpassen wegprofiel				[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

De maatregel dient op VO-niveau te worden uitgewerkt om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van de kosten.

5.2.7 Locatie 7: Pyter Jurjensstrjitte

In de Pyter Jurjensstrjitte wordt een aanzienlijke hoeveelheid WOS berekend. Dit wordt herkend door de gemeente en wordt veroorzaakt door een plaatselijk verlaagd maaiveld en grote drukopbouw in het riool. Om wateroverlast te voorkomen is voor deze locatie gekozen om het hemelwaterriool in oostelijke richting uit te breiden de Pyter Jurjensstrjitte in. Dit hemelwaterriool krijgt een diameter ∅400 mm en voert af naar de watergang ten zuidoosten van het gebied. Water-op-straat wordt niet geheel voorkomen, maar de kans op overlast wordt sterk beperkt.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.7. Maatregelen Pyter Jurjensstrjitte

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Aanleggen hemelwaterriool		400	275	[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor kosten voor het aanleggen van leidingen is uitgegaan van een bedrag in €/m gelijk aan de leidingdiameter in mm.

5.2.8 Verbindingsleiding Truerderdyk tussen Stiens West en Oost

De verbindingsleiding tussen Oost en West Stiens is cruciaal om overstortwater vanuit het centrum van Stiens af te voeren naar de overstort aan de Truerdyk. De leiding ligt deels op particulier terrein en moet mogelijk worden verplaatst. Als dit het geval is, biedt dit een kans om de leiding te vergroten en de kans op wateroverlast te beperken. Er is onderzocht wat het effect is als de leiding vanaf het BBB Truederdijk tot aan de T-splitsing van de Ritske Boelemanstrjitte en de Anne Rauwerdastrjitte wordt vergroot tot ∅ 1000mm.

Het berekend water-op-straat aan de Truederdijk, Pyter Jurjensstrjitte en verderop in de Kakewei en Aldlansdyk neemt aanzienlijk af wat ervoor pleit om de leidingvergroting door te voeren. Hierbij wordt opgemerkt dat het effect optimaal is, als de gehele leiding wordt vergroot, niet alleen het deel op het particulier terrein.

Voor de locaties waarop het vergroten van leiding effect heeft, zijn ook andere maatregelen ontworpen. Aanbevolen wordt om deze aparte maatregelen in elk geval uit te voeren. Door de leiding in de Truerderdijk te vergroten wordt het gebied meer bestendig tegen water op straat en daarmee klimaatbestendiger.

De maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hierin zijn ook de kosten aangegeven.

Tabel 5.8. Maatregelen verbindingsleiding Truerderdyk

maatregel	huidige diameter	nieuwe diameter	lengte	eenheidsprijs [€/m] of [€/stuk]	totaal
Vergroten riool particulier terrein tussen ST727 en ST347	500	1.000	185	[redacted]	[redacted]
Vergroten riool gemeentelijk terrein tussen ST347 en ST1030	500 / 700	1.000	225	[redacted]	[redacted]
Totaal					[redacted]

Uitgangspunten:

Voor kosten voor het vervangen van leidingen is uitgegaan van een bedrag in €/m gelijk aan de leidingdiameter in mm.

5.3 Resultaat maatregelen ten aanzien van extreme neerslag

Als alle maatregelen worden uitgevoerd, neemt het risico op wateroverlast bij extreme neerslag aanzienlijk af. In onderstaande figuur is de situatie opgenomen met maatregelen bij bui 10+40%. Hieruit blijkt dat er nogsteeds een grote kans bestaat op water-op-straat, maar wateroverlast (water in woningen) komt niet langer voor. Deze afbeelding is in groter detail opgenomen in bijlage G van dit rapport.

Figuur 5.2. Situatie bui 10+40% na maatregelen.

5.4 Verbetering onderlinge afstemming gemalen

De vuilemissie wordt voor een groot deel bepaald door de pompovercapaciteit en de berging. De berging is hoog, maar de pompovercapaciteit in Stiens is laag doordat de capaciteit van het eindgemaal van het waterschap klein is. Dit leidt er toe dat het stelsel na neerslag te langzaam wordt leeggepompt en de berging niet is geledigd voordat de volgende regenbui valt. Als de capaciteit van het eindgemaal wordt verhoogd tot de normcapaciteit, neemt het overstortend volume aanzienlijk af.

Daarnaast is de capaciteit van het gemaal in Stiens West (Canterstins) hoog. Het verlagen van de capaciteit van dit gemaal zorgt ervoor dat de rioolstelsels van Stiens West en Stiens Oost gelijkmatiger worden leeggepompt. Dit heeft een positief effect op het overstortend volume. In de huidige situatie blijft het

bemalingsgebied van Stiens Oost lang vol water staan omdat het stelsel van West zo snel mogelijk alle water naar Oost verpompt. Dit water stort hierdoor in Oost over, terwijl er in West berging beschikbaar is.

Als alle gemalen op normcapaciteit worden ingesteld, dan wordt de meest optimale situatie bereikt. Dit betekent dat met name het gemaal van Stiens Oost moet worden verkleind, en dat de capaciteit van het eindgemaal moet worden vergroot. De normcapaciteiten zijn weergegeven in onderstaande tabel (gebaseerd op een poc voor gemengde stelsels van 0,7 mm/uur en voor verbeterd gescheiden stelsels van 0,3 mm/uur). De situatie met normcapaciteiten is ook opgenomen in een kenmerkenblad in bijlage E van dit rapport.

Tabel 5.9. Huidige en normcapaciteiten gemalen

gemaal	capaciteit huidige situatie [m3/uur]	normcapaciteit [m3/uur]
Stiens Kern Oost	535	714
Stiens Kern West	523	303
Stiens Kern Noord	100	56
Middelsee VGS	27	52
Stiens Oost VGS	25	15
Stiens Oost Bregeleane	11	3

Van de situatie met gemalen op normcapaciteit is een emissieberekening gemaakt. Hieruit blijkt dat de vuilemissie afneemt van 5.621 kg CZV/jr naar 3.666 kg CZV/jr. Dit is een afname van 35% en hiermee wordt de vroeger geldende grens van de basisinspanning dicht genaderd. De resultaten van deze emissieberekening zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5.10 Resultaat emissieberekening met alle gemalen op normcapaciteit

			volume					emissie	freq.
overstort	locatie	BBB	T=1	T=2	T=5	T=10	gemiddeld	CZV	
		[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3/jr]	[kg/jaar]	[n/jaar]
ST1853.1	BBB Pompebled extern	280	813	1.421	3.483	3.852	2.644	364	4,4
ST1016.1	BBB Mounepaed extern	280	1.517	2.811	6.659	8.234	5.310	730	4,3
ST1032.2	BBL Truerderdyk extern	280	1.811	3.001	7.156	11.104	7.237	995	4,6
ST943.1	De Tsjerne		42	58	110	126	206	51	15,1
ST1473.1	Bregeleane		55	79	163	243	167	42	4,8
ST024.2	Noardkromp		794	1.023	2.223	3.535	3.792	948	14,6
ST478.3	Felixwei (noord)		673	1.116	2.512	3.602	2.145	536	4,5
TOTAAL							21.501	3.666	

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In Stiens is er regelmatig sprake van wateroverlast. Daarnaast treden overstorten vaak al bij weinig neerslag in werking. Het riool is in het verleden vaak klein gedimensioneerd, wat onder andere een belangrijke oorzaak van wateroverlast is. Daarnaast is er weinig oppervlaktewater in de kern aanwezig. Dit betekent dat water over grote afstanden moet worden afgevoerd. In combinatie met kleine riolen, leidt dit al snel tot knelpunten.

Daarnaast zijn in het verleden in het kader van de basisinspanning overstorten gesloten. Dit was een veel gebruikte methodiek om de vuilemissie te beperken. Maar nu buien heviger worden, zijn afstanden naar de overgebleven overstorten vaak te groot om wateroverlast te voorkomen.

De gemeente Leeuwarden wil wateroverlast in Stiens in de toekomst voorkomen. Daarom moet het rioolstelsel worden verbeterd. In dit rioleringsplan zijn hiervoor maatregelen ontworpen.

Wateroverlast komt in Stiens vooral voor op locaties die het verst bij de overstorten vandaan liggen. In combinatie met relatief kleine leidingdiameters in het rioolstelsel, is het niet gemakkelijk om overlast overal goed op te lossen. Daarom loont het om op plaatsen waar maatregelen getroffen worden, iets extra te doen, bijvoorbeeld een extra grote leiding aan te leggen zodat tegelijkertijd andere delen van het rioolstelsel worden ontlast. Daarom zijn maatregelen in eerste instanatie ontworpen op basis van bui 09. Maar deze aanpak is ook zinvol met het oog op klimaatverandering. Ondanks deze aanpak, moeten soms dermate veel riolen worden vergroot dat dit niet altijd doelmatig is. In het zuidwesten van Stiens ligt het daarom voor de hand om een voormalige overstort opnieuw te openen. Deze maatregel zal moeten worden afgestemd met het waterschap, waarbij het belangrijk is om gezamenlijk een afweging te maken van alle mogelijke opties met de bijbehorende voor- en nadelen.

Naast het vergroten van leidingen is afkoppelen ook een maatregel die vaak wordt toegepast om de riolering te ontlasten. Het helpt altijd om oppervlak van het gemengde riool af te koppelen en via een eigen hemelwaterriool af te voeren naar het oppervlaktewater, omdat het gemengde stelsel hiermee wordt ontlast. De mate van ontlasting voor specifieke overlastlocaties is echter maar beperkt. Als veel oppervlak wordt afgekoppeld, leidt dit echter tot een relatief kleine verbetering van de wateroverlastsituatie. Dit komt voornamelijk doordat overlast optreedt op laaggelegen locaties, waar water vanuit een groot deel van de kern op straat komt te staan. Lokaal afkoppelen heeft met name bij extreme buien (juist de situatie waarbij overlast ontstaat) weinig effect op de waterstand van het rioolstelsel.

Er zijn op verschillende locaties vergaande maatregelen nodig om wateroverlast te voorkomen. Veelal omvatten de maatregelen het vergroten van riolen. De prioriteit om maatregelen te treffen, is echter niet overal even hoog. In veel gevallen is het goed dat maatregelen zijn ontworpen, zodat ze bij reconstructie van de openbare ruimte klaarliggen en op het juiste moment in combinatie met reconstructie kunnen worden uitgevoerd.

Ook nadat de maatregelen zijn uitgevoerd blijft het merendeel van de riolen in Stiens te klein. Afkoppelen van oppervlak is niet per se doelmatig om overlast op specifieke locaties te voorkomen, maar helpt altijd om het stelsel als geheel te ontlasten. Aanbevolen wordt daarom om bij reconstructies altijd af te koppelen waar dat gemakkelijk kan. Daarbij is het echter niet alleen van belang dat oppervlakken relatief gemakkelijk op een hemelwaterriool kunnen worden aangesloten, maar het hemelwater moet ook goed kunnen worden afgevoerd. Daarnaast wordt aanbevolen om bij rioolvervanging structureel eerder iets te grote, dan te kleine leidingen aan te leggen. Grotere leidingen vergroten de afvoercapaciteit. Een voldoende hoge afvoercapaciteit van het rioolstelsel is essentieel om bij extreme buien droge voeten te houden.

Verder is gebleken dat de pompovercapaciteit van het rioolstelsel van Stiens laag is. Dit leidt tot extra veel overstorten naar het oppervlaktewater. Dit wordt vooral veroorzaakt door een lage capaciteit van het eindgemaal. Door deze capaciteit te vergroten, neemt het overstortend volume aanzienlijk af. Daarbij is het ook van belang dat de overige gemalen in Stiens beter op elkaar worden afgestemd. Met name het gemaal van Stiens West heeft een hoge capaciteit. Verlaging van deze capaciteit heeft een positief effect op de vuilemissie.

In Stiens is een verbindingsriool aanwezig tussen Stiens Oost en West. Dit verbindingsriool heeft een belangrijke functie om regenwater uit het centrum af te voeren naar het oppervlakte water (via BBL

Truerderdyk). Het handhaven van dit riool heeft tot gevolg dat bij een gevuld rioolstelsel, het water van gemaal Stiens West (Canterstins) wordt ‘rondgepompt’. Dit komt over als niet-duurzaam of niet-doelmatig, maar de daadwerkelijke pompkosten en het energieverbruik vallen in de praktijk in dergelijke situaties mee. Het aanbrengen van sturing om dit te voorkomen, leidt tot extra kosten en extra kwetsbaarheid van het systeem. Dit weegt niet op tegen de voordelen van energiewinst. Daarom wordt aanbevolen om de situatie waarin water wordt rondgepompt te handhaven.

BIJLAGE A MODELINSTELLINGEN

Inleiding modelinstellingen

Volgens de Leidraad Riolering van Stichting Rioned (module C1000) bevat een basisrioleringsplan (BRP) “informatie over de structuur, de geometrie, de belasting en het hydraulisch en milieutechnisch functioneren van alle systemen die een gemeente inzet bij haar zorgtaken.”

Volgens module C1000 moet een rapportage als een BRP zodanig opgesteld worden dat:

- duidelijk is welke uitgangspunten zijn gehanteerd en dat de herkomst hiervan toetsbaar is;
- duidelijk is welke hulpmiddelen bij de totstandkoming zijn gebruikt;
- de lezer aan de hand van de gegevens eenvoudig controles kan uitvoeren op de juistheid van resultaten en de consistentie van het plan;
- derden voor hen relevante informatie eenduidig uit het plan kunnen opmaken.

In module C2100 van de Leidraad Riolering zijn voor de stelselonafhankelijke rekenparameters “defaultwaarden” aangegeven. Deze parameters zijn bijvoorbeeld kenmerken van typen afvoerende oppervlakken en hydraulische ruwheden van verschillende (buis)materialen. De modellering ten behoeve van deze rapportage is uitgevoerd conform deze eisen aan modellering t.b.v. een BRP, in deze bijlage is vastgelegd hoe wordt omgegaan met de diverse voor deze berekeningen benodigde parameters.

ARCADIS maakt voor het uitvoeren van hydrodynamische rioleringsberekeningen gebruik van het rekenpakket InfoWorks ICM. Voor de berekeningen in deze rapportage is gebruik gemaakt van versie 7.02 van dit programma.

Invoer- en modelparameters

Neerslag

Voor het uitvoeren van de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de standaard neerslaggebeurtenissen en de standaard neerslagreeks als gedefinieerd in de Leidraad Riolering. Bij deze berekeningen wordt gebruik gemaakt van het NWRW 4.3-inloopmodel.

Waar nodig / gewenst wordt gebruik gemaakt van aanvullende neerslaggegevens, bijvoorbeeld lokaal gemeten buien en/of gedefinieerde ontwerpbuien van de betrokken gemeenten of waterschappen.

Afvoerend oppervlak

Het naar de riolering afvoerend oppervlak wordt met behulp van Thiessenpolygonen toegekend aan de putten van het stelsel. Bij deze methode wordt het oppervlak op basis van afstand aan de dichtstbijzijnde put toegekend.

Droogweerafvoer

De droogweerafvoer (DWA) bestaat uit huishoudelijk afvalwater, bedrijfsafvalwater en lek- en drainagewater. Deze gegevens zijn meestal niet exact te kwantificeren.

Huishoudelijk afvalwater

In de meeste gevallen wordt voor het bepalen van de hoeveelheid huishoudelijk afvalwater vanuit de inwoner- en woningaantallen het aantal inwoners per woning bepaald. Dit kan per rioleringsgebied verschillen. Zijn deze gegevens niet bekend, dan wordt hiervoor uitgegaan van 2,5 inwoners per woning (defaultwaarde Leidraad Riolering).

Standaard wordt uitgegaan van een lozing van 120 liter afvalwater per inwoner per dag. Voor de bepaling van de gemaalcapaciteiten wordt, afhankelijk van de normen van het betreffende waterschap, uitgegaan van een lozing van 10 l/uur of 12 l/uur (lozingsduur respectievelijk 12 uur en 10 uur).

Bij reeksberekeningen wordt een DWA-verloop gehanteerd zoals aangegeven in de Leidraad Riolering, voor gebeurtenisberekeningen wordt gebruik gemaakt van een stationaire DWA-belasting.

Bedrijfsafvalwater

Voor bedrijfsafvalwaterlozingen worden in de Leidraad geen defaultwaarden aangegeven. In overleg met de bij de plannen betrokken partijen wordt afgesproken of en welke hoeveelheden afvalwater in de berekeningen worden meegenomen. Indien mogelijk worden deze gerelateerd aan hoeveelheden uit bijvoorbeeld vergunningen of drinkwaterverbruik.

Zijn er geen gegevens bekend over bedrijfsafvalwaterhoeveelheden (bijvoorbeeld bij nieuwe aanleg) dan wordt hier op basis van de aanwijzingen uit module B2000 een aanname voor gedaan.

Lek- en drainagewater

Overeenkomstig de Leidraad Riolering wordt het aandeel lek- en drainagewater op 0 gesteld.

Wandruwheid

In de berekeningen wordt voor de wandruwheid een waarde van 3,0 millimeter aangehouden. Volgens de Leidraad Riolering geldt deze waarde voor betonnen leidingen wanneer in- en uitstroomverliezen bij inspectieputten en weerstanden als gevolg van bijvoorbeeld inlaten in de leidingweerstand worden meegenomen. Voor materialen met een gladder oppervlak zijn lagere waarden aangegeven

ARCADIS hanteert de waarde van 3,0 mm voor de wandruwheid ongeacht de materiaalsoort. Door deze grotere waarde aan te houden wordt ook invloed van (bijvoorbeeld) slibvorming en andere afzettingen in kunststofleidingen meegenomen.

Slib

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van “schone” leidingen. Er wordt geen (bergend) volume in mindering gebracht om eventuele slibvorming te simuleren. Een grotere leidingweerstand als gevolg door eventuele slibvorming is verdisconteerd in de wandruwheid.

Infiltratie

In hydraulische berekeningen wordt de infiltratiecapaciteit door ARCADIS standaard gelijk gesteld aan 0. Wanneer er vanuit de infiltrerende voorziening (tijdelijk) niet geïnfiltreerd kan worden zal de voorziening zal deze hydraulische gezien goed moeten kunnen functioneren.

Wanneer infiltratie een essentieel onderdeel van de berekening is, bijvoorbeeld om te bepalen hoeveel water er bij een bepaalde bui nog overstort, wordt de infiltratiecapaciteit gesimuleerd door een gemaal in het stelsel op te nemen. De Q-h relatie van dit gemaal wordt daarbij gerelateerd aan de infiltratiecapaciteit.

Defaultwaarden kunstwerken

Rioolgemalen

Een rioolgemaal wordt geschematiseerd met behulp van 2 knopen en een tussenliggende verbinding. De bovenstroomse knoop is de schematisatie van de pompkelder. Voor de afmetingen van deze kelder wordt in principe uitgegaan van de daadwerkelijke afmetingen (hoogte en oppervlak). Zijn deze gegevens niet bekend, dan worden de afmetingen van de pompkelder afgestemd op de gemaalcapaciteit. Deze wordt minimaal gesteld op de door het gemaal af te voeren debiet binnen één tijdstap in de berekening. Hiermee wordt voorkomen dat het gemaal continue gaat pendelen en daarmee onnauwkeurigheid in de berekeningen veroorzaakt. Dit wijkt af van de defaultwaarden volgens de Leidraad Riolering. Worden de defaultwaarden uit de Leidraad aangehouden, dan krijgen gemalen met een hoge capaciteit en een klein verschil tussen in- en uitslagpeil onrealistisch grote pompkelder afmetingen.

Om reeksberekeningen goed uit te kunnen voeren wordt het gemaal uitgevoerd met een Q-H-relatie. Is de daadwerkelijke pompcurve bekend, dan kan deze worden ingevoerd, in overige gevallen wordt een lineaire relatie gelegd tussen de waterhoogte in de pompkelder en de capaciteit van het gemaal.

Voor gebeurtenisberekeningen wordt eventueel volstaan met een constante waarde voor de gemaalcapaciteit.

Overstorten

De overstortfomule welke door InfoWorks wordt gebruikt wijkt een factor ⅔ *√(⅔) af van de formule in de Leidraad Riolering. Door deze factor in rekening te brengen op de overstortcoëfficiënt (deze wordt dan 0,435 i.p.v. 0,80) wordt aangesloten bij de standaard van de Leidraad Riolering.

Doorlaten

In Infoworks wordt een andere formule gebruikt dan in de Leidraad Riolering wordt voorgeschreven.

De formule uit de Leidraad Riolering volgt uit een afleiding van de formule van Carnot. De formule in Infoworks is gebaseerd op de formule van Bernoulli. Deze laatste benadering wordt veelvuldig toegepast in de vloeistofmechanica.

Bij de van Carnot afgeleide formule zoals in de Leidraad Riolering is opgenomen wordt voor doorlaten een niet realistische snelheid in de doorlaat gehanteerd. ARCADIS gaat voor het berekenen van doorlaten uit van de benoemde Bernoulliaanse benadering. In de Nederlandse literatuur wordt hierbij voor de doorlaatcoëfficiënt μ een waarde van 0,60 á 0,63 gehanteerd. De formule uit Infoworks is een factor √2 kleiner dan die uit de Nederlandse literatuur. Voor de contractiecoëfficiënt Cd uit Infoworks wordt dan ook √2 * μ = √2 * 0,6 = 0,85 gehanteerd.

Berekeningsresultaten

Berging

Bij aanvang van een berekening wordt de initiële conditie van het stelsel berekend. Deze initiële berekening zorgt voor een stabiele beginsituatie, hierbij is aan het begin van de eigenlijke berekening de “verloren” berging volledig gevuld. De verloren berging heeft dan ook geen invloed op de uiteindelijke rekenresultaten.

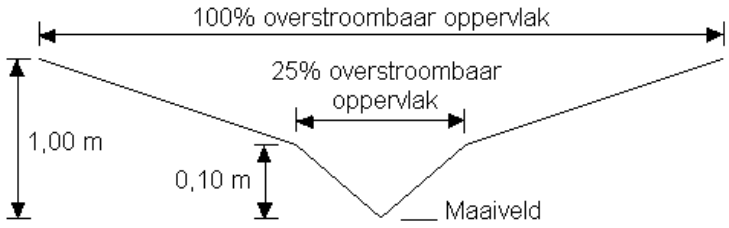
De onderdrempelberging van het stelsel wordt bepaald ten opzichte van de laagste overstortdrempel in het betreffende bemalingsgebied. De berging bestaat zowel uit berging in leidingen als in putten. Bij het bepalen van de berging wordt onderscheid gemaakt in verloren en effectieve berging.

Water-op-straat

In InfoWorks wordt berekend welke hoeveelheid water per put water-op-straat veroorzaakt. Wanneer het waterpeil in het stelsel zakt, vloeit dit water, via dezelfde put, weer terug naar het stelsel. Het water stroomt niet oppervlakkig af naar andere, lager gelegen, putten.

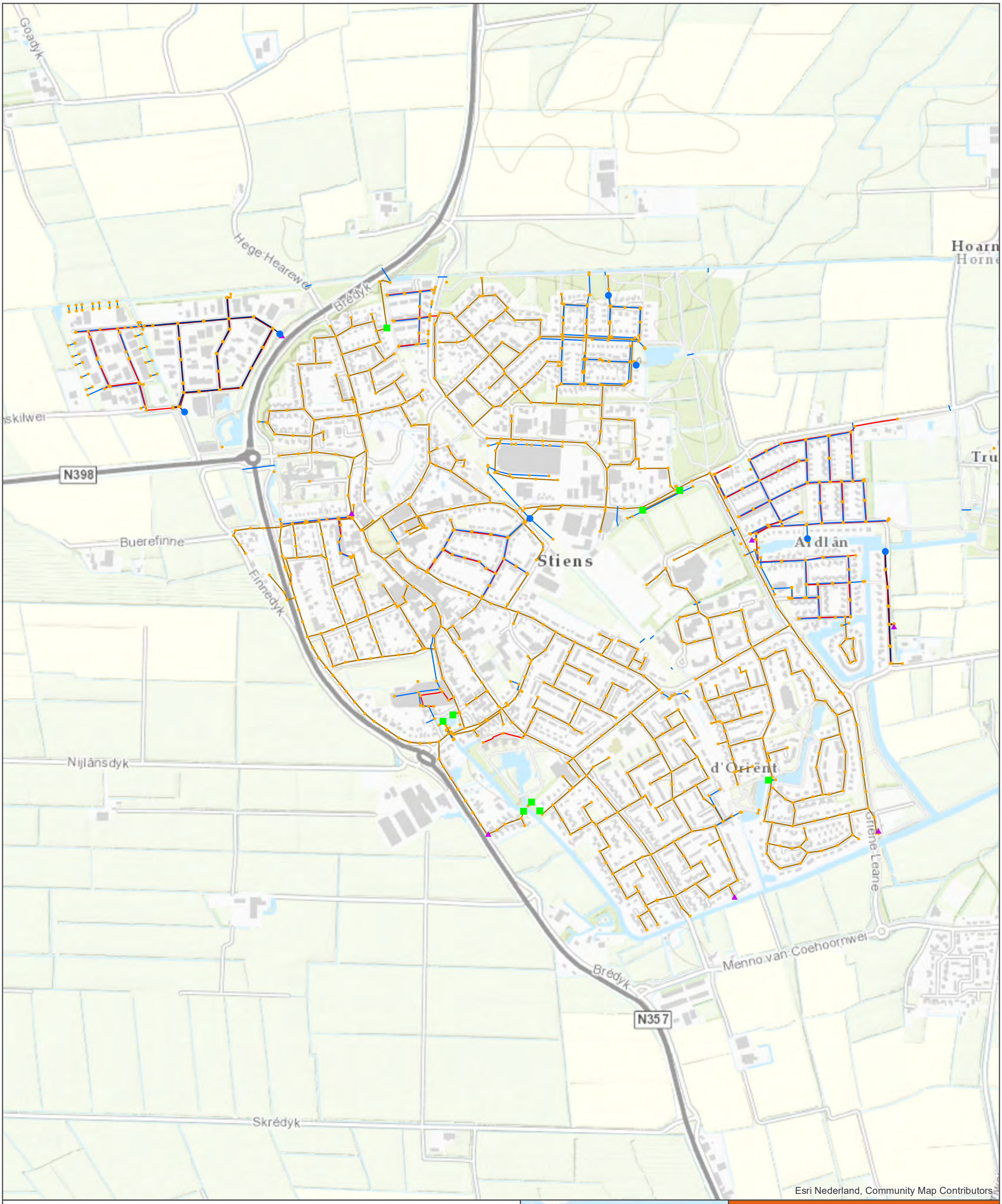
In het rekenpakket wordt een relatie gelegd tussen de waterhoogte en het overstroombare oppervlak per put. Omdat in de praktijk normaalgesproken niet tot in detail bekend is welk oppervlak waar naar toe afstroomt, wordt voor het bepalen van de waterhoogte uitgegaan van een standaardverdeling.

Bij deze standaardverdeling wordt er vanuit gegaan dat bij een grotere waterhoogte een groter deel van het maaiveld zal overstromen. Het totale overstroombare oppervlak is gelijk aan het aan de put toegewezen afstromende oppervlak. Tot aan 0,10 meter waterhoogte wordt gebruik gemaakt van maximaal 25% van het oppervlak, tot aan 1,00 meter hoogte wordt steeds meer van de overige 75% oppervlak meegerekend. Zie ook onderstaand figuur.



Door deze aanpak worden geen exacte waterhoogtes berekend, dit kan ook niet zonder een groter detailniveau in de uitgangspunten van de berekeningen te hanteren. Wel geeft deze methode aan waar de “zwakke plekken” in het stelsel zich bevinden. Dit wijkt af van de Leidraad Riolering waarin voor het volledige traject uitgegaan wordt van verdeling van het water over het aangesloten verhard oppervlak met een minimum van 100 m².

BIJLAGE B OVERZICHTSKAART RIOLERING STIENS



Kenmerken rioleringstelsel

- Gemaal
- Overstort
- Uitlaat HWA
- Rioolput

- gemengd
- hemelwater GS
- hemelwater VGS
- vuilwater GS
- vuilwater VGS

Herberekening Stiens

Rioleringsstelsel ligging en type

opdrachtgever: <opdrachtgever>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 24-7-2018

schaal (A3): 1:9,567

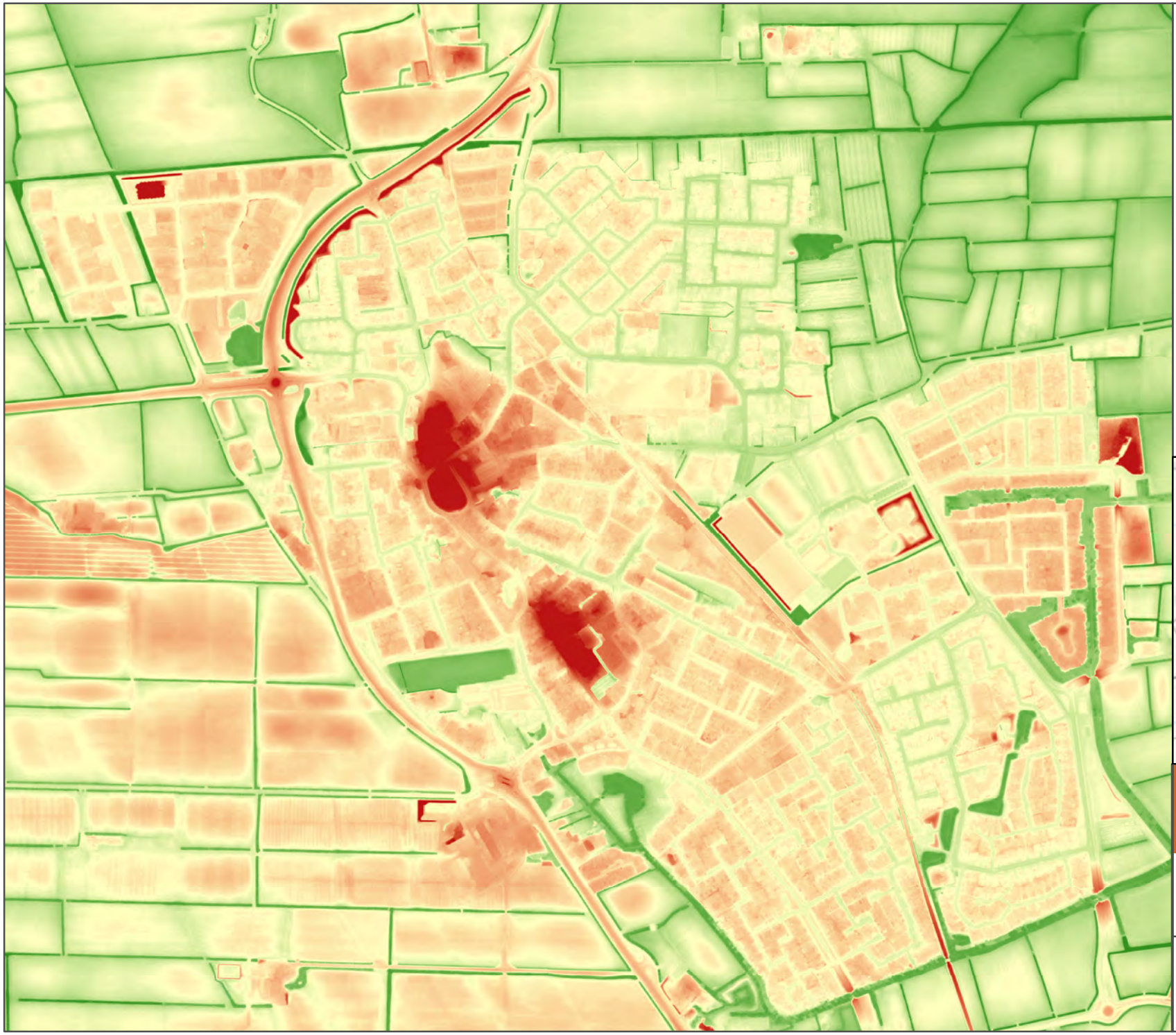
N

0 100 200 300 400 m

<projectnummer>

XX

BIJLAGE C HOOGTEKAART



Stiens - maaiveldhoogte

Hoogte [m + NAP]

Hoog: 4.4

Laag: -1.7

Hoogtekaart (AHN3)

Stiens

opdrachtgever: Gemeente Leeuwarden

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 15-5-2018

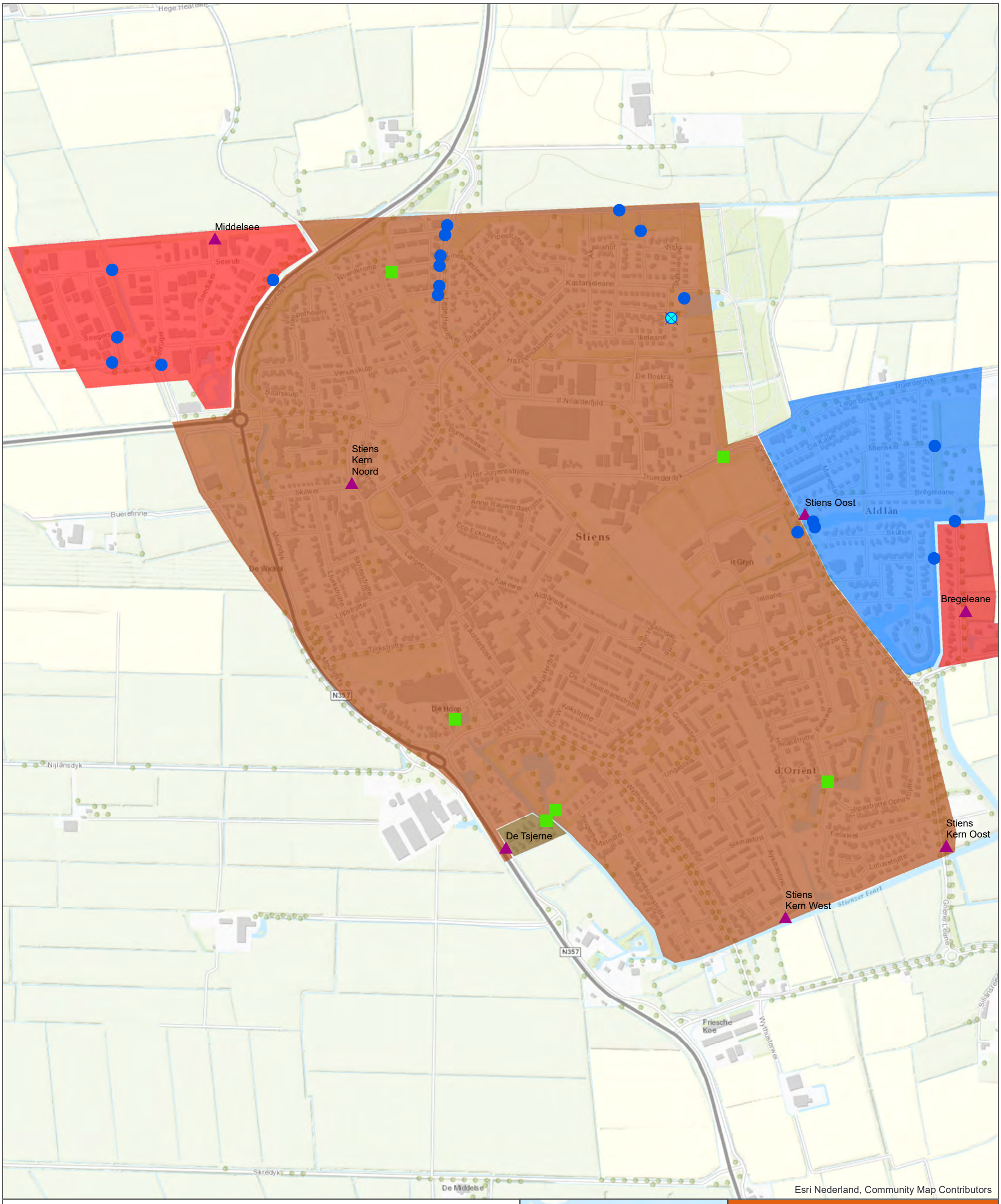
schaal (A4): 1:10,909

C03071.000611

N

0 150 300 450 600 m

BIJLAGE D OVERZICHT BEMALINGSGEBIEDEN



Bemalinggebiedsgrenzen user_text1

Bemalingsgebied

- De Tsjerne
- Middelsee
- Stiens Kern
- Stiens Oost
- Stiens Oost Bregeleane

- Gemaal
- Overstort
- Regenwater uitlaat

Herberekening Stiens

Bemalingsgebieden

opdrachtgever: <opdrachtgever>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 8-8-2018

schaal (A3): 1:8,445

N

0 100 200 300 400 m

<projectnummer>

XX

BIJLAGE E KENMERKENBLADEN

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Stiens

HUIDIGE SITUATIE

Bemalingsgebied	Stiens Kern Oost	Stiens Kern West	Stiens Kern Noord	Middelsee VGS	Middelsee GS	De Tsjerne	Stiens Oost VGS	Stiens Oost GS	Stiens Oost Bregeleane
Stelseltype	Gemengd	Gemengd	Gemengd	VGS	GS	Gemengd	VGS	GS	VGS
Afvalwater									
Aantal inwoners	2824	2591	638	557	311	26	324	233	53
DWA inwoners	28.2 m³/u	25.9 m³/u	6.4 m³/u	5.6 m³/u	3.1 m³/u	0.3 m³/u	3.2 m³/u	2.3 m³/u	0.5 m³/u
DWA bedrijven	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u
DWA recreatie	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u
Totaal DWA Piekafvoer	28.2 m³/u	25.9 m³/u	6.4 m³/u	5.6 m³/u	3.1 m³/u	0.3 m³/u	3.2 m³/u	2.3 m³/u	0.5 m³/u
Afvoerend verhard oppervlak									
Verhard oppervlak naar gemengd									
Gesloten verharding	6.26 ha	2.18 ha	1.18 ha	--	--	0.00 ha	--	--	--
Open verharding	9.50 ha	13.30 ha	2.06 ha	--	--	0.09 ha	--	--	--
Hellend dak oppervlak	8.81 ha	9.62 ha	2.64 ha	--	--	0.15 ha	--	--	--
Vlak dak oppervlak	4.95 ha	6.15 ha	1.24 ha	--	--	0.06 ha	--	--	--
Totaal gemengd stelsel	*29.53 ha*	*31.25 ha*	*7.12 ha*	*0.00 ha*	*0.00 ha*	*0.30 ha*	*0.00 ha*	*0.00 ha*	*0.00 ha*
Verhard oppervlak naar HWA									
Gesloten verharding	0.39 ha	0.31 ha	0.00 ha	1.59 ha	0.61 ha	--	0.31 ha	0.43 ha	0.20 ha
Open verharding	2.18 ha	0.67 ha	0.39 ha	2.95 ha	1.74 ha	--	1.44 ha	0.98 ha	0.06 ha
Hellend dak oppervlak	1.51 ha	0.14 ha	0.00 ha	0.60 ha	0.58 ha	--	1.50 ha	0.99 ha	0.38 ha
Vlak dak oppervlak	0.38 ha	0.36 ha	0.14 ha	1.58 ha	0.82 ha	--	0.65 ha	0.42 ha	0.05 ha
Totaal hemelwater stelsel	*4.45 ha*	*1.49 ha*	*0.53 ha*	*6.71 ha*	*3.75 ha*	*0.00 ha*	*3.89 ha*	*2.81 ha*	*0.68 ha*
Afvoerend verhard oppervlak totaal									
Totaal afvoerend verhard opp.	*33.98 ha*	*32.74 ha*	*7.65 ha*	*6.71 ha*	*3.75 ha*	*0.30 ha*	*3.89 ha*	*2.81 ha*	*0.68 ha*
Berging									
Totale stelselberging	2138.7 m³	1273.7 m³	306.2 m³	139.3 m³	--	9.4 m³	141.5 m³	--	15.5 m³
Verloren berging stelsel	9.4 m³	40.2 m³	0.3 m³	8.7 m³	--	0.1 m³	1.1 m³	--	0.3 m³
Berging in randvoorzieningen	287.0 m³	560.0 m³	0.0 m³	0.0 m³	--	0.0 m³	0.0 m³	--	0.0 m³
Netto berging	2416.3 m³	1793.4 m³	306.5 m³	130.6 m³	--	9.3 m³	140.4 m³	--	15.2 m³
Berging t.o.v. aangesloten opp.	8.2 mm	5.7 mm	4.3 mm	1.9 mm	--	3.1 mm	3.6 mm	--	2.2 mm
Gemalen									
Werkelijke capaciteit									
Geinstalleerde capaciteit	535.0 m³/u	523.1 m³/u	101.0 m³/u	27.0 m³/u		3.6 m³/u	25.0 m³/u		11.0 m³/u
Pompovercapaciteit	-184.8 m³/u	392.6 m³/u	94.6 m³/u	21.4 m³/u		3.3 m³/u	21.6 m³/u		10.5 m³/u
Pompovercapaciteit (mm/u)	-0.6 mm/u	1.3 mm/u	1.3 mm/u	0.3 mm/u		1.1 mm/u	0.6 mm/u		1.5 mm/u
Afvoer naar	persleiding WS	Stiens Kern Oost	Stiens Kern West	Stiens Kern Oost	Stiens Kern Oost	Stiens Kern West	Stiens Kern Oost	Stiens Kern Oost	Stiens Kern Oos
Injecties									
Stiens Kern West	523.1 m³/u								
Stiens Kern Noord		101.0 m³/u							
Britsum	100.0 m³/u								
Middelsee (VGS)	30.1 m³/u								
Stiens Oost (VGS)	27.3 m³/u								
Stiens Oost Bregeleane (VGS)	11.0 m³/u								
De Tsjerne		3.6 m³/u							
Truerd							0.04 m³/u		
Helling							0.13 m³/u		
Totaal injecties	691.5 m³/u	104.6 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.2 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u
Norm capaciteit									
Norm pompovercapaciteit (m3/u)	206.7 m³/u	218.7 m³/u	49.8 m³/u	47.0 m³/u	0.0 m³/u	2.1 m³/u	11.7 m³/u	0.0 m³/u	2.0 m³/u
Norm pompcapaciteit	926.5 m³/u	349.3 m³/u	56.2 m³/u	52.6 m³/u	3.1 m³/u	2.4 m³/u	15.1 m³/u	2.3 m³/u	2.6 m³/u
Ledigingstijd geinstalleerd	-13.1 u	4.6 u	3.2 u	6.1 u	0.0 u	2.8 u	6.5 u	0.0 u	1.5 u
Overstorten (extern)									
Overstort	BBL Truederdijk	BBB Pompebledst	Noardkromp	Seerob		De Tsjerne			Bregelaene
Putnummer	ST1030 (int.) - ST	ST1851 (int.) - ST	ST024	ST1225		ST943			ST1473
Drempelhoogte (extern)	NAP-0.49 m	NAP-0.34 m	NAP-0.47 m	NAP-0.30 m		NAP-0.44 m			NAP+0.00 m
Drempellengte	5.10 m	4.50 m	2.50 m	2.50 m		1.14 m			1.00 m
Overstort	Felixwei	BBB Mounepaed		Butenskilwei					
Putnummer	ST478	ST1014 (int.) - ST1016 (ext.)		ST1203					
Drempelhoogte (extern)	NAP-0.36 m	NAP-0.34 m		NAP-0.30 m					
Drempellengte	1.80 m	4.50 m		2.50 m					

KENMERKENBLAD - Gemalen volgens normcapaciteit

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Stiens

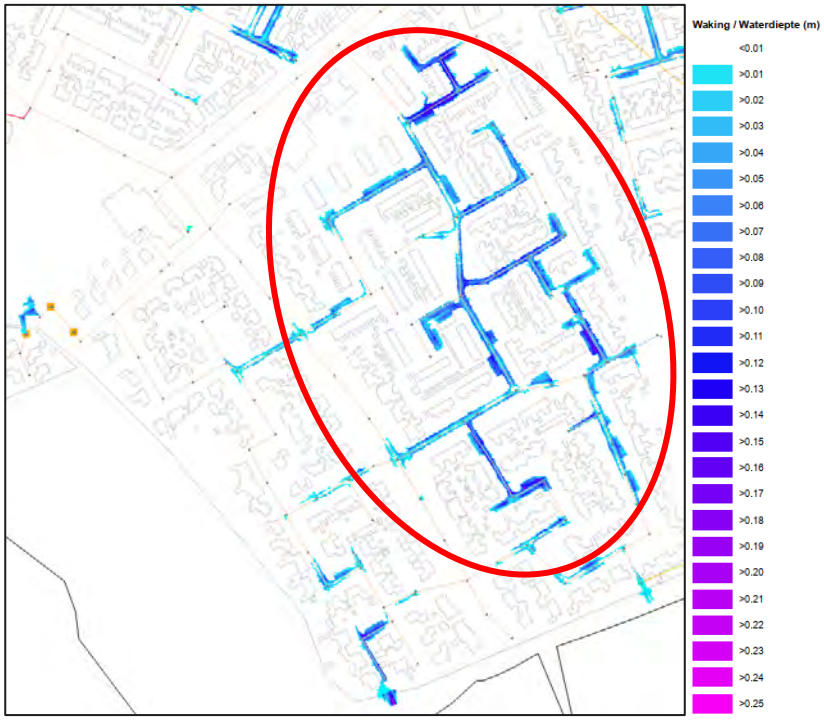
HUIDIGE SITUATIE

Bemalingsgebied	Stiens Kern Oost	Stiens Kern West	Stiens Kern Noord	Middelsee VGS	Middelsee GS	De Tsjerne	Stiens Oost VGS	Stiens Oost GS	Stiens Oost Bregeleane
Stelseltype	Gemengd	Gemengd	Gemengd	VGS	GS	Gemengd	VGS	GS	VGS
Afvalwater									
Aantal inwoners	2824	2591	638	557	311	26	324	233	53
DWA inwoners	28.2 m³/u	25.9 m³/u	6.4 m³/u	5.6 m³/u	3.1 m³/u	0.3 m³/u	3.2 m³/u	2.3 m³/u	0.5 m³/u
DWA bedrijven	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u
DWA recreatie	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u
Totaal DWA Piekafvoer	28.2 m³/u	25.9 m³/u	6.4 m³/u	5.6 m³/u	3.1 m³/u	0.3 m³/u	3.2 m³/u	2.3 m³/u	0.5 m³/u
Afvoerend verhard oppervlak									
Verhard oppervlak naar gemengd									
Gesloten verharding	6.26 ha	2.18 ha	1.18 ha	--	--	0.00 ha	--	--	--
Open verharding	9.50 ha	13.30 ha	2.06 ha	--	--	0.09 ha	--	--	--
Hellend dak oppervlak	8.81 ha	9.62 ha	2.64 ha	--	--	0.15 ha	--	--	--
Vlak dak oppervlak	4.95 ha	6.15 ha	1.24 ha	--	--	0.06 ha	--	--	--
Totaal gemengd stelsel	*29.53 ha*	*31.25 ha*	*7.12 ha*	*0.00 ha*	*0.00 ha*	*0.30 ha*	*0.00 ha*	*0.00 ha*	*0.00 ha*
Verhard oppervlak naar HWA									
Gesloten verharding	0.39 ha	0.31 ha	0.00 ha	1.59 ha	0.61 ha	--	0.31 ha	0.43 ha	0.20 ha
Open verharding	2.18 ha	0.67 ha	0.39 ha	2.95 ha	1.74 ha	--	1.44 ha	0.98 ha	0.06 ha
Hellend dak oppervlak	1.51 ha	0.14 ha	0.00 ha	0.60 ha	0.58 ha	--	1.50 ha	0.99 ha	0.38 ha
Vlak dak oppervlak	0.38 ha	0.36 ha	0.14 ha	1.58 ha	0.82 ha	--	0.65 ha	0.42 ha	0.05 ha
Totaal hemelwater stelsel	*4.45 ha*	*1.49 ha*	*0.53 ha*	*6.71 ha*	*3.75 ha*	*0.00 ha*	*3.89 ha*	*2.81 ha*	*0.68 ha*
Afvoerend verhard oppervlak totaal									
Totaal afvoerend verhard opp.	*33.98 ha*	*32.74 ha*	*7.65 ha*	*6.71 ha*	*3.75 ha*	*0.30 ha*	*3.89 ha*	*2.81 ha*	*0.68 ha*
Berging									
Totale stelselberging	2138.7 m³	1273.7 m³	306.2 m³	139.3 m³	--	9.4 m³	141.5 m³	--	15.5 m³
Verloren berging stelsel	9.4 m³	40.2 m³	0.3 m³	8.7 m³	--	0.1 m³	1.1 m³	--	0.3 m³
Berging in randvoorzieningen	287.0 m³	560.0 m³	0.0 m³	0.0 m³	--	0.0 m³	0.0 m³	--	0.0 m³
Netto berging	2416.3 m³	1793.4 m³	306.5 m³	130.6 m³	--	9.3 m³	140.4 m³	--	15.2 m³
Berging t.o.v. aangesloten opp.	8.2 mm	5.7 mm	4.3 mm	1.9 mm	--	3.1 mm	3.6 mm	--	2.2 mm
Gemalen									
Werkelijke capaciteit									
Geinstalleerde capaciteit	714.0 m³/u	303.3 m³/u	56.2 m³/u	52.6 m³/u		2.4 m³/u	15.1 m³/u		2.6 m³/u
Pompovercapaciteit	206.7 m³/u	218.8 m³/u	49.8 m³/u	47.0 m³/u		2.1 m³/u	11.7 m³/u		2.1 m³/u
Pompovercapaciteit (mm/u)	0.7 mm/u	0.7 mm/u	0.7 mm/u	0.7 mm/u		0.7 mm/u	0.3 mm/u		0.3 mm/u
Afvoer naar	persleiding WS	Stiens Kern Oost	Stiens Kern West	Stiens Kern Oost	Stiens Kern Oost	Stiens Kern West	Stiens Kern Oost	Stiens Kern Oost	Stiens Kern Oos
Injecties									
Stiens Kern West	303.3 m³/u								
Stiens Kern Noord		56.2 m³/u							
Britsum	100.0 m³/u								
Middelsee	55.7 m³/u								
Stiens Oost	17.4 m³/u								
Stiens Oost Bregeleane (VGS)	2.6 m³/u								
De Tsjerne		2.4 m³/u							
Truerd							0.04 m³/u		
Helling							0.13 m³/u		
Totaal injecties	479.0 m³/u	58.6 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u	0.2 m³/u	0.0 m³/u	0.0 m³/u
Norm capaciteit									
Norm pompovercapaciteit (m3/u)	206.7 m³/u	218.7 m³/u	49.8 m³/u	47.0 m³/u	0.0 m³/u	2.1 m³/u	11.7 m³/u	0.0 m³/u	2.0 m³/u
Norm pompcapaciteit	714.0 m³/u	303.3 m³/u	56.2 m³/u	52.6 m³/u	3.1 m³/u	2.4 m³/u	15.1 m³/u	2.3 m³/u	2.6 m³/u
Ledigingstijd geinstalleerd	11.7 u	8.2 u	6.2 u	2.8 u	0.0 u	4.3 u	12.0 u	0.0 u	7.4 u
Overstorten (extern)									
Overstort	BBL Truederdijk	BBB Pompebledst	Noardkromp	Seerob		De Tsjerne			Bregelaene
Putnummer	ST1030 (int.) - ST	ST1851 (int.) - ST	ST024	ST1225		ST943			ST1473
Drempelhoogte (extern)	NAP-0.49 m	NAP-0.34 m	NAP-0.47 m	NAP-0.30 m		NAP-0.44 m			NAP+0.00 m
Drempellengte	5.10 m	4.50 m	2.50 m	2.50 m		1.14 m			1.00 m
Overstort	Felixwei	BBB Mounepaed		Butenskilwei					
Putnummer	ST478	ST1014 (int.) - ST1016 (ext.)		ST1203					
Drempelhoogte (extern)	NAP-0.36 m	NAP-0.34 m		NAP-0.30 m					
Drempellengte	1.80 m	4.50 m		2.50 m					

BIJLAGE F NADERE UITWERKING MAATREGELEN

Locatie 1: Omgeving Canterstins (Zuid Stiens)

Door de gemeente is aangegeven dat er in het zuiden van Stiens (rondom de Wythusterwei) wateroverlast wordt ervaren door bewoners. Ook uit berekeningen met Infoworks ICM blijkt dat een grote hoeveelheid water op straat (verder: WOS) wordt berekend. In figuur 1 is zijn de 2D resultaten weergegeven uit de huidige situatie. De overlastlocatie is hierbij omcirkeld.



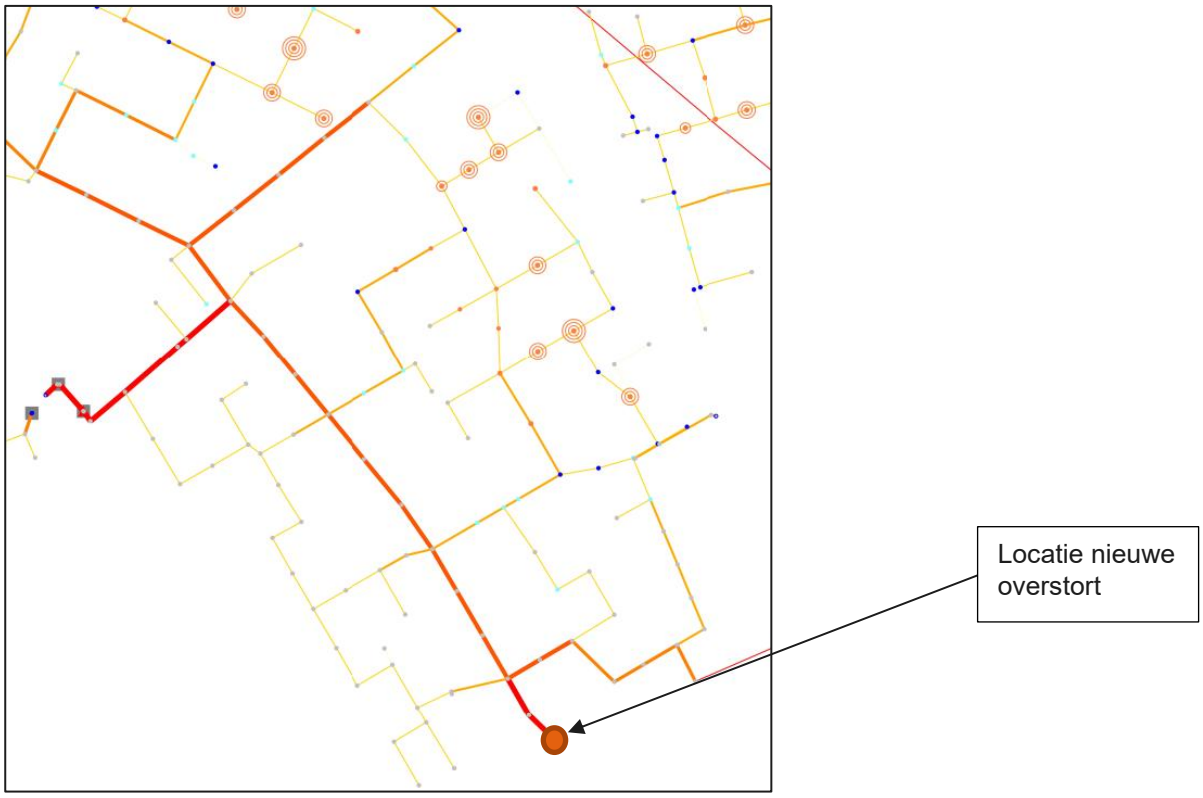
Figuur 1: 2D berekeningsresultaten voor de omgeving Canterstins bij bui S09.

Om deze wateroverlast te voorkomen zijn een aantal maatregelen doorgerekend en getoetst op haalbaarheid. Voor dit onderzoek zijn de volgende maatregelen onderzocht:

- Heropenen overstort Wythusterwei;
- Vergroten afvoerleidingen naar het bergbezinkbassin Pompebledstrjitte;
- Combinatie van bovengenoemde maatregelen.

Overstort

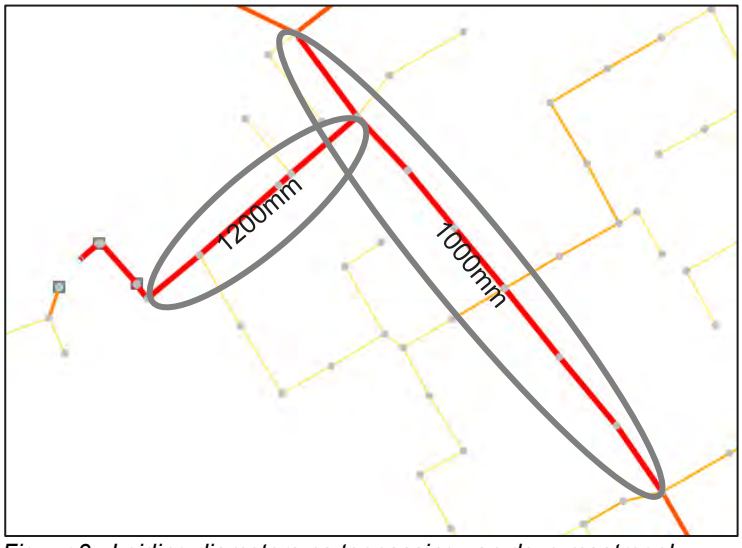
Een nieuwe (heropende) overstort aan de zuidkant van het kwetsbare gebied is verreweg de goedkoopste optie om WOS te verminderen/voorkomen. Wanneer wordt gekozen om de overstort opnieuw te openen (drempelhoogte -0.36 m + NAP, drempelbreedte 2,5m) zal een groot deel van de overlast worden opgelost, met name in het meest zuidelijke deel van Stiens. Zie onderstaand figuur voor de 1D resultaten.



Figuur 2. 1D berekeningsresultaten voor de omgeving Canterstins met een overstort aan de zuidzijde van de Wythusterwei bij bui S09.

Water op straat wordt in grote delen van de wijk voorkomen met deze maatregel. Dit is een effectieve maatregel voor het zuidelijke deel van het kwetsbare gebied.

Vergroten leidingen BBB Pompebledstrjitte
Er is gekozen om de leidingen vanaf de interne BBB overstort naar de Wythusterwei te vergroten van ∅700 naar ∅1200 mm. De Wythusterwei wordt vergroot vanaf de kruising met de Pim Mulierwei tot aan de kruising met de Sixmastins van ∅600 naar ∅1000 mm. Zie onderstaand overzicht in figuur 3 voor de toegepaste leiding diameters.



Figuur 3.: Leiding diameters na toepassing van deze maatregel.

Wanneer de leidingen vanaf BBB Pompebledstrjitte worden vergroot, zal een groot deel van de overlast worden opgelost. Naast de overlast in het zuidelijkste gebied wordt ook minder water op straat berekend

verder de wijk in aan de oostzijde van de Wythusterwei. Zie onderstaand figuur 4 voor de 1D resultaten. De maatregel heeft vooral effect vlakbij de vergrote leiding. Water-op-straat voorkomen in het gehele gebied lijkt niet haalbaar.

Figuur 4. 1D berekeningsresultaten voor de omgeving van Canterstins met grotere leidingen op de Wythusterwei en de Pompebledstrjitte bij bui S09.

Na toepassing van deze maatregel wordt de hoeveelheid en tijdsduur van WOS sterk verminderd in de wijk, het is daarom een effectieve maatregel om wateroverlast in Zuid Stiens te verminderen.

Combinatiemaatregel van overstort en vergroten leidingen
Wanneer wordt gekozen voor zowel een nieuwe overstort als het vergroten van leidingen (op termijn) wordt WOS het beste voorkomen. De nieuw berekende situatie is in onderstaand figuur 5 weergegeven.

Figuur 5. 1D berekeningsresultaten voor de omgeving van Canterstins met een overstort op de Wythusterwei en grotere leidingen op de Wythusterwei en de Pompebledstrjitte bij bui S09.

Conclusie omgeving Canterstins

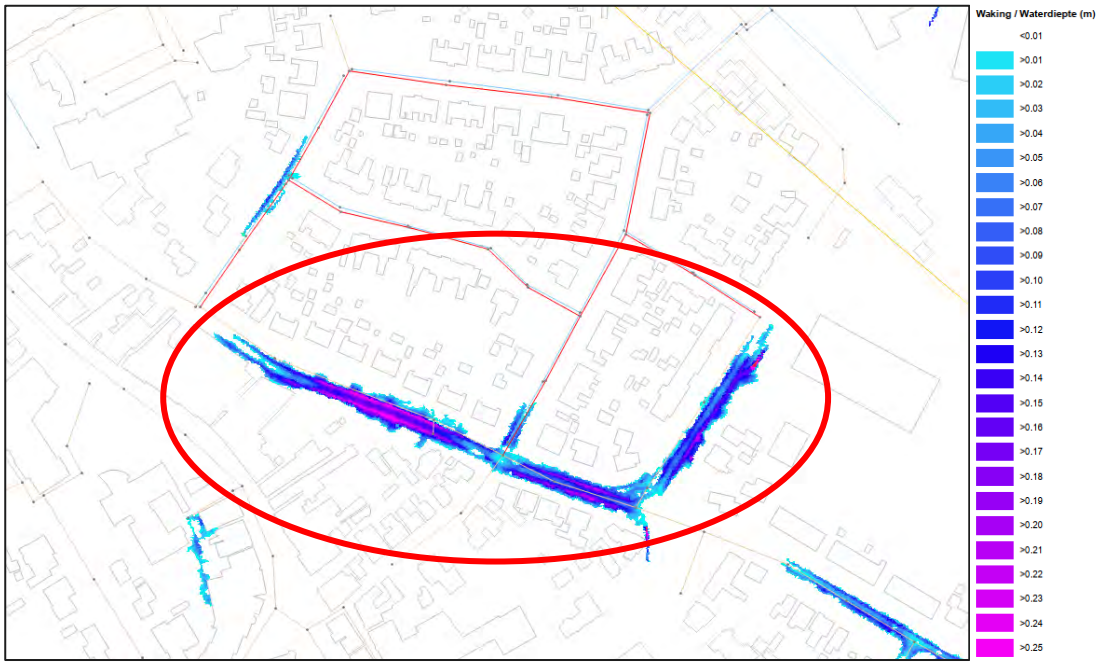
Het is niet doelmatig om al het WOS te voorkomen bij bui 09 (zoals achter in de wijk), omdat het hele leidingensysteem in zijn algemeen te klein is aangelegd. Daarom zouden alle leidingen tot diep in de wijk vervangen moeten worden, wat grote kosten met zich meebrengt.

Het heropenen van de overstort lijkt het meest doelmatig, ondanks dat het vergroten van de leidingen een beter effect heeft. Toch is de combinatie van beide maatregelen de meest optimale oplossing, omdat hiermee de meeste overlast wordt voorkomen. Door het heropenen van een overstort gaat er doorgaans niet méér water overstorten, het water kan vooral sneller overstorten waardoor water-op-straat kan worden voorkomen. Water wordt wel op meerdere locaties op het watersysteem geloosd. Een ander nadeel in dit specifieke geval is dat minder water bij het bergbezinkbassin overstort, en meer via een ‘gewone’ overstort. Hierdoor neemt de vuilemissie iets toe. De maatregel lijkt echter noodzakelijk om wateroverlast te voorkomen.

Na toepassing van de hierboven toegelichte maatregelen komt WOS enkel nog voor achter in de wijk. Hiervoor zijn vooralsnog geen maatregelen voorzien.

Locatie 2: Kakewei en Lutsedyk

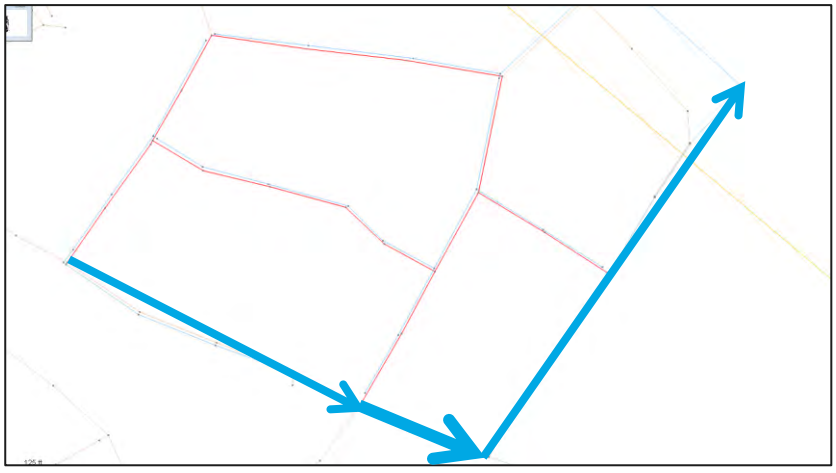
De Kakewei ligt in een laaggelegen deel van Stiens, water uit de omgeving stroomt hier naartoe en blijft op straat staan. In de huidige situatie worden dan ook grote hoeveelheden WOS berekend over de gehele lengte van de Kakewei. Dit wordt in de praktijk ook herkend door de gemeente. Zie onderstaand figuur voor de berekende 2D resultaten bij bui S09 in de huidige situatie.



Figuur 6. 2D Berekeningsresultaten huidige situatie langs de Kakewei bij bui 09 uit de Leidraad Riolering.

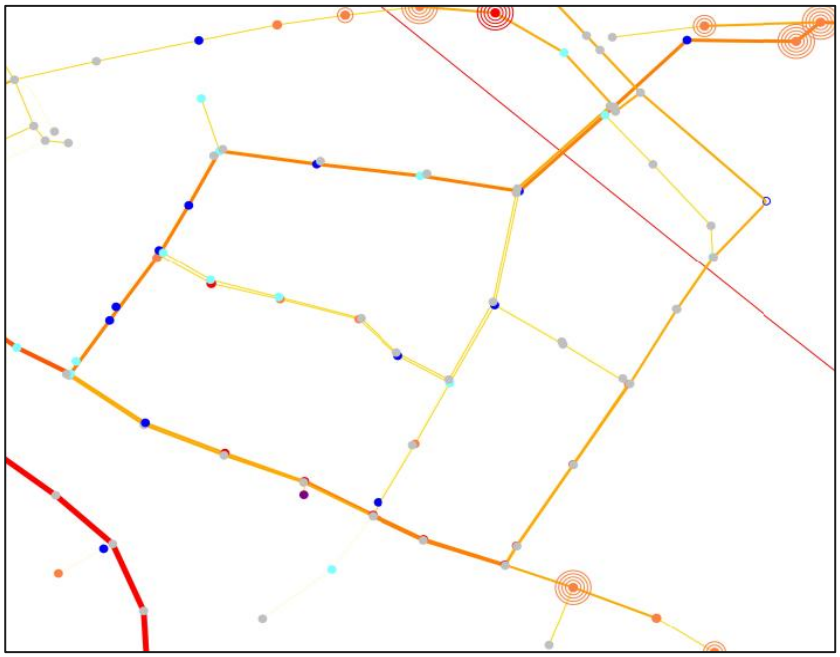
Om WOS te voorkomen en ook bij intensere buien in de toekomst overlast te voorkomen, heeft de gemeente ervoor gekozen om in dit deel van Stiens een hemelwaterriool aan te leggen. Het bestaande gemengd riool is gerelined, en kan als HWA-riool worden ingezet.

Gekozen is voor een hemelwaterriool in de Kakewei vanaf de kruising met de M.B. Hoogeveenstrjitte tot aan de kruising met de Lutskedyk, waar het de Lutsedyk in gaat en in het noorden aansluit op de bestaande uitlaat van het al bestaande hemelwaterriool richting de Pyter Jurjensstrjitte. De bestaande diameters van het gemengd riool worden gehanteerd: ∅400 mm. Het HWA riool op de Kakewei tussen de Ritske Boelemanstrjitte en Lutskedyk krijgt een diameter van ∅500 mm. Zie figuur 7.



Figuur 7. Nieuw hemelwaterriool langs de Kakewei en Lutskedyk.

Bij bui 09 wordt ter plaatse van het HWA-riool geen WOS meer berekend, zie figuur 8 voor de 1D resultaten.



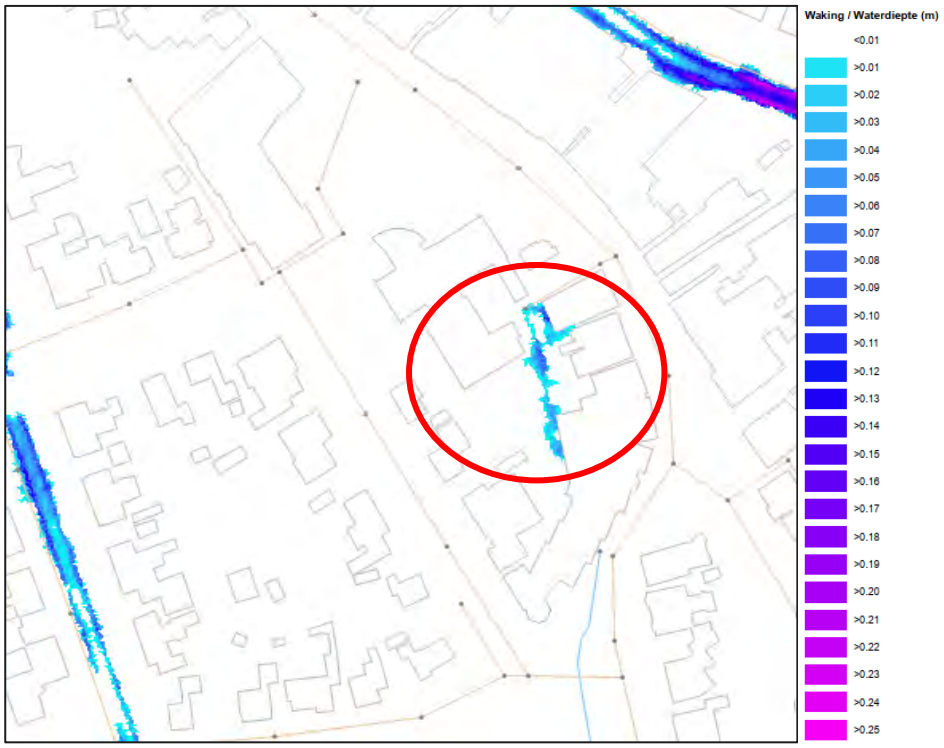
Figuur 8. 1D berekeningsresultaten in de nieuwe situatie rondom de Kakewei bij bui S09.

Conclusie
Met behulp van een aan te leggen hemelwaterriool kan de wateroverlast in de Kakewei grotendeels worden opgelost. Het water komt niet meer in de buurt van panden waar het schade aan kan richten en de overlast wordt sterk verminderd. Het is daarom een effectieve maatregel.

In de toekomst kan nog worden gekeken naar het verlengen van het hemelwaterriool tot aan het einde van de Aldlansdyk. Hier wordt momenteel ook overlast ervaren.

Locatie 3: Oude gemeentehuis - Langebuorren

Bij het oude gemeentehuis in Stiens wordt overlast ervaren, met name achter de panden. Dit wordt ook berekend bij bui S09 en wordt veroorzaakt door een rioleringsstreng (diameter 160mm) die tussen de panden ligt. Zie onderstaand figuur voor de 2D resultaten in de huidige situatie.

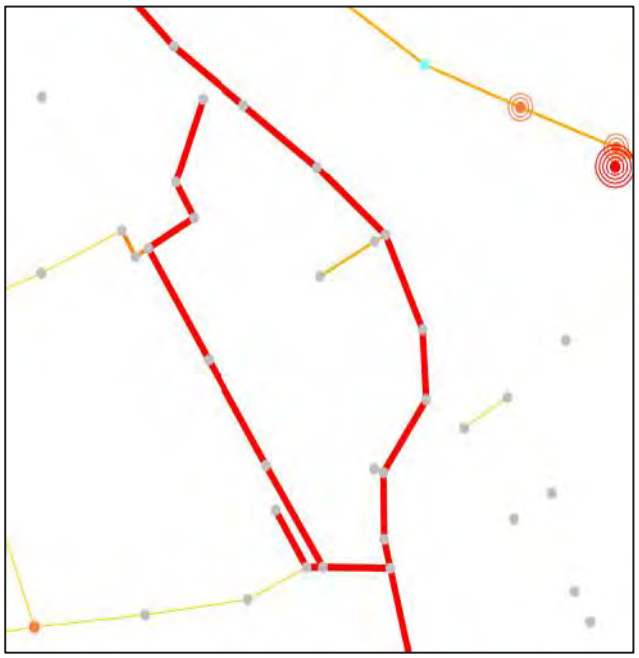


Figuur 9. 2D resultaten bij bui S09 nabij het oude gemeentehuis in de huidige situatie.

Om hier overlast te voorkomen zijn verschillende maatregelen onderzocht. Eerst is gekeken of een omleiding van het water door middel van een verbinding tussen de riolering onder de parkeerplaats en de Langebuorren. Ten tweede is gekeken naar een vergroting van de leidingen bij het bergbezinkbassin ten zuiden van het kwetsbare gebied, waar het water uiteindelijk het systeem verlaat. En tenslotte is onderzocht wat het effect is van het vergroten van de rioleringsstreng die tussen de panden ligt. Omdat deze laatste maatregel het effectiefst is gebleken, is deze verder uitgewerkt in dit rapport.

Vergroting leiding zijstraat

Momenteel heeft de leiding in de zijstraat bij het gemeentehuis, vlakbij de overlastlocatie, een diameter van 160mm. Dit is aan de krappe kant voor de hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak en daarom stijgt het water in de eindput tot ruim boven het maaiveld. Een maatregel om dit kwetsbare punt op te lossen is om de leidingdiameter te vergroten naar 400mm. Zie onderstaand figuur 10 voor de 1D resultaten.



Figuur 10. 1D berekeningsresultaten in de nieuwe situatie rondom het oude gemeentehuis bij bui S09.

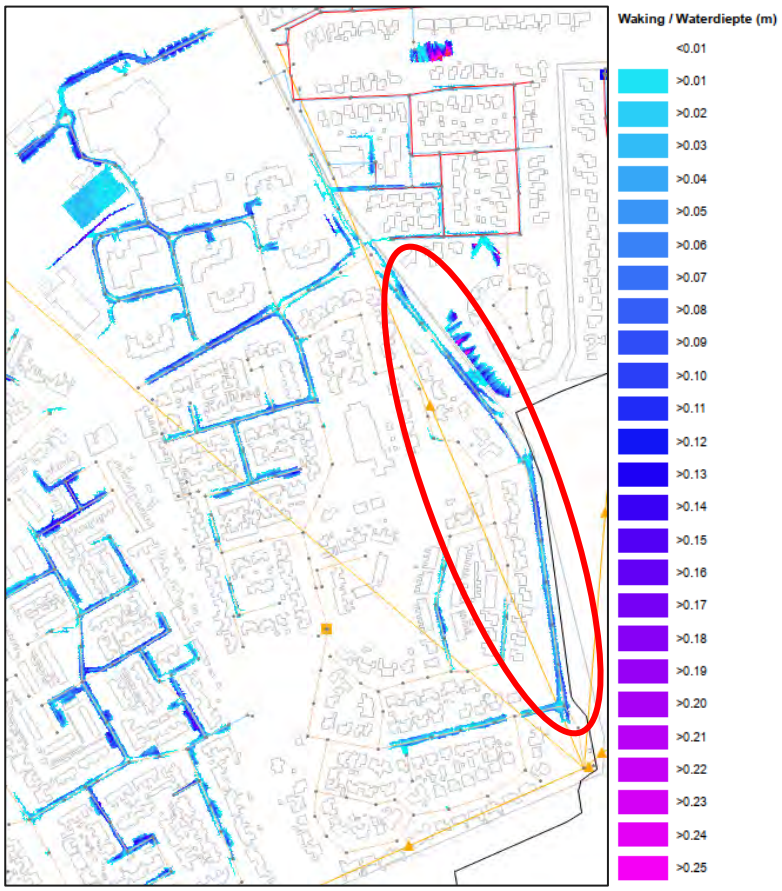
Zoals te zien is in bovenstaand figuur wordt er geen WOS meer berekend dankzij de vergrote leiding. Dit is daarom een effectieve maatregel.

Conclusie Oude Gemeentehuis - Langebuorren
Om de wateroverlast bij het oude gemeentehuis aan de Langebuorren in de toekomst te voorkomen zijn verschillende maatregelen onderzocht op effectiviteit. Hieruit is naar voren gekomen dat het vergroten van de leiding in de zijstraat van ∅160 mm naar ∅400 mm het meest effectief is.

De leiding ligt vlak langs bestaande panden, wat het lastig kan maken om een leidingvergroting in de praktijk door te voeren. In feite komt de maatregel er op neer dat water uit het gebied beter kan worden afgevoerd naar het gemengd riool, waarmee water-op-straat wordt voorkomen. Dit betekent dat water ook via een ander tracé naar het gemengd riool kan worden afgevoerd.

Locatie 4: Zuid Oost Stiens - Grieneleane

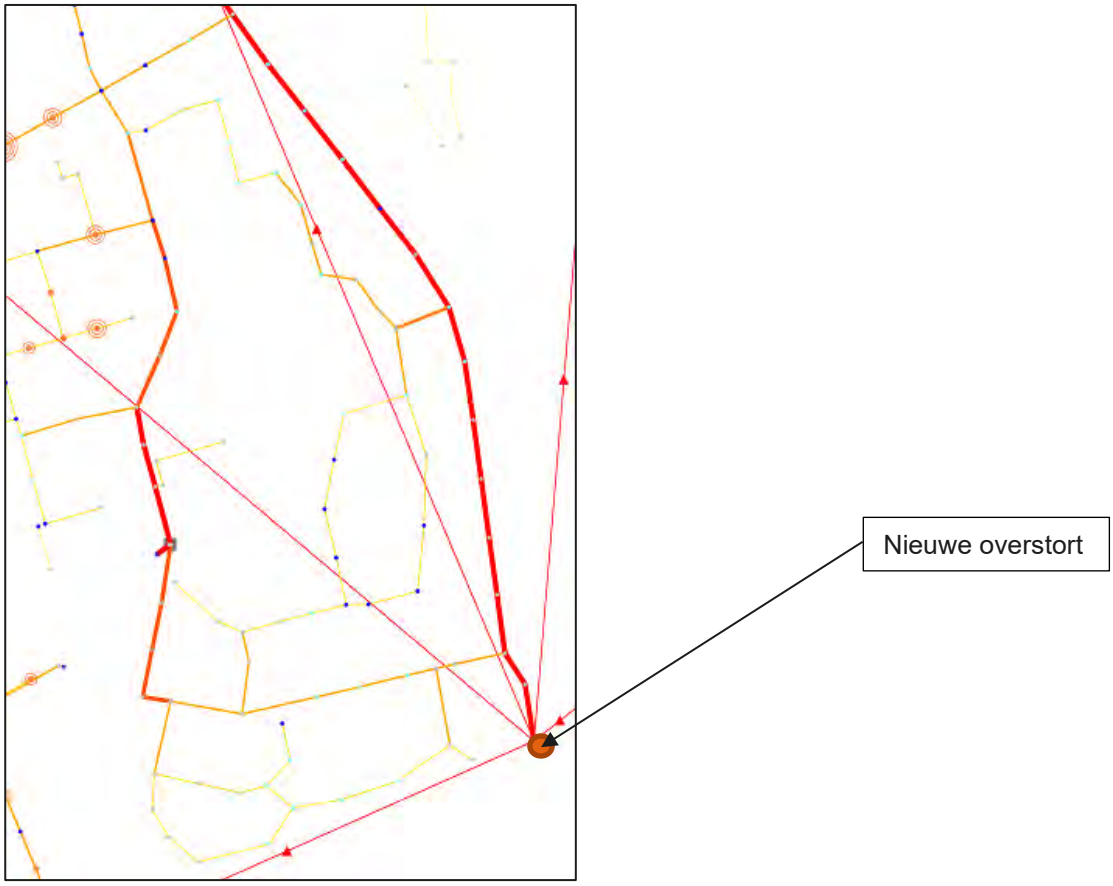
In het zuidoosten van Stiens wordt WOS berekend en in de praktijk overlast ervaren langs de Grieneleane. In de huidige situatie ziet dat er als volgt uit:



Figuur 11. 2D resultaten bij bui S09 nabij de Grieneleane in de huidige situatie.

Om overlast in de toekomst te voorkomen zijn verschillende oplossingen onderzocht. Een leidingvergroting naar de bestaande overstort aan de Felixwei heeft slechts beperkt effect, omdat de afstand tot de overlastlocaties aan de Grieneleane erg groot is. Ook heeft het vergroten van leidingen in de Grieneleane zelf beperkt effect. Geconcludeerd is dat de afstand tussen het water-op-straat en de overstort, in relatie tot de drooglegging, te groot is. Daarom is het aanleggen van een nieuwe overstort ter hoogte van het gemaal de meest doelmatige maatregel.

Overstort
Door een nieuwe overstort te plaatsen aan de zuidkant van de Grieneleane, bij het gemaal, wordt het risico op WOS sterk verminderd. Deze overstort krijgt een drempelhoogte van -0.36 m + NAP en een drempelbreedte van 2 m. In onderstaand figuur 12 zijn de resultaten weergegeven van het effect van deze maatregel.



Figuur 12. 1D berekeningsresultaten voor de nieuwe situatie rondom de Grieneleane en Felixwei bij bui S09.

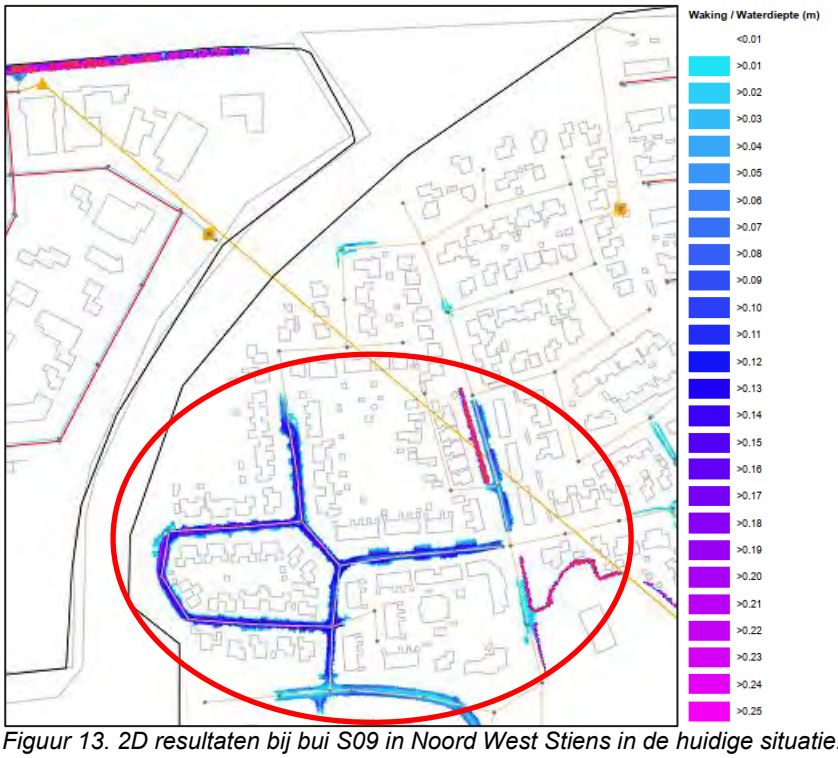
Zoals weergegeven in figuur 12, is dit een uiterst effectieve maatregel. Er wordt geen WOS meer berekend bij bui 09 in de Grieneleane.

Conclusie Zuidoost Stiens - Grieneleane
Na het onderzoeken van drie verschillende maatregelen is het aanleggen van een overstort het meest doelmatig. Het plaatsen van een overstort aan de zuidzijde van de Griene Leane voorkomt bij bui 09 het meeste WOS. Wel dient het eventuele plaatsen van een overstort met het wetterskip te worden afgestemd.

Locatie 5: Boarskulp

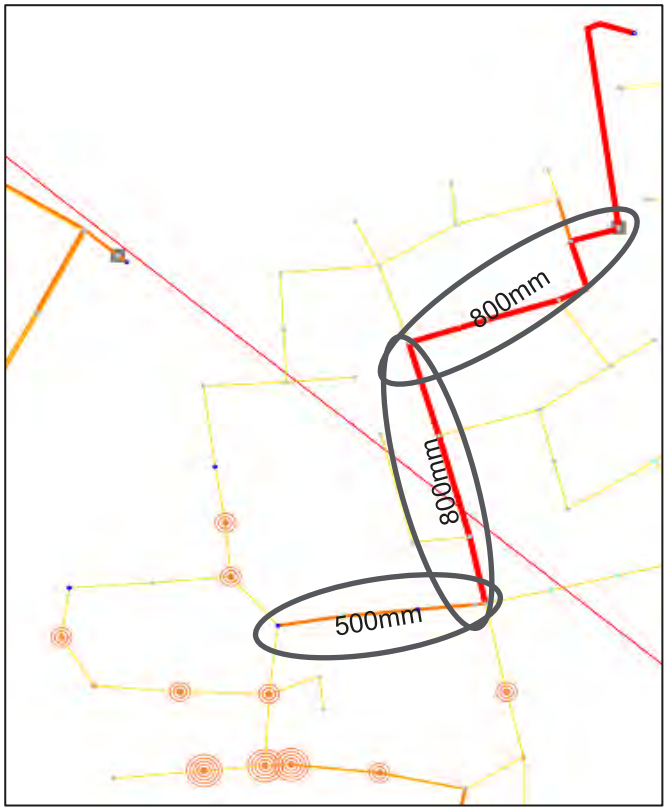
In het noord-westen van Stiens wordt WOS berekend op relatief grote afstand van de overstortleiding aan de Noardkromp. Dit WOS wordt voornamelijk veroorzaakt door een klein gedimensioneerd rioolstelsel. In onderstaand figuur is het berekende WOS weergegeven voor bui 09.

Om WOS te voorkomen in Noord Stiens zijn vergaande maatregelen vereist. Hier is het effect van een vergroting van de afvoerleidingen richting de overstort aan de Noardkromp onderzocht.



Figuur 13. 2D resultaten bij bui S09 in Noord West Stiens in de huidige situatie.

Om de stijghoogte van het water in het deelgebied omlaag te brengen en daarmee WOS achter in de wijk te voorkomen, is onderzocht of vervangen van de leiding ∅500 mm en ∅300 mm door een ∅800 mm effect heeft. Tevens is verder in de wijk de afvoerleiding vergroot naar ∅ 500 mm. In dat geval kan water beter doorstromen naar de overstort. De resultaten van deze maatregel zijn te zien in figuur 14.



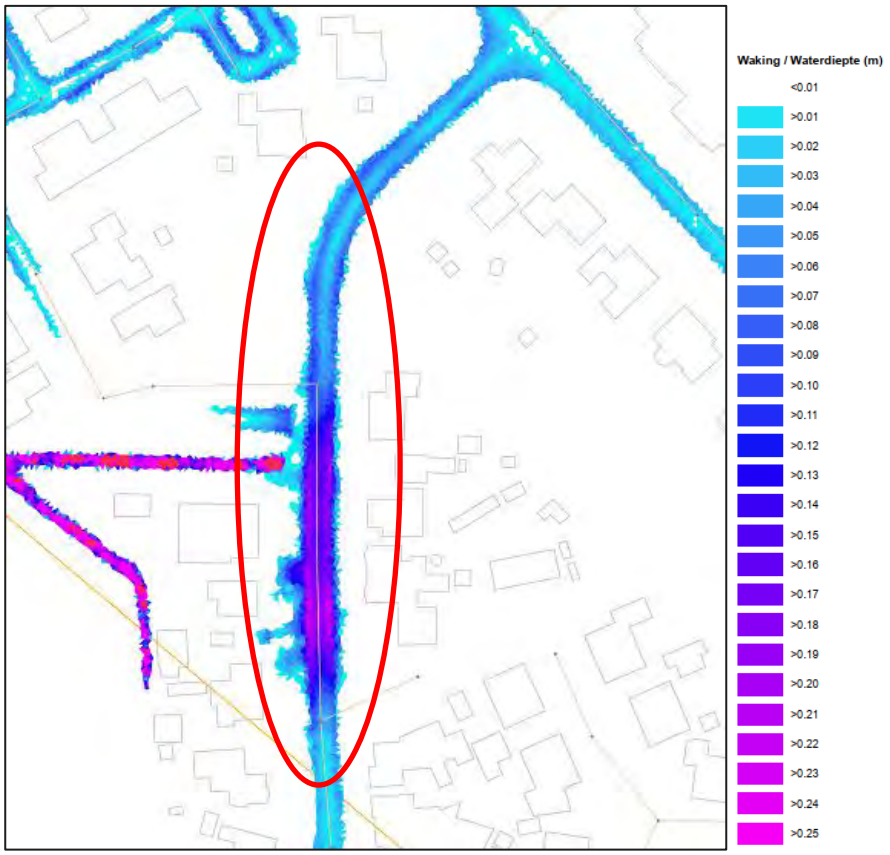
Figuur 14. 1D berekeningsresultaten voor de nieuwe situatie in Noord West Stiens bij bui S09. Tevens staan de nieuwe leidingdiameters weergegeven.

Conclusie Boarskulp
Door het toepassen van deze maatregel wordt het WOS sterk verminderd. Bij bui 09 blijft er water-op-straat staan, maar bij bui 08 staat er nauwelijks nog water-op-straat.

Het toepassen van deze maatregel betekent wel dat in meerdere straten het riool vergroot dient te worden. Dit brengt aanzienlijke kosten met zich mee. De maatregel helpt overigens niet alleen op de water-op-straat locaties, maar vergroot de afvoercapaciteit van water in de gehele wijk. Dit draagt bij aan de klimaatbestendigheid als buien heviger worden en vaker voorkomen.

Locatie 6: Lege Haerewei

Bij de Lege Haerewei wordt WOS berekend en overlast ervaren ter hoogte van de bushalte en ten zuiden van de T-splitsing met de Venusskulp. Het meeste WOS wordt tijdelijk geborgen op straat binnen de banden, echter zal bij aanhoudende neerslag water uitbreiden richting de huizen. In onderstaande afbeelding is dit weergegeven voor de huidige situatie.

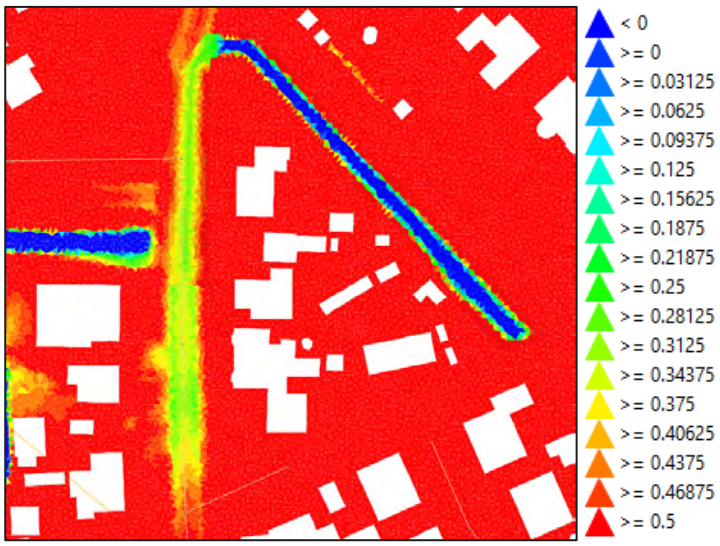


Figuur 15. 2D resultaten bij bui S09 in de Lege Haerewei in de huidige situatie.

Als maatregel om deze wateroverlast te voorkomen is een reconstructie van de Lege Haerewei en het graven van een sloot langs het nieuwe fietspad ten oosten van de bushalte onderzocht. Het deel van de weg dat gereconstrueerd dient te worden is ca. 30 meter lang en strekt zich uit van de zuidzijde van de bushalte tot net na de T-splitsing met de Venusskulp.

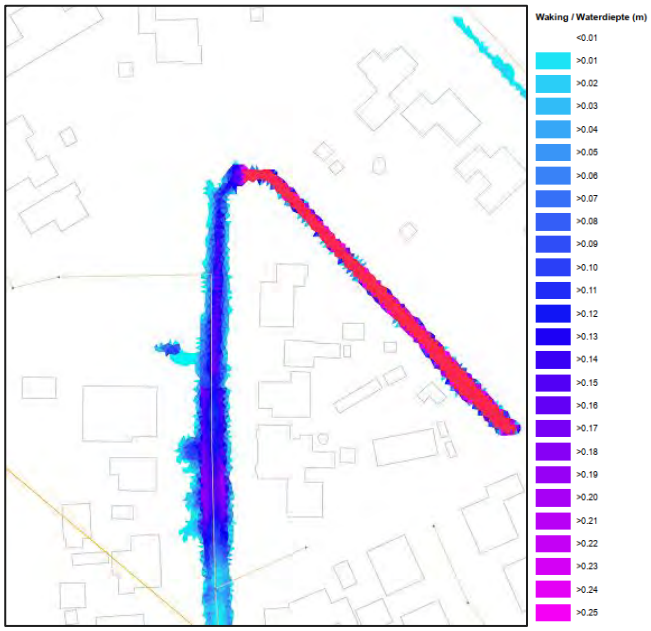
Omdat de Lege Haerewei in een stuk verlaagd maaiveld ligt, blijft water zich hier ophopen tijdens zware neerslaggebeurtenissen. Wanneer de weg echter wordt verlaagd tot ca. 30 cm boven NAP in het midden van de weg (V-vorm), dan kan het water stromen richting de bushalte. Bij de bushalte wordt het maaiveld (wegdek + trottoir) verlaagd zodat het water van de straat in een nieuw te graven sloot kan stromen. Ter hoogte van de bushalte kan vervolgens d.m.v. een drempel worden voorkomen dat water zich verzamelt bij de bushalte i.p.v. de sloot.

In het maaiveldmodel is dit als volgt gemodelleerd (hoogtes in m):



Figuur 16. Overzicht nieuwe gemodelleerde situatie Lege Haerewei.

In figuur 17 zijn de resultaten getoond (in 2D) voor de nieuwe situatie.



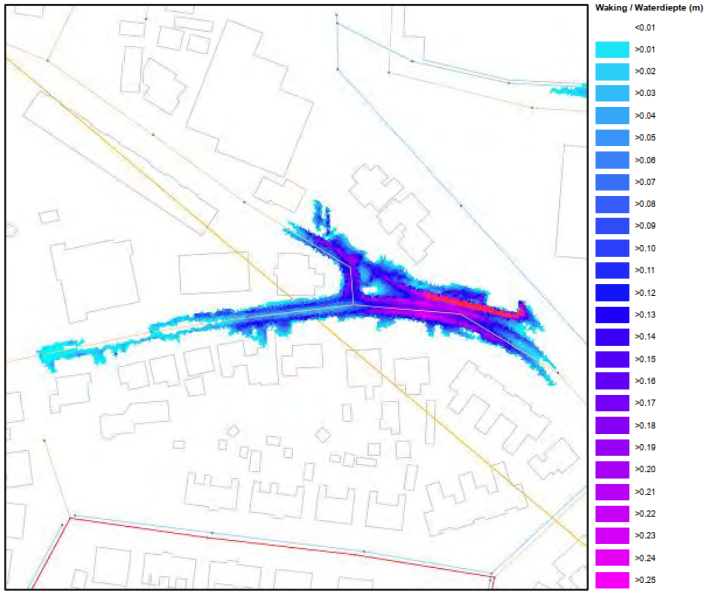
Figuur 17. 2D resultaten bij bui S09 in de Lege Haerewei in de nieuwe situatie.

Conclusie Lege Haerewei

Voor de Lege Haerewei kan worden geconcludeerd dat een lokale reconstructie van de weg en een nieuw aan te leggen sloot effectieve maatregelen zijn om het WOS sneller af te voeren bij intensieve neerslaggebeurtenissen. Het water komt niet meer in de buurt van de huizen en is nog voor de bui voorbij is grotendeels door het riool verwerkt. WOS wordt geborgen in de sloot waar het in zuidelijke richting kan wegstromen. In figuur 17 is zichtbaar dat het water-op-straat afneemt. In de modelberekening is de watergang nog niet verbonden met het zuidelijke gelegen watersysteem. Gebeurt dit wel, dan kan water nog gemakkelijker wegstromen en wordt het risico op overlast kleiner. Doordat water via de sloot kan wegstromen, zal het risico dat water woningen bereikt ook bij heviger buien aanzienlijk afnemen.

Locatie 7: Pyter Jurjensstrjitte

In de Pyter Jurjensstrjitte wordt een aanzienlijke hoeveelheid WOS berekend. Dit wordt herkend door de gemeente en wordt veroorzaakt door een plaatselijk verlaagd maaiveld en grote drukopbouw in te klein gedimensioneerde leidingen. Zie onderstaand figuur voor de berekende 2D resultaten in de huidige situatie.



Figuur 18. Berekeningsresultaten in 2D in de Pyter Jurjensstrjitte.

Om wateroverlast te voorkomen is voor deze locatie gekozen om het hemelwaterriool in oostelijke richting uit te breiden de Pyter Jurjensstrjitte in. Dit hemelwaterriool krijgt een diameter ∅400 mm en voert af naar de watergang ten zuidoosten van het gebied. Zie onderstaand figuur voor een overzicht van de nieuwe situatie.

Figuur 19. Ligging nieuwe hemelwaterriool in de Pyter Jurjensstrjitte.

In figuur 20 zijn de berekeningsresultaten voor deze nieuwe doorgerekende situatie weergegeven.

Figuur 20. 1D berekeningsresultaten van bui 09 in de Pyter Jurjensstrjitte in de nieuwe situatie.

Zoals figuur 20 weergeeft wordt wateroverlast in de Pyter Jurjensstrjitte door deze maatregel sterk verminderd. In de zijtak van het stelsel wordt nog wel WOS berekend, echter in de praktijk stroomt dit af richting het hemelwaterriool en verdwijnt daarmee snel weer onder de grond. Dit blijkt ook uit figuur 21, waarin duidelijk minder WOS te zien is.

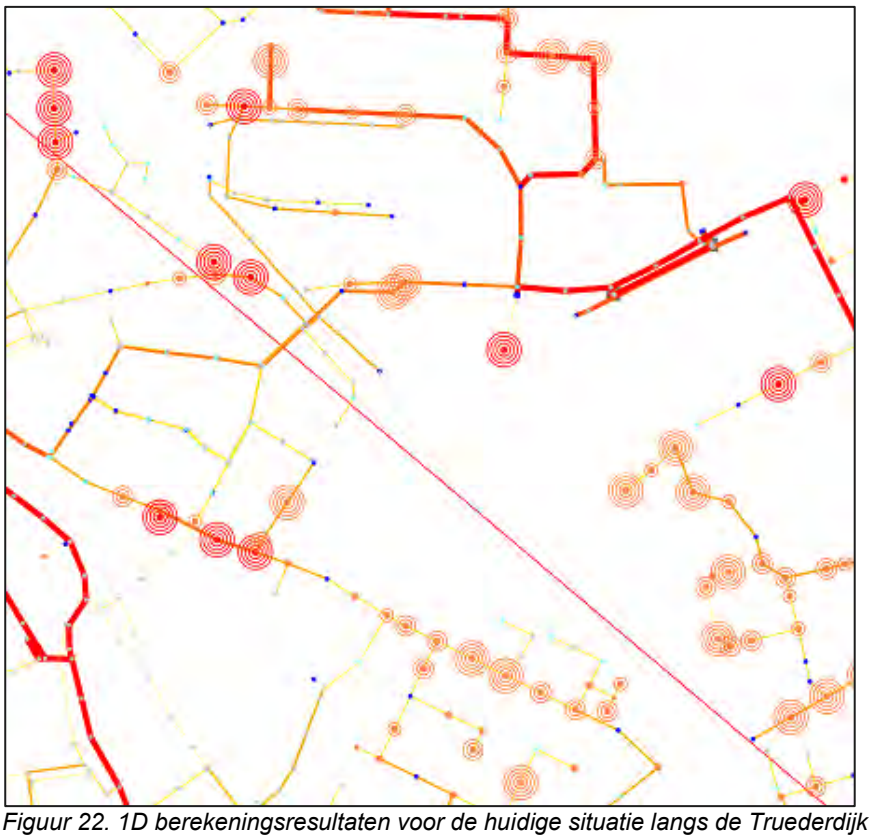
Figuur 21. 2D berekeningsresultaten van bui 09 in de Pyter Jurjensstrjitte in de nieuwe situatie.

Conclusie Pyter Jurjensstrjitte
De Pyter Jurjensstrjitte ligt lokaal erg laag, waardoor veel WOS ontstaat bij zware neerslaggebeurtenissen. Wanneer een hemelwaterriool wordt aangelegd naast het gemengde stelsel wordt een groot gedeelte van de WOS voorkomen en sneller afgevoerd, waardoor overlast sterk wordt verminderd. Het volledig voorkomen van WOS lijkt in deze situatie niet doelmatig.

Verbindingsleiding Truerdyk tussen Stiens West en Oost

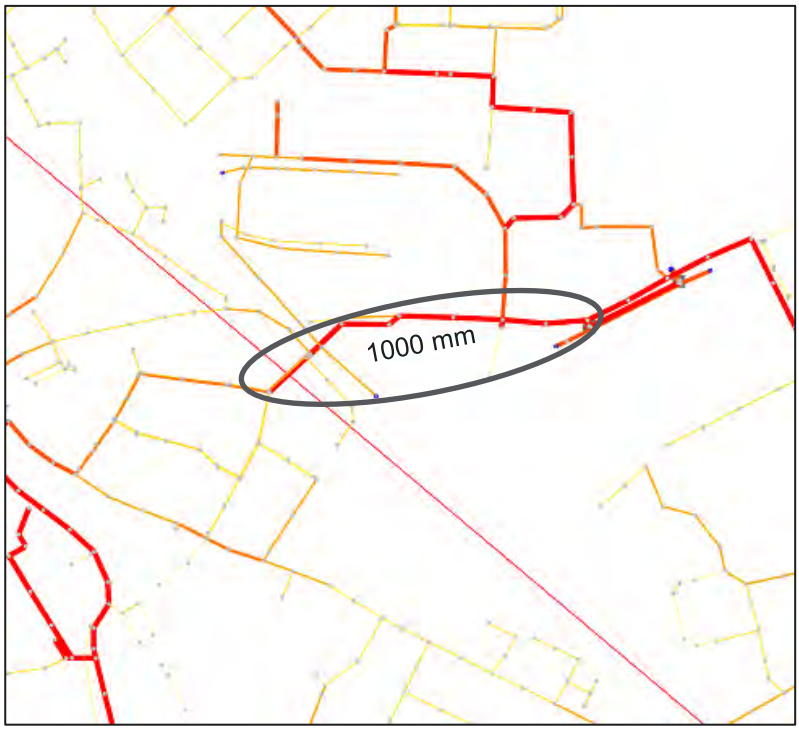
Tussen het westelijke en het oostelijke gedeelte van Stiens ligt een verbindende leiding. De gemeente heeft aangegeven dat deze op particulier terrein ligt en wil de verbinding graag laten vervallen. Uit berekeningen blijkt echter dat de verbinding noodzakelijk is voor het goed functioneren van het rioleringsstelsel van Stiens. De leiding voert bij neerslag veel water uit het centrumgebied af naar de overstort aan de Truerderdyk.

Als de leiding opnieuw wordt aangelegd, buiten particulier terrein, ontstaat de kans om de leiding te vergroten. Dit kan overlast voorkomen in het westelijk deel van Stiens. In figuur 22 is de huidige situatie weergegeven.



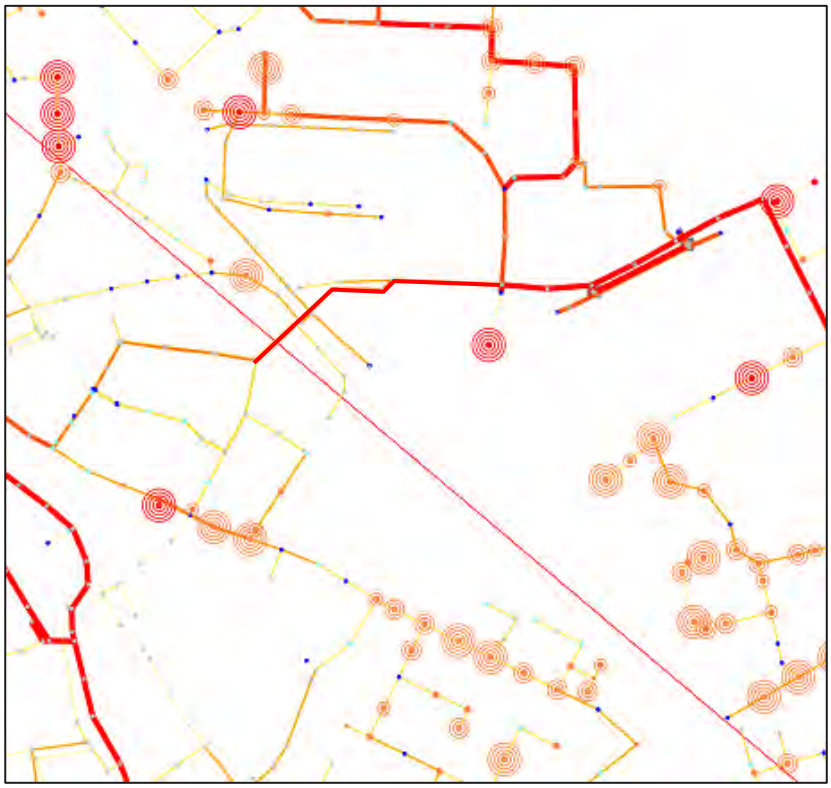
Figuur 22. 1D berekeningsresultaten voor de huidige situatie langs de Truederdijk bij bui S09.

Onderzocht is in hoeverre het vergroten van de leiding zorgt voor een betere doorstroming en minder WOS. De leiding is vanaf de BBB Truederdijk tot aan de T-splitsing van de Ritske Boelemanstrjitte en de Anne Rauwerdastrjitte vergroot tot ∅ 1000mm. Zie onderstaand figuur.



Figuur 23. Overzicht nieuwe gemodelleerde situatie Truederdijk.

In de praktijk heeft de maatregel een aanzienlijk effect op het water-op-straat in het westelijk deel van Stiens. Er wordt minder WOS berekend, met name langs de Truederdijk, Kakewei en de Pyter Jurjensstrjitte rienstrjitte. Zie onderstaand figuur 24.



Figuur 24. 1D berekeningsresultaten voor de nieuwe gemodelleerde situatie langs de Truederdyk bij bui S09.

Conclusie Truederdijk

De gemeente heeft aangegeven de verbindingsleiding tussen Oost en West Stiens mogelijk te verwijderen. Uit berekeningen blijkt dat deze leiding een belangrijke rol speelt in het verwerken van regenwater bij extreme neerslaggebeurtenissen. De leiding kan daarom niet verwijderd worden.

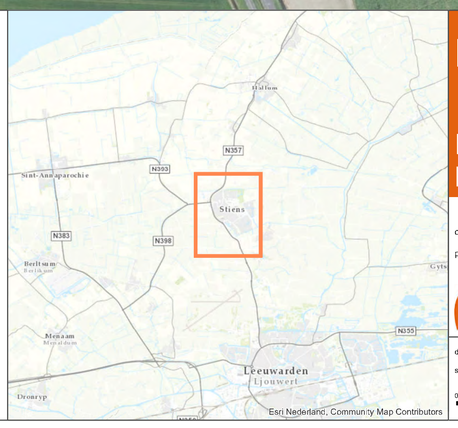
In plaats daarvan kan door vergroten van de leiding (bijvoorbeeld als deze wordt verlegd) met name in westelijk Stiens, WOS worden beperkt. Het vergroten van de leiding lijkt met name WOS te verminderen aan de Truederdijk, Pyter Jurjensstrjitte en verderop in de Kakewei en Aldlansdyk. Voor deze locaties zijn ook aparte maatregelen ontworpen. Aanbevolen wordt om deze aparte maatregelen in elk geval uit te voeren. Door de leiding in de Truerderdijk te vergroten wordt het gebied meer bestendig tegen water op straat en daarmee klimaatbestendiger.

BIJLAGE G REKENRESULTATEN HYDRAULISCH FUNCTIONEREN

Legenda

Waterdiepte (in cm)

<0.01	>0.08	>0.17
>0.01	>0.09	>0.18
>0.02	>0.10	>0.19
>0.03	>0.11	>0.20
>0.04	>0.12	>0.21
>0.05	>0.13	>0.22
>0.06	>0.14	>0.23
>0.07	>0.15	>0.24
	>0.16	>0.25



Herberekening Stiens

Huidige situatie
Bui 09

opdrachtgever: <opdrachtgever>

projectnummer: <projectnummer>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 8-8-2018

schaal (A0): 1:3,170

N

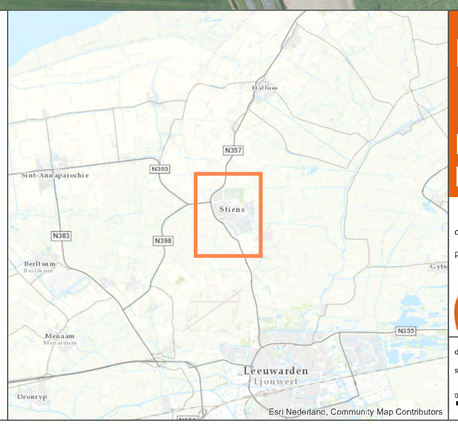
0 XX

Esri Nederland, Basiskaart grijs

Legenda

Waterdiepte (in cm)

<0.01	>0.08	>0.17
>0.01	>0.09	>0.18
>0.02	>0.10	>0.19
>0.03	>0.11	>0.20
>0.04	>0.12	>0.21
>0.05	>0.13	>0.22
>0.06	>0.14	>0.23
>0.07	>0.15	>0.24
	>0.16	>0.25



Herberekening Stiens

Huidige situatie
Bui 10

opdrachtgever: <opdrachtgever>

projectnummer: <projectnummer>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 8-8-2018

schaal (A0): 1:3,170

N

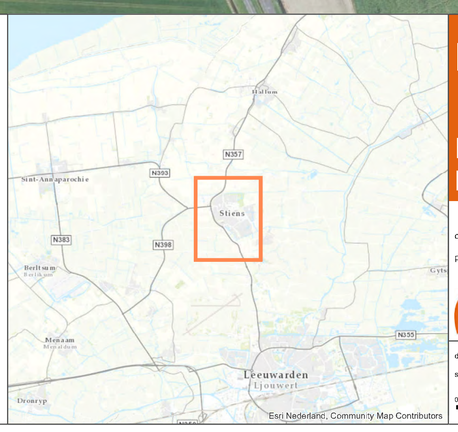
0 XX

Esri Nederland, Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Legenda

Waterdiepte (in cm)

<0.01	>0.08	>0.17
>0.01	>0.09	>0.18
>0.02	>0.10	>0.19
>0.03	>0.11	>0.20
>0.04	>0.12	>0.21
>0.05	>0.13	>0.22
>0.06	>0.14	>0.23
>0.07	>0.15	>0.24
	>0.16	>0.25



Herberekening Stiens

Huidige situatie
Bui 10 + 40%

opdrachtgever: <opdrachtgever>

projectnummer: <projectnummer>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 8-8-2018

schaal (A0): 1:3,170

N

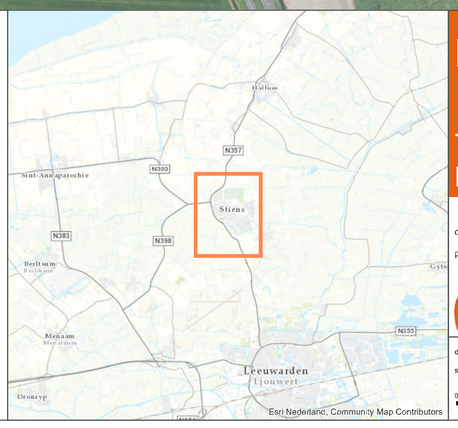
0 XX

Esri Nederland, Beeldmateriaal

Legenda

Waterdiepte (in cm)

<0.01		
>0.01	>0.08	>0.17
>0.02	>0.09	>0.18
>0.03	>0.10	>0.19
>0.04	>0.11	>0.20
>0.05	>0.12	>0.21
>0.06	>0.13	>0.22
>0.07	>0.14	>0.23
	>0.15	>0.24
	>0.16	>0.25



Herberekening Stiens

Toepassing alle maatregelen
Bui 09

opdrachtgever: <opdrachtgever>

projectnummer: <projectnummer>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 7-8-2018

schaal (A0): 1:3,170

N

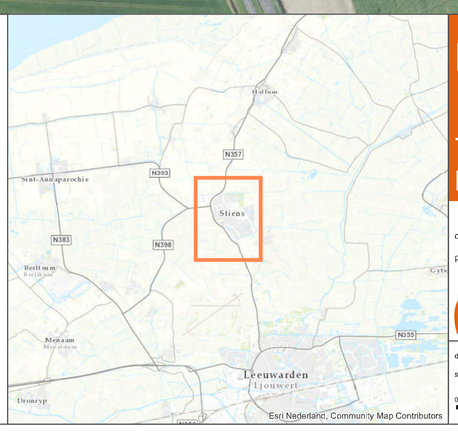
0 XX

Esri Nederland, beeldmateriaal gi

Legenda

Waterdiepte (in cm)

<0.01	>0.08	>0.17
>0.01	>0.09	>0.18
>0.02	>0.10	>0.19
>0.03	>0.11	>0.20
>0.04	>0.12	>0.21
>0.05	>0.13	>0.22
>0.06	>0.14	>0.23
>0.07	>0.15	>0.24
	>0.16	>0.25



Herberekening Stiens

Toepassing alle maatregelen
Bui 10

opdrachtgever: <opdrachtgever>

projectnummer: <projectnummer>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 7-8-2018

schaal (A0): 1:3,170

N

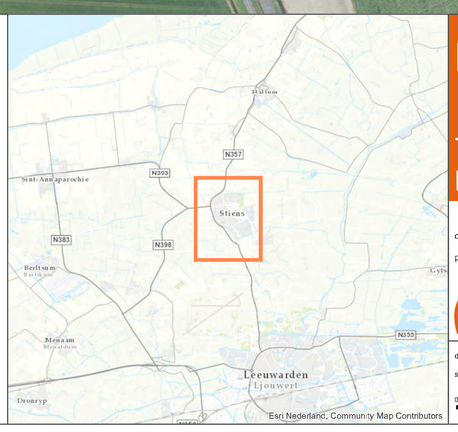
0 XX

Esri Nederland, beeldmateriaal in

Legenda

Waterdiepte (in cm)

<0.01	>0.08	>0.17
>0.01	>0.09	>0.18
>0.02	>0.10	>0.19
>0.03	>0.11	>0.20
>0.04	>0.12	>0.21
>0.05	>0.13	>0.22
>0.06	>0.14	>0.23
>0.07	>0.15	>0.24
	>0.16	>0.25



Herberekening Stiens

Toepassing alle maatregelen
Bui 10 + 40%

opdrachtgever: <opdrachtgever>

projectnummer: <projectnummer>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 7-8-2018

schaal (A0): 1:3,170

N

0 XX

Esri Nederland, beeldmateriaal gi

BIJLAGE H REKENRESULTATEN EMISSIEBEREKENINGEN

Resultaten regenreeksberekeningen

Huidige situatie

			volume					emissie	freq.
overstort	locatie	BBB	T=1	T=2	T=5	T=10	gemiddeld	CZV	
		[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3/jr]	[kg/jaar]	[n/jaar]
ST1853.1	BBB Pompebled extern	280	556	1010	2258	3440	1760	242	3.3
ST1016.1	BBB Mounepaed extern	280	1429	2583	5842	8041	4708	647	4.1
ST1032.2	BBL Truerderdyk extern	280	4174	6037	10693	18551	17163	2360	10.7
ST943.1	De Tsjerne		42	58	110	126	206	51	15.1
ST1473.1	Bregeleane		55	80	163	243	167	42	4.8
ST024.2	Noardkromp		734	955	1938	3070	3118	779	10.8
st478.3	Felixwei (noord)		1324	2073	4261	6302	5997	1499	11
TOTAAL							33118	5621	

Situatie gemalen op normcapaciteit

			volume					emissie	freq.
overstort	locatie	BBB	T=1	T=2	T=5	T=10	gemiddeld	CZV	
		[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3/jr]	[kg/jaar]	[n/jaar]
ST1853.1	BBB Pompebled extern	280	813	1421	3483	3852	2644	364	4.4
ST1016.1	BBB Mounepaed extern	280	1517	2811	6659	8234	5310	730	4.3
ST1032.2	BBL Truerderdyk extern	280	1811	3001	7156	11104	7237	995	4.6
ST943.1	De Tsjerne		42	58	110	126	206	51	15.1
ST1473.1	Bregeleane		55	79	163	243	167	42	4.8
ST024.2	Noardkromp		794	1023	2223	3535	3792	948	14.6
st478.3	Felixwei (noord)		673	1116	2512	3602	2145	536	4.5
TOTAAL							21501	3666	

BIJLAGE I VLAKKENKAART AANGESLOTEN VERHARD OPPERVLAK

Esri Nederland, Community Map Contributors

Type verharding

- Dak hellend
- Dak vlak
- Gesloten verharding
- Open verharding
- Water

Herberekening Stiens

Vlakkenkaart

opdrachtgever: <opdrachtgever>

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 24-7-2018

schaal (A3): 1:8,445

N

0 100 200 300 400 m

<projectnummer>

XX

COLOFON

HERBEREKENING RIOOLSTELSEL STIENS

KLANT
Gemeente Leeuwarden

AUTEUR
[redacted]

PROJECTNUMMER
C03071.000611

ONZE REFERENTIE
079949260 C

DATUM
20 juni 2019

STATUS
Concept

GECONTROLEERD DOOR

[redacted]
Projectleider Stedelijk Water en Riolering

VRIJGEGEVEN DOOR

[redacted]
Projectleider Stedelijk Water en Riolering

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Klimaatbestendig Oud-Oost

Thema wateroverlast
Gemeente Leeuwarden

5 oktober 2022

Contactpersoon

[redacted]
Projectleider Stedelijk Water en Riolering

T +31 6 [redacted]
M +31 6 [redacted]
E [redacted]@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5

2 Uitgangspunten 6

2.1 Ligging 6

2.2 Ambities gemeente Leeuwarden 6

2.3 Aanpak modelberekeningen wateroverlast 7

2.4 Interpretatie modelresultaat 8

3 Knelpunten 13

3.1 Lokale situatie Oud Oost 13

3.2 Rekenresultaat huidige situatie 14

3.3 Knelpuntlocaties 15

4 Oplossingsrichtingen 17

4.1 Bergen of afvoeren van water 17

4.2 Afweging oplossingsrichtingen 17

4.3 Oplossingsrichtingen binnen de wijk Oud-Oost 18

4.4 Kansen: Inbreiding omgeving Cambuurstadion 19

4.5 Kansen: ontwikkelingen Schieringen 19

4.6 Kansen: vervanging riolering 20

4.7 Uitwerking oplossingen 20

5 Maatregelenpakket Oud-Oost 23

5.1 Scenario's 23

5.2 Overzicht maatregelen hwa-hoofdstructuur 23

5.3 Overzicht maatregelen knelpuntlocaties 24

5.4 Effect maatregelen 24

5.5 Kosten 26

6 Conclusies en aanbevelingen 27

Bijlagen

Bijlage A Rekenresultaat huidige- en plansituatie per knelpuntlocatie / maatregellocatie 29

Bijlage B Overstorthoogten gebied Oud-Oost 30

Bijlage C Rekenresultaat / HWA-hoofdstructuur 31

Bijlage D Belasting op het watersysteem 35

Bijlage E Gedetailleerde kostenraming per (deel)maatregel 37

Bijlage F Rekenresultaat huidige situatie 42

Bijlage G Rekenresultaat plansituatie scenario 1 (Klimaatbestendig in 2035, basisscenario) 43

Bijlage H Rekenresultaat plansituatie scenario 2 (Klimaatbestendig na 2035, maximaal effectief) 44

Bijlage I Verslag Stakeholdersessie verkenning kansen Oud-Oost 45

Colofon 46

1 Inleiding

De gemeente Leeuwarden wil de stad in 2035 klimaatbestendig hebben ingericht om negatieve effecten van klimaatverandering te beperken. Hiervoor moeten in verschillende delen van de stad maatregelen worden getroffen. Eén van de thema's waarvoor maatregelen moeten worden uitgevoerd is het thema wateroverlast.

Voor de wijk 'Oud-Oost' staat de komende jaren een grootschalige aanpak op het programma waarbij verschillende delen van de wijk worden vernieuwd en waarbij de omgeving van het Cambuur-stadion opnieuw ontwikkeld wordt. Daarnaast spelen ontwikkelingen (herinrichting) binnen de Vlietzone en in Heechterp. Deze ontwikkelingen vormen de aanleiding om voor deze wijk apart een aanpak vast te stellen voor een klimaatbestendige inrichting, zodat de maatregelen die hiervoor nodig zijn zoveel mogelijk in samenhang met de herinrichting van de wijk kunnen worden uitgevoerd.

Daarnaast speelt het resultaat van een eerder uitgevoerde stresstest (een quickscan) ook een rol: gebleken is dat er in Oud-Oost een aanzienlijke opgave ligt om de wijk op wateroverlastgebied klimaatbestendig te maken. De omvang van de knelpunten leidt tot de verwachting dat grote ingrepen noodzakelijk zijn. De gemeente Leeuwarden en Arcadis hebben gezamenlijk onderzocht hoe invulling kan worden gegeven aan het waterrobuust maken van Oud-Oost.

In dit project zijn verschillende kansen verkend waarbij ook nieuwe inzichten zijn opgedaan. Zo zijn rekenresultaten getoetst aan veldmetingen (drempelhoogtes van panden) en is er kritisch gekeken naar de betrouwbaarheid van rekenresultaten. Dit heeft geleid tot inzicht in verschillen tussen het gebruikte model en de werkelijkheid. Deze kennis is meegenomen in het project. In dit rapport zijn de resultaten van het project beschreven en daarbij wordt tevens ingegaan op de bevindingen die tijdens het project zijn gedaan.

De opbouw van dit rapport is als volgt:
- Hoofdstuk 2: gehanteerde uitgangspunten;
- Hoofdstuk 3: een beschrijving van de knelpuntlocaties;
- Hoofdstuk 4: oplossingsrichtingen;
- Hoofdstuk 5: het maatregelpakket
- Hoofdstuk 6: conclusies en aanbevelingen.

2 Uitgangspunten

2.1 Ligging

Het gebied Oud-Oost ligt ten noordoosten van het centrum van Leeuwarden. De begrenzing wordt binnen deze studie bepaald door de rioleringsgebieden Bleeklaan en Egelantierstraat, buiten de stadsgracht. Dit komt neer op het gebied dat wordt afgebakend door het Nieuwe Kanaal aan de zuidzijde, de Ooster Stadsgracht en de Dokkumer Ee aan de westzijde, de Groningerstraatweg aan de noordzijde en de Archipelweg en Franklinstraat aan de oostzijde. Het gebied Schieringen maakt geen onderdeel uit van het gebied maar ontwikkelingen die hier spelen zijn wel meegenomen in het project bij het verkennen van kansen en het uitwerken van maatregelen. In onderstaande figuur is de ligging van het projectgebied weergegeven.

Figuur 1 Ligging van het projectgebied Oud-Oost

2.2 Ambities gemeente Leeuwarden

In de afgelopen periode is de gemeente gestart met de invulling van de ambities uit het Deltaplan Ruimtelijk Adaptatie (DPRA). Dit heeft geresulteerd in een klimaatkwetsbaarheden analyse, een klimaatadaptatiestrategie en de bijbehorende klimaatambities. Belangrijke resultaten hieruit zijn dat de gemeente Leeuwarden bij nieuwe ontwikkelingen aan de riolering het systeem zodanig wil ontwerpen dat er niet langer sprake is van water-op-straat bij bui 09 als er sprake is van reconstructies in het bestaand gebied, of van bui 10 bij nieuwe ontwikkelingen. Daarnaast wil de gemeente in de basis overal voorkomen dat er sprake is van meer dan 5 cm water tegen de gevel van panden bij een blokbui van 60 mm in een uur. Daarnaast wil de gemeente bij deze bui voorkomen dat er sprake is van meer dan 30 cm water-op-straat.

De gemeente heeft de ambitie om in het jaar 2035 klimaatbestendig te zijn. Dit betekent dat de maatregelen die met deze ambities zijn gemoeid uiterlijk in dit jaar moeten zijn uitgevoerd. Dit kan uitdagingen met zich meebrengen, omdat er niet overal kan worden volstaan met maatregelen buiten de riolering om en dat er dus rioleringsmaatregelen noodzakelijk zijn. De riolering kan echter niet altijd worden vervangen binnen deze termijn, vooral waar de riolering nog jong is. Waar de riolering ouder is en aan vervanging toe is, liggen er meer kansen om maatregelen aan het riool te treffen.

Ook wil de gemeente kansen benutten om hittestress te verminderen bij werkzaamheden in de openbare ruimte en locatiegericht maatregelen nemen om negatieve gevolgen van droogte te voorkomen. Deze onderwerpen vallen echter buiten de scope van deze studie.

2.3 Aanpak modelberekeningen wateroverlast

Rekenmodel

Knelpuntlocaties en het effect van maatregelen zijn inzichtelijk gemaakt met behulp van een hydraulisch rekenmodel. Voor Oud-Oost is een gecombineerd ‘1D-2D riolerings-maaiveldmodel’ opgebouwd.

Het 1D-model bevat alleen de ondergrondse (riolerings-)infrastructuur en is gebaseerd op het model dat is opgebouwd voor het BRP van Leeuwarden in de periode 2012-2014. In het kader van dit project is het model geactualiseerd op basis van het beheerbestand van de gemeente. Het 1D-model is uitgebreid met een maaiveldmodel. Hierin is het rioleringsmodel via de straatkolken aan het maaiveldmodel gekoppeld. De neerslag valt op het maaiveldmodel, water komt vervolgens tot afstroming en stroomt via de kolken waar mogelijk de riolering in. Daken zijn rechtstreeks op het rioolstelsel aangesloten.

Voordelen van deze aanpak zijn dat de rekenmethode overeenkomt met de aanpak van stresstesten die zijn uitgevoerd in het kader van het DPRA, met het verschil dat in het model voor Leeuwarden ook de riolering is meegenomen. Hierdoor ontstaat er inzicht in het functioneren van het gehele gecombineerde systeem van de riolering en het maaiveld gezamenlijk bij extreme buien. Juist hierdoor zijn details beter inzichtelijk, kunnen oorzaken van wateroverlast beter in beeld worden gebracht en is het model geschikt voor het toetsen van maatregelen.

De putten en de leidingen van de riolering zijn geactualiseerd op basis van het beheerbestand van de gemeente Leeuwarden. Constructies (zoals gemalen, overstorten en randvoorzieningen) zijn overgenomen op basis van het bestaande model en aangevuld met actuele gegevens waar noodzakelijk. Verder zijn de inwoners en het verhard oppervlak geactualiseerd (het oppervlak op basis van actuele gegevens uit de BGT). De beheerdata en het model zijn uitgebreid gecontroleerd (er zijn zowel een controle op de beheergegevens als op de werking van het model uitgevoerd). Op basis van de bevindingen is de werkelijke situatie van de riolering nagegaan en is het model verbeterd.

In het beheerbestand is voor een deel van de kolkleidingen de ligging onbekend. Op basis van de ligging van de kolken (in de nabijheid van een hemelwaterleiding of niet) en de afstand tot het dichtstbijzijnde stelsel, is bepaald welke kolken op welk rioolsysteem zijn aangesloten. Bij kolken op een grote afstand van het riool is niet automatisch te bepalen op welk systeem deze zijn aangesloten. Dergelijke kolken zijn niet in het model opgenomen.

De kolken in het beheerbestand zijn ingemeten bij reinigingswerkzaamheden. Deze inmetingen zijn vaak onnauwkeurig. Voor het model is het van belang dat de kolken aan de rand van de (weg)verharding liggen, want een kolk in een (hoger liggend) trottoir kan modelmatig geen water van de lager gelegen weg ontvangen. Door middel van een GIS-bewerking zijn de kolken digitaal verplaatst naar de meest nabijgelegen kant van de weg.

Het maaiveldmodel is opgebouwd op basis van (openbare) informatie uit de AHN4, de BAG en de BGT. Neerslag die op het maaiveld valt stroomt over maaiveld af naar de kolken. De BGT is gebruikt om onderscheid te maken tussen wegen en andere terreinen. Op wegen is een rekengrid met driehoekige cellen van 0,25 tot 1,00 m^2 gehanteerd, daarbuiten van 2 tot 8 m^2. De BGT levert ook diverse lijnen (bijvoorbeeld de rand van een trottoir) die als zogenaamde ‘breeklijnen’ in het maaiveldmodel zijn opgenomen. Een cel van het rekengrid kan een breeklijn nooit overschrijden. Duidelijke hoogteverschillen zoals bij een stoeprand aan de kant van een weg worden hierdoor in het model goed meegenomen.

De panden zoals deze zijn opgenomen in de BAG zijn uit het maaiveld model geknipt. Deze panden voeren het water, conform het NWRW inloopmodel, rechtstreeks af naar het rioolstelsel.

Het rioolsysteem binnen het projectgebied kent interactie met andere delen van de stad Leeuwarden. Daarom is het rioleringsmodel van geheel Leeuwarden opgenomen in het model. Het 2D-maaiveldmodel is alleen opgenomen voor de wijk Oud-Oost omdat hierin wordt gekeken naar de effecten van water-op-straat bij extreme neerslag.

Watersysteem

Het watersysteem is niet opgenomen in het rekenmodel. Aan de randen van het model, waar de riolering uitstroomt naar het watersysteem, zijn de maatgevende niveaus opgenomen als 'peilrand'. Voor de boezem is er een extra marge van 15 cm gehanteerd als compensatie voor afwijkingen die in het watersysteem kunnen optreden, gebaseerd op ervaring van de gemeente. In onderstaande tabel is de gehanteerde waterstand weergegeven.

Tabel 1. Maatgevend oppervlaktewaterpeil

	Boezem [mNAP]	Vijver Zamenhofpark* [mNAP]
Maatgevend peil	-0,52	-0,35
Gehanteerd peil rekenmodel	-0,37	-0,35

* In de toekomst wordt het peil van de vijver in het Zamenhofpark verlaagd met 10 cm. Hiermee is in de berekeningen nog geen rekening gehouden, maar dit leidt tot een verbetering van de getoetste situatie.

Toetsing rekenresultaat

Het hydraulisch rekenmodel geeft inzicht in onder andere waterstanden in de riolering en op het maaiveld en laat zien hoe waterstroming over maaiveld plaatsvindt. Om te toetsen of wordt voldaan aan de eisen die de gemeente Leeuwarden stelt (maximaal 30 cm water-op-straat en maximaal 5 cm water tegen gevels van panden) wordt de waterhoogte op maaiveld gekleurd en worden berekende waterstanden tegen panden aan de panden gekoppeld. Zo wordt voor de panden inzichtelijk gemaakt welke waterstand er tegen het pand staat en kan worden getoetst of dit voldoet.

Als er sprake is van water tegen een pand, gebeurt dit regelmatig zowel op privéterrein (vaak aan de achterzijde van het pand) als via openbaar terrein (vaak aan de voorzijde). Water dat vanaf privéterrein afstroomt en tegen het pand komt te staan, kan niet door de gemeente worden voorkomen en dit valt bovendien buiten de verantwoordelijkheid van de gemeente. Het is niet mogelijk om alle water dat buiten de verantwoordelijkheid van de gemeente valt automatisch uit het rekenmodel te verwijderen, daarom is een automatische analyse toegepast waarmee dit wordt nagestreefd.

Geautomatiseerde aanpassing rekenresultaat
Om het rekenresultaat geautomatiseerd te corrigeren voor water dat buiten de gemeentelijke verantwoordelijkheid valt, is in de eerste plaats een berekening gemaakt waarin alle water dat afstroomt naar wegvakken waarin kolken aanwezig zijn, wordt verwijderd uit het model (voor deze berekening wordt een bui van 60 mm/u doorgerekend met daarna een droge periode van 2 uur). Het water dat op het maaiveld blijft staan, wordt beschouwd als water dat niet kan worden afgevoerd door de riolering en in principe buiten de verantwoordelijkheid van de gemeente valt. Deze watercellen worden vervolgens gewist in het uiteindelijke rekenresultaat (hierin wordt gekeken naar de maximaal optredende waterstanden in het scenario dat wordt doorgerekend). Zo blijven voornamelijk rekencellen over die vallen binnen de gemeentelijke verantwoordelijkheid.

De analyse blijkt in de praktijk vrij accuraat, maar ook is er soms sprake van afwijkingen. Dit is onvermijdelijk bij geautomatiseerde analyse van rekenresultaten en dit wordt voor lief genomen, omdat de toegevoegde waarde van de analyse aanzienlijk groter is. Bij interpretatie van de waterhoogte tegen panden moet hier echter rekening mee worden gehouden, bijvoorbeeld doordat panden in een maatregelscenario (waarin doorgaans sprake is van verbetering t.o.v. de huidige situatie) soms zo worden gemarkeerd dat er meer water tegen het pand komt te staan. Dit wordt in deze situatie (onterecht) veroorzaakt door water op het particulier terrein.

De waterdiepten zijn op kaart gepresenteerd. Dit geeft inzicht in de optredende waterhoogte, locaties waar grotere waterdiepten voorkomen dan 30 cm en de maximaal optredende waterstanden tegen panden. Dit vormt de basis voor het vaststellen van knelpunten en het ontwerpen van maatregelen.

2.4 Interpretatie modelresultaat

Het rekenresultaat kent onnauwkeurigheden. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Bij interpretatie van de rekenresultaten van Oud-Oost is aan het licht gekomen dat er veel water-op-straat wordt berekend en er bij veel panden sprake is van hoge waterstanden tegen het pand. Tijdens het project is verkend in welke mate dit realistisch

moet worden geacht. Daarbij zijn verschillende bevindingen gedaan die zijn toegepast bij de interpretatie van het eindresultaat. In deze paragraaf wordt hierop nader ingegaan.

Grote hoeveelheden afstromend water in het model

Uit de rekenresultaten blijkt dat er sprake is van een grote hoeveelheid water-op-straat in het model. Door de specifieke gebiedskenmerken in het projectgebied was ook een grote hoeveelheid water-op-straat verwacht, maar in het rekenresultaat is er meer water aanwezig dan was voorzien.

Een analyse van de gehanteerde modelaanpak heeft geleid tot de volgende inzichten:

- In rekenmodellen worden parameters gehanteerd die doorgaans aan de veilige kant gekozen zijn. Hierdoor ligt het voor de hand dat rekenresultaten meer water kunnen laten zien dan er in de praktijk voorkomt. Dit gaat bijvoorbeeld om infiltratie die in werkelijkheid aanzienlijk hoger kan zijn dan in het rekenmodel gehanteerd wordt.
- In het maaiveldmodel dat wordt gehanteerd zijn hoogtes opgenomen, maar obstakels die de afstroming van water in werkelijkheid kunnen belemmeren (zoals schuttingen, muurtjes of begroeiing) zijn niet opgenomen omdat hierin geen gedetailleerd inzicht bestaat.

Beide aandachtspunten kunnen leiden tot grote afwijkingen in het rekenresultaat. In onderstaande figuur zijn twee afbeeldingen ter illustratie opgenomen die betrekking hebben op het tweede aandachtspunt. Links is een woonwijk in aanbouw zichtbaar waarin achtertuinen nog niet zijn ontwikkeld. Deze situatie komt overeen met het maaiveld-rekenmodel zoals dat is gehanteerd voor berekeningen. Rechts is een voorbeeld van achtertuinen weergegeven uit Oud-Oost. Hier stroomt in de praktijk minder (snel) water af naar de straat dan waar in het model vanuit wordt gegaan.

Figuur 2. Figuur ter illustratie: links een nieuwbouwwijk in aanbouw met kale tuinen (situatie zoals het model hanteert), rechts een foto van tuinen in Oud-Oost.

Door middel van een testberekening is geprobeerd om een inschatting te maken van een mogelijk effect van aanwezige afscheidingen en objecten in tuinen. In de onderstaande figuur is links het standaard-rekenresultaat zichtbaar, rechts het resultaat als 30% van de bui infiltreert in achtertuinen. Met name in het omcirkelde knelpuntgebied is het verschil aanzienlijk.

Figuur 3. Verschil tussen rekenresultaat van de uitgangssituatie en de situatie met 18 mm/u infiltratie op particulier terrein.

Op basis van het verschil is geconstateerd dat het als absoluut realistisch moet worden gezien dat het rekenresultaat de werkelijke situatie overschat. De mate waarin dit het geval is kan echter niet worden vastgesteld, onder andere omdat er geen metingen beschikbaar zijn van extreme neerslaggebeurtenissen en het model hier dus niet op kan worden getoetst. Het is daarom niet mogelijk om het resultaat te corrigeren. Geconcludeerd is dat alleen een expert-beoordeling kan volstaan om het resultaat te beoordelen. Deze conclusie betekent bijvoorbeeld dat in een situatie waarin er nog steeds sprake is van een aanzienlijke hoeveelheid water-op-straat of een risico op schade, er in de praktijk geen sprake van een knelpunt hoeft te zijn.

Hoge waterstanden tegen panden

Met een analyse van waterstanden tegen panden wordt inzichtelijk gemaakt of wordt voldaan aan de eis van de gemeente dat er bij een extreme neerslaggebeurtenis (60 mm/u) niet meer dan 5 cm water tegen het pand mag staan. Deze eis is gebaseerd op het uitgangspunt dat als er meer dan 5 cm water tegen het pand staat, water over de drempel kan stromen en er sprake is van schade. Hiervoor wordt het rekenresultaat (water op het maaiveld) gerelateerd aan panden. Panden worden op basis van dit resultaat door middel van een kleur gemarkeerd. Dit geeft inzicht in de berekende waterhoogte tegen het pand.

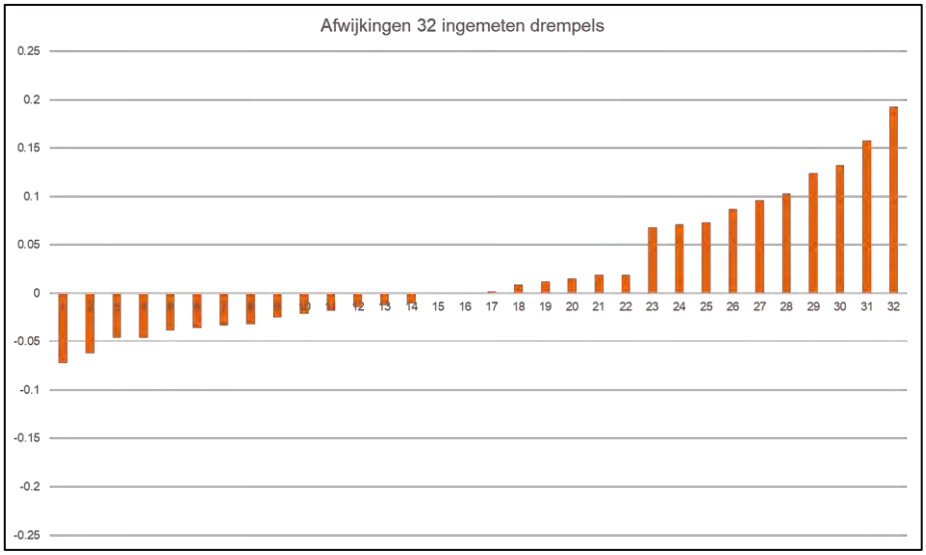
Uit analyse van gekleurde panden blijkt dat veel panden als ‘kritisch’ worden gemarkeerd. Dit ligt in lijn met de verwachting omdat er in Oud-Oost sprake is van een aanzienlijk aantal lastig op te lossen knelpunten, maar ingeschat is ook dat er sprake is van een overschatting van de werkelijke situatie en er meer panden worden gemarkeerd dan in werkelijkheid mag worden verwacht. Enerzijds wordt dit veroorzaakt doordat het model de water-op-straat situatie overschat (zie de hierboven beschreven paragraaf ‘Grote hoeveelheden afstromend water in het model’), anderzijds blijken panden op basis van de toegepaste methode snel als kritisch te worden gemarkeerd, mogelijk sneller dan in werkelijkheid het geval is.

Analyse van de toegepaste methode heeft de volgende constateringen aan het licht gebracht:

- Er wordt vanuit gegaan dat het maaiveld tegen het pand aan klopt in de AHN, maar in de praktijk kan hierin sprake zijn van aanzienlijke afwijkingen. Bij het inwinnen van de AHN is er bijvoorbeeld sprake van ‘schaduwwerking’ van panden: de AHN wordt ingewonnen met een vliegtuig en doordat ook schuin naar beneden opnames worden gemaakt, kan het vliegtuig niet overal precies naast de panden ‘kijken’. Ook overhangen of dakgoten aan het dak dragen hieraan bij. Deze ontbrekende data worden in de AHN geïnterpoleerd van het maaiveld dat wel bekend is, maar daarbij vaak verder bij het pand vandaan ligt. Omdat het maaiveld dicht bij woningen vaak sterk oploopt, leidt deze interpolatie ertoe dat het maaiveld in het gehanteerde model vlakbij het pand lager kan zijn (mogelijk meerdere centimeters tot 10 cm) dan in de werkelijkheid het geval is. Als aan dit model waterstanden gekoppeld worden, kunnen waterstanden tegen het pand in het model aanzienlijk sneller oplopen dan dat in werkelijkheid het geval is.
- Op verschillende knelpuntlocaties is gebleken dat daar waar het maaiveld laag is, panden juist hoger liggen en er sprake is van een aanzienlijk hogere drempel dan 5 cm. Er is bijvoorbeeld sprake van enkele opstapjes voordat de drempel begint. Juist op de locaties die dus gevoelig zijn voor overlast, komt het voor dat panden hoger liggen. Hierdoor worden deze panden in het modelresultaat te snel als ‘risicovol’ gemarkeerd terwijl er in de praktijk een kleiner risico op schade is. Een voorbeeld is weergegeven in onderstaande figuur.

Figuur 4. Voorbeeld van een pand op een knelpuntlocatie waarbij het pand hoger ligt dan 5 cm boven maaiveld. Uit een inmeting (o.b.v. beeld Cyclomedia) blijkt dat er sprake is van een hoogteverschil van 19 cm tussen de tegels bij de woning en de bovenzijde van de drempel.

De gemeente heeft een inmeting uitgevoerd (steekproef) om bij een aantal willekeurige panden op knelpuntlocaties vast te stellen hoe hoog de drempels liggen ten opzichte van het maaiveld. Daaruit komen verschillen naar voren. Bij ongeveer de helft van de ingemeten locaties is er in het model sprake is van een overschatting van de drempelhoogte (0 tot 7 cm), maar in de gevallen waarin er sprake is van een onderschatting van de drempelhoogte komt dit voor tot bijna 20 cm. In onderstaande figuur zijn de verschillen tussen het model en de inmeting inzichtelijk gemaakt op 32 locaties.



Figuur 5. Afwijkingen tussen het model en inmeting van 32 ingemeten drempels, met de afwijking in cm op de y-as. Bij een negatieve waarde is in het model een te hoge drempel gehanteerd, bij een positieve waarde een te lage drempel.

Conclusies

Op basis van de uitgevoerde analyses zijn er twee conclusies getrokken:

- De panden-analyse waarmee schade-risico's inzichtelijk worden gemaakt is geschikt om vast te stellen waar er sprake is van knelpuntlocaties (doorgaans niet als bij één pand een risico wordt geconstateerd, maar bij meerdere panden bij elkaar), maar de mate waarin er sprake is van een risico is onzeker;

- De panden-analyse is beperkt geschikt om vast te stellen wanneer maatregelen exact voldoende effectief zijn. Hiervoor wordt bij voorkeur een expert-beoordeling van het rekenresultaat gebruikt. Een nauwkeuriger alternatief is het grootschaliger inmeten van panden om vast te stellen hoe groot risico's daadwerkelijk zijn.

Zowel waar het gaat om de hoeveelheid water die in het rekenmodel tot afstroming komt als voor de pandenanalyse die uitgevoerd wordt, wordt het reëel geacht dat het rekenresultaat de werkelijke situatie overschat. Met name voor de overschatting van het rekenresultaat is het op basis van beschikbare gegevens niet mogelijk om vast te stellen in welke mate dit gebeurt. Om de analyse bij toekomstige berekeningen betrouwbaarder te maken liggen de volgende vervolgstappen voor de hand:

- Verzamel foto's en video's bij extreme neerslag en in combinatie met (nauwkeurige en betrouwbare) neerslagmetingen. Zo kunnen modelresultaten worden vergeleken met de werkelijke situatie en kan een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het model.
- Voer inmetingen uit van de drempels van panden waar schade wordt verwacht. Hierdoor ontstaat betrouwbaarder inzicht in het daadwerkelijke risico.

Een overschatting van het rekenresultaat leidt mogelijk tot een overdimensionering van maatregelen. Er speelt echter mee dat de bui die momenteel als maatgevend wordt gehanteerd (60 mm/u) op dit moment overeenkomt met een T=100 situatie. In de toekomst verschuift dit en zal een zwaardere bui een dergelijke herhalingstijd kennen. Overdimensionering biedt daarom een extra veiligheid die voor de toekomst als 'geen spijt'-investering kan worden gezien.

Aanpak voor Oud-Oost

Voor de interpretatie van rekenresultaten in Oud-Oost is de volgende concrete aanpak gehanteerd:

1. Knelpuntlocaties worden vastgesteld op basis van de ernst van de situatie en het risico. Naast het rekenresultaat speelt hierbij ervaring van de gemeente met wateroverlast een rol. Voor de knelpuntlocaties worden maatregelen uitgewerkt.
2. Maatregelen die worden getroffen dienen praktisch mogelijk en haalbaar te zijn. Ook wordt een doelmatigheidsafweging gemaakt:
   - In welke mate is er sprake van overlast en wat zijn de gevolgen, is er bijvoorbeeld overlast bij één woning of in een hele straat of buurt?
   - Bij individuele gevallen: waar staat water tegen een pand, is dit een blinde muur of bij een deur?
   - Er wordt een afweging gemaakt voor maatregelen op maaiveldniveau (voorkeur) of in de riolering.
   - Waar het gaat om rioleringsmaatregelen speelt de leeftijd van het riool een belangrijke rol: riolering die is aangelegd in de jaren '70 of eerder gaat richting de vervangingstermijn. Dit biedt kansen.
   - Als de riolering niet wordt vervangen, kan een hemelwaterriool worden aangelegd naast het bestaande gemengde riool waar dit past. Is dit niet mogelijk, dan ligt de focus eerder op vervanging van het gemengd riool indien dit haalbaar is ten aanzien van de vervangingstermijn.
   - De ruimte in de straat is leidend voor de afmeting van (nieuwe) riolen.
3. Het effect van maatregelen wordt in beeld gebracht op basis van de gebruikelijke modellen. Bij interpretatie van het rekenresultaat wordt rekening gehouden met mogelijke overschatting door het model, maar omdat niet bekend is in welke mate overschatting plaatsvindt is het rekenresultaat in de eerste plaats leidend. Is er niet op doelmatige wijze (zie hierboven) voldoende verbetering mogelijk, dan wordt het resultaat op expert-basis beoordeeld en wordt ingeschat of het effect voldoende is of dat aanvullende maatregelen moeten worden gedefinieerd.
4. Afgewogen wordt hoe kosten van maatregelen zich verhouden tot het effect en de prioriteit. Deze afweging wordt buiten deze studie gemaakt bij de nadere uitwerking van het totale maatregelenpakket om de stad klimaatbestendig te maken.

3 Knelpunten

Op basis van het rekenresultaat bij extreme neerslag (een neerslaggebeurtenis (blokbui) van 60 mm/u) zijn knelpuntlocaties gedefinieerd. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op deze locaties. De lokale situatie in Oud Oost is sterk bepalend voor het optreden van knelpunten. In dit hoofdstuk wordt daarom eerst ingegaan op de lokale situatie in Oud-Oost en daarna op de knelpuntlocaties.

3.1 Lokale situatie Oud Oost

Gebiedskenmerken

Oud-Oost is een vooroorlogse wijk. In de wijk is nagenoeg geen oppervlaktewater aanwezig. Aan de randen liggen enkele grotere waterlichamen, zoals de Dokkumer Ee en de Ooster Stadsgracht aan de westzijde en het Nieuwe Kanaal aan de zuidzijde. Aan de noord- en oostzijde is er minder water, er liggen enkele vijvers in de Vrijheidswijk en aan de oostzijde is een watersysteem aanwezig in Schieringen.

In het maaiveld is er nauwelijks hoogteverschil. Op de meeste plaatsen ligt het maaiveldniveau tussen NAP +0,40 m en NAP +0,60 m. Op sommige plaatsen komen maaiveldhoogten van enkele decimeters meer voor, op de laagste plekken komen maaiveldhoogten voor van NAP +0,30 m. Opvallend is dat er op de lagergelegen locaties daadwerkelijk sprake is van ‘verlagingen’, omringd door hoger gelegen gebieden. Verder is er niet altijd sprake van voldoende grote verschillen tussen het wegpeil en het vloerpeil van de woningen.

De drooglegging bedraagt in veel gevallen ongeveer één meter, maar op plaatsen waar het maaiveld laag ligt is dit minder terwijl de afstand tot het oppervlaktewater regelmatig groot is. De ontwateringsdiepte is beperkt. Soms ligt de GHG vlak onder maaiveld.

Kenmerkend voor de wijk is dat er veel bebouwing en verharding aanwezig is en op veel plaatsen is de openbare ruimte klein. Dit is zichtbaar door bijvoorbeeld smalle straten, weinig parkeergelegenheid en weinig groen.

Relatie tussen gebiedskenmerken en risico’s op wateroverlast

De gebiedskenmerken in Oud-Oost zijn ongunstig om bij zware buien wateroverlast te voorkomen. Er is weinig ruimte in de wijk voor water. Juist in oppervlaktewaterlichamen is er doorgaans veel bergingsruime beschikbaar om regenwater tijdelijk snel op te vangen (vooral als vijvers tot aan maaiveldniveau kunnen worden benut), maar in Oud-Oost zijn vijvers of watergangen nauwelijks aanwezig. De afstand tot de oppervlaktewaterlichamen aan de randen van de wijk is aanzienlijk: vanuit het midden van de wijk kan dit oplopen tot een kilometer. In combinatie met de beperkte drooglegging van grofweg 80 cm bij de locaties waar het maaiveld lager is gelegen, leidt dit tot een beperkte afvoercapaciteit van de riolering. In de laagtes die aanwezig zijn in het maaiveld kan water, dat niet kan worden afgevoerd door de riolering, zich verzamelen uit een groot deel van de omgeving.

De riolering in het gebied is ontworpen om bij hevige buien (zoals bijvoorbeeld 20 tot 30 mm/uur) water te kunnen afvoeren naar het watersysteem aan de buitenzijde van de wijk, maar bij extreme neerslag, die door klimaatverandering steeds vaker voorkomt, raakt de riolering overbelast.

Bij een extreme bui die de gemeente Leeuwarden als maatgevend hanteert (60 mm/u) komt veel water tot afstroming. Dit komt neer op 6 volle emmers water per m^2, ofwel een laag water van 6 cm water over het gehele gebied die in een uur valt. Ondanks dat bij een dergelijke bui ook onverhard oppervlak tot afstroming komt, zorgt de grote hoeveelheid verharding in de wijk ervoor dat er veel water snel afstroomt. De riolering raakt volledig belast (het water in de putten stijgt overal tot net onder maaiveld) en in de laagste delen van het gebied komt water grootschalig op het maaiveld te staan zonder dat dit water ergens naar toe kan stromen. Zo krijgen de lagergelegen delen van de wijk het water uit het eigen gebied te verwerken, maar ook water uit de omgeving stroomt vaak zowel via maaiveld als via de riolering hier naartoe. De riolering voert op deze locaties niet per se water af, maar kan water ook aanvoeren.

Met name op de lagergelegen locaties ontstaan op grote schaal knelpunten bij extreme buien waar er grootschalige maatregelen noodzakelijk zijn om deze op te lossen.

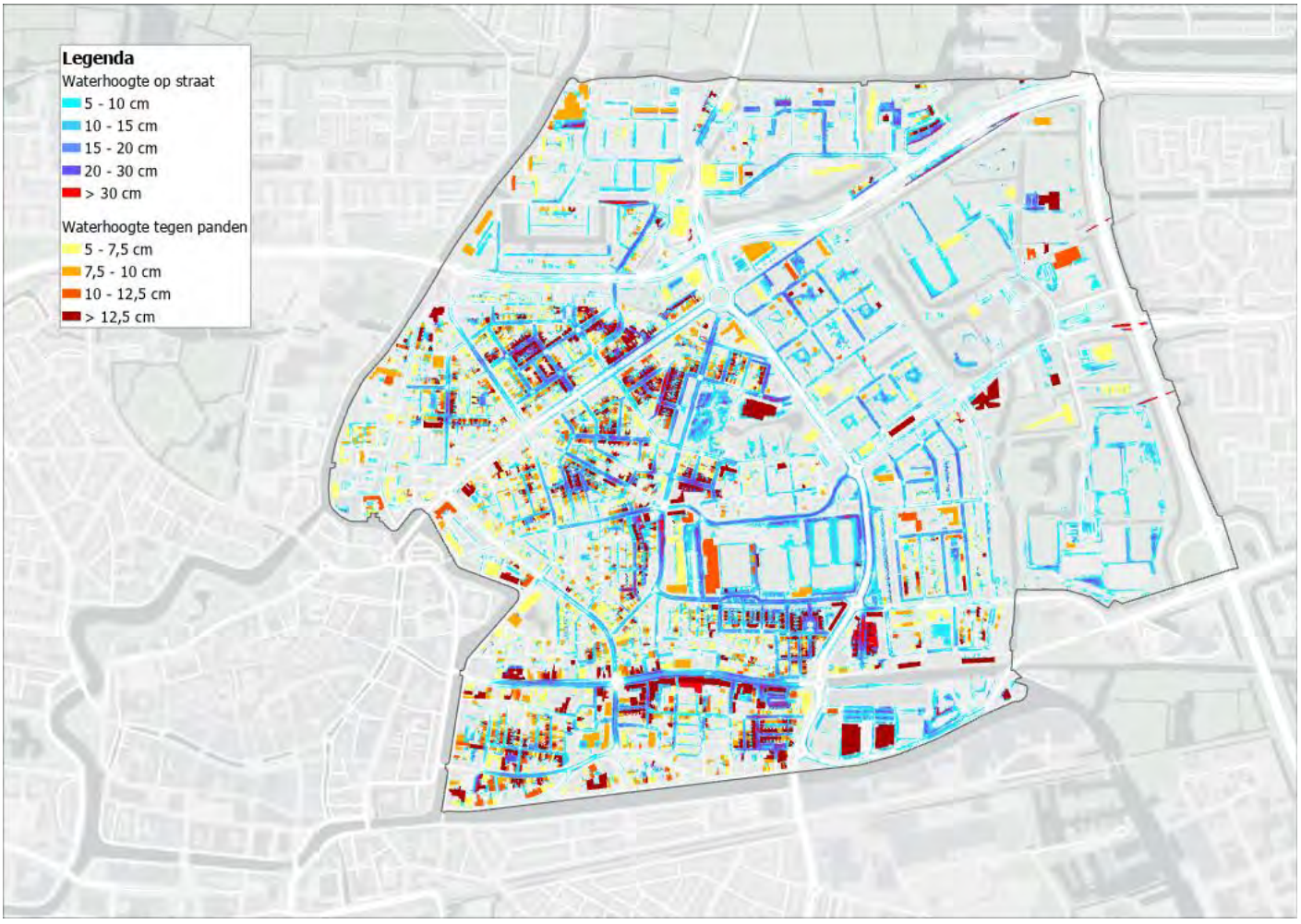
3.2 Rekenresultaat huidige situatie

Uit het rekenresultaat komt een aanzienlijk aantal knelpuntlocaties naar voren. Op basis van de gebiedskenmerken ligt dit voor de hand en dit blijkt ook uit een eerder uitgevoerde stresstest. In onderstaande figuur is een overzicht weergegeven van het water-op-straat in de huidige situatie en hierin is een kleuring van de panden toegepast.

Kleuring van panden
Panden zijn gekleurd op basis van een waterstand waarvan is vastgesteld dat het water afkomstig is van openbaar terrein. Het water dat in de kaart zichtbaar is betreft ook het water dat op particulier oppervlak voorkomt.

Voor het kleuren van panden is een geautomatiseerde analyse uitgevoerd. Ondanks dat deze analyse nog in de kinderschoenen staat, is ervoor gekozen om deze toch toe te passen, omdat de meerwaarde groot is. Het onderscheid tussen water van openbaar en van particulier terrein wordt gemaakt door een 'referentieberekening' uit te voeren waarin water dat afstroomt naar de wegen verdwijnt. Op locaties waar het resterende water voorkomt (verondersteld op particulier terrein) wordt in het uiteindelijke resultaat het water te 'gewist', zodat alleen water op openbaar terrein overblijft. Dit resultaat wordt gebruikt voor de kleuring van panden. Doordat rekencellen op het maaiveld niet in alle berekeningen nauwkeurig overeenkomen, kan er soms water op particulier terrein achterblijven. Hierdoor kunnen panden alsnog (onterecht) worden gekleurd.

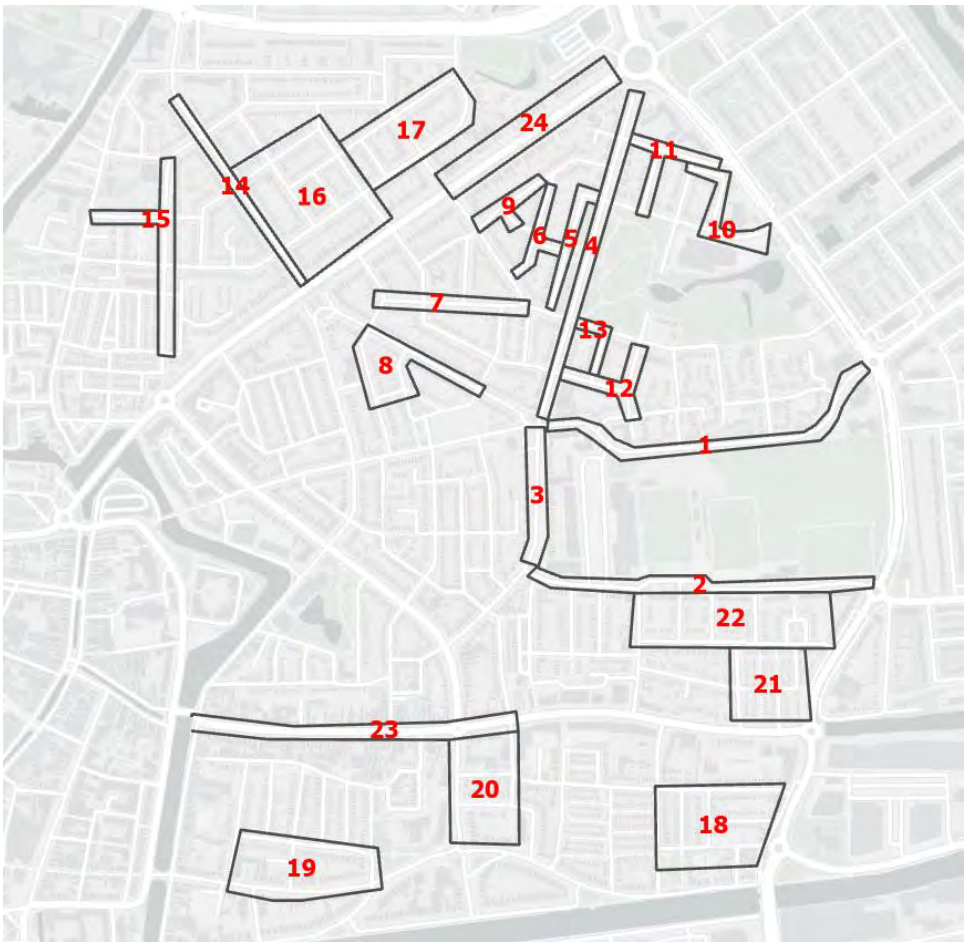
Bij interpretatie van het resultaat moet rekening worden gehouden met een mogelijke overschatting (zie de toelichting in hoofdstuk 2 van dit rapport). In bijlage F is deze figuur in groter formaat opgenomen.



Figuur 6 Water op straat en waterhoogte tegen de panden in de huidige situatie. In bijlage F is een gedetailleerder overzicht weergegeven.

3.3 Knelpuntlocaties

In onderstaande figuur en tabel is een overzicht opgenomen van de knelpuntlocaties. Dit betekent dat het voor deze locaties noodzakelijk wordt geacht om maatregelen op te stellen. In bijlage A is per locatie een detailoverzicht opgenomen met berekend water-op-straat en risico's voor panden voor onder andere de huidige situatie.



Figuur 7. Knelpuntlocaties op de kaart. De nummers in de figuur verwijzen naar de tabel.

Tabel 2. Overzicht knelpuntlocaties.

Nr.	Locatie	Nr.	Locatie
1	Coopmansstraat	13	Nicolaas Tulpstraat
2	Insulindestraat	14	Goudenregenstraat
3	De Ruyterweg	15	Willem Sprengerstraat
4	Pasteurweg	16	Omg. Dahliastraat
5	Swammerdamstraat	17	Geraniumstraat
6	Camperstraat	18	Beekkerkstraat/Rembrandstraat
7	Ramstraat	19	Omg. Cornelis Frederikstraat
8	Kalverstraat	20	Keetwaltje
9	Van Beverwijckstraat	21	Celebesstraat
10	Rontgenstraat	22	Omg 2e Delidwarsstraat / Bataviaplein
11	Van Roohnhuyssestraat	23	Noordvliet
12	Reinier de Graafstraat	24	Groningerstraatweg

Op verschillende knelpuntlocaties wordt water-op-straat bij hevige buien herkend. In onderstaande figuren zijn enkele voorbeelden weergegeven.

Figuur 8. Foto's van wateroverlast bij hevige neerslag op het Cambuurplein, De Ruyterweg en de Van Roonhuysestraat

4 Oplossingsrichtingen

Er zijn verschillende typen oplossingen om wateroverlastknelpunten bij extreme neerslag op te lossen. Het type oplossing is afhankelijk van de mogelijkheden in het gebied. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op typen oplossingen, de situaties waarin deze kunnen worden toegepast en specifieke kansen in Oud-Oost.

4.1 Bergen of afvoeren van water

We hebben in Nederland, in algemene zin, de voorkeur voor het vasthouden van neerslag waar het valt, het overschot willen we bergen en pas daarna het restant afvoeren. In het stedelijk gebied ligt deze voorkeursvolgorde bij extreme neerslag vaak anders.

Het vasthouden van water waar het valt is vaak onvoldoende effectief om wateroverlast te voorkomen. Ook het bergen van water kent beperkte effectiviteit. Bovendien zijn de kansen om water te bergen er niet altijd. Als er ruimte is in het openbare gebied, de grondwaterstand ligt ruim onder het maaiveld en er is sprake van hoogteverschil (om water over het maaiveld naar een bergingslocatie af te voeren), kan bergen zinvol zijn. Nadelig is echter dat er vaak sprake is van wateroverlast in een groter gebied waarin laagtes in het maaiveld voorkomen. Hierdoor stroomt veel water uit de omgeving naar de knelpuntlocatie en is het bergen van water beperkt effectief.

Als er zich mogelijkheden voordoen om water af te voeren, bijvoorbeeld naar oppervlaktewaterlichamen, is dit doorgaans wel effectief, vooral omdat hierin veel ruimte beschikbaar is. Het waterlichaam, bijvoorbeeld een vijver, wordt dan in principe gebruikt als berging van grote omvang. In Oud-Oost is er voor het bergen van water weinig ruimte beschikbaar in de openbare ruimte. Ook is de grondwaterstand vaak hoog. Dit maakt het bergen van water in de basis niet kansrijk. Op locaties waar er sprake is van enige ruimte tussen de grondwaterstand en het maaiveld, worden er in Oud-Oost kansen gezien voor het bergen van water in de fundering van wegen, vooral op locaties waar andere maatregelen niet voldoen.

Het afvoeren van water is vaak effectief in het stedelijk gebied. Als er sprake is van hoogteverschil in het maaiveld, of de afstand waarover water moet worden afgevoerd is klein, liggen er vaak mogelijkheden om water af te voeren over het maaiveld. Liggen deze mogelijkheden er niet, dan moet er worden teruggevallen op het afvoeren van water door middel van een rioolbuis. Hierbij speelt mee dat als grote hoeveelheden water afgevoerd moeten worden, een riool vaak effectief is. Hierbij speelt mee dat vaak niet alleen het water van de knelpuntlocatie zelf, maar van een groter gebied rondom de knelpuntlocatie moet worden afgevoerd, omdat water uit de omgeving naar de knelpuntlocatie toe stroomt, zowel over maaiveld als door de riolering.

4.2 Afweging oplossingsrichtingen

In de basis ligt de voorkeur voor oplossingen op het maaiveld. Dit gaat doorgaans gemoeid met relatief lage kosten. Waar een maaiveldoplossing effectief is, is de doelmatigheid vaak hoog. Indien een oplossing op maaiveldniveau niet mogelijk is wordt teruggevallen op oplossingen in de riolering.

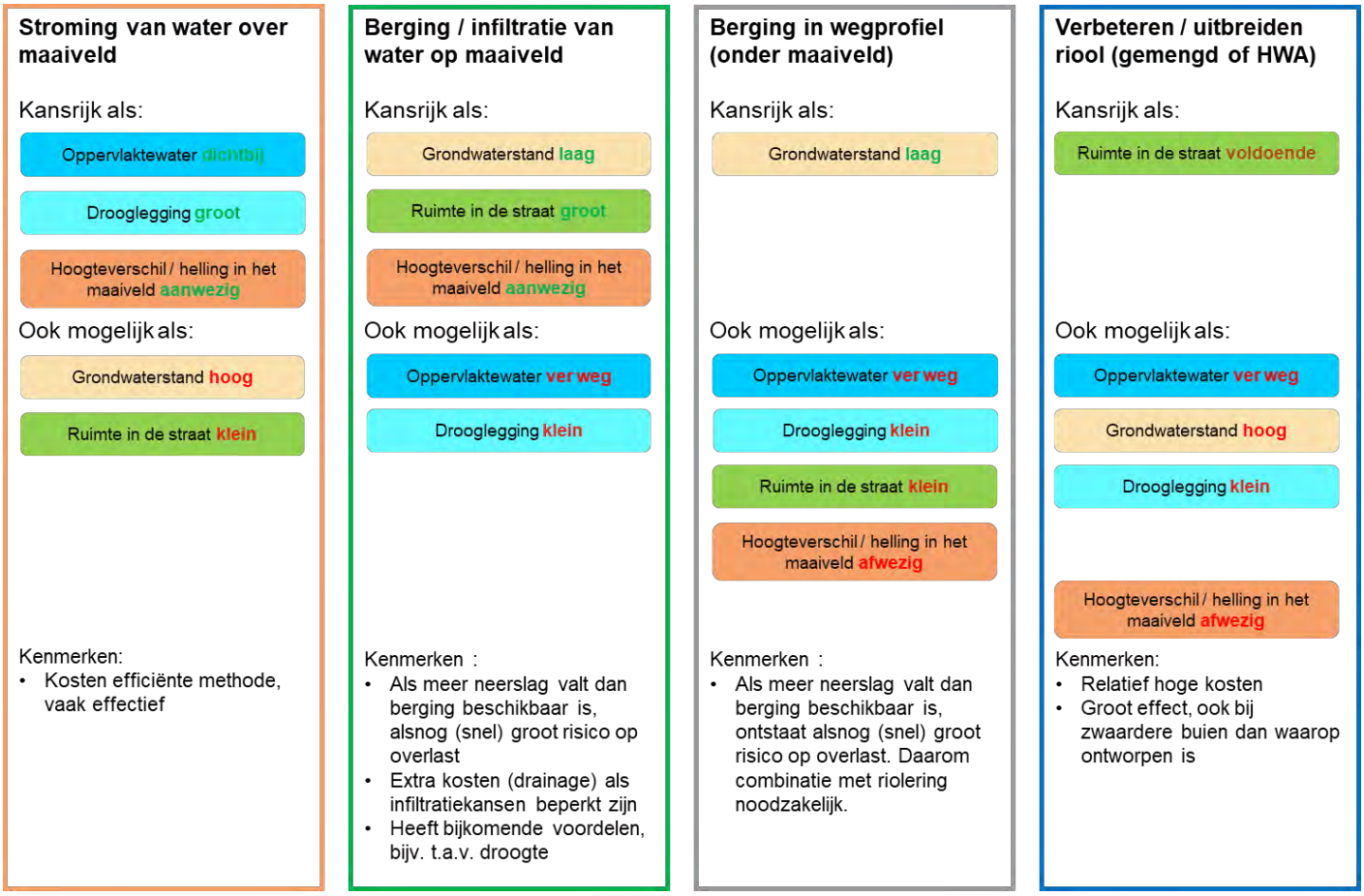
Er is een voorkeursvolgorde vastgesteld in het vinden van oplossingsrichtingen:
1. Benutten van kansen om water af te voeren over maaiveld, of om de toestroom van water over maaiveld te beperken.
2. Benutten van kansen in het oppervlaktewater dichtbij de knelpuntlocatie, eventueel het realiseren van nieuw water of het vergroten van bestaand water.
3. Het afvoeren van water via de riolering.
4. Benutten van kansen om water op maaiveldniveau te bergen en/of te infiltreren.
5. Het benutten van kansen om water te bergen onder het maaiveld, bijvoorbeeld in het straatprofiel.

Indien water moet worden afgevoerd via de riolering, spelen twee afwegingen een rol:
- Is vergroting / verbetering van het bestaande gemengde riool kansrijk?
- Ligt de aanleg van een nieuw hwa-systeem voor de hand?

Bij deze afweging spelen de waterkwaliteit van het ontvangend oppervlaktewater (in het geval van het vergroten van bestaande gemengde riolering) en de leeftijd van de riolering mee. Ook kan een extra hwa-riool zorgen voor een grotere capaciteit dan haalbaar is bij het vergroten van een bestaand gemengd riool.

Bij de keuze voor een HWA-systeem spelen de volgende factoren mee:
- Past de ligging van uitstroomlocaties bij de beoogde structuur van het systeem;
- Welke diameters passen in de straat en is hiermee een volledige afvoerstructuur in te richten;
- Wanneer wordt de bestaande riolering vervangen;
- Welke diameters zijn doelmatig (ontwerp o.b.v. bui 09 en geen water-op-straat), is het effect hiervan voldoende bij extreme buien.

In de onderstaande figuur zijn afwegingen voor verschillende typen maatregelen samengevat. Uit de figuur kan worden afgeleid welk type maatregel in welke situaties kan worden toegepast.



4.3 Oplossingsrichtingen binnen de wijk Oud-Oost

Specifiek in Oud-Oost zijn verschillende oplossingsrichtingen niet kansrijk. De belangrijkste gebiedskenmerken die bijdragen aan een klimaatbestendige inrichting komen in Oud-Oost nauwelijks voor. In Oud-Oost:
- Is de afstand tussen knelpuntlocaties en het oppervlaktewater groot;
- Is er geen hoogteverschil in het maaiveld om water over maaiveld af te voeren;
- Komen laagtes voor in het maaiveld waar knelpunten optreden, water kan hier niet over maaiveld vandaag stromen (water stroomt er juist naar toe);
- Is de openbare ruimte krap bemeten;
- Ligt grondwater ligt niet overal diep, hierdoor zijn voor het infiltreren van water en maatregelen op maaiveldniveau beperkt.

Door deze gebiedskenmerken zijn oplossingen in de riolering noodzakelijk.

Benutten berging in de openbare ruimte
Binnen dit project is een verkenning uitgevoerd naar het effect van het benutten van kansen in de openbare ruimte. Er is nagegaan of het benutten van groenstroken en parkeerplaatsen voor waterberging zinvol is. Het benutten van parkeerplaatsen is niet als zinvol beoordeeld, omdat dit in combinatie met een vaak hoge grondwaterstand leidt tot een natte ondergrond. Groenstroken zijn slechts beperkt aanwezig. Het benutten van de enkele stroken die aanwezig zijn, heeft slechts een marginaal effect en leidt niet tot noemenswaardige verbetering van de wateroverlastsituatie.

4.4 Kansen: Inbreiding omgeving Cambuurstadion

De omgeving van het Cambuurstadion wordt opnieuw ingericht. Hier wordt woningbouw gerealiseerd en er wordt ruimte gemaakt voor water. Er wordt een vijver gerealiseerd waardoor er kansen ontstaan om wateroverlastknelpunten in de omgeving op te lossen. Deze vijver loost via een bestaande duiker in de Plataanstraat op het bestaand watersysteem. In onderstaande figuur is een conceptversie van het ontwerp weergegeven.

Figuur 9. Conceptontwerp inrichting omgeving Cambuurstadion.

De nieuwe vijverpartij biedt belangrijke kansen om water uit een deel van Oud-Oost tijdelijk vast te houden en vervolgens via de bestaande duiker (langzamer) af te voeren. Potentiële lozingslocaties voor een nieuw hemelwaterriool zijn in de figuur gemarkeerd. Doordat de waterpartij dicht bij verschillende knelpuntlocaties komt te liggen, kan water er snel naar worden afgevoerd. Juist hierdoor kan wateroverlast bij extreme neerslag worden voorkomen. De meerwaarde van deze ontwikkeling is voor het bestaande gebied in Oud-Oost bijzonder groot.

4.5 Kansen: ontwikkelingen Schieringen

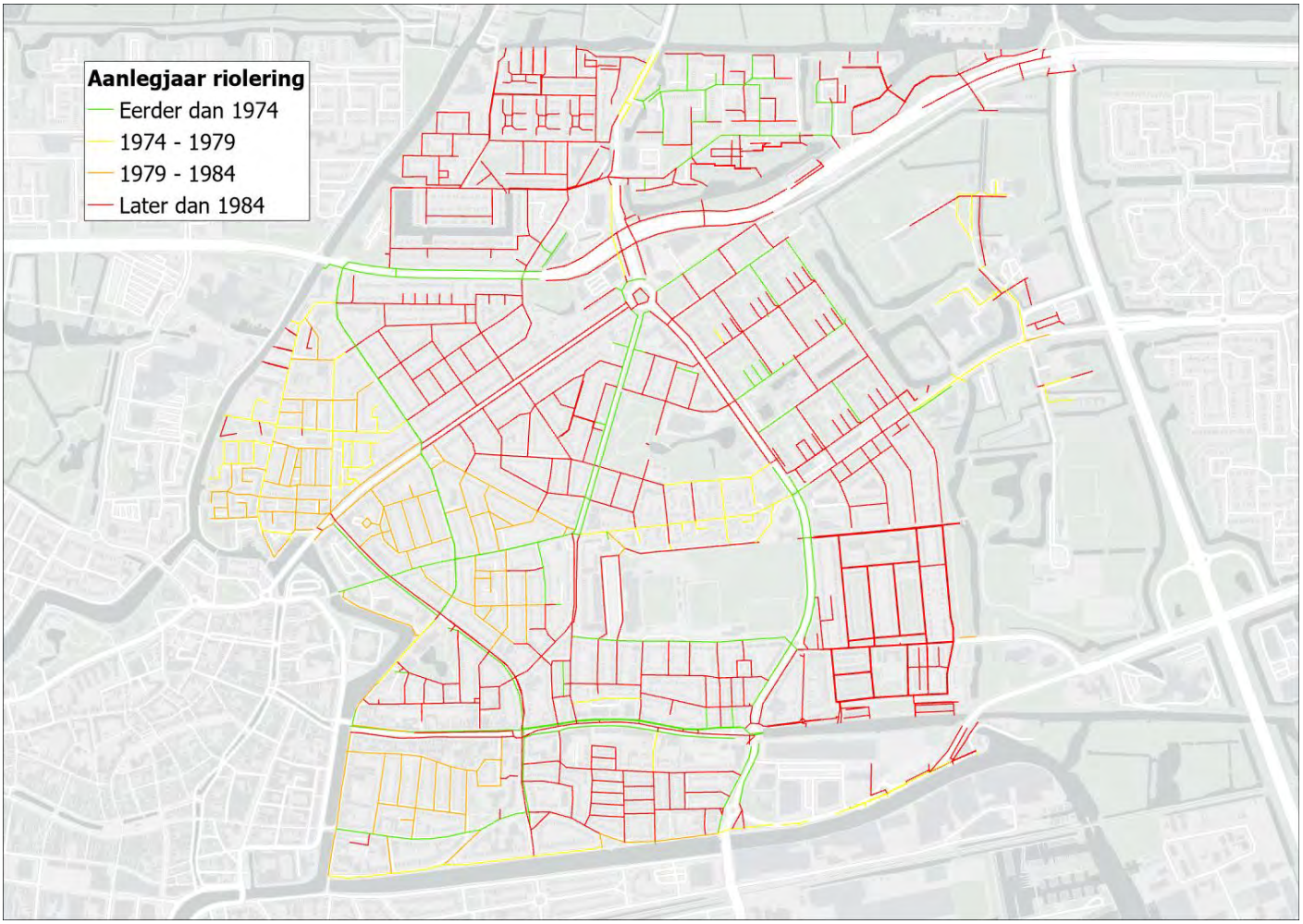
De wijk Schieringen, ten oosten van Oud-Oost, wordt in de komende decennia grootschalig gerevitaliseerd. De exacte uitwerking hiervan is nog niet bekend, wel staat vast dat er een mogelijkheid ontstaat om aan de noordzijde van de wijk een afvoertracé naar het oppervlaktewater te realiseren via de Eikenstraat en vervolgens d.m.v. een kruising met de Groningerstraatweg naar de boezem.

In de toekomst kan ter hoogte van de Eikenstraat een vijver worden gerealiseerd. Hierdoor ontstaat veel bergingsruimte voor water dichtbij Oud-Oost. Deze oplossing is van grote meerwaarde om wateroverlastknelpunten te

kunnen oplossen. Zonder deze oplossing zijn in Oud-Oost grotere investeringen noodzakelijk waarbij het de vraag is of het haalbaar is om hetzelfde effect te bereiken als met een vijver.

4.6 Kansen: vervanging riolering

Verschillende riolen in de wijk Oud-Oost bereiken de leeftijd dat de vervangingstermijn in zicht komt. In onderstaande figuur is een overzicht gegeven van de leeftijd van de bestaande riolering.



Figuur 10 Aanlegjaren van de riolering in Oud-Oost

Riolen met een leeftijd ouder dan 1974 wordt in de komende decennia vervangen. Dit biedt kansen om bestaande riolen te vergroten of om hemelwaterriolen aan te leggen. Juist doordat bestaande riolen worden vervangen, kunnen deze worden verplaatst vanuit het midden van de weg naar de zijkant, zodat er ruimte ontstaat voor een hemelwaterriool. De noodzaak om wateroverlastknelpunten op te lossen door het vergroten van de riolering is juist in Oud-Oost groot (zie de toelichting in de paragrafen 4.1 t/m 4.4).

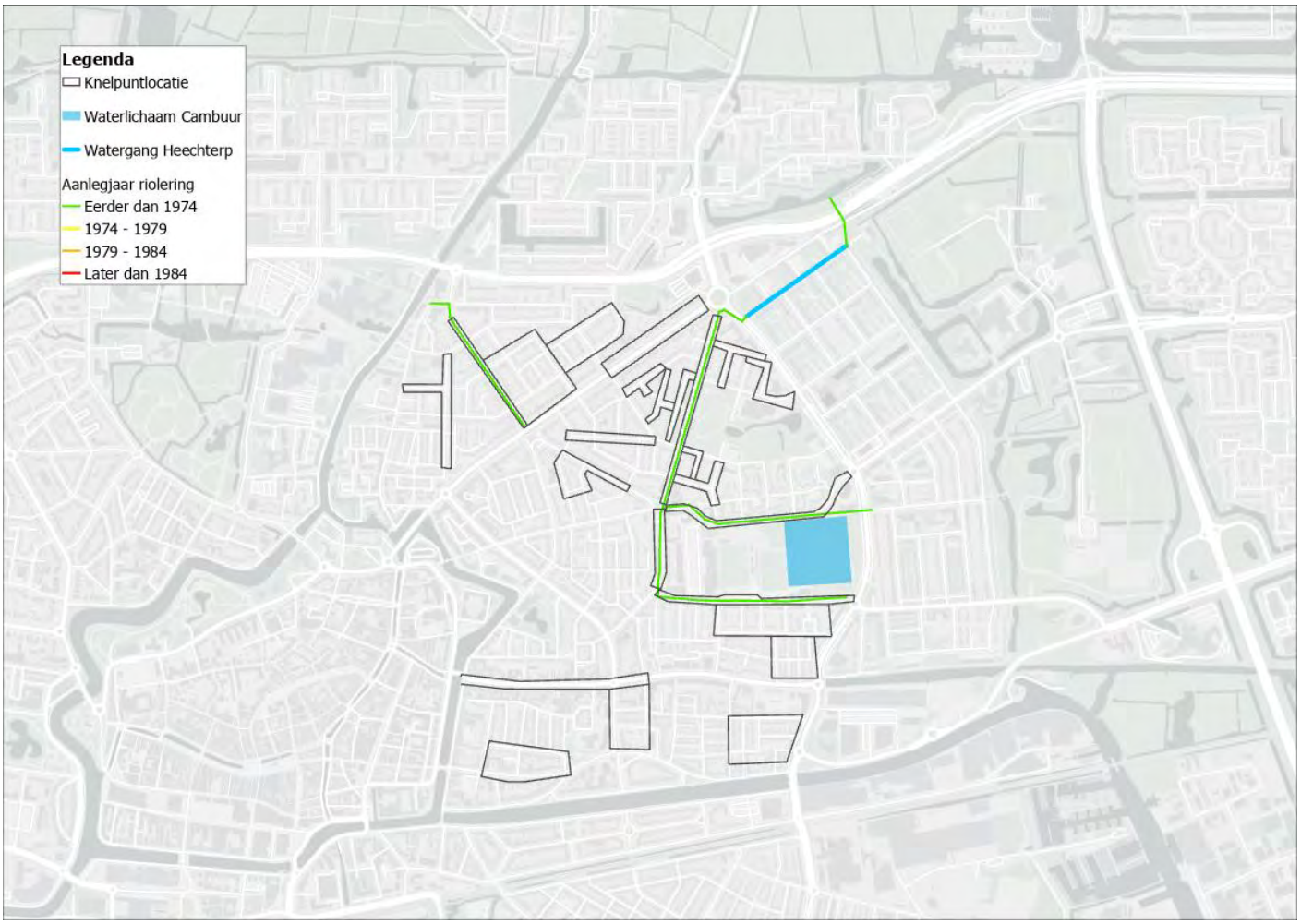
De locaties waar vervanging plaatsvindt, biedt kansen voor het realiseren van een hoofdstructuur om water snel te kunnen afvoeren naar het watersysteem om water tijdelijk vast te houden en overlast te voorkomen.

4.7 Uitwerking oplossingen

Maatregelen

Omdat de mogelijkheden om water te bergen of af te voeren over het maaiveld binnen Oud-Oost beperkt zijn, is het noodzakelijk om water af te voeren via de riolering. Door water snel af te voeren, kan op de grootste knelpuntlocaties overlast worden voorkomen.

Om het water te kunnen afvoeren is een hoofdstructuur ontworpen. Het tracé is bepaald op basis van ruimte in de straat, de vervangingsplanning van de riolering en de ligging van de knelpuntlocaties. In onderstaande figuur is de ligging van deze hoofdstructuur weergegeven.



Figuur 11 Overzicht met locaties van knelpunten en de hoofdstructuur van de aanpassing aan het rioolstelsel.

De hoofdstructuur kan worden verdeeld in een ‘oostelijk deel’ en een ‘westelijk deel’. Het oostelijk deel voert af naar watersystemen binnen het stedelijk gebied. Een goede waterkwaliteit is hier van belang. Daarom is hier gekozen voor het realiseren van een hwa-systeem in plaats van het vergroten van het gemengd systeem. Het westelijk deel voert via de Goudenregenstraat af naar de Dokkumer Ee. Dit is groot water en er zijn geen zorgen over de waterkwaliteit. Daarom is overwogen om hier een gemengd riool te vergroten. Omdat een hwa-riool echter een positiever effect heeft op de wateroverlastsituatie, is ook hier gekozen voor een hwa-riool.

Vanaf de knelpuntlocaties kan water via ‘haarvaten’ naar de hoofdstructuur worden afgevoerd. Enkele knelpuntlocaties liggen echter dichtbij het oppervlaktewater, voornamelijk in het zuiden van het plangebied, hier kan water direct naar het oppervlaktewater worden afgevoerd).

In het Vliet ligt aan de westzijde (tussen de Bleeklaan en de stadsgracht) een groot bestaand gemengd riool (diameter Ø1.000 mm) dat niet meer wordt benut voor het afvoeren van water (nabij de stadsgracht loop het riool dood). Door hier opnieuw een verbinding naar het oppervlaktewater te maken kan dit riool worden ingezet als hwa-riool. Dit biedt kansen om knelpunten oostelijk van de Bleeklaan op te lossen. Dit riool maakt hiermee ook deel van uit van de hwa-hoofdstructuur. Ook is het effect onderzocht van het creëren van open water in het Vliet. Gebleken is dat de effectiviteit ervan vergelijkbaar is ten opzichte van het benutten van het bestaande riool. Omdat de kosten van het creëren van water aanzienlijk hoger zijn, is ervoor gekozen om deze maatregel niet als uitgangspunt te hanteren bij het uitwerken van het maatregelpakket.

Op de locaties waar HWA-riolen zijn voorzien, worden de kolken in de straat erop aangesloten. Er is vanuit gegaan dat daken niet (kunnen) worden afgekoppeld en op het gemengde systeem blijven aangesloten.

Hoofdstructuur

Kenmerkend voor een grootschalig HWA-systeem is dat er op verschillende locaties in de wijk grote hemelwaterriolen (een hwa-hoofdstructuur) aangelegd worden. Deze riolen worden groot gedimensioneerd om bij extreme buien snel veel water af te voeren. Dit betekent dat de riolen bij kleinere buien niet op volledige capaciteit worden benut, wat doorgaans ongebruikelijk is. Deze maatregel wordt echter als de enige oplossing gezien om grootschalige overlast of schade bij extreme buien te voorkomen. Belangrijk is dat bij latere rioolvervangingen niet verschillende andere hemelwaterriolen op de hoofdstructuur worden aangesloten om te voorkomen dat de hoofdstructuur overbelast raakt bij extreme regenval en er alsnog overlast optreedt bij kwetsbare locaties. In de basis dient de hoofdstructuur om vanaf kwetsbare (vaak lager gelegen) locaties het water te kunnen afvoeren.

Een voordeel van een aanpak met een hoofdstructuur, is dat als er in de toekomst nieuwe knelpuntlocaties aan het licht komen waar daadwerkelijk sprake is van wateroverlast, er wel flexibiliteit ontstaat om deze locaties alsnog op het hemelwaterriool aan te sluiten (zo lang dit gaat om een beperkt aantal locaties).

De hwa-hoofdstructuur bestaat uit grote afvoerleidingen die geheel onder het maatgevend boezempeil zullen liggen. De leidingen voeren door verschillende straten af naar het oppervlaktewater, zoals de Dokkumer Ee, de Ooster Stadsricht, de Bonkevaart (via een nieuw te ontwikkelen vijver in Heechterp) en het watersysteem in Schieringen (via een te ontwikkelen waterpartij bij het Cambuurstadion en een duiker door de Plataanstraat). Op de hoofdstructuur worden kleinere hwa-leidingen vanuit de knelpuntlocaties in het gebied aangesloten. De hwa-riolen worden direct aangesloten op het oppervlaktewater, zonder dat er een drempel aanwezig is. Hierdoor ontstaat een maximale afvoercapaciteit. Door deze aanpak wordt het boezemwater feitelijk verder de wijk in gebracht om het risico op wateroverlast bij extreme neerslag te beperken.

De diameteropbouw van de hoofdstructuur is bepaald op basis van een combinatie van beschikbare ruimte in de straat en het benodigde effect. Dit is onderzocht door middel van modelberekeningen.

Knelpuntlocaties (haarvaten)

In de haarvaten van het beoogde hwa-systeem zijn riolen aanwezig om het water vanaf de knelpuntlocaties af te voeren naar de hoofdstructuur. In de haarvaten zijn kleinere leidingdiameters benodigd dan voor de hoofdstructuur.

Het hwa-systeem heeft, in tegenstelling tot gangbare riolering, het nadrukkelijke doel om bij extreme neerslag wateroverlast en/of schade te voorkomen. De riolering in de haarvaten van het hwa-systeem kan daarom soms groter worden uitgevoerd dan bij de bestaande (gemengde) riolering het geval is.

Op veel knelpuntlocaties is de openbare ruimte klein. Er zijn smalle straten met weinig parkeerruimte en soms moeten bomen worden gehandhaafd. Ook is de riolering niet altijd toe aan vervanging terwijl er wel een opgave ligt om de stad uiterlijk in 2035 klimaatbestendig te hebben ingericht. Dit betekent dat nieuwe hemelwaterriolen naast de bestaande riolering dient te worden aangelegd, terwijl de bestaande riolering wordt gehandhaafd. Voor de knelpuntlocaties is de gemeente nagegaan welke leidingdiameters op de verschillende locaties kunnen worden toegepast. Soms is het maximaal haalbare niet altijd voldoende om op basis van het rekenmodel wateroverlast te voorkomen. Dit betekent er nogsteeds sprake kan zijn van een aanzienlijke hoeveelheid water-op-straat. Op basis van expert-judgement is hier een inschatting gemaakt van het risico op daadwerkelijke schade en hoe hiermee moet worden omgegaan. In sommige gevallen leidde dit er toe dat lokaal nog aanvullende maatregelen geformuleerd moesten worden. Concreet betekent dit dat binnen doelmatige mogelijkheden de afvoercapaciteit vanuit de knelpuntlocaties is vergroot. De afvoerstructuur is hierbij als geheel geoptimaliseerd.

5 Maatregelenpakket Oud-Oost

5.1 Scenario's

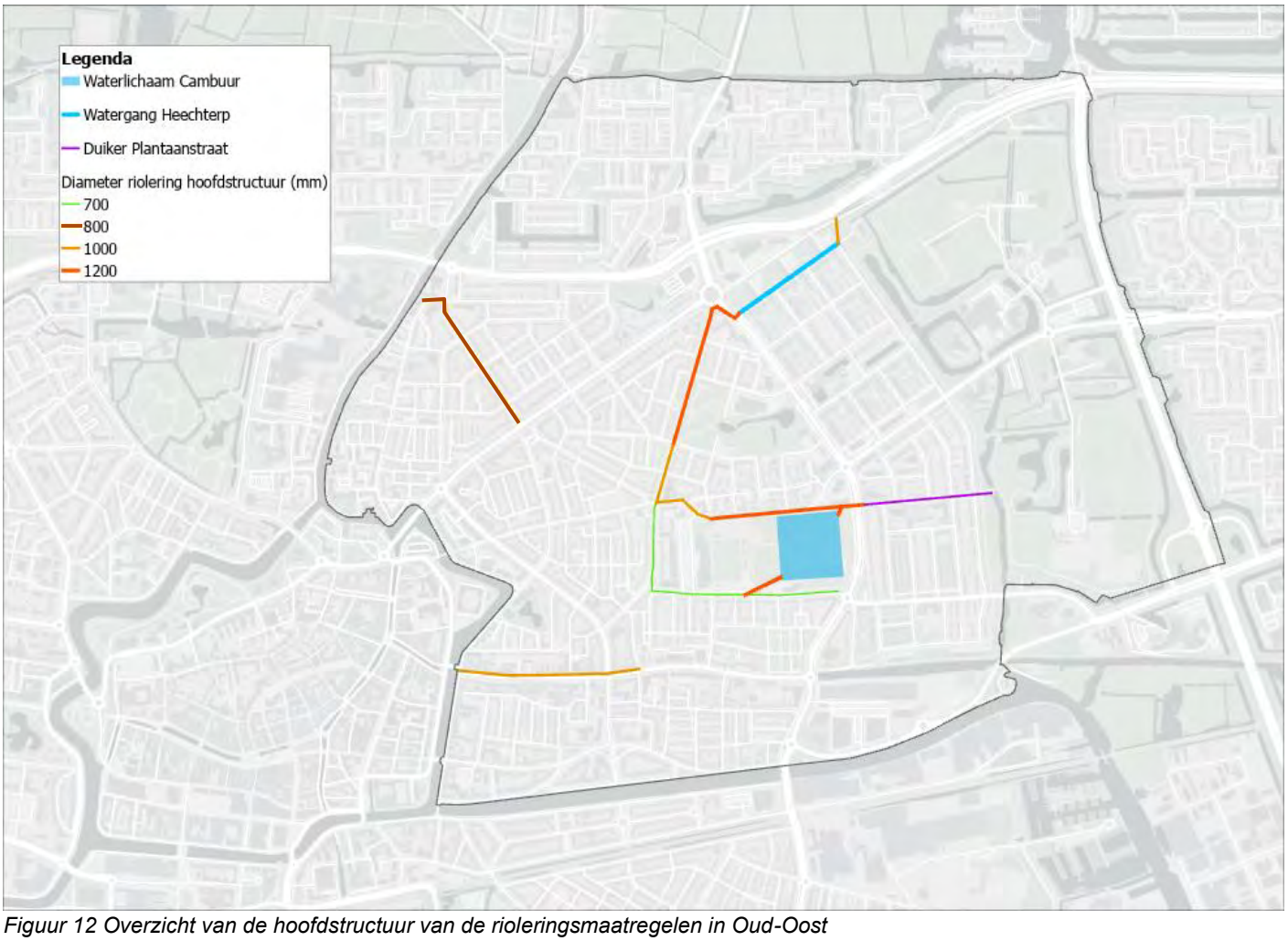
De gemeente wil dat de stad uiterlijk in het jaar 2035 klimaatbestendig is ingericht. Voor Oud-Oost betekent dit dat de maatregelen uiterlijk in dit jaar moeten zijn uitgevoerd. Voor verschillende knelpunten moeten echter hemelwaterriolen worden aangelegd op locaties waar de bestaande riolering niet voor 2035 hoeft te worden vervangen (eerder vervangen is door kapitaalvernietiging niet mogelijk). Daardoor is er minder ruimte in de straat beschikbaar voor een hemelwaterriool en moet voor een kleiner riool gekozen worden. Het effect van de maatregel wordt hierdoor kleiner. Een mogelijkheid is om op deze locaties wel te kiezen voor een latere uitvoering (en dus later klimaatbestendig te zijn), waardoor het uiteindelijke effect op het risico op wateroverlast kleiner is. Dit speelt enkel voor een aantal 'haarvaten' van het afvoersysteem, de riolen binnen de hoofdstructuur worden wel tijdig vervangen. Op basis hiervan zijn er twee scenario's gedefinieerd:

- Scenario 1: Klimaatbestendig in 2035, basisscenario (realiseren hoofdstructuur waarbij riolen in enkele haarvaten kleiner worden uitgevoerd, alle maatregelen uiterlijk in 2035 uitgevoerd);
- Scenario 2: Klimaatbestendig na 2035, maximaal effectief (realiseren hoofdstructuur in uiterlijk 2035, waarbij riolen in de haarvaten soms later worden uitgevoerd maar groter zijn dan in scenario 1 maar het effect maximaal is).

In beide scenario's is de hoofdstructuur gelijk.

5.2 Overzicht maatregelen hwa-hoofdstructuur

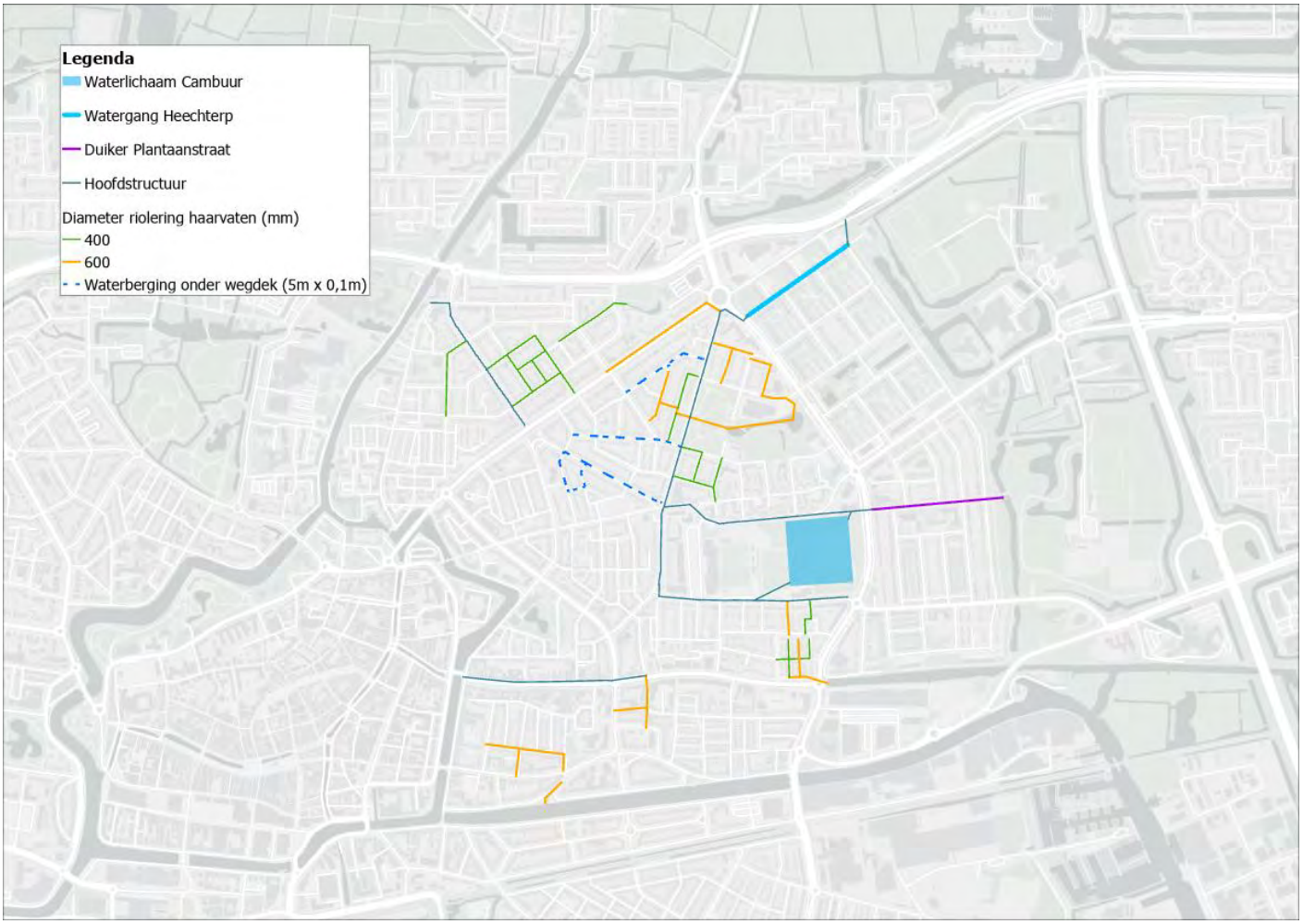
De maatregelen binnen de hoofdstructuur zijn in de onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 12 Overzicht van de hoofdstructuur van de rioleringsmaatregelen in Oud-Oost

5.3 Overzicht maatregelen knelpuntlocaties

De maatregelen in de ‘haarvaten’ van het systeem zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 13 Overzicht van de haarvaten van de rioleringsmaatregelen in Oud-Oost in 'Scenario 2'. In 'Scenario 1' zijn de Ø600mm riolen (in oranje op de kaart) verkleind naar Ø400mm.

5.4 Effect maatregelen

De maatregelen leiden tot een aanzienlijke afname van het risico op wateroverlast en waterschade. Op verschillende locaties berekent het model, ook na het treffen van maatregelen, nog steeds een (aanzienlijke) hoeveelheid water-op-straat. Op basis van een expert-beoordeling is een inschatting gemaakt van het water-op-straat dat hier in werkelijkheid mag worden verwacht. In onderstaand overzicht is inzicht gegeven in het effect van de maatregelen, gebaseerd op het scenario ‘maximaal effect’.

Tabel 3. Overzicht effect per locatie

	Locatie	Water tegen panden*	Peil in de straat T=100 (60 mm/u)	Water-op-straat bui 08	Conclusie oplossing	Opmerkingen
1	Beekkerkstraat/Rembrandstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
2	Camperstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
3	Celebesstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
4	Coopmansstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
5	De Ruyterweg	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
6	Geraniumstraat	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**
7	Goudenregenstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
8	Groningerstraatweg	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
9	Insulindestraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
10	Kalverstraat	Restopgave	Deels opgelost	Geen	Voldoet niet	De oplossing volstaat niet.
11	Keetwaltje	Voldoet niet	Voldoet	Geen	Voldoet niet	
12	Nicolaas Tulpstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
13	Noordvliet	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	Bij enkele panden blijft sprake van een risico.
14	Omg 2e Delidwarsstraat / Bataviaplein	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**
15	Omg. Cornelis Frederikstraat	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**
16	Omg. Dahliastraat	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**
17	Pasteurweg	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
18	Ramstraat	Restopgave	Deels opgelost	Geen	Voldoet niet	De oplossing volstaat niet.
19	Reinier de Graafstraat	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**
20	Rontgenstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
21	Swammerdamstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
22	Van Beverwijckstraat	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**
23	Van Roohnhuyssestraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is nog sprake van een (minimaal) risico op schade bij panden. Dit is beperkt.
24	Willem Sprengerstraat	Deels opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden**

** Bij water tegen panden is alleen getoetst of er water vanuit de openbare ruimte tegen panden staat*
*** Door overschatting van het model moet er rekening mee worden gehouden dat het berekend risico bij panden in de praktijk (aanzienlijk) lager kan liggen.*

Uit het overzicht blijkt dat de maatregelen een aanzienlijk effect hebben. Water tegen panden wordt aanzienlijk gereduceerd en water-op-straat neemt af. Op één locatie berekent het model bij standaardbui 08 nog sprake water-op-straat (De Ruyterweg). Hier is echter sprake van een modelmatige afwijking: doordat grote oppervlakken van het stadion worden toegewezen aan de dichtstbijzijnde put, is hier in het model sprake een overschatting. In werkelijkheid hier geen water-op-straat verwacht. Dit betekent dat bij buien die vergelijkbaar zijn bij bui 08, op de knelpuntlocaties na uitvoering van de maatregelen geen water-op-straat meer hoeft te worden verwacht.

In de bijlagen van dit rapport is een overzicht opgenomen met rekenresultaten. In bijlage A is een overzicht opgenomen van de knelpuntlocaties, de maatregelen die hiervoor op haarvatniveau moeten worden getroffen, het effect en een beoordeling van het effect. In bijlage C zijn doorsnedes opgenomen waarin de berekende vulling van de riolen zichtbaar is van de HWA-hoofdstructuur bij een extreme bui (60 mm/u). In bijlage D is de berekende afvoer naar het watersysteem inzichtelijk gemaakt (standaardbui 08).

In de uitgevoerde modelberekeningen is ook rekening gehouden met de omvang van de toekomstige waterpartij binnen de ontwikkeling bij het voormalig Cambuurstadion. Uit het rekenresultaat blijkt dat de beoogde omvang van de vijverpartij in combinatie met een afvoer op de bestaande duiker aan de Plataanstraat voldoende is om knelpunten te voorkomen.

5.5 Kosten

Van de verschillende maatregelen zijn de kosten geraamd. Hiervoor is gebruik gemaakt van kostenkentallen (afkomstig uit de Kennisbank Stedelijk Water van Rioned) waardoor er sprake is van een algemene inschatting. Er zijn geen details uit de omgeving meegenomen, maar er is een algemene methode gehanteerd waarbij voor de verschillende maatregelen algemene eenheidsprijzen zijn gehanteerd. De kentallen die zijn gebruikt zijn gebaseerd op ervaringscijfers. Deze eenheidsprijzen zijn exclusief BTW en inclusief:

- Uitvoeringskosten, CAR-verzekering (opdrachtnemer): 10%;
- Algemene kosten, winst en risico (opdrachtnemer): 12%;
- Voorbereiding, toezicht en advies (opdrachtgever): 15%;
- Algemene onzekerheidsmarge: 40%.

Kosten zijn gebaseerd op het prijspeil 2022.

De geraamde kosten per (deel)maatregel zijn beschreven in bijlage E. In onderstaande tabel is een overzicht van de kosten per scenario weergegeven.

Tabel 4. Indicatie kosten van elk scenario

Scenario	Kosten [EUR]
Scenario 1: Klimaatbestendig in 2035, basisscenario	[redacted]
Scenario 2: Klimaatbestendig na 2035, maximaal effect	[redacted]

6 Conclusies en aanbevelingen

De gemeente Leeuwarden wil de stad in 2035 klimaatbestendig hebben ingericht om negatieve effecten van klimaatverandering te beperken. Voor de wijk 'Oud-Oost' staat de komende jaren een grootschalige aanpak op het programma waarbij verschillende delen van de wijk worden vernieuwd en waarbij het terrein van het voormalig Cambuur-stadion wordt herontwikkeld. Daarnaast spelen ontwikkelingen (herinrichting) binnen de Vlietzone. Deze ontwikkelingen samen vormen de aanleiding om voor deze wijk apart een aanpak vast te stellen voor een klimaatbestendige inrichting, zodat de maatregelen hiervoor zoveel mogelijk in samenhang met de herinrichting van de wijk kunnen worden uitgevoerd.

De opgaven in Oud-Oost zijn groot. Dit komt doordat er sprake is van meerdere gebiedskenmerken die een negatieve invloed hebben op het risico op wateroverlast bij extreme buien of bij het treffen van maatregelen:
- De afstand tussen knelpuntlocaties en het oppervlaktewater is groot;
- Er is geen hoogteverschil in het maaiveld om water over maaiveld af te voeren;
- Er komen laagtes voor in het maaiveld waar knelpunten optreden, water kan hier niet over maaiveld vandaag stromen (water stroomt er juist naar toe);
- De openbare is ruimte krap;
- Grondwater ligt niet overal diep, hierdoor liggen maatregelen op het maaiveld en het infiltreren van water niet voor de hand.

Hierdoor zijn maatregelen op maaiveldniveau slechts beperkt effectief en is het onvermijdelijk om maatregelen aan de riolering te treffen. Het realiseren van een hemelwaterstructuur (de aanleg van hemelwaterriolen) is het meest voor de hand liggend. Op hoofdlijnen bestaat het maatregelpakket uit de volgende onderdelen:
- Een hemelwaterhoofdriool in het oostelijk deel van Oud-oost: vanaf de Ruyterweg en de Pasteurweg in noordelijke richting via een toekomstige waterpartij in Heechterp bij de Eikenstraat naar het boezemwater, en in zuidelijke richting via de Insulindestraat en Coopmansstraat naar een toekomstige waterpartij bij het voormalig Cambuurterrein en een bestaande duiker in de Plataanstraat naar het watersysteem ten oosten van Schieringen;
- Een hemelwaterhoofdriool in de Goudenregenstraat naar de Dokkumer Ee;
- Het inrichten van een bestaand riool in het Vliet (tussen de Bleeklaan en de stadsgracht) als HWA-riool dat uitstroomt bij de stadsgracht;
- Diverse kleinere riolen bij knelpuntlocaties om water af te voeren naar de hoofdstructuur of naar het oppervlaktewater, soms in combinatie met waterberging in de wegfundering omdat er geen ruimte is voor hemelwaterriolen;
- Een maaiveldmaatregel (aan de Beekkerkstraat), omdat het hier door lokaal hoogteverschil en ligging nabij het oppervlaktewater, mogelijk is water oppervlakkig af te voeren.

De hemelwaterriolen die deel uitmaken van de hoofdstructuur, worden groot gedimensioneerd om bij extreme buien snel veel water af te voeren. Dit betekent dat de riolen bij kleinere buien niet op volledige capaciteit worden benut, wat doorgaans ongebruikelijk is. Deze maatregel wordt echter als de enige oplossing gezien om grootschalige overlast of schade bij extreme buien te voorkomen. Op deze locaties wordt de riolering binnen afzienbare tijd vervangen. Dit levert geen knelpunten op om deze riolen te realiseren voor het jaar 2035. Voor de riolen die tussen verschillende knelpuntlocaties en de hoofdriolen worden gerealiseerd ligt dit anders, hier liggen soms relatief nieuwe bestaande riolen. Dit betekent dat er moet worden gekozen voor of het aanleggen van een kleiner riool dan idealiter aangelegd wordt voor een maximaal effect (scenario 1), of voor het later realiseren van deze riolen, waardoor pas na 2035 sprake is van een klimaatbestendige inrichting, maar het effect maximaal is (scenario 2). Per locatie is het effect voor elk scenario beoordeeld, op basis hiervan moet er een afweging tussen beide scenario’s worden gemaakt. Dit kan eventueel per knelpuntlocatie.

In het algemeen is het effect van het maatregelpakket groot. Er treedt grootschalige verbetering op bij extreme neerslag. Wel is er op sommige locaties nog sprake van een restopgave omdat uit berekeningen blijkt dat er sprake blijft van een risico op schade bij panden. Het is echter de vraag of hier ook in de praktijk sprake blijft van knelpunten. De maatregelen zijn ook getoetst bij minder extreme neerslag (buien die vaker voorkomen dan eens per 100 jaar, hiervoor wordt de term ‘hevige neerslag’ gebruikt). Hierbij is zichtbaar dat het risico op water-op-straat aanzienlijk afneemt en dat de robuustheid van het afwateringssysteem in Oud-Oost aanzienlijk verbetert.

Een belangrijk aspect dat moet worden meegewogen bij de scenariokeuze, is dat er nu is getoetst met een bui van 60 mm/u. De gemeente beschouwt deze bui op dit moment maatgevend voor klimaatverandering. Er moet ook rekening mee worden gehouden dat deze norm in de toekomst, door nieuwe kennis en verdere klimaatverandering, verder

opschuift naar een zwaardere bui. Op basis hiervan mag worden verwacht dat grotere riolen met een grotere afvoercapaciteit in de toekomst een grotere meerwaarde kunnen hebben dan nu wordt voorzien. Helemaal als rekening wordt gehouden met een mogelijke levensduur van de riolering van 80 jaar.

De kosten van de beoogde maatregelen zijn op basis van kostenkentallen geraamd. Dit betekent dat er sprake is van een indicatie van werkelijke kosten met een grote onzekerheid. Deze onzekerheid kan worden verkleind als de maatregelen in een verder detail worden uitgewerkt en er bijvoorbeeld wordt gekeken naar daadwerkelijke inpassing in de straat. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de geraamde kosten in beide scenario's.

Tabel 5. Indicatie kosten van elk scenario

Scenario	Kosten [EUR]
Scenario 1: Klimaatbestendig in 2035, basisscenario	[redacted]
Scenario 2: Klimaatbestendig na 2035, maximaal effect	[redacted]

De ontworpen maatregelen zijn in verschillende gevallen gebaseerd op de maximaal inpasbare grootte. Doordat de ruimte in de straat op verschillende plaatsen klein is, leidt dit soms tot een aanzienlijke verbetering maar neemt het berekend water-op-straat niet overal zodanig af dat er in het rekenresultaat nauwelijks meer sprake is van water tegen panden. In het rekenresultaat blijft er op verschillende locaties water tegen panden staan.

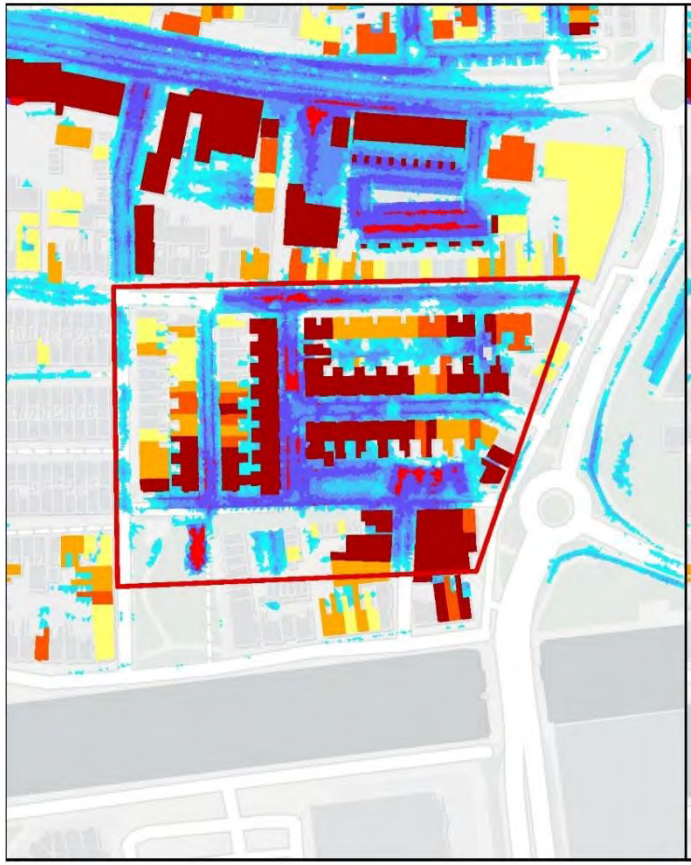
Bekend is dat het rekenmodel de werkelijke situatie overschat (bijvoorbeeld doordat objecten als muurtjes en schuttingen niet zijn opgenomen in het model en er in het model meer water tot afstroming komt naar de straat en doordat infiltratie van onverhard oppervlak in werkelijkheid hoger ligt dan in het model). Daarnaast is de kans groot dat de analyse die wordt gebruikt bij het kleuren van panden op basis van de waterstand, hogere waterstanden aangeeft dan in de praktijk optreden. Het rekenresultaat is daarom door experts beoordeeld waarbij is getoetst in welke mate mag worden verwacht dat overlast nog optreedt in de praktijk of dat er daadwerkelijk sprake is van een onacceptabel risico op schade. Hierbij moet worden opgemerkt dat hierbij altijd sprake is van een bepaalde onzekerheid, maar hiermee is zo goed mogelijk rekening gehouden bij de beoordeling. Uit de beoordeling is naar voren gekomen dat wordt verwacht dat het risico op schade afneemt tot een acceptabel niveau.

Bijlage A Rekenresultaat huidige- en plansituatie per knelpuntlocatie / maatregellocatie

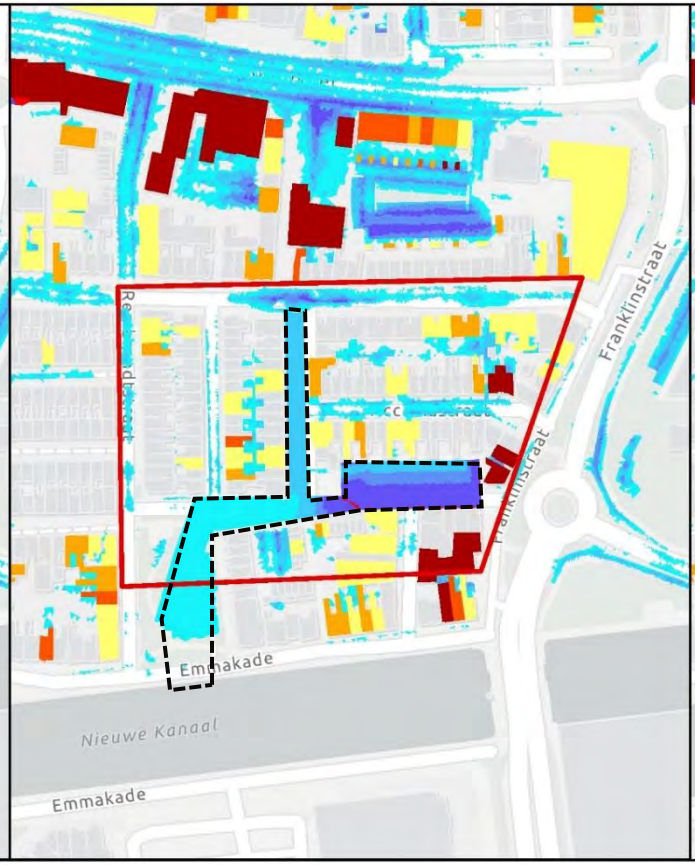
Blokbui 60 mm/u

Beekkerkstraat/Rembrandstraat

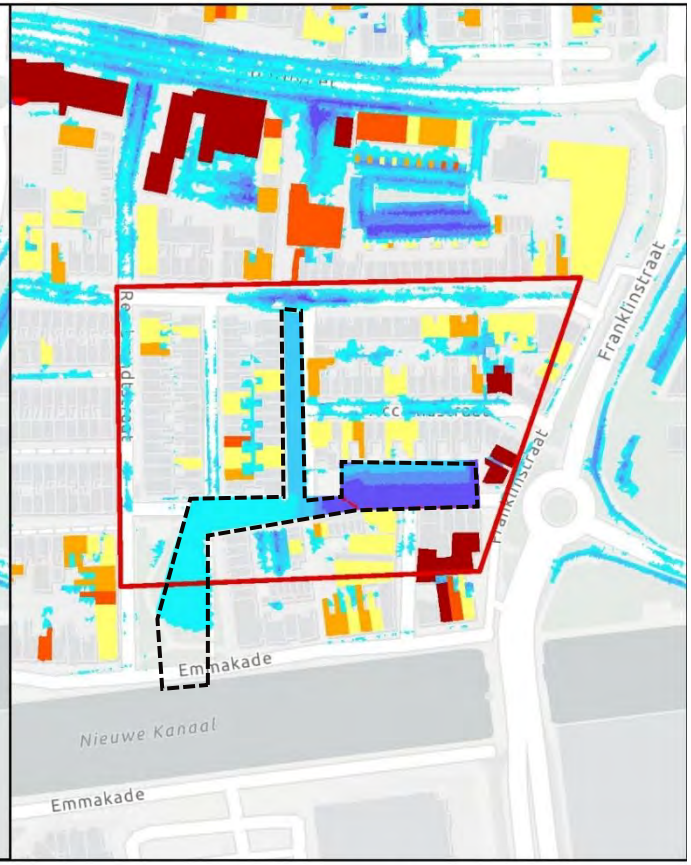
Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat met een vergroot risico op schade bij extreme buien.

Maatregelen:
Maaiveldaanpassing binnen het (zwart) gearceerde gebied, zodat water over maaiveld kan afstromen naar het oppervlaktewater (zuiden). De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanzienlijk, wateroverlast vanaf het maaiveld wordt voorkomen.

Beoordeling:
De maatregel is zodanig effectief dat water niet langer op noemenswaardige wijze vanuit de openbare ruimte tegen panden staat.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

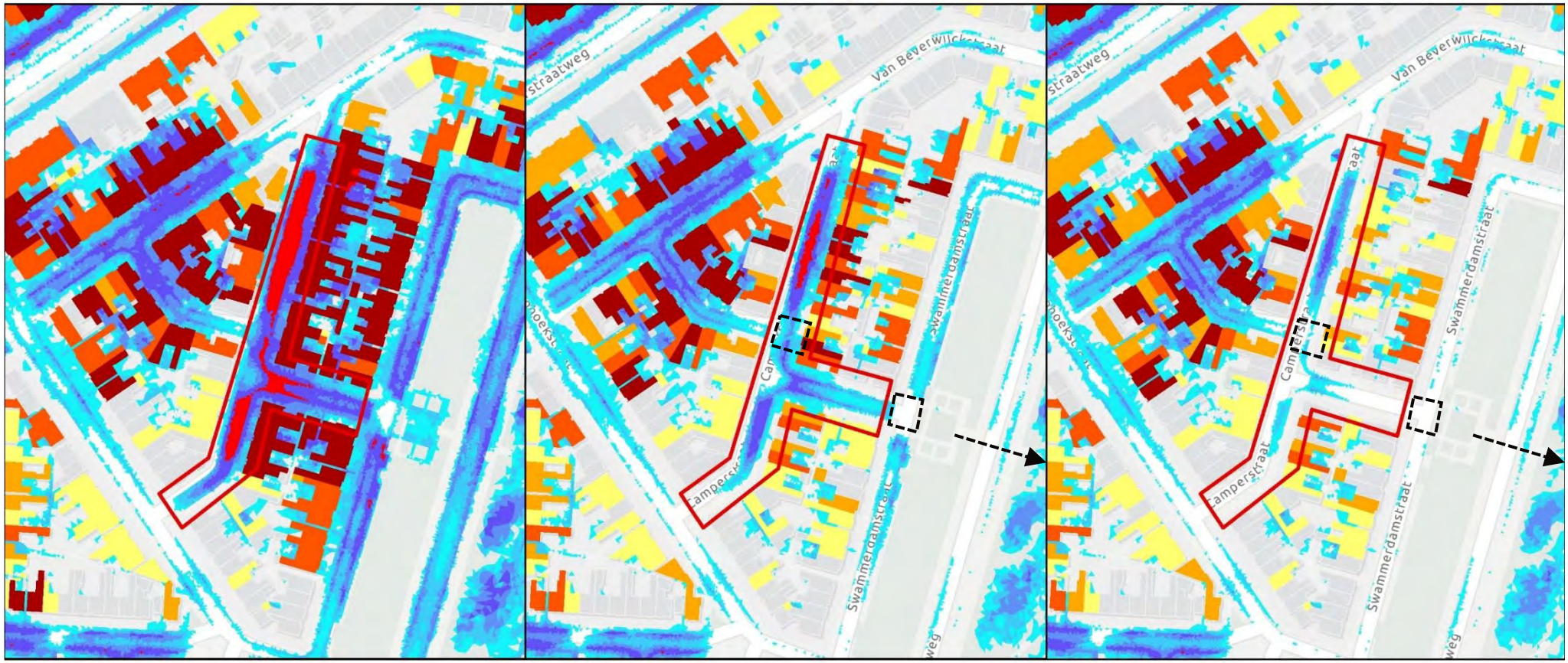
Blokbui 60 mm/u

Camperstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Grootschalig water-op-straat met risico op overlast in panden. In het verleden is al een pomp geplaatst, het effect is echter onvoldoende om wateroverlast en/of schade te voorkomen bij extreme neerslag.

Maatregelen:
- Aanpassen verkeerdrempels (verhogen zoveel als haalbaar) om te voorkomen dat water uit de omgeving naar de Camperstraat stroomt.
- Verlengen bestaand hwa-riool (diameter in scenario 1 Ø400 mm, in scenario 2 Ø600 mm) vanaf het eind van het bestaand HWA-riool (bij het gemaal) naar vijver Zamenhofpark waarop alle kolken in de Camperstraat (binnen de verkeersdrempels) worden aangesloten via het bestaande HWA-riool in de Camperstraat.

Effect:
Het effect van de maatregel is, met name als een leiding Ø600 mm wordt toegepast groot.

Beoordeling:
Het effect van de maatregel wordt beoordeeld als ‘voldoende’ als een hwa-leiding Ø600 mm wordt toegepast. Bij een kleinere leiding blijft er sprake van veel water op straat, naar verwachting ‘te’ veel.

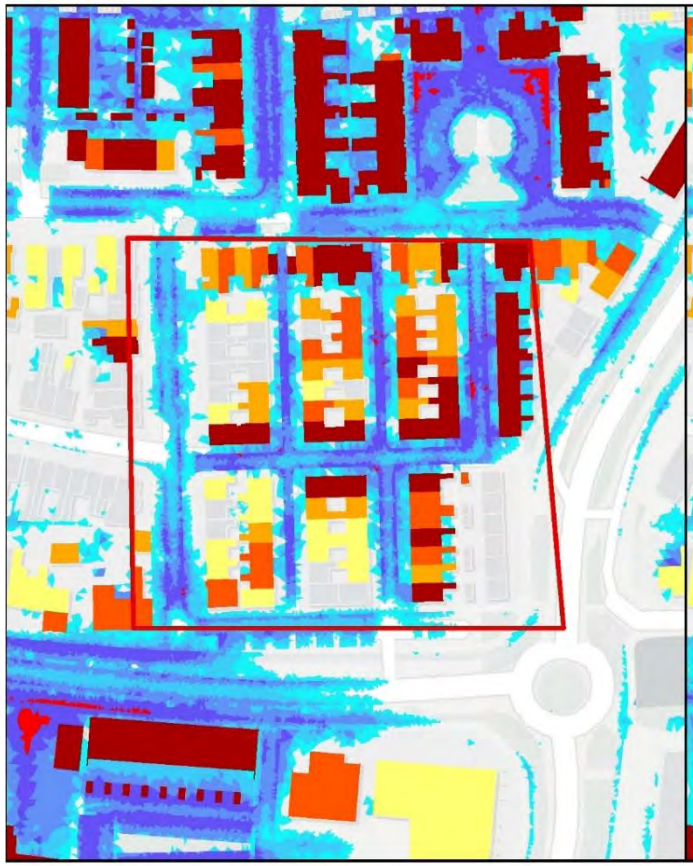
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

Celebesstraat

Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect

Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op wateroverlast in panden.

Maatregelen:
HWA-riool, zie zwarte arcering in de figuren, (diameter in scenario 1 Ø400 mm, in scenario 2 Ø600 mm) dat afvoert naar het Vliet.

Effect:
Het effect van de maatregel is groot. Indien een diameter rond 400 mm wordt toegepast in combinatie met andere maatregelen in de omgeving (ten noorden van de knelpuntlocatie in de omgeving van de 2e Delidwarsstraat en ten zuiden aan het Noordvliet), is er voldoende effect of overlast te voorkomen.

Beoordeling:
Indien ook maatregelen worden getroffen in de omgeving van het knelpunt volstaat een leiding rond 400 mm. Anders is een maatregel rond 600 mm voldoende om overlast te voorkomen.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

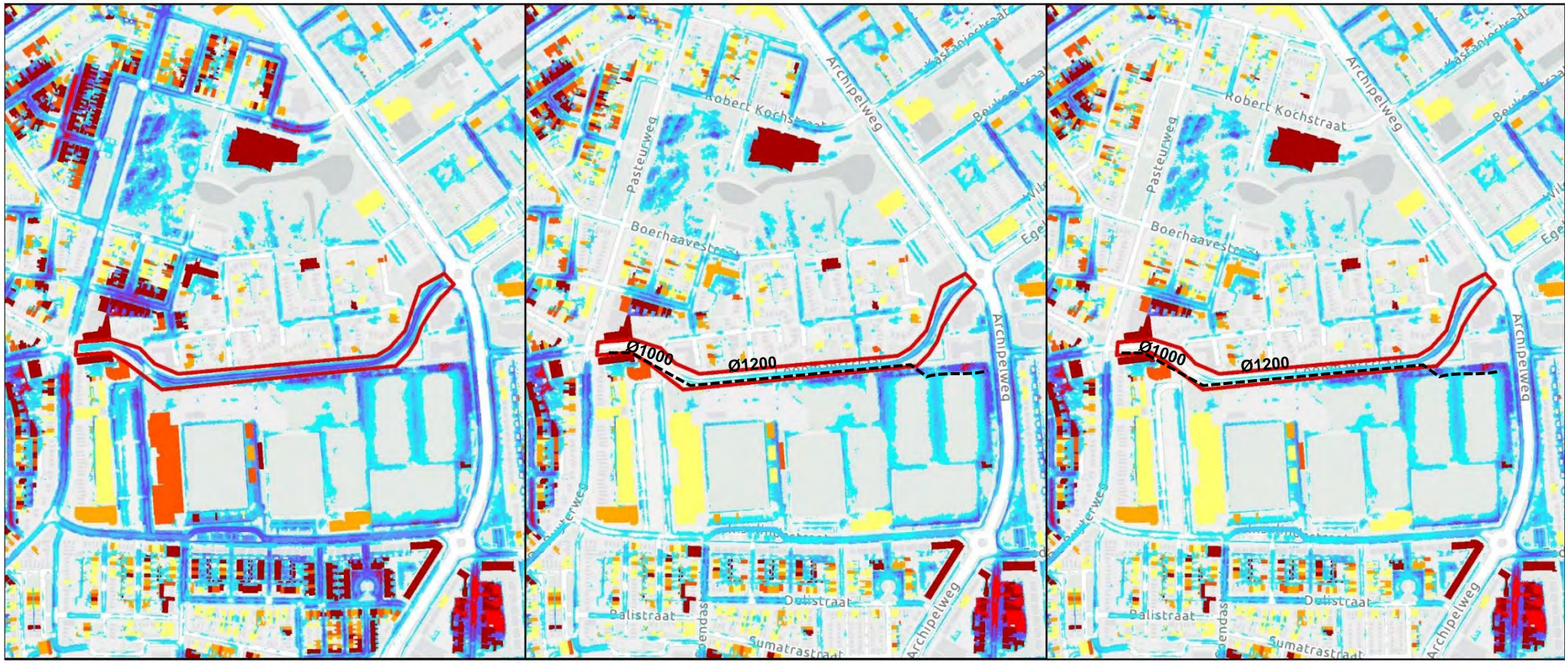
Blokbui 60 mm/u

Coopmansstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Op de Coopmansstraat is er bij extreme neerslag sprake van een grote hoeveelheid water-op-straat.

Maatregelen:
Een groot HWA-riool in de Coopmansstraat (dit maakt deel uit van de HWA-hoofdstructuur) wordt verbonden de nieuw te realiseren vijver in de Cambuur-omgeving en de bestaande duiker in de Plataanstraat, eventueel via de nieuw te ontwikkelen vijver (exacte invulling moet worden uitgewerkt i.c.m. ontwikkeling Cambuur-omgeving). De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Het effect van de maatregel is groot. Het water-op-straat neemt aanzienlijk af.

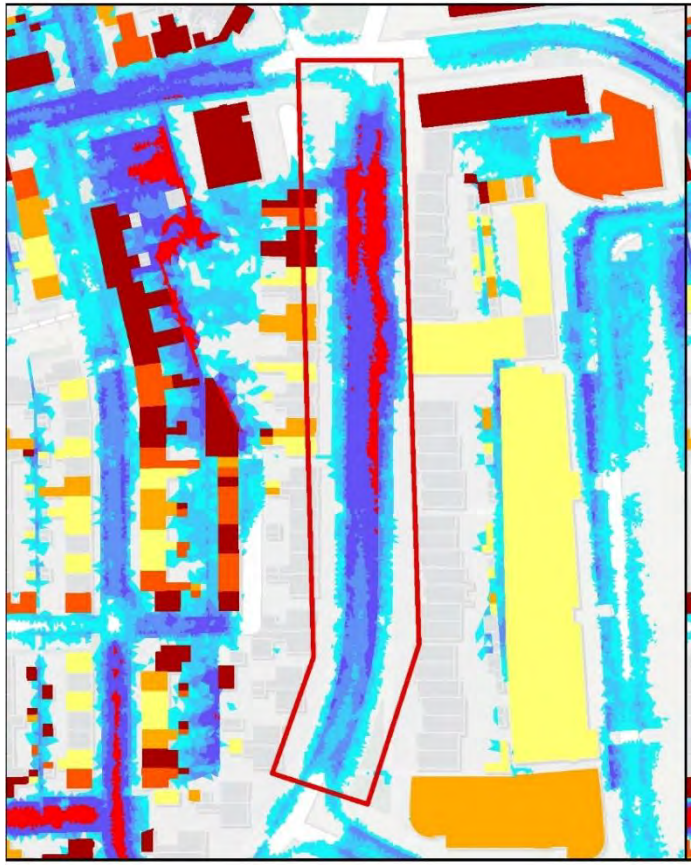
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

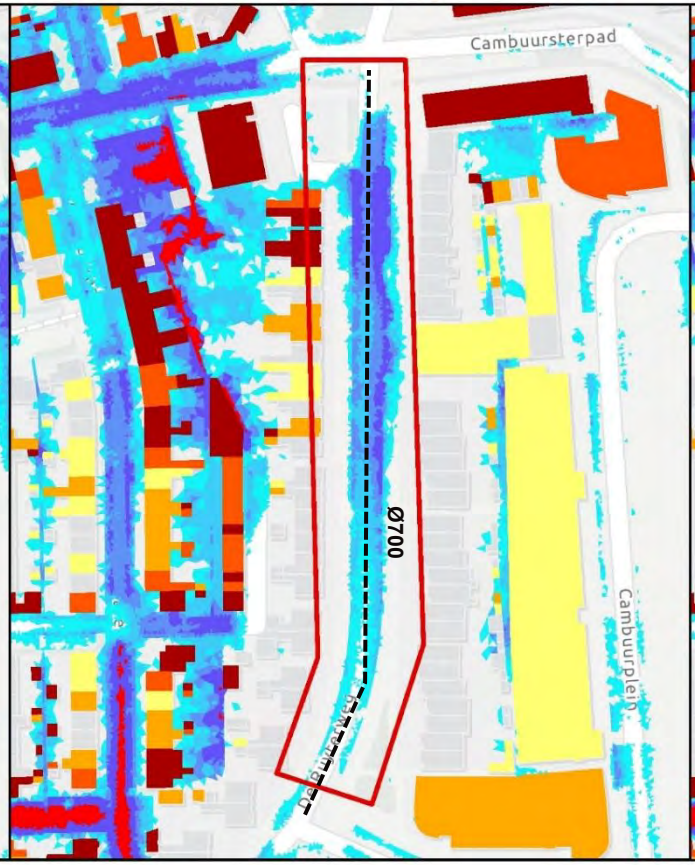
Blokbui 60 mm/u

De Ruyterweg

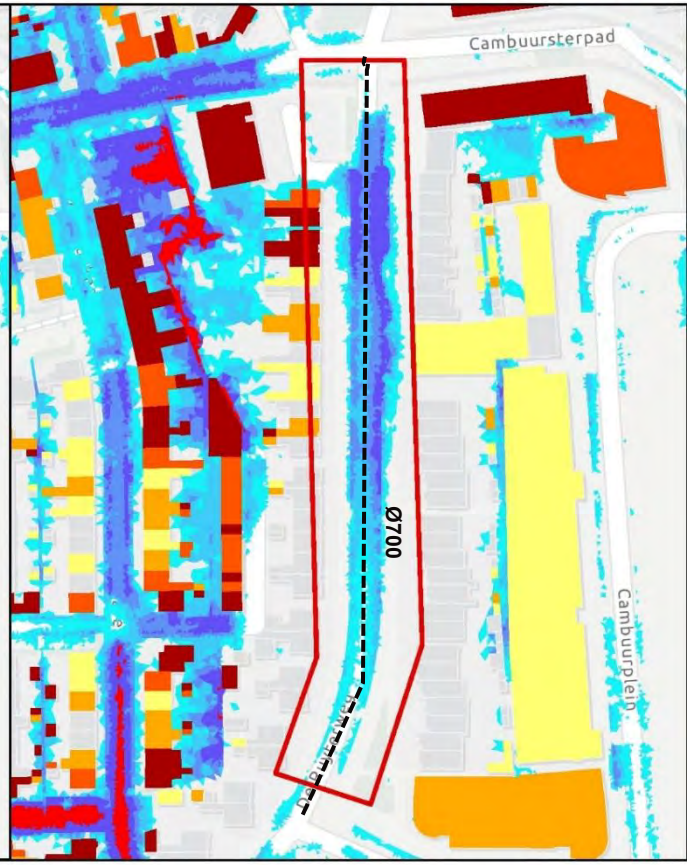
Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een grotere diepte dan 30 cm.

Maatregelen:
Een groot HWA-riool in de De Ruyterstraat (dit maakt deel uit van de HWA-hoofdstructuur voor Oud-Oost). De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Water-op-straat neemt zodanig af dat grote waterdieptes niet langer voorkomen.

Beoordeling:
Het effect is beoordeeld als voldoende.

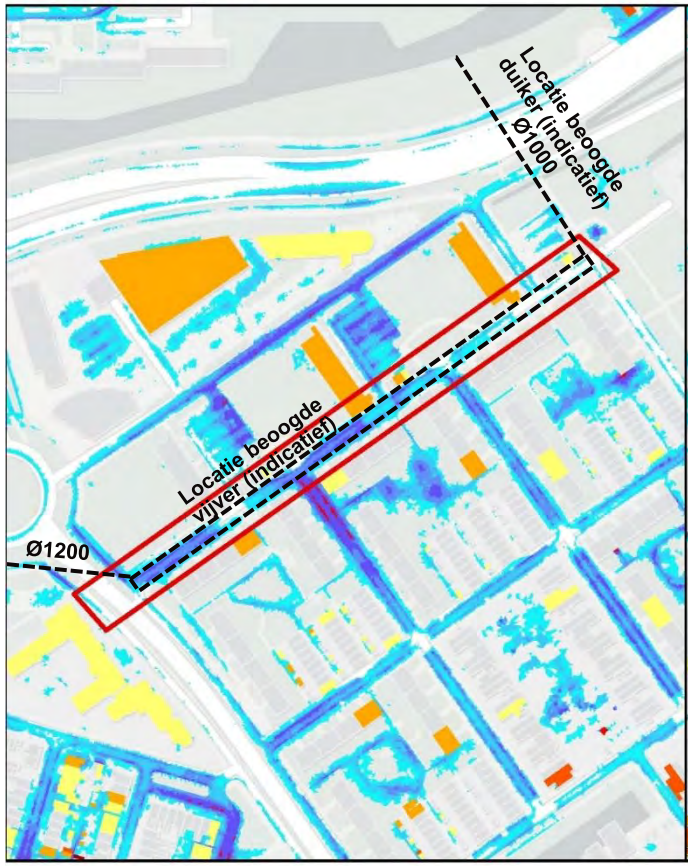
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

Eikenstraat

Huidige situatie



Op deze locatie is er geen sprake van een knelpunt, hier wordt een maatregel getroffen die deel uitmaakt van de hwa-hoofdstructuur.

Maatregelen:
Bij de herontwikkeling van Heechterp wordt een vijver gerealiseerd waarop het beoogde HWA-riool vanuit de Pasteurweg wordt aangesloten. De vijver voert via een duikerconstructie af naar de boezem. De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Het effect van een HWA-riool in plaats van een vijver is ook onderzocht, het effect hiervan is echter aanzienlijk kleiner dan van een vijver.

Huidige situatie - Waterhoogte panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Huidige situatie - 2D resultaten
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

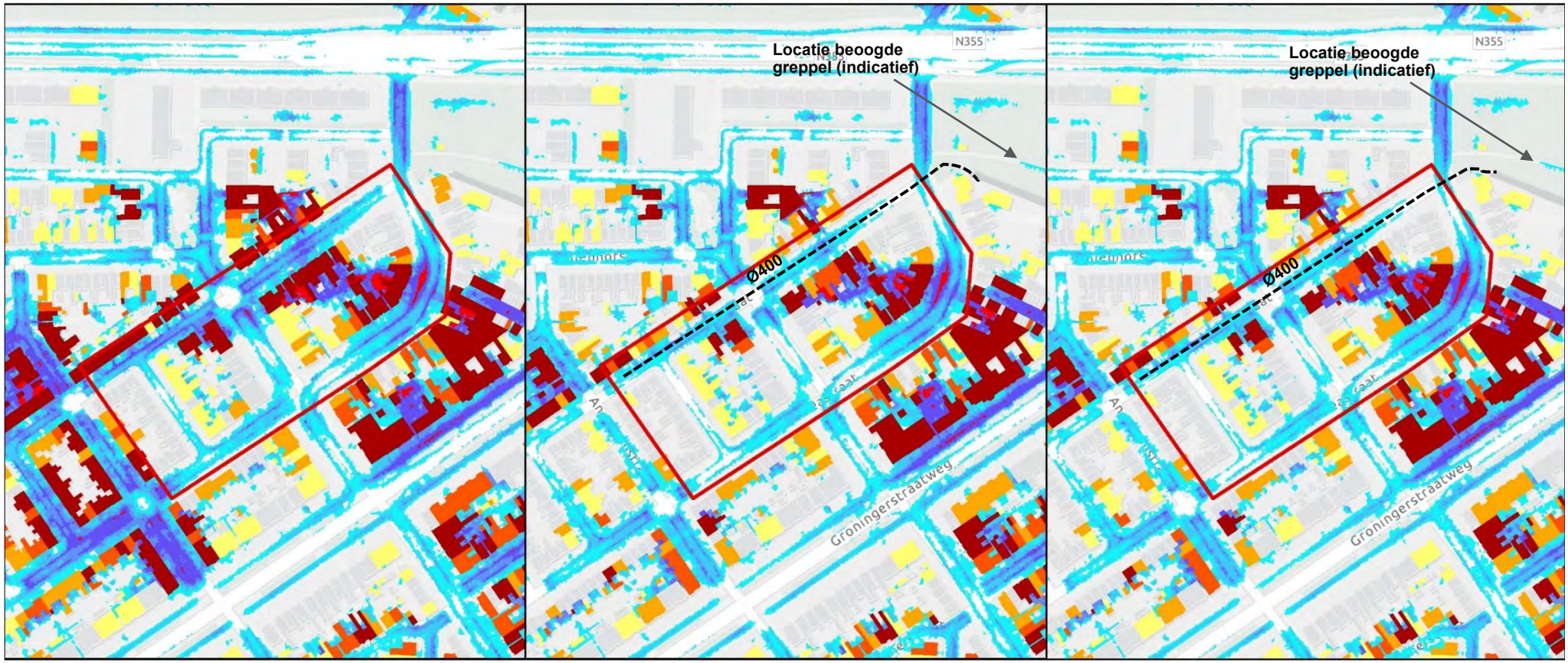
Blokbui 60 mm/u

Geraniumstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade in panden.

Maatregelen:
- HWA-riool rond 400 mm naar nieuw aan te leggen greppel
- Nieuwe greppel ten oosten van de Azaleastraat

De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanzienlijk, toch blijft er in het rekenresultaat sprake van water-op-straat.

Beoordeling:
Ingeschat is dat de maatregel voldoende effectief is om waterschade bij de maatgevende bui vanuit de openbare ruimte te voorkomen.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

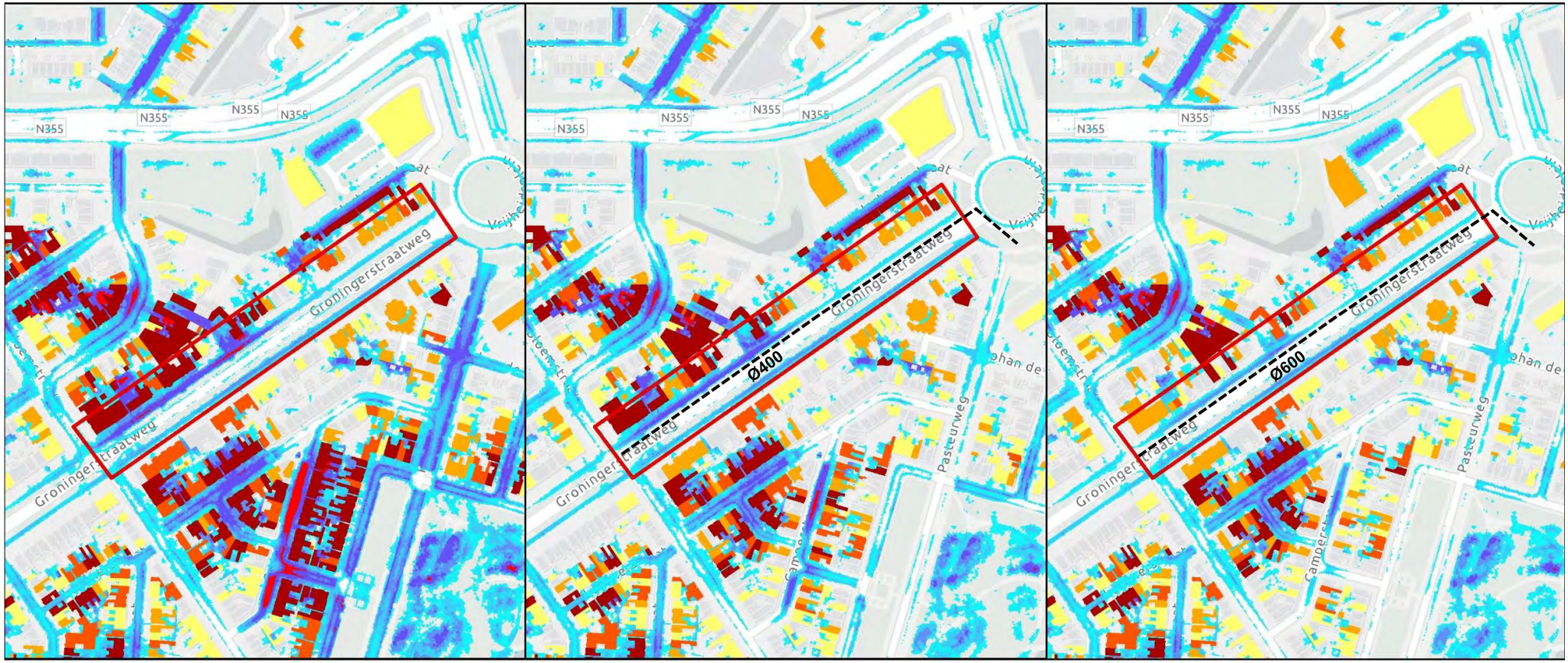
Blokbui 60 mm/u

Groningerstraatweg

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade in panden.

Maatregelen:
- HWA-riool in oostelijke richting dat hier aansluit op de HWA-hoofdstructuur;
- Alleen het noordelijk deel van de straat en het fietspad dienen te worden aangesloten op het HWA-riool.
- Vanwege de grote hoeveelheid water dienen driemaal zoveel kolken te worden geplaatst dan dat gebruikelijk is.

In scenario 1 wordt een leiding rond 400 mm aangelegd, in scenario 2 een leiding rond 600 mm.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanzienlijk. Bij een leiding rond 600 mm is er nog sprake van een beperkt risico bij een enkel panden, maar verwacht wordt dat hier in de praktijk geen sprake van knelpunten is. Hier is er sprake van blinde muren of een hoge drempel.

Beoordeling:
Ingeschat is dat de maatregel voldoende effectief is om waterschade bij de maatgevende bui vanuit de openbare ruimte te voorkomen. In scenario 1 is er wel sprake van een restrisico.

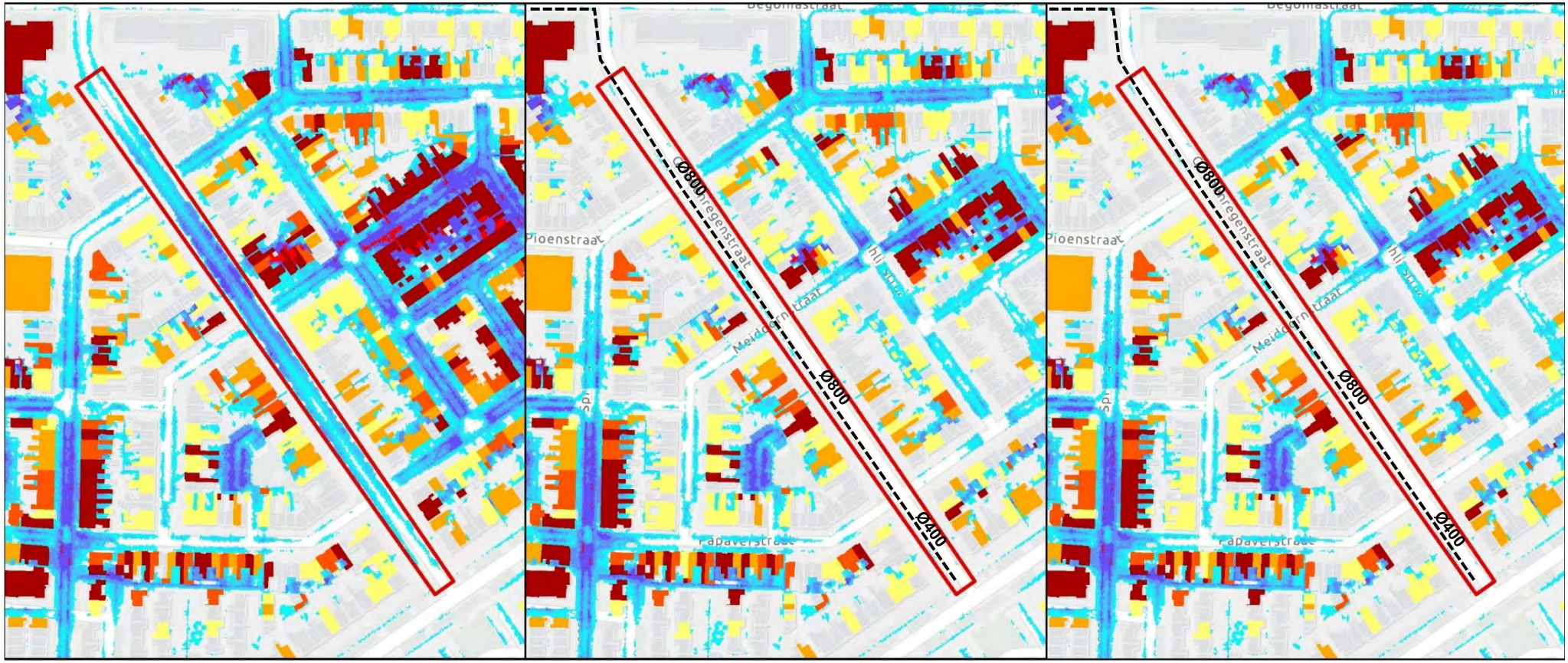
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

Goudenregenstraat

Huidige situatie | Scenario 1: Uitvoering voor 2035 | Scenario 2: Maximaal effect



Op deze locatie is er geen sprake van een knelpunt, hier wordt een maatregel getroffen die deel uitmaakt van de hwa-hoofdstructuur.

Maatregelen:
In de Goudenregenstraat wordt een HWA-riool aangelegd naar de Dokkumer Ee dat deel uitmaakt van de HWA-hoofdstructuur. De diameter van de leiding is aanzienlijk, zodat bij extreme neerslag een grote hoeveelheid water kan worden afgevoerd. De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk. Door de matregel neemt het risico op water-op-straat op de Goudenregenstraat aanzienlijk af.

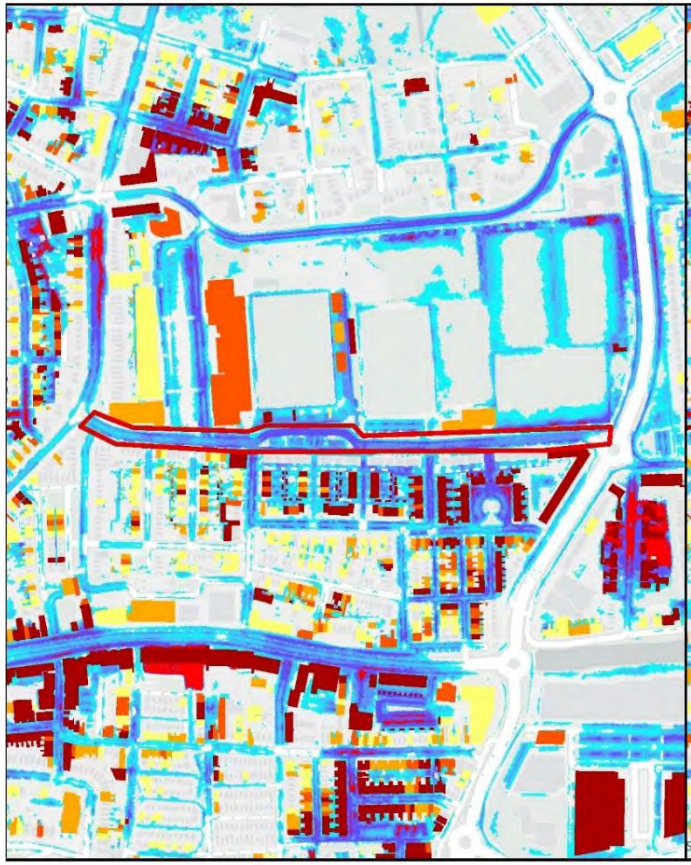
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

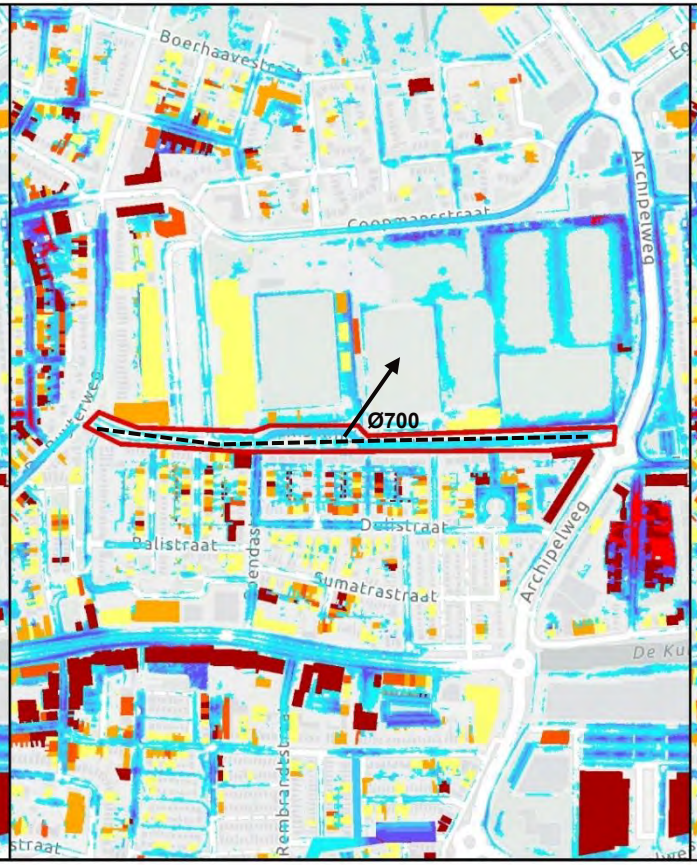
Blokbui 60 mm/u

Insulindestraat

Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect

Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag.

Maatregelen:
Een groot HWA-riool in de Insulindestraat (dit maakt deel uit van de HWA-hoofdstructuur voor Oud-Oost). Het riool voert af naar de beoogde vijverpartij in de Cambuur-omgeving (in de figuur is deze verbinding indicatief aangegeven met een pijl). De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Water-op-straat aanzienlijk af.

Beoordeling:
Het effect is beoordeeld als voldoende.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

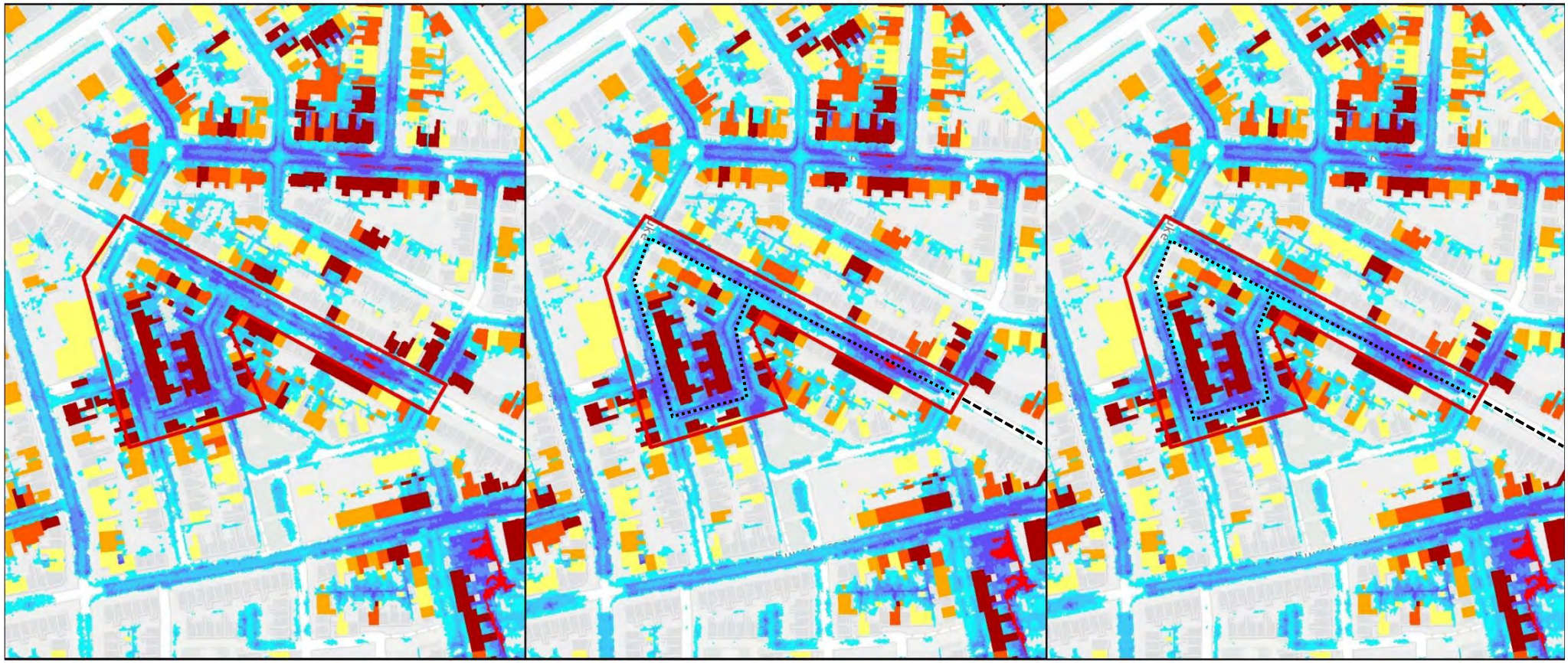
Blokbui 60 mm/u

Kalverstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat met een risico op water in panden bij extreme neerslag.

Maatregelen:
Er is onvoldoende ruimte in de straat voor het aanleggen van een hwa-riool. Daarom is er gekozen voor het toepassen van berging in de fundering van de straat. Dit is de enige maatregel die op deze locatie uitvoerbaar wordt geacht. In het gestippelde tracé is berging toegepast. Dit is via het gestreepte tracé via een overloop verbonden met de HWA-hoofdstructuur in de Pasteurweg.

Voor berging in het straatprofiel is uitgegaan van 0,5 m^3 berging onder het straatoppervlak per strekkende meter straat. De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanwezig, maar nog niet groot genoeg. Uit rekenresultaten blijkt dat bij de doorgerekende bui (60 mm/u) de berging na 26 minuten is gevuld. Hierna valt nog dermate veel neerslag, dat er nogsteeds vergelijkbare overlast optreedt. Hierbij speelt er mee dat op dit moment in de bui er geen afvoercapaciteit meer is in de riolering (deze is volledig overbelast). Alle neerslag die valt, komt hierdoor op straat te staan. Er is te weinig bergingsruimte aanwezig om overlast te voorkomen.

Beoordeling:
De maatregel volstaat niet. Verwacht mag worden dat als er meer berging wordt gerealiseerd (tweemaal zo veel), er wel sprake is van het benodigd effect.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

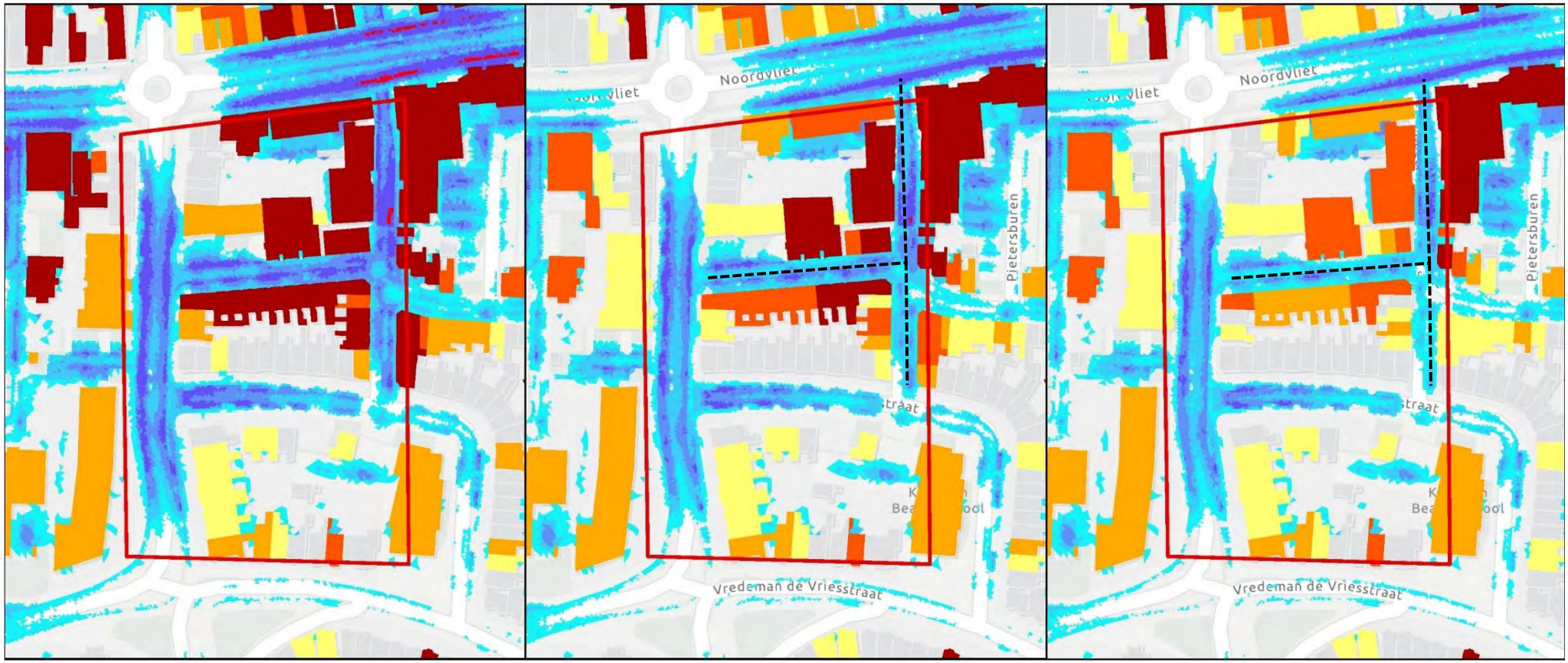
Blokbui 60 mm/u

Keetwaltje

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade in panden.

Maatregelen:
HWA-riool (zie zwarte markering) om water te kunnen afvoeren naar het nieuwe beoogde HWA-riool in het Noordvliet. In scenario 1 is de diameter beoogd als rond 400 mm, in scenario 2 als rond 600 mm.

Effect:
Het effect van de maatregel is zichtbaar, maar niet zodanig dat wateroverlast volledig wordt voorkomen.

Beoordeling:
Ingeschat is dat er sprake blijft van een risico van water-op-straat. Overwogen kan worden om na te gaan of er ondanks beperkte ruimte, toch mogelijkheden zijn om een groter riool aan te leggen, of er toch voor te kiezen om op een later moment (verre toekomst) alsnog een hwa-riool aan te leggen in de Bote van Bolswertstraat tussen de Willem Lorestraat en het Vliet (in deze straat is onlangs nieuw asfalt aangebracht).

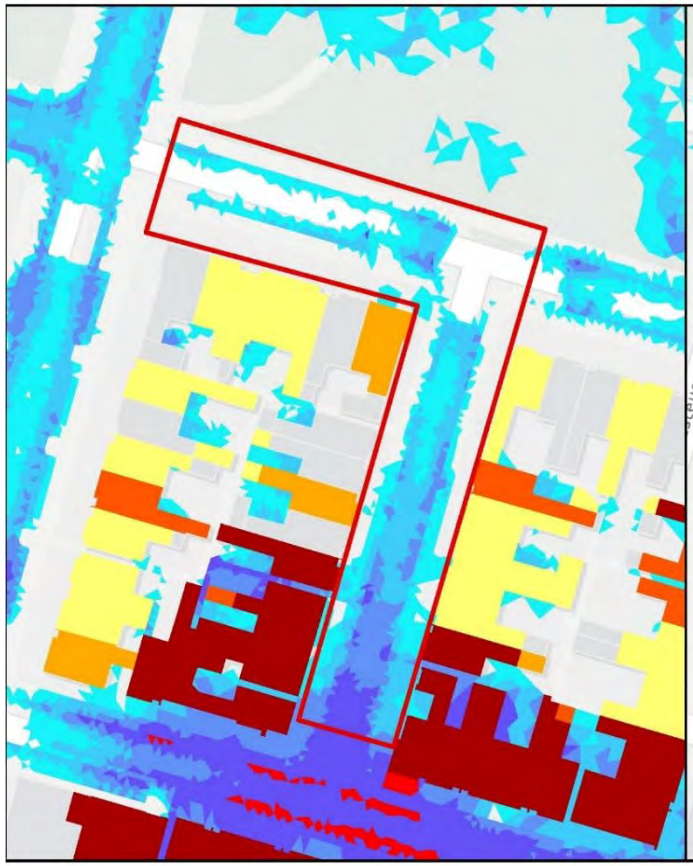
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

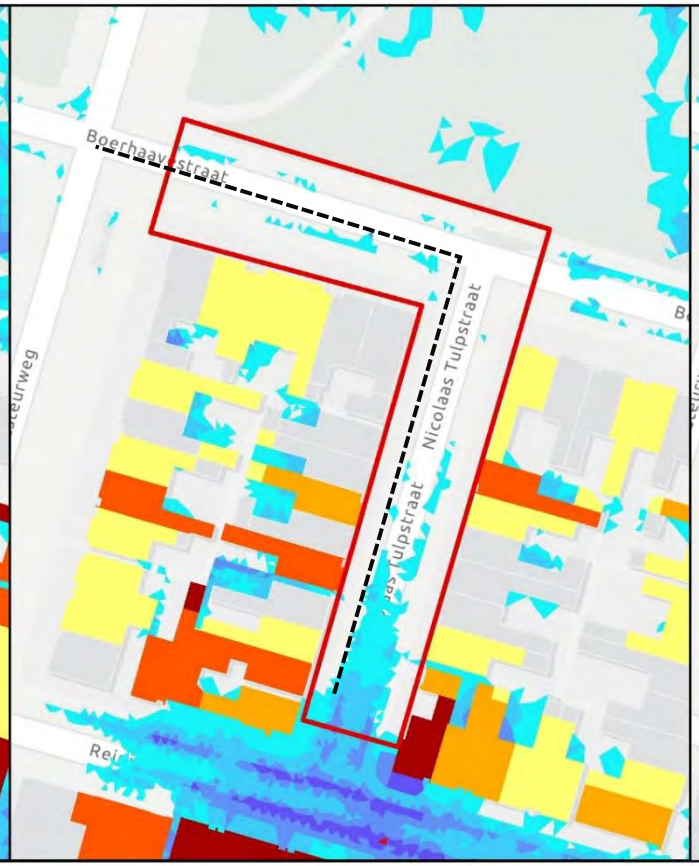
Blokbui 60 mm/u

Nicolaas Tulpstraat

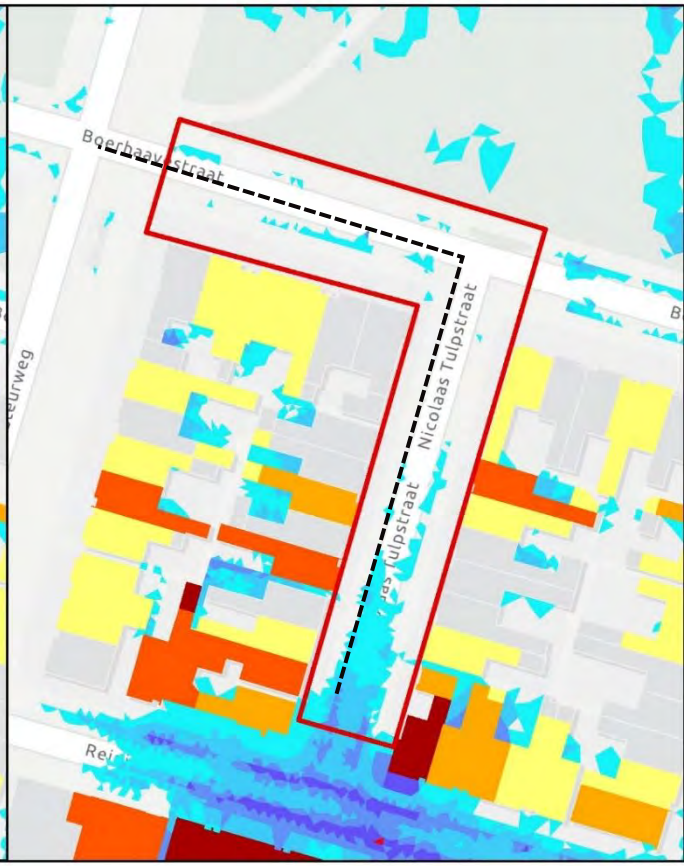
Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade in panden.

Maatregelen:
HWA-riool rond 400 mm naar hoofdriool in de Pasteurweg. Riool niet verbinden met beoogd hwa-riool in de Reinier de Graafstraat.

De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
De maatregel heeft effect, maar water-op-straat verdwijnt niet volledig.

Beoordeling:
Ingeschat is dat het effect van de maatregel voldoende is.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

Noordvliet

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect

Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag.

Maatregelen:
Het bestaande riool (rond 1000) in het Vliet tussen de Bleeklaan en de Stadsgracht wordt niet gebruikt (t.h.v. de Stadsgracht is een schildmuur aanwezig). Dit riool kan worden ingezet als HWA-riool door aangesloten gemengde leidingen los te koppelen en de schildmuur door te breken. De leiding maakt hiermee deel uit van de hoofdafvoerstructuur van Oud-Oost. Hiervoor worden kolken zoveel mogelijk aangesloten op het nieuwe hwa-riool.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanzienlijk. Indien ervoor wordt gekozen om ook ten oosten van de rotonde met de Bleeklaan een nieuw HWA-riool aan te leggen in lagere delen van het Vliet (diameter rond 400 aan de oostzijde ervan, rond 600 aan de westzijde richting de rotonde) en dit aan te sluiten op het HWA-riool ten westen van de rotonde, kan het water-op-straat aanzienlijk worden beperkt. Een aandachtspunt is dat er driemaal zoveel kolken dienen te worden aangebracht als gebruikelijk in de lagere delen van het Vliet i.v.m. het grote wateraanbod.

Beoordeling:
Het effect is aanzienlijk maar mogelijk onvoldoende. Verlengen van het hwa-riool in oostelijke richting en het vergroten van het aantal kolken heeft een positief effect.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

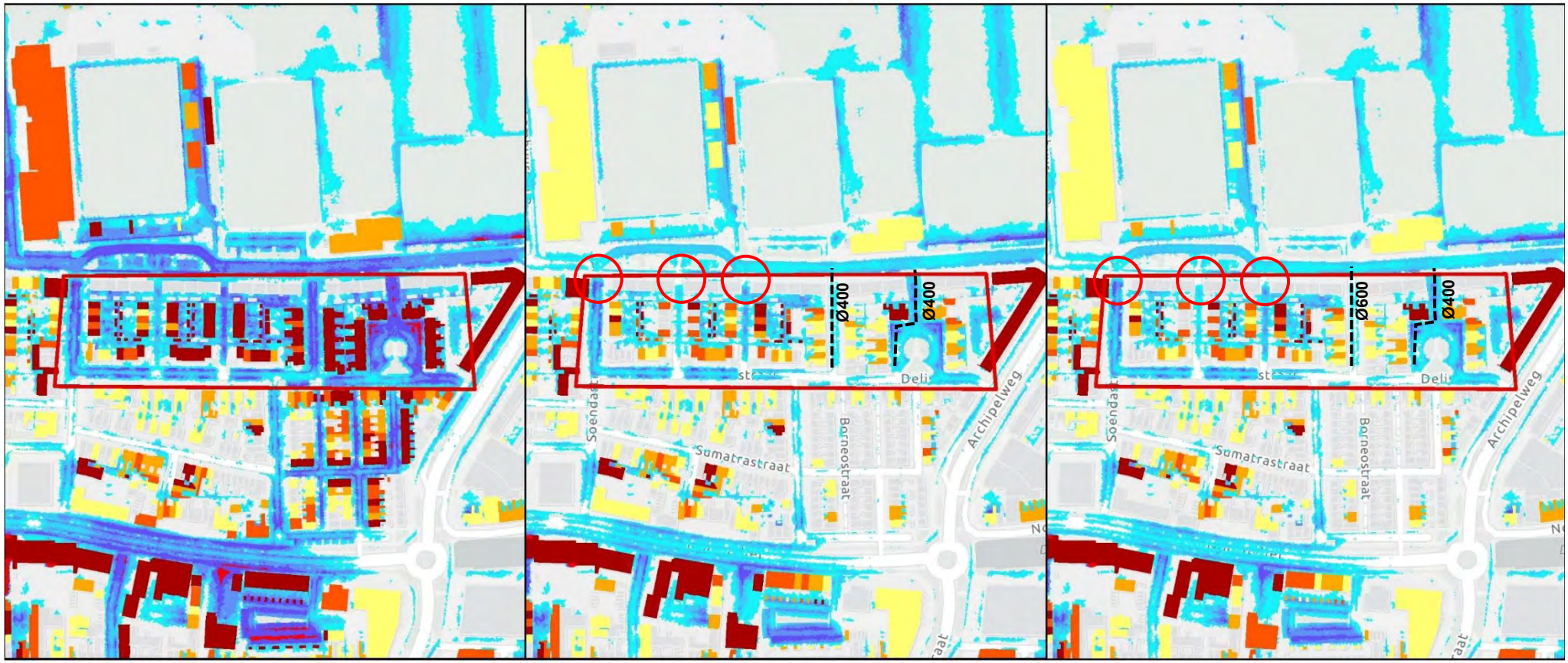
Blokbui 60 mm/u

Omg. 2e Delidwarsstraat & Bataviaplein

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag net een risico op schade.

Maatregelen:
- HWA-riolen (zwarte markering) naar het HWA-hoofdriool in de Insulindestraat.
- Op drie locaties (rode cirkels) kolken aansluiten op het hwa-riool in de Insulindestraat. Er is voor gekozen om alleen de kolken aan de noordzijde van de straten aan te sluiten, i.v.m. recente herinrichtingen.

Effect:
Het effect van de maatregelen is aanzienlijk. Overwogen kan worden om i.p.v. een leiding rond 600 in de Timorstraat, een leiding rond 400 toe te passen.

Beoordeling:
Het effect van de maatregelen is beoordeeld als voldoende. Verwacht wordt dat grote knelpunten in de praktijk worden voorkomen.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

Omg. Cornelis Frederiksstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect

Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag.

Maatregelen:
HWA-riool naar het oppervlaktewater (rond 600 mm in scenario 2, rond 400 mm in scenario 1).

Effect:
Een riool met diameter 400 mm is beperkt effectief, een groter riool leidt tot veel verbetering.

Beoordeling:
Het resultaat is beoordeeld. Op basis hiervan is geconcludeerd dat de maatregel in scenario 2 voldoende effectief is.

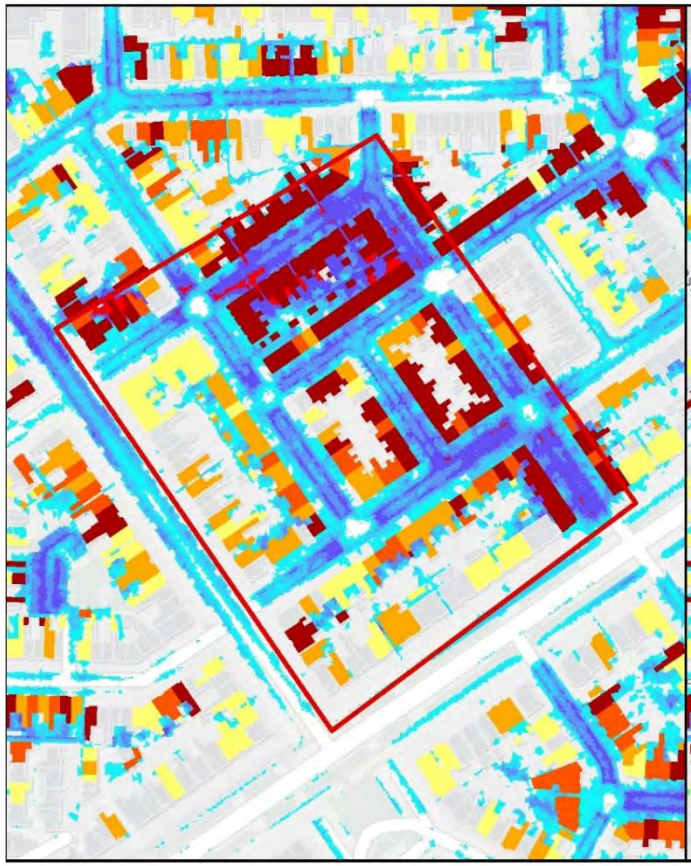
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

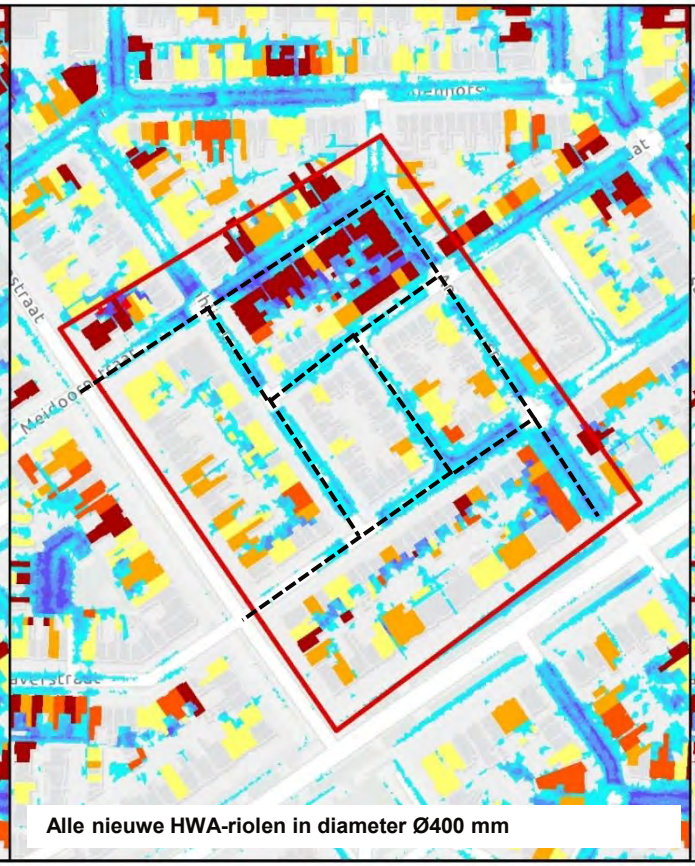
Blokbui 60 mm/u

Omg. Dahliastraat

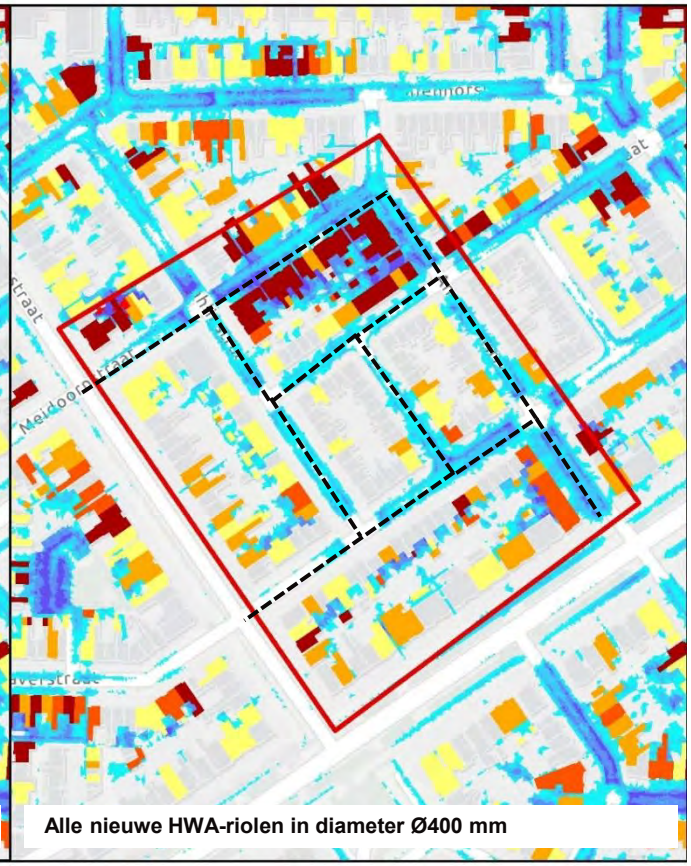
Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade in panden.

Maatregelen:
HWA-riool rond 400 mm naar hoofdriool in de Goudenregenstraat. Riool niet verbinden met beoogd hwa-riool in de Reinier de Graafstraat.

De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
De maatregel heeft aanzienlijk effect, maar water-op-straat verdwijnt niet volledig.

Beoordeling:
Beoordeeld is dat het effect van de maatregel voldoende is.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

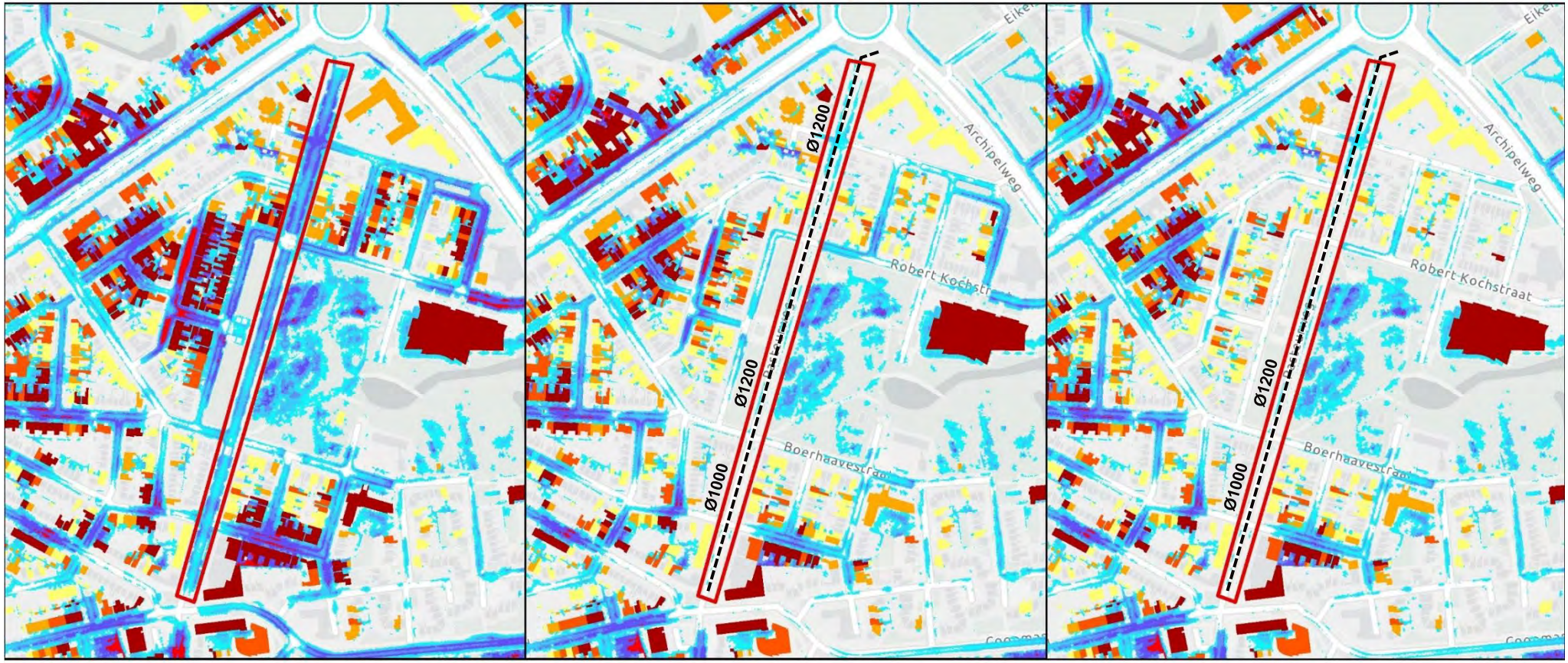
Blokbui 60 mm/u

Pasteurweg

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme buien.

Maatregelen:
Een groot HWA-riool in de Pasteurweg (dit maakt deel uit van de HWA-hoofdstructuur) en voert af naar de nieuw te realiseren vijver in de Eikenstraat. De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Het effect van de maatregel is groot. Het water-op-straat neemt aanzienlijk af.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

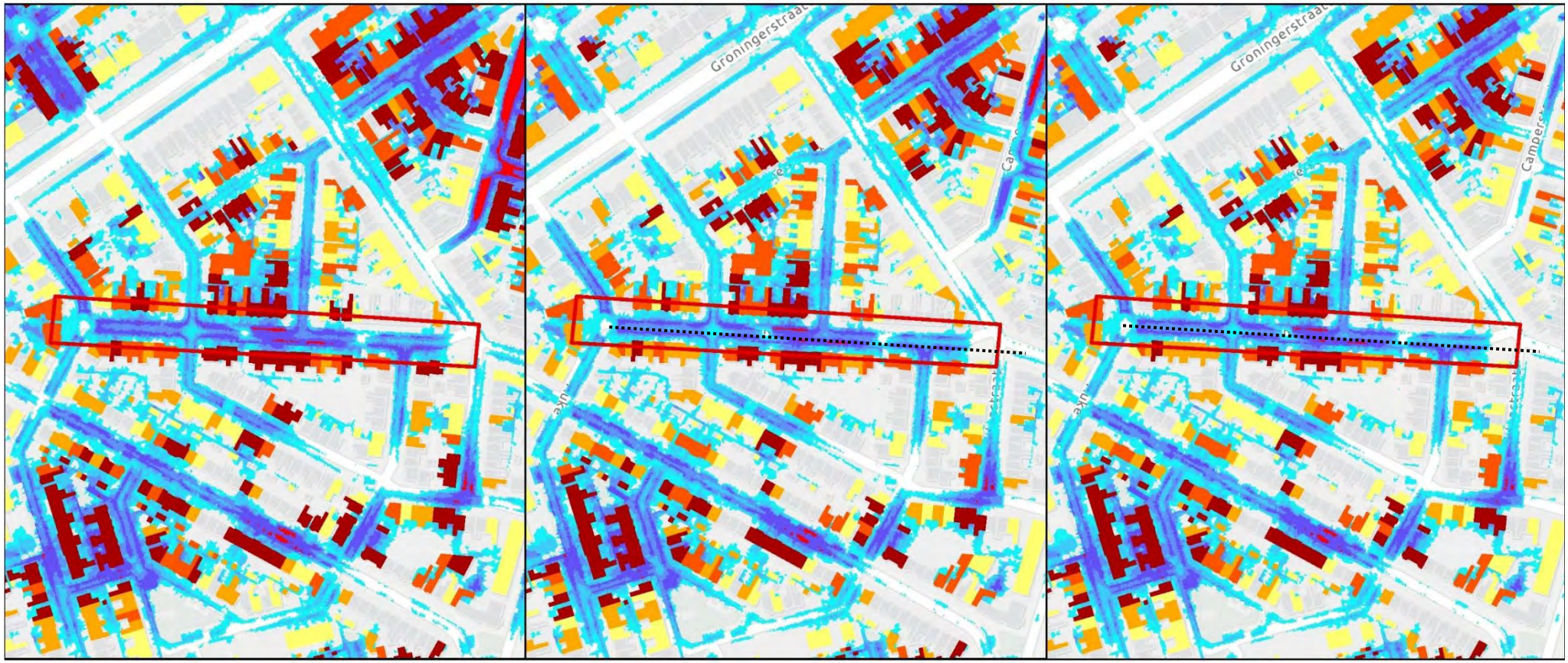
Blokbui 60 mm/u

Ramstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat met een risico op water in panden bij extreme neerslag.

Maatregelen:
Er is onvoldoende ruimte in de straat voor het aanleggen van een hwa-riool. Daarom is er gekozen voor het toepassen van berging in de fundering van de straat. Dit is de enige maatregel die op deze locatie uitvoerbaar wordt geacht. In het gestippelde tracé is berging toegepast, dit is aan de oostzijde via een overloop verbonden met de HWA-hoofdstructuur in de Pasteurweg.

Voor berging in het straatprofiel is uitgegaan van 0,5 m^3 berging onder het straatoppervlak per strekkende meter straat. De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanwezig, maar nog niet groot genoeg. Uit rekenresultaten blijkt dat bij de doorgerekende bui (60 mm/u) de berging na 25 minuten is gevuld. Hierna valt nog dermate veel neerslag, dat er nogsteeds vergelijkbare overlast optreedt. Hierbij speelt er mee dat op dit moment in de bui er geen afvoercapaciteit meer is in de riolering (deze is volledig overbelast). Alle neerslag die valt, komt hierdoor op straat te staan. Er is te weinig bergingsruimte aanwezig om overlast te voorkomen.

Beoordeling:
De maatregel volstaat niet. Verwacht mag worden dat als er meer berging wordt gerealiseerd (tweemaal zo veel), er wel sprake is van het benodigd effect.

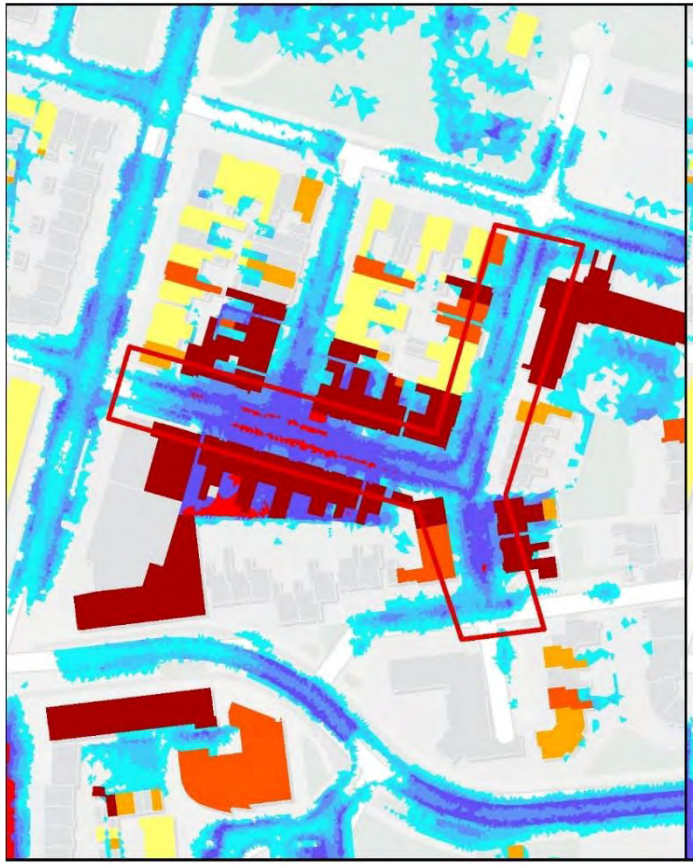
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

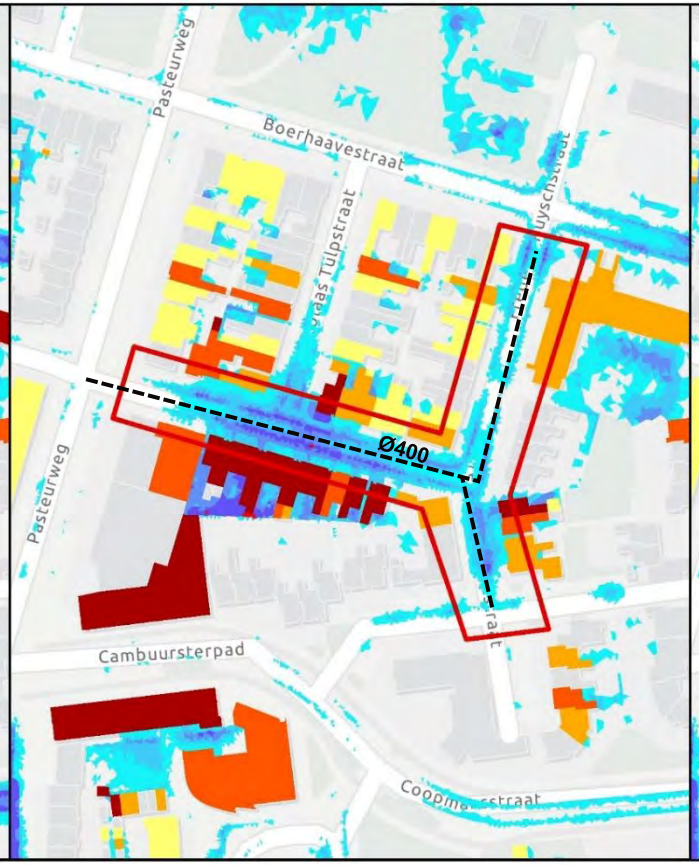
Blokbui 60 mm/u

Reinier de Graafstraat

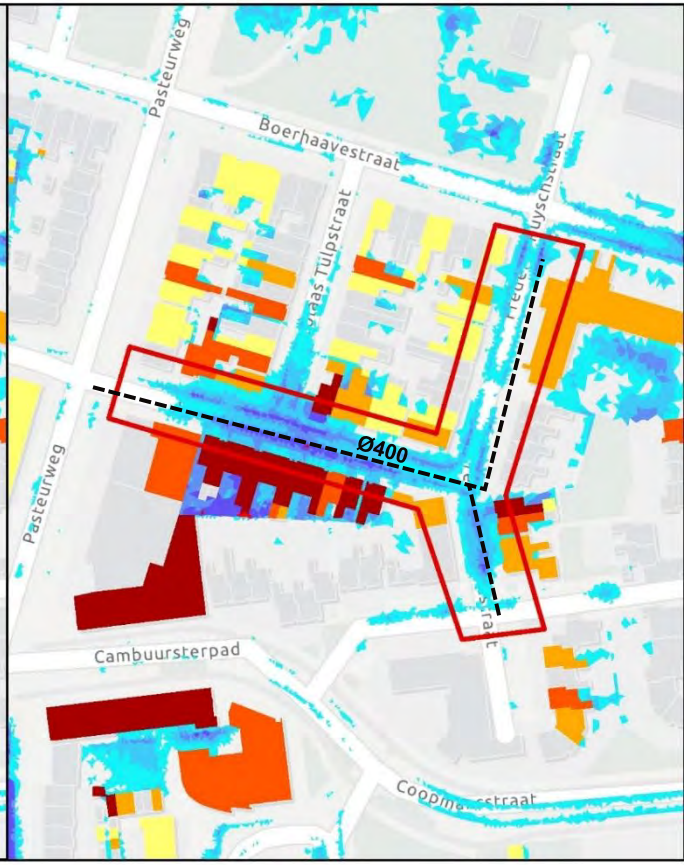
Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade in panden.

Maatregelen:
HWA-riool rond 400 mm naar hoofdriool in de Pasteurweg. Riool niet verbinden met beoogd hwa-riool in de Nicolaas Tulpstraat.

De maatregel is in scenario 1 en 2 gelijk.

Effect:
De maatregel heeft effect, maar water-op-straat verdwijnt niet volledig.

Beoordeling:
Ingeschat is dat het effect van de maatregel voldoende is.

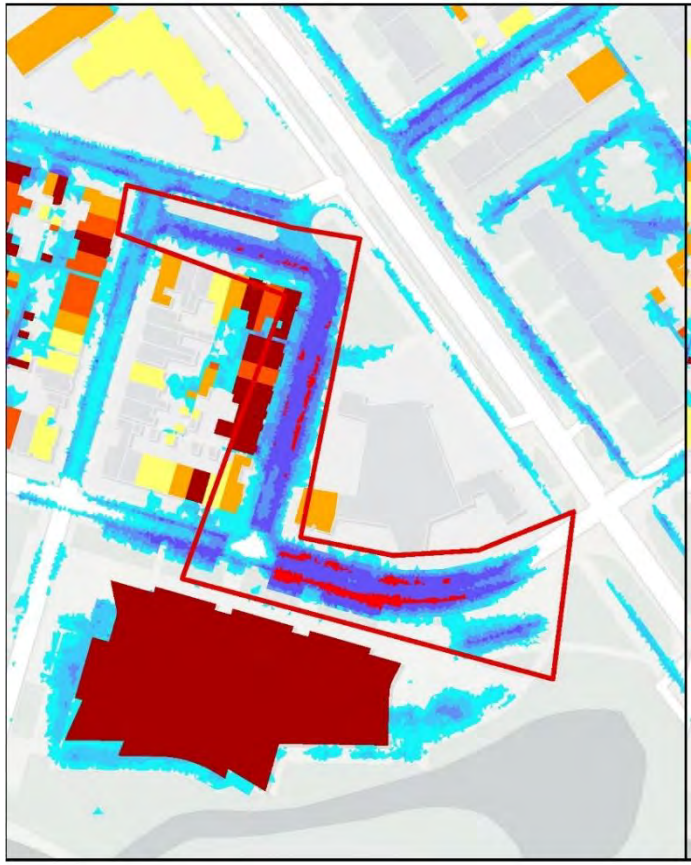
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

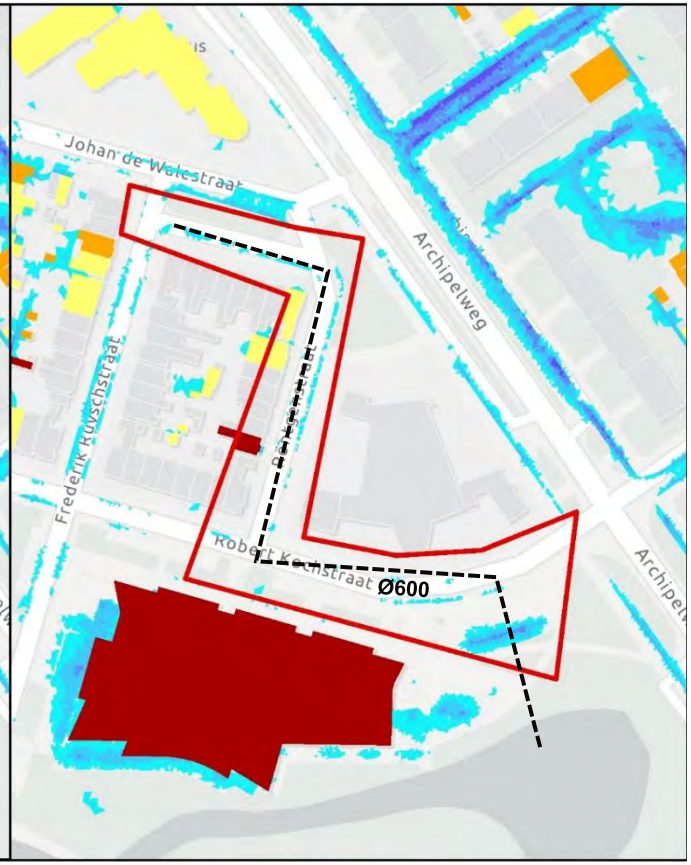
Rontgenstraat

Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op wateroverlast in panden.

Maatregelen:
HWA-riool, zie zwarte arcering in de figuren, (diameter in scenario 1 Ø400 mm, in scenario 2 Ø600 mm) dat afvoert naar de vijver in het Zamenhofpark.

Effect:
Het effect van de maatregel is groot, met name in scenario 2.

Beoordeling:
In scenario 2 is het effect voldoende om het risico op schade te beperken.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

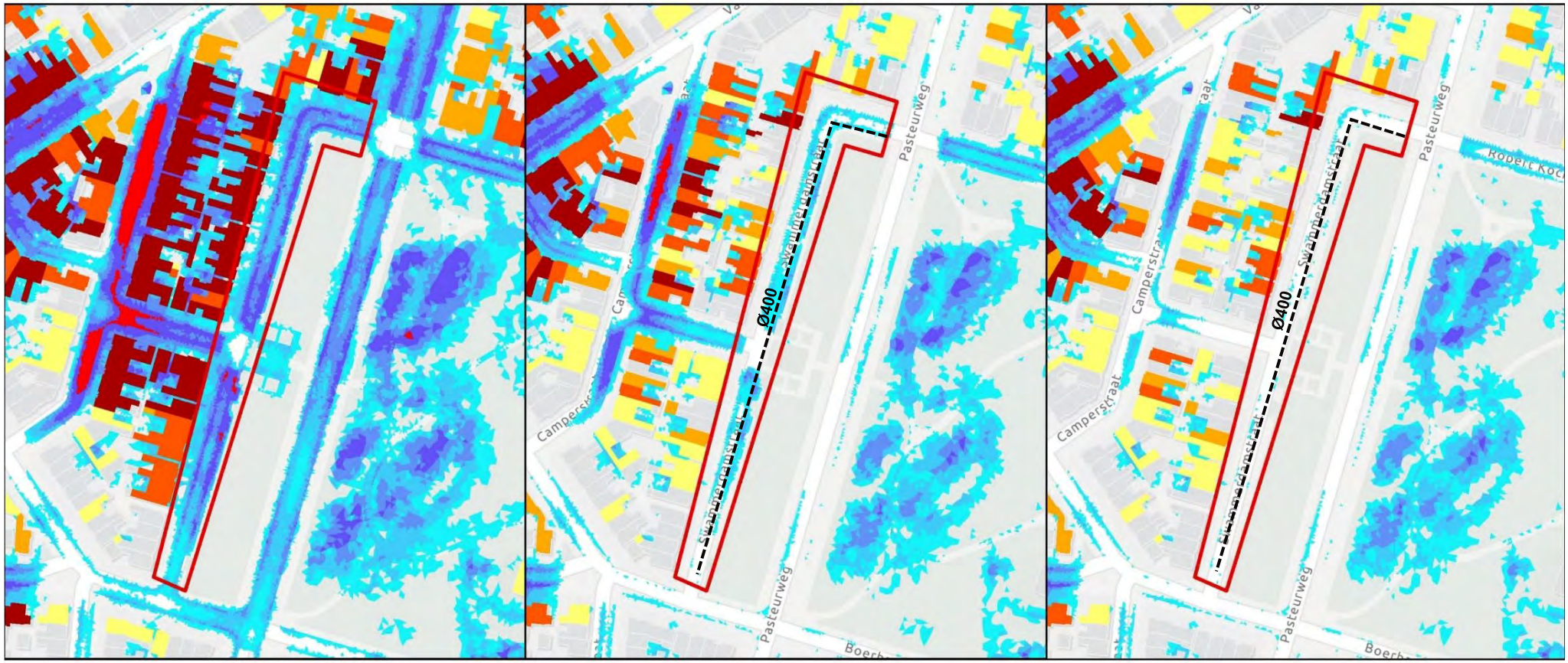
Blokbui 60 mm/u

Swammerdamstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op wateroverlast in panden.

Maatregelen:
HWA-riool, zie zwarte arcering in de figuren, (diameter in zowel scenario 1 als in scenario 2 Ø400 mm). Het riool wordt aangesloten op het hwa-riool in de Pasteurstraat.

Effect:
Het effect van de maatregel is groot. Ondanks toepassing van dezelfde diameter, is het effect in scenario 2 groter. Dit komt doordat in scenario 2 een grotere afvoerleiding naar het Zamenhofpark wordt toegepast (dit maakt deel uit van de maatregel 'Camperstraat').

Beoordeling:
Het effect van de maatregel is beoordeeld als voldoende.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

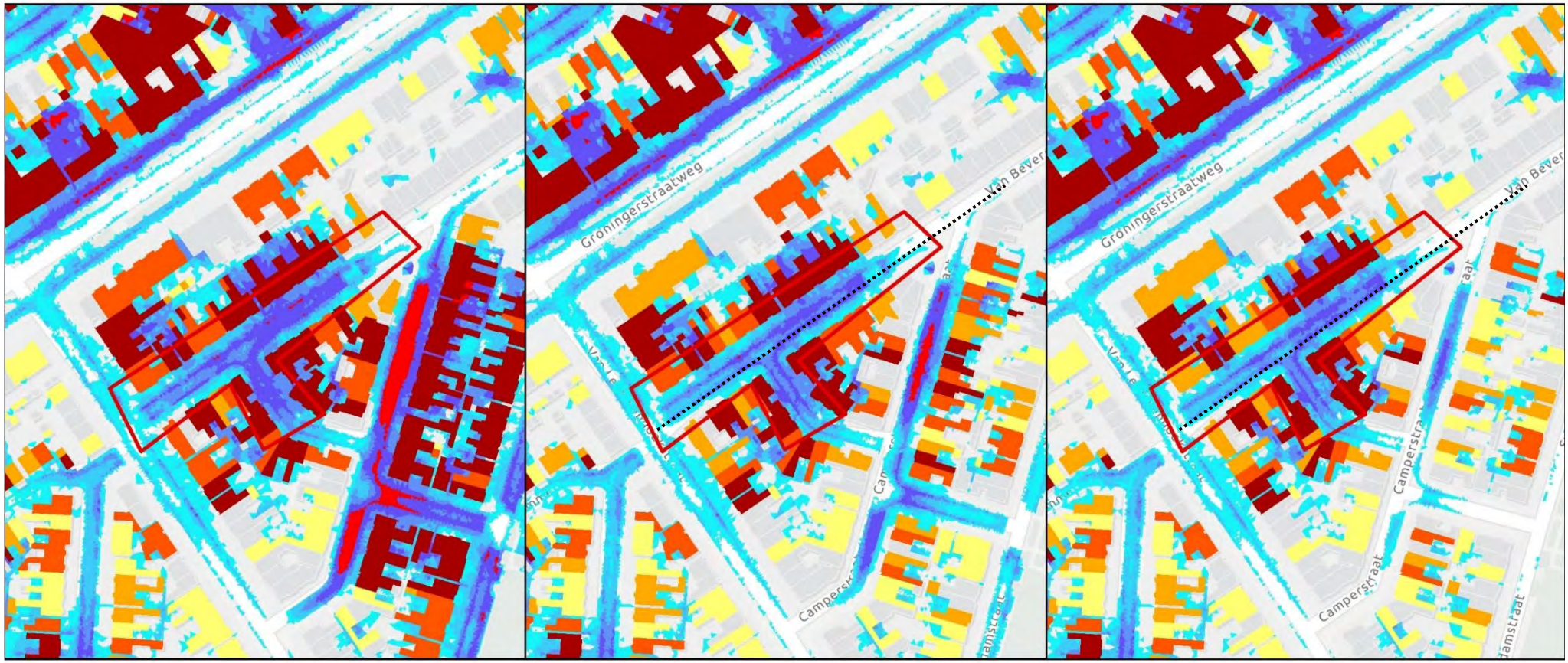
Blokbui 60 mm/u

Van Beverwijckstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat met een risico op water in panden bij extreme neerslag.

Maatregelen:
Er is onvoldoende ruimte in de straat voor het aanleggen van een hwa-riool. Daarom is er gekozen voor het toepassen van berging in de fundering van de straat. Dit is de enige maatregel die op deze locatie uitvoerbaar wordt geacht. In het gestippelde tracé is berging toegepast. Dit is aan de noordoostzijde via een overloop verbonden met de HWA-hoofdstructuur in de Pasteurweg.

Voor berging in het straatprofiel is uitgegaan van 0,5 m^3 berging onder het straatoppervlak per strekkende meter straat.

Effect:
Het effect van de maatregel is aanwezig, maar nog niet groot genoeg. Uit rekenresultaten blijkt dat bij de doorgerekende bui (60 mm/u) de berging na 37 minuten is gevuld. Hierna valt nog dermate veel neerslag, dat er nogsteeds vergelijkbare overlast optreedt. Hierbij speelt er mee dat op dit moment in de bui er geen afvoercapaciteit meer is in de riolering (deze is volledig overbelast). Alle neerslag die valt, komt hierdoor op straat te staan. Er is te weinig bergingsruimte aanwezig om overlast te voorkomen.

Beoordeling:
De maatregel volstaat niet. Verwacht mag worden dat als er meer berging wordt gerealiseerd (ongeveer de helft extra), er wel sprake is van het benodigd effect.

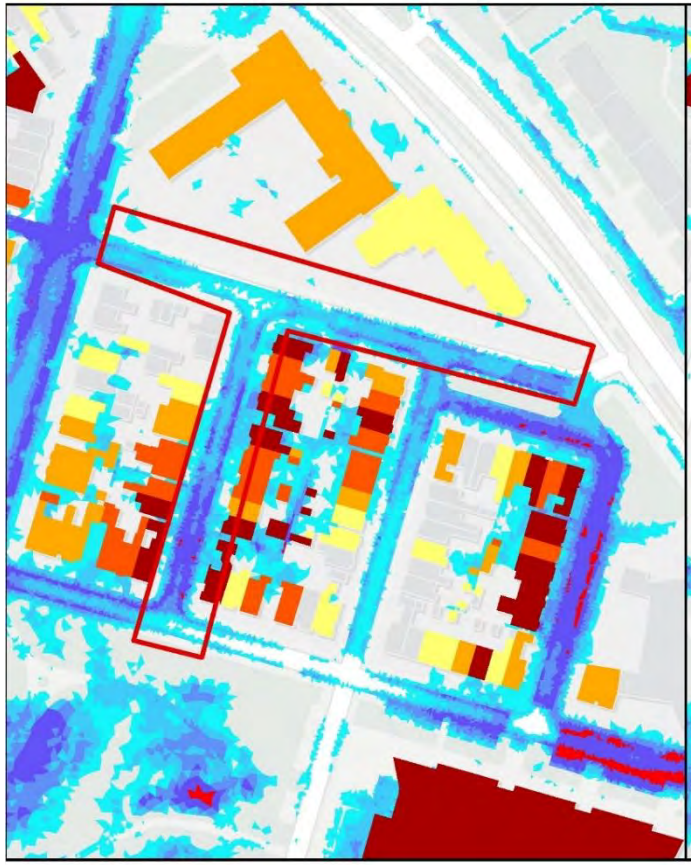
Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

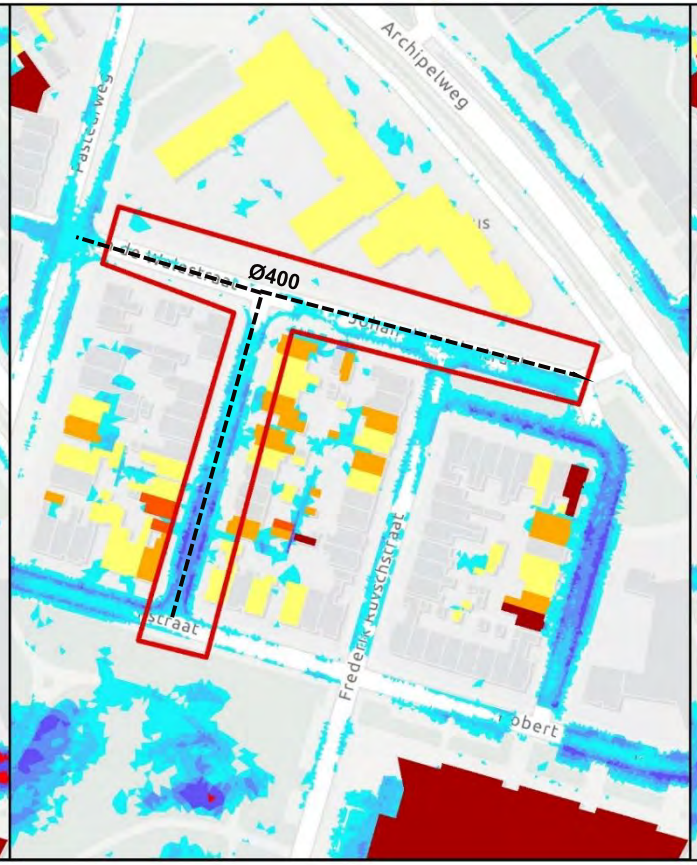
Blokbui 60 mm/u

Van Roonhuysestraat

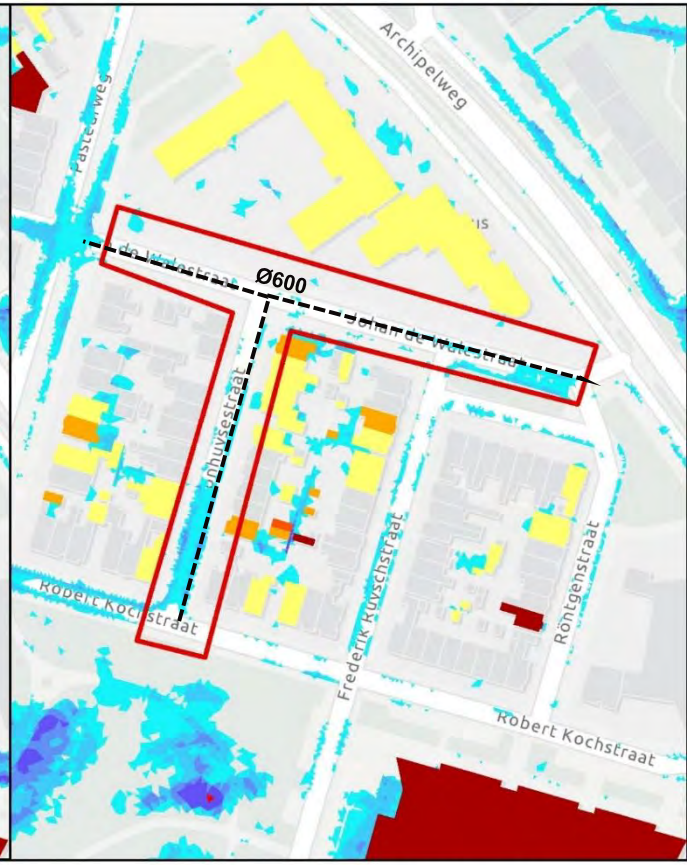
Huidige situatie



Scenario 1: Uitvoering voor 2035



Scenario 2: Maximaal effect



Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op wateroverlast in panden.

Maatregelen:
HWA-riool, zie zwarte arcering in de figuren, (diameter in scenario 1 Ø400 mm, in scenario 2 Ø600 mm) dat afvoert naar het hoofdriool in de Pasteurstraat.

Effect:
Het effect van de maatregel is groot, met name in scenario 2.

Beoordeling:
In scenario 2 is het effect voldoende om het risico op schade te beperken.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Blokbui 60 mm/u

Willem Sprengerstraat

Huidige situatie

Scenario 1: Uitvoering voor 2035

Scenario 2: Maximaal effect

Knelpunt:
Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op wateroverlast in panden.

Maatregelen:
HWA-riool, zie zwarte arcering in de figuren, diameter Ø400 mm in zowel scenario 1 als in scenario 2). Het riool voert af naar het beoogde HWA-hoofdriool in de Goudenregenstraat. Er is voor deze maatregel gekozen, omdat een groter hwa-riool niet uitvoerbaar is. Alternatieve maatregelen zijn niet mogelijk. Indien bij de nadere uitwerking van het ontwerp blijkt dat verdere vergroting van het riool aan de noordzijde van het tracé mogelijk is, dan wordt nadrukkelijk aanbevolen om deze kans te benutten.

Effect:
Het effect van de maatregel is in het modelresultaat beperkt.

Beoordeling:
Beoordeeld is dat er beperkt effect is door de maatregel. Heroverwogen kan worden of het aanbrengen van berging in de fundering van de straat, in combinatie met het beoogde hwa-riool, op deze locatie haalbaar is.

Waterhoogte tegen panden
- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

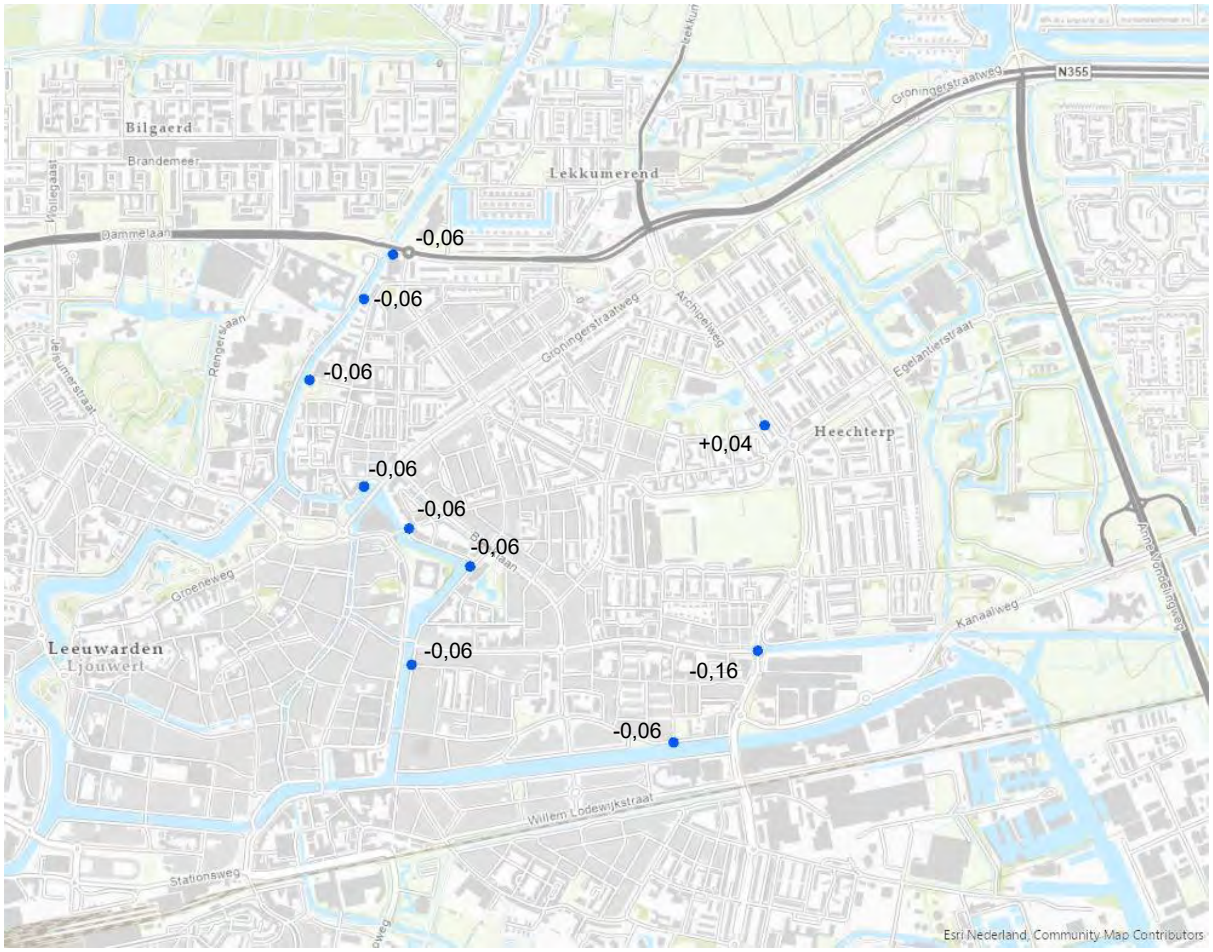
Water op straat
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Bijlage B Overstorthoogten gebied Oud-Oost

Overzicht overstorthoogten gemengd stelsel

In onderstaand overzicht zijn de overstorthoogten weergegeven van het gemengd rioolssysteem binnen het gebied Oud-Oost.

Waarden zijn weergegeven in mNAP.



Bijlage C Rekenresultaat / HWA-hoofdstructuur

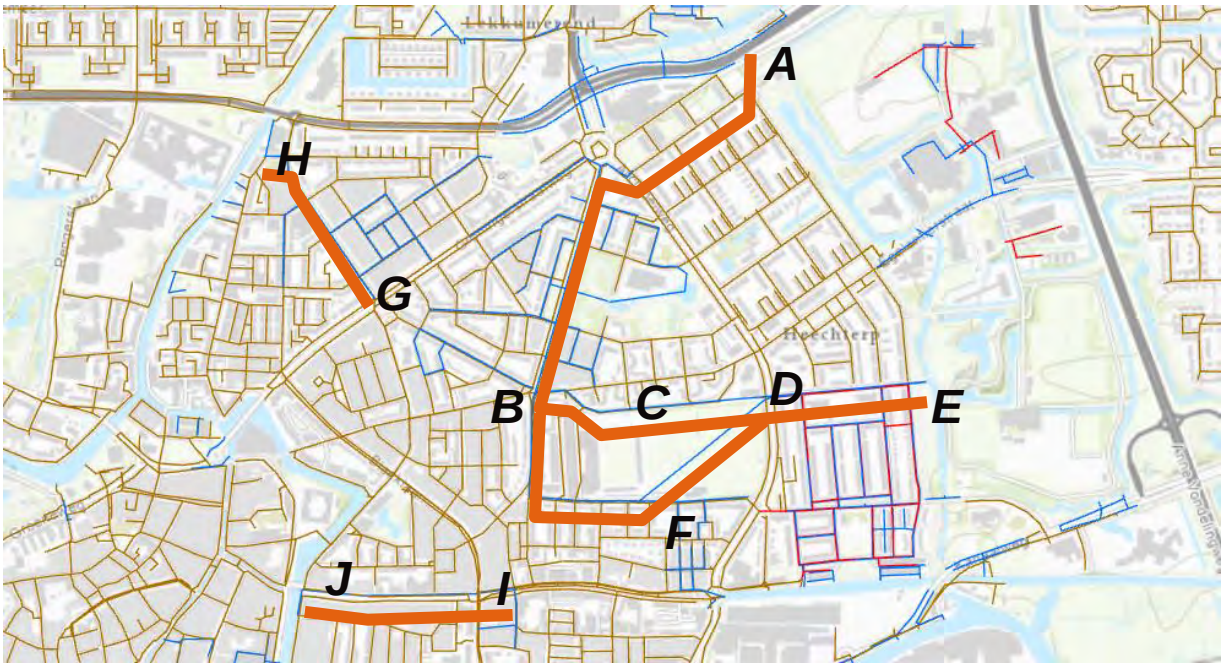
Rekenresultaat HWA-Hoofdstructuur

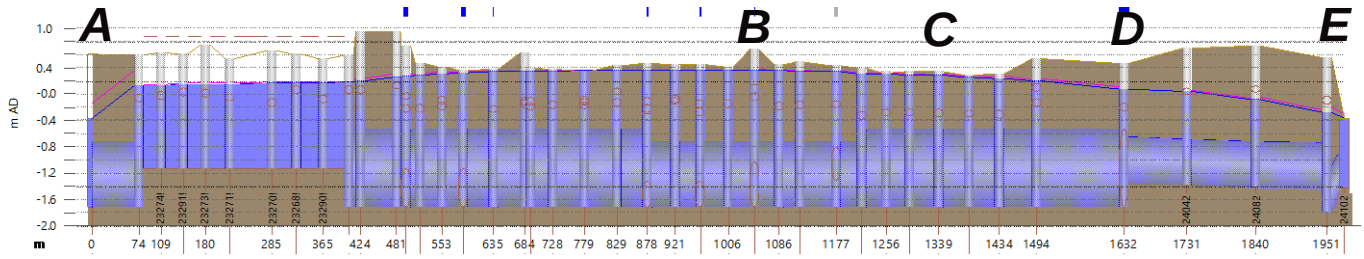
In deze bijlage zijn rekenresultaten beschreven van de HWA-hoofdstructuur. Op de volgende pagina zijn lengteprofielen weergegeven over de HWA-hoofdstructuur wat inzicht geeft in de waterpeilen op de piek van een 60 mm/u-blokbui.

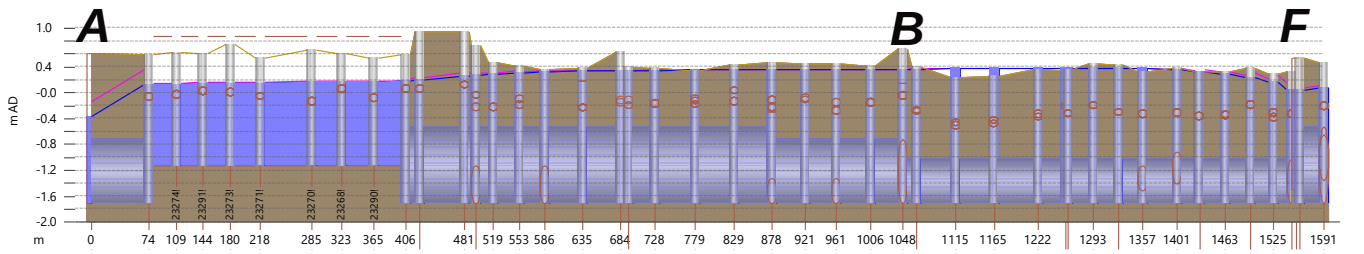
De vier profielen geven inzicht in maximale waterstanden op de volgende tracés:
- Vanaf waterpartij Heechterp (noordzijde plan), via de Pasteurstraat, Coopmansstraat en de bestaande duiker in de Plataanstraat;
- Vanaf waterpartijd Heechterp (noordzijde plan), via de Pasteurstraat, via voormalig Cambuurstadion naar de Insulindestraat tot aan de toekomstige vijverpartij in de ontwikkeling van het voormalig Cambuurstadion;
- De Goudenregenstraat;
- Het Vliet.

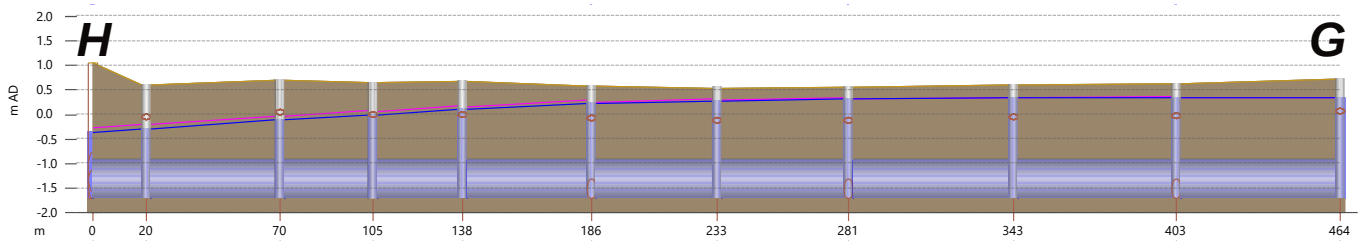
De letters in de profielen komen overeen met de letters in de bijhorende plattegrond.

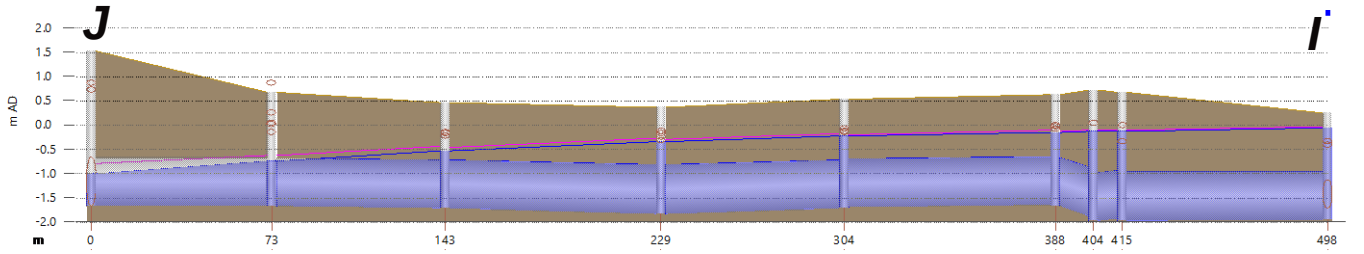
Figuren met optredende waterstanden bij extreme neerslag. Zie de toelichting op de vorige pagina.







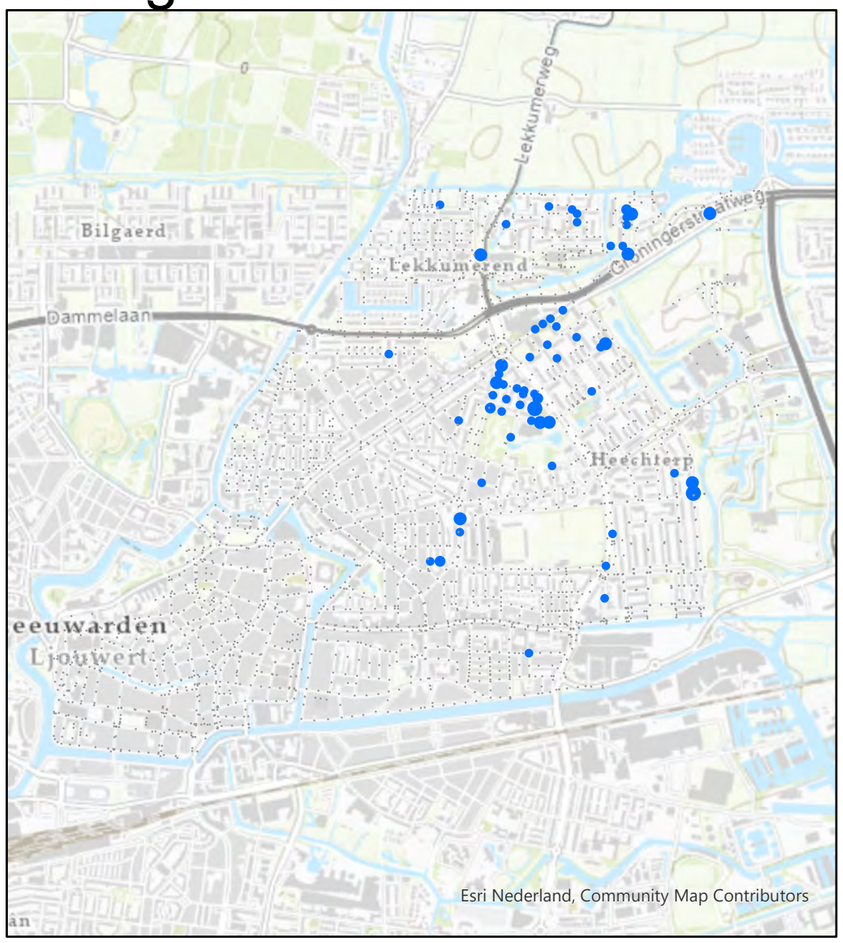




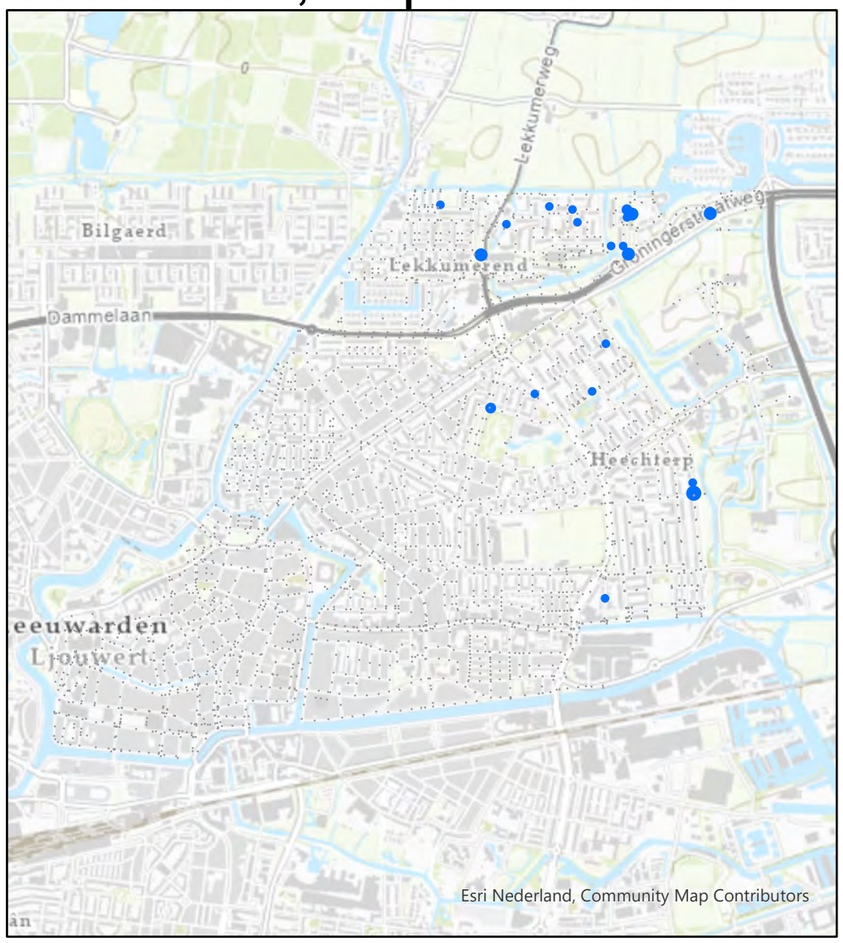
De volgende pagina’s geven inzicht in de water-op-straat situatie bij verschillende standaardbuien en de verbetering waarvan sprake is bij de beoogde maatregelen.

Water-op-straat situatie standaardbui 06

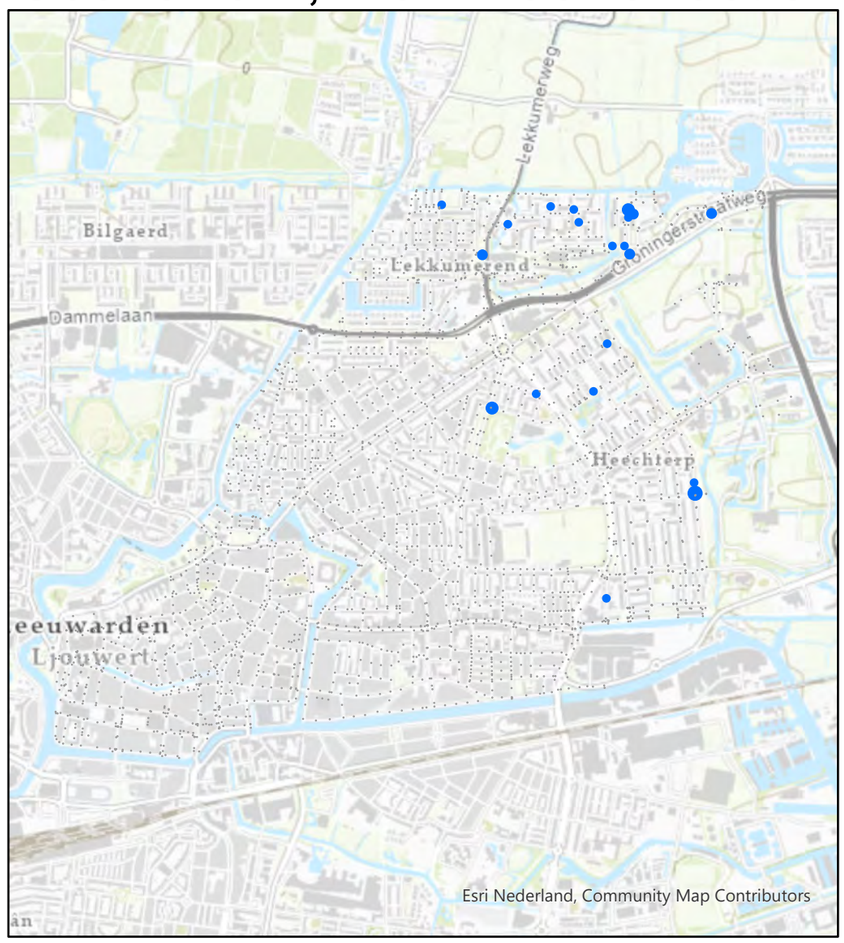
Huidige situatie



Scenario 1, Beperkt effectief



Scenario 2, Maximaal effectief

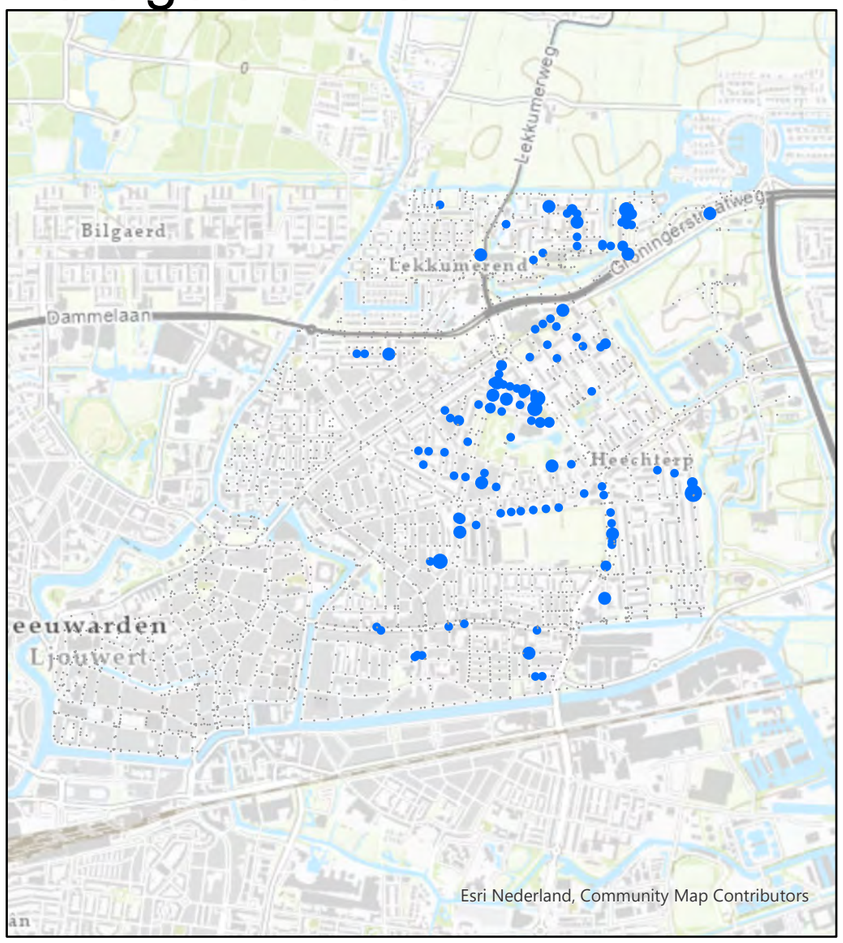


Water-op-straat [m3]

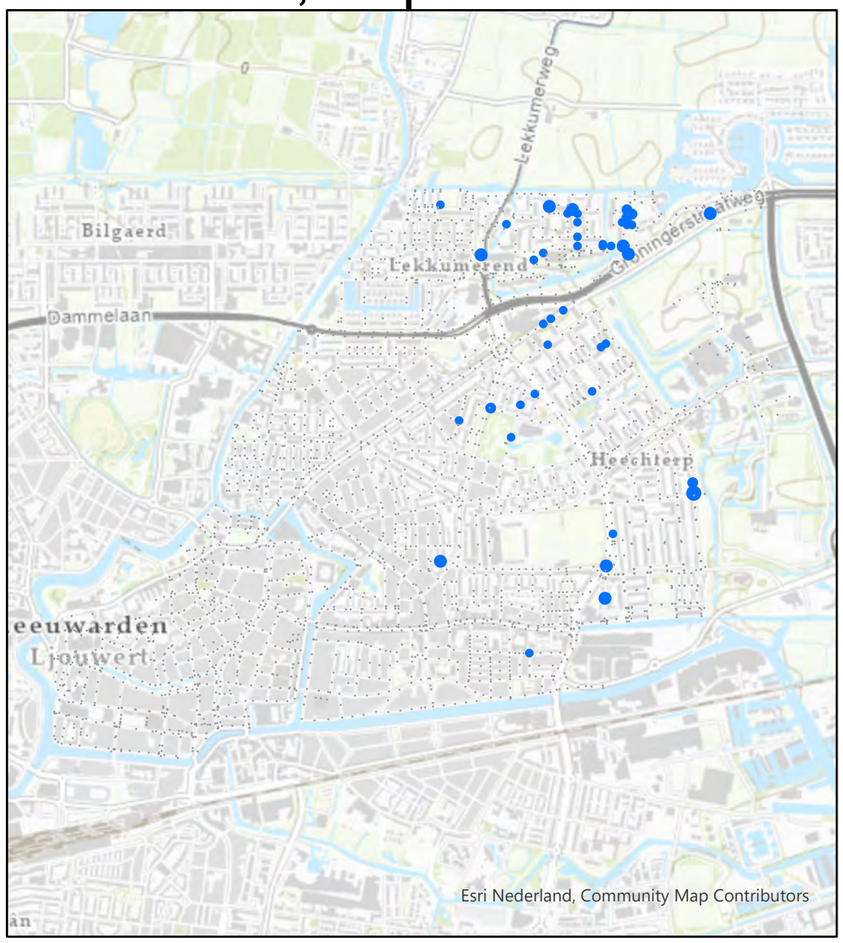
- 0.000000 - 0.100000
- 0.100001 - 5.000000
- 5.000001 - 10.000000
- 10.000001 - 25.000000
- 25.000001 - 50.000000
- 50.000001 - 1000.000000

Water-op-straat situatie standaardbui 07

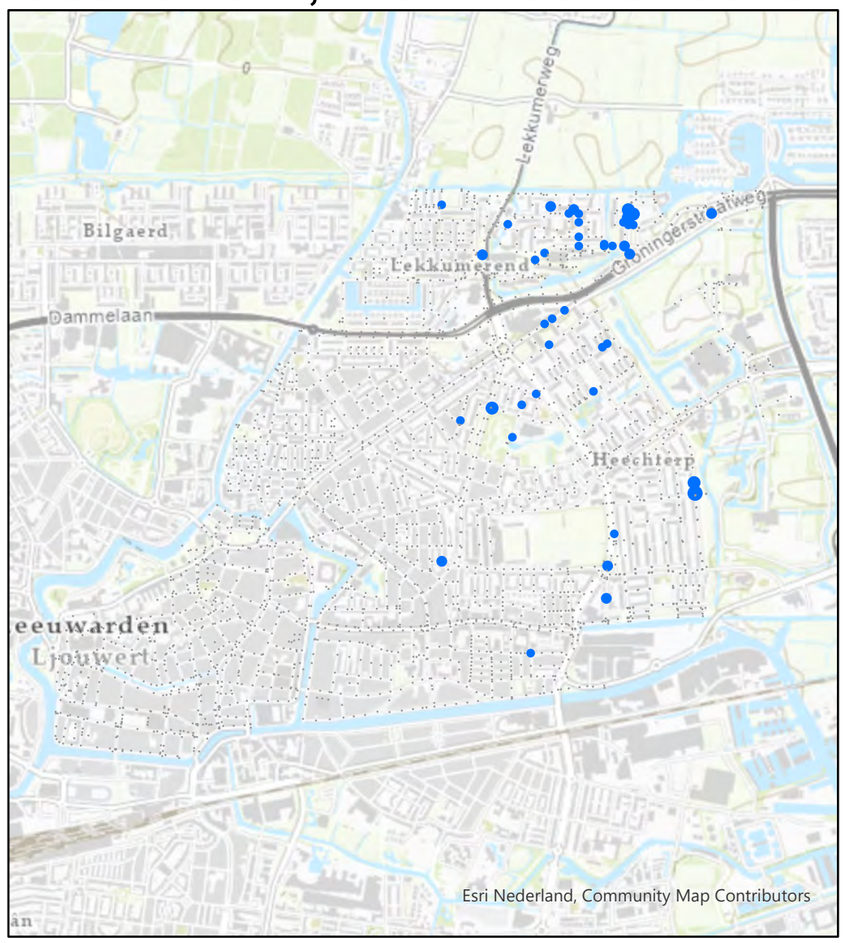
Huidige situatie



Scenario 1, Beperkt effectief



Scenario 2, Maximaal effectief

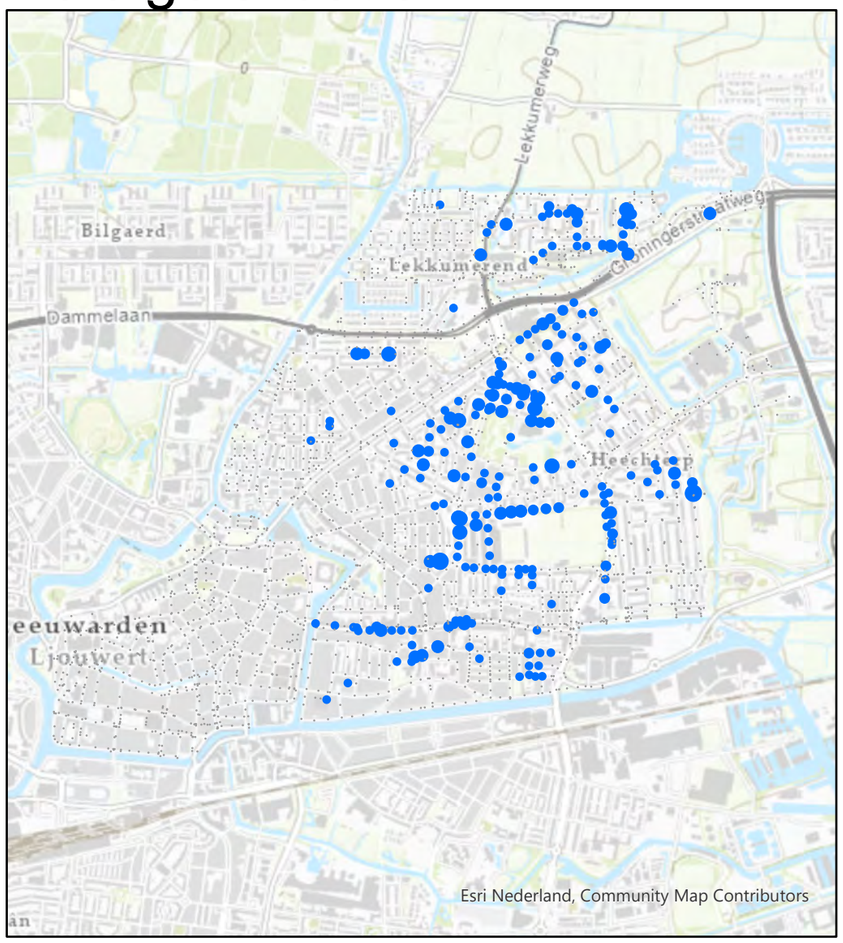


Water-op-straat [m3]

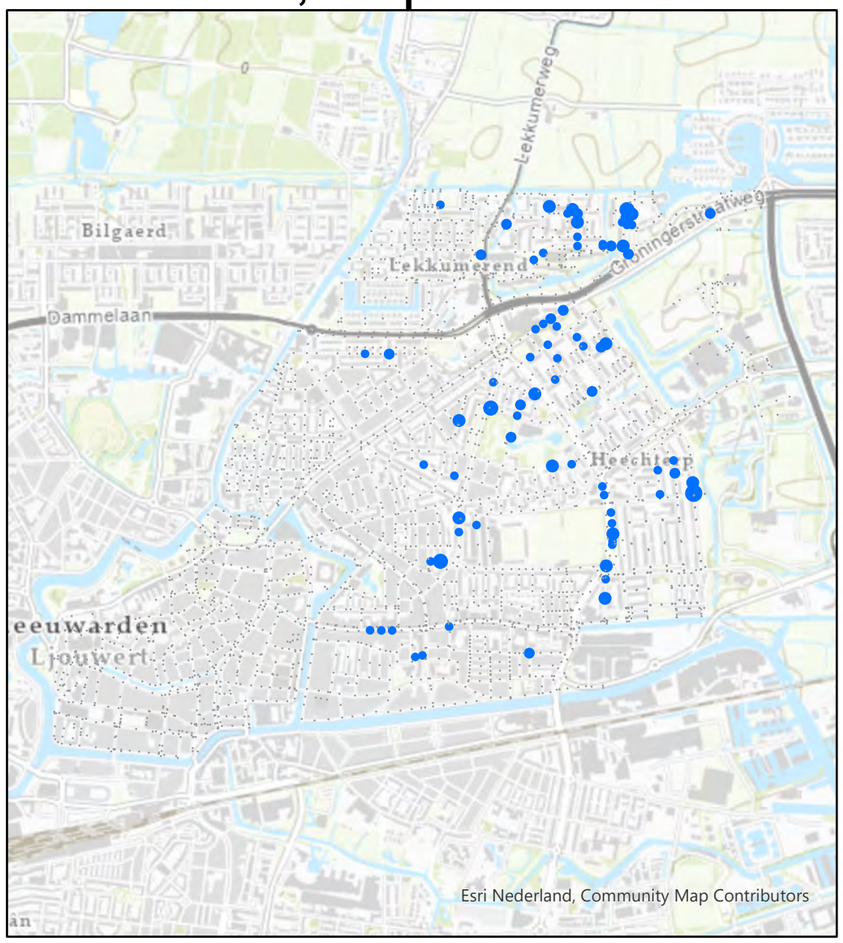
- 0.000000 - 0.100000
- 0.100001 - 5.000000
- 5.000001 - 10.000000
- 10.000001 - 25.000000
- 25.000001 - 50.000000
- 50.000001 - 1000.000000

Water-op-straat situatie standaardbui 08

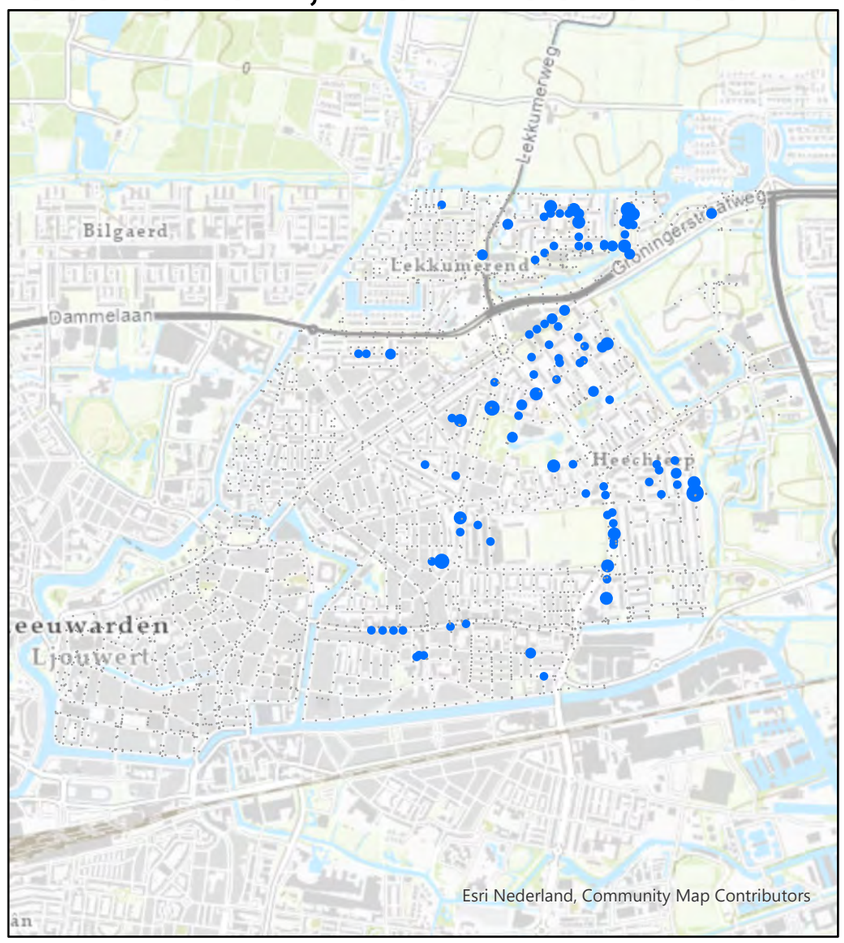
Huidige situatie



Scenario 1, Beperkt effectief



Scenario 2, Maximaal effectief

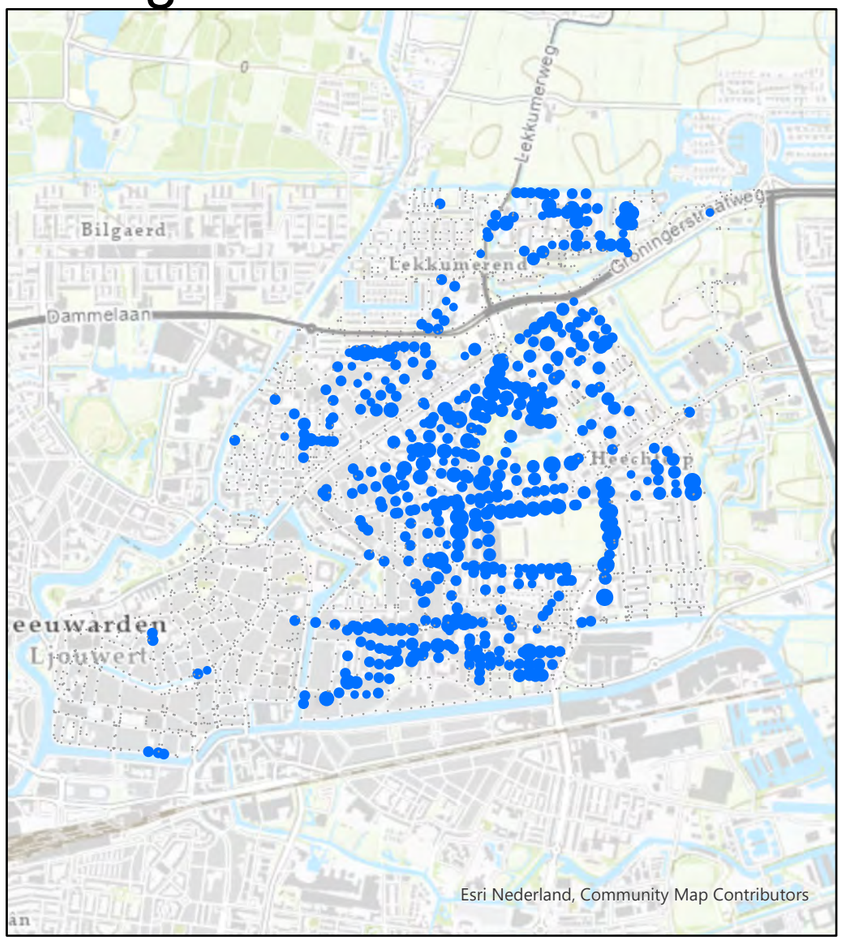


Water-op-straat [m3]

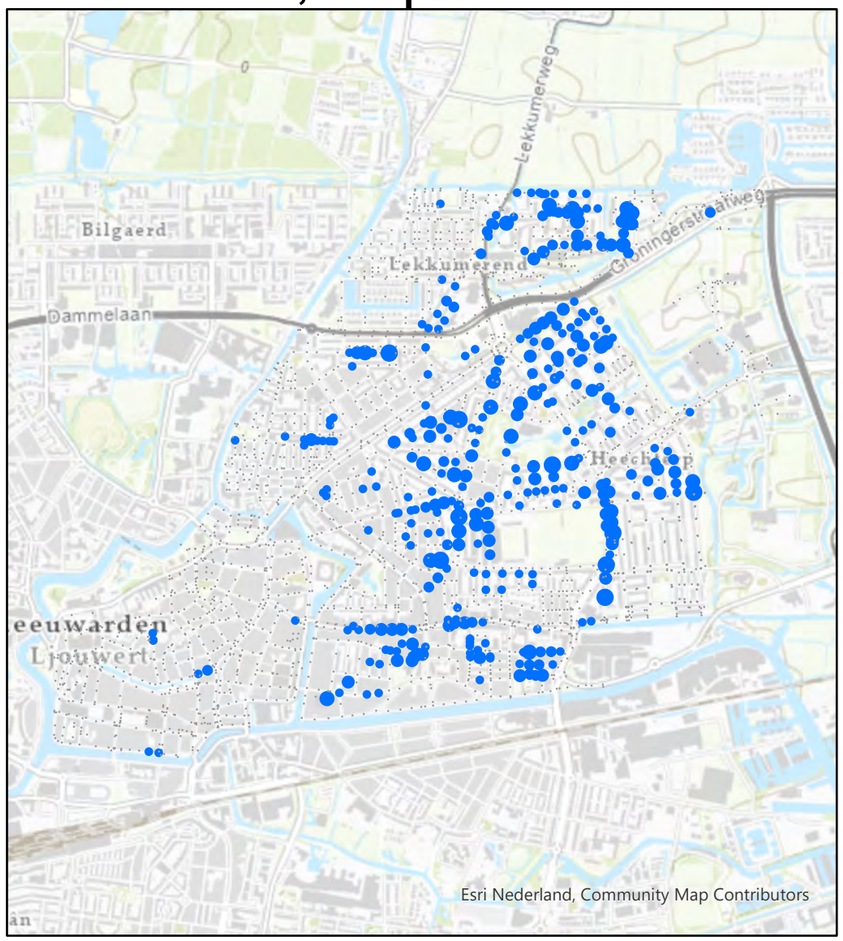
- 0.000000 - 0.100000
- 0.100001 - 5.000000
- 5.000001 - 10.000000
- 10.000001 - 25.000000
- 25.000001 - 50.000000
- 50.000001 - 1000.000000

Water-op-straat situatie standaardbui 09

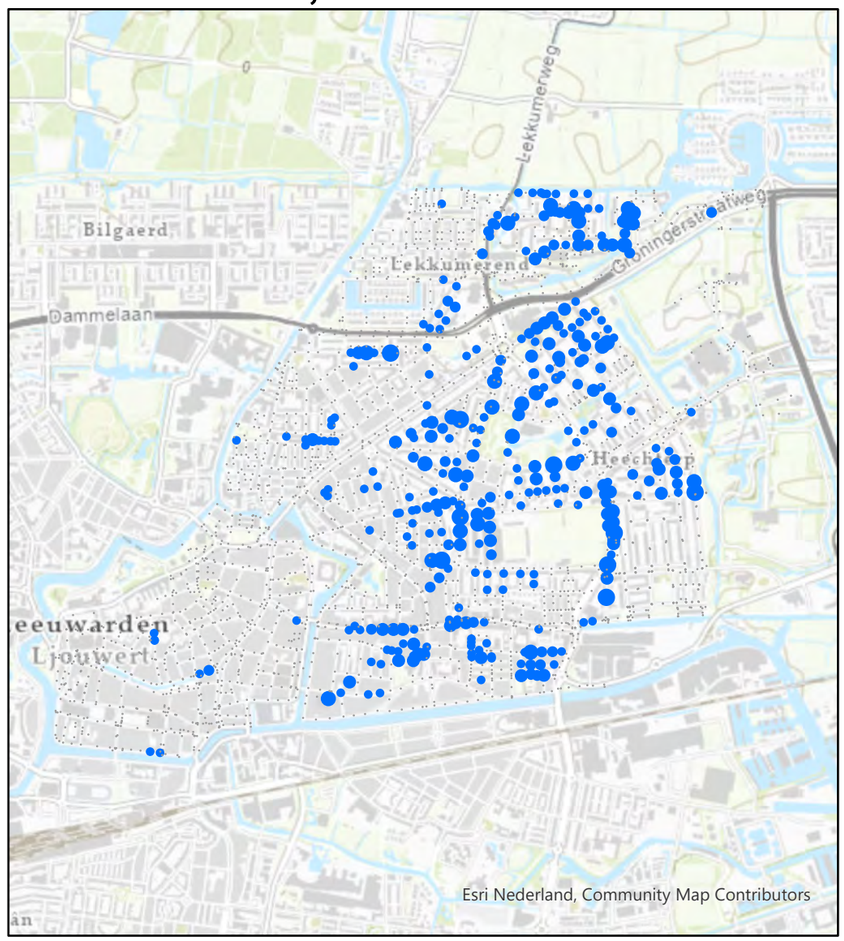
Huidige situatie



Scenario 1, Beperkt effectief



Scenario 2, Maximaal effectief

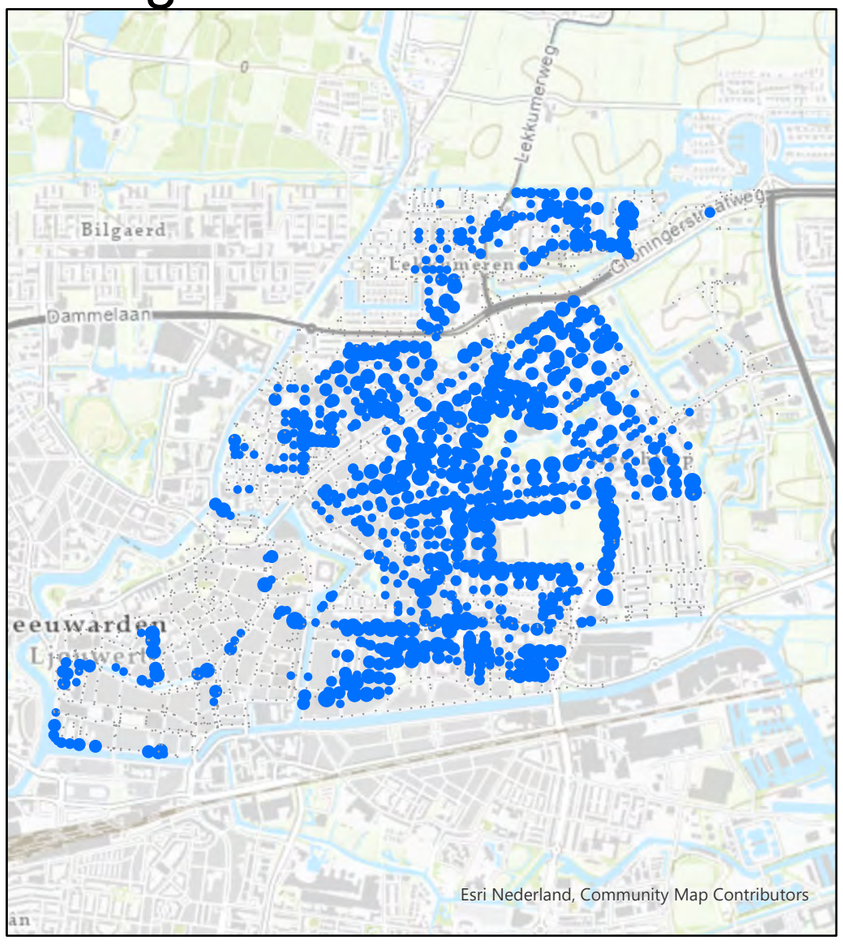


Water-op-straat [m3]

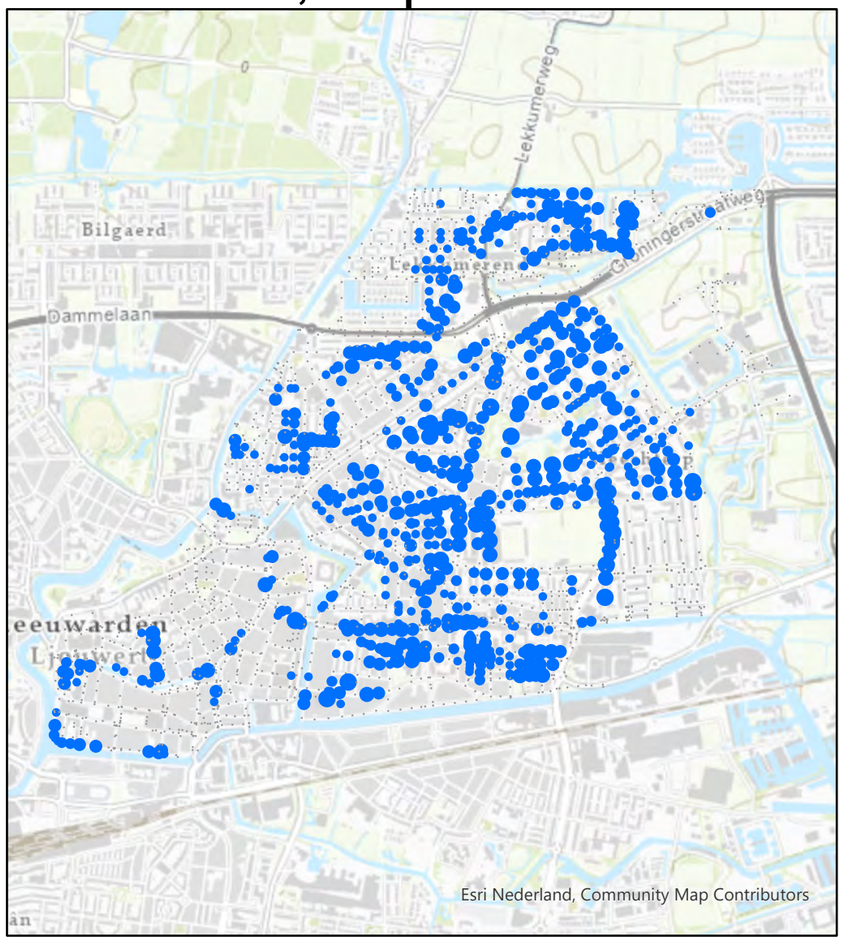
- 0.000000 - 0.100000
- 0.100001 - 5.000000
- 5.000001 - 10.000000
- 10.000001 - 25.000000
- 25.000001 - 50.000000
- 50.000001 - 1000.000000

Water-op-straat situatie standaardbui 10

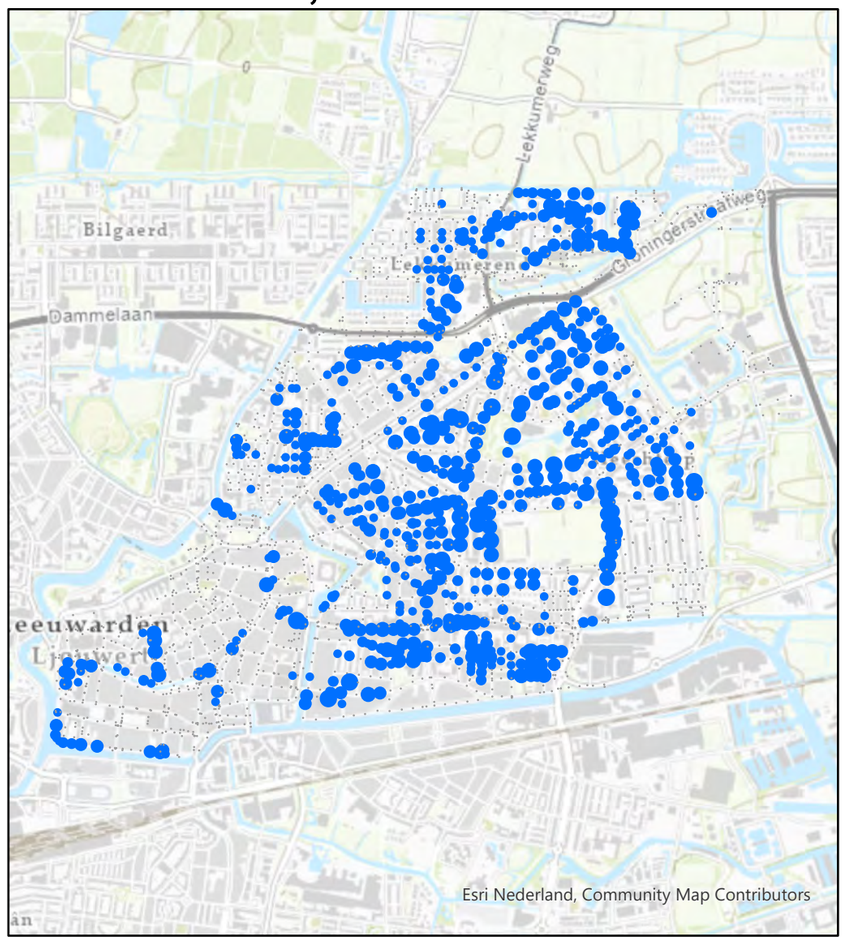
Huidige situatie



Scenario 1, Beperkt effectief



Scenario 2, Maximaal effectief



Water-op-straat [m3]

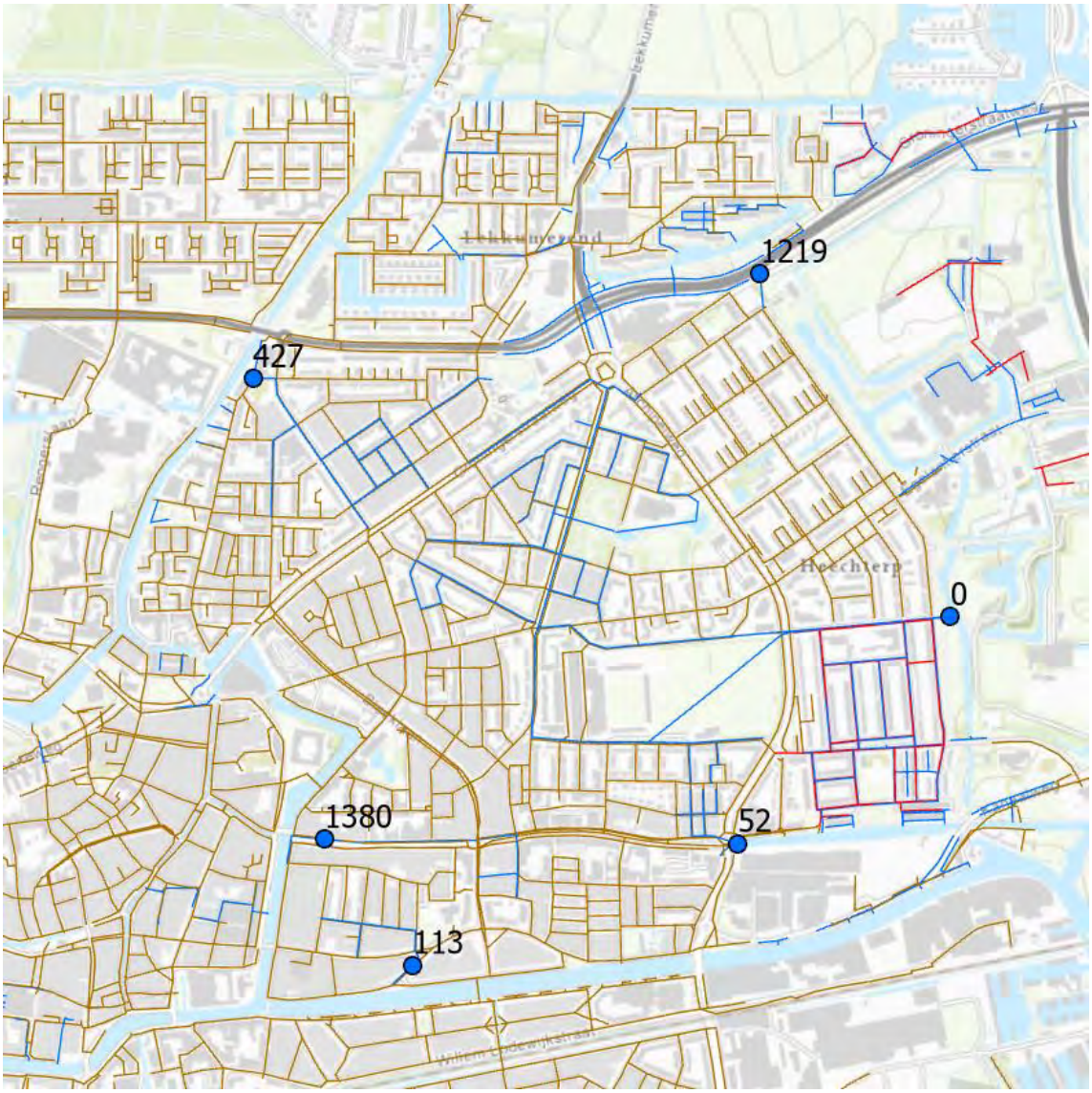
- 0.000000 - 0.100000
- 0.100001 - 5.000000
- 5.000001 - 10.000000
- 10.000001 - 25.000000
- 25.000001 - 50.000000
- 50.000001 - 1000.000000

Bijlage D Belasting op het watersysteem

Belasting op het watersysteem

De toekomstige HWA-hoofdstructuur voert het water af naar het watersysteem. Onderstaande figuur geeft inzicht in de waterhoeveelheden (m^3's) die bij standaardbui 08 uit de Kennisbank Stedelijk Water worden afgevoerd.

Aan de oostzijde is er bij bui 08 geen sprake van een belasting, dit komt doordat in de toekomstige ontwikkeling nabij het Cambuurstadion een vijver wordt ontwikkeld waarin voldoende ruimte is om de afvoer bij bui 08 te bufferen.



Bijlage E Gedetailleerde kostenraming per (deel)maatregel

Scenario 1: Klimaatbestendig in 2035, basisscenario

nr	locatie	algemene omschrijving	maatregel	omvang	eenheidsprijs	kosten	incl. onzekerheidstoeslag 40%
1	Coopmansstraat	HWA-riool Coopmansstraat naar nieuwe waterpartij Cambuuromgeving / duiker Plataanstraat	HWA-riool rond 1000	168	[redacted]	[redacted]	[redacted]
1	Coopmansstraat	HWA-riool Coopmansstraat naar nieuwe waterpartij Cambuuromgeving / duiker Plataanstraat	HWA-riool rond 1200	415	[redacted]	[redacted]	[redacted]
2	Insulindestraat	HWA-riool Insulindestraat naar waterpartij Cambuuromgeving	HWA-riool rond 700	511	[redacted]	[redacted]	[redacted]
3	De Ruyterweg	Hoofdstructuur HWA-riool De Ruyterweg	HWA-riool rond 700	245	[redacted]	[redacted]	[redacted]
4	Pasteurweg	Hoofdstructuur HWA-riool Pasteurweg	HWA-riool rond 1000	169	[redacted]	[redacted]	[redacted]
4	Pasteurweg	Hoofdstructuur HWA-riool Pasteurweg	HWA-riool rond 1200	382	[redacted]	[redacted]	[redacted]
5	Swammerdamstraat	HWA-leiding naar afvoerriool Camperstraat-Zamenhofpark	HWA-riool rond 400	202	[redacted]	[redacted]	[redacted]
6	Camperstraat	Verbeteren afvoer regenwater naar vijver Zamenhofpark en voorkomen instroom door verhogen verkeersdrempels	isoleren d.m.v. verhogen verkeersdrempels tot trottoirhoogte	400	[redacted]	[redacted]	[redacted]
6	Camperstraat	Verbeteren afvoer regenwater naar vijver Zamenhofpark en voorkomen instroom door verhogen verkeersdrempels	HWA-riool rond 400	149	[redacted]	[redacted]	[redacted]
7	Ramstraat	Waterberging in fundering straat	waterberging in fundering straat	296	[redacted]	[redacted]	[redacted]
8	Kalverstraat	Waterberging in fundering straat	waterberging in fundering straat	528	[redacted]	[redacted]	[redacted]
9	Van Beverwijckstraat	Waterberging in fundering straat	waterberging in fundering straat	257	[redacted]	[redacted]	[redacted]
10	Rontgenstraat	HWA-riool naar vijver Zamenhofpark	HWA-riool rond 400	240	[redacted]	[redacted]	[redacted]
11	Van Rohnhuyssestraat	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 400	213	[redacted]	[redacted]	[redacted]
12	Reinier de Graafstraat	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 400	235	[redacted]	[redacted]	[redacted]
13	Nicolaas Tulpstraat	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 400	136	[redacted]	[redacted]	[redacted]
14	Groningerstraatweg	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 400	367	[redacted]	[redacted]	[redacted]
15	Goudenregenstraat	HWA-riool naar Dokkumer Ee, lozen via Oldegallileen	HWA-riool rond 800	444	[redacted]	[redacted]	[redacted]
15	Goudenregenstraat	HWA-riool naar Dokkumer Ee, lozen via Oldegallileen	HWA-riool rond 400	61	[redacted]	[redacted]	[redacted]
16	Willem Sprengerstraat	HWA-riool naar de Goudenregenstraat	HWA-riool rond 400	231	[redacted]	[redacted]	[redacted]
17	Omg. Dahliastraat	HWA-riool naar de Goudenregenstraat	HWA-riool rond 400	789	[redacted]	[redacted]	[redacted]
18	Geraniumstraat	Water afvoeren via HWA-riool naar nieuwe greppel	Aanleg nieuwe greppel	1,200	[redacted]	[redacted]	[redacted]
18	Geraniumstraat	Water afvoeren via HWA-riool naar nieuwe greppel	HWA-riool rond 400	213	[redacted]	[redacted]	[redacted]
19	Beekkerkstraat/Rembrandstraat	Maaiveldaanpassing om water oppervlakkig te laten afstromen naar oppervlaktewater	Maaiveldaanpassing	4,500	[redacted]	[redacted]	[redacted]
20	Omg. Cornelis Frederikstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 400	435	[redacted]	[redacted]	[redacted]
21	Keetwaltje	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 400	230	[redacted]	[redacted]	[redacted]
22	Celebesstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 400	243	[redacted]	[redacted]	[redacted]

22	Celebesstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 400	205	[redacted]	[redacted]	[redacted]
23	omg 2e Delidwarsstraat / Bataviaplein	HWA-riool naar Insulindestraat	HWA-riool rond 400	86	[redacted]	[redacted]	[redacted]
23	omg 2e Delidwarsstraat / Bataviaplein	HWA-riool naar Insulindestraat	HWA-riool rond 400	125	[redacted]	[redacted]	[redacted]
24	Noordvliet	Heropenen overstort en bij herinrichten kolken op leiding rond 1000 aansluiten (geen kosten geraamd)	Heropenen overstortput	0	[redacted]	[redacted]	[redacted]
25	Eikenstraat	Afvoer d.m.v. nieuwe vijver en HWA-riool via Heechterp naar boezem	Aanleg Vijver	1,992	[redacted]	[redacted]	[redacted]
25	Eikenstraat	Afvoer d.m.v. nieuwe vijver en HWA-riool via Heechterp naar boezem	Aanleg Duiker	74	[redacted]	[redacted]	[redacted]
25	Eikenstraat	Afvoer d.m.v. nieuwe vijver en HWA-riool via Heechterp naar boezem	HWA-riool rond 1200	165	[redacted]	[redacted]	[redacted]
TOTAAL							[redacted]

Voor de hierboven weergegeven kostenraming is gebruik gemaakt van kostenkentallen waardoor er slechts sprake is van een algemene inschatting van de kosten. Er zijn geen details uit de omgeving meegenomen, maar er is een algemene methode gehanteerd waarbij voor de verschillende maatregelen algemene eenheidsprijzen zijn gehanteerd. De kentallen die zijn gebruikt zijn gebaseerd op ervaringscijfers. Deze eenheidsprijzen zijn exclusief BTW en inclusief:

- Uitvoeringskosten, CAR-verzekering (opdrachtnemer): 10%;
- Algemene kosten, winst en risico (opdrachtnemer): 12%;
- Voorbereiding, toezicht en advies (opdrachtgever): 15%;
- Algemene onzekerheidsmarge: 40%.

Scenario 2: Klimaatbestendig na 2035, maximaal effect

nr	locatie	algemene omschrijving	maatregel		omvang	eenheidsprijs	kosten	incl. onzekerheidstoeslag 40%
1	Coopmansstraat	HWA-riool Coopmansstraat naar nieuwe waterpartij Cambuuromgeving / duiker Plataanstraat	HWA-riool rond 1000		168	[redacted]	[redacted]	[redacted]
1	Coopmansstraat	HWA-riool Coopmansstraat naar nieuwe waterpartij Cambuuromgeving / duiker Plataanstraat	HWA-riool rond 1200		415	[redacted]	[redacted]	[redacted]
2	Insulindestraat	HWA-riool Insulindestraat naar waterpartij Cambuuromgeving	HWA-riool rond 700		511	[redacted]	[redacted]	[redacted]
3	De Ruyterweg	Hoofdstructuur HWA-riool De Ruyterweg	HWA-riool rond 700		245	[redacted]	[redacted]	[redacted]
4	Pasteurweg	Hoofdstructuur HWA-riool Pasteurweg	HWA-riool rond 1000		169	[redacted]	[redacted]	[redacted]
4	Pasteurweg	Hoofdstructuur HWA-riool Pasteurweg	HWA-riool rond 1200		382	[redacted]	[redacted]	[redacted]
5	Swammerdamstraat	HWA-leiding naar afvoerriool Camperstraat-Zamenhofpark	HWA-riool rond 400		202	[redacted]	[redacted]	[redacted]
6	Camperstraat	Verbeteren afvoer regenwater naar vijver Zamenhofpark en voorkomen instroom door verhogen verkeersdrempels	isoleren d.m.v. verhogen verkeersdrempels tot trottoirhoogte		400	[redacted]	[redacted]	[redacted]
6	Camperstraat	Verbeteren afvoer regenwater naar vijver Zamenhofpark en voorkomen instroom door verhogen verkeersdrempels	HWA-riool rond 600		149	[redacted]	[redacted]	[redacted]
7	Ramstraat	Waterberging in fundering straat		0	296	[redacted]	[redacted]	[redacted]
8	Kalverstraat	Waterberging in fundering straat		0	528	[redacted]	[redacted]	[redacted]
9	Van Beverwijckstraat	Waterberging in fundering straat		0	257	[redacted]	[redacted]	[redacted]
10	Rontgenstraat	HWA-riool naar vijver Zamenhofpark	HWA-riool rond 600		240	[redacted]	[redacted]	[redacted]
11	Van Roohnhuyssestraat	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 600		213	[redacted]	[redacted]	[redacted]
12	Reinier de Graafstraat	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 400		235	[redacted]	[redacted]	[redacted]
13	Nicolaas Tulpstraat	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 400		136	[redacted]	[redacted]	[redacted]
14	Groningerstraatweg	HWA-riool naar Pasteurweg	HWA-riool rond 600		367	[redacted]	[redacted]	[redacted]
15	Goudenregenstraat	HWA-riool naar Dokkumer Ee. lozen via Oldegallileen	HWA-riool rond 800		383	[redacted]	[redacted]	[redacted]
15	Goudenregenstraat	HWA-riool naar Dokkumer Ee. lozen via Oldegallileen	HWA-riool rond 400		61	[redacted]	[redacted]	[redacted]
16	Willem Sprengerstraat	HWA-riool naar de Goudenregenstraat	HWA-riool rond 400		231	[redacted]	[redacted]	[redacted]
17	Omg. Dahliastraat	HWA-riool naar de Goudenregenstraat	HWA-riool rond 400		789	[redacted]	[redacted]	[redacted]
18	Geraniumstraat	Water afvoeren via HWA-riool naar nieuwe greppel	Aanleg nieuwe greppel		1.200	[redacted]	[redacted]	[redacted]
18	Geraniumstraat	Water afvoeren via HWA-riool naar nieuwe greppel	HWA-riool rond 400		213	[redacted]	[redacted]	[redacted]
19	Beekkerkstraat/Rembrandstraat	Maaiveldaanpassing om water oppervlakkig te laten afstromen naar oppervlaktewater		0	4.500	[redacted]	[redacted]	[redacted]
20	Omg. Cornelis Frederikstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 600		435	[redacted]	[redacted]	[redacted]
21	Keetwaltje	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 600		230	[redacted]	[redacted]	[redacted]
22	Celebesstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 400		243	[redacted]	[redacted]	[redacted]

22	Celebesstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	HWA-riool rond 600	205	[redacted]	[redacted]	[redacted]
23	omg 2e Delidwarsstraat / Bataviaplein	HWA-riool naar Insulindestraat	HWA-riool rond 600	86	[redacted]	[redacted]	[redacted]
23	omg 2e Delidwarsstraat / Bataviaplein	HWA-riool naar Insulindestraat	HWA-riool rond 400	125	[redacted]	[redacted]	[redacted]
24	Noordvliet	Heropenen overstort en bij herinrichten kolken op leiding rond 1000 aansluiten (geen kosten geraamd)	Heropenen overstortput	0	[redacted]	[redacted]	[redacted]
25	Eikenstraat	Afvoer d.m.v. nieuwe vijver en HWA-riool via Heechterp naar boezem	Aanleg Vijver	1.992	[redacted]	[redacted]	[redacted]
25	Eikenstraat	Afvoer d.m.v. nieuwe vijver en HWA-riool via Heechterp naar boezem	Aanleg Duiker	74	[redacted]	[redacted]	[redacted]
25	Eikenstraat	Afvoer d.m.v. nieuwe vijver en HWA-riool via Heechterp naar boezem	HWA-riool rond 1200	165	[redacted]	[redacted]	[redacted]
TOTAAL							[redacted]

Voor de hierboven weergegeven kostenraming is gebruik gemaakt van kostenkentallen waardoor er slechts sprake is van een algemene inschatting van de kosten. Er zijn geen details uit de omgeving meegenomen, maar er is een algemene methode gehanteerd waarbij voor de verschillende maatregelen algemene eenheidsprijzen zijn gehanteerd. De kentallen die zijn gebruikt zijn gebaseerd op ervaringscijfers. Deze eenheidsprijzen zijn exclusief BTW en inclusief:

- Uitvoeringskosten, CAR-verzekering (opdrachtnemer): 10%;
- Algemene kosten, winst en risico (opdrachtnemer): 12%;
- Voorbereiding, toezicht en advies (opdrachtgever): 15%;
- Algemene onzekerheidsmarge: 40%.

Bijlage F Rekenresultaat huidige situatie

Legenda

Waterhoogte op straat

- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Waterhoogte tegen panden

- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Bijlage G Rekenresultaat plansituatie scenario 1 (Klimaatbestendig in 2035, basisscenario)

Scenario 1 - Klimaatbestendig voor 2035

Waterhoogte op straat

- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Waterhoogte tegen panden

- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Bijlage H Rekenresultaat plansituatie scenario 2 (Klimaatbestendig na 2035, maximaal effectief)

Scenario 2 - Maximaal effect

Waterhoogte op straat

- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- > 30 cm

Waterhoogte tegen panden

- 5 - 7,5 cm
- 7,5 - 10 cm
- 10 - 12,5 cm
- > 12,5 cm

Bijlage I Verslag Stakeholdersessie verkenning kansen Oud-Oost

Verslag

OVERLEGNAAM
Stakeholder Sessie Leeuwarden Oud Oost

DATUM VERGADERING
20 mei 2021

NUMMER NOTULEN
01

DATUM NOTULEN VERZONDEN
22 juni 2021

NAAM
[redacted]
M +31 6 [redacted] E [redacted]@arcadis.com

PROJECTNUMMER
30084899

ONZE REFERENTIE
D10032362:35

ITEM		WIE
1.	**Voorstelronde**	Allen

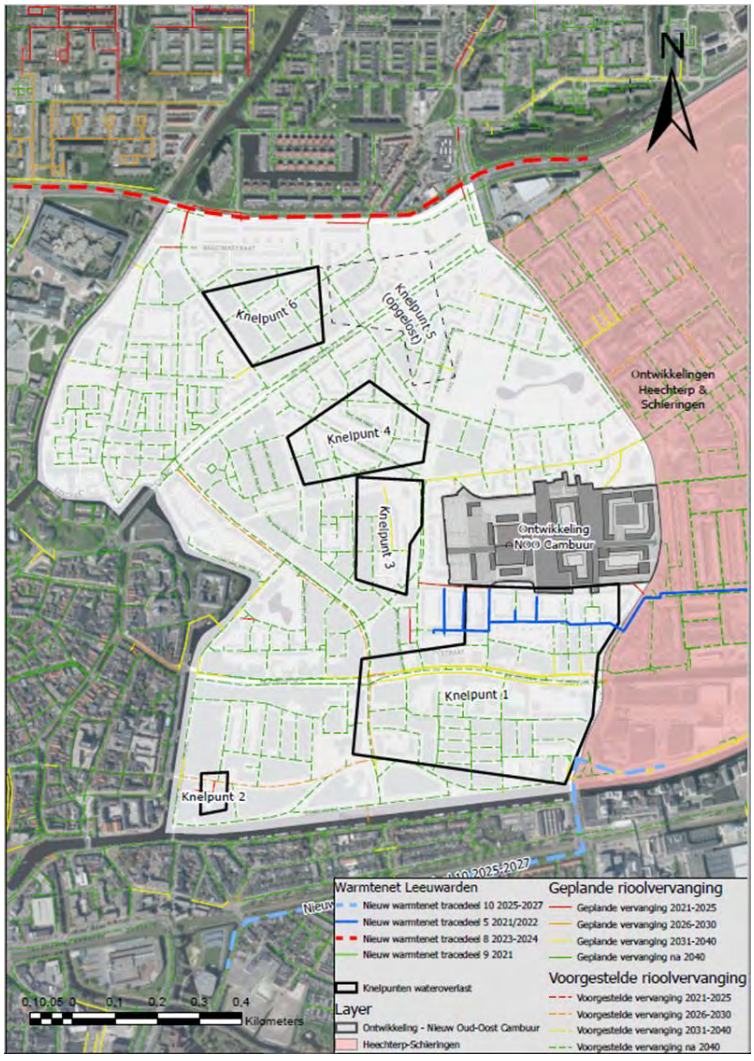
- [redacted]
  Senior adviseur klimaatadaptatie bij gemeente Leeuwarden
- [redacted]
  Planvormer Wetterskip Fryslan, bewoonster van de Vlietzone, betrokken bij Visie Vlietzone
- [redacted]
  Beleidsadviseur duurzaamheid. Onderwerpen als CO2 vermindering, geothermie, en mitigatie.
- [redacted]
  Projectontwikkelaar bij Elkien. Sloop/nieuwbouw projecten.
- [redacted]
  Stedenbouwkundige bij DAAD Architecten. Betrokken bij ontwikkeling Cambuur.
- [redacted]
  Beleidsadviseur ecologie bij gemeente Leeuwarden
- [redacted]
  Senior beheerder stedelijk water
- [redacted]
  Coordinator wijk aanpak Oud Oost en wijkcoordinator.
- [redacted]
  Ingenewity advies, is via wijkzaken betrokken bij projecten en bewaakt integraliteit van fysieke projecten
- [redacted]
  Rioolbeheerder oostelijk deel van gemeente Leeuwarden.
- [redacted] (Arcadis)
- [redacted] (Arcadis)
- [redacted] (Arcadis)
- [redacted] (Arcadis)

2. Introductie

De gemeente Leeuwarden heeft een aantal (her)ontwikkelingen op het programma staan in de wijk Oud Oost en wil deze kans benutten om de klimaatbestendigheid en waterrobuustheid in de openbare ruimte in Oud Oost te vergroten. Het gaat onder andere om de herontwikkeling van de Vlietzone en de gebiedsontwikkeling van het Cambuur stadion (Figuur 1). Bij deze ontwikkelingen zijn verschillende externe en interne stakeholders betrokken, zoals het Wetterskip, stedenbouwkundigen en verschillende gemeentelijke disciplines. Binnen de Vlietzone loopt bovendien een buurtinitiatief van bewoners om de wijk te vergroenen.

Doel van deze sessie is om met belanghebbenden:

- Inzicht te krijgen in de activiteiten in de buurt
- Synergiën vinden tussen elkaars activiteiten
- Participaties/communicatie met externe stakeholders afstemmen.
- Samen kansen voor synergiën oppakken.



Figuur 1. Overzicht van geplande projecten, ontwikkelingen en activiteiten in Leeuwarden Oud Oost ter voorbereiding op de sessie van 20 mei 2021.

a. Achtergrond

De gemeente Leeuwarden heeft in verschillende plannen voornemens over klimaatadaptatie vastgelegd

In het **Gemeentelijk Rioleringsplan 2019-2022** (GRP) staat dat de gemeente riolering in principe dimensioneert op buien met een intensiteit van 20mm/uur (bui 8) in woonwijken en 30mm/uur (bui 9) in winkelcentra verwerkt. Riolering worden zo ontworpen dat er bij deze buien geen water-op-straat plaatsvindt. Een klimaatbui van 60mm/uur kan wel leiden tot water op straat, maar mag niet leiden tot water in panden. Dit betekent concreet dat 30-40 mm/uur water moet worden opgevangen in bovengrondse locaties waar het weinig/geen kwaad kan zoals verlaagd groen, wegen, parkeerplaatsen en oppervlaktewater.

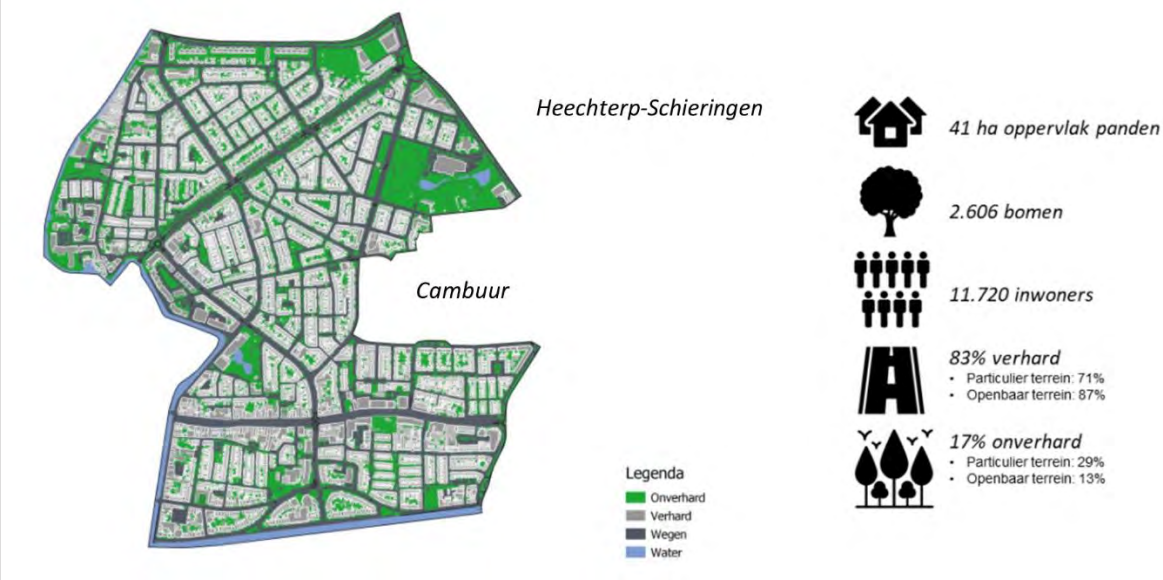
De laatste jaren is de gemeente Leeuwarden aan de slag gegaan met de invulling van de ambities uit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA). De resulterende klimaatambities, klimaatkwetsbaarheden en klimaatstrategieën van de gemeente Leeuwarden zijn vastgelegd in de Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie Leeuwarden, In de **Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie Leeuwarden (UKL)** wordt verder ingegaan op klimaatbestendigheid van de gemeente. Er wordt verwezen naar gebiedspaspoorten met resultaten van eerdere stresstesten. Daarnaast worden voor drie klimaatadaptatie thema's: wateroverlast, hitte en droogte verschillende doelen gesteld. Om wateroverlast te voorkomen wil de gemeente 65.000 m3 waterberging realiseren rondom **wateroverlast** knelpunten in de hele gemeente Leeuwarden. In de wijk Oud-Oost is berekend dat er een kleine 8.000 m3 berging benodigd is. Om **hittestress** te voorkomen wil de gemeente 10% schaduw creëren op grote warme (versteende) oppervlakken en schaduweilanden aan leggen rondom kwetsbare functies zoals sportfaciliteiten, scholen en zorgcentra. Tot slot wil de gemeente meer inzicht verkrijgen in de gevolgen van **droogte** in bebouwd gebied door hier meer onderzoek naar te doen. In 2021 zullen dan strategieën ter voorkoming van droogtestress worden opgesteld.

De gemeente wil bovenstaande doelen in drie periodes (2021-2025; 2026-2030; 2031-2035) realiseren door:

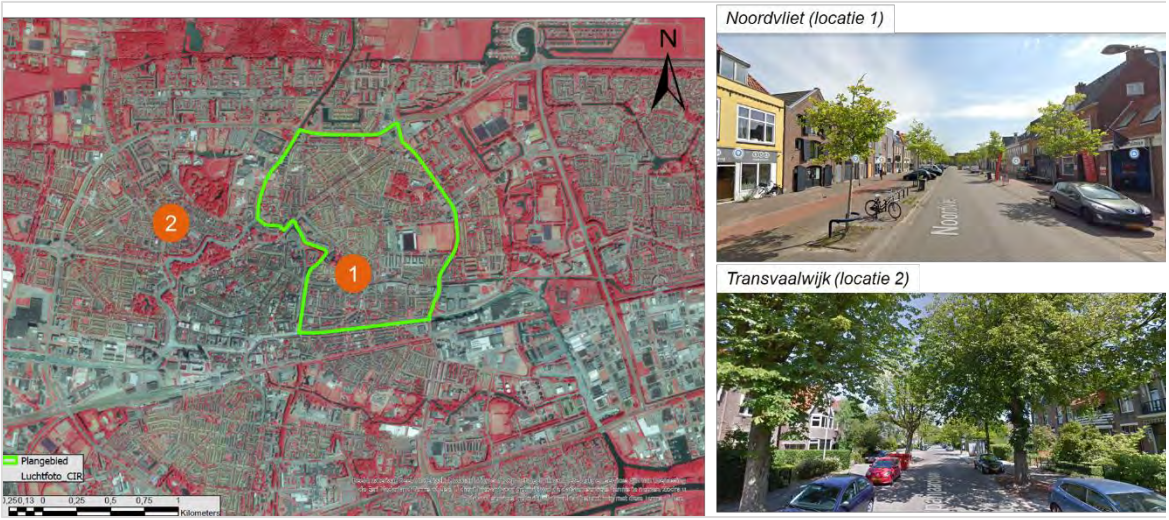
- Samenwerking tussen bedrijven, inwoners en partners
- Meekoppelkansen bij de geplande energietransitie (bv. aanleg warmtenet) te benutten
- Openbare ruimte klimaatbestendig te maken
- Nieuwbouw klimaat adaptief aan te leggen.

b. Kenmerken, opgaven en activiteiten van de wijk Oud Oost

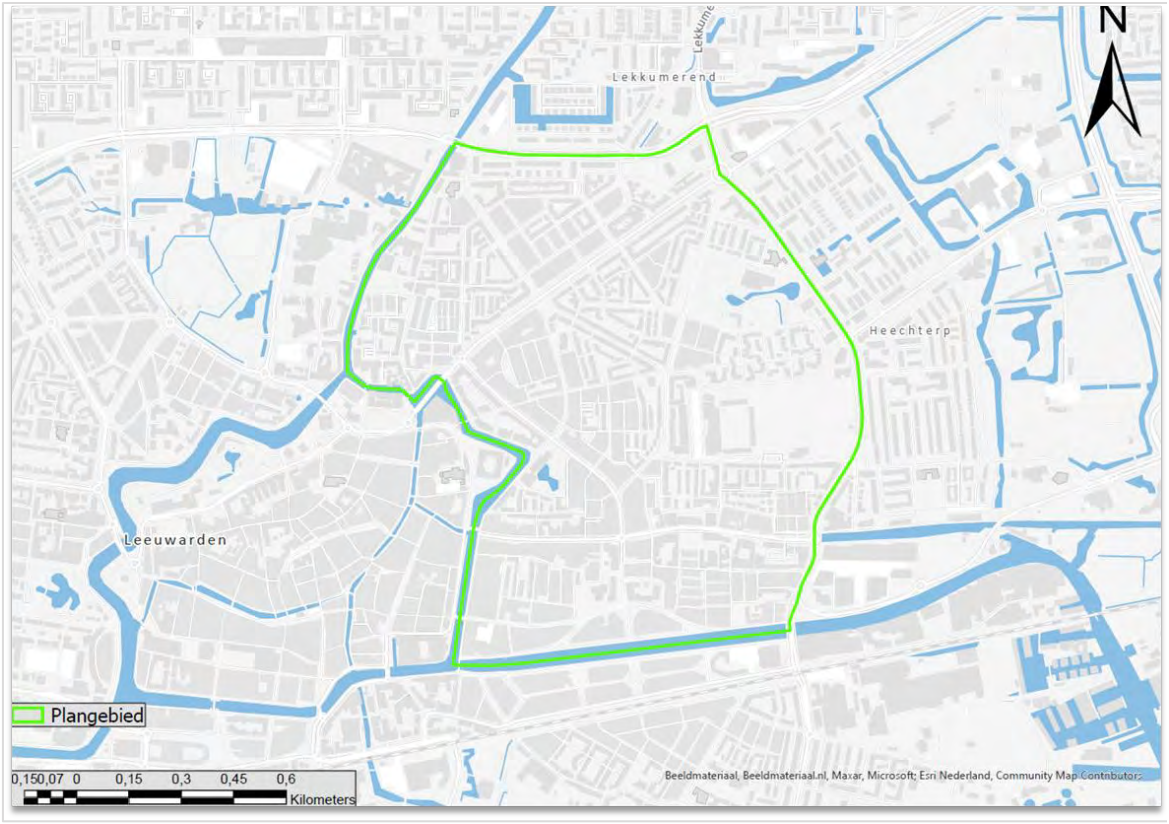
Het bebouwde gebied van de wijk Oud Oost heeft momenteel ca. 11.720 inwoners op een oppervlak van 137 ha. Het gebied kenmerkt zich door relatief weinig groen (Figuur 2 & Figuur 3) en weinig open water (Figuur 4) met in sommige buurten <1% oppervlaktewater (Figuur 5). Daarnaast zijn een groot deel van de panden in de buurt vóór 1970 gebouwd waardoor deze gevoelig zouden kunnen zijn voor paalrot gedurende langere periodes van droogte.



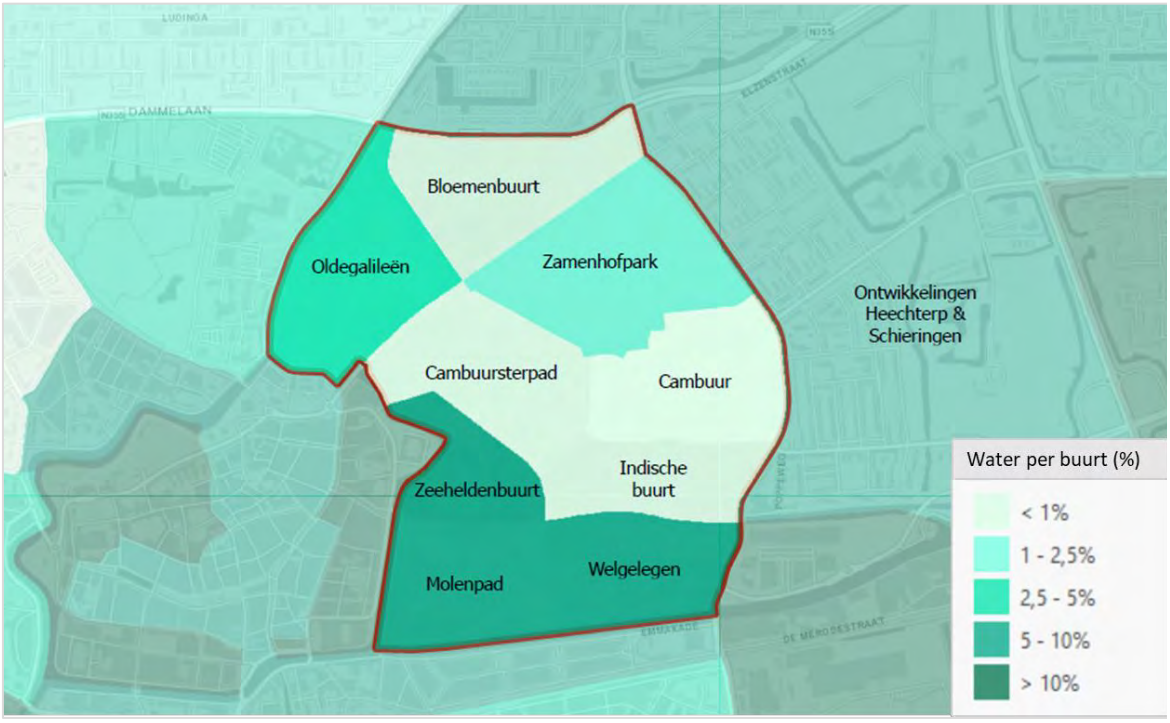
Figuur 2. Gebiedskenmerken van Leeuwarden Oud Oost. (Figuur uit gebiedspaspoort Oud Oost).



Figuur 3. Infrarood beelden van Leeuwarden ter indicatie van de hoeveelheid groen in de stad. Groen polygoon: Stadsdeel Oud Oost en Cambuur. Rechts: straatbeeld van Noordvliet in Oud Oost en de Transvaalwijk waar het straatbeeld groener is.



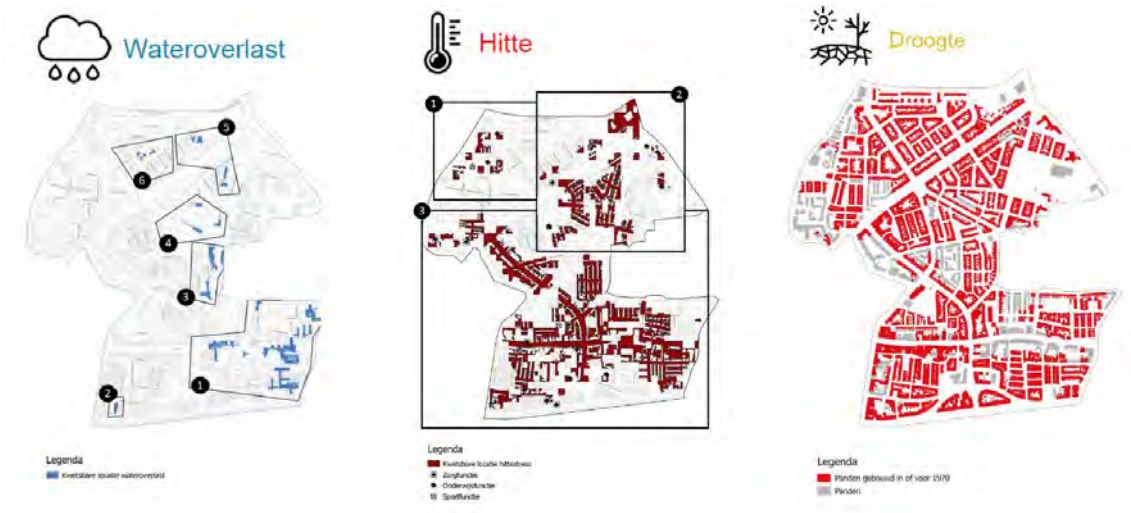
Figuur 4. Oppervlaktewater in Leeuwarden Oud Oost (groen polygoon).



Figuur 5. Percentage open water per buurt in Leeuwarden Oud Oost (rood polygoon). (Uit: https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/)

c. Klimaatadaptatie knelpunten Leeuwarden Oud Oost

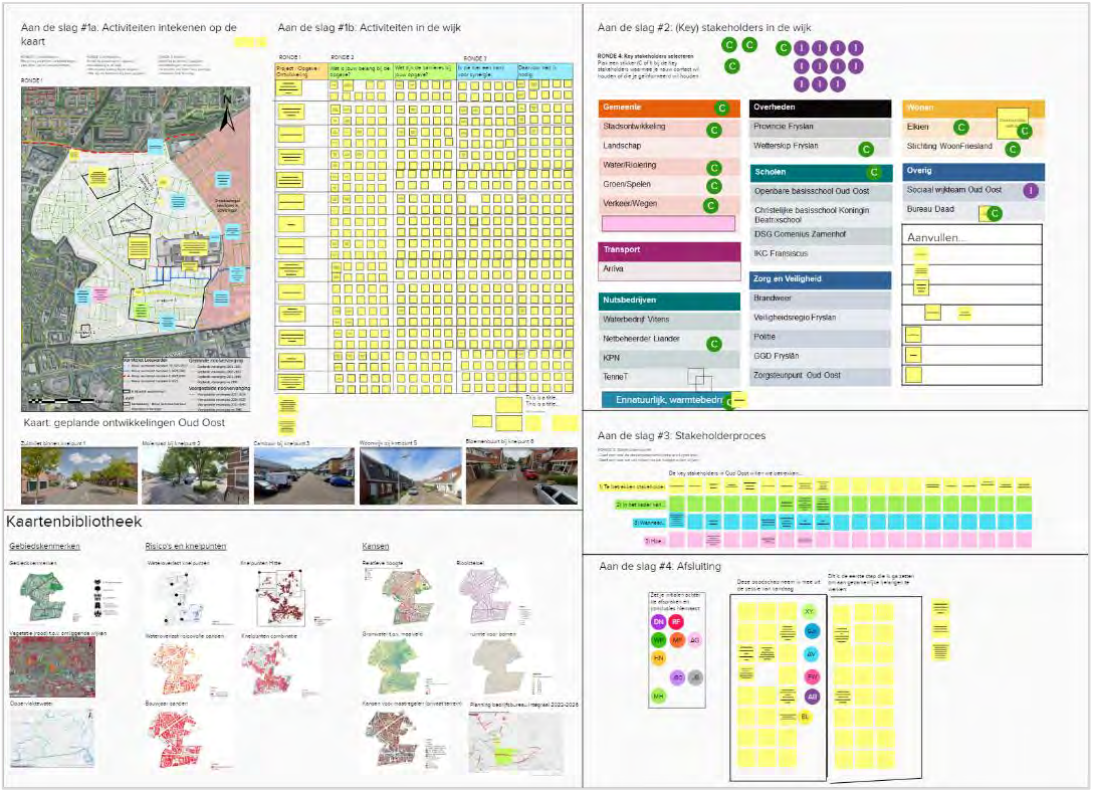
In de uitvoeringsagenda en het gebiedspaspoort van Leeuwarden Oud Oost worden knelpunten met betrekking tot wateroverlast, hitte en droogte beschreven (Figuur 6). Bovengrondse maatregelen om deze knelpunten op te lossen nemen vaak kostbare ruimte in beslag en ondergrondse maatregelen zijn in veel gevallen duur. Om kosten te besparen wil de gemeente zo veel mogelijk meekoppelkansen benutten. Daarom wil de gemeente alle activiteiten, geplande ontwikkelingen en de betrokken stakeholders in de wijk in beeld krijgen om zo kansen voor synergiën samen op te kunnen pakken.



Figuur 6. Klimaatknelpunten zoals deze zijn vastgesteld in het gebiedspaspoort van Leeuwarden Oud Oost en de Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie.

3. Aan de slag – Interactieve deel

Tijdens het interactieve deel van de sessie hebben deelnemers gezamenlijk op een *Mural* dashboard (Figuur 7) gewerkt met als doel om de benodigde informatie van elkaar te krijgen en kansen voor samenwerking in beeld te krijgen.



Figuur 7. Mural dashboard na de stakeholder sessie op 20 mei.

1. Activiteiten in de wijk

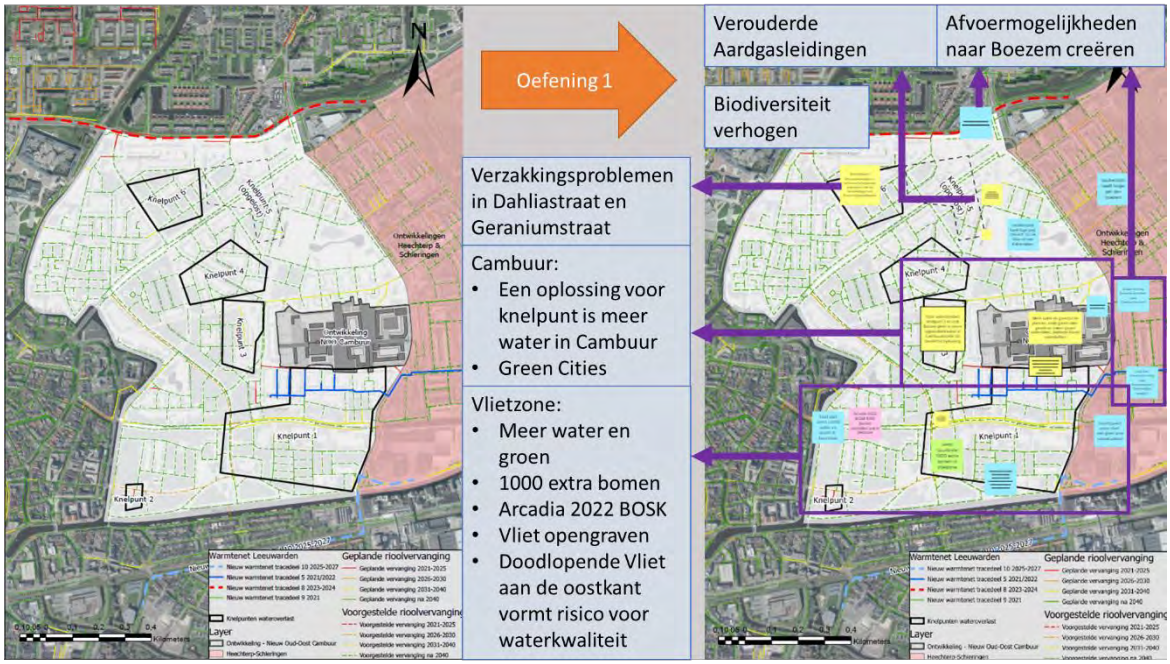
Ter voorbereiding op de sessie is door verschillende stakeholders informatie aangeleverd over lopende, geplande of verwachte ontwikkelingen en activiteiten in de buurt. In het eerste deel van de interactieve sessie hadden deelnemers de kans deze aan te vullen met ontbrekende ontwikkelingen en activiteiten en deze aanvullingen ook in te tekenen op de overzichtskaart met activiteiten (Figuur 8). In bijlage C is een vergrootte versie van de overzichtskaart met activiteiten opgenomen.

Daarnaast hebben deelnemers tijdens deze oefening voor sommige opgaven/activiteiten/ontwikkelingen aangegeven:

a. Wat je belang is bij een opgave/activiteit/ontwikkeling
b. Wat je barrière(s) is bij een opgave/activiteit/ontwikkeling
c. Waar je kansen ziet voor synergie.
d. Wat je nodig hebt om deze kansen te benutten.

Resultaat

Over het algemeen geven de deelnemers aan dat er meer groen en meer open water en waterafvoer mogelijkheden in Oud Oost moeten komen om wateroverlast en hittestress tegen te gaan. De belangrijkste barrière om dit te realiseren is de beperkte ruimte. Daarnaast is het van belang de biodiversiteit in de buurt te behouden/vergroten meekoppelkansen met andere geplande werkzaamheden te benutten.



Figuur 8. Activiteiten in de wijk. Links: overzichtskaart van geplande activiteiten in Oud Oost. Rechts: aanvullingen van stakeholders tijdens de sessie op de overzichtskaart.

In de volgende lijst is een greep van de genoemde activiteiten en bijbehorende barrières, synergiën en benodigdheden opgenomen uit de eerste oefening van de sessie (Bijlage A voor de volledige lijst).

- Aanwezige stakeholders hebben vanzelfsprekend belang bij het **oplossen van wateroverlast knelpunten in Oud Oost** waarbij als grootste barrière de druk op de ruimte geldt. Om deze knelpunten op te lossen is daarom een duidelijk beeld nodig van de benodigde ruimte voor deze opgave. In de Vlietzone wordt als maatregel onder andere voorgesteld om de Vliet weer open te graven wat ook zou bijdragen aan de vermindering van hittestress in de buurt. In de gedempte Vliet zitten echter mogelijk vervuilende stoffen die bij het dempen van de Vliet niet zijn gesaneerd.
- Alle deelnemers hebben ook belang bij het **oplossen van hittestress knelpunten in Oud Oost** waarvoor vergroening een oplossing biedt. Vergroening kan zowel in de openbare ruimte als in privaat terrein plaatsvinden. Grootste barrière bij deze opgave is ook de beperkte ruimte in het gebied.
- De oude stadion locatie van Cambuur wordt komende jaren vernieuwd. Met het project **Nieuw Oud Oost**, waar onder andere DAAD Architecten bij betrokken zijn, moet de oude stadion locatie helemaal vernieuwd worden. Hiervoor liggen al plannen klaar, maar bij verschillende deelnemers heerst de zorg dat in deze plannen de meekoppelkansen voor klimaatadaptatie onvoldoende worden meegenomen. Het is volgens de deelnemers van groot belang dat in de herontwikkeling van Oud Oost mogelijkheden voor waterberging of water afvoer worden gecreëerd om zo goed mogelijk omliggende gebieden (knelpunten) te ontzien van wateroverlast. Daarnaast is het volgens deelnemers van belang om bij de ontwikkeling te denken aan vergroening van de buurt en een toename van de biodiversiteit. De grootste barrière bij deze opgave is de beperkte ruimte en de parkeernormen en woningnormen waaraan moet worden voldaan. Om kansen te benutten om de waterbergingsopgave in Nieu Oud-Oost te verbinden aan de klimaatadaptatie opgave in de rest van Oud-Oost is het van belang dat stakeholders nauw betrokken worden bij elkaars plannen. Zo wil [redacted] graag nauw betrokken worden bij het Cambuur project om zo kansen voor klimaatadaptatie te kunnen benutten.

- In de komende jaren zal een groot deel van het **nieuwe warmtenet** in Leeuwarden worden aangelegd ten behoeve van de energietransitie en mitigatie van klimaatverandering. Bij deze ontwikkeling zullen grote delen van de straat open moeten worden gemaakt. Dit biedt kans voor het uitvoeren van (ondergrondse) maatregelen zoals vernieuwingen in het rioolstelsel of de aanleg van drempels om water naar de gewenste bergings- of afvoerlocatie te sturen.
- In de aangrenzende wijk **Heechterp-Schieringen** worden de komende jaren nieuwe woningen gebouwd. Samen met de gemeente is woningbouwvereniging Elkien initiatiefnemer van deze ontwikkeling. Het is van belang dat deze nieuwe woningen klimaat adaptief worden aangelegd.
- Vanuit het waterschap is er voor een **optimale inzet van de rioolwaterzuiveringsinstallatie** (RWZI) een belang om de toevoer van water naar het RWZI te verminderen. Hiervoor zijn er mogelijk synergiën tussen de belangen van waterschap en gemeente om water langer te bergen en hemelwater zo veel mogelijk af te koppelen.
- In een groot deel van de wijk wordt het riool in de komende 20 jaar vervangen. Net zoals bij de aanleg van het warmtenet moet voor de **vervanging van het riool** de weg open, wat weer kansen biedt voor het aanleggen van klimaat adaptieve maatregelen onder- en bovengronds.
- In het kader van de **stedelijke vernieuwing** vanuit de overheid moeten verschillende wijken (o.a. Oud Oost) vernieuwd gaan worden. Het toekomstperspectief van deze vernieuwingen is langer dan normaal: >20 jaar. Dit biedt waarschijnlijk meekoppelkansen voor klimaatadaptatie die zo veel mogelijk benut zouden moeten worden.
- Gepland onderhoud aan **wegen en groen** zou zo veel mogelijk benut moeten worden om ook water hierin een plek te geven.
- Komende tijd zal onderzoek gedaan worden naar de toekomst van woningen in de omgeving Dahliastraat/Geraniumstraat. Deze woningen hebben **problemen met de fundering**. Dit is mogelijk een meekoppelkans om deze buurt klimaat adaptief in te richten.
- Het waterschap gaat een **nieuw gemaal** bouwen. Vermoedelijk ligt de capaciteit van dit gemaal echter al vast waardoor dit geen extra afvoermogelijkheden biedt.

2. Stakeholder proces

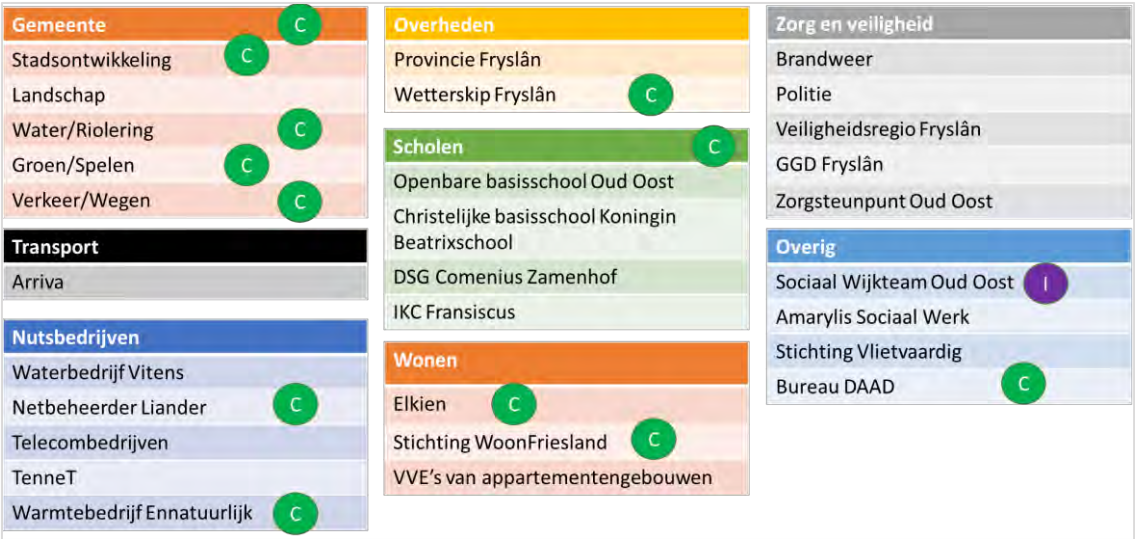
Het tweede deel van de interactieve sessie zijn we ingegaan op de complexiteit van de opgave in Oud Oost door stakeholders in beeld te brengen en zo concreet mogelijk de benodigde stappen te definiëren.

a. Stakeholders in beeld

In het eerste deel van het stakeholderproces is de deelnemers gevraagd om de voorbereide lijst met stakeholders in Oud Oost aan te vullen. Daarnaast hebben deelnemers aangegeven of volgens hun nauw contact moet worden onderhouden met de stakeholder (C) of dat deze alleen geïnformeerd (I) hoeft te blijven over de plannen in de wijk.

Resultaat

Figuur 9 geeft een overzicht van alle genoemde stakeholders in Oud Oost en de mate van betrokkenheid van deze stakeholders.



Figuur 9. Overzicht van stakeholders aangevuld door deelnemers aan interactieve sessie. De groene C betekend dat volgens de deelnemers deze stakeholder nauw betrokken moet zijn bij ontwikkelingen in de wijk en de paarse i betekent dat deze stakeholder alleen geïnformeerd hoeft te blijven.

b. Stakeholderproces I

Om wat verder te komen dan wie elkaar op de hoogte moeten houden van ontwikkelingen, is de deelnemers gevraagd om een schema in te vullen waarin beschreven staat welke key-stakeholders waarom, wanneer en hoe benaderd zullen worden.

Resultaat
De belangrijkste conclusies van deze oefening zijn:

- Woningcorporaties (Elkien) willen betrokken worden bij de plannen van ontwikkelingen zoals de vernieuwing van het Cambuurterrein.
- Bureau DAAD verwacht bij voorkeur binnen twee weken en uiterlijk voor de zomer input van de gemeente over de ontwikkeling van het Cambuur terrein. In september 2021 vindt nog een informatiemarkt plaats voor de buurt.
- De netwerkbedrijven moeten op de hoogte gehouden worden van alle werkzaamheden die onder de grond plaatsvinden.
- Bewoners van de wijk moeten in het kader van input en draagvlak op de hoogte worden gehouden van ruimtelijke plannen in de wijk.
- Stakeholders die betrokken zijn bij de aanleg van groen en stakeholders van verkeer/wegen moeten zo snel mogelijk met elkaar in gesprek over de vermindering van verkeersroutes (bijv. door éénrichtingsverkeer) ten behoeve van vergroening.
- Kennisinstellingen en ecologische adviesbureaus moeten zo snel mogelijk worden ingeschakeld om kansen voor biodiversiteit in Oud Oost in kaart te brengen.

3. Afsluiting

Als afsluiting van de interactieve sessie is de deelnemers gevraagd wat hen is bijgebleven uit de sessie en wat de eerste stappen zijn die ze gaan ondernemen na de sessie.

Resultaat
Voorliggend de belangrijkste conclusies van de deelnemers.

Deze boodschap neem ik mee uit de sessie van vandaag:

- *Er zal meer in ketens samengewerkt moeten worden, zijn de organisaties al zover? ([redacted])*
- *Complexe opgave: lef hebben om alle wensen zo goed mogelijk in te vullen ([redacted])*
- *Bereidheid van stedenbouw om gebouwenstructuur Cambuurlocatie aan te passen en hier meer invulling te geven aan water? ([redacted])*
- *Complexe en intergrale opgave: goede afstemming nodig ([redacted]).*
- *Stadsbreed de doelen blijven bekijken (projectoverstijgend) ([redacted]).*

Eerste stap die ik ga zetten:
- *Ennatuurlijk en Leander op de hoogte brengen van ontwikkelingen ([redacted])*
- *Bij projecten afstemmen met betrokken partijen in een vroeg stadium ([redacted]).*
- *Ruimtebeslag van verschillende opgaven in beeld brengen. Eerst bekijken wat ondergronds mogelijk is en vervolgens nagaan wat er dan bovengronds nodig is.*
- *VVE's van informatie voorzien over subsidieregeling.*
- *Benadrukken dat er bij de ontwikkeling van het Cambuur terrein op een goede manier invulling wordt gegeven aan de wateropgave.*

4. Hoe nu verder?

Door deze sessie hebben stakeholders meer inzicht gekregen in elkaars activiteiten en zijn er al voorzichtige plannen gemaakt voor samenwerking. Daarnaast is de bewustwording bij verschillende partijen over de complexiteit van de opgave vergroot. Zo is vandaag bij enkele deelnemers duidelijk geworden dat er ca. 30-40 mm/uur aan bovengrondse berging of afvoer nodig is om een klimaatbui van 60 mm/uur zonder water in de panden af te kunnen voeren en zijn andere deelnemers voor het eerst geïnformeerd over de capaciteit van een nieuw te bouwen waterschapsgemaal.

Concreet zijn er enkele zorgen naar elkaar uitgesproken die op korte termijn invulling moeten krijgen. Zo hebben verschillende deelnemers hun zorg uitgesproken over de invulling van de wateropgave bij de bouwplannen voor het oude stadionterrein van Cambuur. [redacted] zijn bij deze ontwikkelingen betrokken en zullen deze zorg uitspreken in de projectgroep. Verder is vandaag duidelijk geworden dat er nog veel vragen zijn over de impact op de ruimte van verschillende klimaatopgaves. Zodra duidelijker is hoeveel ruimte nodig is voor verschillende klimaatopgaves kan er opnieuw gediscussieerd worden op welke opgaves of ontwikkelingen prioriteit hebben bij de invulling van ruimtelijke plannen.

Deze stakeholdersessie is een waardevolle eerste kennismaking tussen stakeholders en een eerste stap naar een hemelwaterstructuurplan waarbinnen afgestemde kansen voor een klimaatbestendige inrichting zijn meegenomen.

Bijlagen

Bijlage A - Invultabel Activiteiten in Oud Oost

Bijlage B - Mural dashboard met resultaten stakeholder sessie

Bijlage C - Overzichtskaart met activiteiten in wijk Oud Oost

Bijlage A - Invultabel Activiteiten in Oud Oost

Oplossen wateroverlast knelpunten Oud Oost	
Belangen	Versterken stedelijke biodiversiteit, insecten. Vergroening, aansluiten op groen/blauw ecologisch netwerk. Waterberging: ruimte voor zoetwaterflora- en fauna. Inzetten alle mogelijkheden: regenwater opslag voor gebruik toiletspoeling, groene daken, groene gevels, oppervlaktewater open, waterdoorlatende verharding Deelname Elkien aan ontwikkeling
Barrières	Druk op de ruimte, waardoor geen ruimte is voor vergroening en bovengrondse berging Druk op de ruimte, aanwezigheid van water Verschillende belangen, weinig ruimte
Kansen synergie	Vanuit buurtvisie en participatieproces rond nieuwe invulling Cambuurstadion (ook wens veel waterpartijen)
Daarvoor nodig	Inzicht in hoeveel ruimte er nodig is voorgebouwenstructur cambuurlocatie water alsnog medeordenend late zijn, bereidheid om wat nu op tekening staat,los te laten Dat voor oplossingen in eerste instantie gedacht wordt aan nature based solutions, natuurlijke oevers, bovengrondse berging
Nieuw Oud Oost (oude stadion locatie)	
Belangen	Kansen om problemen zoals adaptatie en mitigatie aan te pakken Etalage voor klimaat adaptief inrichten Natuurinclusief bouwen, zwart netwerk, vergroening en meer bomen
Barrières	Extra verharding en weinig ruimte, groene daken realiseren
Kansen synergie	Groene bebouwing/green walls, groen dak en watersopslag onder parkeren, aanleg oppervlaktewater Waterdoorlatende verharding, groene daken, ruimte voor gevelgroen, vliet weer open etc Elkien heeft een generieke ontheffing voor de Wet Natuurbescherming en bouwt in het kader daarvan natuurinclusief. Bij ecologisch onderzoek in het kader van bouwplannen, vraag dan ook aan het adviesbureau: hoe kunnen de plannen de lokale biodiversiteit versterken?
Daarvoor nodig	Goede projectleider Ik zou hier graag bij betrokken worden [redacted] Versterken biodiversiteit als kader in de plannen
Nieuw Warmtenet	
Belangen	Heel belangrijk voor mitigatie Meeliften met klimaatadaptatie Adaptatie meeliften met aanleg warmtenet. Ennatuurlijk is leidend, er zal niet vooruit worden aangelegd. Meekoppelkans bij wateroverlast en hittestress op te lossen
Barrières	Conflicten in de ondergrond: boomwortels e.d. Conflicten in ruimte onder de grond
Kansen synergie	Grond/straten moeten open, kans om werk met werk te maken
Daarvoor nodig	Goede samenwerking - afstemming Wanneer plannen concreet?
Ontwikkelingen in wijk Heechterp-Schieringen	
Belangen	Elkien samen met gemeente initiatiefnemer / eigenaar / verhuurder

	Koppeling met oud-oost Realiseren opgave van gemeente op ruimte WOCO bv groendak Aansluiting op groene verbinding vanuit Kalverdykje, natuurinclusief bouwen
Barrières	-
Kansen synergie	Koppelen me Oud-Oost
Daarvoor nodig	-
Optimale inzet RWZI: verminderen toevoer naar RWZI	
Belangen	Verminderen toevoer regenwater naar rwzi (Ivm uitbreiding Middelsee en Spoordok is gezocht naar alternatieven voor uitbreiding rwzi: afkoppelen elders) Betere doorstroming, zonder aanleg nieuwe vliet, zou dit een inlaatpunt van goede kwaliteit regenwater moeten zijn Helofytenfilters? Natuurvriendelijke oevers met flauwe taluds en rietzones.
Barrières	Groot deel terrein geen eigendom gemeente , dus medewerking eigenaren nodig
Kansen synergie	Mogelijk koppelen aan Blauwe Diamant 2.0 voor extra ambitie
Daarvoor nodig	-
Rioolvervanging	
Belangen	-
Barrières	-
Kansen synergie	-
Daarvoor nodig	-
Stedelijke vernieuwingsopgave Leeuwarden Oost	
Belangen	Niet direct een belang (al is het verbeteren van de leefbaarheid steeds de opgave), maar dit geeft heel veel kansen om integraal naar dit gebied te kijken leefbaarheid vergroten door vergroenen Aansluiten van stadsdeel op groen-blauw netwerk. Ruimte maken voor bomen. Ruimte creëren door lagere parkeernorm of ee-richtingsverkeer ipv twee-richtingsverkeer?
Barrières	Pas op voor weer vergelijkbare plannen als 10-20 jaar geleden. Toekomst heeft vernieuwing nodig, niet meer van hetzelfde
Kansen synergie	-
Daarvoor nodig	Op tijd weten, waar wat gaat spelen, zodat kansen voor biodiversiteit op tijd in kaart kunnen worden gebracht
Onderhoud andere disciplines (wegen/groen)	
Belangen	Ecologisch, gefaseerd beheer groen en blauw! Verbindingen leggen met biodiversiteitsinitiatieven van inwoners! Geen belang, meer koppelkansen
Barrières	-
Kansen synergie	Samenwerkingen mogelijk met inwoners, scholen
Daarvoor nodig	-
Oplossen hittestressknelpunten	
Belangen	Vergroening, klimaatadaptieve beplanting: gevarieerde beplanting met diepe beworteling is klimaatrobuuster. parkeren in combinatie met waterbuffering onder de stenen: verdamping is verkoeling Meer groen op daken, tegen gevels Vreogroening, groene gevels, groene daken. Groene gevels schelen tot wel 10 graden binnenshuis
Barrières	-

Kansen synergie	-
Daarvoor nodig	Dat wordt gedacht in nature based solutions: bomen, groene gevels, groene daken, halfverharding, nwadi's etc etc
Omgeving Dahliastraat/ Geraniumstraat - funderingsproblemen - onderzoek toekomst woningen	
Belangen	Eigenaar / verhuurder
Barrières	-
Kansen synergie	-
Daarvoor nodig	-
Vliet opengraven voor verbeterde afvoer water en tegengaan hittestress: echter heel veel vervuilende stoffen gebruikt voor dempen oorspronkelijk water	
Belangen	-
Barrières	-
Kansen synergie	-
Daarvoor nodig	-
Buurtvisie Vlietzone	
Belangen	Verbeteren sociale en fysieke kwaliteit van de wijk Buurtproces van november 2020 tot maart 2021 moet nog gepresenteerd worden Wensen: vergroening, 1000 bomen water en waterberging op een of andere manier terug op Vliet
Barrières	Bewoners blijven lang wonen of vertrekken juist snel veel doorstroming van studenten en mensen met verschillende problemen
Kansen synergie	-
Daarvoor nodig	-
BOSK	
Belangen	Bewustwording klimaat ,hittestress Mienskip In 2022 project LW2028 1000 bomen wandelen door binnenstad Leeuwarden
Barrières	-
Kansen synergie	In aansluiting op buurtvisie heeft Vlietvaardig aan BOSK gevraagd om BOSK ook naar Vliet te brengen en evt een deel van de bomen ook als eindbestemming vilietzone te geven
Daarvoor nodig	-
Blauwe Diamant 2.0 /Groen blauwe Diamant	
Belangen	Meerdere ikoonprojecten met meer of minder participatie. Hogere ambities waarmaken met europees geld Thema's : Klimaatadaptatie, energie uit water , biodiversiteit
Barrières	
Kansen synergie	Eventueel synergie om hogere ambitie te kunnen realiseren in projecten zoals: - Optimale inzet RWZI: verminderen toevoer naar RWZI - Vlietzone project hoog participatiegehalte
Daarvoor nodig	Basisreserveringen van partijen kunnen dienen als cofinanciering binnen europese aanvragen. Meeste kans bij betrokkenheid bedrijven en innovatie
Wens oplossing voor: verbetering waterkwaliteiteEinde Vliet achter centrale nu doodlopend water bij warm weer risico	
Belangen	Betere waterkwaliteit door meer doorstroming via ventrale naar kanaal of via vliet naar stadsgracht
Barrières	
Kansen synergie	Deel van wens buurtvisie rond vliet of Met bedrijven centrale
Daarvoor nodig	Open verbinding of duikers aanleggen

Bijlage B - Mural dashboard met resultaten stakeholder sessie

Aan de slag #1a: Activiteiten intekenen op de kaart

RONDE 1: Ontwikkelingen
Mis je nog projecten/ ontwikkelingen: plak deze op de overzichtskaart

RONDE 2: Knelpunten
Schrijf bij jouwproject / opgave / ontwikkeling in de wijk:
•Wat is jouw belang bij de opgave?
•Wat zijn de barrières bij jouw opgave?

RONDE 3: Kansen
Schrijf bij projecten / opgaven / ontwikkelingen van anderen:
• Ik zie hier een kans voor synergie
• Daarvoor heb ik nodig

RONDE 1

Kaart: geplande ontwikkelingen Oud Oost

Zuidvliet binnen knelpunt 1

Molenpad bij knelpunt 2

Cambuur bij knelpunt 3

Woonwijk bij knelpunt 5

Bloemenbuurt bij knelpunt 6

Aan de slag #1b: Activiteiten in de wijk

RONDE 1	RONDE 2		RONDE 3	
Project / Opgave / Ontwikkeling	Wat is jouw belang bij de opgave?	Wat zijn de barrieres bij jouw opgave?	Ik zie hier een kans voor synergie:	Daarvoor heb ik nodig:
Oplossen wateroverlast knelpunten Oud Oost				
Nieuw Oud Oost (oude stadion locatie)	Deelname Elkien aan ontwikkeling			
Nieuw Warmtenet				
Ontwikkelingen in wijk Heechterp-Schieringen				
Optimale inzet RWZI: verminderen toevoer naar RWZI				
Buurtvisie Vlietzone				
BOSK				
Blauwe Diamant 2.0				
Verbeteren waterkwaliteit einde ...et (achter ...entrale)				
Rioolvervanging				
Stedelijke vernieuwingsopgave Leeuwarden Oost				
Onderhoud andere disciplines (wegen/ groen)				
oplossen hittestressknelpunten				
Omgeving Dahliastraat / Geraniumstraat - funderingsproblemen - onderzoek toekomst woningen				

Dahliastraat / Geraniumstraat e.o. onderzoek toekomst woningen ivm oa verzakkingen en funderingsproblemen

Vliet opengraven voor verbeterde afvoer water en tegengaan hittestress: echter heel veel vervuilende stoffen gebruikt voor dempen oorspronkelijk water

This is a title...
This is a title...

Aan de slag #2: (Key) stakeholders in de wijk

RONDE 4: Key stakeholders selecteren
Plak een stikker (C of I) bij de Key stakeholders waarmee je nauw contact wil houden of die je geïnformeerd wil houden

C C C C I I I I I I I I I I I

Gemeente C
- Stadsontwikkeling C
- Landschap
- Water/Riolering C
- Groen/Spelen C
- Verkeer/Wegen C

Transport
- Arriva

Nutsbedrijven
- Waterbedrijf Vitens
- Netbeheerder Liander C
- KPN
- TenneT
- Ennatuurlijk, warmtebedrijf C

Overheden
- Provincie Fryslan
- Wetterskip Fryslan C

Scholen C
- Openbare basisschool Oud Oost
- Christelijke basisschool Koningin Beatrixschool
- DSG Comenius Zamenhof
- IKC Fransiscus

Zorg en Veiligheid
- Brandweer
- Veiligheidsregio Fryslan
- Politie
- GGD Fryslân
- Zorgsteunpunt Oud Oost

Wonen
- Elkien C
- Stichting WoonFriesland C
- Commerciële verhu... C

Overig
- Sociaal wijkteam Oud Oost I
- Bureau Daad C

Aanvullen...

Aan de slag #3: Stakeholderproces

RONDE 5: Stakeholderproces
-Geef aan hoe de stakeholderparticipatie eruit gaat zien
-Geef aan hoe we van elkaar op de hoogte willen blijven

De key stakeholders in Oud Oost willen we betrekken...

1) Te betrekken stakeholder	2) In het kader van...	3) Wanneer...	3) Hoe...
Corporaties		bij het maken van nieuwe plannen voor de wijk (Stedelijke vernieuwing en Cambuurterrein)	
Netbeheerder			
Bureau Daad		Voor de zomer	Binnen 2 weken reactie van gemeente: input voor ontwikkeling Cambuur
Gemeente: Stadsontwikkeling			
Gemeente: water / riolering			
netwerkbedrijven		als er gegraven gaat worden: werk met werk	gezamenlijk voerleg/ afstemmen. Meerjaren plan me tnetwerkbedrijven
bewoners	input en draagvlak	bij het maken van de ruimtelijke plannen	
Groen aanleg, onderhoud versusverkeer	vermindering verkeersroutes voor mogelijkheden benutten extra groen	nu beginnen	overleg/integrale visie, goed plannen in meerjarige projectplanningsoverleg
Kennisinstellingen, als van Hall Larenstein. Ecologisch adviesbureaus.	In kaart brengen kansen voor biodiversiteit in Oud Oost	Nu beginnen	
Warmtebedrijf: is netwerkbedrijf			
Scholen			
Wetterskip			
Liander: is netwerkbedrijf			
Gemeente: verkeer/wegen			
Gemeente: groen/spelen			

Aan de slag #4: Afsluiting

Zet je initialen achter de afspraken en conclusies hieronder:

DN RF WP MP AG HN JBO JB MH

Deze boodschap neem ik mee uit de sessie van vandaag

XY GJK AV FW AB BL

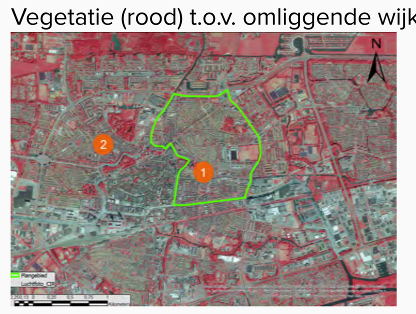
Dit is de eerste stap die ik ga zetten om aan gezamenlijke belangen te werken:

Kaartenbibliotheek

Gebiedskenmerken

Gebiedskenmerken

Vegetatie (rood) t.o.v. omliggende wijken



Oppervlaktewater

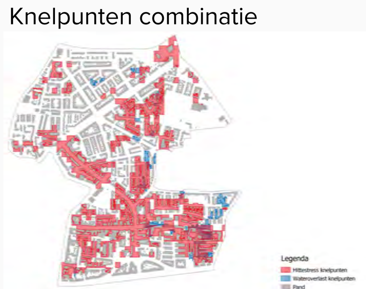
Risico's en knelpunten

Wateroverlast knelpunten

Knelpunten Hitte

Wateroverlast risicovolle panden

Knelpunten combinatie



Bouwjaar panden

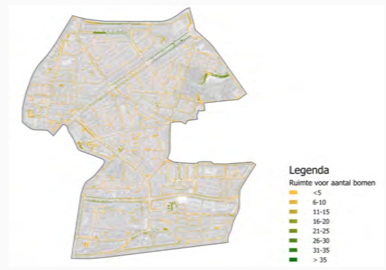
Kansen

Relatieve hoogte

Rioolstelsel

Gronwater t.o.v. maaiveld

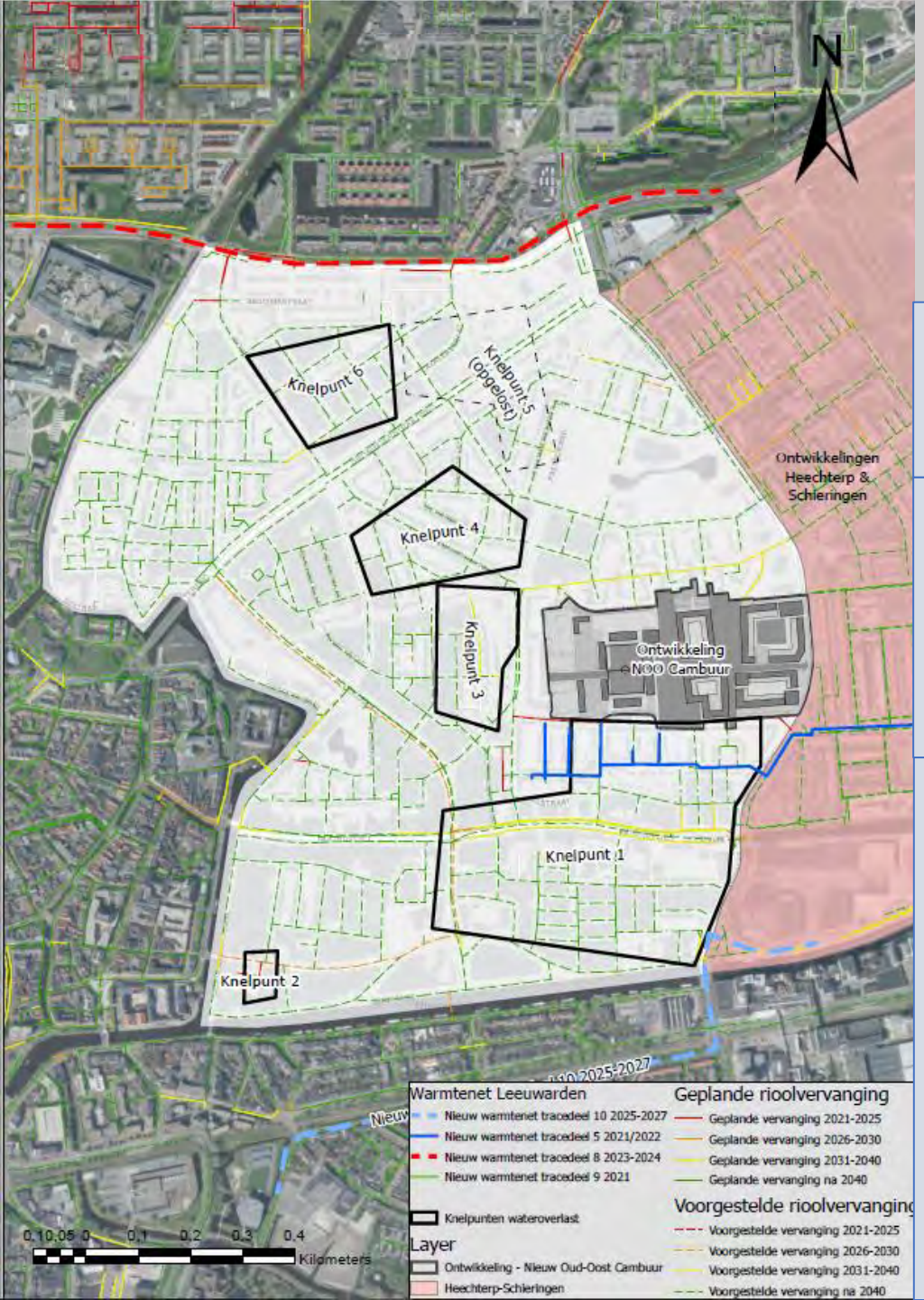
ruimte voor bomen



Kansen voor maatregelen (privaat terrein)

Planning bedrijfsbureau Integraal 2022-2026

Bijlage C - Overzichtskaart met activiteiten in wijk Oud Oost



Oefening 1

Verzakkingsproblemen in Dahliastraat en Geraniumstraat

Cambuur:

- Een oplossing voor knelpunt is meer water in Cambuur
- Green Cities

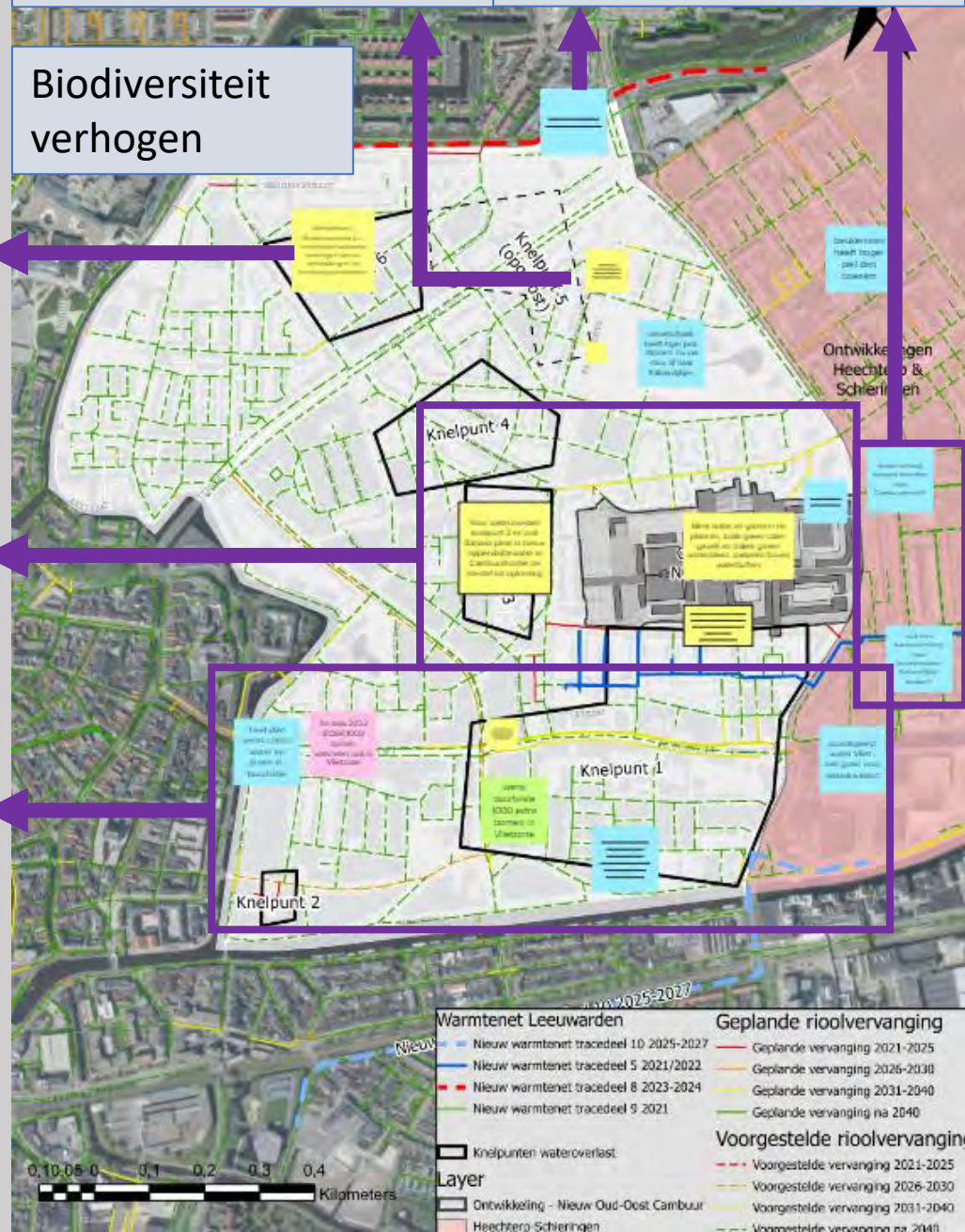
Vlietzone:

- Meer water en groen
- 1000 extra bomen
- Arcadia 2022 BOSK
- Vliet opengraven
- Doodlopende Vliet aan de oostkant vormt risico voor waterkwaliteit

Verouderde Aardgasleidingen

Afvoermogelijkheden naar Boezem creëren

Biodiversiteit verhogen



Colofon

KLIMAATBESTENDIG OUD-OOST
THEMA WATEROVERLAST

KLANT
Gemeente Leeuwarden

AUTEUR
[redacted]

PROJECTNUMMER
30084899

ONZE REFERENTIE
D10055062:48

DATUM
5 oktober 2022

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Maatregelen voor een klimaatbestendige stad

Thema wateroverlast
Gemeente Leeuwarden

13 december 2022

Contactpersoon

[redacted]
Projectleider Stedelijk Water en Riolering

T +31 [redacted]
M +31 [redacted]
E [redacted]@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4

2 Uitgangspunten 5

2.1 Projectgebied 5

2.2 Ambities gemeente Leeuwarden 5

2.3 Aanpak modelberekeningen wateroverlast 6

2.4 Interpretatie modelresultaat 7

3 Knelpunten 12

3.1 Rekenresultaat huidige situatie 12

3.2 Knelpuntlocaties 12

4 Oplossingsrichtingen 14

4.1 Bergen of afvoeren van water 14

4.2 Afweging oplossingsrichtingen 14

5 Maatregelpakket 16

5.1 Maatregelen 16

5.2 Effect maatregelen 16

5.3 Kosten 17

6 Conclusies en aanbevelingen 19

Colofon 40

1 Inleiding

De gemeente Leeuwarden wil de stad in 2035 klimaatbestendig hebben ingericht om negatieve effecten van klimaatverandering te beperken. Dit geldt ook voor maatregelen binnen het thema ‘wateroverlast’. De gemeente heeft een eerste inschatting gemaakt van de kosten die hiermee gemoeid zijn, maar deze kosten zijn voor een deel gebaseerd op een globale inschatting doordat niet van alle delen van de stad nauwkeurige rekenresultaten beschikbaar zijn (hier zijn alleen resultaten beschikbaar van een beperkt nauwkeurige stresstest waarin het functioneren van de riolering niet is meegenomen). De gemeente heeft Arcadis gevraagd om een geactualiseerd model op te bouwen van de riolering en het maaiveld en hiermee nauwkeurig in beeld te brengen wat knelpuntlocaties zijn en voor deze locaties vast te stellen welke maatregelen nodig zijn om de stad klimaatbestendig in te richten.

De maatregelen zijn vastgesteld op basis van resultaten van modelberekeningen en in overleg tussen de gemeente en Arcadis is een toetsing uitgevoerd van de haalbaarheid en uitvoerbaarheid. Waar nodig zijn op basis van dit overleg aanpassingen aan de maatregelen doorgevoerd. Hierdoor is er een maatregelpakket nagestreefd dat praktisch uitvoerbaar is en waarmee de stad, op wateroverlastgebied, klimaatbestendig in te richten is.

Dit project heeft betrekking op een deel van de stad Leeuwarden, omdat voor verschillende delen van de stad al vergelijkbare analyses zijn uitgevoerd. Zo is vooraf en deels parallel aan dit project een vergelijkbaar project uitgevoerd voor de wijk Oud-Oost. Specifiek in Oud-Oost zijn de opgaven om de wijk klimaatbestendig in te richten groot en hier staat een grootschalige herinrichting op het programma. Daarom is het project voor Oud-Oost naar voren getrokken. De projectaanpak van beide projecten is echter in de basis gelijk. Bij de uitvoering van het project voor Oud-Oost is ervaring opgedaan met verschillende aspecten, zoals de betrouwbaarheid van het modelresultaat en de toepasbaarheid van een analyse om panden te kleuren op basis van het modelresultaat. Deze ervaring is meegenomen in dit project voor andere gebieden in Leeuwarden. De leerpunten die in het project voor Oud-Oost zijn opgedaan zijn ook beschreven in deze rapportage. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de precieze afkadering van het projectgebied.

In dit rapport zijn de resultaten van het project beschreven en er is tevens ingegaan op de bevindingen die tijdens het project zijn gedaan.

De opbouw van dit rapport is als volgt:
- Hoofdstuk 2: gehanteerde uitgangspunten;
- Hoofdstuk 3: een beschrijving van de knelpuntlocaties;
- Hoofdstuk 4: oplossingsrichtingen;
- Hoofdstuk 5: het maatregelpakket;
- Hoofdstuk 6: conclusies en aanbevelingen.

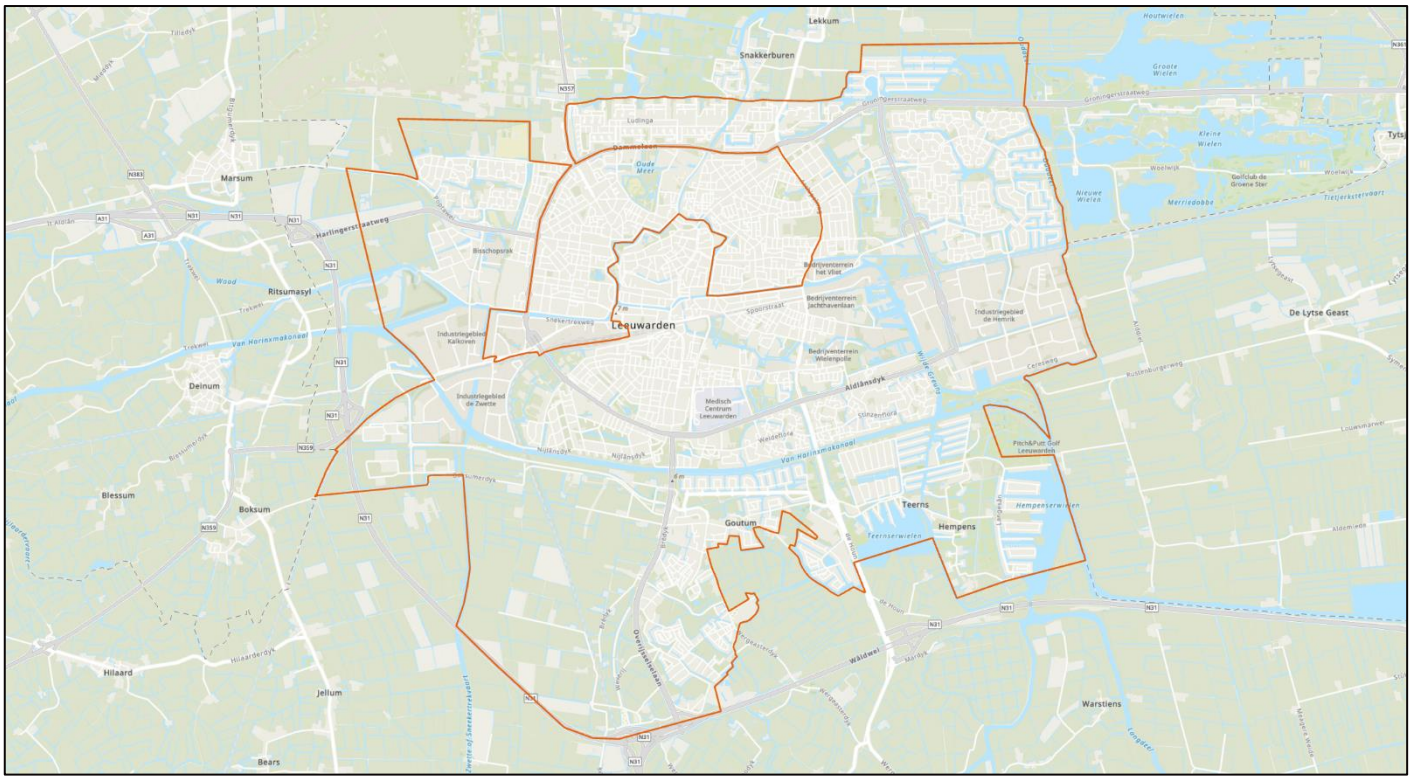
In de bijlage van dit rapport zijn gedetailleerde rekenresultaten van de knelpuntlocaties en een kostenraming opgenomen.

2 Uitgangspunten

2.1 Projectgebied

Voor dit project is vastgesteld waar er sprake is van knelpunten bij extreme neerslag en zijn er maatregelen ontworpen om wateroverlast en schade te voorkomen. Het gebied waarop deze aanpak betrekking heeft is de stad Leeuwarden, zonder de buitendorpen. Voor verschillende delen van de stad zijn in het verleden al nauwkeurige berekeningen met extreme neerslag gemaakt waarbij ook maatregelen zijn ontworpen. Deze gebieden vallen buiten die project. Dit gaat om de gebieden:

- Snekerkade;
- Oud Oost (de bemalingsgebieden Bleeklaan, Egelantierspad en Kalverdijkje).



Figuur 1 Omlijning projectgebied

Voor dit project is het model van de riolering geactualiseerd op basis van het huidige beheerbestand van de gemeente. Daarbij is ervoor gekozen om het bestaande model voor de gehele stad, inclusief de buitendorpen, te actualiseren, omdat de extra inspanning die dit met zich meebrengt relatief klein is. Het bestaande model voor de gehele gemeente is hierdoor volledig geüpdatet.

2.2 Ambities gemeente Leeuwarden

In de afgelopen periode is de gemeente gestart met de invulling van de ambities uit het Deltaplan Ruimtelijk Adaptatie (DPRA). Dit heeft geresulteerd in een klimaatkwetsbaarheden analyse, een klimaatadaptatiestrategie en de bijbehorende klimaatambities. Belangrijke onderdelen hieruit zijn dat de gemeente Leeuwarden bij nieuwe ontwikkelingen aan de riolering het systeem zodanig wil ontwerpen dat er niet langer sprake is van water-op-straat bij bui 09 als er sprake is van reconstructies in het bestaand gebied, of van bui 10 bij nieuwe ontwikkelingen. Daarnaast wil de gemeente in de basis overal voorkomen dat er sprake is van meer dan 5 cm water tegen de gevel van panden (er wordt aangenomen dat er hierbij schade kan optreden) bij een blokbui van 60 mm in een uur. Daarnaast wil de gemeente bij deze bui voorkomen dat er sprake is van meer dan 30 cm water-op-straat omdat hiermee de begaanbaarheid van wegen te veel wordt beperkt.

De gemeente heeft de ambitie om in het jaar 2035 klimaatbestendig te zijn. Dit betekent dat de maatregelen die met deze ambities zijn gemoeid, uiterlijk in dit jaar moeten zijn uitgevoerd. Dit kan uitdagingen met zich meebrengen.

Er kan niet overal worden volstaan met maatregelen op maaiveld niveau, soms is ook de aanleg van hemelwaterriolering of de vervanging van bestaand riool noodzakelijk. De riolering kan echter niet altijd worden vervangen binnen de termijn waarin de gemeente klimaatbestendig wil zijn. Vooral waar de riolering nog jong is. Waar de riolering ouder is en aan vervanging toe is, liggen er meer kansen om maatregelen aan het riool te treffen als dit gewenst is vanuit de effectiviteit van maatregelen.

Verder heeft de gemeente de ambitie om hittestress te verminderen bij werkzaamheden in de openbare ruimte en locatiegericht maatregelen te nemen om negatieve gevolgen van droogte te voorkomen. Deze onderwerpen vallen buiten de scope van deze studie, maar waar zich op deze gebieden kansen voordoen binnen het thema wateroverlast, worden deze benut.

2.3 Aanpak modelberekeningen wateroverlast

Rekenmodel

Knelpuntlocaties en het effect van maatregelen zijn inzichtelijk gemaakt met behulp van een hydraulisch rekenmodel. Hiervoor is een gecombineerd ‘1D-2D riolerings-maaiveldmodel’ opgebouwd.

Het 1D-model bevat alleen de ondergrondse (riolerings-)infrastructuur. De putten en leidingen (basisgeometrie) zijn gebaseerd op het beheerbestand van de gemeente van november 2021. Het 1D-model is uitgebreid met een maaiveldmodel dat is gebaseerd op de AHN4. In het totale model is het rioleringsmodel via de straatkolken aan het maaiveldmodel gekoppeld. De neerslag valt op het maaiveldmodel, water komt vervolgens tot afstroming en stroomt via de kolken, waar mogelijk, de riolering in. Daken zijn rechtstreeks op het rioolstelsel aangesloten.

Voordelen van deze aanpak zijn dat de rekenmethode overeenkomt met de aanpak van stresstesten die zijn uitgevoerd in het kader van het DPRA, met het verschil dat in het model voor Leeuwarden ook de riolering is meegenomen. Hierdoor ontstaat er inzicht in het functioneren van het gehele gecombineerde systeem van de riolering en het maaiveld gezamenlijk bij extreme buien en is het detailniveau hoger. Hierdoor kunnen oorzaken van wateroverlast beter in beeld worden gebracht en is het model geschikt voor het toetsen van maatregelen.

Constructies (zoals gemalen, overstorten en randvoorzieningen) zijn overgenomen op basis van het al bestaande rioleringsmodel van Leeuwarden en de beschikbare informatie is aangevuld met actuele gegevens waar dit noodzakelijk was. Verder zijn de inwoners en het verhard oppervlak geactualiseerd (het oppervlak is gebaseerd op van actuele gegevens uit de BGT). De beheerdata en het model zijn uitgebreid gecontroleerd (er zijn zowel een controle op de beheergegevens als op de werking van het model uitgevoerd). Op basis van de bevindingen is de werkelijke situatie van de riolering nagegaan en is het model verbeterd.

In het beheerbestand is voor een deel van de kolkleidingen de ligging onbekend. Op basis van de ligging van de kolken (in de nabijheid van een hemelwaterleiding of niet) en de afstand tot het dichtstbijzijnde stelsel, is bepaald welke kolken op welk rioolsysteem zijn aangesloten. Bij kolken op een grote afstand van het riool, is niet automatisch te bepalen op welk systeem deze zijn aangesloten. Dergelijke kolken zijn niet in het model opgenomen.

De kolken in het beheerbestand zijn ingemeten bij reinigingswerkzaamheden. Deze inmetingen zijn vaak onnauwkeurig. Voor het model is het van belang dat de kolken aan de rand van de (weg)verharding liggen, want een kolk in een (hoger liggend) trottoir kan modelmatig geen water van de lager gelegen weg ontvangen. Door middel van een GIS-bewerking zijn de kolken digitaal verplaatst naar de meest nabijgelegen kant van de weg.

Het maaiveldmodel is opgebouwd op basis van (openbare) informatie uit de AHN4, de BAG en de BGT. Neerslag die op het maaiveld valt, stroomt over het maaiveld af naar de kolken. De BGT is gebruikt om onderscheid te maken tussen wegen en andere terreinen. Op wegen is een rekengrid met driehoekige cellen van 0,25 tot 1,00 m^2 gehanteerd, daarbuiten van 2 tot 8 m^2. De BGT levert ook diverse lijnen (bijvoorbeeld de rand van een trottoir) die als zogenaamde ‘breeklijnen’ in het maaiveldmodel zijn opgenomen. Een cel van het rekengrid kan een breeklijn nooit overschrijden. Duidelijke hoogteverschillen, zoals bij een stoeprand aan de kant van een weg, worden hierdoor in het model nauwkeurig meegenomen.

De panden zoals deze zijn opgenomen in de BAG zijn uit het maaiveld model geknipt. Deze panden voeren het water, conform het NWRW inloopmodel, rechtstreeks af naar het rioolstelsel.

Watersysteem

Het watersysteem is niet opgenomen in het rekenmodel. Aan de randen van het model, waar de riolering uitstroomt naar het watersysteem, zijn de maatgevende niveaus opgenomen als 'peilrand'. Voor de boezem is er een maatgevend peil gehanteerd van NAP -0,52 m en er is in het model een extra marge van 15 cm gehanteerd als compensatie voor afwijkingen die in het watersysteem kunnen optreden, gebaseerd op ervaring van de gemeente. In het model is een peil gehanteerd van NAP -0,37 m.

Toetsing rekenresultaat

Het hydraulisch rekenmodel geeft inzicht in onder andere waterstanden in de riolering en op het maaiveld en laat zien hoe waterstroming over maaiveld plaatsvindt. Om te toetsen of wordt voldaan aan de eisen die de gemeente Leeuwarden (maximaal 30 cm water-op-straat en maximaal 5 cm water tegen gevels van panden) wordt de waterhoogte op maaiveld in resultaatsfiguren gekleurd en worden berekende waterstanden tegen panden aan de panden gekoppeld. Zo wordt voor de panden inzichtelijk gemaakt welke waterstand er tegen het pand staat en kan worden getoetst of dit voldoet aan de eisen van de gemeente.

Als er sprake is van water tegen een pand, gebeurt dit regelmatig zowel op privéterrein (vaak aan de achterzijde van het pand) als via openbaar terrein (vaak aan de voorzijde). Water dat vanaf privéterrein afstroomt en tegen het pand komt te staan, kan niet door de gemeente worden voorkomen en dit valt bovendien buiten de verantwoordelijkheid van de gemeente. Het is niet mogelijk om alle water dat buiten de verantwoordelijkheid van de gemeente valt automatisch uit het rekenmodel te verwijderen, daarom is een automatische analyse toegepast waarmee dit wordt nagestreefd.

Geautomatiseerde aanpassing rekenresultaat
Om het rekenresultaat geautomatiseerd te corrigeren voor water dat buiten de gemeentelijke verantwoordelijkheid valt, is in de eerste plaats een berekening gemaakt waarin alle water dat afstroomt naar wegvakken waarin kolken aanwezig zijn, wordt verwijderd uit het model (voor deze berekening wordt een bui van 60 mm/u doorgerekend met daarna een droge periode van 2 uur). Het water dat op het maaiveld blijft staan, wordt beschouwd als water dat niet kan worden afgevoerd door de riolering en in principe buiten de verantwoordelijkheid van de gemeente valt. Deze watercellen worden vervolgens gewist in het uiteindelijke rekenresultaat (hierin wordt gekeken naar de maximaal optredende waterstanden in het scenario dat wordt doorgerekend). Zo blijven voornamelijk rekencellen over die vallen binnen de gemeentelijke verantwoordelijkheid.

De analyse blijkt in de praktijk vrij accuraat, maar ook is er soms sprake van afwijkingen. Dit is onvermijdelijk bij een dergelijke geautomatiseerde analyse van rekenresultaten en dit wordt voor lief genomen, omdat de toegevoegde waarde van de analyse aanzienlijk groter is. Bij interpretatie van de waterhoogte tegen panden moet hier echter rekening mee worden gehouden, bijvoorbeeld doordat panden in een maatregelscenario (waarin doorgaans sprake is van verbetering t.o.v. de huidige situatie) soms zo worden gemarkeerd dat er meer water tegen het pand komt te staan. Dit wordt in deze situatie (onterecht) veroorzaakt door water op het particulier terrein.

De waterdiepten zijn op kaart gepresenteerd. Dit geeft inzicht in de optredende waterhoogte, locaties waar grotere waterdiepten voorkomen dan 30 cm en de maximaal optredende waterstanden tegen panden. Dit vormt de basis voor het vaststellen van knelpunten en het ontwerpen van maatregelen.

2.4 Interpretatie modelresultaat

Het rekenresultaat kent onnauwkeurigheden. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Bij interpretatie van de rekenresultaten is aan het licht gekomen dat er veel water-op-straat wordt berekend en er bij veel panden sprake is van hoge waterstanden tegen het pand. In het project dat voor Oud-Oost dat eerder voor de gemeente is uitgevoerd, is belangrijke kennis opgedaan die moet worden gebruikt bij interpretatie van het modelresultaat. In deze paragraaf is dit nader toegelicht.

Grote hoeveelheden afstromend water in het model

Uit rekenresultaten blijkt dat er sprake is van een grote hoeveelheid water-op-straat in het model, meer dan was voorzien. Een analyse van de gehanteerde modelaanpak heeft geleid tot de volgende inzichten:

- In rekenmodellen worden parameters gehanteerd die doorgaans aan de veilige kant gekozen zijn. Hierdoor ligt het voor de hand dat rekenresultaten meer water kunnen laten zien dan er in de praktijk voorkomt. Dit gaat bijvoorbeeld om infiltratie die in werkelijkheid aanzienlijk hoger kan zijn dan in het rekenmodel gehanteerd wordt.

- In het maaiveldmodel dat wordt gehanteerd zijn hoogtes opgenomen, maar obstakels die de afstroming van water in werkelijkheid kunnen belemmeren (zoals schuttingen, muurtjes of begroeiing) zijn niet opgenomen omdat hierin geen gedetailleerd inzicht bestaat.

Beide aandachtspunten kunnen leiden tot grote afwijkingen in het rekenresultaat. In onderstaande figuur zijn twee afbeeldingen ter illustratie opgenomen om het tweede aandachtspunt nader toe te lichten. Links is een woonwijk in aanbouw zichtbaar, met nog niet ontwikkelde achtertuinen. Deze situatie komt overeen met het maaiveld-rekenmodel zoals dat is gehanteerd voor berekeningen. Rechts is een praktijkvoorbeeld van achtertuinen weergegeven. Hier stroomt in de praktijk minder (snel) water af naar de straat dan waar in het model vanuit wordt gegaan.

Figuur 2. Figuur ter illustratie: links een nieuwbouwwijk in aanbouw met kale tuinen (situatie zoals het model hanteert), rechts een foto van de praktijk.

Door middel van een testberekening is geprobeerd om een inschatting te maken van een mogelijk effect van aanwezige afscheidingen en objecten in tuinen. In de onderstaande figuur is links het standaard-rekenresultaat zichtbaar, rechts het resultaat als 30% van de bui infiltreert in achtertuinen. Met name in het omcirkelde knelpuntgebied is het verschil aanzienlijk.

Figuur 3. Verschil tussen rekenresultaat van de uitgangssituatie en de situatie met 18 mm/u infiltratie op particulier terrein.

Op basis van het verschil is geconstateerd dat het als absoluut realistisch moet worden gezien dat het rekenresultaat de werkelijke situatie overschat. De mate waarin dit het geval is kan echter niet worden vastgesteld, onder andere omdat er geen metingen beschikbaar zijn van extreme neerslaggebeurtenissen en het model hierop dus niet op kan worden getoetst. Het is daarom niet mogelijk om het resultaat te corrigeren. Geconcludeerd is dat alleen een expert-beoordeling kan volstaan om het resultaat te beoordelen. Deze conclusie betekent bijvoorbeeld dat in een situatie waarin er nog steeds sprake is van een aanzienlijke hoeveelheid water-op-straat of een risico op schade, er in de praktijk geen sprake van een knelpunt hoeft te zijn. Er moet dan nauwkeurig worden beoordeeld hoe groot de kans is dat in de praktijk geen schade optreedt.

Hoge waterstanden tegen panden

Met een analyse van waterstanden tegen panden wordt inzichtelijk gemaakt of wordt voldaan aan de eis van de gemeente dat er bij een extreme neerslaggebeurtenis (60 mm/u) niet meer dan 5 cm water tegen het pand mag staan. Deze eis is gebaseerd op het uitgangspunt dat als er meer dan 5 cm water tegen het pand staat, water over de drempel kan stromen en er sprake is van schade. Hiervoor wordt het rekenresultaat (water op het maaiveld) gerelateerd aan panden. Panden worden op basis van dit resultaat door middel van een kleur gemarkeerd. Dit geeft inzicht in de berekende waterhoogte tegen het pand.

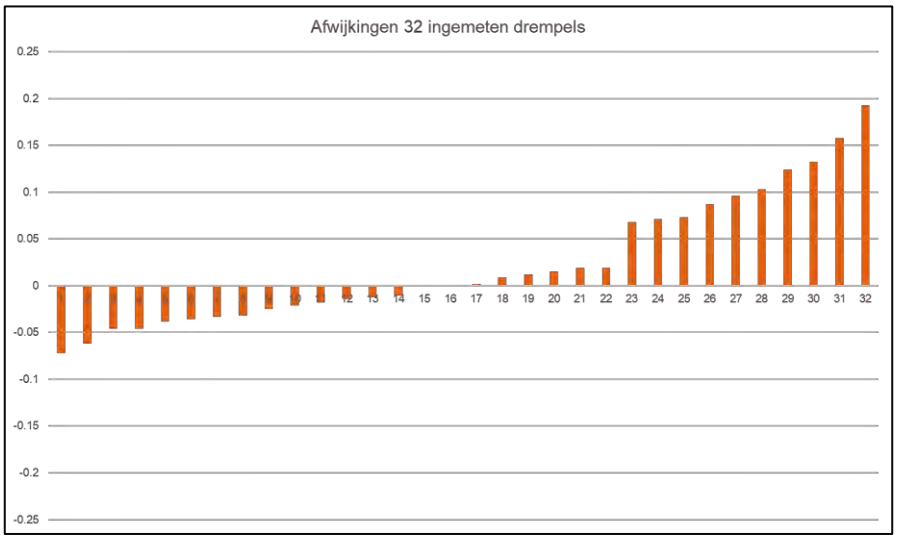
Uit een analyse die is uitgevoerd in het kader van een project voor de wijk Oud-Oost blijkt dat veel panden als ‘kritisch’ worden gemarkeerd. Dit ligt in lijn met de verwachting omdat er in dit gebied sprake is van een aanzienlijk aantal lastig op te lossen knelpunten, maar ingeschat is ook dat er sprake is van een overschatting van de werkelijke situatie en er meer panden worden gemarkeerd dan in werkelijkheid mag worden verwacht. Enerzijds wordt dit veroorzaakt doordat het model de water-op-straat situatie overschat (zie de hierboven beschreven paragraaf ‘Grote hoeveelheden afstromend water in het model’), anderzijds blijken panden op basis van de toegepaste methode snel als kritisch te worden gemarkeerd, mogelijk sneller dan in werkelijkheid het geval is.

Analyse van de toegepaste methode heeft de volgende constateringen aan het licht gebracht:

- Er wordt vanuit gegaan dat het maaiveld tegen het pand aan klopt in de AHN, maar in de praktijk kan hierin sprake zijn van aanzienlijke afwijkingen. Bij het inwinnen van de AHN is er bijvoorbeeld sprake van ‘schaduwwerking’ van panden: de AHN wordt ingewonnen met een vliegtuig en doordat ook schuin naar beneden opnames worden gemaakt, kan het vliegtuig niet overal precies naast de panden ‘kijken’. Ook overhangen of dakgoten aan het dak dragen hieraan bij. De ontbrekende data worden in de AHN geïnterpoleerd van het maaiveld dat wel bekend is, maar daarbij vaak verder bij het pand vandaan ligt. Omdat het maaiveld dicht bij woningen vaak sterk oploopt, leidt deze interpolatie ertoe dat het maaiveld in het gehanteerde model vlakbij het pand lager kan zijn (afwijkingen van 10 cm of meer worden realistisch geacht) dan in de werkelijkheid het geval is. Als aan dit model waterstanden gekoppeld worden, kunnen waterstanden tegen het pand in het model aanzienlijk sneller oplopen dan dat in werkelijkheid het geval is. Hierdoor wordt veel sneller beoordeeld dat er schade optreedt en er ingrijpende maatregelen noodzakelijk zijn.
- Op verschillende knelpuntlocaties is gebleken dat daar waar het maaiveld laag is, panden juist hoger liggen en er sprake is van een aanzienlijk hogere drempel dan 5 cm. Dit komt vooral voor in oudere wijken, waar het bouwrijp maken nog niet zo is uitgevoerd als dit tegenwoordig wordt gedaan. Er is hier bijvoorbeeld sprake van enkele opstapjes voordat de drempel begint. Juist op de locaties die dus gevoelig zijn voor overlast, komt het voor dat panden hoger liggen. Hierdoor worden deze panden in het modelresultaat te snel als ‘risicovol’ gemarkeerd terwijl er in de praktijk een kleiner risico op schade is. Een voorbeeld is weergegeven in onderstaande figuur.

Figuur 4. Voorbeeld van een pand op een knelpuntlocatie in Oud-Oost waarbij het pand hoger ligt dan 5 cm boven maaiveld. Uit een inmeting (o.b.v. beeld Cyclomedia) blijkt dat er sprake is van een hoogteverschil van 19 cm tussen de tegels bij de woning en de bovenzijde van de drempel.

De gemeente heeft in Oud-Oost een inmeting uitgevoerd (steekproef) om bij een aantal willekeurige panden op knelpuntlocaties vast te stellen hoe hoog de drempels liggen ten opzichte van het maaiveld. Daaruit komen verschillen naar voren. Bij ongeveer de helft van de ingemeten locaties is er in het model sprake is van een overschatting van de drempelhoogte (0 tot 7 cm), maar in de gevallen waarin er sprake is van een onderschatting van de drempelhoogte komt dit voor tot bijna 20 cm. In onderstaande figuur zijn de verschillen tussen het model en de inmeting inzichtelijk gemaakt op 32 locaties.



Figuur 5. Afwijkingen tussen het model en inmeting van 32 ingemeten drempels in Oud-Oost, met de afwijking in cm op de y-as. Bij een negatieve waarde is in het model een te hoge drempel gehanteerd, bij een positieve waarde een te lage drempel.

Conclusies t.b.v. interpretatie van het modelresultaat

Op basis van de uitgevoerde analyses zijn er twee conclusies getrokken:

- De panden-analyse waarmee schade-risico's inzichtelijk worden gemaakt is geschikt om vast te stellen waar er sprake is van knelpuntlocaties (doorgaans niet als bij één pand een risico wordt geconstateerd, maar bij meerdere panden bij elkaar), maar de mate waarin er sprake is van een risico, is onzeker;
- De panden-analyse is beperkt geschikt om vast te stellen wanneer maatregelen exact voldoende effectief zijn. Hiervoor wordt bij voorkeur een expert-beoordeling van het rekenresultaat gebruikt. Een nauwkeuriger alternatief is het grootschaliger inmeten van drempels van panden om vast te stellen hoe groot risico's daadwerkelijk zijn.

Zowel waar het gaat om de hoeveelheid water die in het rekenmodel tot afstroming komt als voor de pandenanalyse die uitgevoerd wordt, wordt het reëel geacht dat het rekenresultaat de werkelijke situatie overschat. Met name voor de overschatting van het rekenresultaat is het op basis van beschikbare gegevens niet mogelijk om vast te stellen in welke mate dit gebeurt. Om de analyse bij toekomstige berekeningen betrouwbaarder te maken, liggen de volgende vervolgstappen voor de hand:

- Verzamel foto's en video's bij extreme neerslag en in combinatie met (nauwkeurige en betrouwbare) neerslagmetingen. Zo kunnen modelresultaten worden vergeleken met de werkelijke situatie en kan een inschatting worden gemaakt van de betrouwbaarheid van het model.
- Voer inmetingen uit van de drempels van panden waar schade wordt verwacht. Hierdoor ontstaat betrouwbaarder inzicht in het daadwerkelijke risico.

Een overschatting van het rekenresultaat leidt mogelijk tot een overdimensionering van maatregelen. Er speelt echter mee dat de bui die momenteel als maatgevend wordt gehanteerd (60 mm/u) op dit moment overeenkomt met een T=100 situatie. In de toekomst verschuift dit en zal een zwaardere bui een dergelijke herhalingstijd kennen. Overdimensionering biedt daarom een extra veiligheid die voor de toekomst als 'geen spijt'-investering kan worden gezien.

De gemeente kiest ervoor om de omvang van de maatregelen te bepalen op basis van het rekenresultaat, dus de maatregelen zodanig te kiezen als dat nodig is om schade bij panden op basis van het modelresultaat te voorkomen. Hierbij wordt wel een doelmatigheidsafweging gemaakt.

Aanpak voor interpretatie rekenresultaten

Op basis van de bevindingen is voor de interpretatie van rekenresultaten is de volgende concrete aanpak vastgesteld:

1. Knelpuntlocaties worden vastgesteld op basis van de ernst van de situatie en het risico. Naast het rekenresultaat speelt hierbij ervaring van de gemeente met wateroverlast een rol. Voor de knelpuntlocaties worden maatregelen uitgewerkt.
2. Maatregelen die worden getroffen dienen praktisch mogelijk en haalbaar te zijn. Ook wordt een doelmatigheidsafweging gemaakt:
   - In welke mate is er sprake van overlast en wat zijn de gevolgen, is er bijvoorbeeld overlast bij één woning of in een hele straat of buurt?
   - Bij individuele gevallen: waar staat water tegen een pand, is dit een blinde muur of bij een deur?
   - Er wordt een afweging gemaakt voor maatregelen op maaiveldniveau (voorkeur) of in de riolering.
   - Waar het gaat om rioleringsmaatregelen speelt de leeftijd van het riool een belangrijke rol: riolering die is aangelegd in de jaren ‘70 of eerder gaat richting de vervangingstermijn. Dit biedt kansen.
   - Als de riolering niet wordt vervangen, kan een hemelwaterriool worden aangelegd naast het bestaande gemengde riool waar dit past. Is dit niet mogelijk, dan ligt de focus eerder op vervanging van het gemengd riool indien dit haalbaar is ten aanzien van de vervangingstermijn.
   - De ruimte in de straat is leidend voor de afmeting van (nieuwe) riolen.
3. Het effect van maatregelen wordt in beeld gebracht op basis van de gebruikelijke modellen. Bij interpretatie van het rekenresultaat wordt rekening gehouden met mogelijke overschatting door het model, maar omdat niet bekend is in welke mate overschatting plaatsvindt, is het rekenresultaat in de eerste plaats leidend. Is er niet op doelmatige wijze (zie hierboven) voldoende verbetering mogelijk, dan wordt het resultaat op expert-basis beoordeeld en wordt ingeschat of het effect voldoende is of dat aanvullende maatregelen moeten worden gedefinieerd.
4. Afgewogen wordt hoe kosten van maatregelen zich verhouden tot het effect en de prioriteit. Deze afweging wordt buiten deze studie gemaakt bij de nadere uitwerking van het totale maatregelenpakket om de stad klimaatbestendig te maken.

3 Knelpunten

Op basis van het rekenresultaat bij extreme neerslag (een neerslaggebeurtenis (blokbui) van 60 mm/u) zijn knelpuntlocaties gedefinieerd. In dit hoofdstuk is ingegaan op deze locaties.

3.1 Rekenresultaat huidige situatie

Uit het rekenresultaat komen verschillende knelpuntlocaties, verspreid over de stad, naar voren. In bijlage D zijn de knelpuntlocaties beschreven, hierin is ook de wateroverlastsituatie in de huidige situatie opgenomen.

Kleuring van panden
Panden zijn gekleurd op basis van een waterstand waarvan is vastgesteld dat het water afkomstig is van openbaar terrein. Het water dat in de kaarten zichtbaar is betreft ook het water dat op particulier oppervlak voorkomt.

Voor het kleuren van panden is een geautomatiseerde analyse uitgevoerd. Ondanks dat deze analyse nog in de kinderschoenen staat, is ervoor gekozen om deze toch toe te passen omdat de meerwaarde groot is. Het onderscheid tussen water van openbaar en van particulier terrein wordt gemaakt door een ‘referentieberekening’ uit te voeren waarin water dat afstroomt naar de wegen verdwijnt. Op locaties waar het resterende water voorkomt (verondersteld op particulier terrein) wordt in het uiteindelijke resultaat het water te ‘gewist’, zodat alleen water op openbaar terrein overblijft. Dit resultaat wordt gebruikt voor de kleuring van panden. Doordat rekencellen op het maaiveld niet in alle berekeningen nauwkeurig overeenkomen, kan er soms water op particulier terrein achterblijven. Hierdoor kunnen panden alsnog (onterecht) worden gekleurd.

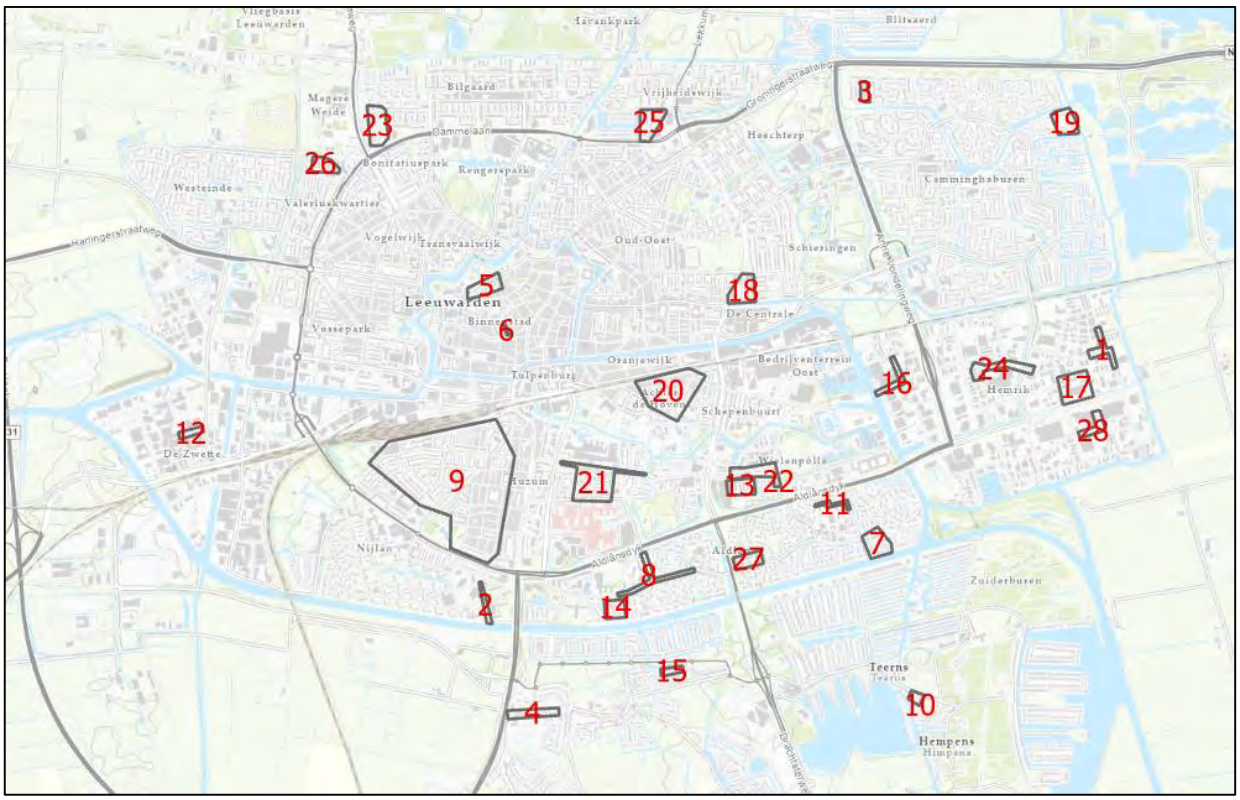
3.2 Knelpuntlocaties

Er zijn 28 locaties als ‘knelpunt’ gemarkeerd. In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen. Dit betekent dat het voor deze locaties noodzakelijk wordt geacht om maatregelen op te stellen. In figuur 6 is de ligging van de locaties op kaart aangegeven.

Tabel 1. Overzicht knelpuntlocaties.

Nr.	Locatie
1.	Aldebaranweg
2.	Beatrixstraat
3.	Goslingastate
4.	Goutumerdyk
5.	Groeneweg
6.	Heerewaltje
7.	Heggewinde
8.	Hempenserweg
9.	Huizum
10.	It Leechje
11.	Keizerskroon
12.	Kelvinstraat
13.	Murkstraat
14.	Nieuw-Rapenburg
15.	Oer de Feart
16.	Plutoweg
17.	Polluxweg
18.	Poppeweg
19.	Scheltemastate
20.	Spoorstraat
21	Sportlaan

22.	Tijnjedijk
23.	Tylkedam
24.	Uranusweg-Oost
25.	Verzetsstraat
26.	Vivaldistraat
27.	Zenegroen
28.	Zuiderkruisweg



Figuur 6 Overzicht met knelpuntlocaties

Bij het merendeel van de knelpunten is er sprake van een lokale situatie waarin er sprake is van een afwateringsprobleem. Hier zijn de problematiek en de benodigde ingrepen beperkt. Op drie locaties is er sprake van grootschalige wateroverlast:

- Huizum;
- Spoorstraat;
- Sportlaan.

In Huizum is er sprake van een groot knelpunt omdat rondom de wijk hoger gelegen maaiveld voorkomt (en water niet over het maaiveld kan wegstromen) en de afstand tot het oppervlaktewater groot is. Ook is de openbare ruimte krap en is er veel verharding aanwezig. Dit zijn allemaal ‘ingrediënten’ die bijdragen aan potentiële wateroverlastknelpunten. Doordat er sprake is van weinig helling in het maaiveld, zijn de mogelijkheden om water over maaiveld af te voeren beperkt.

Voor de Spoorstraat en omgeving geldt dat er sprake is van een vergelijkbare situatie als in Huizum. Ook hier ligt het maaiveld laag, is er weinig oppervlaktewater binnen de buurt, is de openbare ruimte krap en is er veel verharding aanwezig.

In de omgeving van de Sportlaan is er ook sprake van een hardnekkig risico op wateroverlast. Voor deze locatie geldt dat er sprake zal zijn van een ingrijpend maatregelpakket om het risico op wateroverlast te beperken.

4 Oplossingsrichtingen

Er zijn verschillende typen oplossingen om wateroverlastknelpunten bij extreme neerslag op te lossen. Het type oplossing is afhankelijk van de mogelijkheden in het gebied.

4.1 Bergen of afvoeren van water

We hebben in Nederland, in algemene zin, de voorkeur voor het vasthouden van neerslag waar het valt, het overschot willen we bergen en pas daarna het restant afvoeren. In het stedelijk gebied ligt deze voorkeursvolgorde bij extreme neerslag vaak anders.

Het vasthouden van water waar het valt, is vaak onvoldoende effectief om wateroverlast te voorkomen. Ook het bergen van water kent beperkte effectiviteit. Bovendien zijn de kansen om water te bergen er niet altijd. Als er ruimte is in het openbaar gebied, de grondwaterstand ligt ruim onder het maaiveld en er is sprake van hoogteverschil (om water over het maaiveld naar een bergingslocatie af te voeren), kan bergen zinvol zijn. Nadelig is echter dat er vaak sprake is van wateroverlast in een groter gebied waarin laagtes in het maaiveld voorkomen. Hierdoor stroomt veel water uit de omgeving naar de knelpuntlocatie en is het bergen van water beperkt effectief.

Als er zich mogelijkheden voordoen om water af te voeren, bijvoorbeeld naar oppervlaktewaterlichamen, is dit doorgaans wel effectief, vooral omdat hierin veel ruimte beschikbaar is om tot het maaiveldniveau water te bergen. Als er sprake is van hoogteverschil in het maaiveld, of de afstand waarover water moet worden afgevoerd is klein, liggen er vaak mogelijkheden om water af te voeren over het maaiveld. De kosten van dergelijke maatregelen zijn vaak laag. Zijn deze mogelijkheden er niet, dan moet er worden teruggevallen op het afvoeren van water door middel van een rioolbuis. Hierbij speelt mee dat als grote hoeveelheden water afgevoerd moeten worden, een riool vaak effectief is. Vaak moet niet alleen water van de knelpuntlocatie zelf, maar van een groter gebied rondom de knelpuntlocatie worden afgevoerd, omdat water uit de brede omgeving naar de knelpuntlocatie toe stroomt, zowel over maaiveld als door de riolering.

4.2 Afweging oplossingsrichtingen

In de basis ligt de voorkeur voor oplossingen van knelpunten op het maaiveld. Dit gaat doorgaans gemoeid met relatief lage kosten. Waar een maaiveldoplossing effectief is, is de doelmatigheid vaak hoog. Indien een oplossing op maaiveldniveau niet mogelijk is wordt teruggevallen op oplossingen in de riolering.

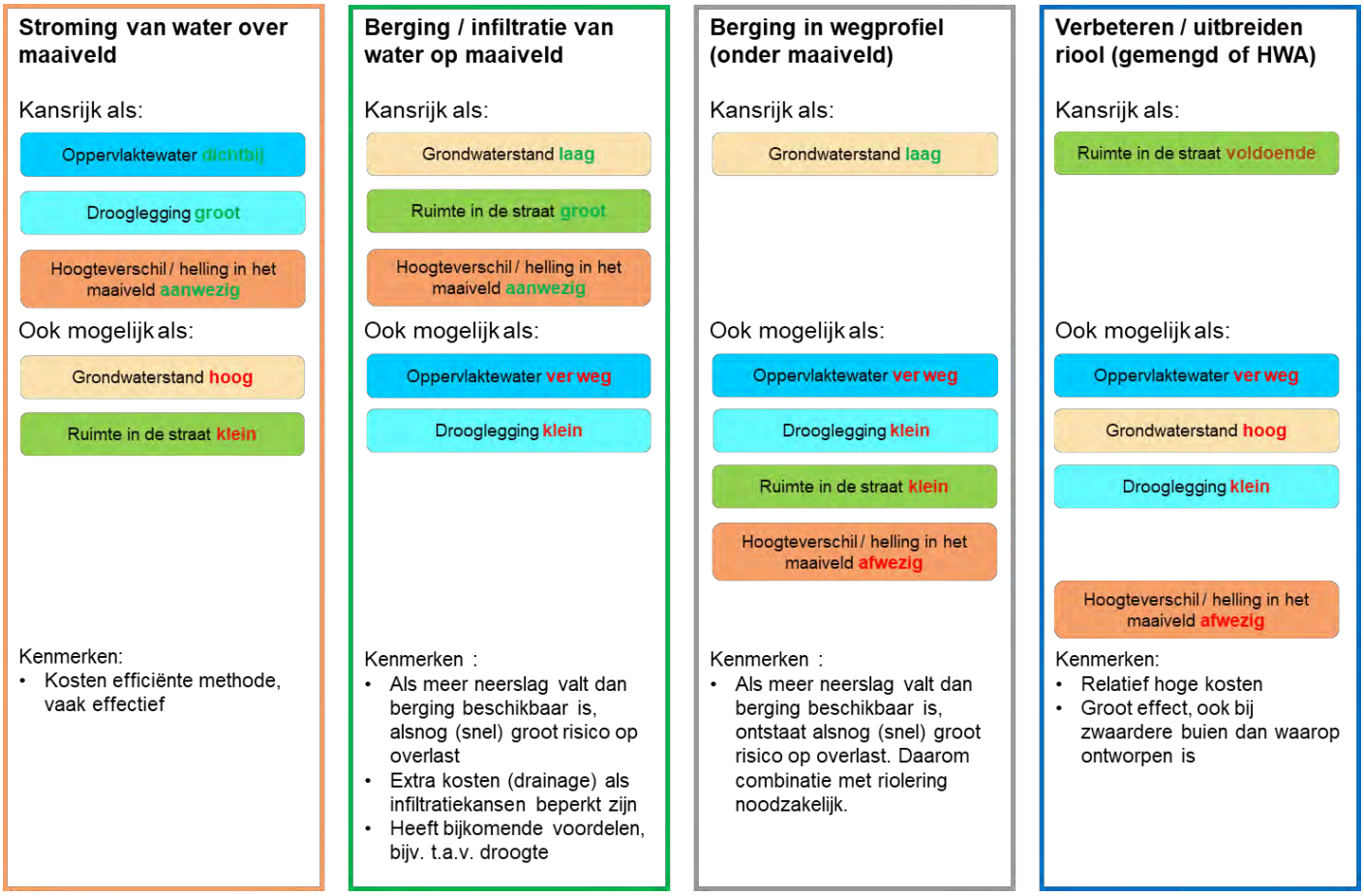
Er is een voorkeursvolgorde vastgesteld voor het vinden van oplossingsrichtingen:
1. Benutten van kansen om water af te voeren over maaiveld, of om de toestroom van water over maaiveld te beperken.
2. Benutten van kansen in het oppervlaktewater dichtbij de knelpuntlocatie, eventueel het realiseren van nieuw water of het vergroten van bestaand water.
3. Het afvoeren van water via de riolering.
4. Benutten van kansen om water op maaiveldniveau te bergen en/of te infiltreren.
5. Het benutten van kansen om water te bergen onder het maaiveld, bijvoorbeeld in het straatprofiel.

Indien water moet worden afgevoerd via de riolering, spelen twee afwegingen een rol:
- Is vergroting / verbetering van het bestaande gemengde riool kansrijk?
- Ligt de aanleg van een nieuw hwa-systeem voor de hand?

Bij deze afweging spelen de waterkwaliteit van het ontvangend oppervlaktewater (in het geval van het vergroten van bestaande gemengde riolering) en de leeftijd van de riolering mee. Ook kan een extra hwa-riool zorgen voor een grotere capaciteit dan haalbaar is bij het vergroten van een bestaand gemengd riool.

Bij de keuze voor een HWA-systeem spelen de volgende factoren mee:
- Past de ligging van uitstroomlocaties bij de beoogde structuur van het systeem;
- Welke diameters passen in de straat en is hiermee een volledige afvoerstructuur in te richten;
- Wanneer wordt de bestaande riolering vervangen;
- Welke diameters zijn doelmatig (ontwerp o.b.v. bui 09 en geen water-op-straat), is het effect hiervan voldoende bij extreme buien.

In de onderstaande figuur zijn afwegingen voor verschillende typen maatregelen samengevat. Uit de figuur kan worden afgeleid welk type maatregel in welke situaties kan worden toegepast.



5 Maatregelpakket

5.1 Maatregelen

Bij het merendeel van de knelpunten is er sprake van een lokale situatie waarin er sprake is van een afwateringsprobleem. Hier volstaat vaak een relatief kleine maatregel (zoals een maaiveldaanpassing of de aanleg van een hemelwaterriool). In Huizum, bij de Spoorstraat en de Sportlaan is er sprake van grootschaligere problematiek. De maatregelen zijn op deze locaties dan ook aanzienlijk ingrijpender.

Voor de overige locaties zijn verschillende maatregelen onderzocht. Op basis van de rekenresultaten ligt een bepaald type oplossing voor de hand (bijvoorbeeld als een afvoertracé van water over maaiveld effectief is, en de aanleg van een HWA-riool niet), of (als er geen duidelijke voorkeur is) kan de gemeente nog een keuze voor een maatregel maken. De resultaten van deze onderzoeken zijn voor alle knelpuntlocaties beschreven in bijlage D van dit rapport. Voor elke knelpuntlocatie is een samenvattingspagina opgenomen waarin het knelpunt is beschreven en waarin de verschillende oplossingsrichtingen en het effect ervan zijn beschreven. Hierna volgen steeds enkele pagina's waarin de onderzochte maatregelen zijn toegelicht. Hierbij wordt steeds het rekenresultaat in de huidige situatie en in het maatregelscenario wordt weergegeven.

De knelpunten, onderzochte maatregelen en het effect voor Huizum, de Spoorstraat en de Sportlaan zijn, door de grotere complexiteit op deze locaties, beschreven in aparte bijlagen (respectievelijk de bijlagen A, B en C).

5.2 Effect maatregelen

De maatregelen leiden tot een aanzienlijke afname van het risico op wateroverlast en waterschade. Op verschillende locaties berekent het model, ook na het treffen van maatregelen, nog steeds een (aanzienlijke) hoeveelheid water-op-straat. Op basis van een expert-beoordeling is hier een inschatting gemaakt van het water-op-straat dat hier in werkelijkheid mag worden verwacht. In onderstaand overzicht is inzicht gegeven in het effect van de maatregelen.

Van de rioleringsmaatregelen is ook het effect getoetst bij standaardbui 08. Hierbij is inzichtelijk gemaakt wat het effect bij deze bui is als alleen gekeken wordt naar het functioneren van de riolering. Dit geeft inzicht in de effectiviteit bij hevige (maar minder extreme) buien. Het resultaat hiervan is opgenomen in bijlage E .Deze methode heeft echter ook tekortkomingen. Door het type model dat wordt gebruikt, is het mogelijk dat bij een effectieve maatregel in het gebied er rondom, (iets) meer water-op-straat optreedt, terwijl dit effect in de praktijk nihil zal zijn. Daarnaast is het effect alleen zichtbaar op de locaties waar de maatregelen getroffen zijn. Het resultaat van deze berekening is ook in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 2. Effect van de maatregelen per knelpuntlocatie

Nr.	Locatie	Water tegen panden*	Peil in de straat bij T=100 (60 mm/u)	Water-op-straat bui 08**	Conclusie oplossing	Opmerkingen
1.	Aldebaranweg	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
2.	Beatrixstraat	Voldoet deels	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden****
3.	Goslingastate	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
4.	Goutumerdyk	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	Bij bui 08 is aan de oostzijde nog water-op-straat zichtbaar, echter alleen aan de noordzijde van de straat. Hier heeft het riool geen effect.
5.	Groeneweg	Voldoet deels	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een schaderisico bij enkele panden****
6.	Heerewaltje	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
7.	Heggewinde	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
8.	Hempenserweg	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	Er is geen sprake van een specifiek knelpunt, maar met beperkte maatregelen is aanzienlijke verbetering mogelijk.
9.	Huizum	Voldoet deels	Voldoet	Geen	Voldoet	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****

Nr.	Locatie	Water tegen panden*	Peil in de straat bij T=100 (60 mm/u)	Water-op-straat bui 08**	Conclusie oplossing	Opmerkingen
10.	It Leechje	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
11.	Keizerskroon	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	Er is geen sprake van een specifiek knelpunt, maar met beperkte maatregelen is aanzienlijke verbetering mogelijk.
12.	Kelvinstraat	Opgelost	Voldoet deels	N.v.t.***	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****
13.	Murkstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
14.	Nieuw-Rapenburg	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	De maatregel is ingrijpend en het knelpunt beperkt. Daarom is de prioriteit laag.
15.	Oer de Feart	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
16.	Plutoweg	Opgelost deels	Voldoet deels	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****
17.	Polluxweg	Opgelost deels	Voldoet	Geen	Voldoet deels	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****
18.	Poppeweg	Restopgave	Voldoet	Geen	Voldoet niet	Door ongunstige ligging blijft er, ondanks ingrijpende maatregelen, sprake van een risico. Het loont om te onderzoeken of een voor het zuidelijk deel van het HWA-riool een grotere diameter inpasbaar is.
19.	Scheltemastate	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
20.	Spoorstraat	Voldoet deels	Voldoet	Geen	Voldoet	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****
21	Sportlaan	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
22.	Tijnjedijk	Voldoet deels	Voldoet	Geen	Voldoet	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****
23.	Tylkedam	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
24.	Uranusweg-Oost	Voldoet deels	Voldoet deels	Geen	Voldoet	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****
25.	Verzetsstraat	Opgelost	Voldoet	Geen	Voldoet	
26.	Vivaldistraat	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
27.	Zenegroen	Opgelost	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	
28.	Zuiderkruisweg	Voldoet deels	Voldoet	N.v.t.***	Voldoet	Er is veel verbetering, desondanks is er nog een (beperkt) schaderisico bij enkele panden****

** Bij water tegen panden is alleen getoetst of er water vanuit de openbare ruimte tegen panden staat*
*** Bij de toetsing o.b.v. bui 08 is alleen een rioleringsmodel gebruikt. Het effect is alleen getoetst op locaties waar een hemelwaterriool wordt aangelegd.*
**** Op locaties waar een maaiveldmaatregel wordt getroffen, kan met een model dat alleen riolering bevat geen effect worden berekend.*
***** Door overschatting van het model moet er rekening mee worden gehouden dat het berekend risico bij panden in de praktijk (aanzienlijk) lager kan liggen.*

5.3 Kosten

Van de verschillende maatregelen zijn de kosten geraamd. Hiervoor is gebruik gemaakt van kostenkentallen (afkomstig uit de Kennisbank Stedelijk Water van Rioned) waardoor er sprake is van een algemene inschatting. Er zijn geen details uit de omgeving meegenomen, maar er is een algemene methode gehanteerd waarbij voor de verschillende maatregelen algemene eenheidsprijzen zijn gehanteerd. De kentallen die zijn gebruikt zijn gebaseerd op ervaringscijfers. Deze eenheidsprijzen zijn exclusief BTW en inclusief:

- Uitvoeringskosten, CAR-verzekering (opdrachtnemer): 10%;

- Algemene kosten, winst en risico (opdrachtnemer): 12%;
- Voorbereiding, toezicht en advies (opdrachtgever): 15%;
- Algemene onzekerheidsmarge: 40%.

De geraamde kosten per (deel)maatregel zijn beschreven in bijlage F. In onderstaande tabel is een overzicht van de kosten per scenario weergegeven.

Tabel 3. Indicatie kosten

	Kosten [EUR]
Geraamde kosten totale maatregelpakket:	24.497.175

De maatregelen zijn verdeeld in maatregelen met een hoge prioriteit en een lage prioriteit. De kosten voor de maatregelen met een hoge prioriteit bedragen in totaal EUR 23.391.311. De kosten voor de maatregelen met een lage prioriteit EUR 1.105.864.

6 Conclusies en aanbevelingen

De gemeente Leeuwarden wil de stad in 2035 klimaatbestendig hebben ingericht om effecten van klimaatverandering te beperken. Dit geldt ook voor maatregelen binnen het thema ‘wateroverlast’.

De gemeente heeft er behoefte aan om de kosten voor deze maatregelen nauwkeurig in beeld te brengen. Daarom zijn de knelpunten in beeld gebracht voor de gebieden in de stad waarvoor dit nog niet bekend was. Er zijn verschillende locaties aangeduid als ‘knelpunt’ (28 in totaal) omdat hier sprake is van een overstromingsrisico binnen panden bij extreme neerslag, of omdat er sprake is van meer dan 30 cm water-op-straat. Voor deze knelpuntlocaties zijn maatregelen ontworpen waarmee het risico op wateroverlast of schade aanzienlijk wordt beperkt. In de meeste gevallen zodanig, dat het risico op schade aan de panden bij een bui van 60 mm in een uur wordt voorkomen en dat de wegen bij deze bui begaanbaar blijven. In enkele gevallen blijft er sprake van een risico, omdat het niet altijd doelmatig is om omvangrijke maatregelen uit te voeren.

Soms kan een maatregel op maaiveldniveau (zoals het onder afschot leggen van een (deel van) een weg) net zo effectief zijn als het aanleggen van een hemelwaterriool. In het algemeen wordt dan gekozen voor een maaiveldmaatregel omdat de kosten hiervan doorgaans (aanzienlijk) lager zijn. Een maaiveldmaatregel is echter niet altijd mogelijk, vaak is dit het geval als een knelpunt wordt veroorzaakt door een lokale laagte in het maaiveld zonder dat het water over het maaiveld kan worden afgevoerd naar bijvoorbeeld oppervlaktewater. Dan is de aanleg van een hemelwaterriool onvermijdelijk. Dit komt op verschillende knelpuntlocaties voor.

Bekend is dat het rekenmodel de werkelijke situatie overschat (bijvoorbeeld doordat objecten als muurtjes en schuttingen niet zijn opgenomen in het model waardoor er in het model meer water tot afstroming komt naar de straat. Daarnaast ligt infiltratie van onverhard oppervlak in werkelijkheid soms aanzienlijk hoger dan waarvan in het model is uitgegaan. Verder is de kans groot dat bij de analyse die wordt gebruikt bij het inschatten van het schaderisico bij panden (op basis van de waterstand), er sprake is van hogere waterstanden dan dat er in de praktijk optreden. Het rekenresultaat is daarom door experts beoordeeld waarbij is getoetst in welke mate het risico op wateroverlast of op schade aan panden reëel is. Bij deze beoordeling is er altijd sprake is van onzekerheid. Hiermee is zo goed als mogelijk rekening gehouden.

Uit de beoordeling is naar voren gekomen dat met de voorgestelde maatregelen wordt verwacht dat het risico op schade op de meeste locaties afneemt tot een acceptabel niveau. Soms is er sprake van een lastige afweging, als blijkt dat er na het treffen van een maatregel uit het model nog een restrisico naar voren komt. De gemeente kiest er in deze gevallen in principe voor om verdere maatregelen te treffen totdat het risico in het model niet langer voorkomt, zo lang dit mogelijk is met een doelmatige ingreep.

Bij de afweging tot hoever moet worden gegaan met het treffen van maatregelen voor het voorkomen van schade of overlast, is het van belang om mee te wegen dat er is getoetst met een blokbui van 60 mm/u. De gemeente beschouwt deze bui op dit moment maatgevend voor klimaatverandering. Er moet daarnaast rekening mee worden gehouden dat deze norm in de toekomst, door nieuwe kennis en inzichten en door verdere klimaatverandering, verder opschuift naar een zwaardere bui. Op basis hiervan mag worden verwacht dat grotere riolen met een grotere afvoercapaciteit in de toekomst een grotere meerwaarde zullen hebben dan nu wordt voorzien. Helemaal als rekening wordt gehouden met een mogelijke levensduur van de riolering van 80 jaar.

Voor de uitgewerkte knelpuntlocaties is er (waar sprake is van meerdere scenario’s) een voorkeur vastgelegd voor één maatregel. Voor deze voorkeursmaatregelen zijn de kosten geraamd op basis van kostenkentallen. Een raming op basis van kostenkentallen betekent dat er sprake is van een indicatie van werkelijke kosten met een grote onzekerheid. Deze onzekerheid kan worden verkleind als de maatregelen in een later stadium in verder detail worden uitgewerkt en er bijvoorbeeld wordt gekeken naar daadwerkelijke inpassing in de straat. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de totale geraamde kosten voor het gehele maatregelpakket. Hierbij moet er worden opgemerkt dat niet alle maatregelen een even hoge prioriteit kennen en dat sommige maatregelen mogelijk niet voor het jaar 2035 worden uitgevoerd.

Tabel 4. Indicatie kosten van elk scenario

	Kosten [EUR]
Totale kosten	24.497.175

Bijlage A Rekenresultaat en maatregelen – huidige- en plansituatie Huizum

Maatregelpakket Huizum

Voor Huizum is verkend welke maatregelen effectief zijn. Daaruit is naar voren gekomen dat een combinatie van verschillende maatregelen onvermijdelijk is. In verschillende stappen is een hemelwaterstructuur uitgewerkt en geoptimaliseerd. Daarbij is aan het licht gekomen dat de omvang van de opgave om Huizum klimaatbestendig te maken erg groot is en dat grofweg alle praktisch uitvoerbare maatregelen nodig zijn om dit te kunnen bereiken. Dit betekent bovendien dat de kosten van de aanpak hoog zullen zijn.

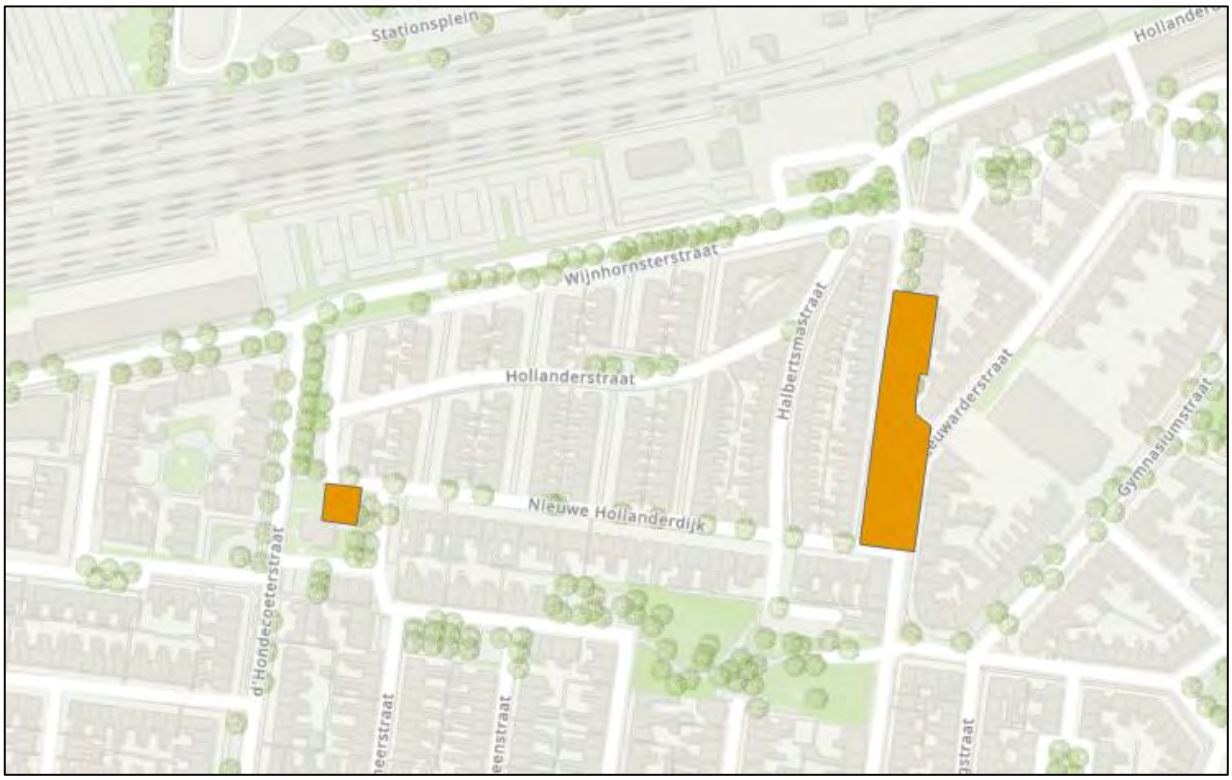
De beoogde afvoerstructuur bestaat uit een afvoertracé om water in de Hobbemastraat, over het maaiveld, af te voeren naar een zuidwestelijk gelegen vijverpartij. Hiervoor dient een V-profiel in de Hobbemastraat te worden gerealiseerd dat onder licht afschot in zuidwestelijke richting ligt. In combinatie met hemelwaterriolering (waarop alleen de wegen worden aangesloten) kan veel water uit de wijk worden afgevoerd. De ligging van de hoofdleidingen van dit systeem is gebaseerd op de beschikbare ruimte in de straat, locaties waar geen kabels en leidingen aanwezig zijn die veel ruimte in beslag nemen en locaties waar geen grote rioolbuizen liggen. In de haarvaten van het systeem zijn kleinere leidingen toegepast.

Met name in de Hollanderwijk is het effect van het maatregelpakket te beperkt. Om hier een aanvullend effect te bereiken zijn twee (typen) aanvullende maatregelen verkend:
- Berging onder het NS-parkeerterrein ten noorden van de Hollanderwijk;
- Berging onder straten parkeerterreinen aan de Hollanderwijk en de Leeuwarderstraat en op het terrein rondom het buurthuis ten zuidwesten van de Hollanderwijk.

Voor de berging onder het NS-parkeerterrein is uitgegaan van ongeveer 1800 m^3 berging dat is verbonden met het HWA-systeem in de wijk. Voor de berging bij de parkeerterreinen en het terrein van het buurthuis aan de randen van de Hollanderdijk is uitgegaan van een aanzienlijk kleinere berging o.b.v. Bufferblocks (2x 1250 m^2 in de parkeerterreinen en de omliggende straat, wat leidt tot 665 m^3 berging en 400 m^2 rondom het buurthuis wat leidt tot 105 m^3 berging). Deze voorzieningen worden echter niet gevuld vanuit het HWA-systeem, maar vanuit kolken rondom de bergingsvoorzieningen. Hierdoor stroomt water dat op straat staat in de omgeving van de bergingsgebieden, de voorzieningen in.

Deze lokale voorzieningen bij de parkeerterreinen en bij het buurthuis hebben een groter effect op het water-op-straat in de Hollanderwijk dan de grotere berging onder het NS-terrein. Doordat de lokale voorzieningen alleen gevuld worden vanaf het maaiveld bij de Hollanderwijk, is het effect op het water-op-straat in de Hollanderwijk (aanzienlijk) groter dan bij de bergingsmaatregel op het NS-terrein dat wordt verbonden met het HWA-systeem. Bij deze bergingsmaatregel onder het NS-parkeerterrein is overigens wel in een groter gebied (lichte) verbetering zichtbaar (ook buiten de Hollanderwijk), maar hier is de noodzaak van verdere verbetering kleiner.

De lokale bergingslocaties kennen een aantal andere voordelen ten opzichte van de berging op het NS-parkeerterrein. De grond van het NS-parkeerterrein is niet in eigendom bij de gemeente. Dit kan het treffen van maatregelen bemoeilijken. Daarnaast is de hoogteligging van het parkeerterrein ongunstig. Omdat de bergingsvoorziening onder het maaiveldniveau van de Hollanderwijk aangelegd moet worden, gaat dit met relatief grote kosten gemoeid. Een aandachtspunt is echter dat de aanleg van de berging op de kleinere bergingslocaties in de wijk een grotere impact op de wijk heeft en de haalbaarheid ervan moet nader worden uitgewerkt, bijvoorbeeld of de inpasbaarheid geen conflicten oplevert i.r.t. het behoud van bomen. Het ligt echter voor de hand om uit te gaan van toepassing van berging in de lokale voorzieningen (twee parkeerterreinen en het terrein rondom het buurthuis) direct rondom de Hollanderwijk.



Figuur A1. Bergingslocaties rondom de Hollanderwijk aan de oostzijde bij de parkeerterreinen aan de Leeuwarderstraat en Hollanderdijk en bij het buurthuis aan de westzijde.

Op verschillende locaties in de wijk is het effect van de maatregelen gezamenlijk nog onvoldoende: uit het model blijkt dat er sprake blijft van een schaderisico bij verschillende panden. Daarom is aanvullend onderzocht hoe meer effect kan worden verkregen. Hiervoor is berging in de wegfundering toegepast op locaties waar nog sprake is van knelpunten. Dit leidt hier tot een aanzienlijk effect. Dit effect wordt voor Huizum gezien als het maximaal haalbare.

Met de maatregelen gezamenlijk is er sprake van een aanzienlijk en fors maatregelpakket voor Huizum. Met name het aanleggen van een HWA-systeem is kostbaar, onder meer doordat de riolering in de wijk tussen de jaren 2000 en 2016 is vervangen.

Concreet is het knelpunt in Huizum zodanig groot, dat alle mogelijke maatregelen moeten worden uitgevoerd om wateroverlast en -schade te voorkomen. Dit is onvermijdelijk om een zodanig effect te bereiken dat uit de berekeningen blijkt dat het risico op schade bij een bui van 60 mm/u verdwijnt.

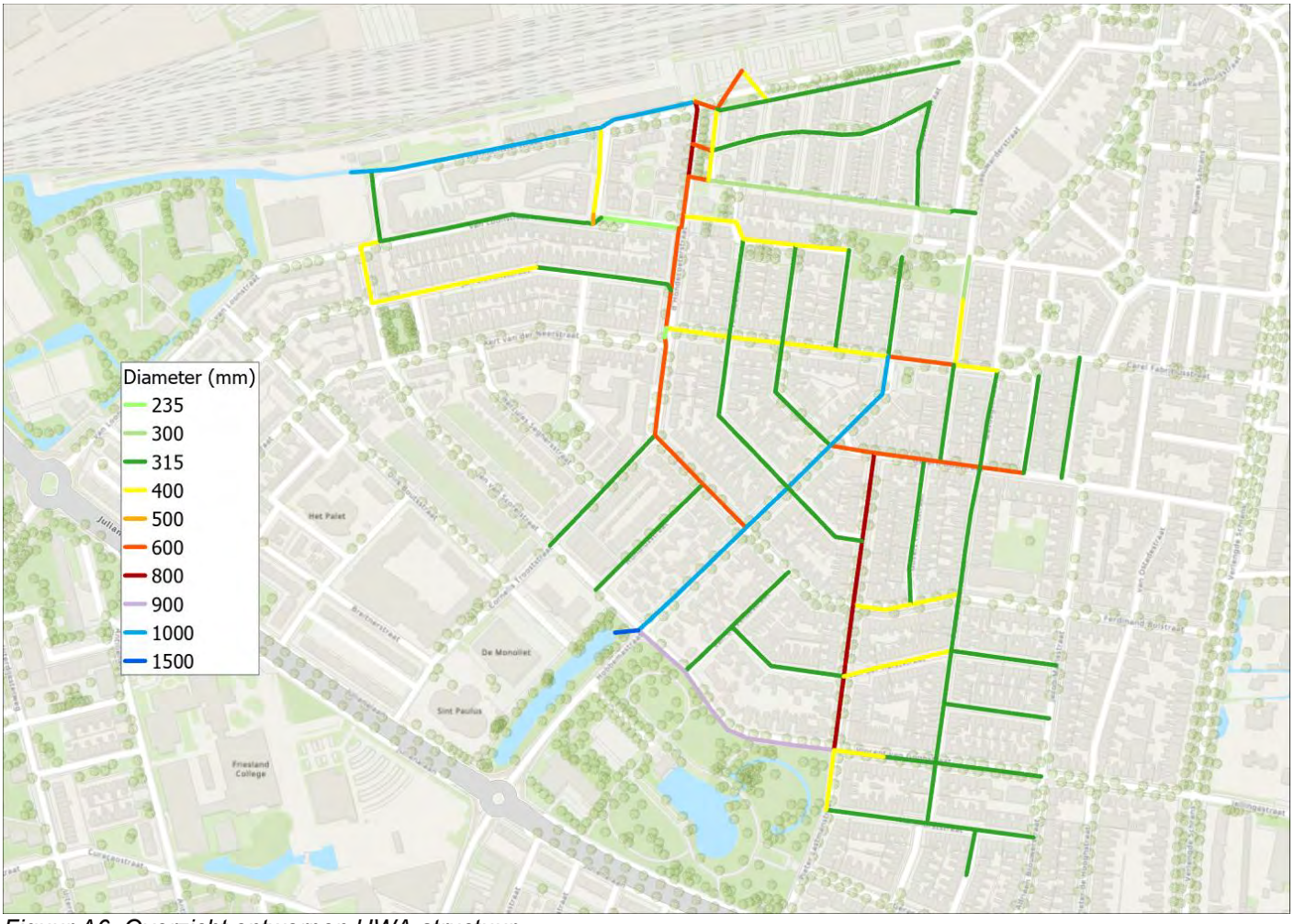
In de onderstaande figuren is het effect van verschillende maatregelen weergegeven. Hierbij wordt de volgende legenda gehanteerd:

Figuur A2. Legenda bij wateroverlastfiguren.

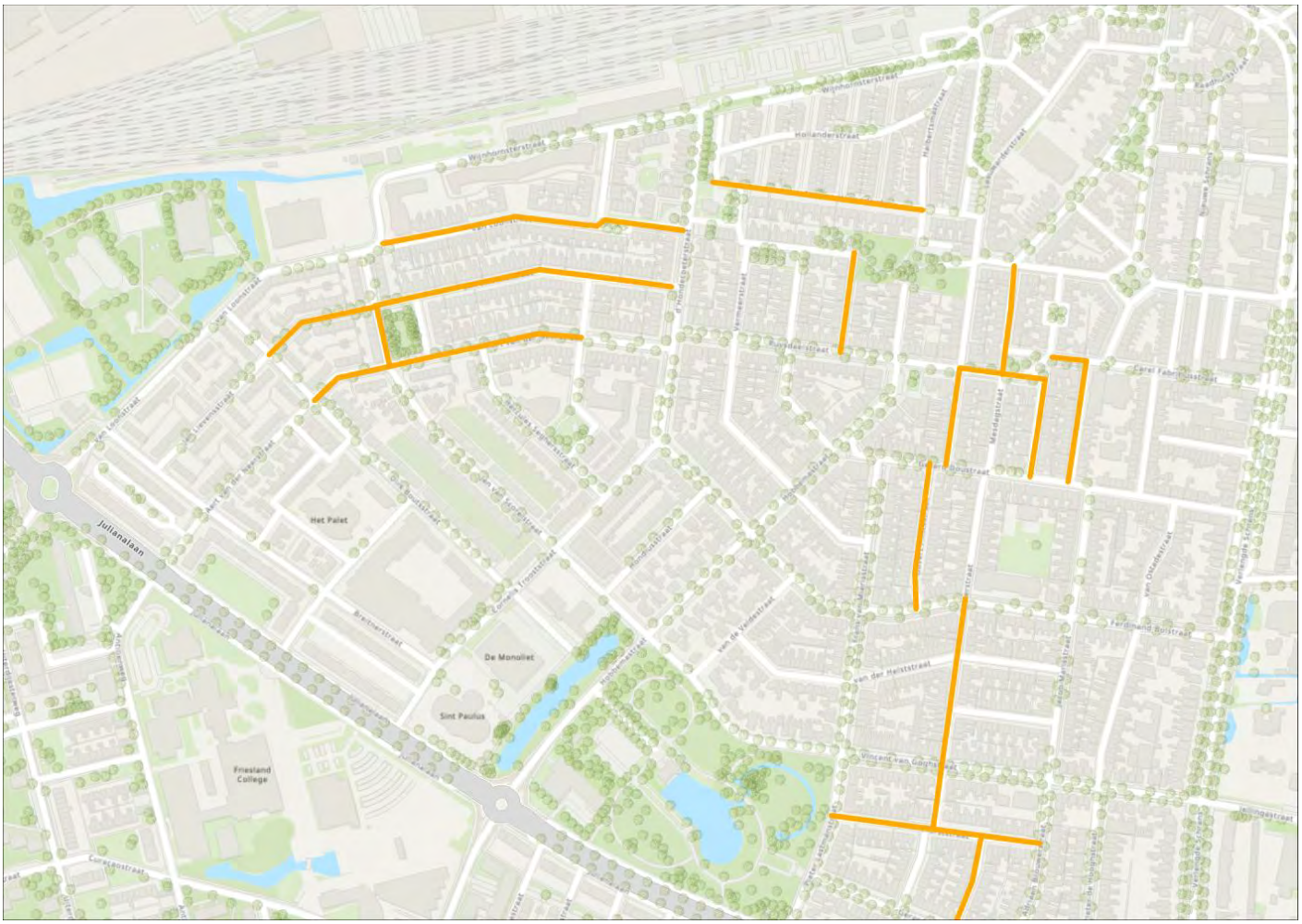
Figuur A3. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het toepassen van een V-profiel in de Hobbemastraat en het realiseren van een HWA-systeem (zie figuur A6).

Figuur A4. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het toepassen van een V-profiel in de Hobbemastraat, het realiseren van een HWA-systeem (zie figuur A6) en het toepassen van berging bij parkeerterreinen, straten en het buurthuis aan de randen van de wijk (zie figuur A1).

Figuur A5. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het toepassen van een V-profiel in de Hobbemastraat, het realiseren van een HWA-systeem (zie figuur A6), het toepassen van berging bij parkeerterreinen, straten en het buurthuis aan de randen van de wijk (zie figuur A1) en het toepassen van berging in het straatprofiel van verschillende wegen (zie voor de locaties figuur A7).



Figuur A6. Overzicht ontworpen HWA-structuur



Figuur A7. Locaties waar berging in het straatprofiel is toegepast

Nader onderzoek bergingskansen Huizum

Aanvullend op het onderzoek naar de maatregelen om Huizum klimaatbestendig te maken, heeft de gemeente Leeuwarden een nader onderzoek uitgevoerd naar bergingskansen in Huizum. Hiervoor heeft de gemeente locaties verkend waar waterberging kansrijk is en dit in detail uitgewerkt. In een concretiseringsslag zijn verschillende bergingslocaties afgevallen en van het restant is de effectiviteit getoetst met een modelberekening. Uit deze toetsing komt naar voren dat het effect van extra berging in de openbare ruimte in algemene zin beperkt is. Niet alleen in de huidige situatie (waarin alleen bergingsmaatregelen worden getroffen zonder dat overige maatregelen meegenomen worden), maar ook in het maatregelscenario waarin rioolvergrotingen en maaiveldmaatregelen opgenomen zijn is het effect beperkt (in dit scenario is het effect van kleine maatregelen in principe zichtbaar zichtbaar, door het systeem al ontlast is).

Het beperkte effect is te verklaren doordat de te realiseren berging niet zo groot is in verhouding tot de hoeveelheid water in het plangebied. Dit zorgt daarom alleen in sommige gevallen tot (kleine) lokale verbeteringen. Daarnaast is een belangrijke verklaring dat berging slechts eenmaal kan worden gevuld, terwijl maatregelen met een afvoerfunctie in verhouding veel meer water kunnen ‘afwikkelen’. Uit de toetsing blijkt dat het effect beperkt is terwijl de maatregelen doorgaans ingrijpend zijn bij aanleg en vaak ook bij onderhoud.

Op enkele locaties in de wijk blijkt wel dat er sprake is van een aanzienlijk effect. De bergingskansen onder straten en parkeerterreinen aan de Hollanderdijk en de Leeuwarderstraat en bij het buurthuis zijn hieruit voorgekomen.

Bijlage B Rekenresultaat en maatregelen – huidige- en plansituatie Spoorstraat

Maatregelpakket Spoorstraat

In de omgeving van de Spoorstraat is er sprake van een omvangrijk wateroverlastknelpunt met het risico op grootschalige schade bij extreme buien. De ligging van het maaiveld is laag ten opzichte van de omgeving en water kan niet over maaiveld wegstromen. Hierdoor stroomt er veel water uit de omgeving naar het gebied toe. Er is een omvangrijk maatregelpakket noodzakelijk om risico's in deze wijk te beperken.

De aanleg van een HWA-structuur is onvermijdelijk om water af te kunnen voeren naar het oppervlaktewater. Hiervoor zijn drie uitstroompunten bij de Spoorstraat en één uitstroompunt aan de zuidzijde van de wijk voorzien bij de J.H. Knoopstraat. De diameters zijn gebaseerd op de beschikbare ruimte in de straten. Deze maatregel leidt echter tot onvoldoende effect. Daarom is er aanvullend gekeken naar een maaiveldmaatregel (het afvoeren van water over maaiveld naar het oppervlaktewater) en het bergen van water in het straatprofiel.

Er is op drie plaatsen een maaiveldaanpassing voorzien (Verstolkstraat, Van Heemstrastraat, Achter de Hoven), waar het maaiveld wordt verlaagd zodat water uit de lager gelegen Asbeckstraat over maaiveld kan afstromen naar de watergang ten noorden van de Spoorstraat. Hiervoor moet de Spoorstraat zelf dus ook op drie locaties worden verlaagd. Het effect van de maatregel in combinatie met een HWA-systeem is groot en het risico op wateroverlast neemt aanzienlijk af. Er blijft echter bij verschillende panden sprake van een restrisico.

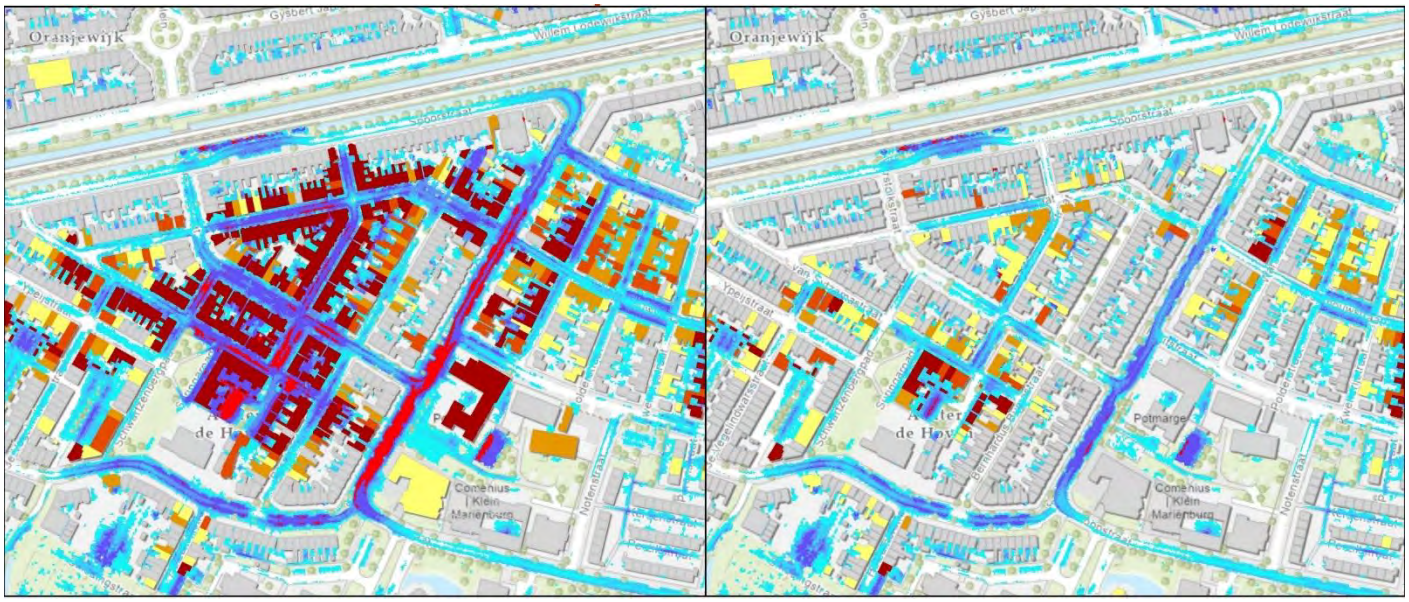
Ook is de combinatie van een rioolsysteem en berging in de fundering van verschillende straten op locaties waar sprake is van een restrisico, onderzocht. Dit leidt tot een aanzienlijke verbetering, maar niet op alle locaties. Deze situatie wordt gezien als het 'maximaal haalbare' resultaat.

Waar er sprake is van restrisico's is het de vraag in welke mate dit ook in de praktijk een risico vormt, omdat het model de waterstanden naar verwachting overschat.

In de onderstaande figuren is het effect van verschillende maatregelen weergegeven. Bij deze figuren wordt de volgende legenda gehanteerd:

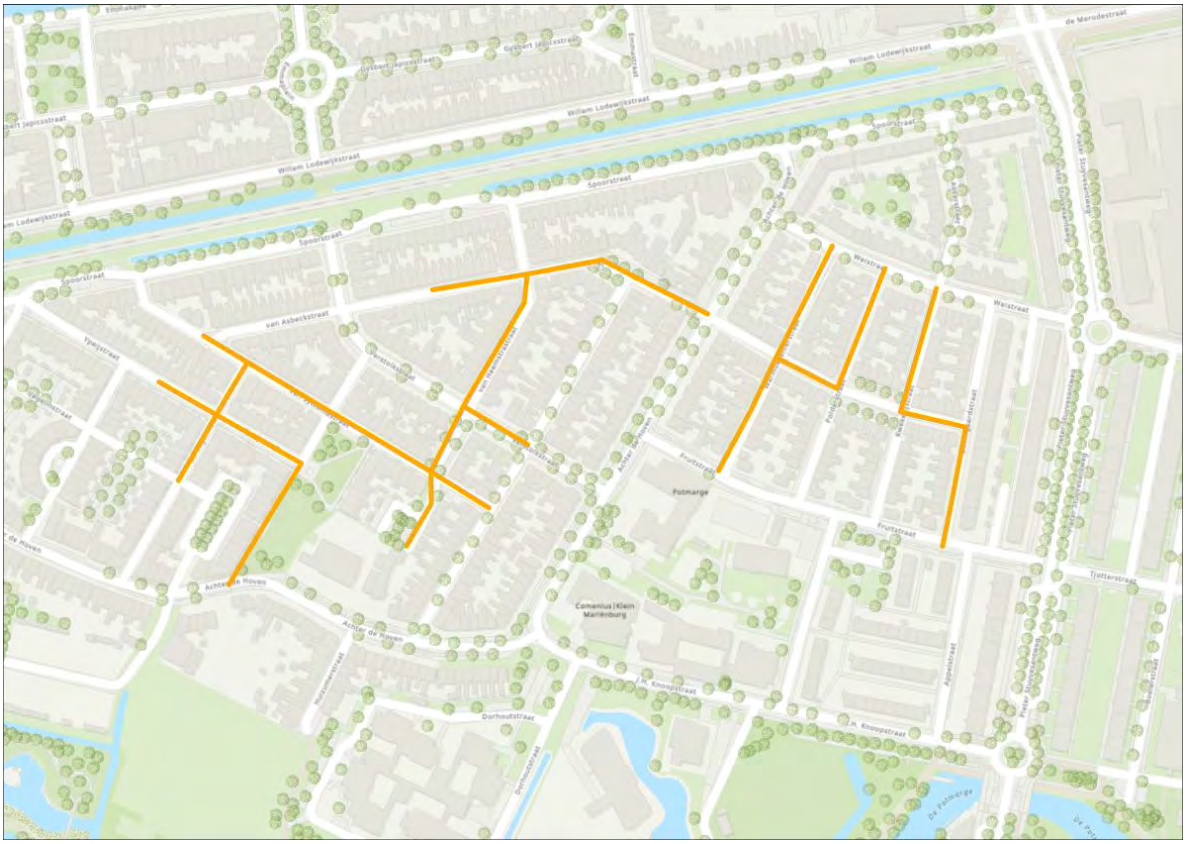
Figuur B1. Legenda bij wateroverlastfiguren.

Figuur B2. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het realiseren van een HWA-systeem (zie hiervoor figuur B4) en het doorvoeren van maaiveldaanpassingen (zie de rode arceringen in de figuur).



Figuur B3. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het realiseren van een HWA-systeem (zie hiervoor figuur B4) en het opnemen van berging in de fundering van de wegen (500 l/m^1 straat) (zie hiervoor figuur B5).

Figuur B4. Overzicht ontworpen HWA-structuur



Figuur B5. Locaties waar berging in het straatprofiel is toegepast

Bijlage C Rekenresultaat en maatregelen – huidige- en plansituatie per knelpuntlocatie Sportlaan

Maatregelpakket Sportlaan

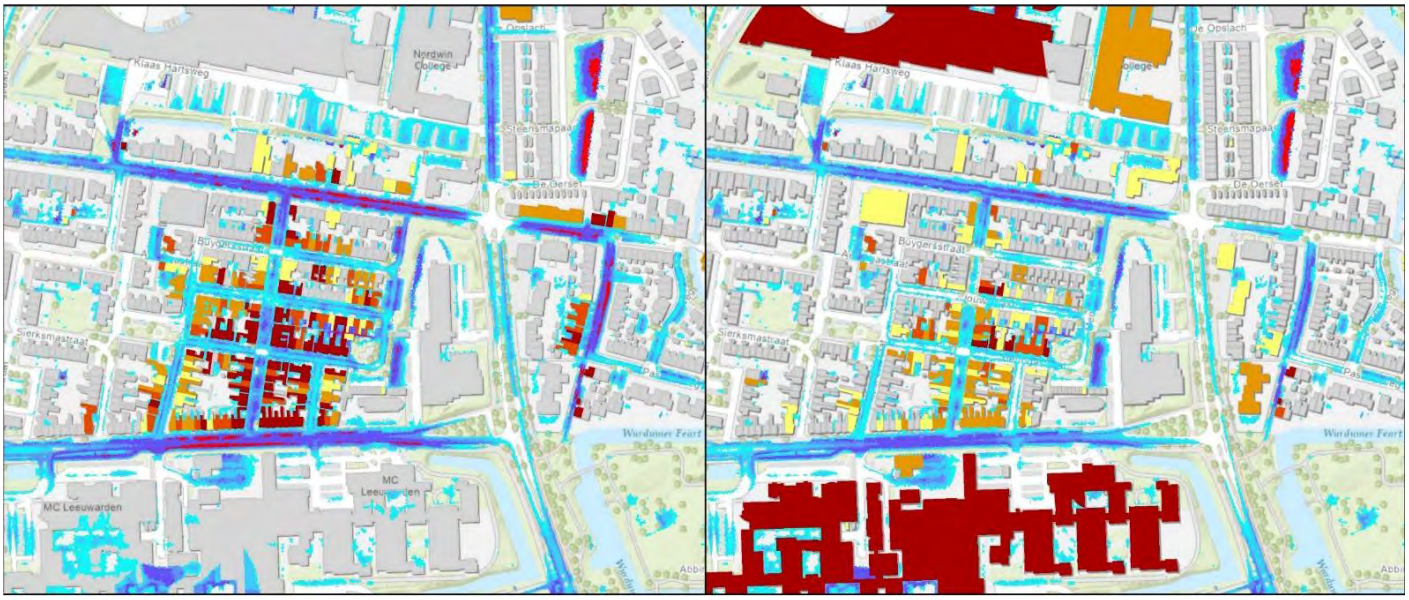
In de omgeving van de Sportlaan is er sprake van een aanzienlijk risico op wateroverlast. De ligging van het gebied is laag ten opzichte van de omgeving en water kan niet over het maaiveld wegstromen naar het oppervlaktewater.

Om het risico op wateroverlast aan te pakken is in de eerste plaats gekeken naar een HWA-structuur. Hiervoor is een hemelwaterriool ontworpen op basis van standaardbui 09 met twee uitstroompunten aan de oostzijde van de wijk: nabij de Huizumerlaan en ten zuiden van de Pasveerweg bij de Henri Dunantweg. Dit systeem leidt tot aanzienlijke verbetering, maar het effect is onvoldoende. Er blijft sprake van een risico op wateroverlast en -schade bij verschillende panden.

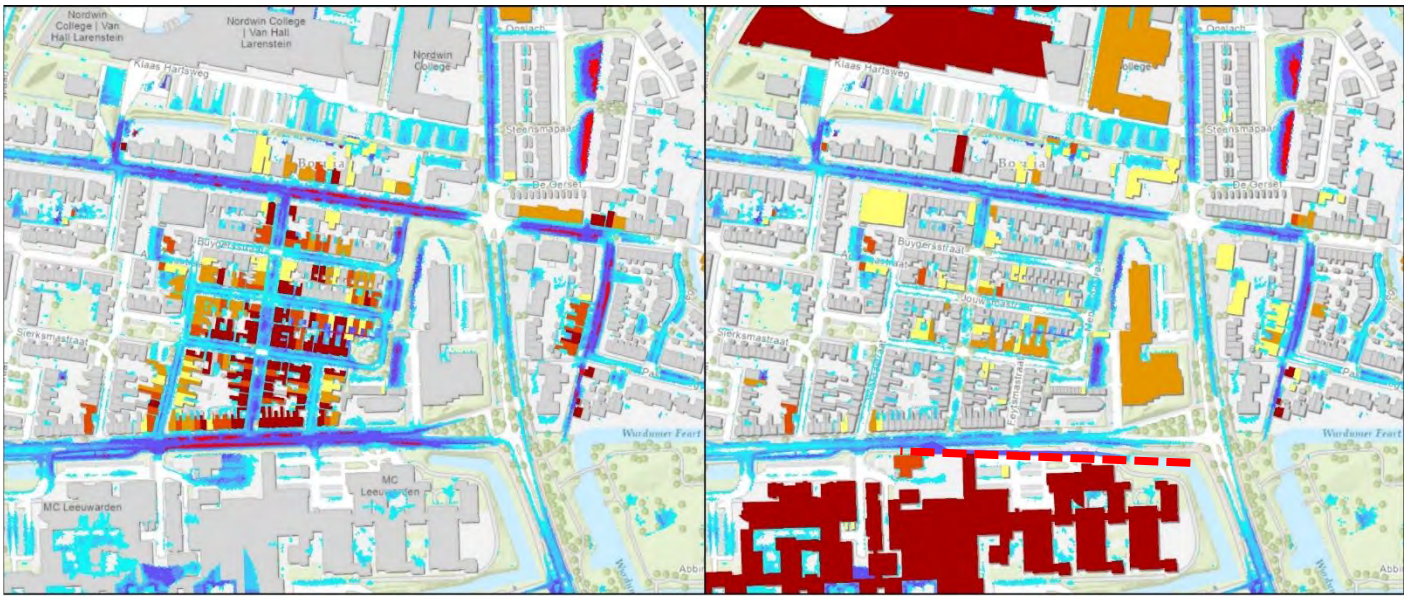
Als alternatief is er gekeken naar een maaiveldmaatregel aan de Borniastraat. Grofweg ter hoogte van de Sportlaan is er sprake van veel water op straat. Als het mogelijk blijkt (dit moet nog nader worden uitgewerkt) om vanaf deze locatie het maaiveld in oostelijke richting onder licht afschot te laten aflopen naar de vijver ten westen van de Henri Dunantstraat, dan leidt dit tot een grote ontlasting van het systeem. Het risico op schade verdwijnt in de wijk grotendeels en riolen kunnen kleiner worden uitgevoerd dan in de variant waarin alleen een hemelwatersysteem is beoogd. Het grootste aandachtspunt is dat de haalbaarheid van deze maaiveldaanpassing pas blijkt bij nadere uitwerking van de maatregel en op dit moment nog onzeker is. Hierbij speelt mee dat deze aanpassing mogelijk (deels) over particulier terrein (pand ‘Noorderbreedte Revalidatie’) moet worden uitgevoerd. Het effect van de maatregel is echter dermate groot, dat het de moeite van een verkenning loont.

In de onderstaande figuren is het effect van verschillende maatregelen weergegeven. Bij deze figuren wordt de volgende legenda gehanteerd:

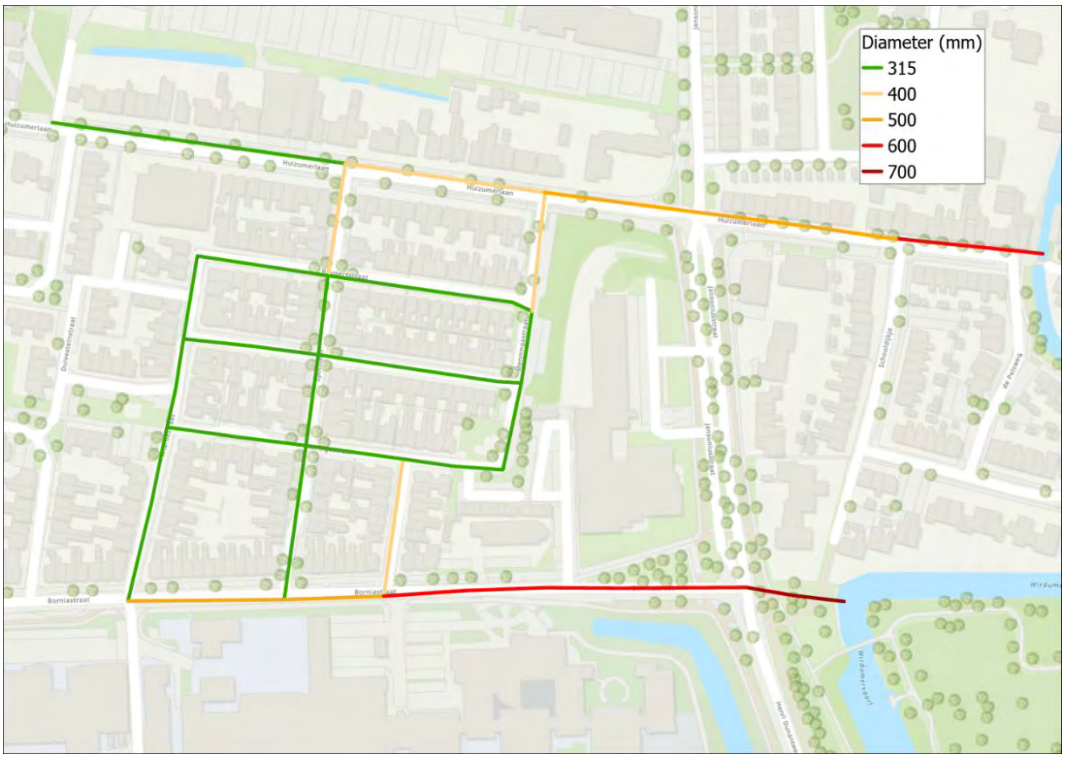
Figuur C1. Legenda bij wateroverlastfiguren.



Figuur C2. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het realiseren van een HWA-systeem (zie hiervoor figuur C4).



Figuur C3. Overzicht rekenresultaten (met schaderisico panden) in de huidige situatie (links) en het scenario (rechts). Het scenario betreft het realiseren van een HWA-systeem (zie hiervoor figuur C4) en het uitvoeren van een maaiveldaanpassing (zie rode arcering in de figuur).



Figuur C4. Overzicht ontworpen HWA-structuur

Daarnaast speelt een andere ontwikkeling: momenteel wordt onderzocht of een tijdelijke route (voor enkele jaren) voor de spoedeisende hulp kan lopen via de Borniastraat. Daarom zijn mogelijk aanvullende maatregelen gewenst om water op straat bij extreme buien op de Borniastraat te beperken. Kansen liggen In het verder vergroten van riolen of het doortrekken van de watergang bij de Henri Dunantweg in westelijke richting. De haalbaarheid hiervan moet echter nader worden onderzocht.

Verder is er in het model, op de Henri Dunantweg, tussen de Âldlansdyk en de inrit van het ziekenhuis, sprake een aanzienlijke hoeveelheid water-op-straat. Dit water stroomt onder andere vanaf de Âldlandsdyk (van het deel ten westen van de kruising met de Henri Dunantweg) de Henri Dunantweg op. Vervolgens stroomt water vanaf de Henri Dunantweg naar het parkeerterrein bij het ziekenhuis.

Omdat de Henri Dunantweg de aanrijroute vormt voor ambulances, overweegt de gemeente om ook hier een maatregel te treffen om het water op straat te beperken. Uit het model blijkt dat er in het midden van de rijbaan ongeveer 22 cm water op straat staat. In hoeverre dit van invloed is op de begaanbaarheid, is onbekend. Daarnaast is het waarschijnlijk dat dit gaat om een overschatting van de werkelijkheid, doordat water vanaf de Henri Dunantweg afstroomt naar het parkeerterrein van het ziekenhuis. De afwatering van dit parkeerterrein is in het model niet in beeld, zodat in het model op de Henri Dunantweg meer water blijft staan dan in werkelijkheid zal optreden.

Er liggen mogelijkheden om de situatie met beperkte inspanning te verbeteren. Door het aanpassen van de bermen kan water vanaf de weg in oostelijke richting naar de naastgelegen waterpartij worden afgevoerd.

Bijlage D Rekenresultaat en maatregelen extreme neerslag – huidige- en plansituatie per knelpuntlocatie

Rekenresultaten

Toelichting

De gemeente Leeuwarden wil de stad Leeuwarden klimaatbestendig inrichten. Voor het thema ‘water’ betekent dit dat moet worden voorkomen dat er sprake is van wateroverlast of schade aan panden bij extreme buien (bij een ‘blokbui’ van 60 mm/u mag er niet meer dan 5 cm water tegen panden staan en niet meer dan 30 cm water op straat). Om vast te stellen wat knelpuntlocaties zijn en welke maatregelen nodig zijn, zijn modelberekeningen uitgevoerd. Er is vastgesteld dat er voor 26 knelpuntlocaties maatregelen moeten worden uitgewerkt om de stad klimaatbestendig te maken (dit is exclusief gebieden waarvoor dit in eerdere projecten al is uitgewerkt).

In de volgende pagina’s is het rekenresultaat weergegeven van berekeningen van de huidige situatie en van het effect van kansrijke maatregelen. Soms zijn dit maatregelen op maaiveldniveau, soms in de riolering (wat vaak de aanleg van een hemelwaterriool betreft). Het type maatregel dat kan worden toegepast hangt af van de lokale situatie en is uitgewerkt in samenspraak met de gemeente. Aanpassingen aan het maaiveld gaan doorgaans gemoeid met aanzienlijk lagere kosten dan maatregelen aan de riolering.

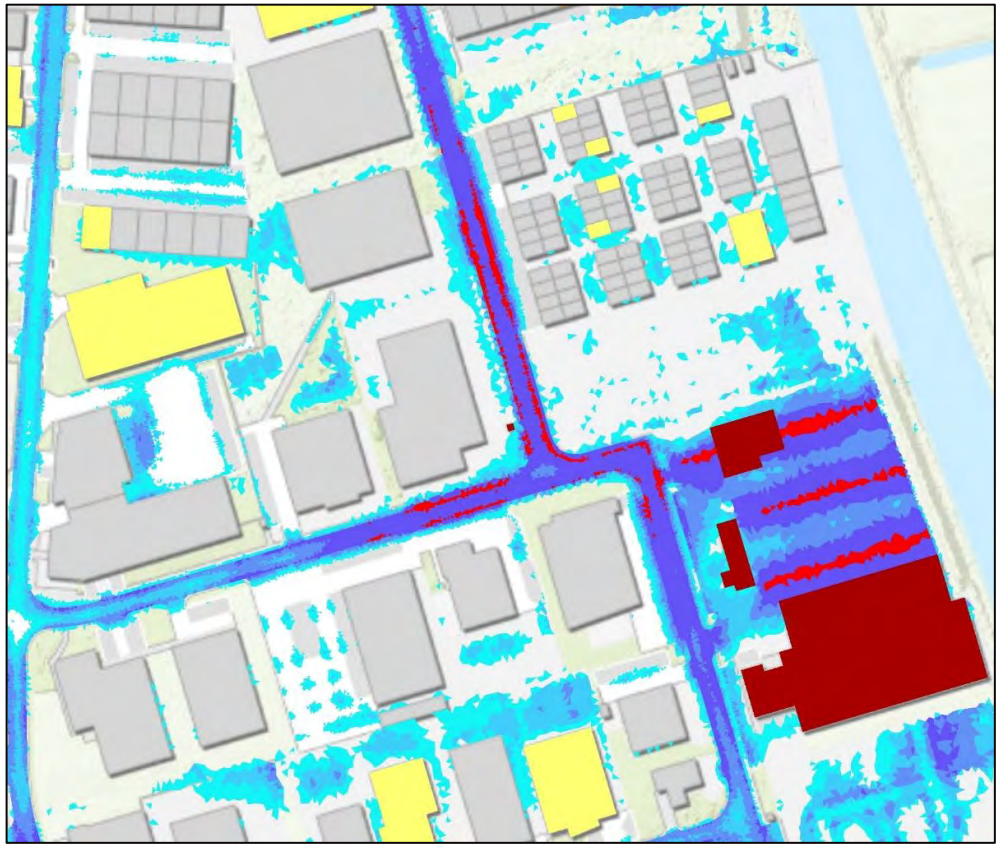
In dit overzicht is steeds per knelpuntlocatie een overzichts-/samenvattingspagina opgenomen, gevolgd door één of meerdere sheets met een nadere toelichting van maatregelen. Elke maatregelpagina beschrijft één maatregel. Soms heeft de gemeente een keuze gemaakt uit meerdere maatregelen, soms (nog) niet. In beide gevallen is ervoor gekozen wel alle onderzochte maatregelen op te nemen, zodat alle onderzoeksresultaten zijn vastgelegd.

In de rekenresultaten zijn panden gekleurd o.b.v. de waterdiepte tegen het pand. De methode die hiervoor is gebruikt kleurt panden op basis van waterstanden die optreden vanuit de openbare ruimte. Deze methode kent een grote meerwaarde ten opzichte van methodes die alle water (ook op particulier terrein) kleuren, omdat daarbij nagenoeg alle panden gekleurd worden. Nadeel van deze nieuwe methode is dat er sprake is van onnauwkeurigheden: soms worden panden onterecht gekleurd waardoor er sprake lijkt van een verslechtering terwijl dit niet het geval is. De meerwaarde van de nieuwe methode is echter zodanig dat er toch voor is gekozen deze nieuwe methode te hanteren.

Tijdens de studie is vastgesteld dat de kans groot is dat de rekenresultaten de werkelijke situatie overschatten. Bij interpretatie van de rekenresultaten moet hiermee rekening worden gehouden. De mate waarin er sprake is van overschatting, is niet exact bekend. Een gevolg van deze overschatting is dat panden (o.b.v. de waterhoogte ten opzichte van een aangenomen drempelhoogte van 5 cm) sterk kan afwijken van de praktijk. Dit betekent dat er bij interpretatie van de resultaten rekening mee moet worden gehouden dat er ook bij water-op-straat of water tegen panden, in de praktijk geen sprake meer hoeft te zijn van een knelpunt. Daarom is het noodzakelijk dat op basis van ervaring een inschatting wordt gemaakt van de effectiviteit van de maatregelen. In de overzichtspagina’s is dit opgenomen.

© Arcadis 2022

Aldebaranweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- >30 cm water-op-straat bij extreme neerslag

Aandachtspunten:
- Mogelijk overschat het model de werkelijke situatie. Dit komt doordat de afwatering van terreinverharding op bedrijventerreinen niet in beeld is. In het model stroomt water over het terrein van bedrijven af, mogelijk ook naar de straat, terwijl dit water in werkelijkheid mogelijk anders afstroomt. Hierdoor kan ook water op de wegen in het model overschat worden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **HWA-riool** (gedimensioneerd op standaardbui 09) in de straat, afvoer naar het oppervlaktewater via het voormalig veemarktterrein. **Effect:** Water-op-straat verdwijnt niet, maar wordt zodanig beperkt dat waterdiepten >30 cm worden voorkomen.
- **Maaiveldaanpassing** op het voormalig veemarktterrein zodat water over maaiveld afstroomt naar het oppervlaktewater. De exacte locatie van de maaiveldverlaging is niet van groot belang. **Effect:** Op het Veemarktterrein aanzienlijk, op de openbare weg is er ook verbetering, maar er blijft in klein mate sprake van meer dan 30 cm water-op-straat.

Beoordeling effect:
- Bij aanleg van een HWA-riool is het effect voldoende om grote waterdiepten te voorkomen, bij een maaiveldaanpassing niet. Daarom wordt vooralsnog uitgegaan van de aanleg van een HWA-riool. Gezien de hoge kosten van een riool en de wetenschap dat modelresultaten naar verwachting de werkelijkheid overschatten, kan worden overwogen in plaats hiervan (eerst) de maaiveldaanpassing uit te voeren.

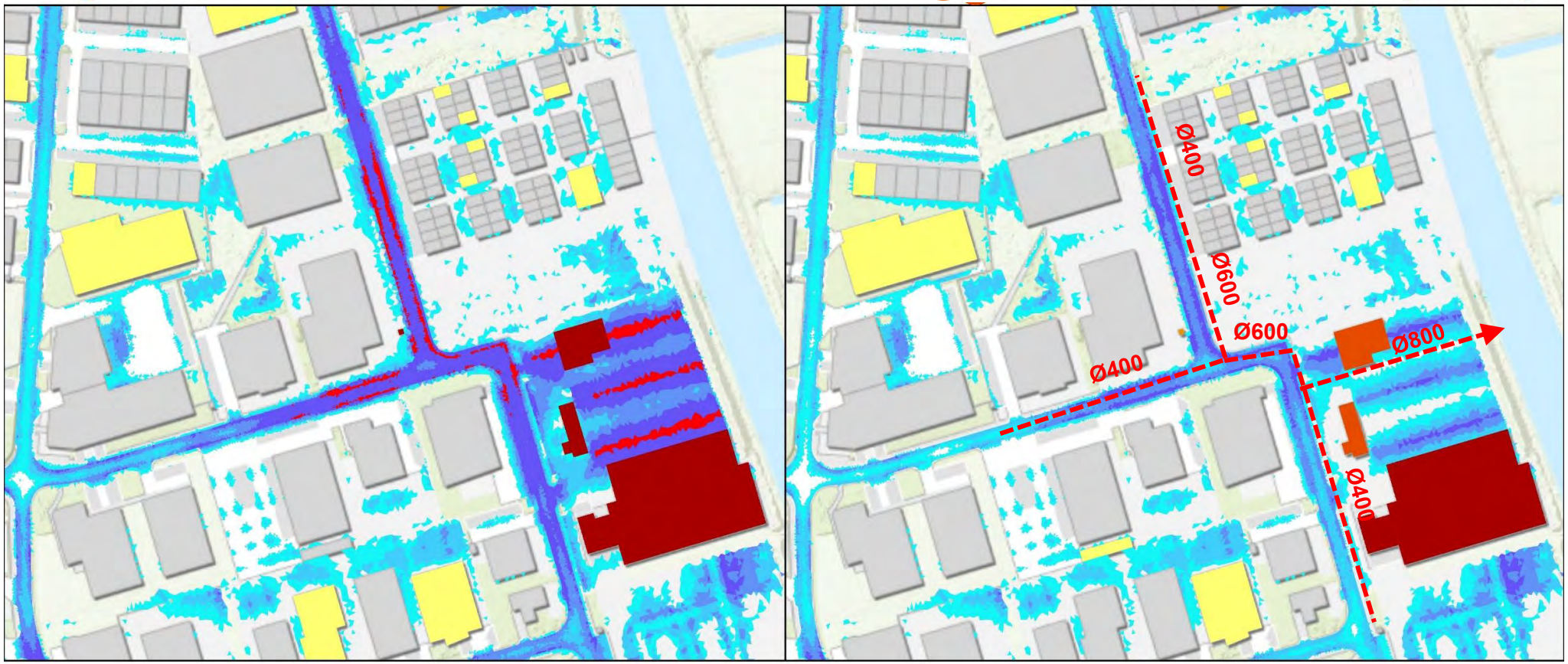
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Aldebaranweg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- HWA-riool naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Het effect is voldoende om waterdiepten >30 cm op de straat te voorkomen.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

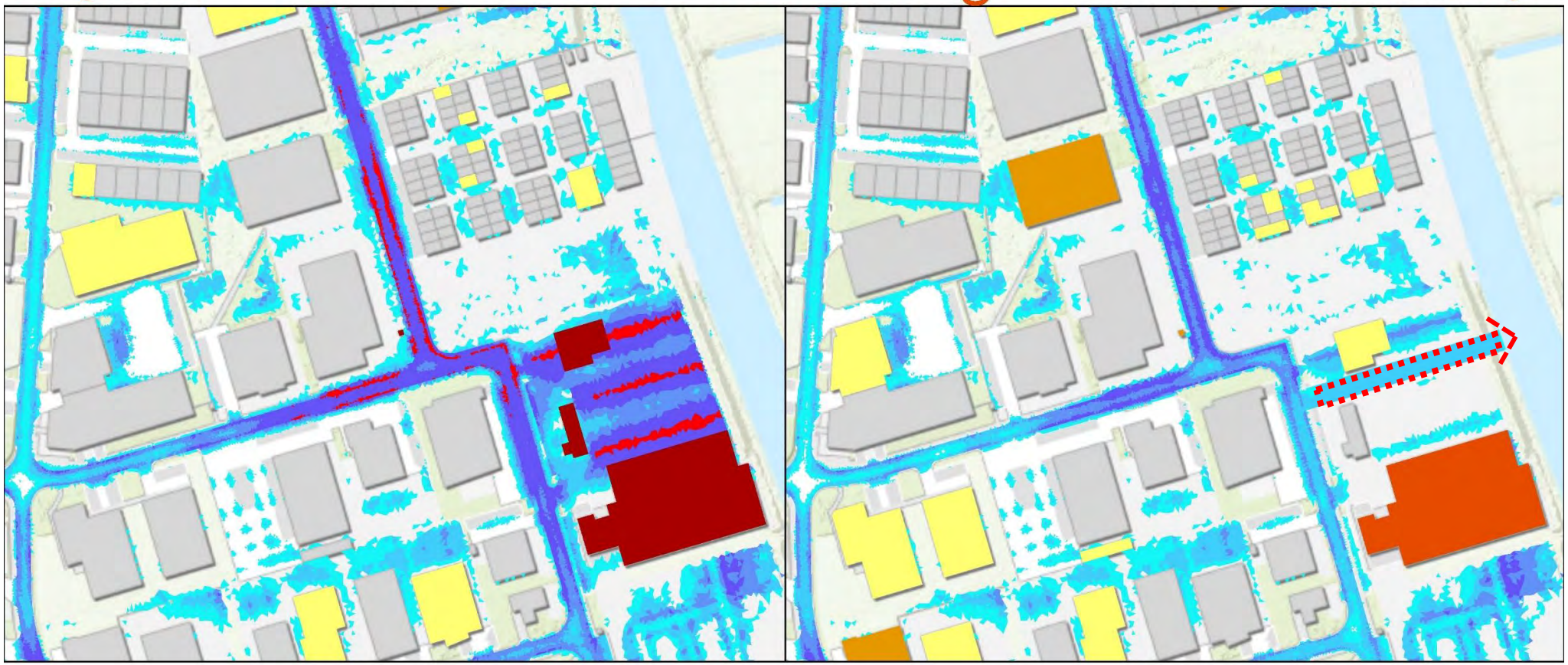
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Aldebaranweg

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing vanaf de straat naar het oppervlaktewater (zie rode stippellijnen) zodat water over het maaiveld kan wegstromen. Bij de straat sluit de ‘goot’ aan bij het maaiveld, richting het water loopt dit af met 40 cm.

Effect:

- Op het Veemarktterrein aanzienlijk, op de openbare weg is er ook verbetering, maar er blijft in minimale mate sprake van water-op-straat met een grotere diepte dan 30 cm.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Beatrixstraat

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Hoge waterstanden tegen flats.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **HWA-riool** naar het oppervlaktewater. **Effect:** Bij extreme buien is het effect van het riool vlakbij het oppervlaktewater beperkt, bovenstrooms in het systeem is het effect zeer klein.
- **HWA-riool, met extra uitstroom naar vijver en aanbrengen verkeersdrempels: Effect:** Het aanvullend effect van een extra uitstroompunt en het aanbrengen van verkeersdrempels is zinvol. Water op straat neemt hierdoor aanzienlijk verder af, dan bij alleen en HWA-riool. Verdere maatregelen worden niet-doelmatig geacht.

Beoordeling effect:
- Het effect van het HWA-riool is, in combinatie met de aanleg van verkeersdrempels, effectief.

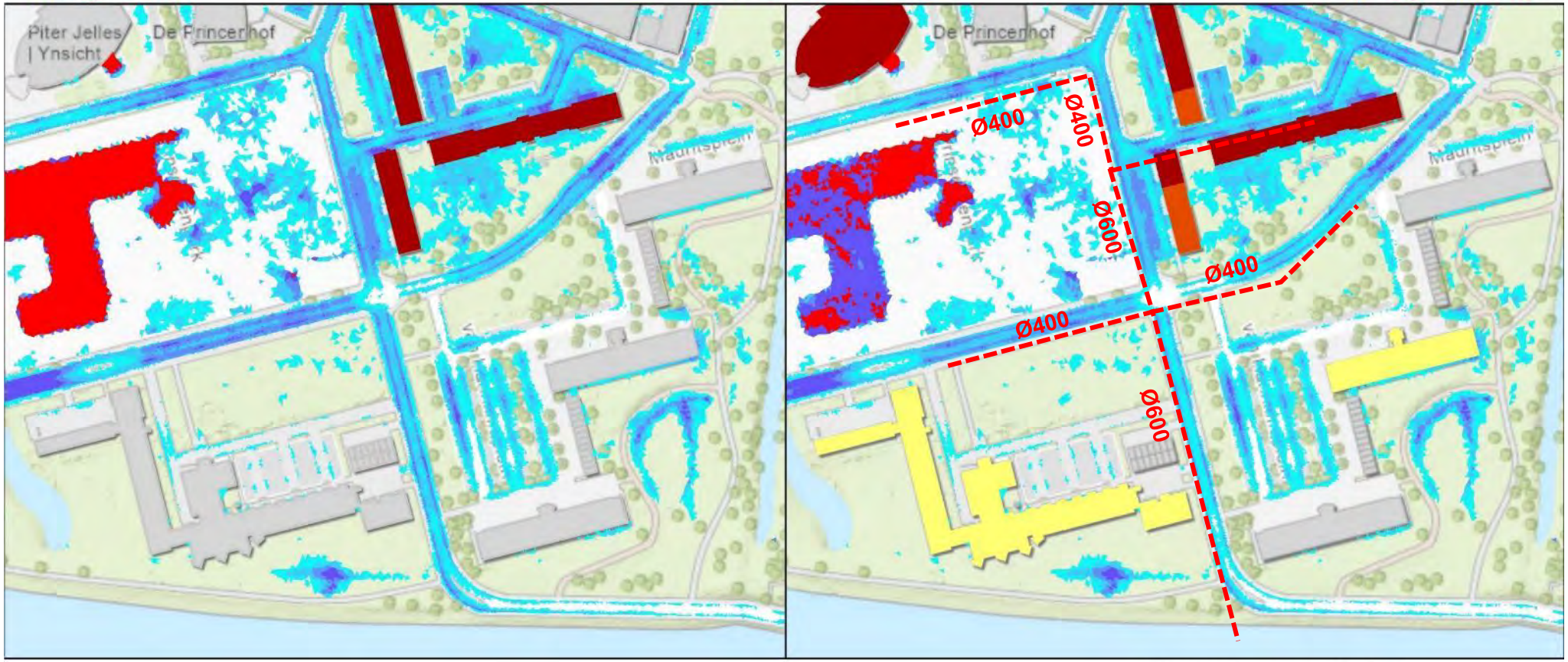
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Beatrixstraat

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- HWA-riool naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Bij extreme buien is het effect van het riool vlakbij het oppervlaktewater beperkt zichtbaar. Wel valt op dat in de laagte (rode vlek ten westen van de straat) lagere waterstanden optreden. Geconstateerd is dat er door de maatregel nogsteeds sprake is van veel water-op-straat, maar dat er minder water afstroomt naar het laaggegelegen gebied. Het effect op straat is klein.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

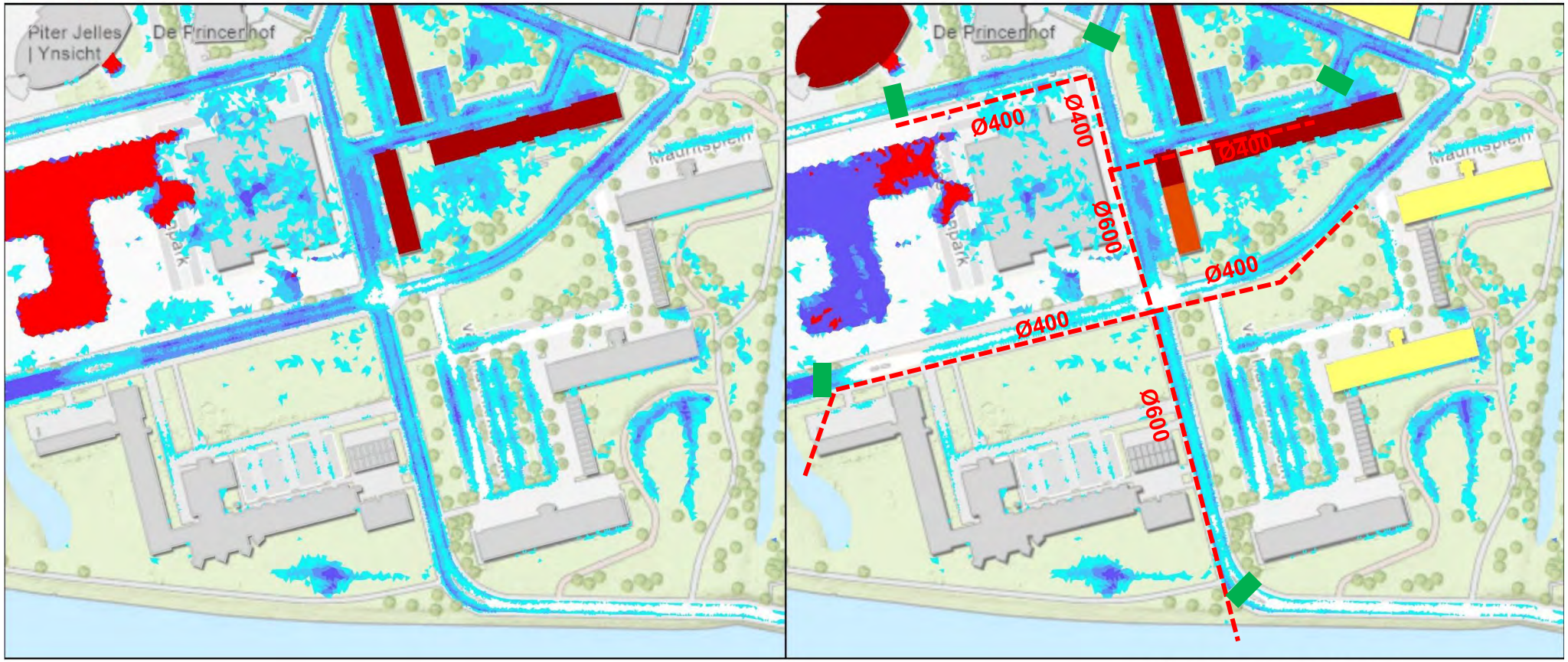
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Beatrixstraat

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- HWA-riool naar het oppervlaktewater in het zuiden en naar de bestaande vijver. Aanbrengen van verkeersdrempels om te voorkomen dat water uit de omgeving komt toestromen (groen gemarkeerd in de figuur).

Effect:

- Door het toevoegen van een uitstroompunt naar de vijver en het plaatsen van verkeersdrempels is er duidelijk meer verbetering van de water-op-straat situatie dan als alleen een hwa-riool aangelegd wordt. Daarom zijn deze toevoegingen zinvol. Verdere uitbreiding van de maatregelen is afgewogen en wordt niet doelmatig geacht.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Goslingastate

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade aan panden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Maaiveldverlaging** vanaf de knelpuntlocatie naar het oppervlaktewater, zodat water over maaiveld kan afstromen naar de vijver. **Effect:** Het effect is groot, er is niet langer sprake van een knelpunt.
- **HWA-riool** vanaf de knelpuntlocatie naar het oppervlaktewater. **Effect:** Het effect van een hwa-riool dat is ontworpen op bui 09 is minimaal.

Beoordeling effect:
- Een maaiveldaanpassing is een effectieve en doelmatige oplossing om wateroverlast te voorkomen.

De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Goslingastate

Maaiveldmaatregel

Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing vanaf de knelpuntlocatie naar het oppervlaktewater: verkeersdrempel verwijderd en het maaiveld over het gehele tracé verlaagd.
- Detailinvulling maatregel: zie de rode stippellijn in de figuur. Binnen dit gebied is aan de noordzijde het bestaande maaiveld gehanteerd, over het gehele tracé is uitgegaan van een geleidelijk aflopende verlaging naar de vijver met in totaal 30 cm.

Effect:

- Aanzienlijk. De aanpassing van het maaiveld heeft een groot effect. Water bereikt niet langer vanaf de straat de panden. Ook het water op straat wordt aanzienlijk beperkt.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Goslingastate

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- HWA-riool Ø315 mm naar het oppervlaktewater (ontworpen o.b.v. ‘geen water-op-straat’ bij bui 09).

Effect:

- Het effect van het riool is bij extreme neerslag minimaal.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Goutumerdyk

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade aan panden.

Aandachtspunten:
- Mogelijk overschat het model de werkelijke situatie. Dit komt doordat water in het model gemakkelijk afstroomt uit tuinen en het effect van infiltratie op onverharde oppervlakken in de praktijk aanzienlijk groter kan zijn dan in het model. In deze situatie wordt ingeschat dat dit een rol kan spelen in het resultaat.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- Er is sprake van een combinatie van twee maatregelen, aan de west- en aan de oostzijde:
  - **Westzijde:**
    - **Maaiveldaanpassing**. **Effect:** Het effect is aanzienlijk. Het risico op overlast en schade neemt sterk af. Water-op-straat is echter niet geheel verdwenen.
    - **HWA-riool.** Een hwa-riool naar het oppervlaktewater met diameter 400 mm. **Effect:** Het effect van deze maatregel is aanzienlijk groter dan de maaiveldaanpassing en hiermee voldoende.
  - **Oostzijde:**
    - **HWA-riool** aan de oostzijde van de Goutumerweg. **Effect:** Als de diameters voldoende groot worden uitgevoerd (deels rond 600 mm, deels rond 400 mm), dan is het effect voldoende om risico's op schade te beperken.

Beoordeling effect:
- Het effect van een de maaiveldaanpassing aan de westzijde is aanzienlijk, maar dit is niet voldoende om risico's op schade voldoende te beperken. Daarom ligt de aanleg van een hwa-riool voor de hand.
- Het effect van het hwa-riool aan de osotzijde is voldoende, als de diameters voldoende groot worden gekozen.

De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Goutumerdyk - Westzijde

Maaiveldmaatregel

Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing vanaf zuidzijde van de straat (laagst gelegen deel) naar het oppervlaktewater zodat water over het maaiveld kan wegstromen.
- Uitgegaan is van een aanzienlijke verlaging van het maaiveld van 40 cm t.p.v. de rode stippellijn.
- Bij nadere uitwerking moet worden vastgesteld of een verlaging van het maaiveld haalbaar is, bijvoorbeeld vanwege de aanwezige kabels en leidingen. Indien dit niet het geval is, kan altijd nog worden gekozen voor toepassing van een aantal kolken of een forse lijngoot i.c.m. een HWA-riool.

Effect:

- Het effect van de maaiveldaanpassing is aanzienlijk. Het risico op overlast en schade neemt sterk af.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Goutumerdyk - Westzijde

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- HWA-riool Ø400 mm naar het oppervlaktewater

Deze maatregel is berekend als alternatief op de maaiveldmaatregel aan de westzijde van de Goutumerdyk.

Effect:

- Deze maatregel heeft voldoende effect. Aandachtspunt: op deze locatie dienen 3x zoveel kolken te worden geplaatst dan dat gebruikelijk is om de grote hoeveelheid water snel te kunnen afvoeren naar het hwa-riool.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Goutumerdyk - Oostzijde

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- HWA-riool naar het oppervlaktewater, zie de rode arcering in de figuur.

Effect:

- Het effect van het riool is bij extreme neerslag is aanzienlijk en voldoende. Ook kleinere diameters zijn getoetst, maar deze hebben bij extreme buien onvoldoende effect.

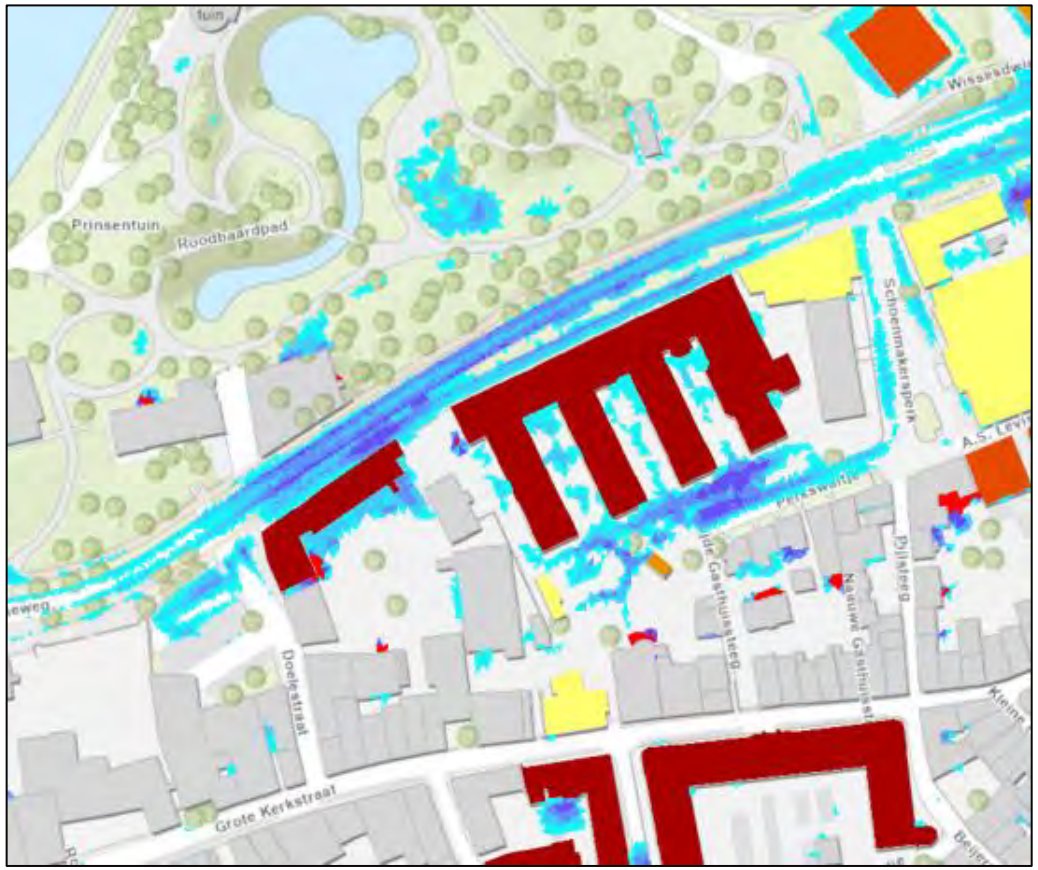
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Groeneweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:

- Water-op-straat en water tegen panden bij extreme neerslag. Water stroom uit een groot gebied, voornamelijk het westen en zuiden, over het maaiveld naar de knelpuntlocatie. Naar verwachting is de problematiek in de praktijk beperkt, maar een oplossingsrichting is gewenst.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:

- Oplossingen in de riolering zijn niet kansrijk, daarom is gekozen voor een **maatregel op maaiveldniveau**. Hiermee ken water vanaf de knelpuntlocatie over het maaiveld wegstromen naar het oppervlaktewater. Er is gekozen voor een ingrijpende aanpassing aan het maaiveld, ook ter plaatse van de bestaande weg, omdat het effect anders te beperkt is. **Effect:** De beoogde maatregel heeft een aanzienlijk effect en de situatie verbetert sterk.
- **HWA-riool** (rond 400 mm) **in aanvulling op de maaiveldaanpassing**. **Effect:** Het aanvullende effect van een hwa-riool is aanwezig, maar niet erg groot.

Beoordeling effect:

- In het model wordt bij alleen een maaiveldaanpassing nogsteeds water-op-straat berekend en het bereikt in beperkte mate nog vanaf de straat enkele panden. Verwacht wordt echter dat dit effect in de praktijk beperkt blijft.
- Als aanvullend op de maaiveldaanpassing een hwa-riool wordt gerealiseerd, is er meer effect zichtbaar. Afgewogen moet worden of een hwa-riool zinvol wordt geacht. Een groter riool heeft mogelijk meer effect, maar de doelmatigheid kan worden betwijfeld.

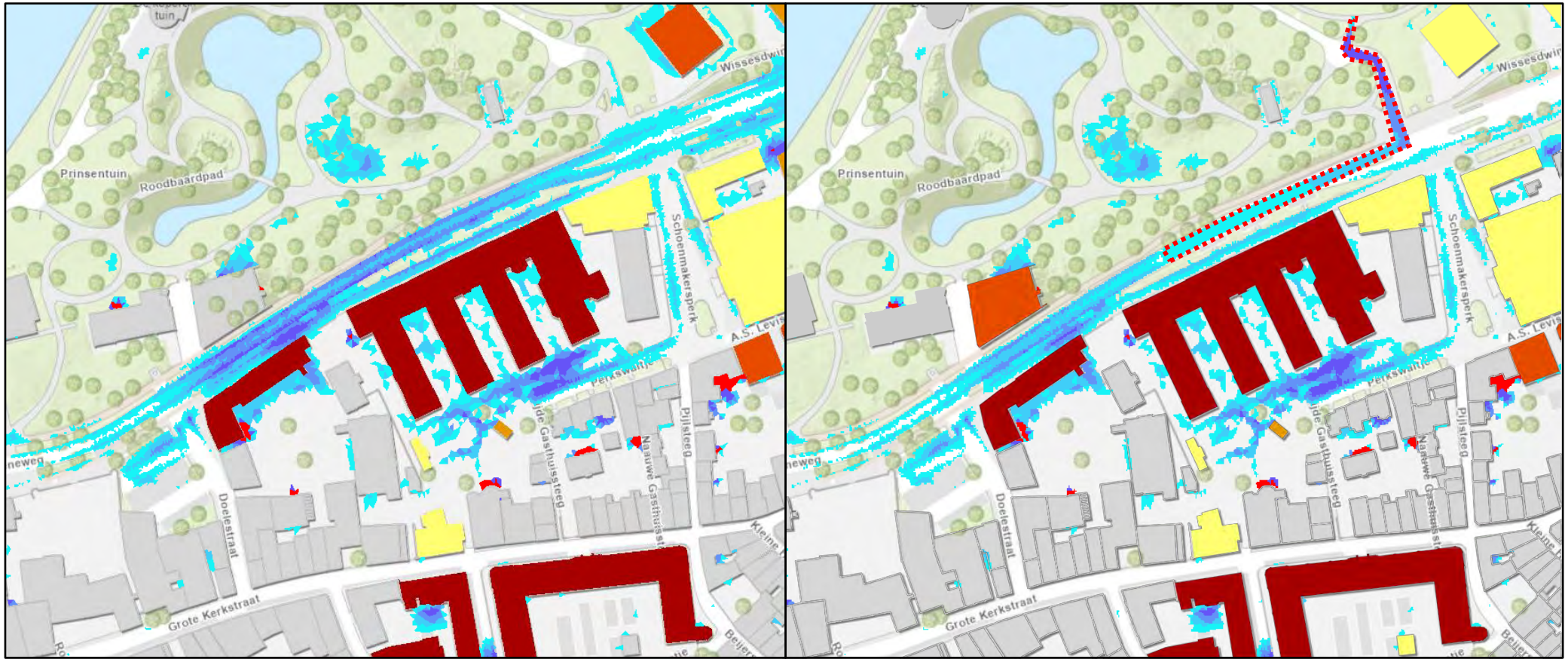
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Groeneweg

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing waarbij het maaiveld zodanig wordt aangepast dat het vanaf de westzijde van de rode arcering in de figuur geleidelijk afloopt naar het oppervlaktewater. Voor de berekening is uitgegaan van een afschot van in totaal 50 cm over het gehele tracé.

Effect:

- Het effect van de maaiveldaanpassing is aanzienlijk. Het risico op overlast en schade neemt sterk af, maar er blijft wel sprake van water-op-straat.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Groeneweg

Combinatie van riolerings- en maaiveldmaatregel

Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing waarbij het maaiveld zodanig wordt aangepast dat het vanaf de westzijde van de rode arcering in de figuur geleidelijk afloopt naar het oppervlaktewater. Voor de berekening is uitgegaan van een afschot van in totaal 50 cm over het gehele tracé.
- Aanvullend op het bovenstaande een hemelwaterriool over het groen-gemarkeerde trace (r400 mm). Deze leiding sluit aan op de uitstroomleiding achter de gemengde overstort (indicatie van de locatie: driehoekje in de figuur).

Effect:

- Het effect van de maaiveldaanpassing is aanzienlijk. De toegevoegde waarde van een hwa-riool is beperkt, maar er is wel verbetering zichtbaar t.o.v. de situatie zonder hwa-riool.

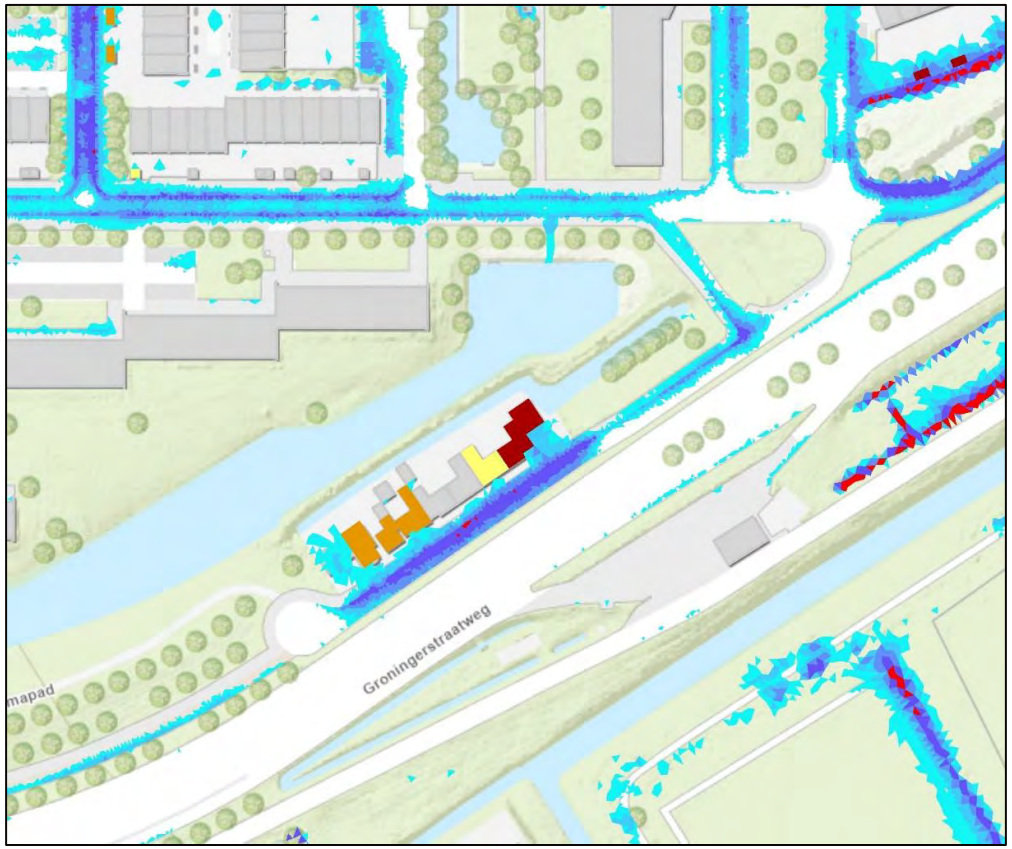
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Groningerstraatweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
Water-op-straat bij diverse woningen met een risico op schade. Water uit de omgeving voert af naar het lagergelegen gebied.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:

- **Aanleg duiker rond 600 mm en een maaiveldaanpassing:** Bij de woningen ligt een kleine watergang die in verbinding staat met de polder ten zuiden van de Groningerstraatweg via een lange duiker. Het boezemwater, ten noorden van de woningen, ligt aanzienlijk hoger. Hierdoor is er sprake van een klein systeem, waarbij de woningen in een laagte liggen. De bestaande duiker is in eigendom en beheer bij het wetterskip en moet worden vervangen. Onderzocht is welke duikerdiameter benodigd is om waterschade bij de woningen te voorkomen. Daarnaast is een maaiveldaanpassing noodzakelijk, om water over het maaiveld vanaf de weg naar de kleine watergang te kunnen afvoeren.

Beoordeling effect:

- Het effect van de maatregel is voldoende om schade te voorkomen.

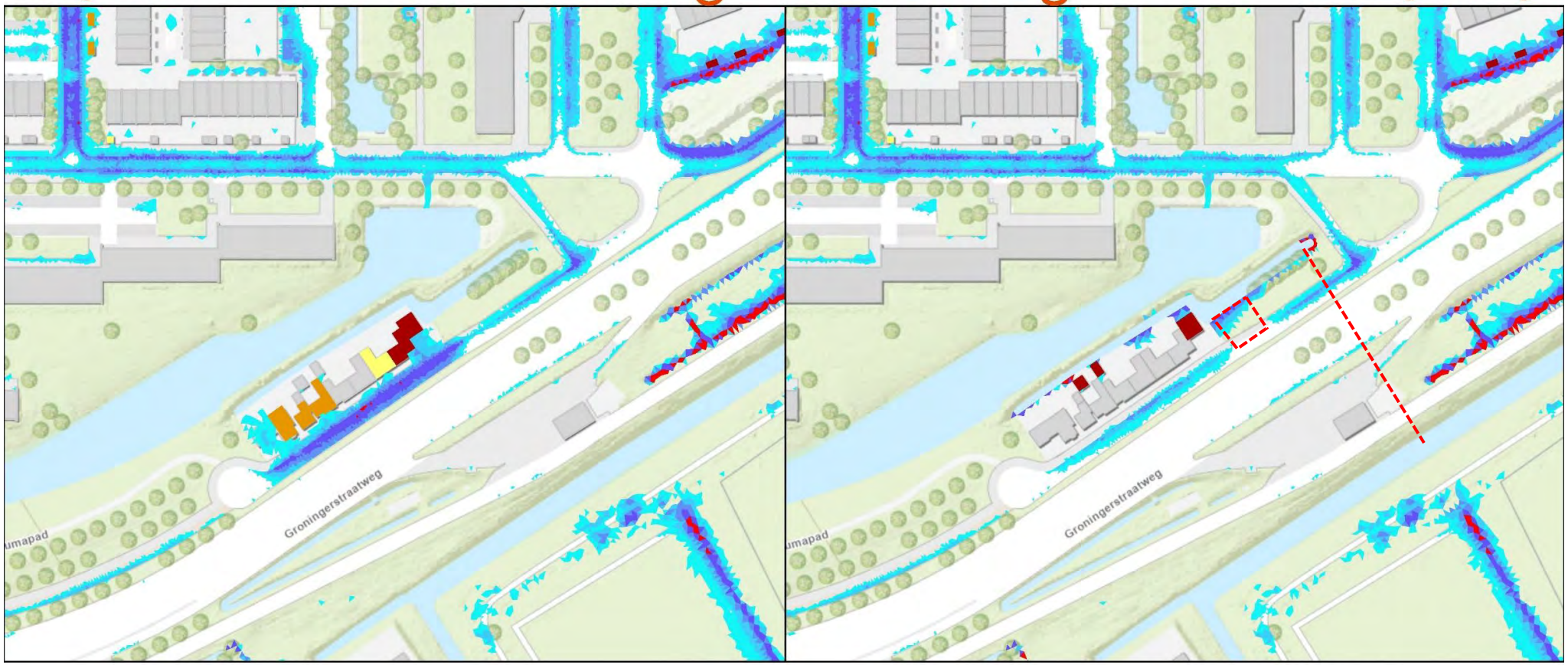
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Groningerstraatweg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Vergroten van de duiker rond 600 mm vanaf het lokale watersysteem naar de polder ten zuiden van de Groningerstraatweg (locatie indicatief aangegeven door rode stippellijn).
- Het verlagen van het maaiveld (zie rood gestippeld vak) om water vanaf de weg naar het watersysteem te laten afstromen.

Effect:

- Het effect van de maatregel is voldoende om schade te voorkomen.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Heerewaltje

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **HWA-riool** met kleine diameter (Ø250 mm) waarop enkele kolken worden aangesloten en dat afvoert naar het oppervlaktewater. **Effect:** Het effect is groot.

Beoordeling effect:
- Water-op-straat verdwijnt. De maatregel volstaat.

De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Heerewaltje

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- HWA-riool Ø250 mm naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Het effect van het riool is bij extreme neerslag aanzienlijk en wordt voldoende geacht.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Heggewinde

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat met een grotere waterdiepte dan 30 cm.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Maaiveldaanpassing** in drie stegen en het aanbrengen van een verkeersdrempel. **Effect:** Het effect van de maatregelen is groot, hierdoor is er niet langer sprake van een knelpunt.
- **HWA-riool** naar het oppervlaktewater. **Effect:** Het effect is beperkt. Mogelijk is er meer effect haalbaar als het riool wordt gecombineerd met de aanleg van een verkeersdrempel bij de Stinzenflora, zodat water vanaf deze straat niet langer over maaiveld de Heggewinde kan instromen.

Beoordeling effect:
- Het effect van de maaiveldaanpassingen is groot, het aanleggen van een hemelwaterriool is aanzienlijk minder effectief. Het ligt voor de hand om maaiveldaanpassingen door te voeren, de kosten van deze maatregel zijn boven aanzienlijk lager dan de kosten van de aanleg van een hemelwaterriool.

De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Heggewinde

Maaiveldmaatregel

Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing in drie stegen richting het oppervlaktewater (zie rode arcering in de figuur). Er is uitgegaan van een gelijkmatig afschot van 30 cm. Indien dit in de praktijk niet haalbaar is, mag worden verwacht dat ook met minder afschot voldoende effect wordt bereikt.
- Aanbrengen van een verkeersdrempel tussen de Heggewinde en de Stinzenflora. Hiermee wordt voorkomen dat water vanaf de Stinzenflora de Heggewinde instroomt.

Effect:

- Het effect van de maaiveldaanpassingen is aanzienlijk. De waterdiepte in de straat neemt voldoende af.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Heggewinde

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- HWA-riool naar het oppervlaktewater. Diameters bedragen vooral Ø300 mm, de uitstroomleiding naar het oppervlaktewater Ø400 mm.
- Aanbrengen van een verkeersdrempel tussen de Heggewinde en de Stinzenflora (zie groene markering). Hiermee wordt voorkomen dat water vanaf de Stinzenflora de Heggewinde instroomt.

Effect:

- Het effect van de maatregel is beperkt. Er blijft sprake van aanzienlijke hoeveelheden water-op-straat, ook met een grotere waterdiepte dan 30 cm.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Hempenserweg

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag. Dit leidt niet direct tot een knelpunt, maar naar verwachting kan door het aanpassen van het maaiveld op doelmatige wijze winst worden geboekt.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Aanleg watergang. Effect:** Deze maatregel heeft effect direct nabij de watergang zelf. Verderop in de straat is het effect nihil.
- **Verlagen enkele trottoirs** zodat water vanaf de weg naar het oppervlaktewater kan stromen. **Effect:** Vlakbij de maatregel is het effect groot, verder weg kleiner maar nog wel zichtbaar. Ook mag worden verwacht dat de duur van water-op-straat afneemt.

Beoordeling effect:
- Het effect van een nieuwe watergang is beperkt tot direct bij de straat. Omdat de kosten beperkt zijn, kan deze maatregel nog wel als doelmatig worden gezien.
- Het effect van het verlagen van trottoirs bij de watergang zodat water vanaf de weg oppervlakkig kan afstromen, is behoorlijk, naar verwachting ook ten aanzien van de duur van water-op-straat. De kosten zijn beperkt, daarom is de maatregel erg doelmatig. Ook op andere locaties waar een dergelijke ingreep kan worden gedaan mag een vergelijkbaar effect worden verwacht.

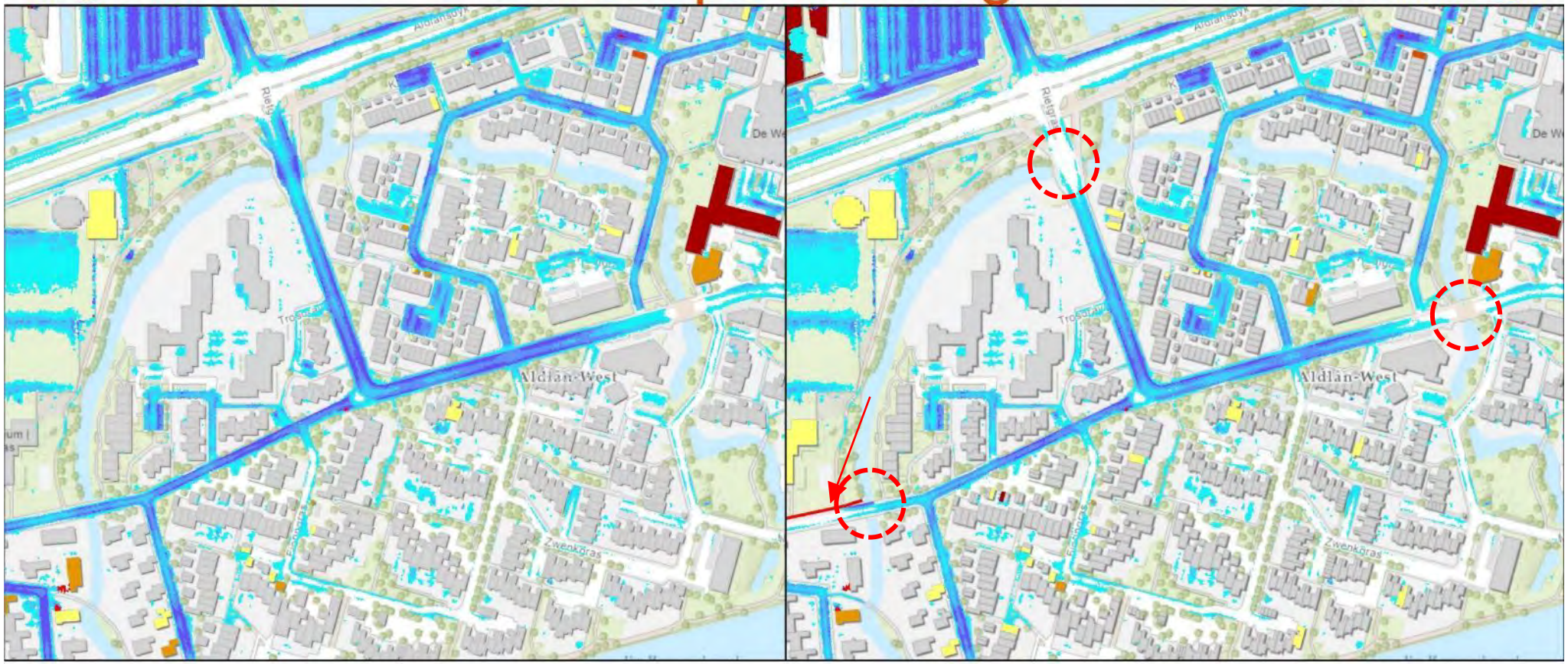
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Hempenserweg

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Aanleg watergang, nabij de aangegeven pijl.
- Verlaging trottoirs (bij de aangegeven cirkels) zodat water van de straat vrij kan afstromen naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Het effect van het aanleggen van een watergang is beperkt tot direct bij de nieuwe watergang.
- Het effect van het verlagen van trottoirs is vooral duidelijk zichtbaar bij de maatregel zelf, maar heeft ook in de bredere omgeving een positief effect. Daarnaast mag worden verwacht dat de duur van water-op-straat in een groter gebied afneemt.

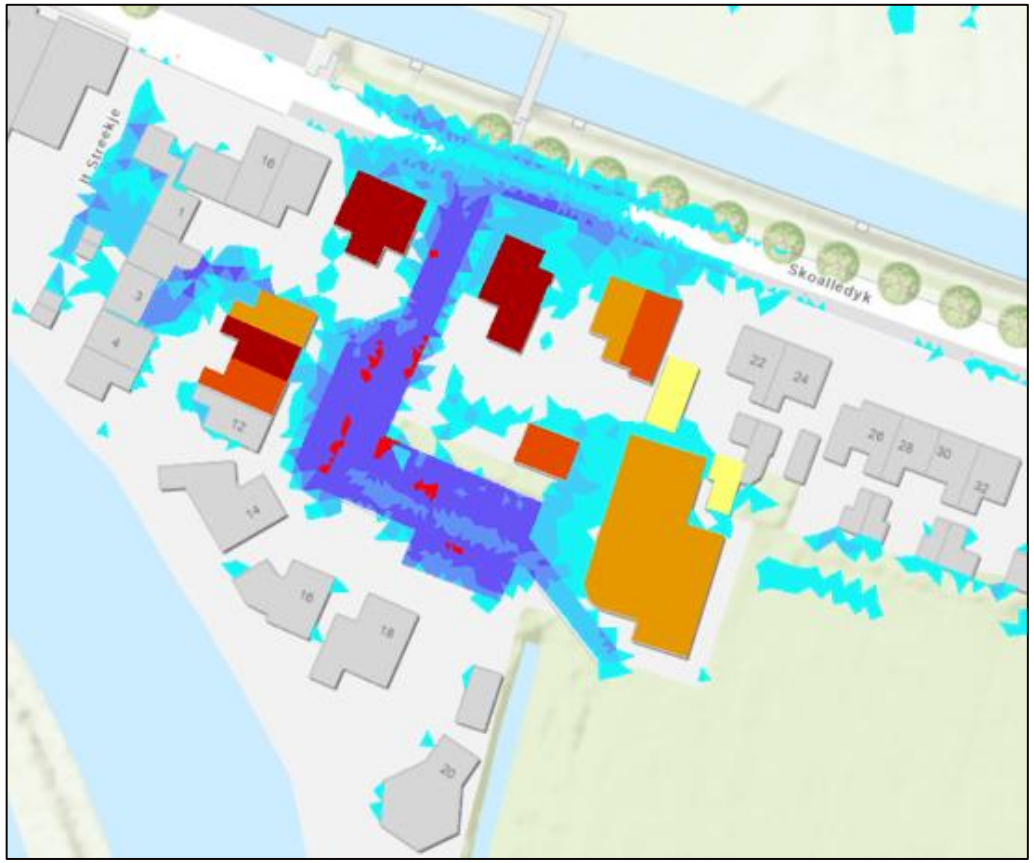
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

It Leechje



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Bij extreme buien meer water-op-straat dan 30 cm.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Maaiveldaanpassing** waardoor water over het maaiveld naar het nabijgelegen oppervlaktewater kan stromen. **Effect:** Het effect van de maatregel is aanzienlijk, er is niet langer sprake van een knelpunt.

Beoordeling effect:
- Het effect van de maatregel wordt beoordeeld als voldoende.

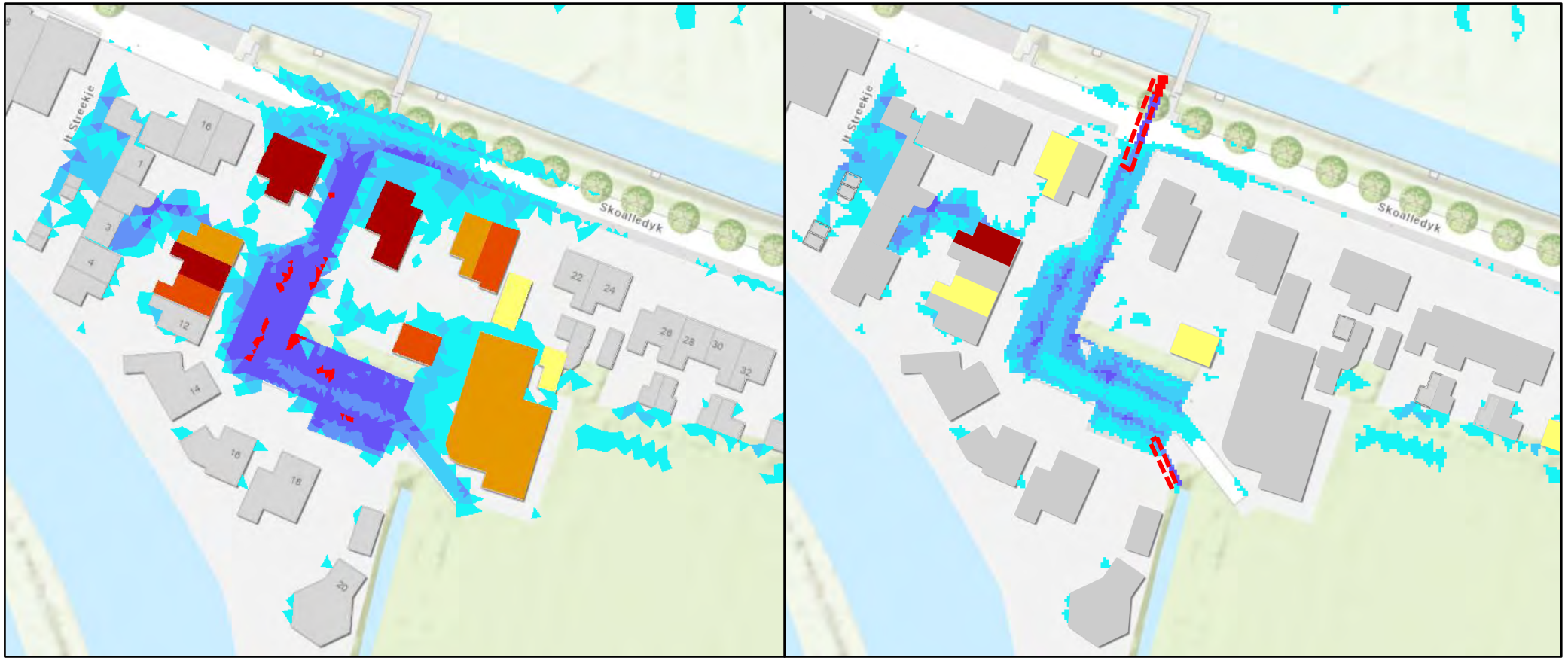
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

It Leechje

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing aan de noord- en zuidzijde van de knelpuntlocatie (zie rode arcering in de figuur). Bij de noordelijke en zuidelijke aanpassing is er uitgegaan van een afschot van respectievelijk 20 en 15 cm. Bij de noordelijke aanpassing is ervan uitgegaan dat een verlaging in de doorgaande rijbaan mogelijk is.

Effect:

- Het effect van de maaiveldaanpassingen is aanzienlijk. De waterdiepte in de straat neemt voldoende af.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Keizerskroon

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:

- Een grote hoeveelheid water-op-straat bij extreme neerslag. De noodzaak om dit op te lossen is niet erg groot, maar als water over maaiveld naar het oppervlaktewater kan worden afgevoerd, is dit al snel doelmatig.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:

- Maaiveldaanpassing waardoor water over maaiveld kan afstromen naar het oppervlaktewater. **Effect:** Het effect van de maatregel direct naast het oppervlaktewater is aanzienlijk, verderop in de straat is het effect kleiner, maar nog wel zichtbaar, zelfs tot op een aanzienlijke afstand van het oppervlaktewater.

Beoordeling effect:

- Het effect is niet overal groot, maar wel duidelijk zichtbaar. Omdat de kosten van een dergelijke ingreep beperkt zijn, is de maatregel beoordeeld als doelmatig.

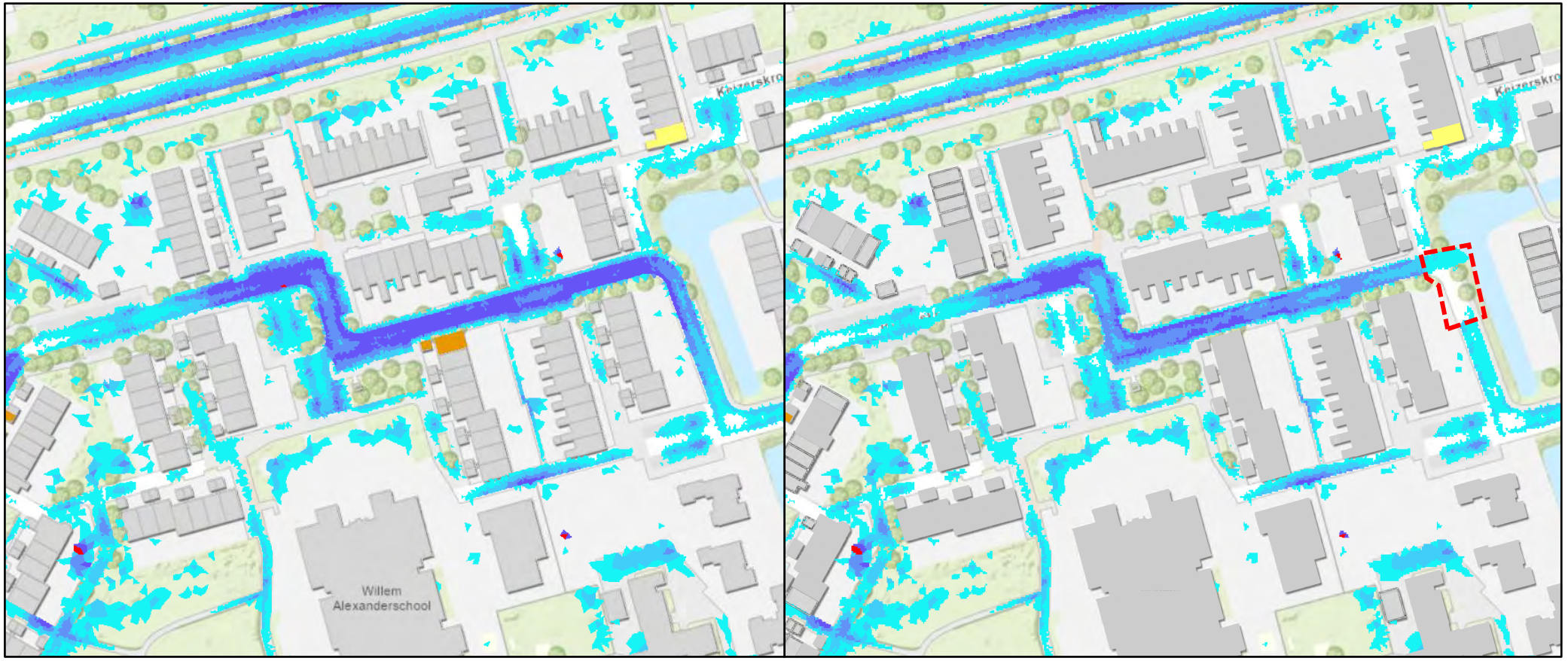
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Keizerskroon

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing met de omvang van het rood gearceerd gebied in de figuur. Aan de westzijde van de figuur is het bestaande maaiveld gehanteerd, aan de oostzijde (bij de vijver) ligt het maaiveld 20 cm lager waardoor het over maaiveld naar de vijver afstroomt.

Effect:

- Het effect van de maatregel direct naast het oppervlaktewater is aanzienlijk, verderop in de straat is het effect kleiner, maar nog wel zichtbaar, zelfs tot op een aanzienlijke afstand van het oppervlaktewater.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Kelvinstraat

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag met een diepte >30 cm.

Aandachtspunt:
- Mogelijk overschat het model de werkelijke situatie. Dit komt doordat de afwatering van terreinverharding op bedrijventerreinen niet in beeld is. In het model stroomt water over het terrein van bedrijven af, mogelijk ook naar de straat, terwijl dit water in werkelijkheid mogelijk anders afstroomt. Hierdoor kan ook water op de wegen in het model overschat worden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Maaiveldaanpassing** waardoor water over het maaiveld kan afstromen naar het oppervlaktewater. Er is over een aanzienlijke lengte van de weg een aanpassing noodzakelijk. **Effect:** Het effect van de maatregel is beperkt, de waterdiepte neemt echter wel af.
- **Hwa-riool** naar het oppervlaktewater. **Effect:** Het effect is beperkt. Een aanzienlijk grotere diameter is mogelijk effectief, maar de ontworpen maatregel (gebaseerd op geen water-op-straat bij bui 10) wordt gezien als doelmatiger.

Beoordeling effect:
- Zowel een maaiveldaanpassing als een hwa-riool hebben effect op de waterdiepte, maar er blijft sprake van een waterdiepte groter dan 30 cm. Doordat het model de situatie mogelijk overschat, kan er in werkelijkheid sprake zijn van minder water-op-straat.
- De verbetering van beide maatregelen is beperkt. Een maaiveldmaatregel gaat doorgaans gemoeid met relatief lagere kosten. Bij een HWA-riool is het effect bij kleinere buien doorgaans aanzienlijk groter. Dit kan meewegen bij de keuze voor een maatregel. Vooralsnog is er echter uitgegaan van de uitvoering van de maaiveldmaatregel.

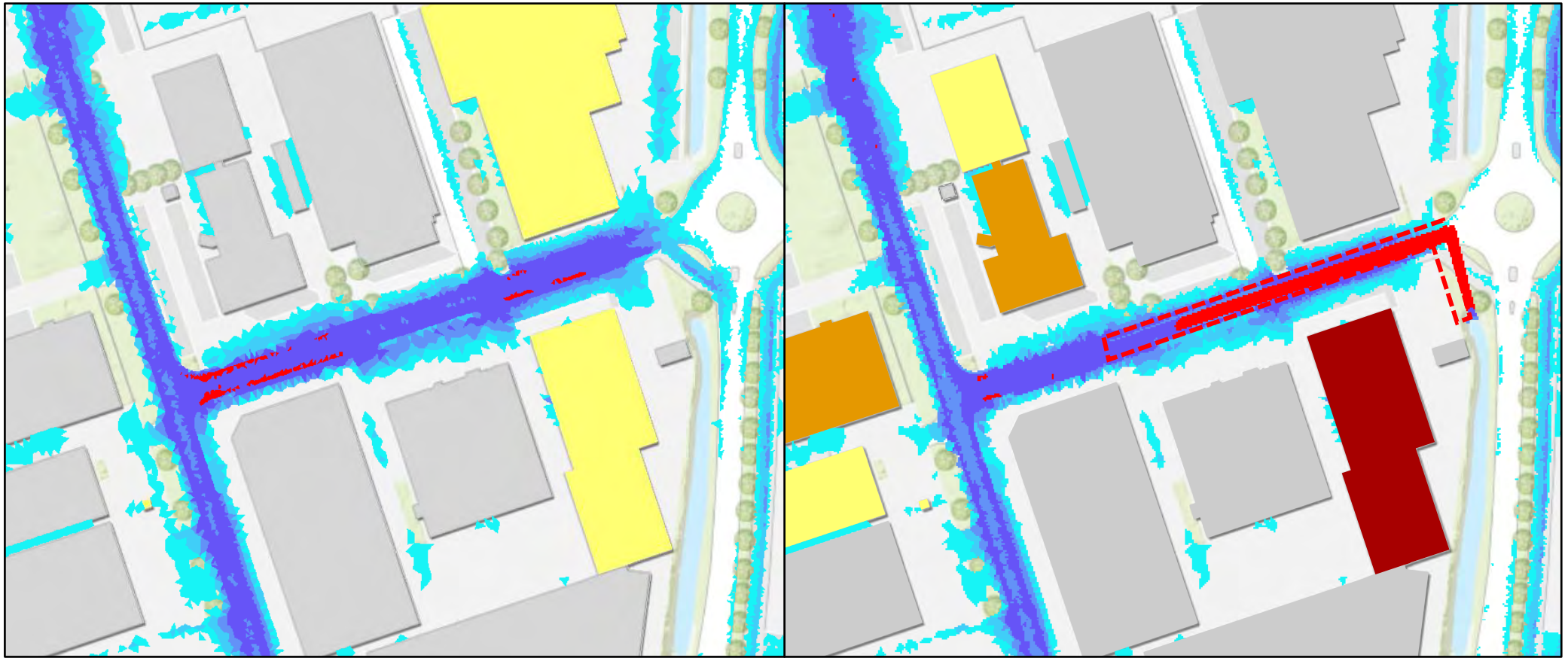
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Kelvinstraat

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing waardoor water over het maaiveld kan afstromen naar het oppervlaktewater. Om de maatregel effectief te laten zijn is over een aanzienlijke lengte van de weg een aanpassing noodzakelijk.

Effect:

- Het effect van de maatregel direct naast het oppervlaktewater is aanwezig, verderop in de straat is het effect kleiner, en nog nauwelijks zichtbaar.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Kelvinstraat

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- HWA-riool naar het oppervlaktewater, ontworpen o.b.v. bui 10. In de figuur is de ligging buiten de weg getekend zodat het rekenresultaat zichtbaar blijft.

Effect:

- Het effect van de maatregel is beperkt. Er is nog steeds sprake van waterdiepten op de straat > 30 cm. Het effect wordt echter gezien als het maximaal haalbare.

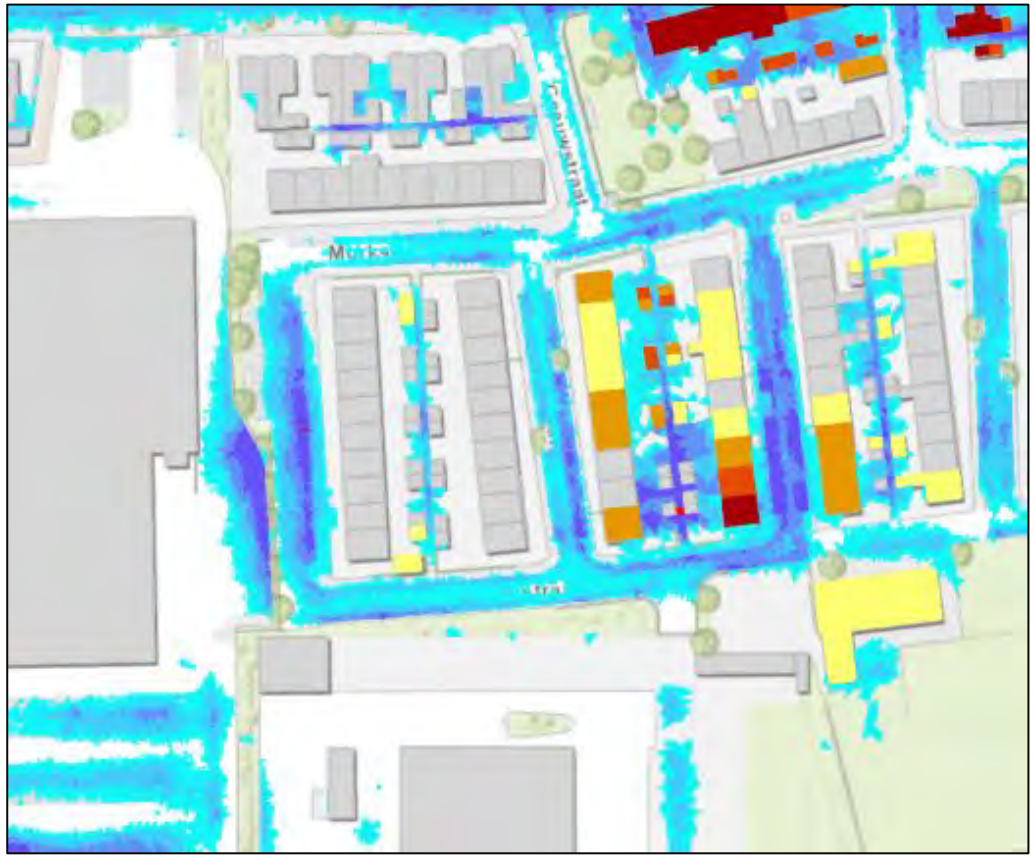
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Murkstraat



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Bij extreme neerslag water-op-straat en water tegen panden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Hemelwaterstructuur ontworpen o.b.v. standaardbui 09** met afvoer naar de watergang aan de zuidzijde. **Effect:** Het hemelwatersysteem heeft effect bij extreme neerslag, maar een groter effect is haalbaar.
- **Hemelwaterstructuur ontworpen o.b.v. standaardbui 09 met enkele vergrootte leidingen** met afvoer naar de watergang aan de zuidzijde. **Effect:** Bij een systeem ontworpen o.b.v. bui 09 was er nog sprake van een risico op schade bij verschillende panden. Door drie leidingen te vergroten (de uitstroomleiding en twee leidingen hier bovenstrooms van, is er niet langer sprake van water-op-straat of water dat vanuit de openbare ruimte tegen panden staat.

Beoordeling effect:
- Een hwa-systeem met leidingdiameters rond 300-500 mm volstaat om knelpunten te voorkomen.

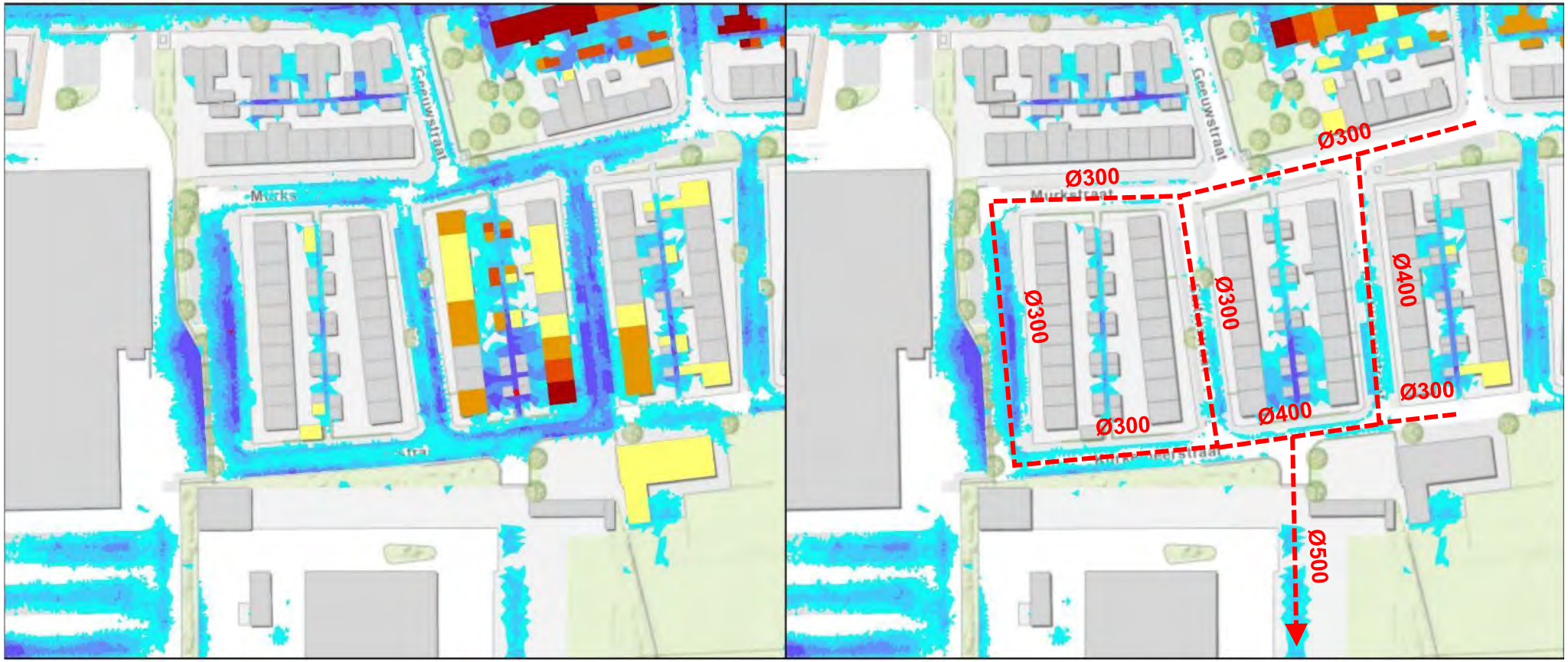
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Murkstraat

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur met afvoer naar watergang aan de zuidzijde. Het systeem is ontworpen o.b.v. standaardbui 09, daarnaast zijn enkele leidingen vergroot.

Effect:

- Het hemelwaterriool leidt tot een vermindering van het water-op-straat bij extreme buien, er treden geen knelpunten meer op vanuit de openbare ruimte (panden worden niet langer geraakt door water).

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Nieuw-Rapenburg

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag met een mogelijk risico voor de panden. Als de panden in detail bekeken worden, lijkt het risico op schade klein. De prioriteit van deze maatregel is daarom laag.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **HWA-riool** naar het oppervlaktewater, ontworpen o.b.v. standaardbui 09. **Effect:** Het effect van de maatregel is zichtbaar, maar beperkt.

Aandachtspunten:
- Er is uitgegaan van een hemelwaterriool dat in westelijke richting, via een tracé via een voetpad, kan afvoeren naar het oppervlaktewater. In de berekeningen is uitgegaan van een riool tot aan het Van Harinxmakanaal, in de praktijk kan in het laatste deel naar het zuiden ook een watergang worden toegepast.
- Een alternatief, een hemelwaterriool dat afvoert in noordoostelijke richting via de Hempenserweg naar het oppervlaktewater wordt niet kansrijk geacht.
- Het afvoeren van water over het maaiveld is niet haalbaar.

Beoordeling effect:
- Afvoeren van water over maaiveld is niet haalbaar en een rioleringsmaatregel heeft een beperkt effect. Mogelijk leiden grotere leidingdiameters tot meer effect, maar een belangrijk aandachtspunt daarbij is de noodzaak van een maatregel op deze locatie. Er kan worden overwogen om de maatregel uit te stellen en uit te voeren bij rioolvervanging in de toekomst en de diameterkeuze te laten afhangen van de beschikbare ruimte in de straat.

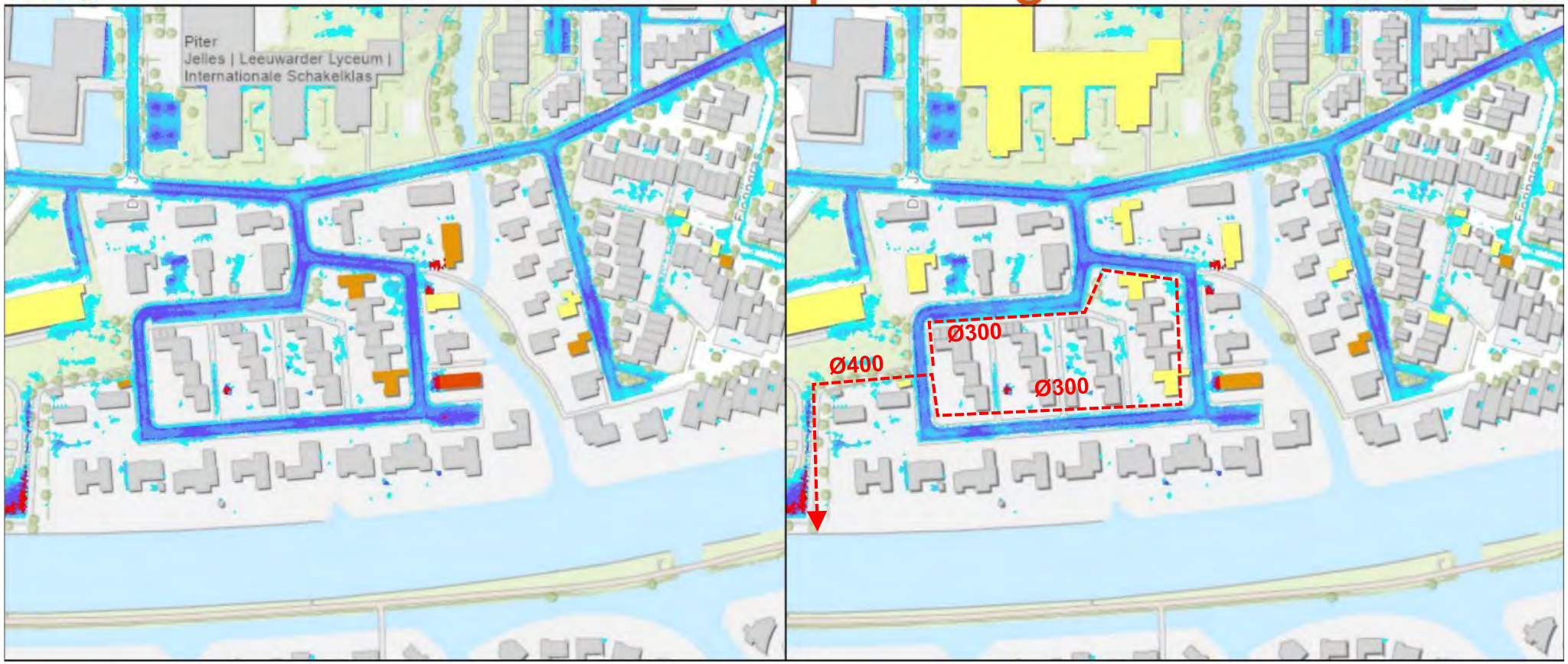
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Nieuw Rapenburg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur met afvoer naar watergang aan de zuidzijde, ontworpen o.b.v. standaardbui 09.

Effect:

- Het effect van de maatregel is zichtbaar, maar beperkt.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Oer de Feart

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:

- Water-op-straat bij extreme neerslag. Alleen bij een aantal garageboxen is er sprake van een risico op wateroverlast. De maatregel is onderzocht omdat er kansen liggen in relatief kleinschalige maatregelen op maaiveldniveau.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:

- **Maaiveldaanpassing** op twee plaatsen waardoor water over het maaiveld naar het oppervlaktewater kan stromen. **Effect:** Het effect van deze maatregel is groot.

Beoordeling effect:

- De maatregel heeft voldoende effect. Er is uitgegaan van een maaiveldaanpassing aan zowel de noordwestzijde als de noordoostzijde van de straat. Omdat het daadwerkelijke knelpunt alleen aan de noordoostzijde bestaat (garageboxen), mag worden aangenomen dat een maaiveldaanpassing op alleen deze locatie ook voldoende effectief is. Door op beide locaties maatregelen te treffen wordt echter ook aanzienlijk minder water-op-straat berekend op de rijbaan.

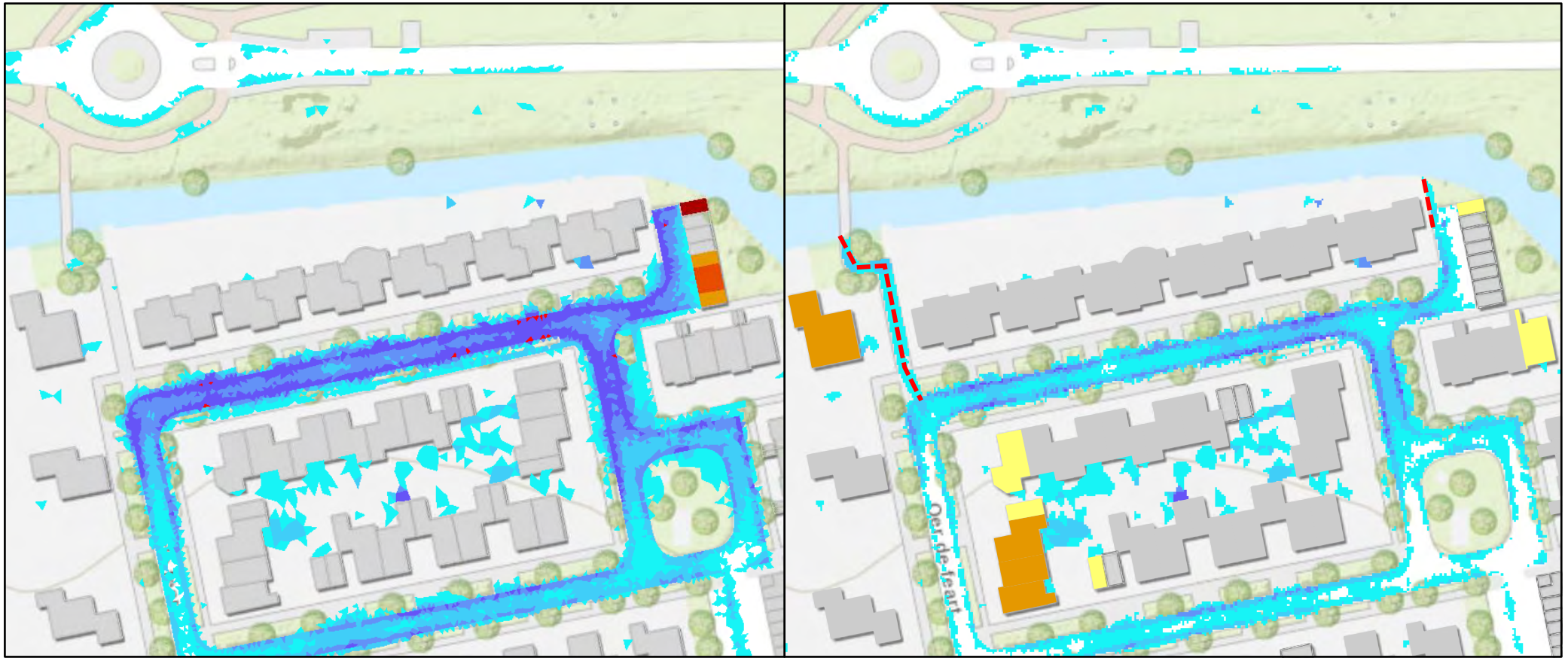
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Oer de Feart

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing op twee locaties (zie rode markering). Aan de westzijde is uitgegaan van een afschot van de weg naar het oppervlaktewater van in totaal 30 cm, aan de oostzijde van 25 cm.

Effect:

- Het effect van de maatregel is aanzienlijk. Water kan over het maaiveld wegstromen naar het oppervlaktewater. Hierdoor is er niet langer sprake van knelpunten.

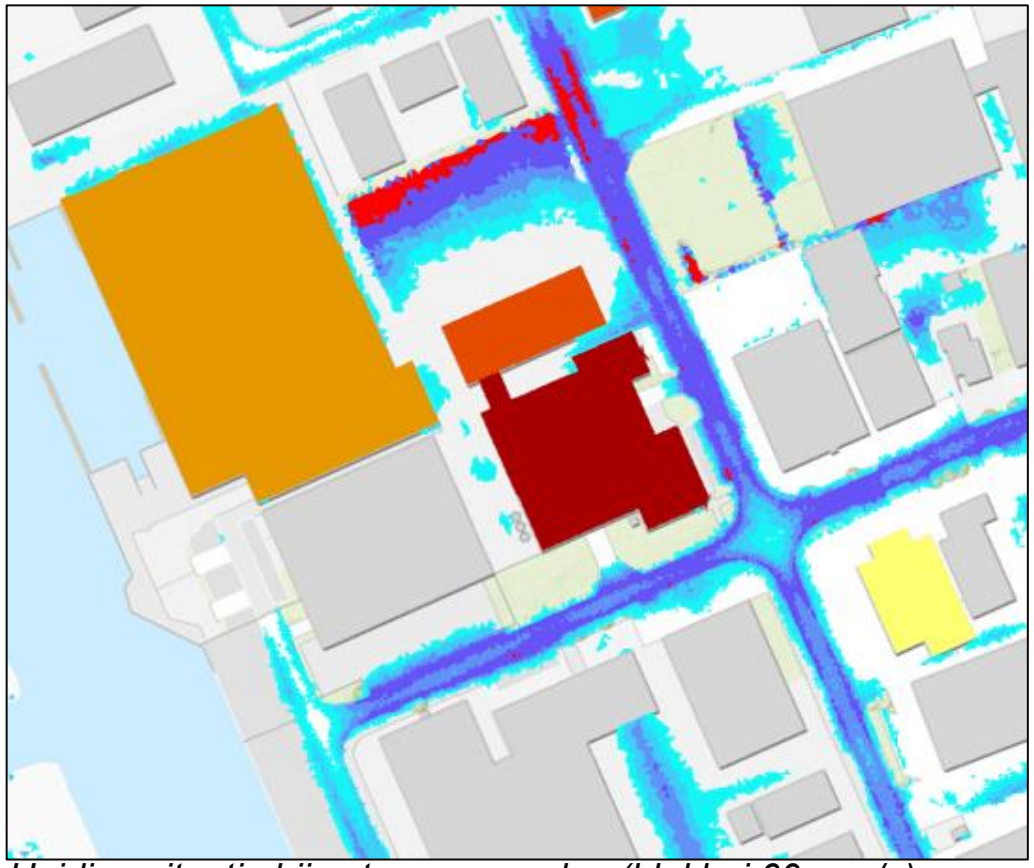
Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Plutoweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Grote hoeveelheid water-op-straat bij extreme neerslag.

Aandachtspunt:
- Mogelijk overschat het model de werkelijke situatie. Dit komt doordat de afwatering van terreinverharding op bedrijventerreinen niet in beeld is. In het model stroomt water over het terrein af, mogelijk ook naar de straat, terwijl dit water in werkelijk mogelijk anders afstroomt. Hierdoor kan ook water op de wegen in het model overschat worden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Hemelwaterriool** in de Neptunusweg en Plutoweg. **Effect:** Er is sprake van enige verbetering, maar doordat het knelpunt in een laagte ligt en er veel water uit de omgeving tot afstroming komt, is het effect beperkt. Bij zowel een HWA-systeem dat is ontworpen op bui 09 als bui 10 is het effect vergelijkbaar en beperkt.
- **Maaiveldaanpassing** over de Neptunusweg en Plutoweg. **Effect:** Water stroomt naar het knelpunt toe, waardoor de situatie verslechtert.

Beoordeling effect:
- Een maaiveldaanpassing lost het knelpunt niet op. Daarvoor is de afstand tot het oppervlaktewater te groot. Een hemelwaterriool biedt meer kansen, maar een ontwerp o.b.v. bui 09 of bui 10 is te klein om bij extreme buien voldoende effect te bereiken.
- Er kan ook worden gekeken naar kansen in een andere afvoerstructuur (hwa-riool Adonisweg), of het direct afvoeren van terreinwater naar het oppervlaktewater.
- Er bestaan twijfels of de modelsituatie overeenkomt met de werkelijke situatie. Als verharding van bedrijventerreinen in de praktijk anders afvoert dan naar de weg of het riool, bijvoorbeeld naar het oppervlaktewater, dan is de werkelijke situatie minder ernstig dan wordt berekend wordt in het model. Een HWA-riool is dan in de praktijk (aanzienlijk) effectiever dan met het model wordt berekend.

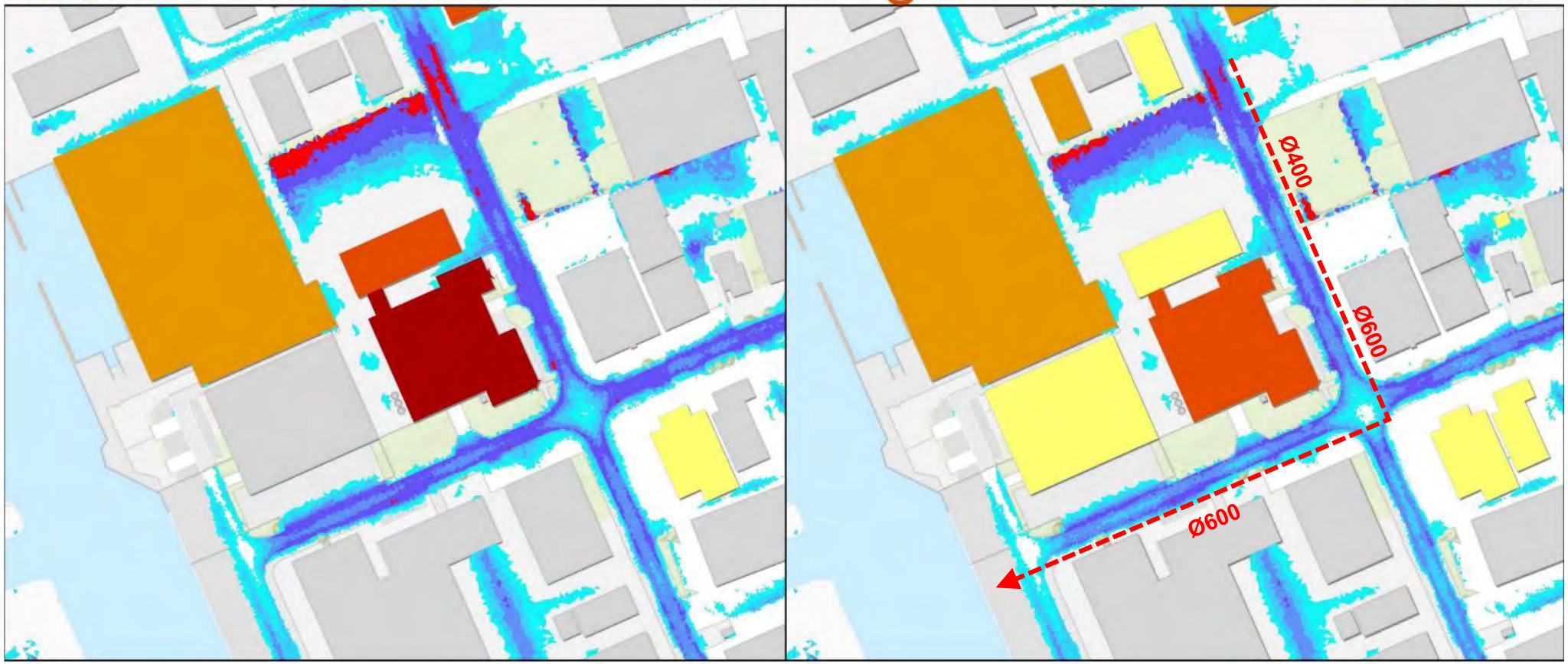
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Plutoweg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur (ontworpen o.b.v. bui 09) met afvoer naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Het effect van de maatregel is zichtbaar maar klein. Er is sprake van veel water-op-straat en veel verharding, terwijl de knelpuntlocatie in een laagte ligt. Hierdoor blijft er, ondanks de aanleg van een hemelwaterriool, bij extreme buien water naar de overlastlocatie stromen.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

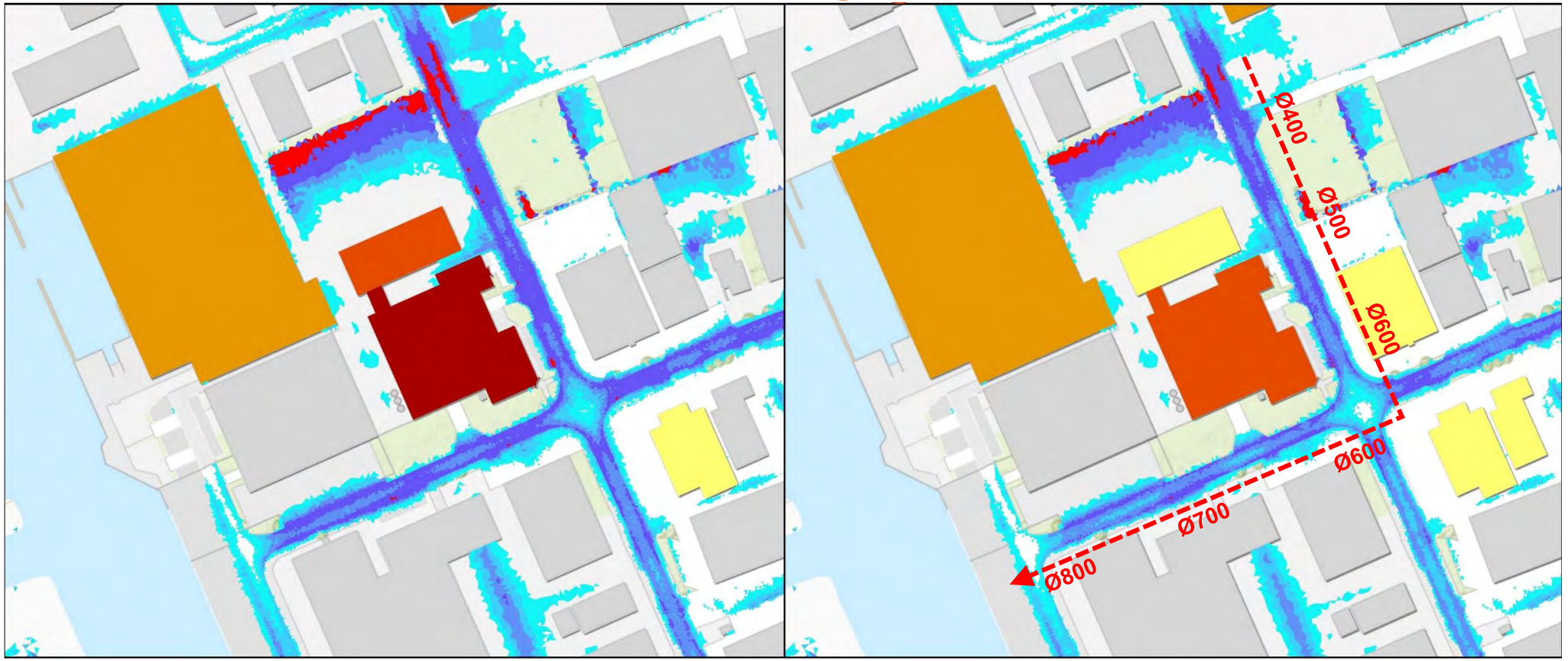
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Plutoweg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur (ontworpen o.b.v. bui 10) met afvoer naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Het verschil met de eerder ontworpen maatregel o.b.v. bui 09 is verwaarloosbaar.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

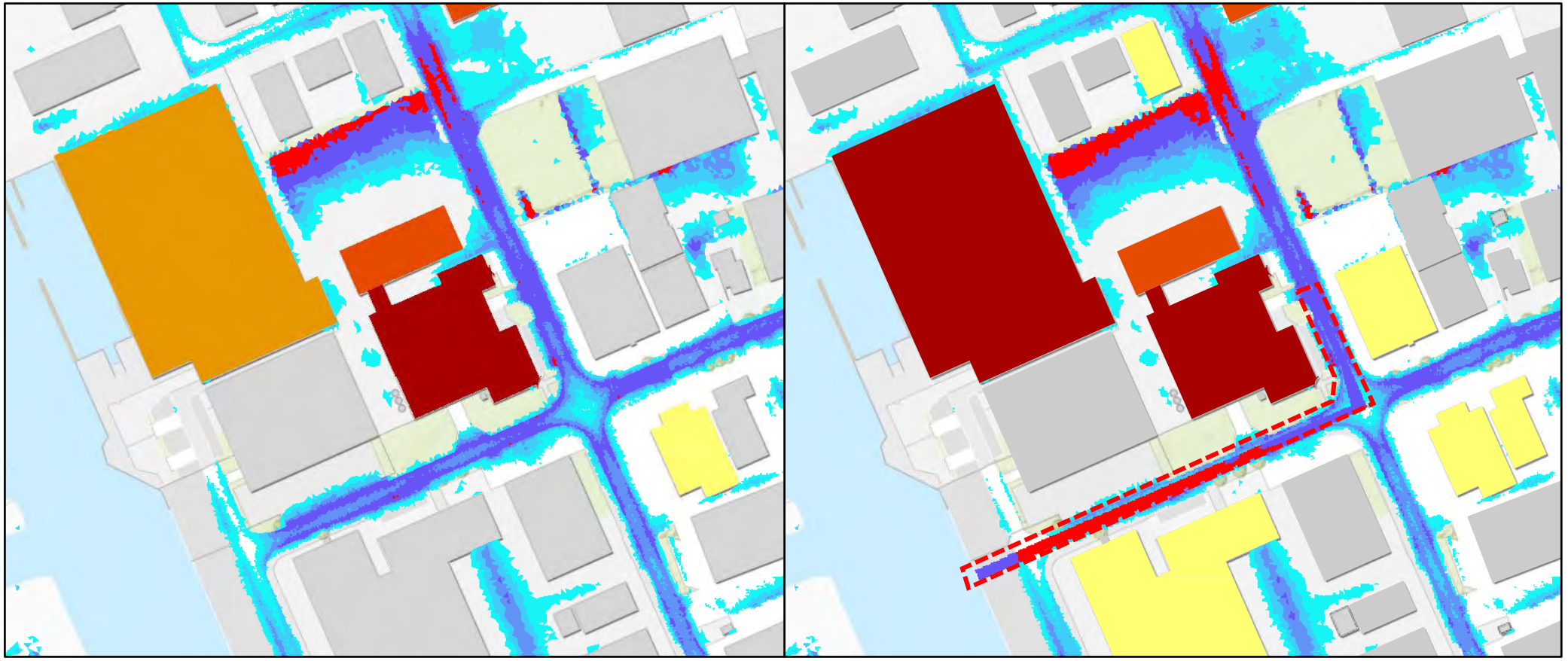
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Plutoweg

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing in de Neptunusweg en de Plutoweg, zie de rode markering. In totaal is er uitgegaan van een afschot van 25 cm tot aan het oppervlaktewater. Dit wordt als maximaal haalbaar geacht i.v.m. inpasbaarheid.

Effect:

- De maatregel leidt er toe dat water niet vanaf de knelpuntlocatie afstroomt naar het oppervlaktewater, maar dat er meer water uit de omgeving naar de knelputlocatie stroomt (de locatie ligt in een laagte). Hierdoor neemt de overlast toe.

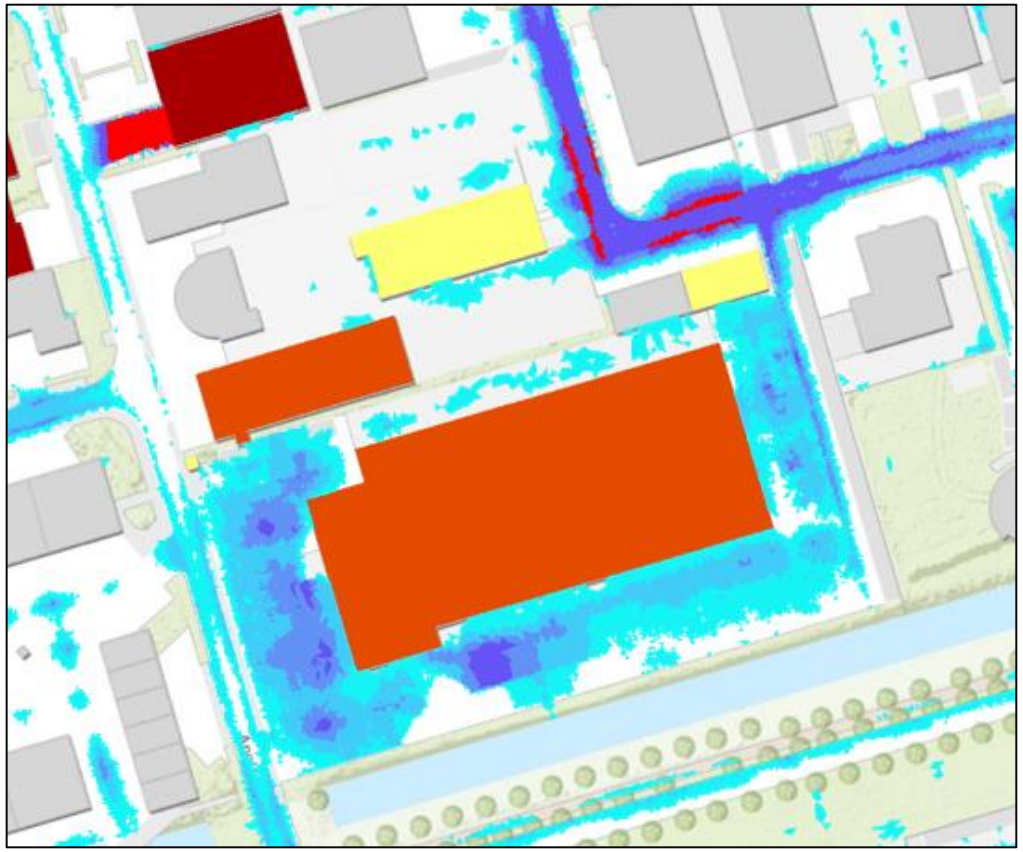
Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Polluxweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Er is sprake van een aanzienlijke hoeveelheid water-op-straat.

Aandachtspunten:
- Mogelijk overschat het model de werkelijke situatie. Dit komt doordat de afwatering van terreinverharding op bedrijventerreinen niet in beeld is. In het model stroomt water over het terrein af, mogelijk ook naar de straat, terwijl dit water in werkelijk mogelijk anders afstroomt. Hierdoor kan ook water op de wegen in het model overschat worden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Hemelwaterriool** naar het oppervlaktewater. **Effect:** Een HWA-riool met diameter rond 400 mm heeft beperkt effect, een groter riool (rond 500 mm) iets meer, maar het effect blijft beperkt. Het effect is wel voldoende om water-op-straat met een diepte >30 cm te voorkomen.

Beoordeling effect:
- Er blijft sprake van veel water-op-straat als een hemelwaterriool wordt toegepast. Een groter riool heeft vooralsnog beperkte meerwaarde.
- Door onzekerheid in het modelresultaat (het model overschat de werkelijke situatie) moet er rekening worden gehouden met overschatting van de werkelijke situatie in het model. Het ligt daarom niet voor de hand om per definitie een groter HWA-riool aan te leggen.

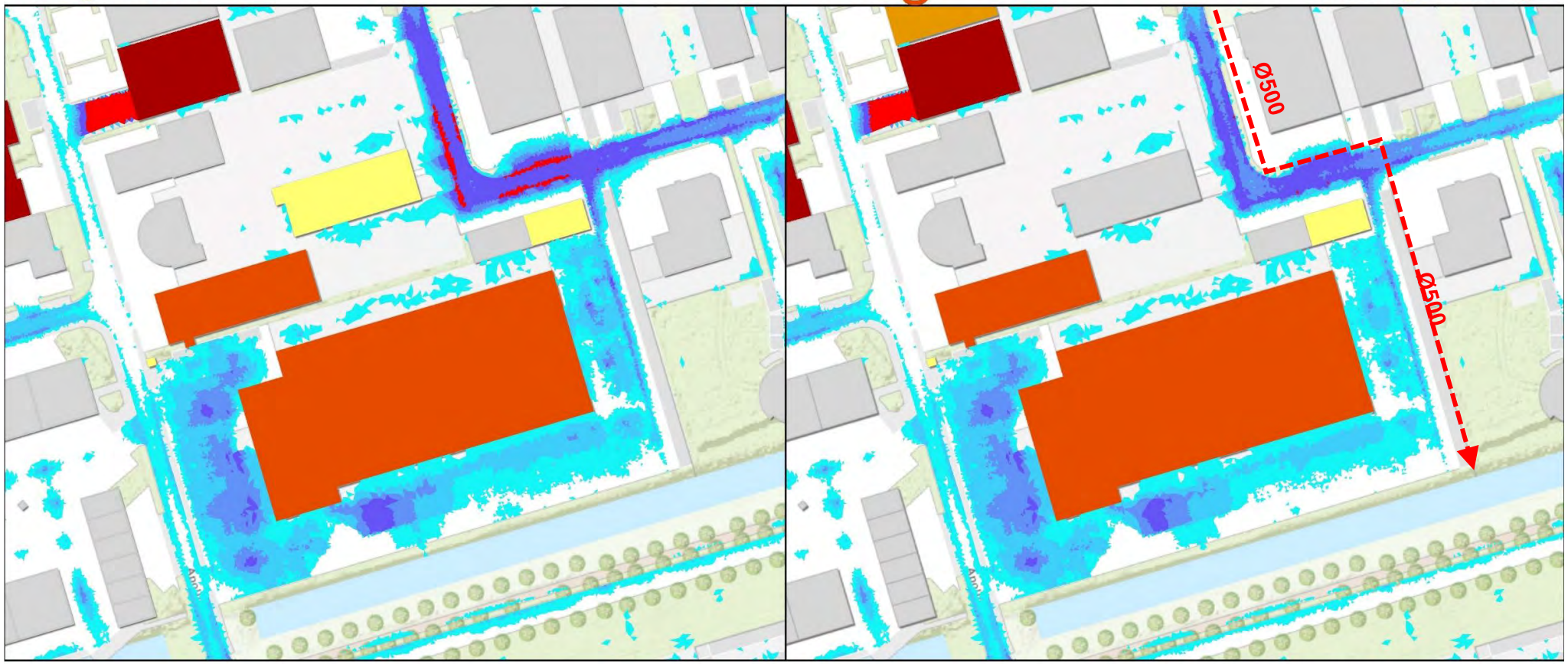
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Polluxweg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur met diameter rond 500 mm (o.b.v. bui 09 is een riool 400 mm ontworpen, i.v.m. beperkt effect is ervoor gekozen om een riool rond 500 mm toe te passen). De ligging is gemarkeerd in de figuur, zie de rode arcering (de arcering is naast de weg getekend, zodat het rekenresultaat beter zichtbaar is).

Effect:

- Het effect van de maatregel is beperkt, er is wel sprake van verbetering, ook t.o.v. een hwa-riool rond 400 mm.

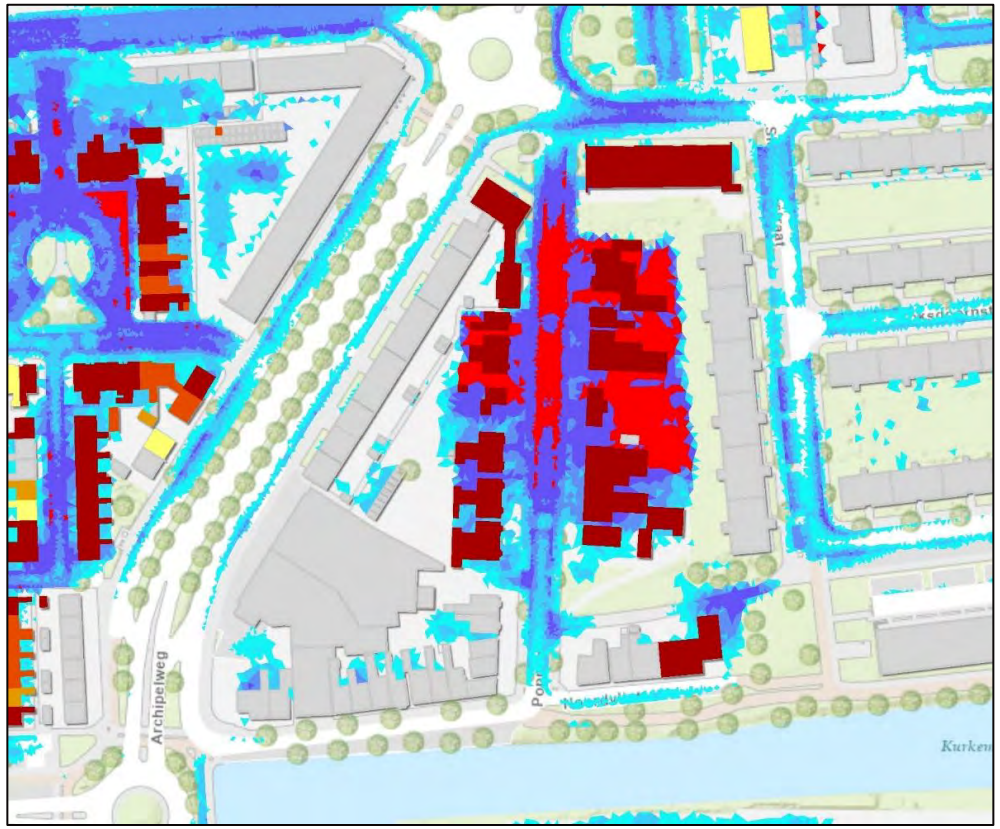
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Poppeweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt: Een aanzienlijke hoeveelheid water op het maaiveld bij extreme buien met een groot risico op wateroverlast en schade. De woningen liggen in een laagte en er stroomt veel water uit de omgeving naar de knelpuntlocatie.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:

- **Hemelwaterriool:** Om overlast te voorkomen moet water worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Door de lage ligging is een HWA-riool de enige oplossing. De ruimte voor de aanleg ervan is echter beperkt. Indien de diameter voldoende groot wordt aangelegd, is het effect ook groot. Hierbij moet worden gedacht aan een leiding rond 600 mm, en aan de zuidzijde een diameter rond 800 mm. Daarbij moet nader worden vastgesteld of er voldoende ruimte is voor een dergelijk riool.

Beoordeling effect:

- Het effect van een hemelwaterriool is groot en de enige maatregel die ook effectief wordt geacht.

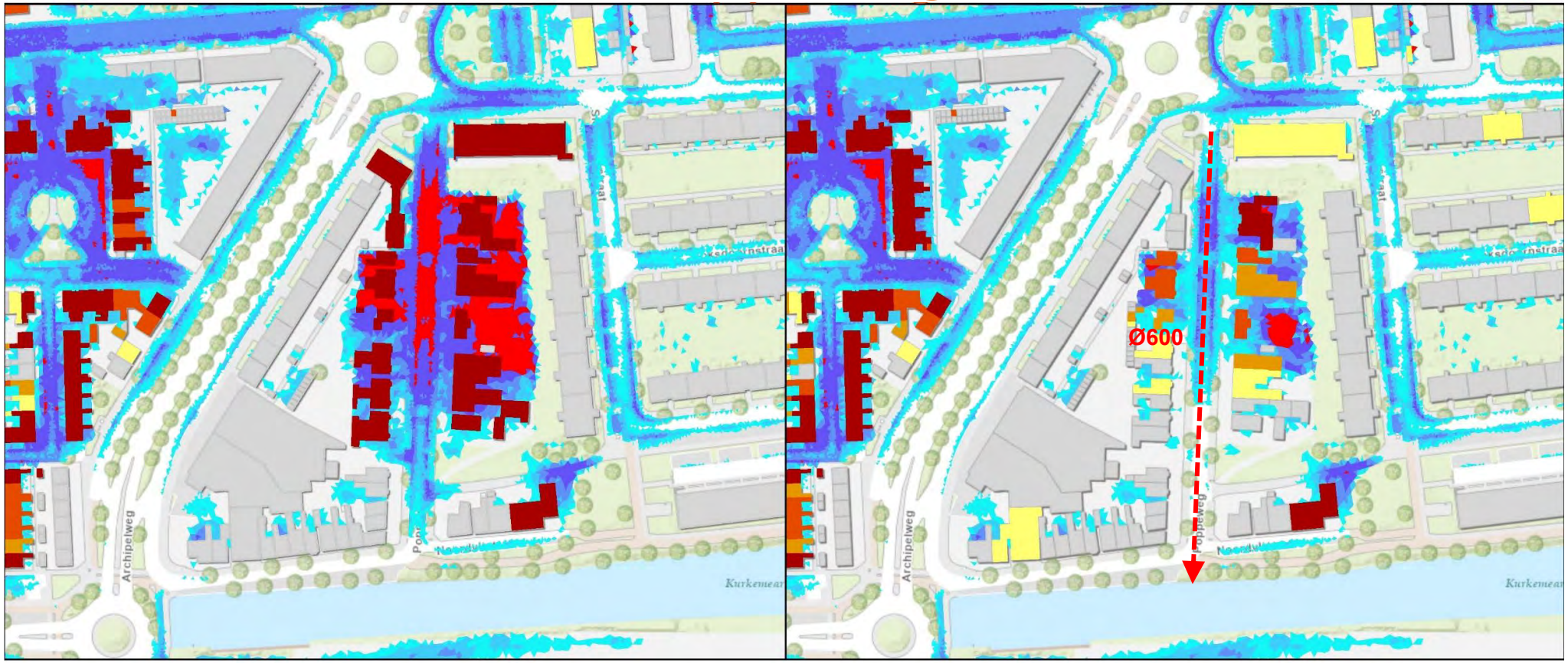
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Poppeweg

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- HWA-riool rond 600 mm in de Poppeweg naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Er is nogsteeds sprake van water-op-straat. Vastgesteld moet worden of verdere vergroting haalbaar en gewenst is. Hiervoor moet het meest zuidelijke deel van de leiding worden vergroot naar rond 800 mm.
- Een aandachtspunt is dat er binnen het knelpuntgebied driemaal zoveel kolken aangelegd moeten worden als dat gebruikelijk is.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Scheltemastate

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Grote hoeveelheden water-op-straat bij extreme neerslag.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **Maaiveldaanpassing** bij het fietspad aan de oostzijde van de straat, zodat water over het maaiveld naar het oppervlaktewater kan stromen. **Effect:** Het effect van deze maatregel is groot.
- **HWA-riool:** HWA-riool naar het oppervlaktewater aan de noordzijde van het gebied. **Effect:** Het effect van deze maatregel is groter dan van een maaiveldmaatregel.

Beoordeling effect:
- De situatie verbetert aanzienlijk door de maatregel en is voldoende effectief. Er blijft sprake van water-op-straat, maar bij extreme buien is dit acceptabel.
- Er is twijfel of de maatregel uitvoerbaar is (maaiveldaanpassing t.p.v. waterkering). De rioleringsmaatregel (HWA-riool) wordt wel uitvoerbaar geacht en is effectief.

De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Scheltemastate

Maaiveldmaatregel

Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing aan het fietspad aan de oostzijde van de straat. Bij de markering met ‘A’ en ‘B’ wordt er aangesloten aan het bestaande maaiveld (ongeveer NAP 0,00 m). Bij C is uitgegaan van een hoogte van NAP -0,25 m. Bij D kan water afstromen naar het oppervlaktewater en is uitgegaan van een hoogte van NAP -0,50 m. Dit is een aanzienlijk afschot, maar omdat er ook naast het fietspad ruimte is in een grasstrook voor een ‘stroomprofiel’, is ingeschat dat dit haalbaar is. Het profiel kan aan de westzijde van de brug uitstromen in het oppervlaktewater.

Effect:

- Het effect van de maatregel is groot en het water-op-straat neemt aanzienlijk af.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Scheltemastate

Rioleringsmaatregel

Maatregelen:

- Hemelwaterriool (diameter rond 400 en rond 500 mm) naar het oppervlaktewater. Zie de rode markering in de figuur.

Effect:

- Het effect van de maatregel is groot en het water-op-straat verdwijnt grotendeels.

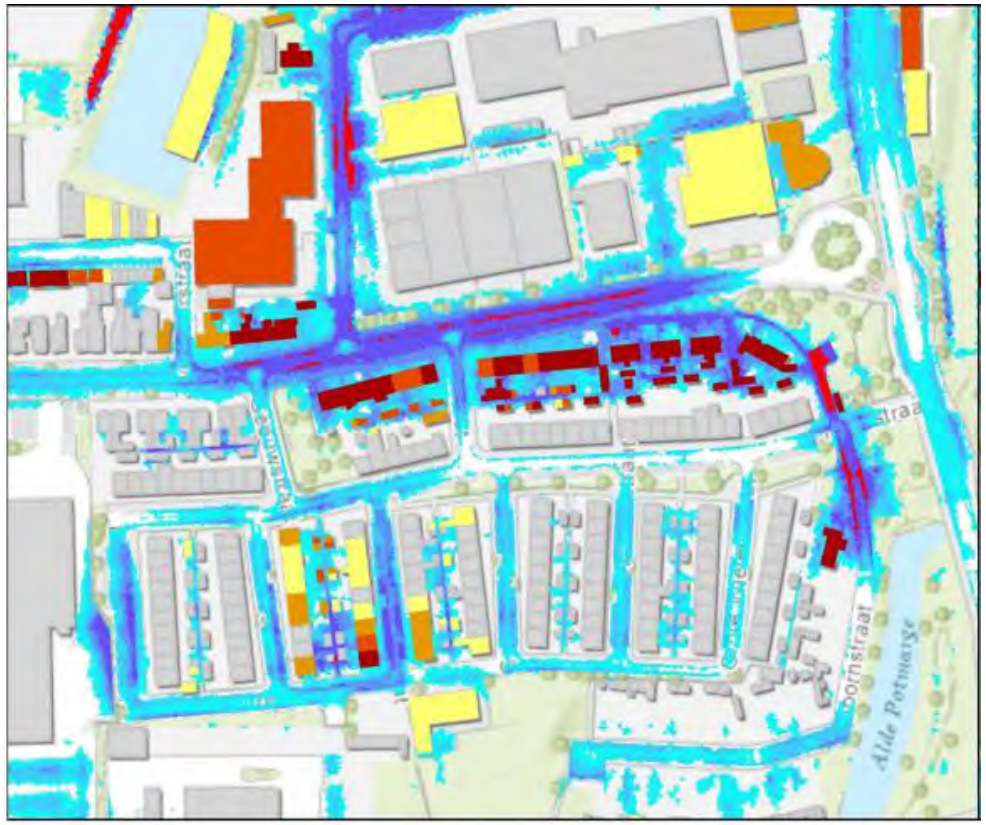
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Tijnjedijk



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:

- Water-op-straat en water tegen panden. Het gebied ligt laag ten opzichte van de omgeving waardoor veel water naar het gebied toestroomt. Om overlast te voorkomen moet dit water worden afgevoerd.

Aandachtspunten:

- In het model is niet uitgegaan van het polderpeil bij de uitstroompunten van de riolering. In het doorgerekende scenario (zie de volgende sheet) is dit wel gedaan. Hieruit blijkt dat er in de huidige situatie sprake is van iets minder water-op-straat dan eerder verwacht, maar dat er nogsteeds sprake is van grote knelpunten. Het beoogde hemelwaterriool wordt daarom alsnog getoetst.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:

- **Hemelwaterriool** in de Tijnjedyk welke afvoert naar een bestaande uitstroomleiding in de Langdeelstraat. **Effect:** Door de maatregel wordt het gebied ontlast, maar het effect is beperkt.
- **Hemelwaterriool** in de Tijnjedyk welke afvoert naar een watergang, oostelijk van het gebied bij de Sportvelden. **Effect:** Het effect van deze maatregel is aanzienlijk, er blijft echter sprake van een risico bij enkele panden.

Beoordeling effect:

- Het effect van de HWA-leiding richting de bestaande overstort is te beperkt. Het effect van het riool richting de watergang oostelijk van het gebied wordt gezien als het maximaal haalbare, ondanks dat er bij enkele panden sprake blijft van een restrisico.

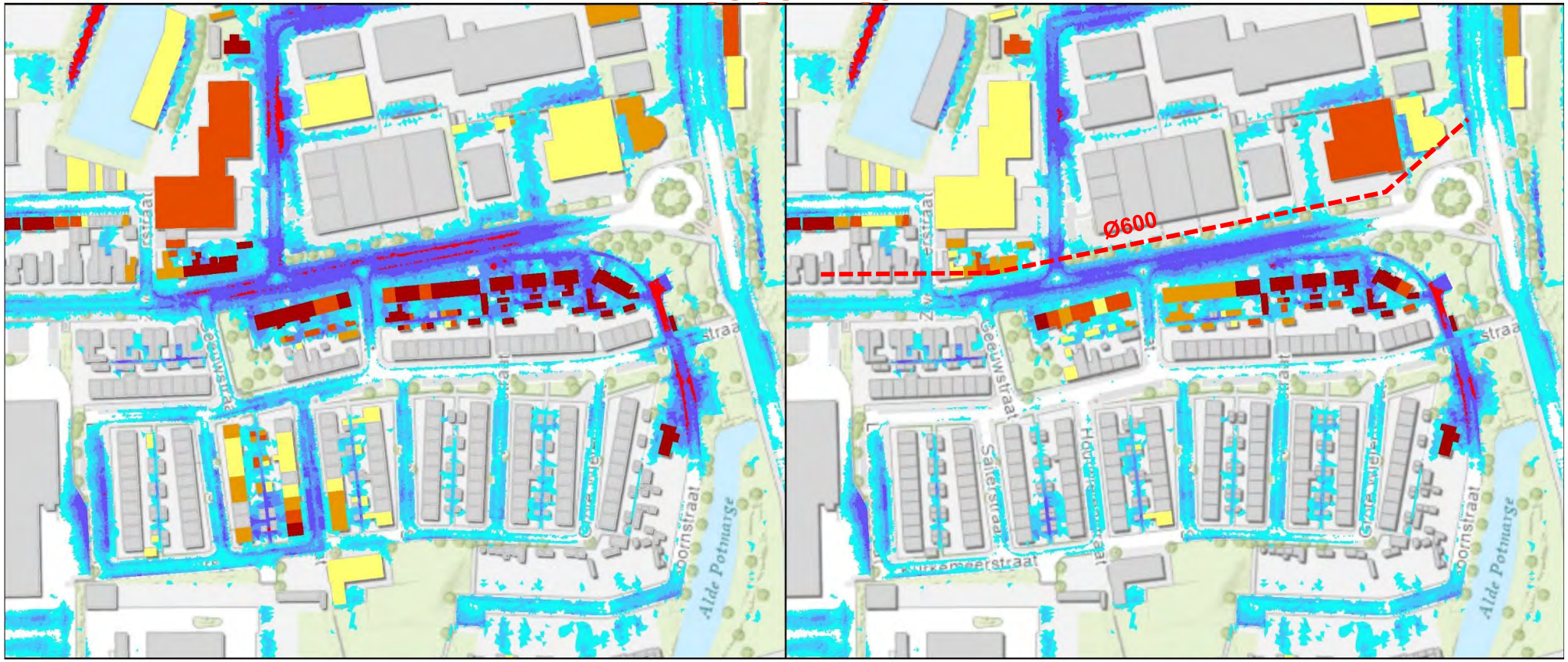
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Tijnjedijk

Rioleringsmaatregel



Maatregelen en effect:

Het effect van een hwa-riool rond 600 mm is weergegeven, aangesloten op de uitstroomleiding achter de gemengde overstort.

Er is sprake van verbetering, maar dit is te beperkt.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

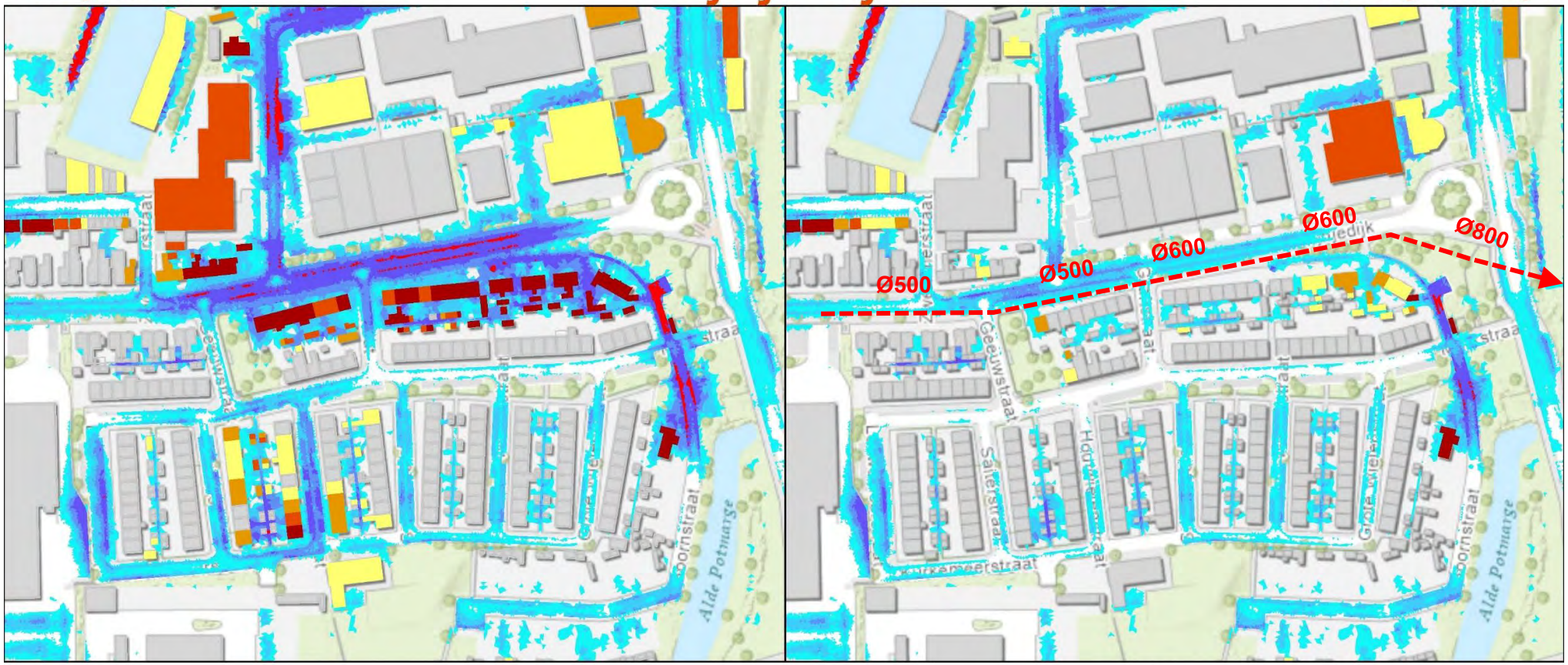
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Tijnjedijk

Rioleringsmaatregel



Maatregelen en effect:

HWA-riool dat uitstroomt naar de watergang oostelijk, via de sportvelden. Het laatste deel van dit riool heeft een diameter rond 800 mm omdat een kleinere diameter onvoldoende effect heeft.

Er is sprake van verbetering t.o.v. eerder berekende varianten. Er blijft sprake van een risico, maar dit effect wordt gezien als het maximaal haalbare.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Tylkedam

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water tegen de panden vanuit de openbare ruimte.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- De ingreep bestaat uit een **combinatie** van maatregelen:
  - Aanleg van een **watergang** in het grasveld ten oosten van de weg met een **overloop** in zuidelijke richting naar aanwezige vijverpartijen.
  - **Aanpassing van het maaiveld** in de straat Tylkedam, zodat water over maaiveld kan afstromen naar de vijver.
- **Effect:** Het effect van de maatregel is groot.

Aandachtspunten:
- Het effect van een waterbergingsruimte i.p.v. een waterlichaam is ook onderzocht, maar hierin blijkt te weinig bergingsruimte aanwezig te zijn waardoor het effect te klein is.

Beoordeling effect:
- Het effect wordt gezien als voldoende. Door de hoogteligging van de weg in zuidelijke richting, tot aan de bocht, te wijzigen zodat maaiveld ook vanaf hier naar watergang kan stromen, kan meer effect worden verkregen dan met de uitgevoerde modelberekeningen is bereikt.

De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Tylkedam

Maaiveldmaatregel

Maatregelen:

- Aanleg vijver (rode vlak).
- Overloopconstructie met een duiker richting vijvers ten zuiden van de Dammelaan.
- Aanpassing maaiveld van de weg, zodat water vanaf de weg kan afstromen naar de vijver (voor de berekening is het groen gestippelde gebied aangepast).

Effect:

- Het effect van de maatregel is groot en overlast is hierdoor te voorkomen.

Waterhoogte tegen pand (cm)

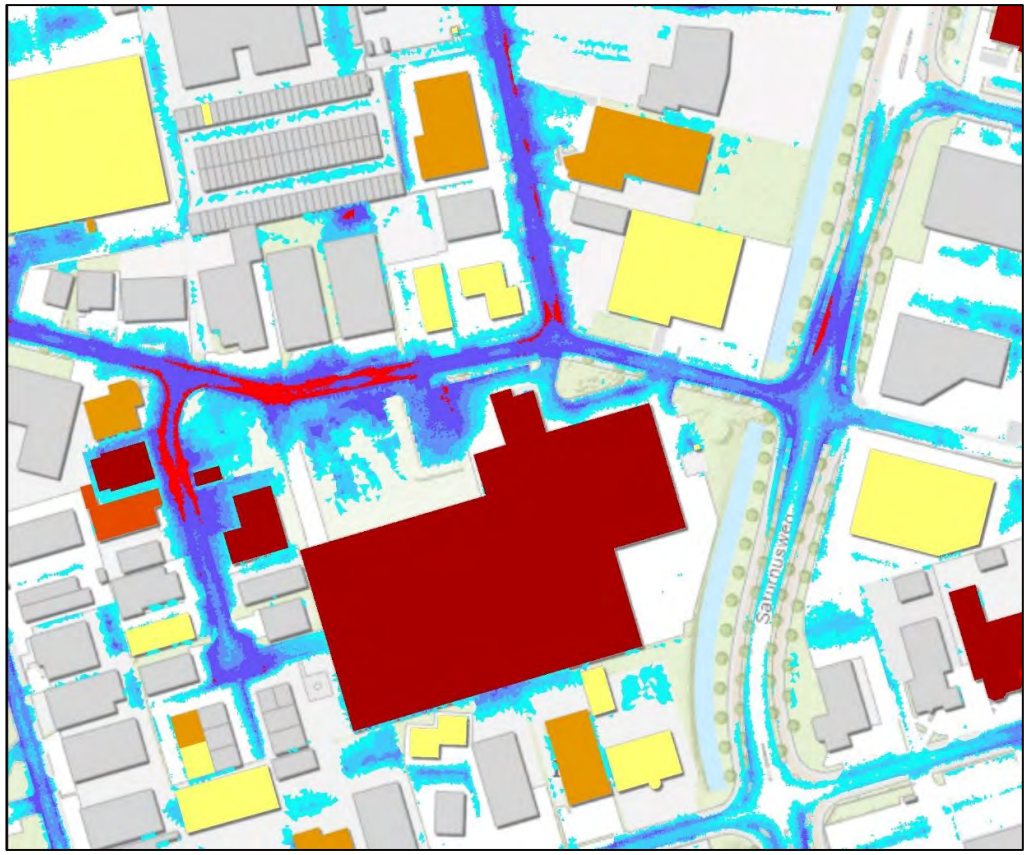
- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

10 - 15

Uranusweg-Oost



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water tegen diverse panden en op delen van de weg >0,30 m water.

Aandachtspunten:
- Mogelijk overschat het model de werkelijke situatie. Dit komt doordat de afwatering van terreinverharding op bedrijventerreinen niet in beeld is. In het model stroomt water over het terrein af, mogelijk ook naar de straat, terwijl dit water in werkelijk mogelijk anders afstroomt. Hierdoor kan ook water op de wegen in het model overschat worden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **HWA-riool** naar het oppervlaktewater, gedimensioneerd o.b.v. standaardbui 09 en bui 10. **Effect:** Bij een systeem op basis van bui 09 is het effect duidelijk zichtbaar over het gehele gebied, maar er blijft sprake van >30 cm water-op-straat. Bij een ontwerp o.b.v. bui 10 is het effect groter, er is sprake van minder wegoppervlak waar de waterdiepte groter is dan 30 cm.
- **Maaiveldaanpassing** zodat water over het maaiveld naar het oppervlaktewater kan afstromen. **Effect:** Het effect beperkt zich vooral tot vlakbij het uitstroompunt naar het oppervlaktewater en is beperkt.

Beoordeling effect:
- Door de grote waterhoeveelheden en laagte in het maaiveld leidt een maaiveldaanpassing wel tot verbetering, maar niet tot uiteindelijke benodigde effect. Het effect van het getoetste HWA-riool is aanzienlijk groter. De bestaande riolering is van het jaar 1979. Overwogen kan worden om voor de komende jaren (bijvoorbeeld tot 2040/2050) een maaiveldaanpassing door te voeren (deze kosten zijn relatief laag) en daarna bij rioolvervanging een hemelwaterriool aan te leggen.

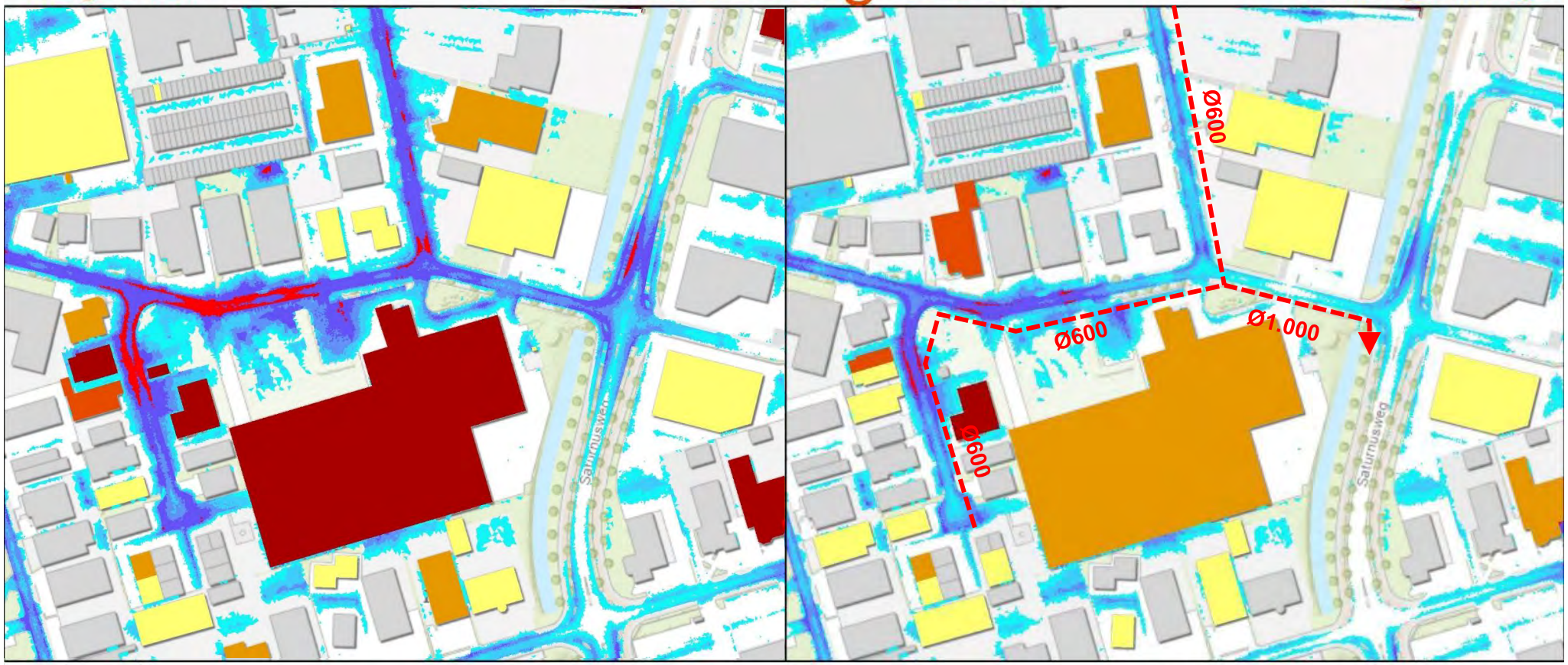
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Uranusweg-oost

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterriool (ontworpen o.b.v. standaardbui 09) met afvoer naar watergang aan de oostzijde van het gebied.

Effect:

- Het effect van de maatregel is aanwezig maar niet voldoende om te voorkomen dat veel water op straat blijft staan. Het effect is zichtbaar over een groter gebied: overal verbetert de situatie enigszins.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

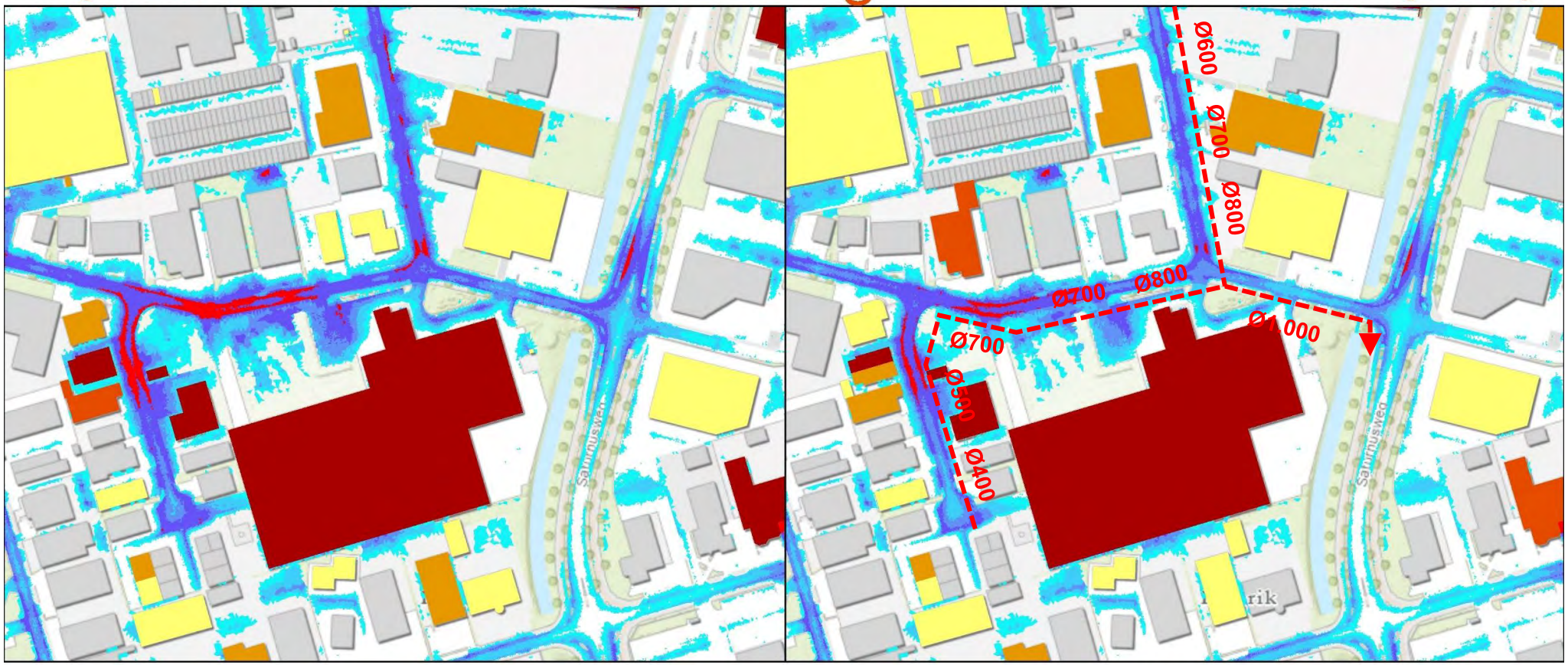
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Uranusweg-oost

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur (ontworpen o.b.v. bui 10) met afvoer naar het oppervlaktewater.

Effect:

- Het verschil met de eerder ontworpen maatregel o.b.v. bui 09 is beperkt, er is echter sprake van nadrukkelijk minder wegoppervlak waar de waterdiepte groter is dan 30 cm.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

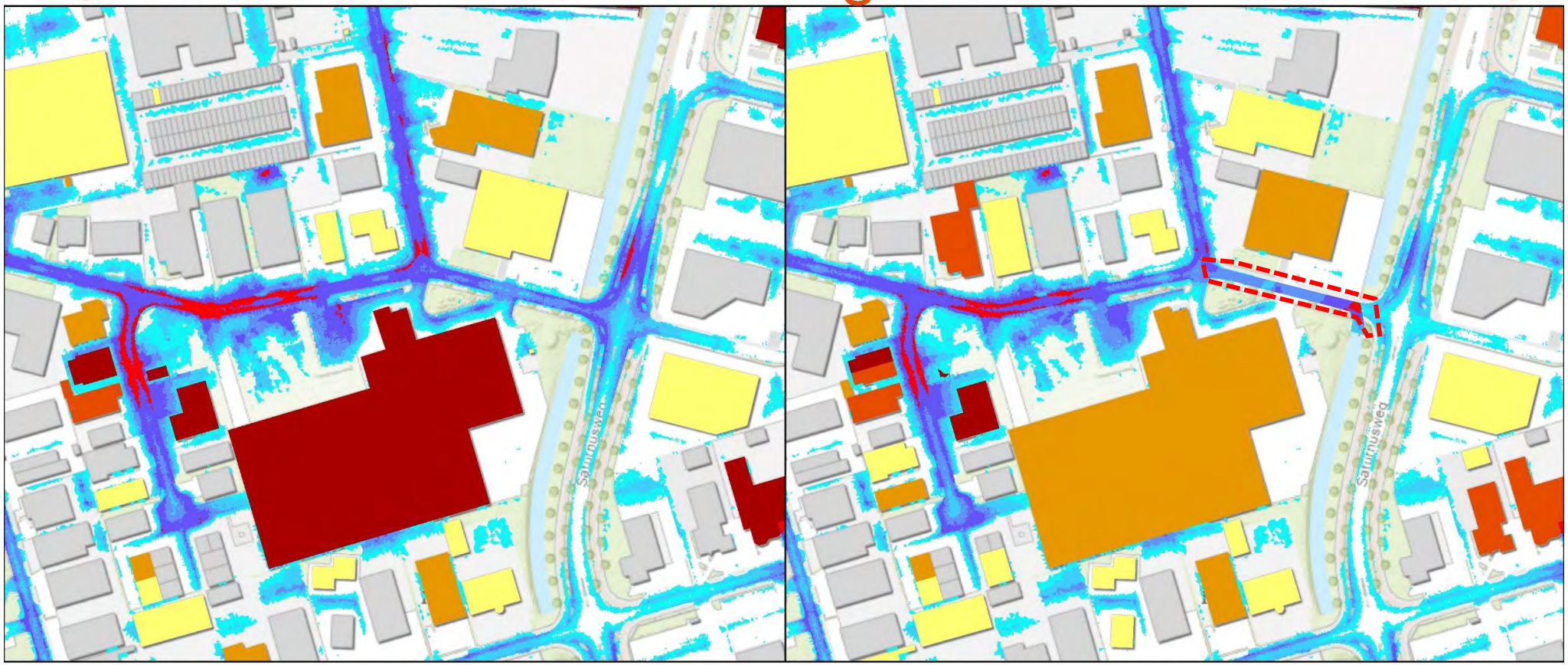
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Uranusweg-oost

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Aanpassing van het maaiveld (zie de rood gearceerd conrour) zodat water afstroomt naar het oppervlaktewater. Aan de westzijde van de aanpassing wordt aangesloten op het bestaande maaiveld, het afschot naar het oppervlaktewater bedraagt ongeveer 25 cm.

Effect:

- Het effect is beperkt en met name zichtbaar vlakbij het oppervlaktewater. Verderop in de straat niet. Hierbij speelt mee dat ten westen van de aanpassing het maaiveld lager ligt. Door de maaiveldaanpassing op dit punt te laten beginnen, zouden vergaande aanpassingen aan de openbare ruimte noodzakelijk zijn. Ingeschat is dat dit in de praktijk niet uitvoerbaar is.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Verzetsstraat

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water-op-straat bij extreme neerslag met een risico op schade bij diverse panden. Het gebied ligt in een laagte.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- Hemelwaterriool dat afvoert naar het oppervlaktewater en een bestaande duiker. **Effect:** Het effect van de maatregel is groot, het water-op-straat verdwijnt bijna volledig.

Beoordeling effect:
- Het effect van de maatregel is voldoende.
- Er is nagegaan of afvoer van water over maaiveld mogelijk is, maar door de hoger liggende omgeving is dit niet haalbaar.

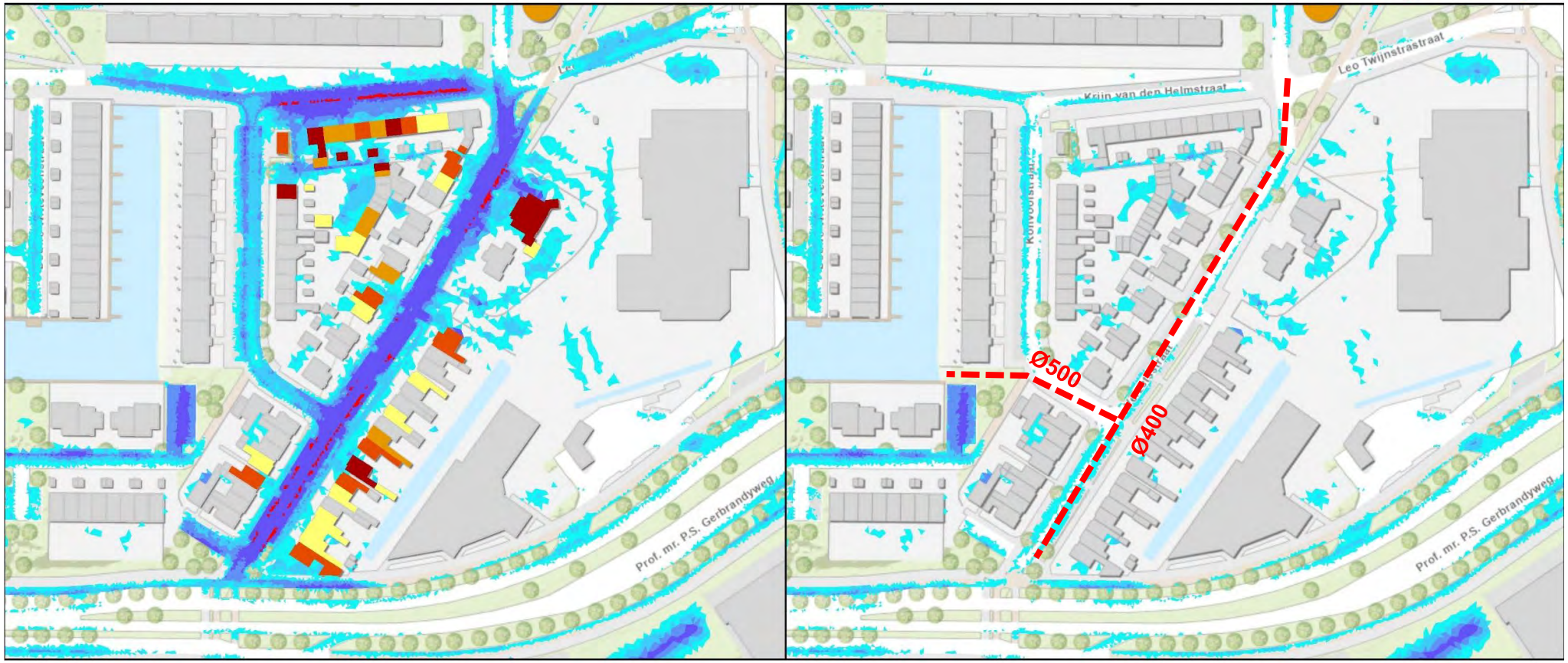
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Verzetsstraat

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- HWA-riool dat aan de westzijde uitstroomt naar het oppervlaktewater en aan de noordzijde aangesloten is op de bestaande duiker.

Effect:

- Het effect is voldoende, water-op-straat verdwijnt nagenoeg volledig.

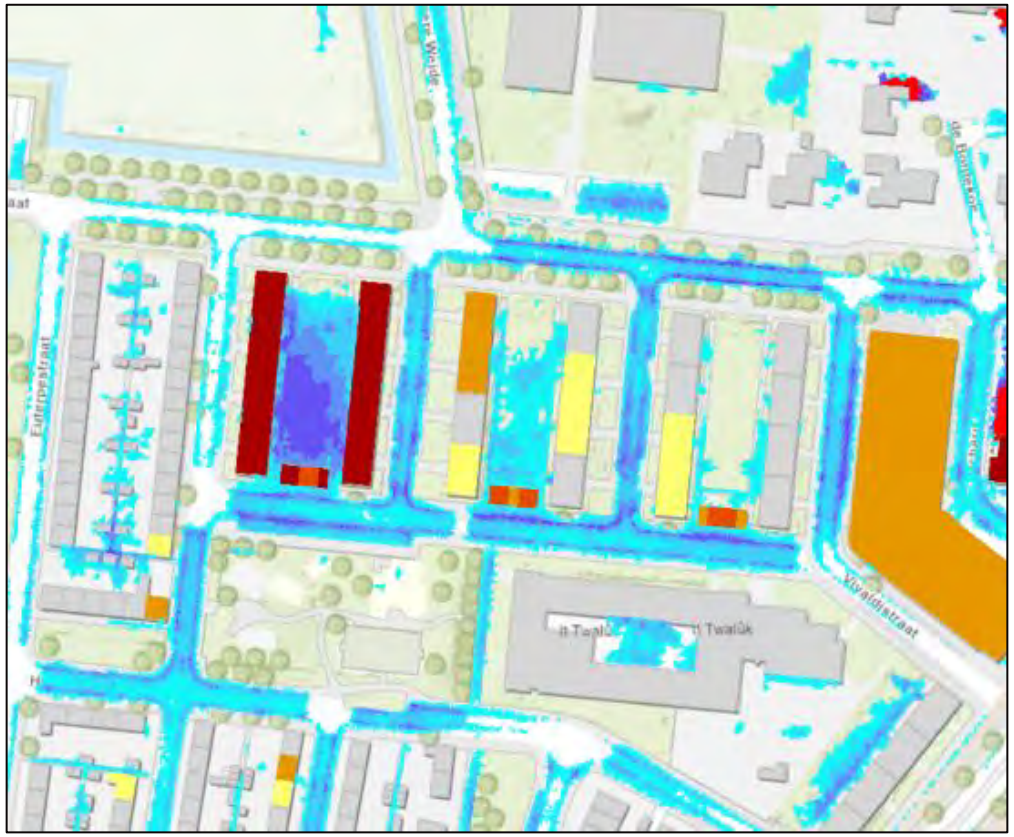
Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Vivaldistraat



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Water stroomt uit de openbare ruimte naar de binnentuin van appartementen. Hier zijn ingangen naar de appartementen aanwezig.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- Maaiveldaanpassing zodat water over het maaiveld naar het oppervlaktewater kan stromen. **Effect:** Het effect van de maatregel is groot en het knelpunt verdwijnt volledig.

Beoordeling effect:
- Het effect is voldoende en de maatregel is effectief en doelmatig.

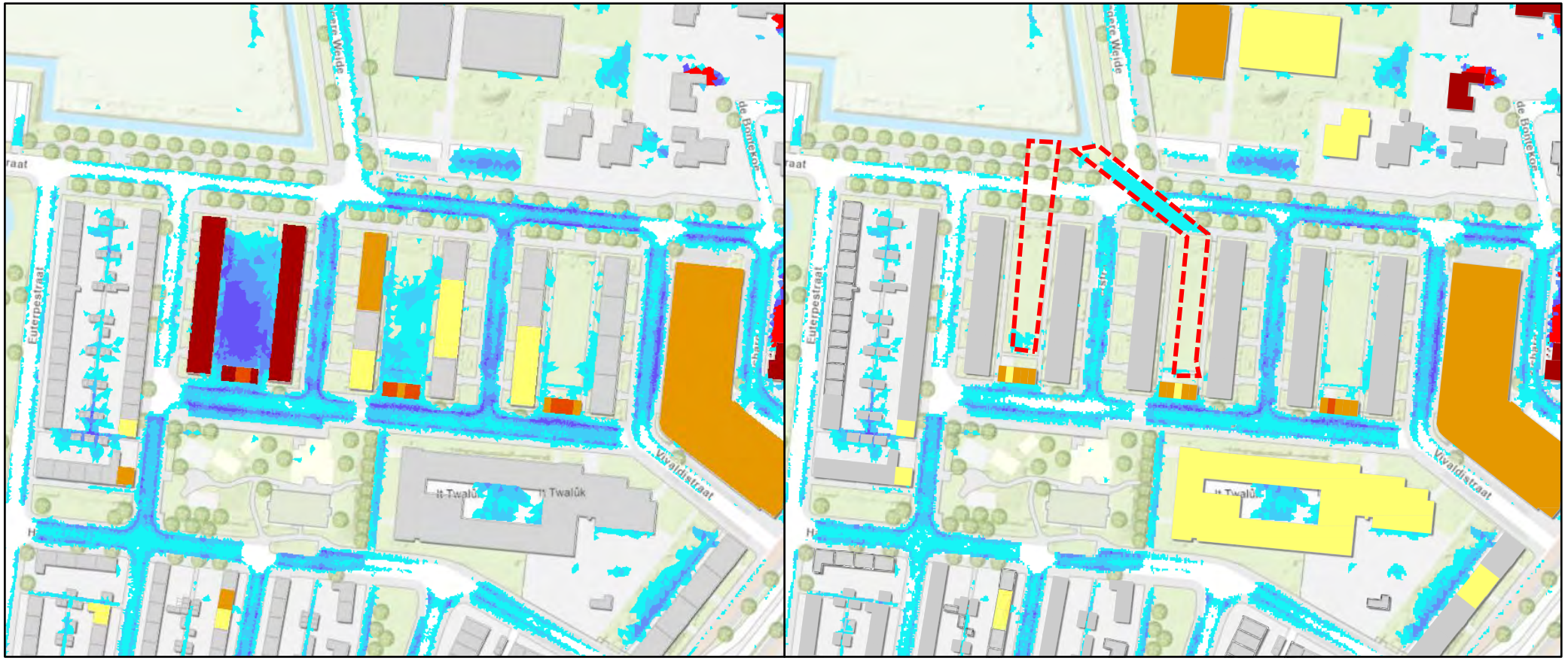
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Vivaldistraat

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldaanpassing zodat water onder afschot kan afstromen van de middenterreinen bij de flats naar de watergang (zie de rode arcering in de figuur). Hiervoor is uitgegaan van een afschot ongevere 30 cm richting de watergang.
- Een aandachtspunt is dat de weg gekruist wordt en ook moet worden aangepast zodat water de weg kan passeren.

Effect:

- Het effect van de maatregel is groot. Het knelpunt verdwijnt volledig.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Zenegroen

Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Veel water op straat, soms meer dan 30 cm en water staat tegen garages van panden.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- **HWA-riool** naar het oppervlaktewater. **Effect:** Het effect is beperkt.
- **Maaiveldaanpassingen** om water over maaiveld af te voeren en te bergen. **Effect:** Het effect is groot en de situatie verbetert aanzienlijk.

Beoordeling effect:
- Een maaiveldaanpassing heeft een groter effect dan de aanleg van een hwa-riool. Bovendien zijn de kosten van een maaiveldaanpassing lager. Deze maatregel wordt daarom als doelmatig gezien.

De gemeente maakt nog een afweging tussen de maatregelen. Hiervoor wordt eerst nader bekeken of het verlagen van de speeltuin daadwerkelijk uitvoerbaar is.

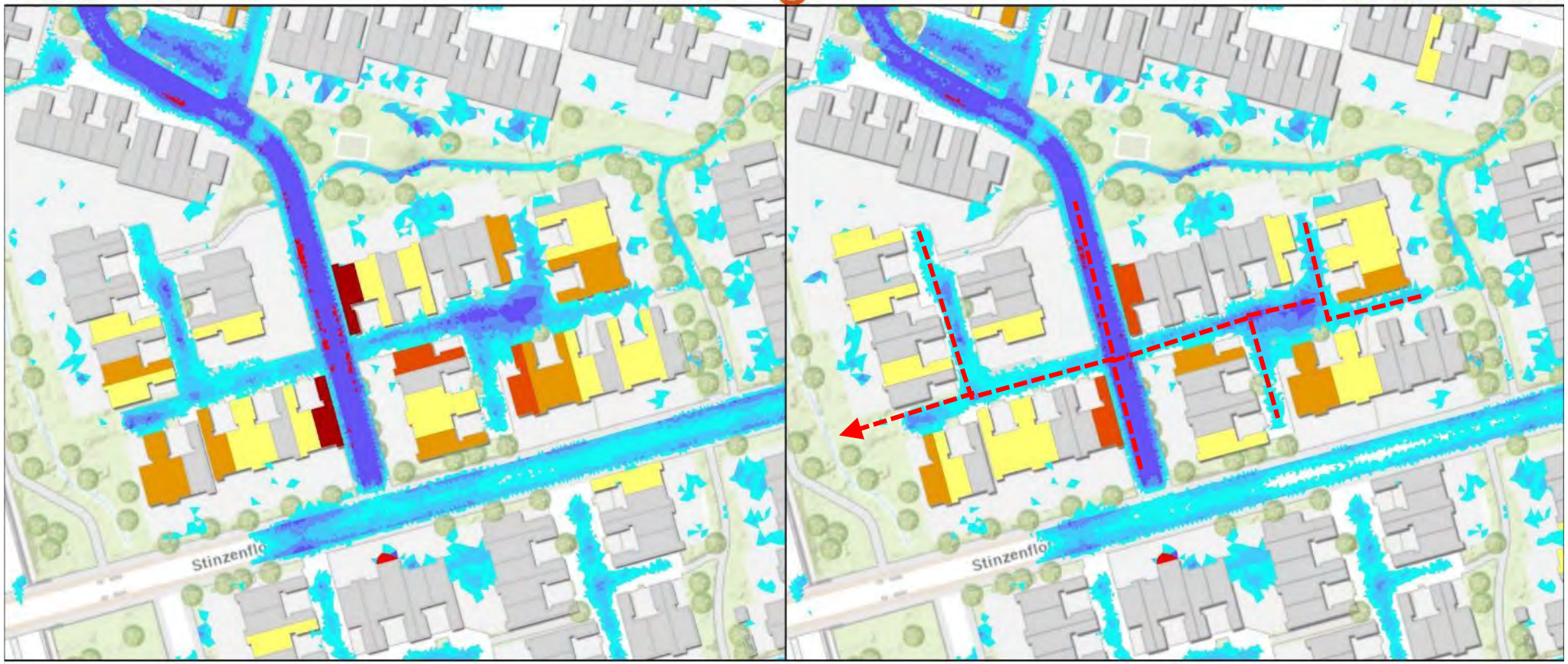
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Zenegroen

Rioleringsmaatregel



Maatregelen:

- Hemelwaterstructuur ontworpen o.b.v. standaardbui 09 met diameters Ø300 mm.

Effect:

- Het effect van het HWA-riool met de betreffende diameters is bij extreme neerslag onvoldoende. Er blijft sprake van meer dan 30 cm water-op-straat en een risico dat water tegen garages van panden staat.

Waterhoogte tegen panden (cm)

- 5 - 7.5
- 7.5 - 10
- 10 - 12.5
- > 12.5

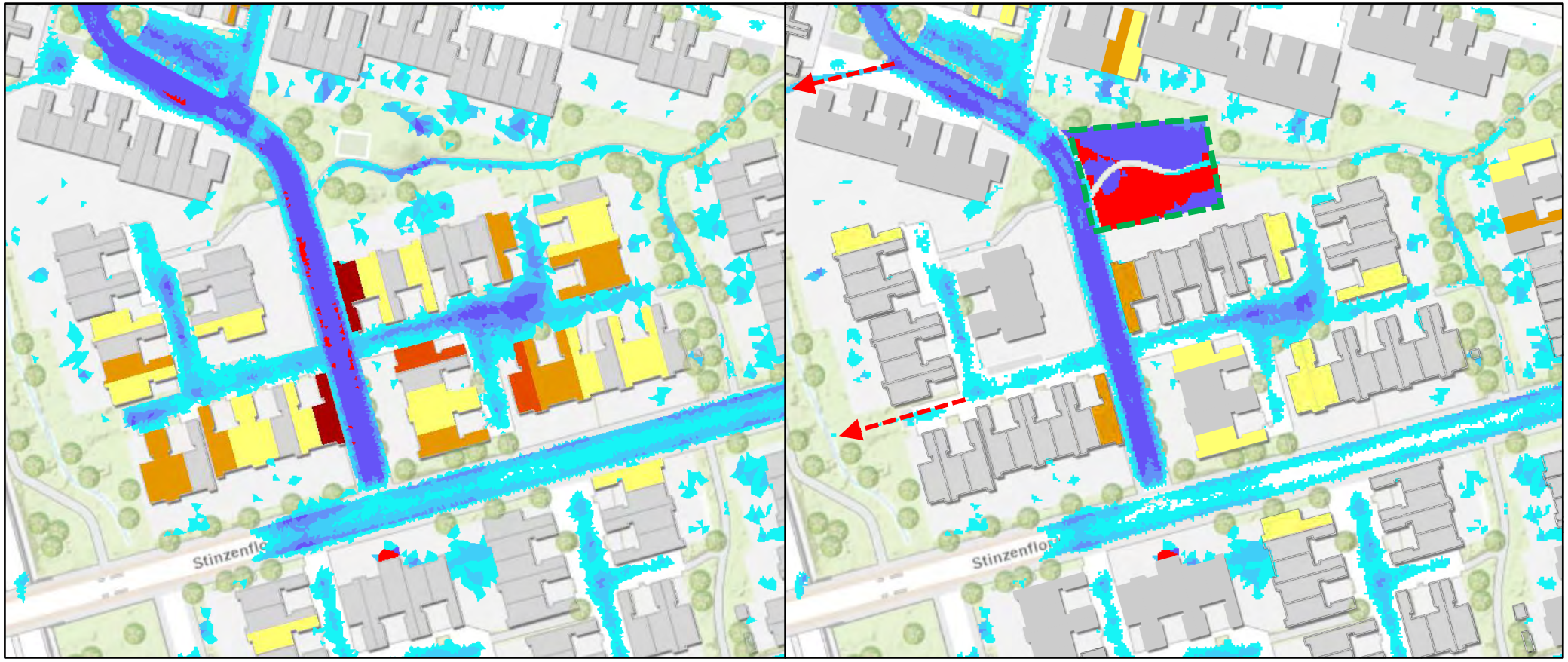
Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Zenegroen

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Maaiveldverlagingen in paden in westelijke richting naar de aanwezige watergang (zie rode peilen). Voor de noordelijke en zuidelijke verlaging is een afschot gehanteerd van respectievelijk 30 en 20 cm.
- Verlaging van de speeltuin (zie groene arcering) met 30 cm voor het bergen van water.

Effect:

- De maatregelen hebben een aanzienlijk effect, water-op-straat wordt beperkt en het risico op schade neemt aanzienlijk af.

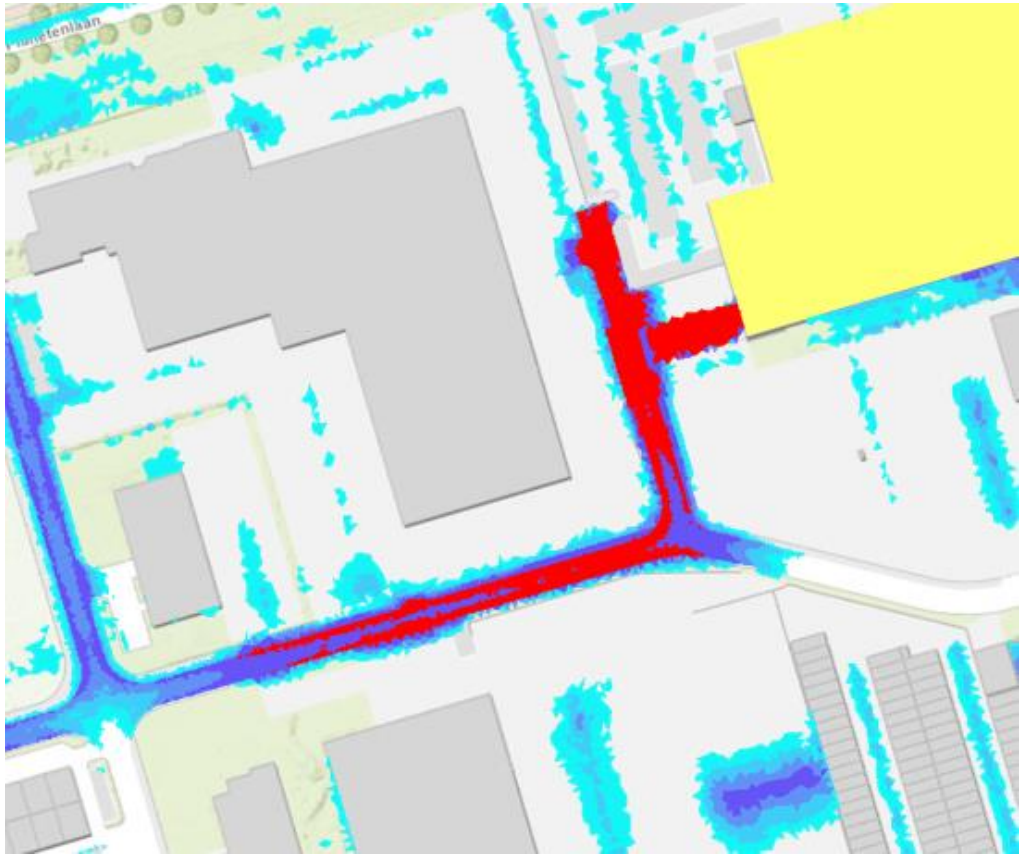
Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Zuiderkruisweg



Huidige situatie bij extreme neerslag (blokbui 60 mm/u)

Knelpunt:
- Meer dan 30 cm water-op-straat bij extreme buien.

Samenvatting onderzochte maatregelen en effect bij extreme neerslag:
- Maaiveldaanpassing i.c.m. met het realiseren van een vijver. **Effect:** Het effect is aanzienlijk, er is niet langer sprake van meer dan 30 cm water-op-straat.

Beoordeling effect:
- Het effect van de maatregel is groot. Er is een overloop (klein hwa-riool) noodzakelijk tussen de nieuwe en bestaande vijver, verder zijn de kosten van de maatregelen beperkt. De oplossing wordt daarom gezien als doelmatig.

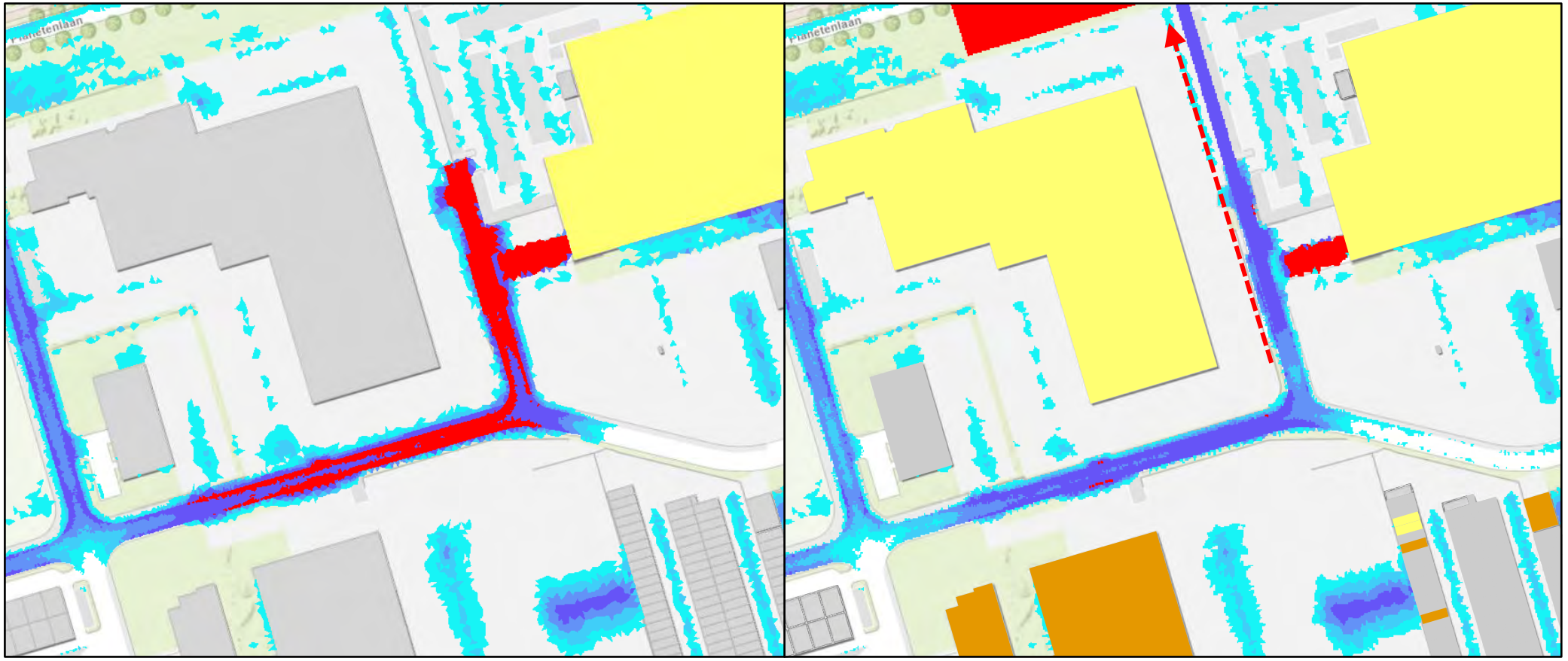
De volgende pagina('s) geven in detail inzicht in de maatregelen en het effect.

© Arcadis 2022

Blokbui 60 mm/u
Huidige situatie

Zuiderkruisweg

Maaiveldmaatregel



Maatregelen:

- Verlagen van het maaiveld (langs de rode pijl in de figuur) met een afschot van in totaal 30 cm.
- Aanleg van een nieuwe watergang met overloop (hwa-riool met beperkte diameter) naar de bestaande vijver noordelijk van de Planetenlaan.

Effect:

- Het effect is aanzienlijk. Er is niet langer sprake van meer dan 30 cm water-op-straat.
- Er blijft een risico op water in de laadkuil van het bedrijf oostelijk van de locatie, maar gezien de hoogteligging is het niet haalbaar om dit op te lossen.

Waterhoogte tegen pand (cm)

- <0.05
- 0.05 - 0.075
- 0.075 - 0.10
- 0.10 - 0.125
- >0.125

Water-op-straat openbaar en particulier (cm)

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- > 30

Bijlage E Rekenresultaten standaardbuien 08 en 09

Water-op-straat situatie 1D
Standaardbui 08

Bui 08
Huidige situatie

Aldebaranweg

Rioleringsmaatregel

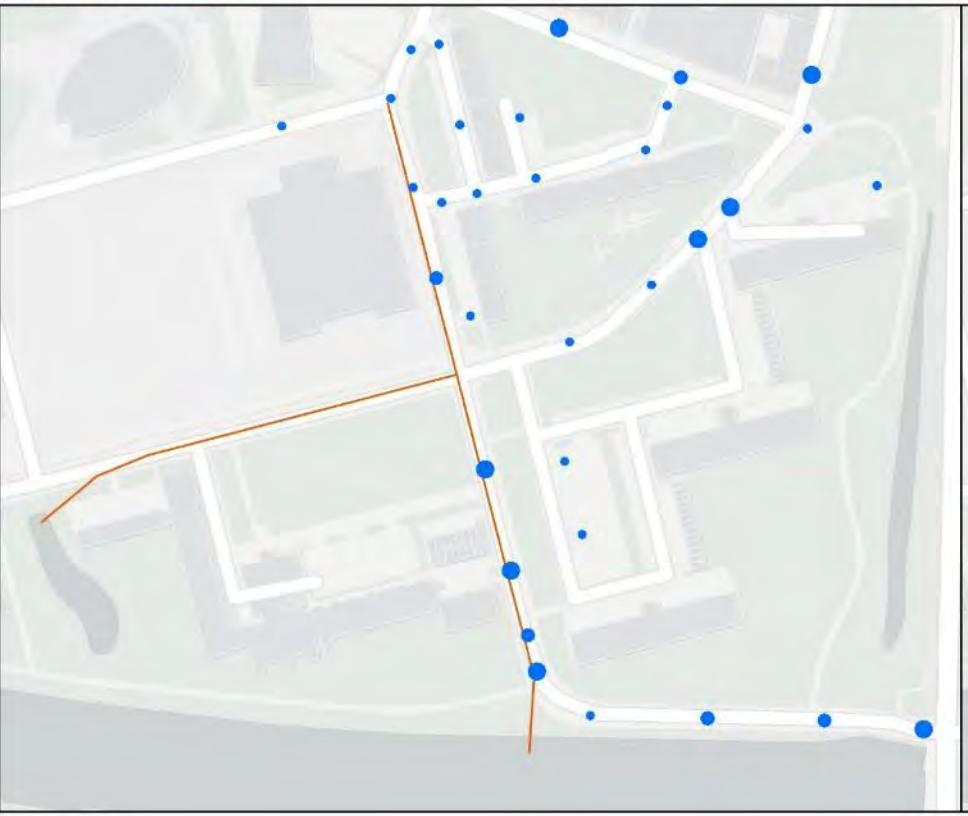
Water-op-straat [m^3]

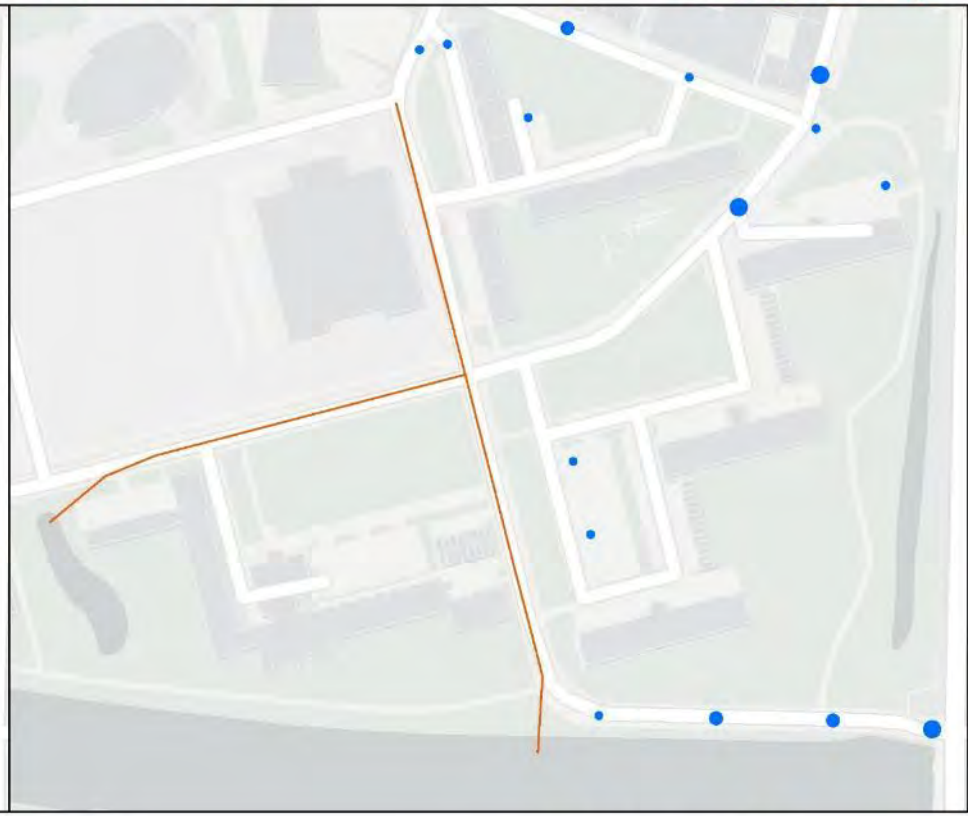
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Beatrixstraat

Rioleringsmaatregel





Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Goutumerdyk

Rioleringsmaatregel

Bui 08
Huidige situatie

Groeneweg

Rioleringsmaatregel

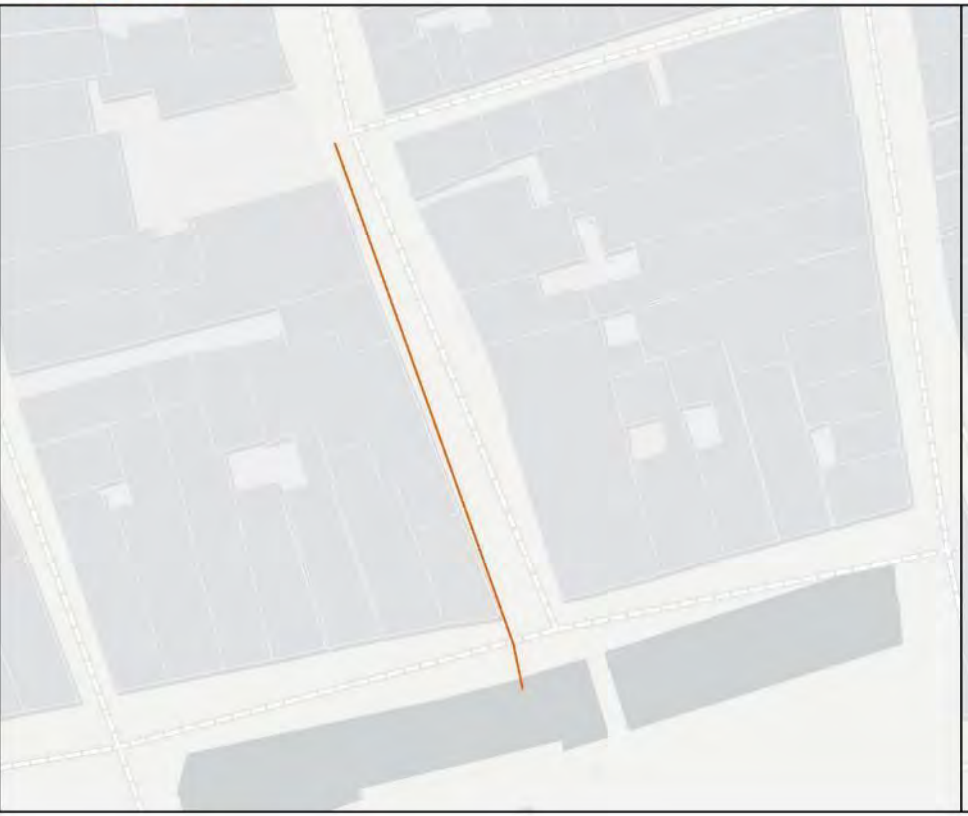
Water-op-straat [m^3]

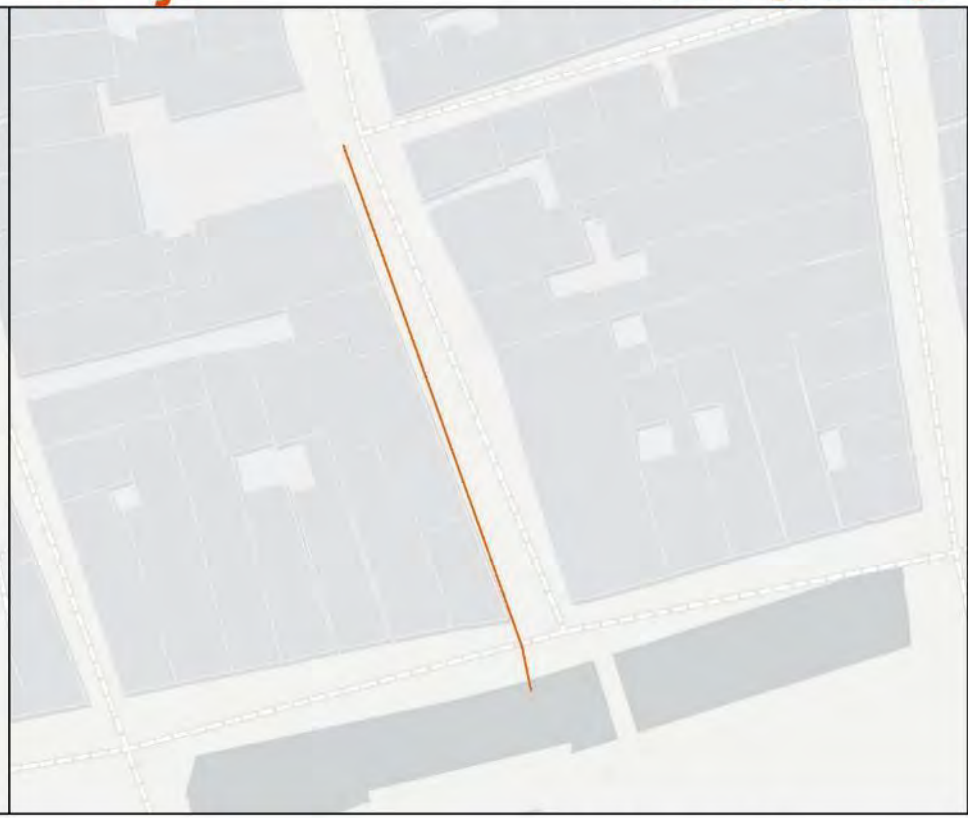
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Heerewaltje

Rioleringsmaatregel





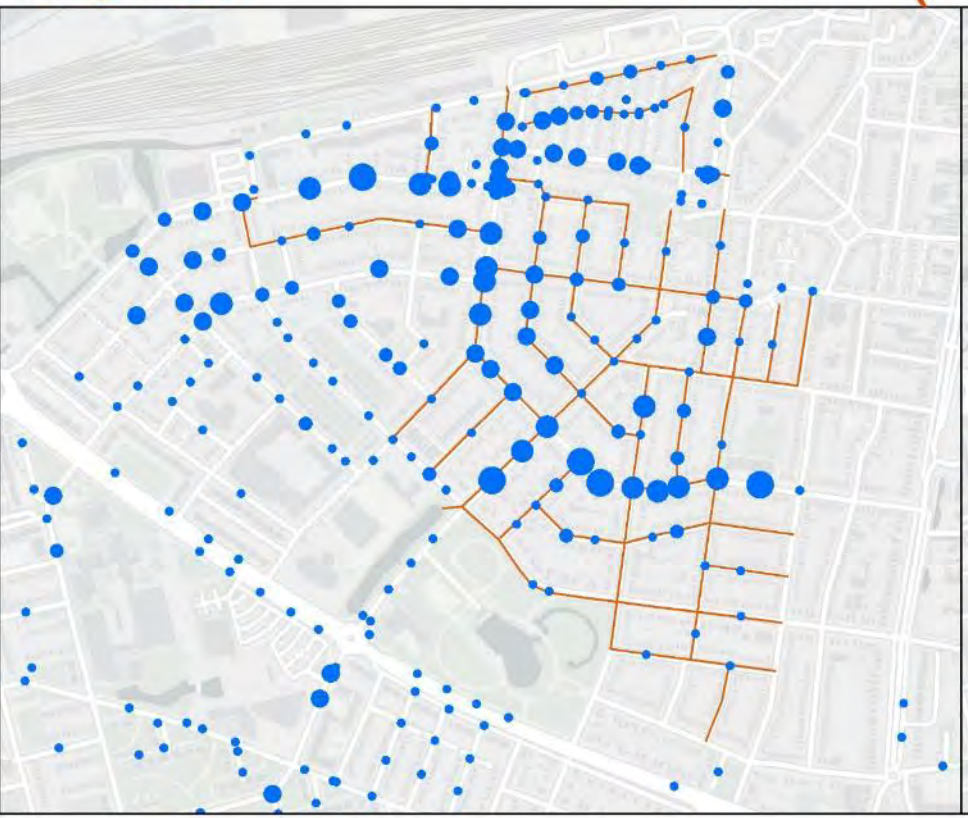
Water-op-straat [m^3]

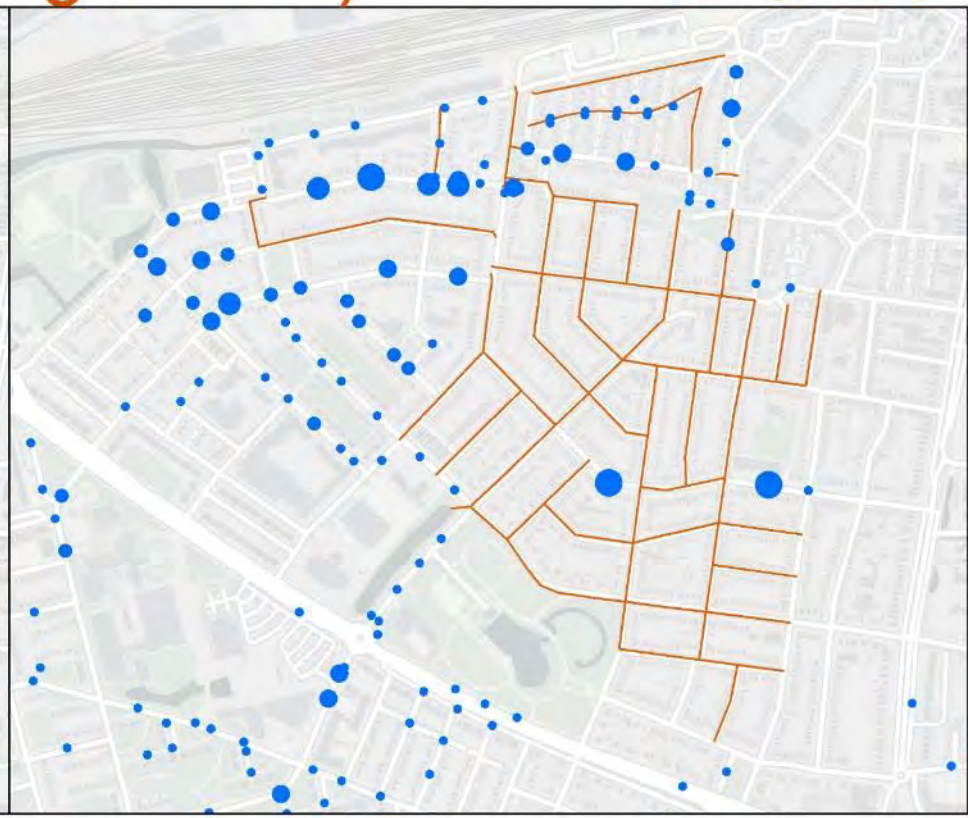
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Huizum (algemeen)

Rioleringsmaatregel





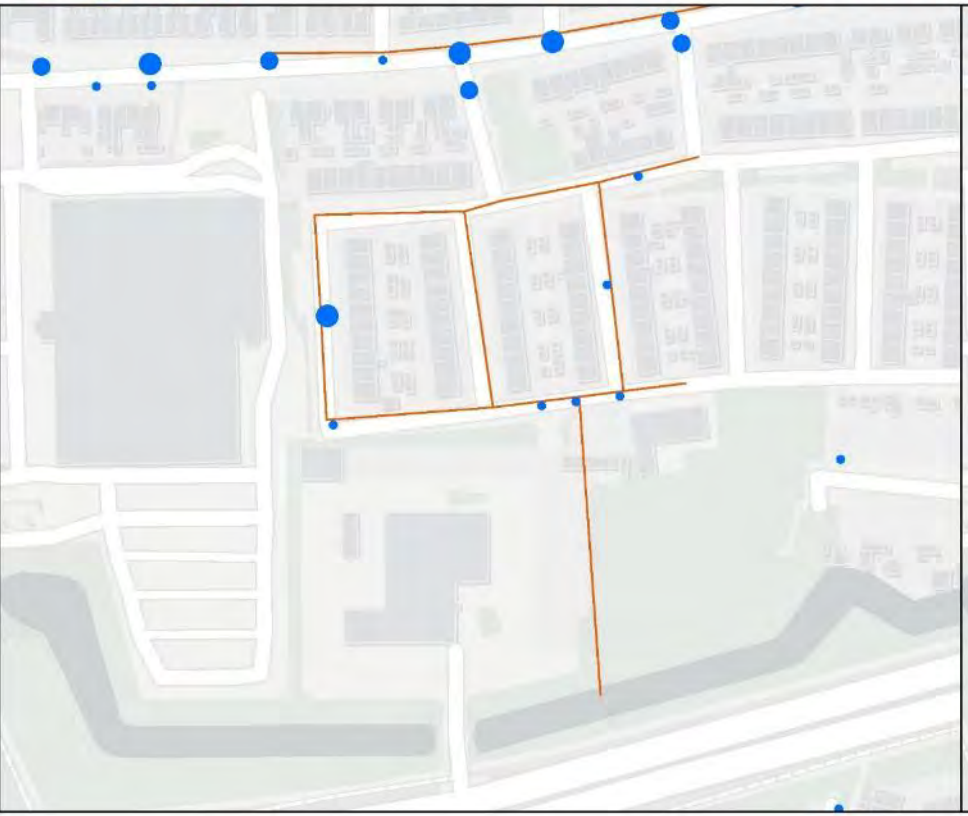
Water-op-straat [m^3]

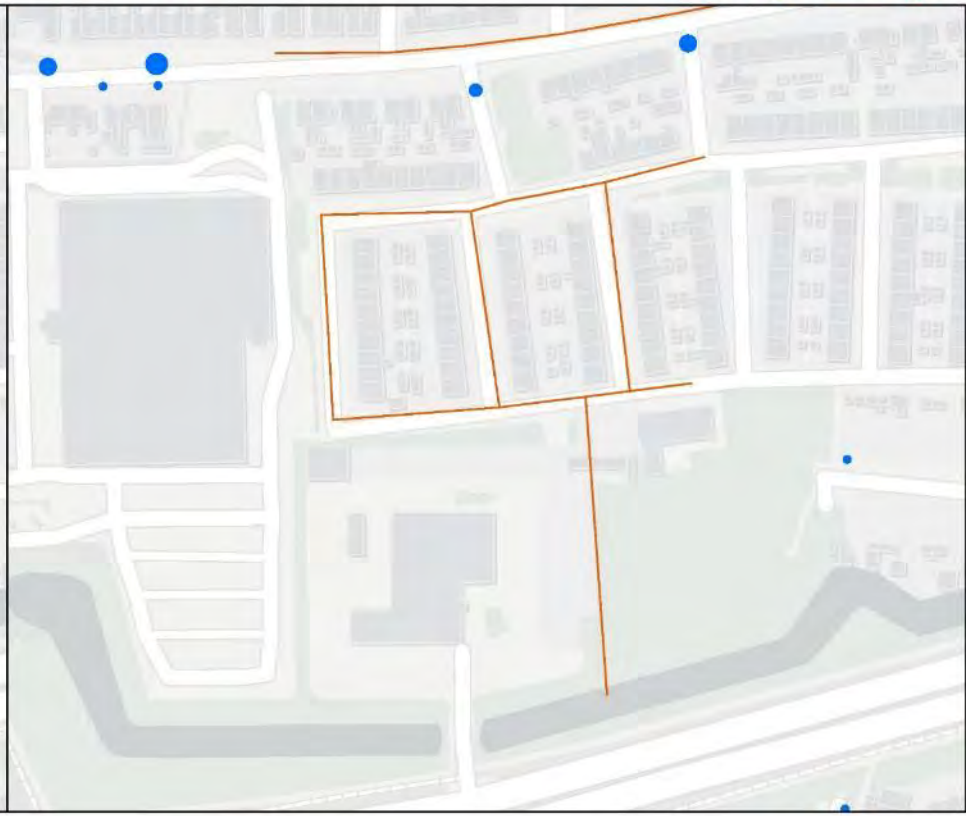
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Murkstraat

Rioleringsmaatregel





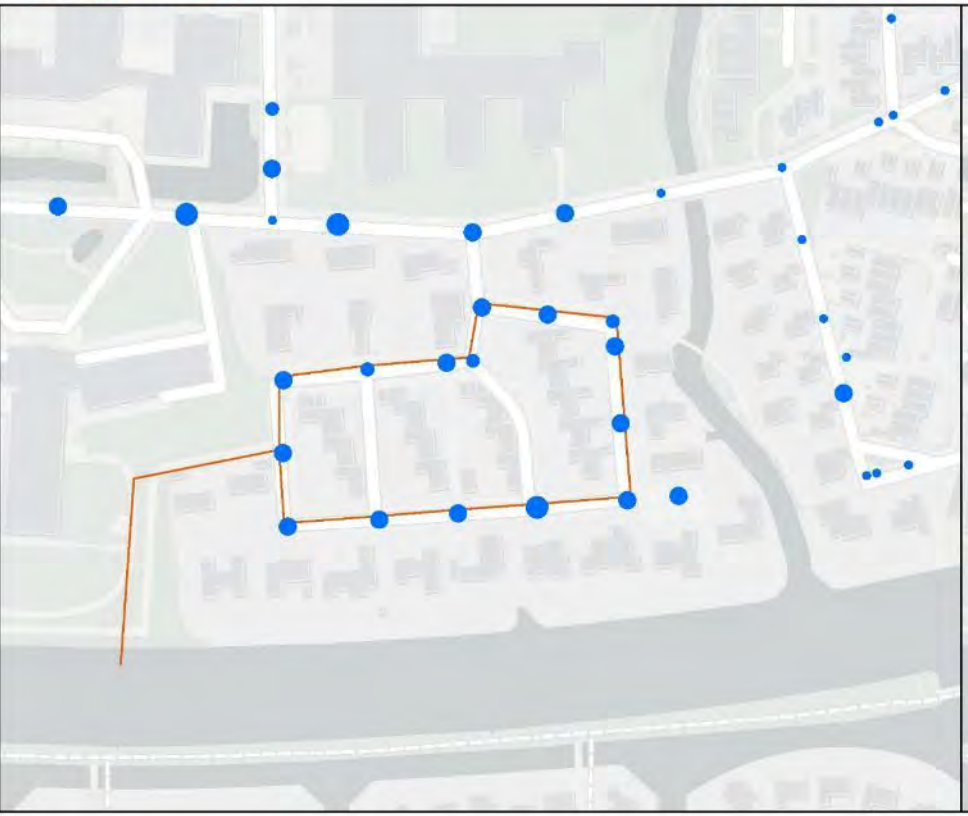
Water-op-straat [m^3]

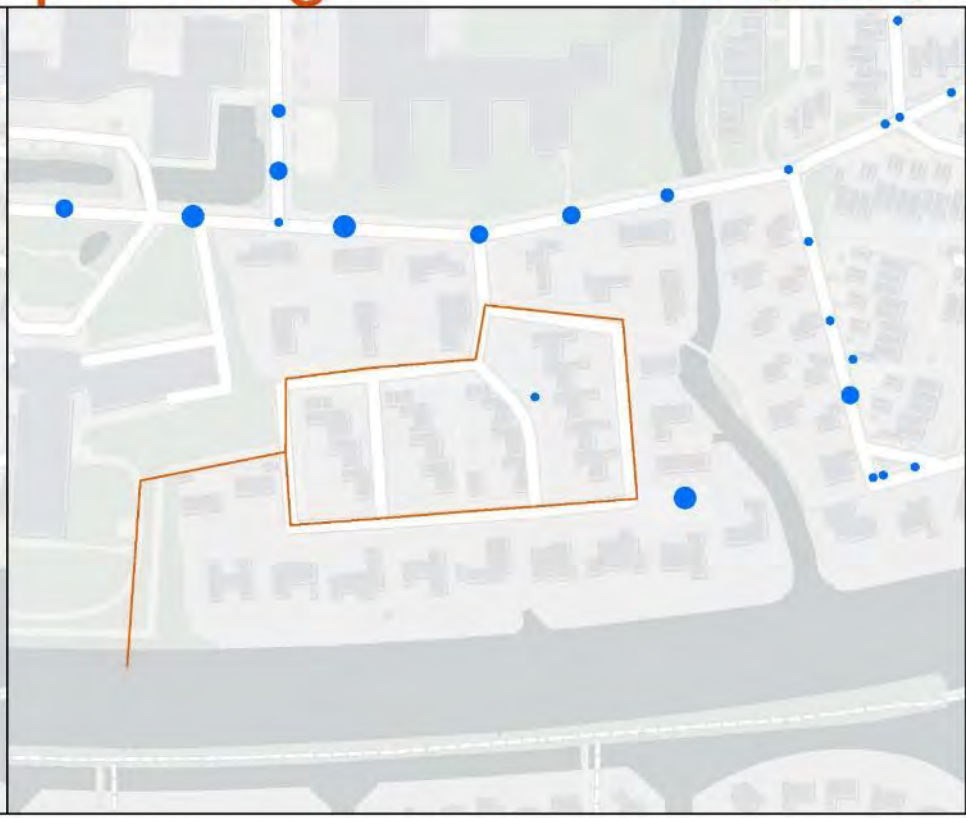
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Nieuw Rapenburg

Rioleringsmaatregel





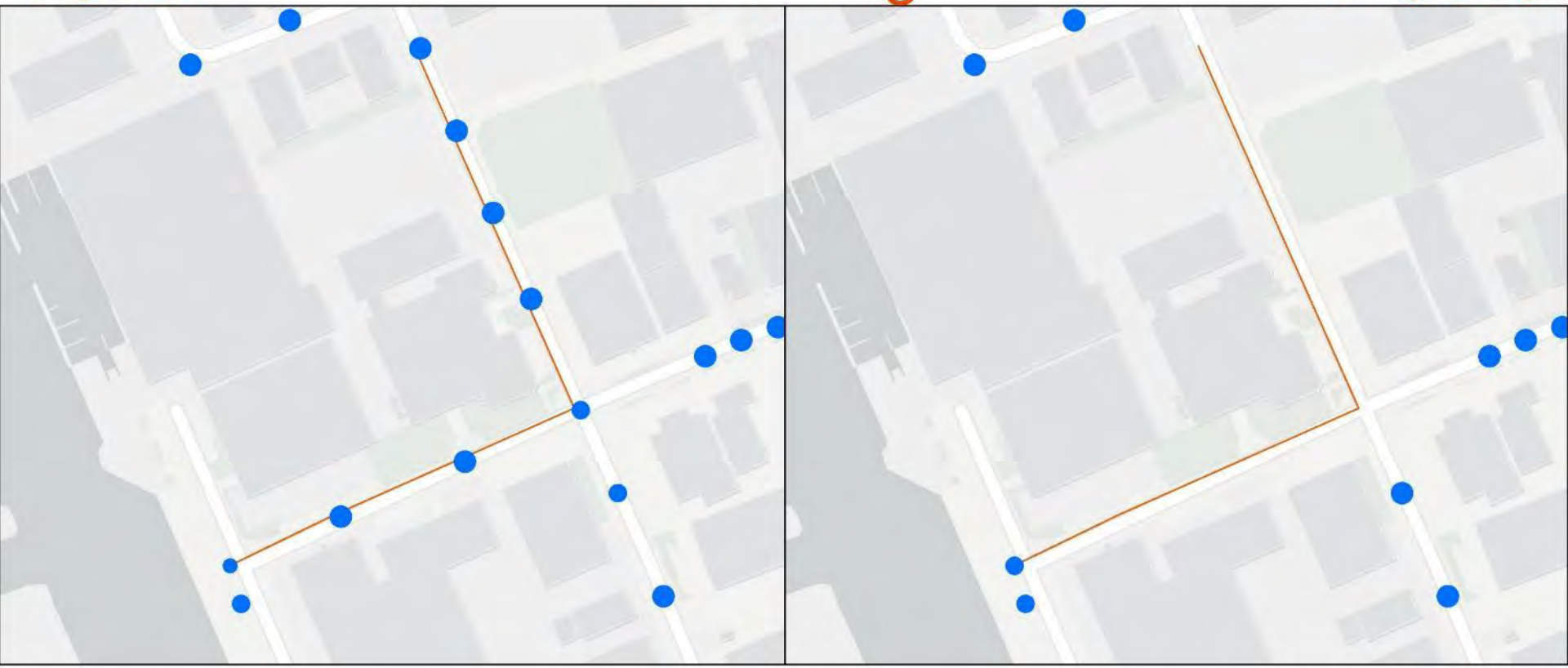
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Plutoweg

Rioleringsmaatregel



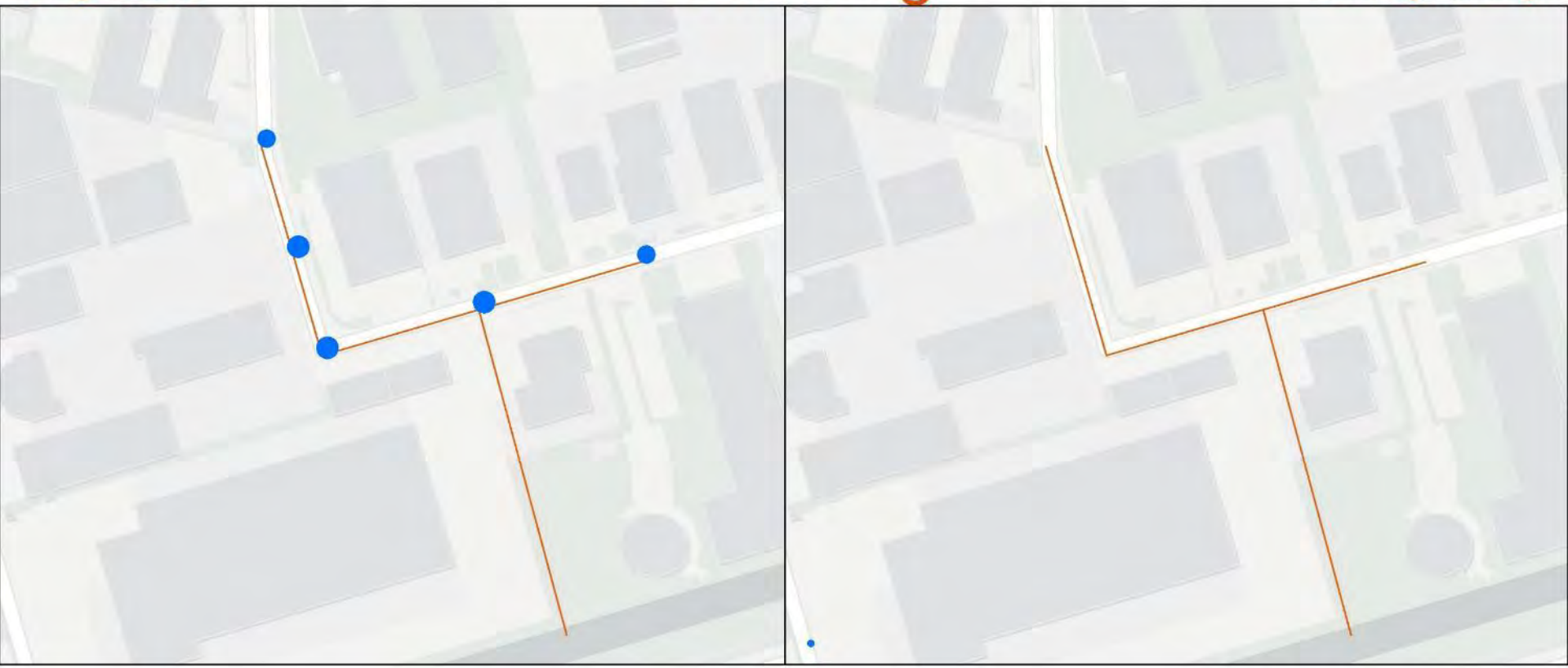
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Polluxweg

Rioleringsmaatregel



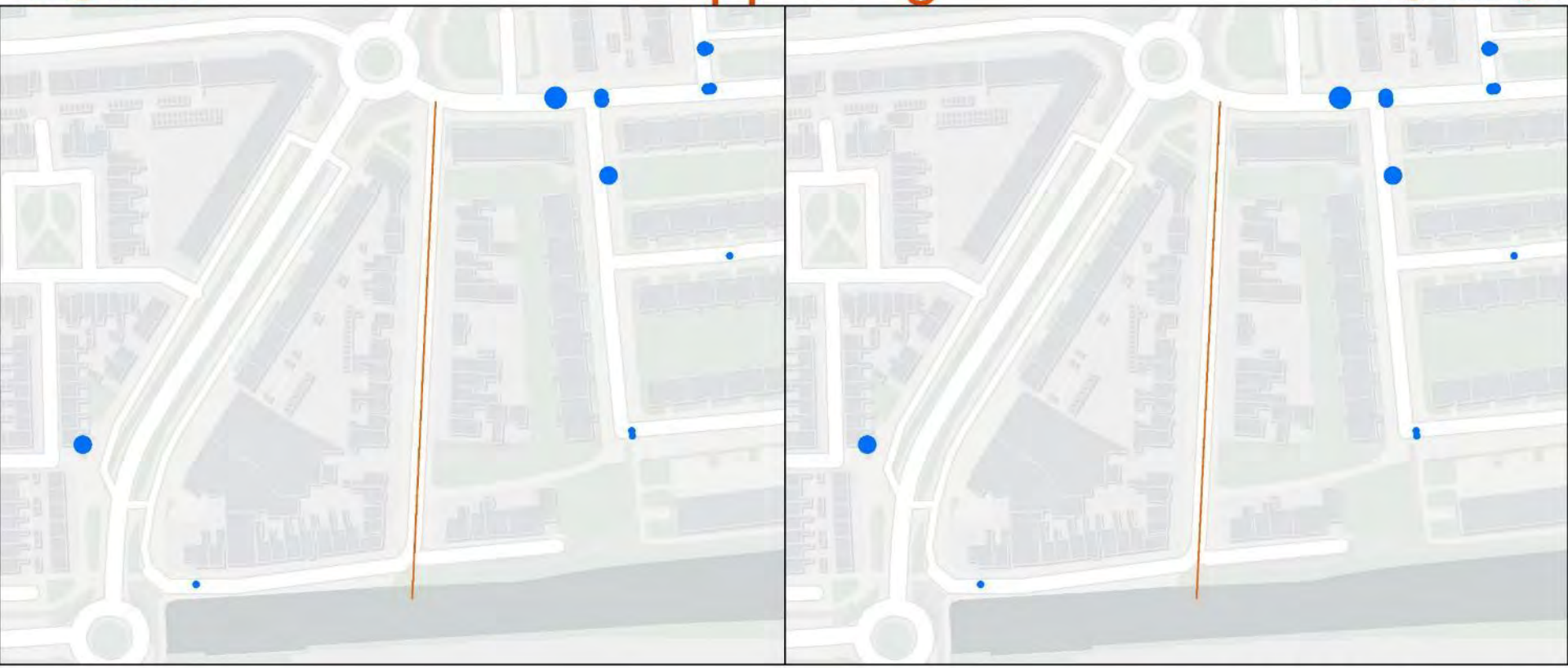
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Poppeweg

Rioleringsmaatregel



Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Spoorstraat

Rioleringsmaatregel

Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

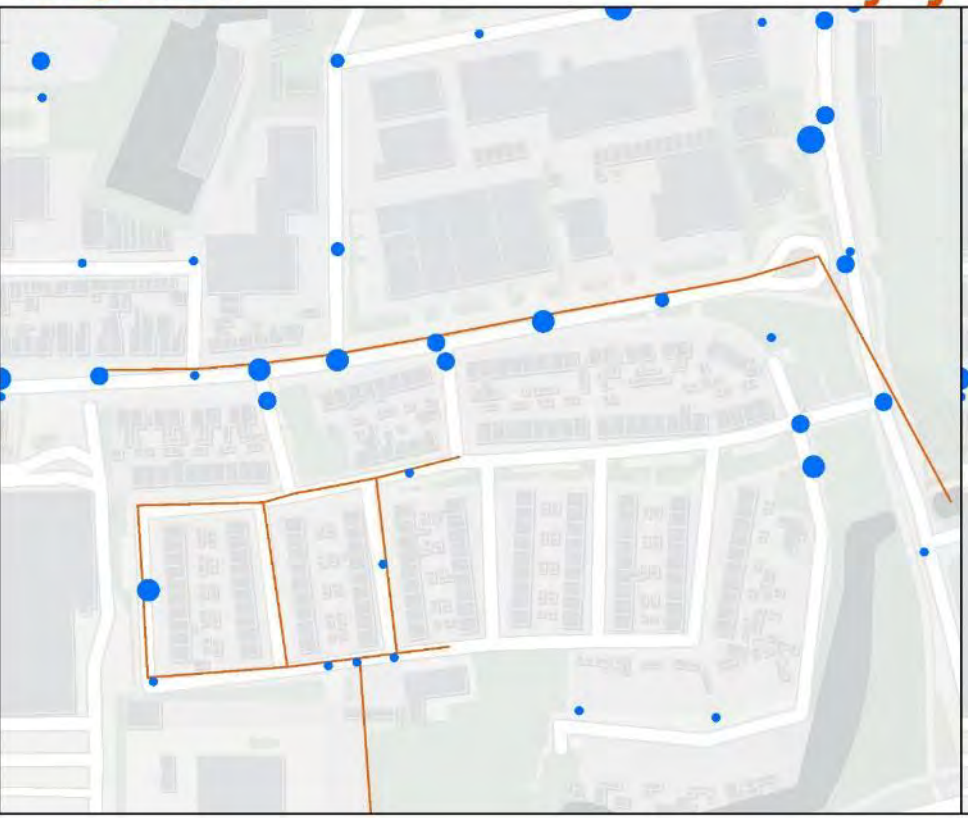
Sportlaan

Rioleringsmaatregel

Bui 08
Huidige situatie

Tijnjedijk

Rioleringsmaatregel



Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Uranusweg-oost

Rioleringsmaatregel

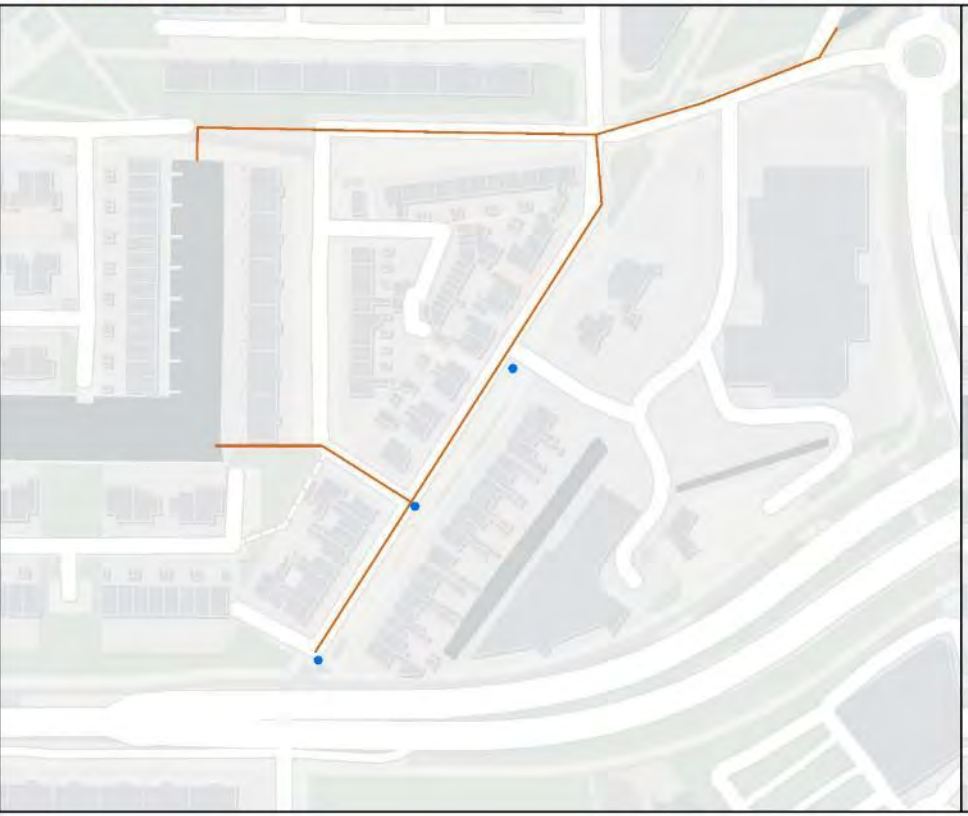
Water-op-straat [m^3]

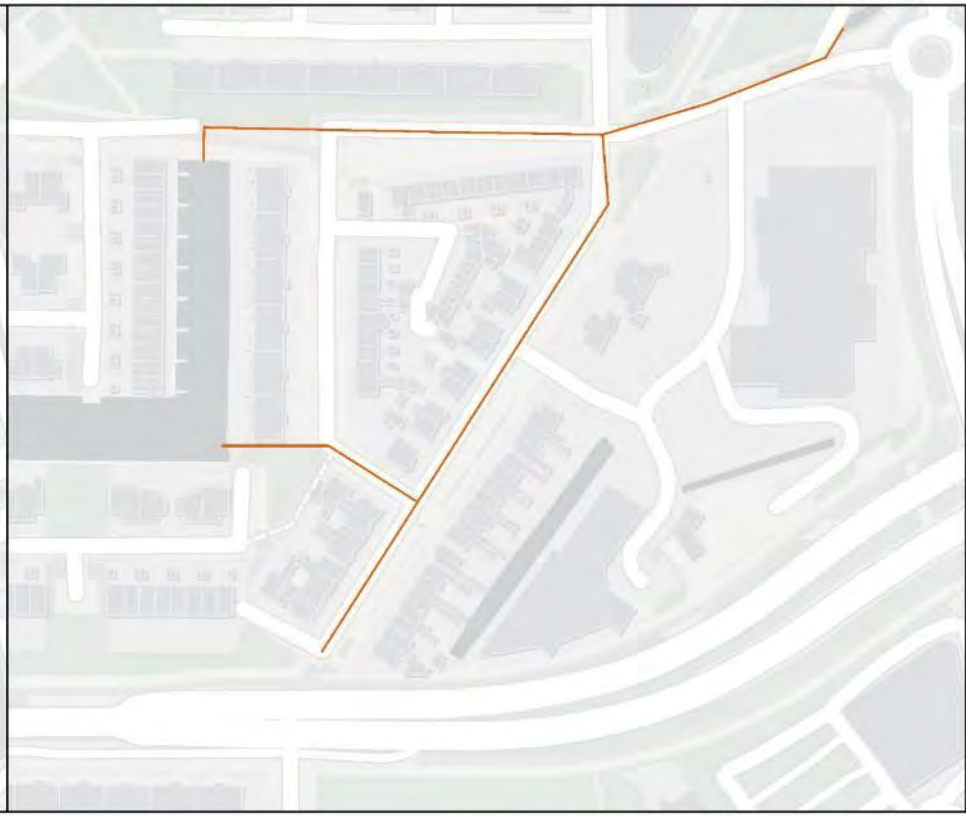
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 08
Huidige situatie

Verzetsstraat

Rioleringsmaatregel





Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Water-op-straat situatie 1D
Standaardbui 09

Bui 09
Huidige situatie

Aldebaranweg

Rioleringsmaatregel

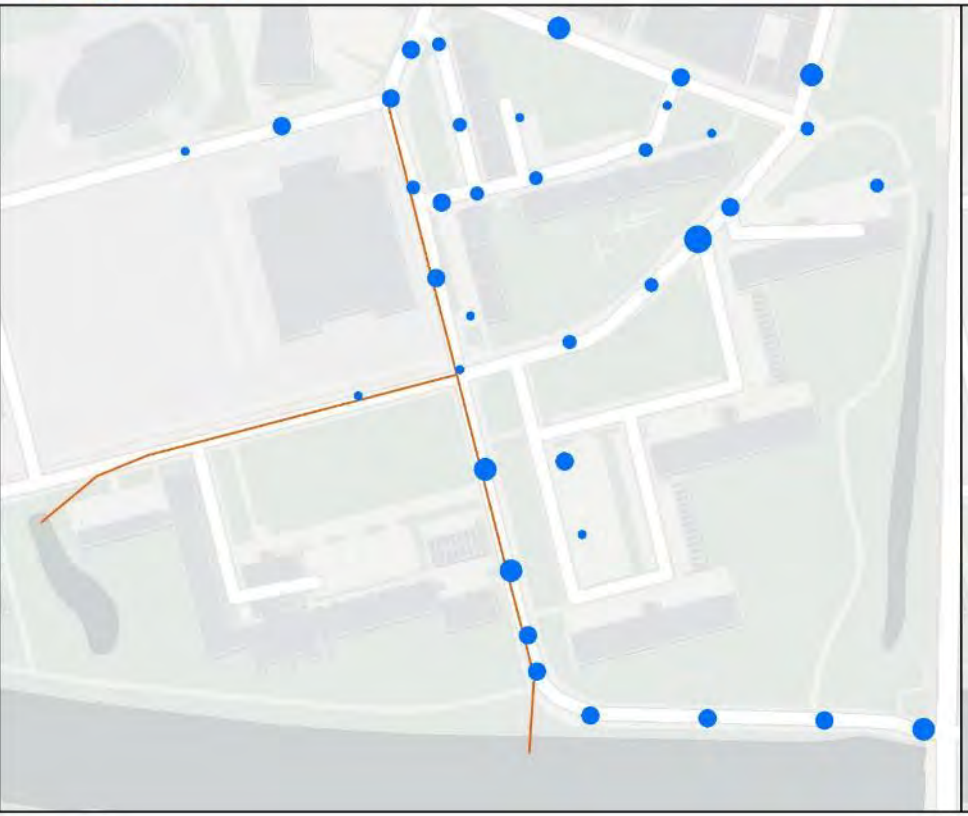
Water-op-straat [m^3]

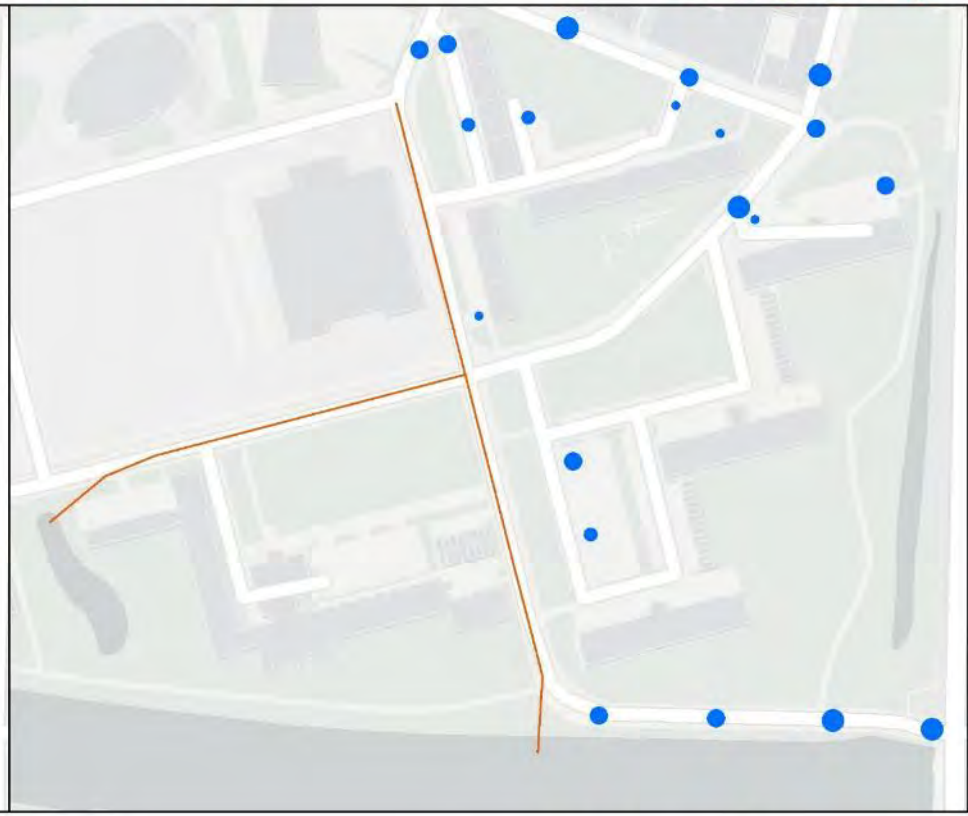
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Beatrixstraat

Rioleringsmaatregel





Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Goutumerdyk

Rioleringsmaatregel

Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Groeneweg

Rioleringsmaatregel

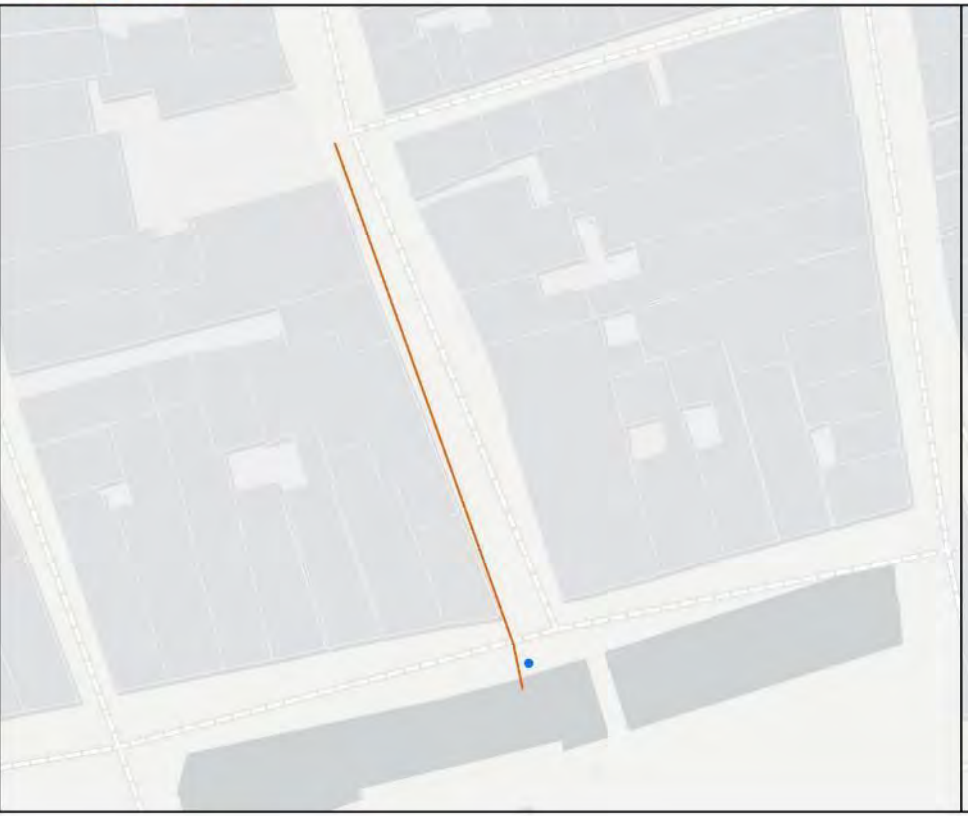
Water-op-straat [m^3]

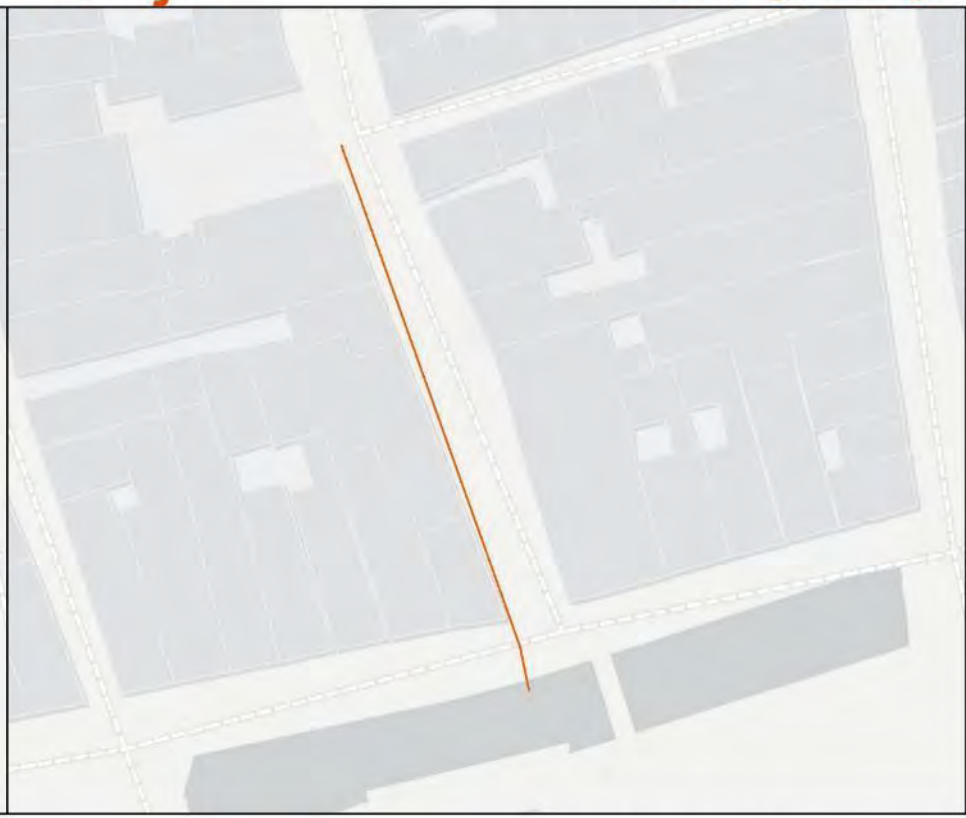
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Heerewaltje

Rioleringsmaatregel





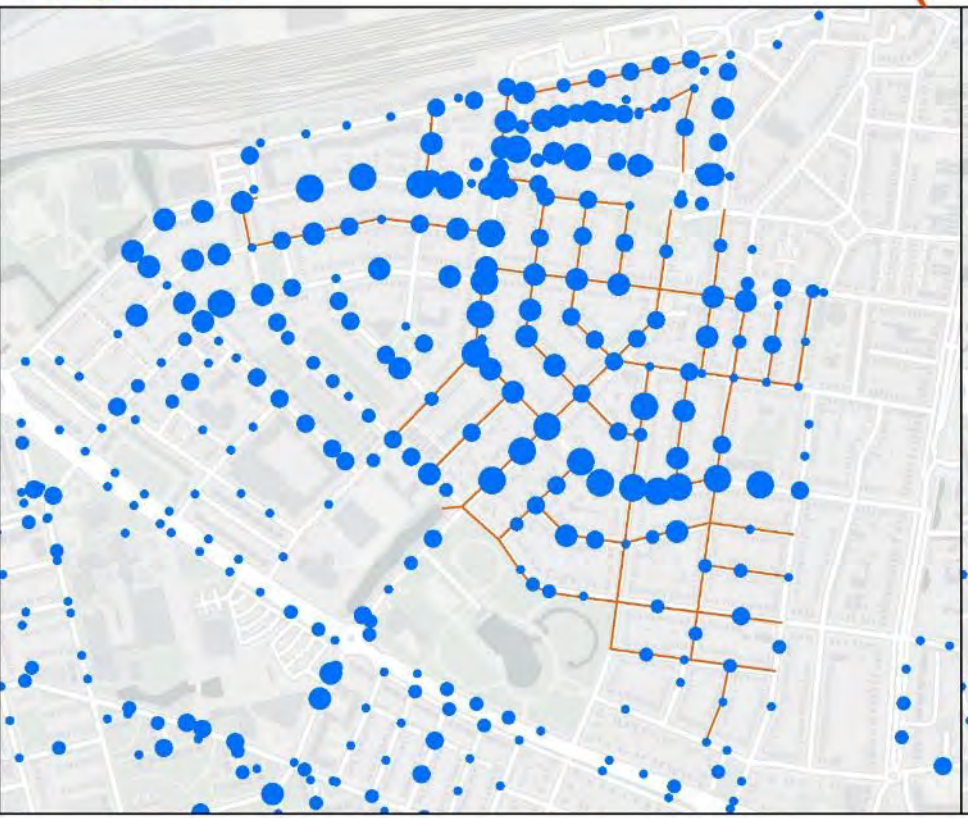
Water-op-straat [m^3]

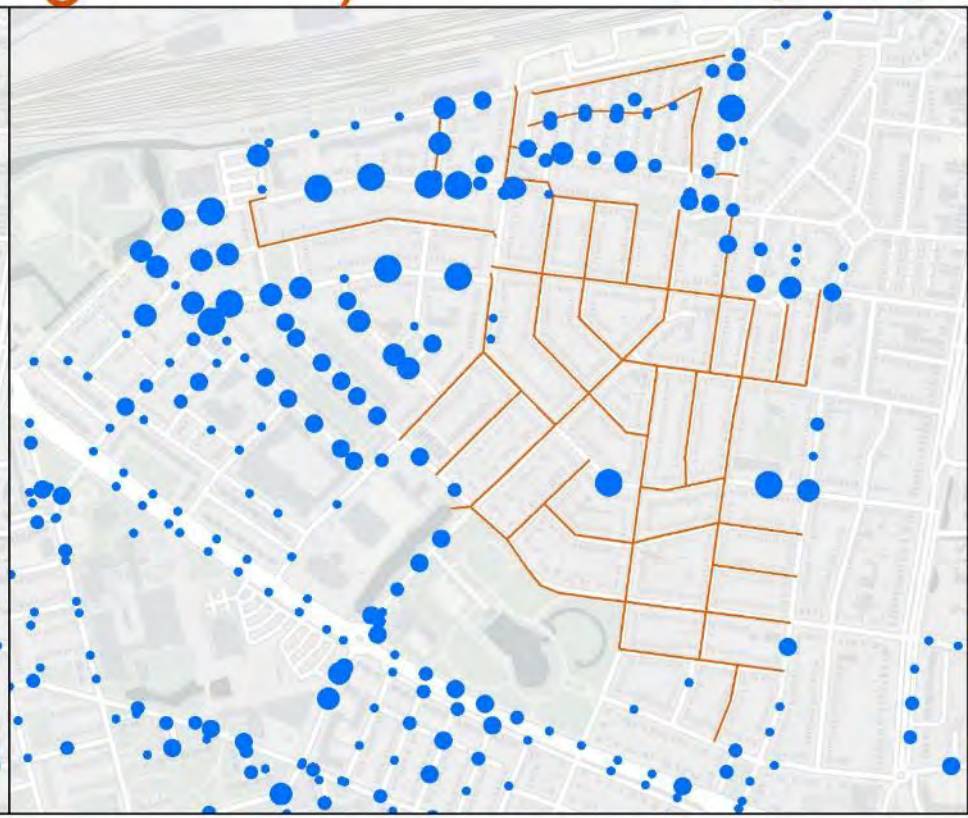
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Huizum (algemeen)

Rioleringsmaatregel





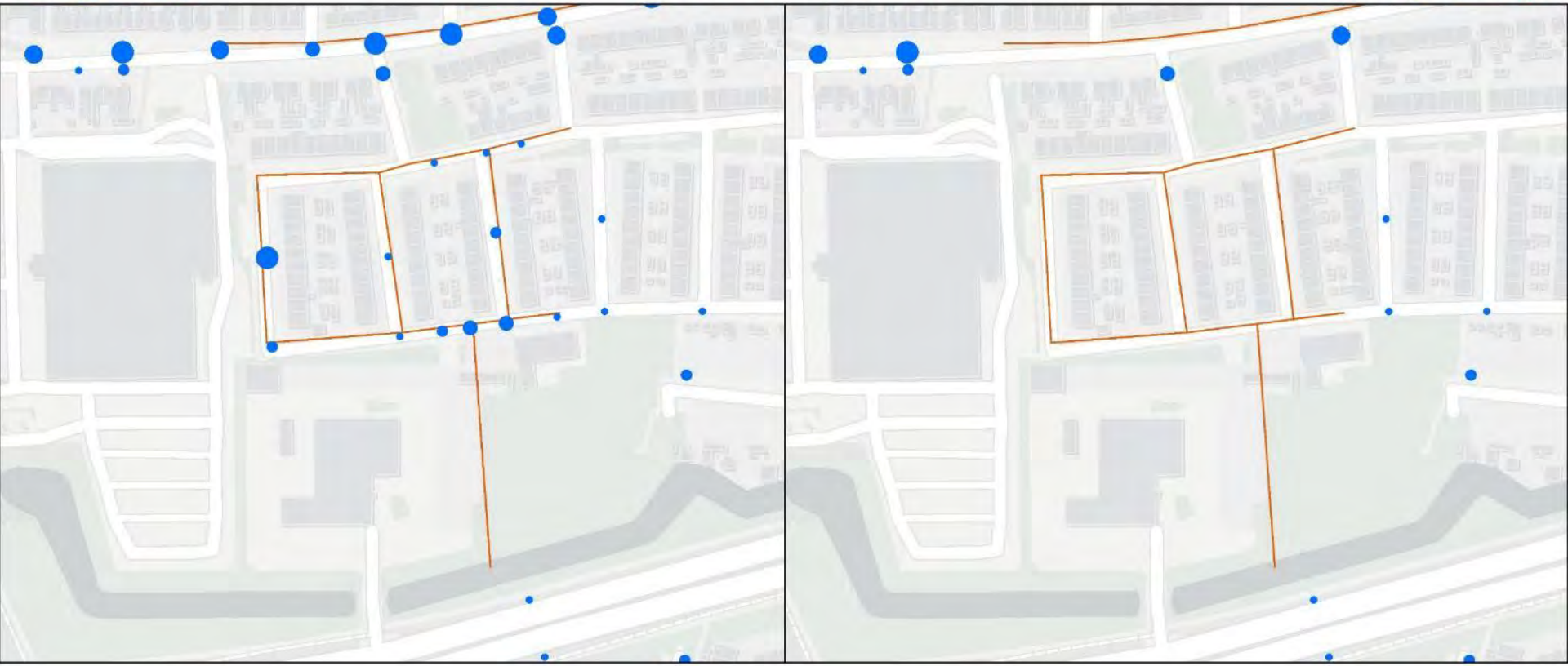
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Murkstraat

Rioleringsmaatregel



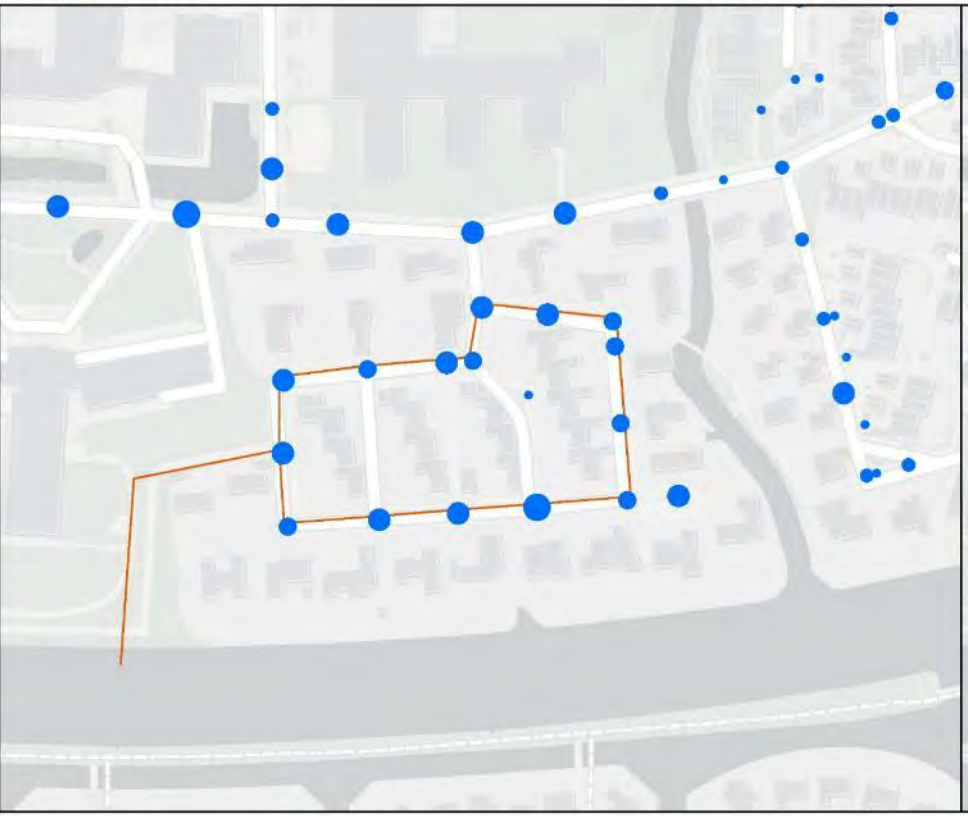
Water-op-straat [m^3]

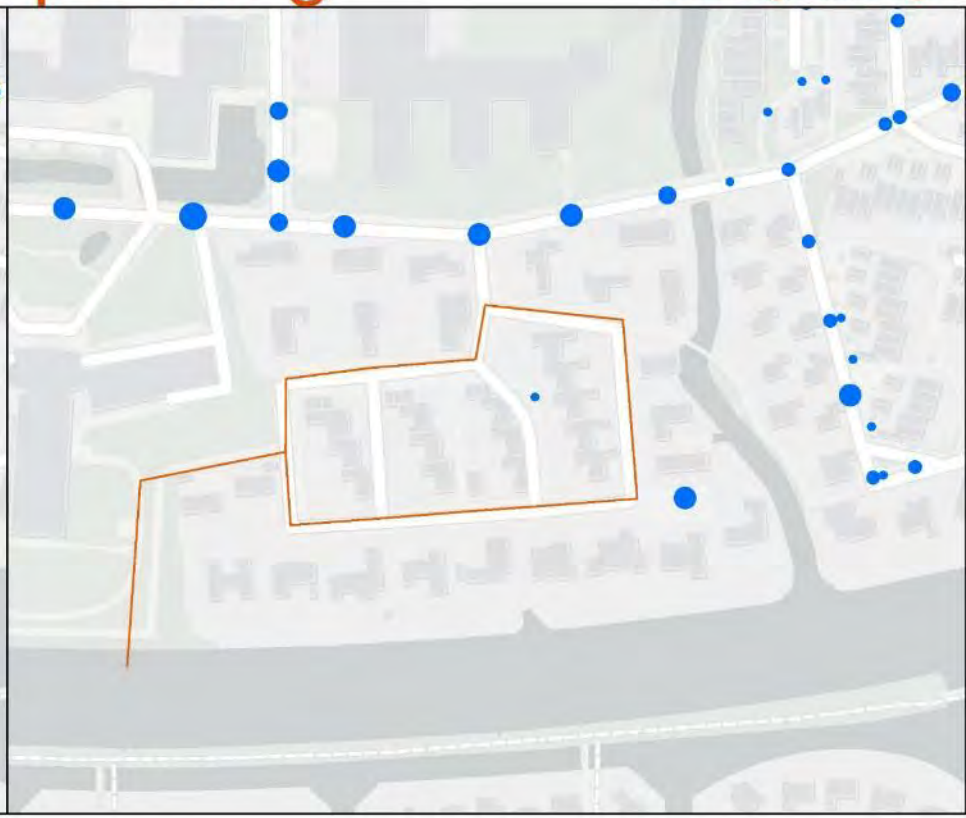
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Nieuw Rapenburg

Rioleringsmaatregel





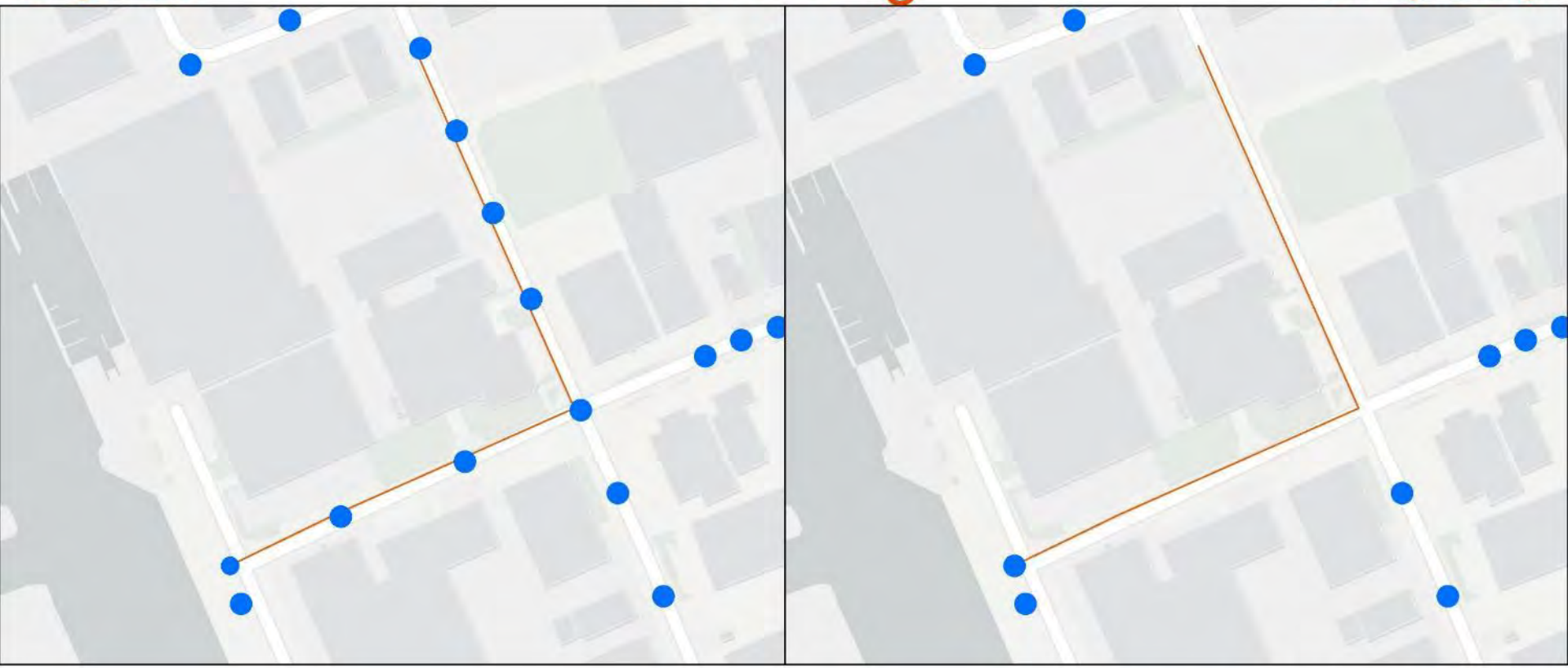
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Plutoweg

Rioleringsmaatregel



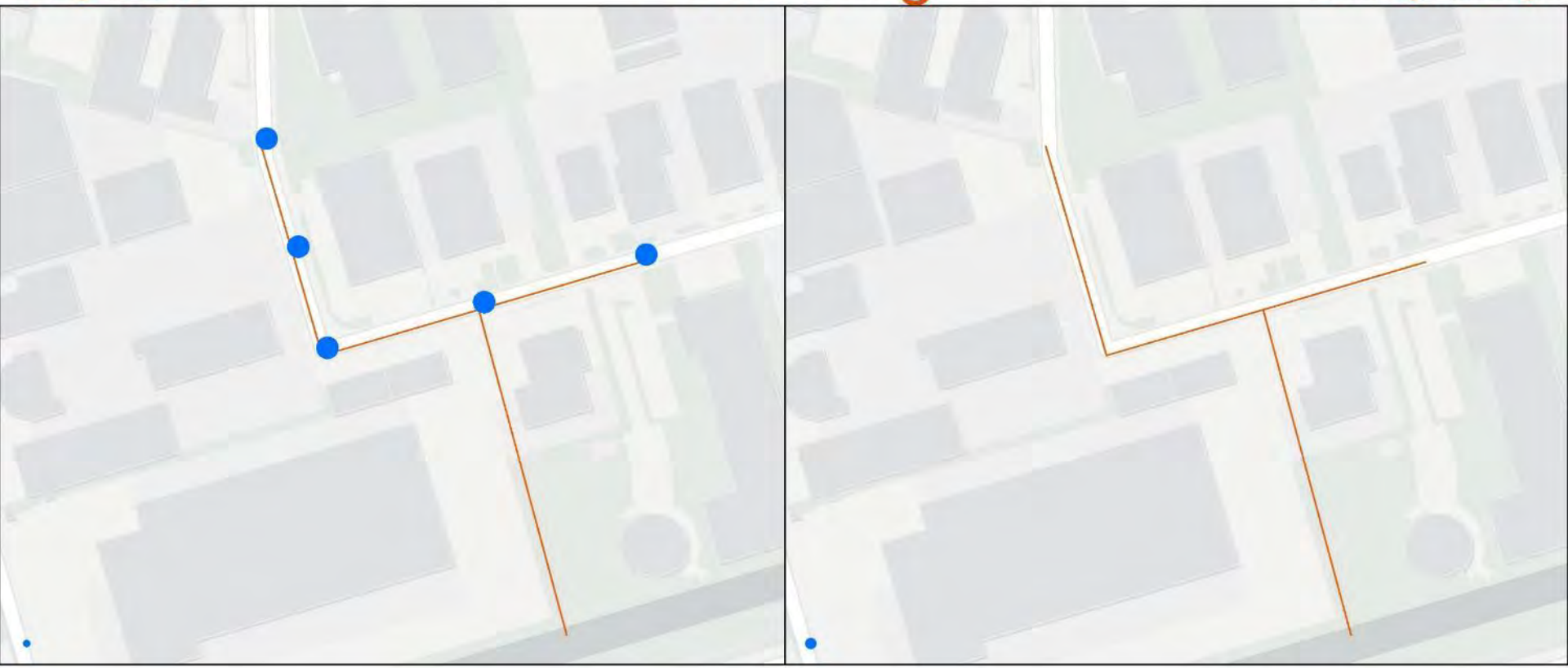
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Polluxweg

Rioleringsmaatregel



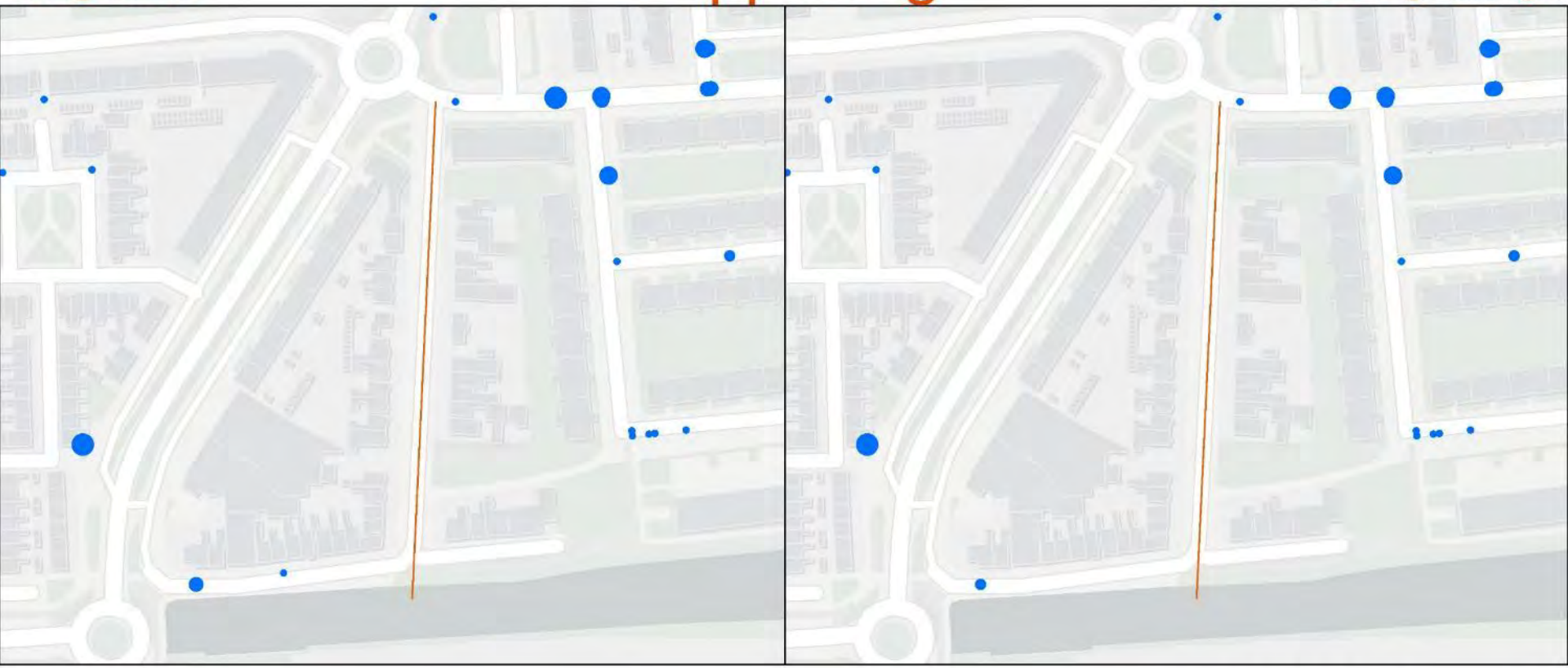
Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Poppeweg

Rioleringsmaatregel



Bui 09
Huidige situatie

Spoorstraat

Rioleringsmaatregel

Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Sportlaan

Rioleringsmaatregel

Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Tijnjedijk

Rioleringsmaatregel

Bui 09
Huidige situatie

Uranusweg-oost

Rioleringsmaatregel

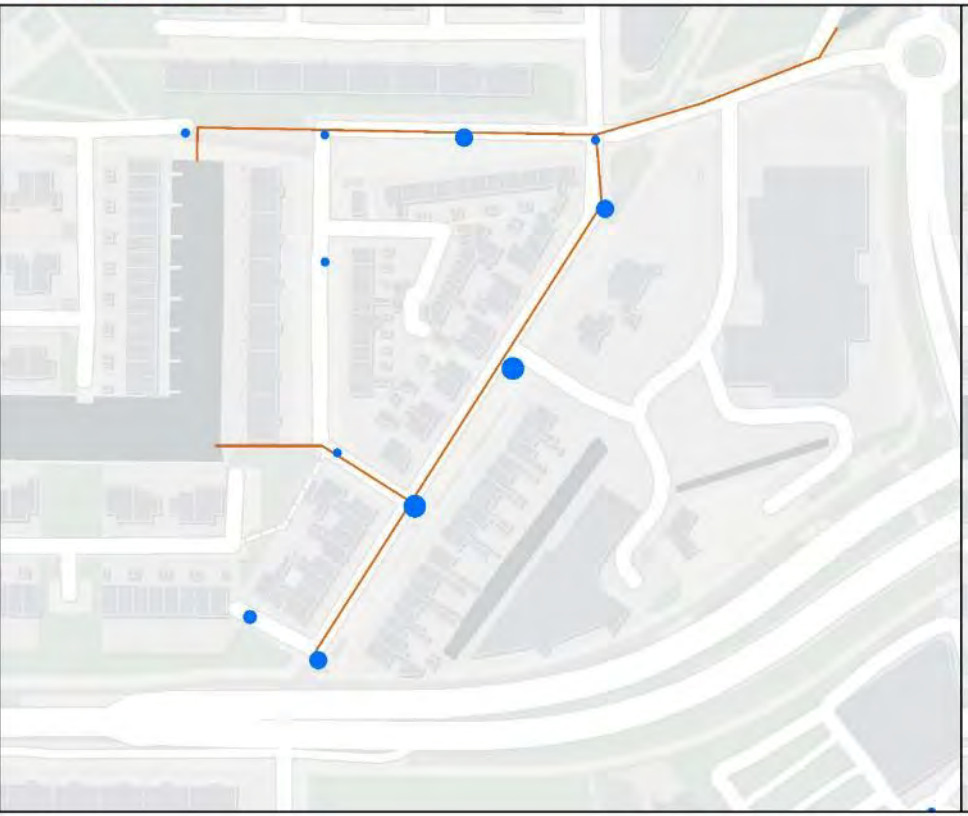
Water-op-straat [m^3]

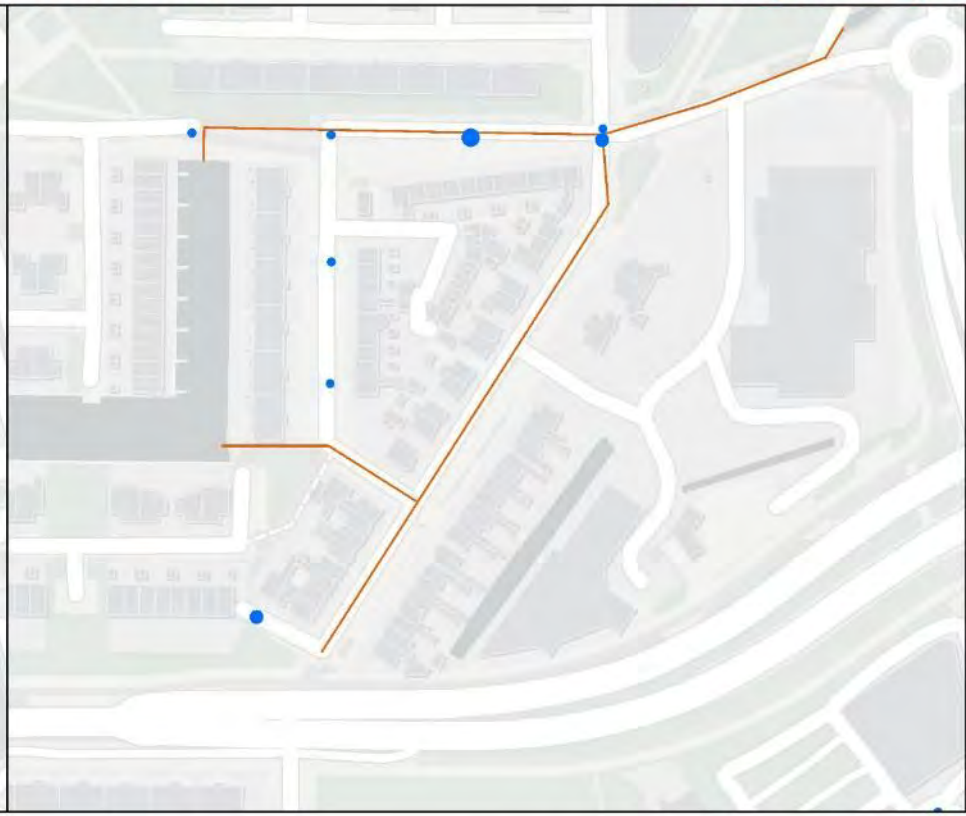
- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bui 09
Huidige situatie

Verzetsstraat

Rioleringsmaatregel





Water-op-straat [m^3]

- < 0,1
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 1000
- Leidingen maatregel

Bijlage F Gedetailleerde kostenraming per (deel)maatregel

In deze bijlage is een overzicht opgenomen van de type onderzochte maatregelen (soms meerdere per locatie), de voorkeursmaatregel per locatie (deze maatregel is tevens opgenomen in de raming) en de prioriteit. Daarnaast is een overzicht opgenomen met de geraamde kosten per (deel)maatregel.

Tabel 1. Overzicht onderzochte maatregelen, de voorkeursmaatregel per locatie en de prioriteit

nr	locatie	Onderzochte maatregelen			Voorkeursmaatregel / opgenomen in kostenraming	Prioriteit
		maatregel 1	*maatregel 2*	*maatregel 3*		
1	Aldebaranweg	HWA-riool	Maaiveldmaatregel		HWA-riool	hoog
2	Beatrixstraat	Beperkt HWA-riool	Uitgebreid HWA-riool + verkeersdrempels		Uitgebreid HWA-riool + verkeersdrempels	hoog
3	Goslingastate	Maaiveldmaatregel	HWA-riool		Maaiveldmaatregel	hoog
4	Goutumerdyk	Maaiveldmaatregel west	HWA-riool west	HWA-riool oost	HWA-riolen west en oost	hoog
5	Groeneweg	Maaiveldmaatregel	Maaiveldmaatregel en HWA-riool		Maaiveldmaatregel en HWA-riool	hoog
6	Groningerstraatweg	Duiker			Duiker	laag
7	Heerewaltje	HWA-riool			HWA-riool	hoog
8	Heggewinde	Maaiveldmaatregel	HWA-riool en verkeersdrempel		Maaiveldmaatregel	hoog
9	Hempenserweg	Maaiveldmaatregel			Maaiveldmaatregel	laag
10	Huizum	V-profiel Hobbemastr+HWA-riool+berging parkeerterrein NS+Berging fundering straten			v-profiel Hobbemastr+HWA-riool+berging parkeerterrein NS+Berging fundering straten	hoog
11	It Leechje	Maaiveldmaatregel			Maaiveldmaatregel	hoog
12	Keizerskroon	Maaiveldmaatregel			Maaiveldmaatregel	laag
13	Kelvinstraat	Maaiveldmaatregel	HWA-riool		Maaiveldmaatregel	hoog
14	Murkstraat	HWA-riool			HWA-riool	hoog
15	Nieuw Rapenburg	HWA-riool			HWA-riool	laag
16	Oer de Feart	Maaiveldmaatregel			Maaiveldmaatregel	laag
17	Plutoweg	HWA-riool o.b.v. bui 09	HWA-riool o.b.v. bui 10	Maaiveldmaatregel	HWA-riool o.b.v. bui 09	hoog
18	Polluxweg	HWA-riool, één maat groter dan noodz. voor bui 09			HWA-riool, één maat groter dan noodz. voor bui 09	hoog
19	Poppeweg	HWA-riool 600 mm	HWA-riool 600 en 800 mm		HWA-riool 600 en 800 mm	hoog
20	Scheltemastate	Maaiveldmaatregel	HWA-riool		HWA-riool	laag
21	Spoorstraat	HWA-riool+Afvoer over maaiveld+Berging in fundering straten			HWA-riool+Afvoer over maaiveld+Berging in fundering straten	hoog
22	Sportlaan	HWA-riool en maaiveldaanpassing			HWA-riool en maaiveldaanpassing	hoog
23	Tijnjedijk	HWA-riool nr. overstortleiding	HWA-riool nr. watergang		HWA-riool nr. watergang	hoog
24	Tylkedam	Maaiveldmaatregel + vijver met duiker			Maaiveldmaatregel + vijver met duiker	hoog
25	Uranusweg-Oost	HWA-riool o.b.v. bui 09	HWA-riool o.b.v. bui 10	Maaiveldmaatregel	HWA-riool o.b.v. bui 09	hoog
26	Verzetsstraat	HWA-riool			HWA-riool	hoog
27	Vivaldistraat	Maaiveldmaatregel			Maaiveldmaatregel	hoog
28	Zenegroen	Maaiveldmaatregel			Maaiveldmaatregel	hoog
29	Zuiderkruisweg	Maaiveldmaatregel + vijver met duiker			Maaiveldmaatregel + vijver met duiker	hoog

Tabel 2. Overzicht geraamde kosten per (deel)maatregel.

nr	locatie	algemene omschrijving	maatregel	omvang	eenheidsprijs	kosten	incl. onzekerheidstoeslag 40%
1	Aldebaranweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	386	721	278.306	389.628
1	Aldebaranweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	93	988	91.884	128.638
1	Aldebaranweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 800	99	1.299	128.601	180.041
2	Beatrixstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	536	721	386.456	541.038
2	Beatrixstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	238	988	235.144	329.202
3	Goslingastate	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	1.250	35	43.750	61.250
4	Goutumerdyk westzijde	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	107	721	77.147	108.006
4	Goutumerdyk oostzijde	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	58	721	41.818	58.545
4	Goutumerdyk oostzijde	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	105	988	103.740	145.236
5	Groeneweg	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	2.500	35	87.500	122.500
5	Groeneweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	191	721	137.711	192.795
6	Groningerstraatweg	Duiker naar oppervlaktewater	riool rond 600	85	988	83.980	117.572
6	Groningerstraatweg	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	320	35	11.200	15.680
7	Heerewaltje	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 250	65	566	36.790	51.506
8	Heggewinde	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	850	35	29.750	41.650
9	Hempenserweg	Aanbrengen verlagingen bij watergangen	maaiveldaanpassing	750	35	26.250	36.750
10	Huizum	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	3.600	35	126.000	176.400
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 300	3.714	622	2.310.108	3.234.151
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	1.148	721	827.708	1.158.791
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	12	843	10.116	14.162
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	554	988	547.352	766.293
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 800	366	1.299	475.434	665.608
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 900	236	1.476	348.336	487.670
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 1000	369	1.665	614.385	860.139
10	Huizum	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 1500	24	2.963	71.112	99.557
10	Huizum	Berging van water in de fundering van parkeerterreinen	waterberging onder verharding m2	2.900	200	580.000	812.000
10	Huizum	Berging van water in de fundering van de weg	waterberging in fundering straat	2.572	750	1.929.000	2.700.600
11	It Leechje	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	200	35	7.000	9.800
12	Keizerskroon	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	450	35	15.750	22.050
13	Kelvinstraat	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	450	35	15.750	22.050
14	Murkstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 300	350	622	217.700	304.780
14	Murkstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	139	721	100.219	140.307
14	Murkstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	110	843	92.730	129.822
15	Nieuw Rapenburg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 300	483	622	300.426	420.596
15	Nieuw Rapenburg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	156	843	131.508	184.111
16	Oer de Feart	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	160	35	5.600	7.840
17	Plutoweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	117	721	84.357	118.100
17	Plutoweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	215	988	212.420	297.388
19	Poppeweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	114	988	112.632	157.685
19	Poppeweg	HWA-riool naar oppervlaktewaer	riool rond 800	60	1.299	77.940	109.116
18	Polluxweg	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	340	843	286.620	401.268

20	Scheltemastate	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	164	721	118.244	165.542
20	Scheltemastate	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	115	843	96.945	135.723
21	Spoorstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 300	1.177	622	732.094	1.024.932
21	Spoorstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	439	721	316.519	443.127
21	Spoorstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	811	988	801.268	1.121.775
21	Spoorstraat	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	1.400	35	49.000	68.600
21	Spoorstraat	Berging van water in de fundering van de weg	waterberging in fundering straat	1.401	750	1.050.750	1.471.050
22	Sportlaan	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 300	1.075	622	668.650	936.110
22	Sportlaan	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	276	721	198.996	278.594
22	Sportlaan	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	304	843	256.272	358.781
22	Sportlaan	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 600	173	988	170.924	239.294
22	Sportlaan	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 700	69	1.143	78.867	110.414
22	Sportlaan	Afvoer over maaiveld naar oppervlaktewater	maaiveldaanpassing	800	35	28.000	39.200
23	Tijnjedijk	HWA-riool in Tynjedyk naar oppervlaktewater	riool rond 500	146	843	123.078	172.309
23	Tijnjedijk	HWA-riool in Tynjedyk naar oppervlaktewater	riool rond 600	135	988	133.380	186.732
23	Tijnjedijk	HWA-riool in Tynjedyk naar oppervlaktewater	riool rond 800	210	1.299	272.790	381.906
24	Tylkedam	Aanleg vijver	diep grondwerk	1.700	20	34.000	47.600
24	Tylkedam	Afvoer van water over maaiveld naar vijver	maaiveldaanpassing	500	35	17.500	24.500
24	Tylkedam	Afvoer vijver naar achterliggend watersysteem	riool rond 300	100	622	62.200	87.080
25	Uranusweg-oost	HWA-riool naar oppervlaktewaer	riool rond 600	514	988	507.832	710.965
25	Uranusweg-oost	HWA-riool naar oppervlaktewaer	riool rond 1000	104	1.665	173.160	242.424
26	Verzetsstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 400	211	721	152.131	212.983
26	Verzetsstraat	HWA-riool naar oppervlaktewater	riool rond 500	74	843	62.382	87.335
27	Vivaldistraat	Afvoer van water over maaiveld naar noordelijke watergang	maaiveldaanpassing	600	35	21.000	29.400
28	Zenegroen	Afvoer van water over maaiveld naar speeltuin en greppel westelijk	maaiveldaanpassing	200	35	7.000	9.800
28	Zenegroen	Aanleg verdieping bij speeltuin	ondiep grondwerk	750	6	4.500	6.300
29	Zuiderkruisweg	Aanleg watergang in groenzone	diep grondwerk	1.400	20	28.000	39.200
29	Zuiderkruisweg	Aanpassing maaiveld, onder afschot naar nieuwe watergang	maaiveldaanpassing	300	35	10.500	14.700
29	Zuiderkruisweg	Overloop van vijver naar bestaande watergang	riool rond 300	35	622	21.770	30.478
TOTAAL KOSTEN							**24.497.175**

Voor de hierboven weergegeven kostenraming is gebruik gemaakt van kostenkentallen waardoor er slechts sprake is van een algemene inschatting van de kosten. Er zijn geen details uit de omgeving meegenomen, maar er is een algemene methode gehanteerd waarbij voor de verschillende maatregelen algemene eenheidsprijzen zijn gehanteerd. De kentallen die zijn gebruikt zijn gebaseerd op ervaringscijfers. Deze eenheidsprijzen zijn exclusief BTW en inclusief:

- Uitvoeringskosten, CAR-verzekering (opdrachtnemer): 10%;
- Algemene kosten, winst en risico (opdrachtnemer): 12%;
- Voorbereiding, toezicht en advies (opdrachtgever): 15%;
- Algemene onzekerheidsmarge: 40%.

Colofon

MAATREGELEN VOOR EEN KLIMAATBESTENDIGE STAD
THEMA WATEROVERLAST

KLANT
Gemeente Leeuwarden

AUTEUR
Joost Veurink

PROJECTNUMMER
31125000

ONZE REFERENTIE
R3VZ42T25XUC-384770270-3485:2

DATUM
13 december 2022

STATUS
Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Oldehoofsterkerkhof 2
Postbus 21000
8900 JA Leeuwarden
Telefoon 14058

Gemeente Leeuwarden

MEMO

Aan:	Evert Stellingwerf, Gijs Jacobse, Hein Kuiken
Van:	[redacted]
Datum:	1 maart 2023
Onderwerp:	Omvormen van Rioolheffing naar Riool- en Waterzorgheffing
Registratienummer:	
Kopie:	

Aanleiding: Waarom een andere heffing
In het Programma Water en Riolering 2023-2027, inclusief amendement, is vastgesteld dat we de bestaande rioolheffing willen omvormen naar een Riool- en Waterzorgheffing. Hiermee komt er een nieuwe basis voor de bekostiging van de rioolvervanging en de klimaatopgave.

Met de omvorming naar het VNG model vervalt de eis voor directe of indirecte aansluiting en is het mogelijk om (bijna) alle percelen aan te slaan voor heffing. Hiermee zal er meer recht worden gedaan aan de bredere invulling van de gemeentelijke watertaken. Bij de klimaatmaatregelen heeft namelijk elke inwoner baat.

Bij de vaststelling van het PWR is door de raad bij amendement besloten om het aanslaan van alle percelen eerst nader te onderzoeken waarbij de raad verschillende scenario's krijgt voorgelegd. Het niet belasten van de percelen in het buitengebied is één van de uit te werken scenario's.

Hiermee zijn de kaders gevormd voor het vervolgproces. In deze memo schetsen we het proces om te komen tot een voorstel voor een nieuwe heffingswijze.

Welke scenario's worden uitgewerkt
Het voorstel is om twee scenario's uit te werken met verschillende tariefscenario's:

1. *Conform het nieuwe model Riool- en Waterzorgheffing van de VNG.*
   De tariefopbouw kent een aparte rioolheffing en waterzorgheffing.
   Alleen percelen die (in)direct zijn aangesloten op de riolering worden aangeslagen voor beide heffingen.
2. *Scenario 1 + belasten van objecten die niet op de riolering zijn aangesloten voor de waterzorgheffing*
   Onder objecten verstaan we alle panden, bewoond en niet bewoond, die een WOZ beschikking ontvangen. Het gaat hierbij niet om landbouwgrond.

Naast deze twee scenario's is het mogelijk om de bestaande heffingswijze te handhaven. Het is immers niet verplicht om het nieuwe model van de VNG te volgen. De tariefopbouw blijft dan hetzelfde en wordt jaarlijks geïndexeerd.

Welke kaders en aandachtspunten gelden bij de uitwerking

1. *Het uitgangspunt is om de rioolheffing zuiver te houden.*

De opbrengsten van de rioolheffing mag alleen besteed worden aan de invulling van de waterzorgplichten van de gemeente. Met andere woorden de rioolheffing mag geheven worden ter bestrijding van de kosten die verbonden zijn aan riolering, hemelwaterafvoer en het voorkomen van nadelige grondwaterstand. Deze rioolheffing moet kostendekkend zijn en mag dus niet meer opleveren dan het kost. Er is dus geen mogelijkheid om hier een ander soort heffing in op te nemen.

Er zijn gemeenten die een deel van het onderhoud van het baggeren en de aanplant van bomen uit de rioolheffing bekostigen.
Gemeente Leeuwarden heeft voor het baggeren een voorzieningsregeling getroffen. Hierdoor is het niet nodig om de dekking elders te vinden.
Bij het financieren van aanplant van bomen uit de rioolheffing worden de randen van de wet opgezocht. We sluiten niet uit dat dit mogelijk bij andere gemeenten tot rechtelijke procedures gaat leiden. Deze mogelijke optie, is voor de gemeente Leeuwarden geen optie en maakt geen onderdeel uit van deze uitwerking.

2. *De wijze waarop we een eigen bijdrage vragen bij een eerste aanleg van het riool moet worden herzien.*

Als percelen in het buitengebied voor het eerst op de riolering worden aangesloten hanteert Gemeente Leeuwarden een eigen bijdrage in de aanlegkosten op openbaar terrein.
De eigen bijdrage is vastgelegd in de verordening rioolheffing. Achterliggende gedachte hierbij is dat iedereen uiteindelijk zelf de aanlegkosten van de riolering betaalt en daarnaast de waarde van de woning stijgt als de woning op riolering is aangesloten.
Hoewel we op advies van het juridisch bureau ANG bij de laatste aanpassing van de rioolheffing de grondslag voor de eigen bijdrage hebben gewijzigd, is de vraag of de grondslag voldoende onderbouwt is. Bij een onvolledige onderbouwing loopt de Gemeente Leeuwarden de kans dat het geen stand houdt in een rechterlijke procedure. We gaan de werkwijze herzien en eventueel aanpassen. In de uitwerking wordt o.a. gekeken naar de mogelijkheid om gebruik te maken van het sluiten van een overeenkomst.

Planning

Voorstel is om de 2 scenario's en tarief differentiatie uit te werken in een keuzenotitie. De planning is om deze notitie in juni 2023 met de raad te bespreken en een richting te bepalen. Vervolgens wordt de nieuwe Riool- en Waterzorgheffing uitgewerkt.

De planning ziet er als volgt uit:

- Ca 8 mei PO
- 30 mei besluitvorming college
- 7 juni informatieve raad
- 14 juni debatterende raad
- 18 oktober besluitvormende raad

De vaststelling dient plaats te vinden voordat de begroting 2024 in november 2023 wordt behandeld.

Voorstel verantwoordelijk wethouder
Dit onderwerp heeft raakvlakken met verschillende onderwerpen waarvoor ook verschillende wethouders verantwoordelijk zijn.

Omdat deze opdracht voortvloeit uit de besluitvorming van het PWR waarbij de nieuwe heffingsmethodiek die wordt uitgewerkt een klimaatheffing is, is het voorstel dat Evert Stellingwerf de verantwoordelijk wethouder wordt van dit dossier.

De wethouders Hein Kuiken en Gijs Jacobse worden tijdens het proces regelmatig geïnformeerd. Deze memo wordt geagendeerd voor een gezamenlijk PO met Evert Stellingwerf, Gijs Jacobse en Hein Kuiken.

2022
Informatieve raad 26 oktober
https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/1e0b88e4-df35-42e6-80dc-3f5dbb0cd96d

Debat raad behandeling en vaststelling PWR 14 december 2022
https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/1d380d4c-bc1c-4a28-aa5a-f80d0b08bda9

besluitvormende raad 21 december
https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/506c8849-a2f1-4d1c-beca-6f6acb8e710a

2023
publicatie college dinsdag 30 mei
https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/61796404-e047-447b-98b2-4bf440e1029c#6e1c1b27-f1f8-4c0a-b532-ba293ec7761d

informerende brief Riool- en waterzorgheffing
Bijlage bij informerende brief (overzicht met tarieven verschillende gemeenten Friesland)

woensdag 4 oktober informatieve raad
https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/eb5cf5e9-39cd-4f27-877e-040e9380569c

raadvoorstel Rioolheffing verordening + informerende brief
-behandelvoorstel
-PWR inspraakreactie De Princenhof
-Presentatie riool- en waterzorgheffing

woensdag 11 oktober informatieve raad
https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/b10bb330-9e3a-4164-a304-143677b3fafd

raadsvoorstel Rioolheffing Verordening

- Behandelvoorstel
- Toelichting inspreken bij informatieve bijeenkomst
- Beantwoording raadsvragen
- Beantwoording vragen van de insprekers
- Beantwoording vragen GBL
- Beantwoording vragen Lijst058

woensdag 29 november debatterende raad

https://leeuwarden.bestuurlijkeinformatie.nl/Agenda/Index/ddaa636b-6824-4b40-8926-805bc72cce4b

debat Rioolheffingverordening

- Behandelvoorstel
- juridische analyse scenario 1 Riool en waterzorgheffing

Agenda Leeuwarden - Besluitvorming (raad) woensdag 20 december 2023 19:30 - 22:30 - iBabs Publieksportaal (bestuurlijkeinformatie.nl)

- besluitenlijst
    - punt 5.2 Verordening Riool- en Waterzorgheffingen Leeuwarden 2024
- dossier 2492
- verordening Rioolheffingen Leeuwarden 2024
- Raadsvoorstel Verordening Riool—en Waterzorgheffingen Leeuwarden 2024
- Memo Fiscaliade advies vragen raad over tussenjaar

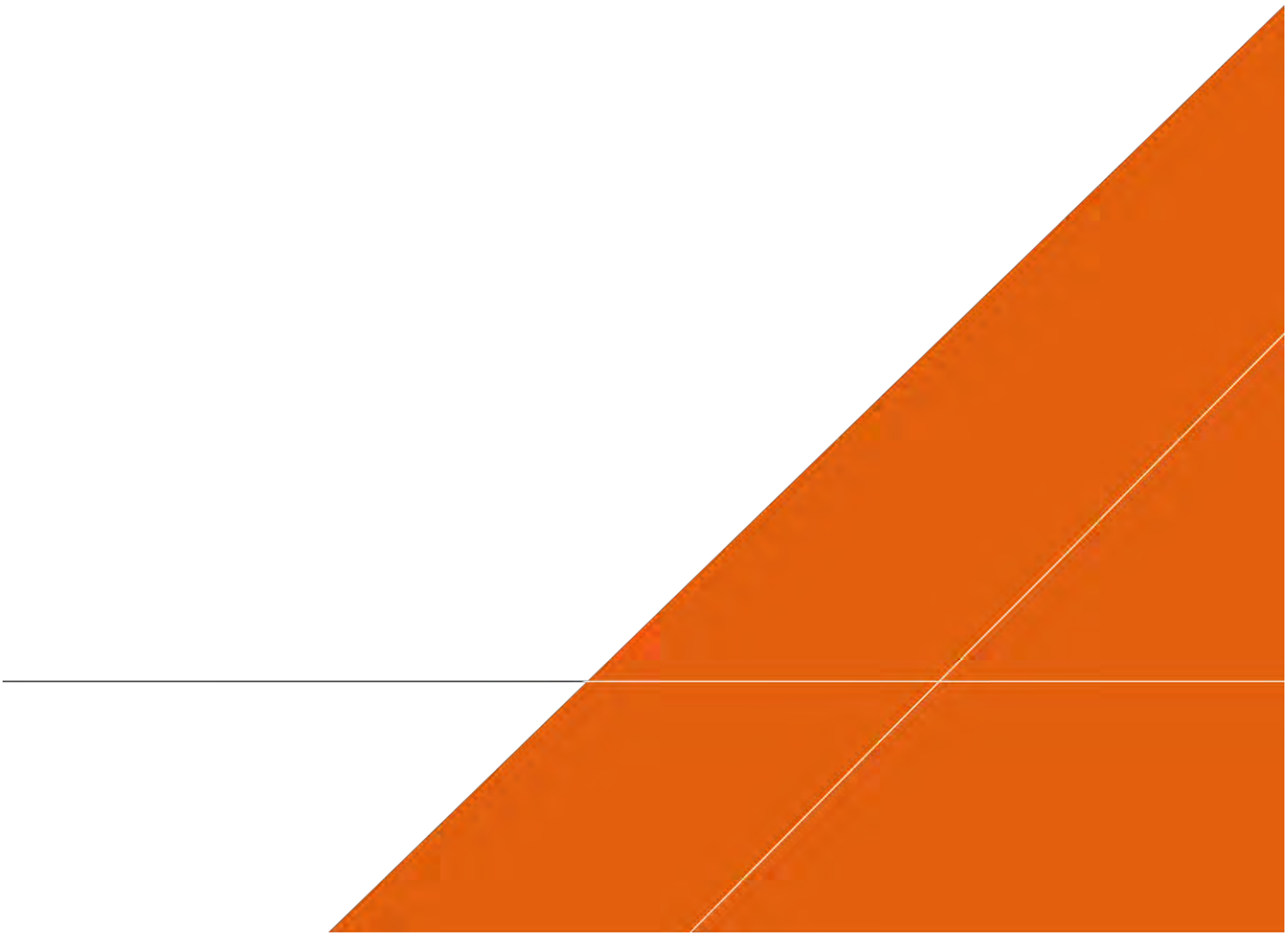
Amendementen

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

TOETSING EN STRESSTEST RIOOLSYSTEEM SNEKERKADE

Gemeente Leeuwarden

3 MAART 2021



Contactpersoon

[redacted]
Projectleider Stedelijk Water en Riolering

T +31 6 [redacted]
M +31 6 [redacted]
E [redacted]@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 4

2 UITGANGSPUNTEN 5

2.1 Ligging 5

2.2 Brongegevens 5

2.3 Modellering watersysteem Westeinde 5

2.4 Berekeningen 6

3 SYSTEEMBESCHRIJVING 7

3.1 Werking systeem 7

3.2 Constructies 8

3.3 Kenmerken 9

4 AANPAK EN RESULTATEN MODELVALIDATIE 10

4.1 Meetdata, selectie gemeten buien en uitgangspunten 10

4.2 Resultaten 11

4.3 Samenvatting en conclusies modelvalidatie 18

5 TOETSING FUNCTIONEREN HUIDIGE SITUATIE 19

5.1 Hevige neerslag 19

5.2 Extreme neerslag 19

5.3 Invloed watersysteem Westeinde 21

5.4 Knelpunten 23

6 MAATREGELEN VOOR HET VOORKOMEN VAN WATEROVERLAST 24

6.1 Omgeving Transvaalstraat / Valkstraat / Leeuweriklaan 24

6.2 Harlingerstraatweg 30

6.3 Tesselschadestraat 33

COLOFON 40

1 INLEIDING

De gemeente Leeuwarden wil meer inzicht krijgen in het functioneren van de riolering in het bemalingsgebied ‘Snekerkade’ in het westen van de stad Leeuwarden. De aanleiding hiervoor bestaat uit drie delen:

- De gemeente wil het rioleringsmodel actualiseren en toetsen aan metingen zodat meer inzicht ontstaat in de betrouwbaarheid van het model;
- De gemeente wil meer inzicht krijgen in de werking van het systeem zodat doelmatiger maatregelen kunnen worden getroffen;
- De gemeente wil een stresstest uitvoeren voor het gebied Snekerkade om inzicht te krijgen in kwetsbare locaties bij extreme neerslag, als niet alleen het maaiveld maar ook de riolering wordt meegenomen in het rekenmodel.

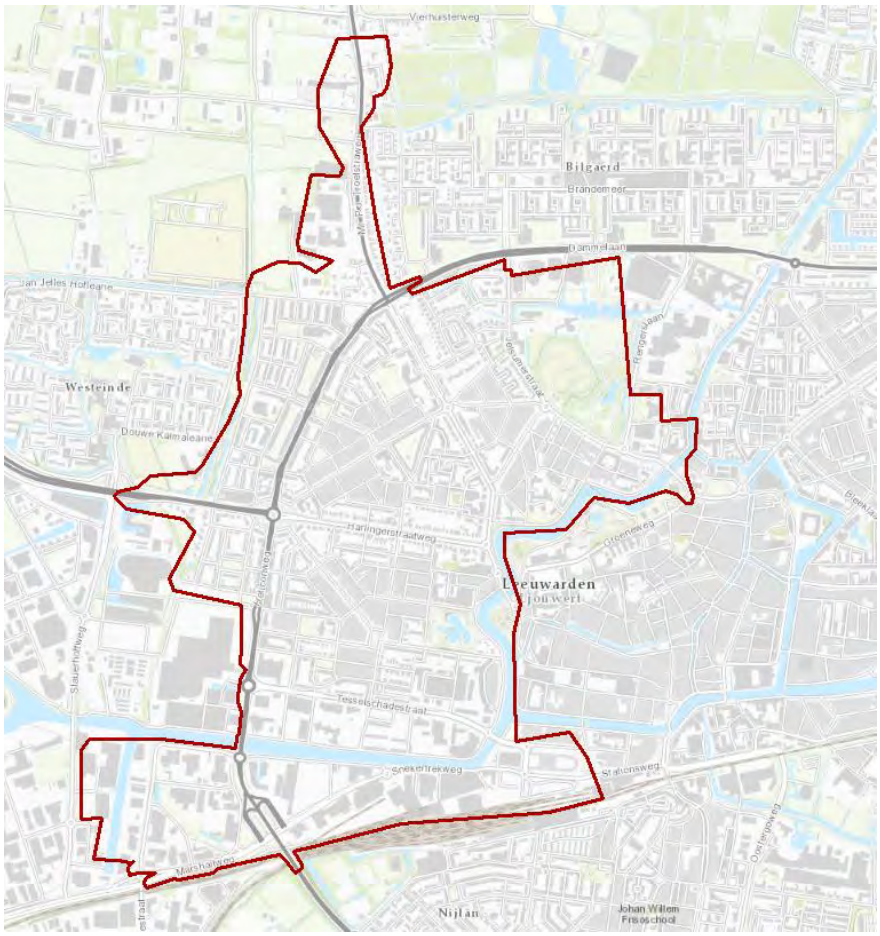
In dit rapport zijn de resultaten van het project vastgelegd. Daarvoor zijn in dit rapport verschillende onderwerpen beschreven. Een aantal van deze onderwerpen staat in zekere mate los van elkaar, daarom is er geen overkoepelende conclusie in het rapport opgenomen maar zijn er voor de deelonderwerpen waarvoor dit van toepassing is in de betreffende hoofdstukken conclusies opgenomen. Dit opbouw van dit rapport is als volgt:

- Gehanteerde uitgangspunten (hoofdstuk 2);
- Beschrijving van het systeem (hoofdstuk 3);
- Aanpak en resultaten van de modelvalidatie (hoofdstuk 4);
- Toetsing van de werking van het systeem bij extreme buien (hoofdstuk 5);
- Maatregelen om de werking van het systeem te verbeteren en overlast en/of schade te voorkomen (hoofdstuk 6).

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Ligging

Het bemalingsgebied Snekerkade ligt ten westen van het centrum van Leeuwarden. Het gebied is genoemd naar het gemaal van het gebied dat aan de Snekerkade ligt. In onderstaande figuur is de liggin van het gebied weergegeven.



Figuur 1. Bemalingsgebied Snekerkade

2.2 Brongegevens

Voor het onderzoek naar het functioneren van het bemalingsgebied Snekerkade is ervoor gekozen om gebruik te maken van het model dat is opgebouwd voor het BRP uit 2014. Dit model is op een aantal punten geactualiseerd en verbeterd:

- BOB's van het riool in de Tesselschadestraat zijn ingemeten en aangepast;
- BOB's van het riool in de Zwettestraat zijn ingemeten en aangepast;
- Diverse ontwikkelingen zijn opgenomen in het model: het LPF terrein, het ontwikkelgebied Tesselschadestraat, Europaplein en het Bonifatiuspark;
- Het aangesloten verhard oppervlak is geactualiseerd.

2.3 Modellering watersysteem Westeinde

Er bestaan vermoedens dat het peil in delen van het watersysteem van Westeinde, waarop het bergbezinkbassin aan de Euterpestraat loost, snel kan stijgen bij hevige buien waardoor de afvoercapaciteit van het rioolstelsel kan worden belemmerd. Om het effect hiervan te onderzoeken op het risico op water-op-straat is het watersysteem van Westeinde opgenomen in het rioleringsmodel. Hiervoor is gebruik gemaakt van watervlakken uit de BGT en duikers, stuwen en het gemaal uit het beheerbestand van de gemeente.

Waar gegevens over de hoogteligging van duikers ontbreken is als uitgangspunt gehanteerd dat duikers met een afmeting van 500 mm of kleiner geheel onder water liggen en duikers met een afmeting van 600 mm of groter ligt 20 cm ervan boven water ligt.

2.4 Berekeningen

In de eerste plaats is een ‘1D-rioleringmodel’ gebouwd, een model dat alle ondergrondse infra (zoals de putten en leidingen) en de bijbehorende infrastructuur bevat (zoals overstorten, gemalen, etc). Dit model is gebruikt voor de modelvalidatie. Uitgangspunten die voor de validatie zijn gehanteerd zijn beschreven in hoofdstuk 4 van dit rapport (in dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de validatie) Aan het 1D-model zijn de oppervlakken gekoppeld van de wegen en daken die afvoeren naar het riool. Op basis hiervan voert neerslag af naar de riolering.

Voor berekeningen met zware en extreme neerslag is een maaiveldmodel toegevoegd aan het rioleringsmodel. Dit maaiveldmodel is door middel van kolken gekoppeld aan het 1D-model. De kolken zijn aangeleverd door de gemeente en afkomstig uit het beheerbestand. De wegoppervlakken die in het 1D-model aan het riool zijn gekoppeld zijn van het model verwijderd omdat neerslag in het 2D-model op het maaiveldmodel ‘valt’. Daken zijn hierop een uitzondering, neerslag van daken komt direct in de riolering terecht. De afstroming hiervan vindt plaats op basis van het NWRW inloopmodel. Neerslag die op het maaiveldmodel valt komt tot afstroming en waar het kolken kan bereiken stroomt dit water het de riolering in. Bij extreme buien kan zo ook onverhard oppervlak tot afstroming komen. Waar de riolering onvoldoende capaciteit heeft kan het water over maaiveld afvloeien en mogelijk elders, als daar voldoende ruimte in het riool is, het riool weer instromen. Door deze wijze van modelleren wordt de werkelijke situatie zo nauwkeurig mogelijk gesimuleerd.

De kolken die aan het model zijn toegevoegd zijn enigszins verplaatst, zodat ze in de goot van de rijbaan liggen. Bij veel trottoirkolken liggen de coördinaten in het trottoir wat doorgaans hoger ligt dan de weg, zodat water niet van de weg het riool in kan stromen als kolken niet naar de rijbaan worden verplaatst.

Voor berekeningen is gebruik gemaakt van hevige buien (voor de berekeningen binnen dit project bui 09 uit de Kennisbank Stedelijk Water van Rioned) en van extreme buien (blokbuien) van 60 en 100 mm in een uur. De bui van 60 mm/uur is gehanteerd om het effect van maatregelen inzichtelijk te maken.

3 SYSTEEMBESCHRIJVING

3.1 Werking systeem

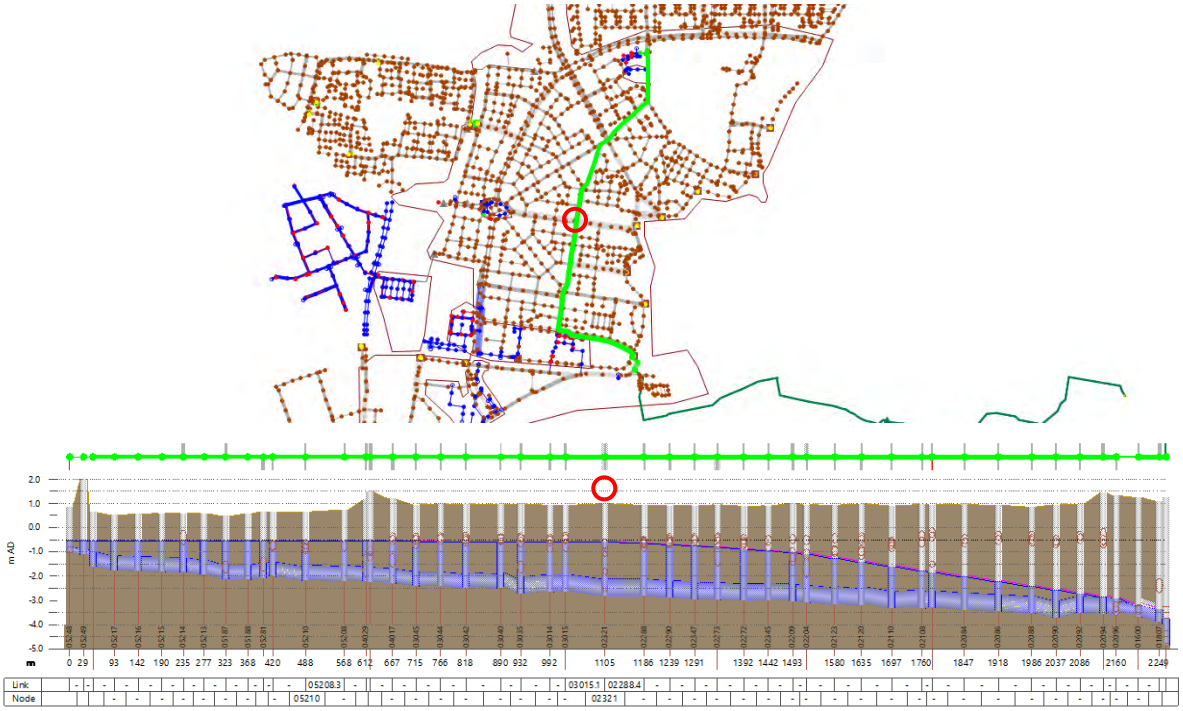
Het bemalingsgebied Snekerkade is een gemengd rioolstelsel. Er is 159,7 ha verhard oppervlak aangesloten. Het gebied heeft een gemaal (capaciteit 2.340 m^3/uur) dat het rioolwater verpompt richting de RWZI. Er zijn 15 overstorten waarvan één (locatie Euterpestraat) is uitgevoerd als bergbezinkbassin. Op het gebied wordt vanuit verschillende andere gebieden geïnjecteerd. Voor de validatie van het rekenmodel is uitgegaan van de volgende injecties:

- Westeinde: 211 m3/uur;
- Bilgaard: 412 m3/uur;
- BBB Snekerkade: 60 m3/uur;
- Fahrenheitweg: 520 m3/uur;
- Rengerslaan: 32 m3/uur;
- Slauerhofweg: 51 m3/uur;
- Vierhuisterweg: 15 m3/uur.

Afwijkingen in de omvang van de injecties zijn van grote invloed op het functioneren van het bemalingsgebied Snekerkade. Daarom is de omvang zo goed mogelijk gecontroleerd op basis van metingen, maar omdat deze niet overal beschikbaar zijn, moet er rekening mee worden gehouden dat injecties in werkelijkheid (iets) kunnen afwijken.

Het totaal aan injecties (inclusief het BBB) op bemalingsgebied Snekerkade bedraagt 1.301 m^3/u. Ruim de helft van het water dat wordt verpompt door gemaal Snekerkade, is afkomstig van injecties van buiten het bemalingsgebied. Deze injecties injecteren grotendeels in het vrijvervalsysteem van Snekerkade en stromen door het stelsel naar het eindgemaal. In tegenstelling tot de meeste rioolstelsels, fungeert het rioolstelsel van Snekerkade een ‘doorvoergebied’. Dit heeft consequenties voor het functioneren van het rioolstelsel. In systemen waarbij de doorvoer beperkt is vult een rioolstelsel zich bij neerslag, vinden eventueel overstorten plaats waarbij water vanuit het stelsel naar de overstorten stroomt, en nadat het peil in het hele rioolstelsel is gedaald tot het niveau van de laagste overstort wordt het stelsel langzaam leeggepompt door het eindgemaal. Dit gaat relatief traag (vaak in orde grootte 10 uur). Hierdoor is er nauwelijks stroming in het stelsel is er binnen het bemalingsgebied nauwelijks verhang in de waterlijn zichtbaar is.

In Snekerkade blijkt dat er na een bui juist veel verhang in het stelsel aanwezig blijft totdat het stelsel is geledigd. Dit komt doordat de injecties op het systeem groot zijn en het water over grote afstand door het vrijvervalriool wordt getransporteerd. Er stroomt dermate veel water door het rioolstelsel, dat het stelsel bij het gemaal al is geledigd, maar bovenstrooms nog grotendeels is gevuld. In onderstaande figuur is de verhanglijn in het rioolstelsel weergegeven na een hevige regenbui (waarbij een overstort heeft plaatsgevonden). Deze situatie levert in de praktijk geen knelpunten op, maar heeft wel consequenties voor de aanpak van de modelvalidatie.



Figuur 2. Doorsnede over het tracé van de groene lijn in het bovenste deel van de figuur met het verhang van de waterlijn bij het leegpompen van het rioolstelsel. De locatie van de rode cirkel in de doorsnede komt overeen met de locatie van de rode cirkel in de overzichtskaart erboven.

Er kan worden gesteld dat de afvoercapaciteit van de leidingen naar het gemaal in het stelsel van Snekerkade klein is in relatie tot de hoeveelheid water die wordt doorgevoerd. In de praktijk lijken er echter geen problemen op te treden.

Consequenties voor de modelvalidatie
Bij een modelvalidatie wordt doorgaans op basis van niveaumetingen geanalyseerd hoe het stelsel werkt. De mate waarin waterstanden stijgen en dalen, zegt iets over het aangesloten verhard oppervlak en de injecties en gemaalcapaciteit. In Snekerkade is het aandeel injecties in relatie tot de pompcapaciteit dermate groot, dat er een groot verhang in het rioolstelsel aanwezig blijft na een bui. Hierdoor is een nauwkeurige validatie volgens de gebruikelijke methode niet haalbaar. Bijvoorbeeld: als in Snekerkade wordt geconstateerd dat waterstanden in werkelijkheid sneller stijgen dan in het model, kan niet goed worden vastgesteld of dit wordt veroorzaakt door een afwijking in het aangesloten oppervlak (zoals meestal wel mogelijk is), of door een afwijking in de injecties. Hetzelfde geldt bij een afwijking in het leegpompgedrag: er kan niet worden vastgesteld of verschillen veroorzaakt worden door een afwijking in de gemaalcapaciteit of dat injecties op het gebied afwijken. Hierdoor is het is minder goed mogelijk om vast te stellen wat oorzaken zijn van verschillen tussen het model en de metingen.

Op basis van verschillende buien is wel geprobeerd om zoveel mogelijk inzicht te krijgen in de verschillen tussen model en werkelijkheid, ook waar het de stroming van injectiewater door het stelsel betreft.

3.2 Constructies

In het rioolstelsel van Snekerkade zijn de volgende overstorten en randvoorzieningen aanwezig.

Tabel 1. Overstorten en randvoorzieningen

Putnummer	Locatie	Drempelhoogte [mNAP]	Drempelbreedte [m]	Randvoorziening
02058	Heliconweg	-0.060	6.25	
02095	Harlingertrekweg	-0.060	2.50	
02237	Fonteinstraat	-0.060	2.25	

02257	Westersingel	-0.060	3.40	
03003	Spanjaardslaan	-0.060	3.55	
05067	Camstraburen	-0.060	2.00	
05109	Noordersingel	-0.060	1.75	
05117	Noordersingel	-0.060	3.50	
05164	Dokkumertrekweg	-0.060	1.60	
18008	Euterpestraat	-0.060	12.00	BBB, 600 m^3
18600	Mr. P.J. Troelstraweg	0.340	1.40	
38025	Snekertrekweg	-0.060	2.50	
38034	Snekertrekweg	-0.060	2.65	
38035	Snekertrekweg	-0.060	2.65	
02012	Harlingertrekweg	-0.060	1.60	

3.3 Kenmerken

De kenmerken van het bemalingsgebied van Snekerkade zijn beschreven in onderstaande tabel.

Tabel 2. Kenmerken Snekerkade

Onderdeel	Waarde
Inwoners	10.383
Afvoer bedrijven [m^3/u]	164,0
Droogweerafvoer [m^3/u]	267,8
Injecties [m^3/u]	1.301,0
Aangesloten verhard oppervlak gemengd [ha]	138,3
Aangesloten verhard oppervlak hwa [ha]	6,6
Gemaalcapaciteit [m^3/u]	2.310
Pompovercapaciteit [m^3/u]	741,2
Pompovercapaciteit [mm/u]	0,52
Stelselberging + berging randvoorziening [m^3]	11.206 + 600 = 11.806
Stelselberging + berging randvoorziening [mm]	8,10 + 0,43 = 8,53

4 AANPAK EN RESULTATEN MODELVALIDATIE

Voor de modelvalidatie is een aanpak gehanteerd die bestaat uit 6 stappen:
1. Het bestaande model is geactualiseerd op basis van het beheerbestand van de gemeente;
2. Er zijn buien geselecteerd die geschikt zijn voor de modelvalidatie;
3. Er zijn modelberekeningen uitgevoerd met de huidige situatie met het rekenmodel. De berekende waterstanden op de locaties van de meetpunten in de riolering zijn vergeleken met de metingen die op deze locaties zijn verzameld;
4. De verschillen tussen het model en werkelijkheid zijn geanalyseerd;
5. In het model is gevarieerd met het aangesloten verhard oppervlak, de grootte van injecties en met sediment en weerstand in de afvoertracés. Door resultaten te analyseren, wordt er inzicht gverkregen in mogelijke oorzaken van verschillen;
6. De resultaten zijn besproken in een werksessie met de gemeente. Gezamenlijk zijn conclusies getrokken zodat lokale kennis kon worden benut. Op basis van de conclusies zijn vervolgstappen vastgesteld.

4.1 Meetdata, selectie gemeten buien en uitgangspunten

Er zijn metingen verzameld uit de riolering over een periode van 1 jaar, grofweg vanaf augustus 2018 t/m augustus 2019. De buien zijn geselecteerd op basis van de neerslagmetingen die de gemeente uitvoert aan de Greunsweg en de Jeugdweg. De neerslagmeter aan de Jeugdweg meet bij verschillende buien 0 mm. Mogelijk functioneert de neerslagmeter niet goed. Aanbevolen wordt om deze neerslagmeter in het veld te controleren. De neerslagmeter aan de Greunsweg (RWZI) is wel bruikbaar, maar ligt verder bij het bemalingsgebied Snekerkade vandaan (3 tot 3,5 km). Idealiter ligt een neerslagmeter tot 1 km van het beschouwde gebied. Een te grote afstand kan leiden tot verkeerde conclusies bij de modelvalidatie. Omdat er geen alternatief is voor de neerslagmeter aan de Greunsweg, is ervoor gekozen om deze metingen toch voor de validatie te gebruiken.

Buien die voor validatie bruikbaar zijn, duren bij voorkeur kort en zijn ‘hevig’. Daarnaast worden bij voorkeur enkele buien gekozen die niet, en enkele die wel tot overstorting komen.

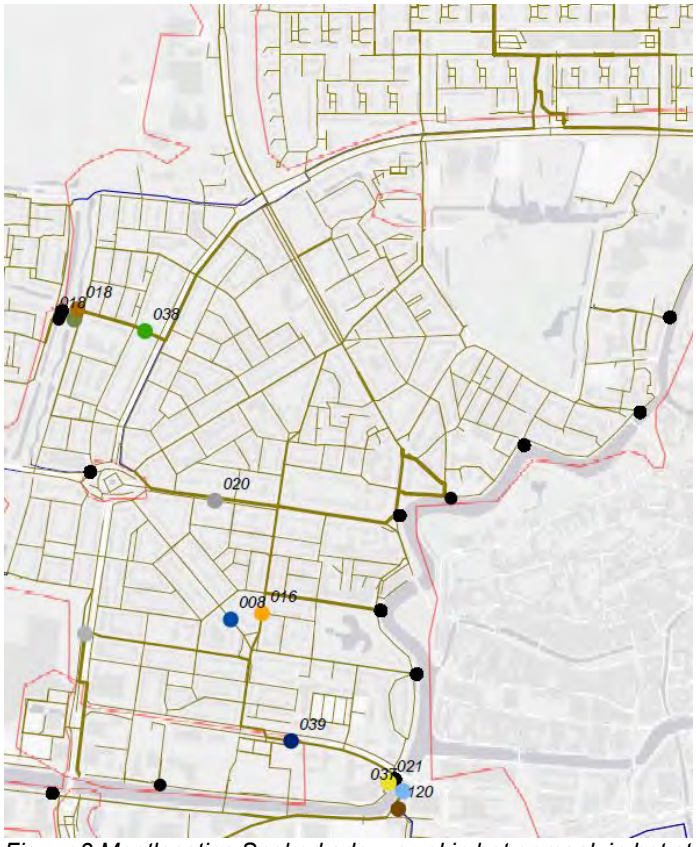
Er hebben weinig overstorten plaatsgevonden in de beschouwde periode. In de zomerperiode is één geschikte bui gevonden die tot overstorting komt, daarnaast zijn er drie buien geselecteerd die niet tot overstorting komen. Bij één bui hiervan (15 juni 2019) zijn de verschillen tussen het model en de metingen groot. Uit analyse van beelden van de neerslagradar blijkt dat de betreffende bui zeer lokaal viel en er over een kleine afstand sprake is van grote verschillen. Naar verwachting heeft het geregend aan de Greunsweg, maar is het droog gebleven in Snekerkade. Deze bui is hierdoor niet geschikt voor validatie en is niet verder meegenomen in de analyse.

De volgende buien zijn voor de modelvalidatie gebruikt:
1. 26 mei 2019 (8 mm in 2 uur, geen overstort);
2. 12 juli 2019 (27 mm in 3 uur, overstort);
3. 18 juli 2019 (4,25 mm in 1,5 uur, geen overstort).

Naast neerslagdata wordt voor de validatie gebruik gemaakt van niveaumetingen uit de riolering en debietmetingen van gemalen. Bij de selectie van de meetdata is het opgevallen dat in de registratie van gemaal Westeinde soms data lijkt te ontbreken.

De niveauregistratie van gemaal Snekerkade geeft hogere meetwaarden en snellere waterstijgingen dan omliggende meetpunten. Hieruit is geconcludeerd dat het waarschijnlijk is dat de niveauregistratie van gemaal Snekerkade niet betrouwbaar is. De registratie van pieken en het verloop van de waterstand is wel bruikbaar, de exact geregistreerde waterhoogte niet. Voor de validatie kan hiervoor (grotendeels) het niveau worden gehanteerd dat bovenstrooms van de zinker voor het gemaal is gemeten.

In het bemalingsgebied Snekerkade wordt op verschillende locaties gemeten. In de riolering en in de gemalen worden niveaus gemeten. Daarnaast zijn er gemeten debieten beschikbaar van het gemaal Snekerkade. In onderstaande figuur is een overzicht van de ligging van de meetlocaties weergegeven.



Figuur 3 Meetlocaties Snekerkade, zowel in het gemaal, in het stelsel als bij overstorten (gekleurde punten), en de overige overstorten (zwarte punten).

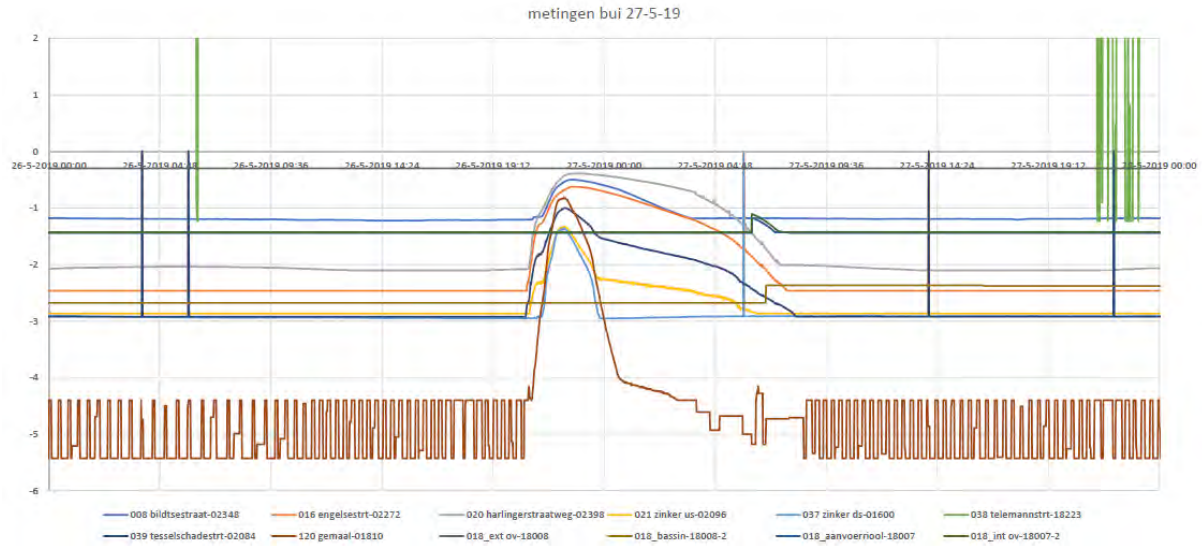
Het model dat is gebruikt voor de modelvalidatie is een 1D-rioleringsmodel van het bemalingsgebied waarin het verhard oppervlak van wegen en daken is aangesloten op de riolering (alleen oppervlakken zijn aangesloten waarvan wordt verondersteld dat deze in werkelijkheid naar het riool afvoeren). Het model dat voor de validatie is gebruikt bevat geen maaiveldmodel. Ook het watersysteem is niet in het model opgenomen.

4.2 Resultaten

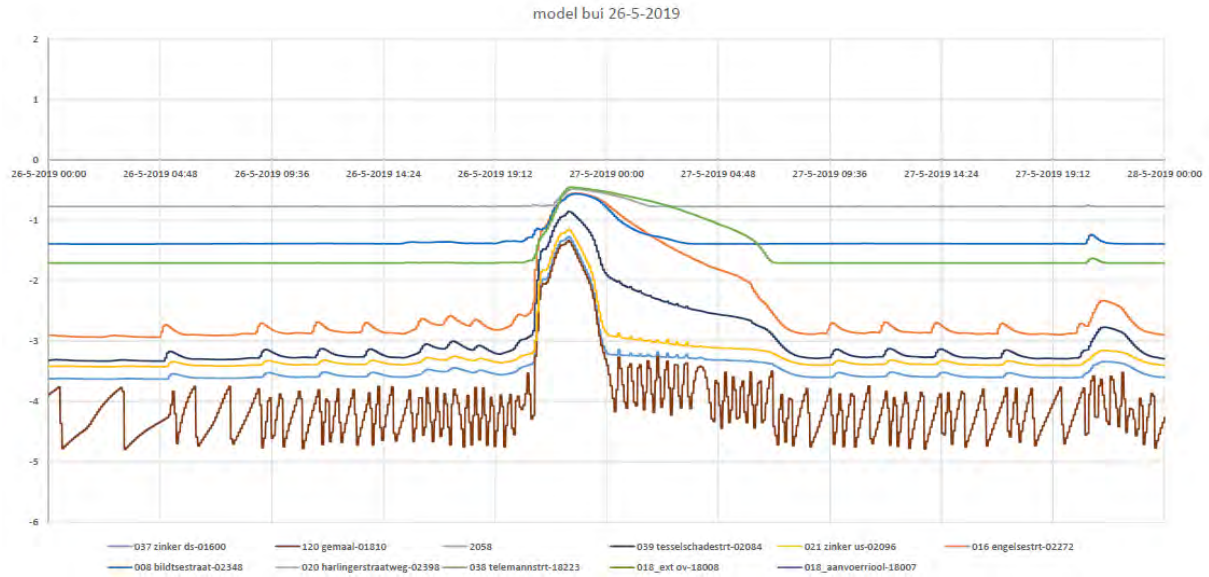
In deze paragraaf is per bui het resultaat van de modelvalidatie toegelicht. In paragraaf 4.3 zijn de resultaten samengevat en zijn de conclusies beschreven.

Bui 26 mei 2019

Bij de modelvalidatie zijn modelresultaten vergeleken met metingen. In de figuren 4 en 5 zijn respectievelijk de metingen en de modelberekeningen weergegeven. De gehanteerde kleuren in de grafieken verwijzen naar de meetlocaties die zijn weergegeven in figuur 3.



Figuur 4. Metingen bui 26 mei



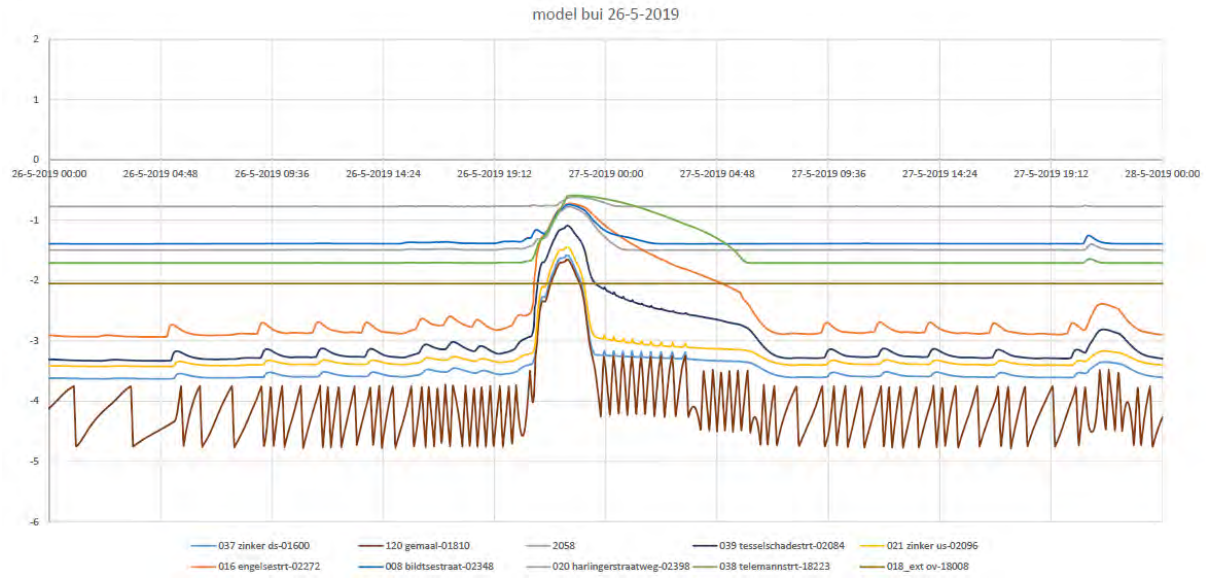
Figuur 5. Modelberekeningen bui 26 mei van het model 'huidige situatie'

Bij de bui van 26 mei vindt geen overstorting plaats. Uit de figuren blijkt dat niveaus in werkelijkheid (in de metingen) en in het model, tijdens het leegpompen van het rioolstelsel (dus na de neerslagpiek) bovenstrooms in het rioolstelsel (oranje en donkerblauwe lijn) lange tijd hoger zijn dan benedenstrooms in het riool (bij de zinker -gele lijn- en het gemaal -bruine lijn-). In zowel het model als in werkelijkheid is er tijdens het leegpompen van het rioolstelsel sprake van een groot verhang in het riool, grotendeels doordat er veel water wordt doorgevoerd van injecties die op het gebied van Snekerkade injecteren. De patronen zijn in zowel de werkelijkheid als in het model vergelijkbaar.

Verder valt op dat de metingen bij de zinker (gele en lichtblauwe lijn) in het model sneller dalen dan in werkelijkheid. Dit wordt naar verwachting veroorzaakt door een modelfout die naar aanleiding van dit verschil aan het licht is gekomen. In het model liggen de drie leidingen van de zinker vlak voor het gemaal op gelijke hoogte, terwijl deze in werkelijkheid onder elkaar liggen. Aanvullende modelberekeningen die naar aanleiding van deze bevindingen zijn uitgevoerd, tonen aan dat het verschil hiermee kan worden verklaard (hierop wordt later in dit hoofdstuk nader ingegaan).

Verder is het opvallend dat tijdens de neerslagpiek in het model hogere waterstanden worden berekend dan worden gemeten. Een gevoeligheidsanalyse laat zien dat met een kleiner aangesloten verhard oppervlak modelresultaten worden berekend die nauwkeuriger op de metingen passen. In onderstaande figuur zijn modelresultaten weergegeven waarbij het model is aangepast zodat is gerekend met een aangesloten

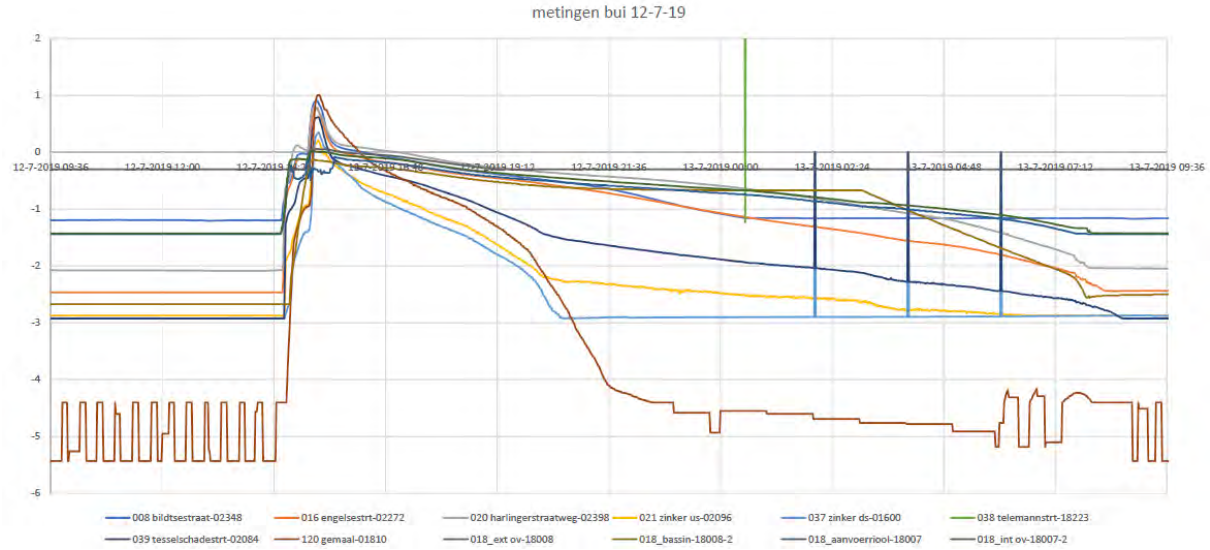
verhard oppervlak dat 15% kleiner is. Op basis van de rekenresultaten hiervan bij de bui van 26 mei 2019 wordt het plausibel geacht dat het aangesloten verhard oppervlak in het bemalingsgebied Snekerkade kleiner is dan in de huidige situatie van het model, naar verwachting is het aangesloten oppervlak tussen 0 en 15% kleiner dan in het model is aangenomen.



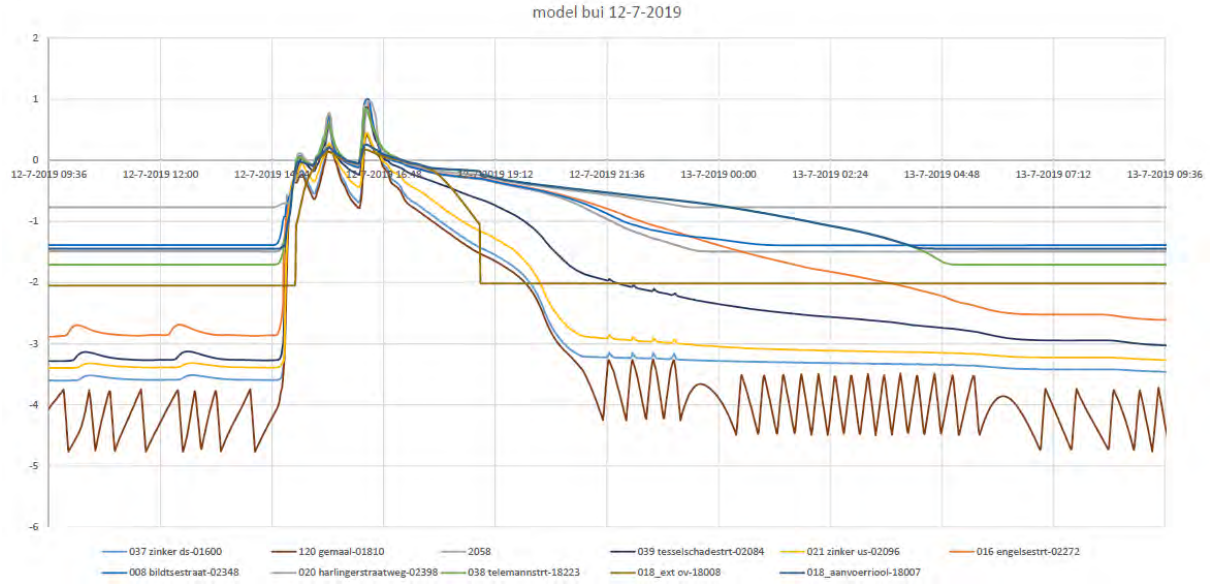
Figuur 6. Modelresultaten bij een aangesloten verhard oppervlak dat 15% kleiner is dan in de huidige situatie

Bui 12 juli 2019

In onderstaande figuren zijn metingen en modelresultaten weergegeven voor de bui van 12 juli 2019.

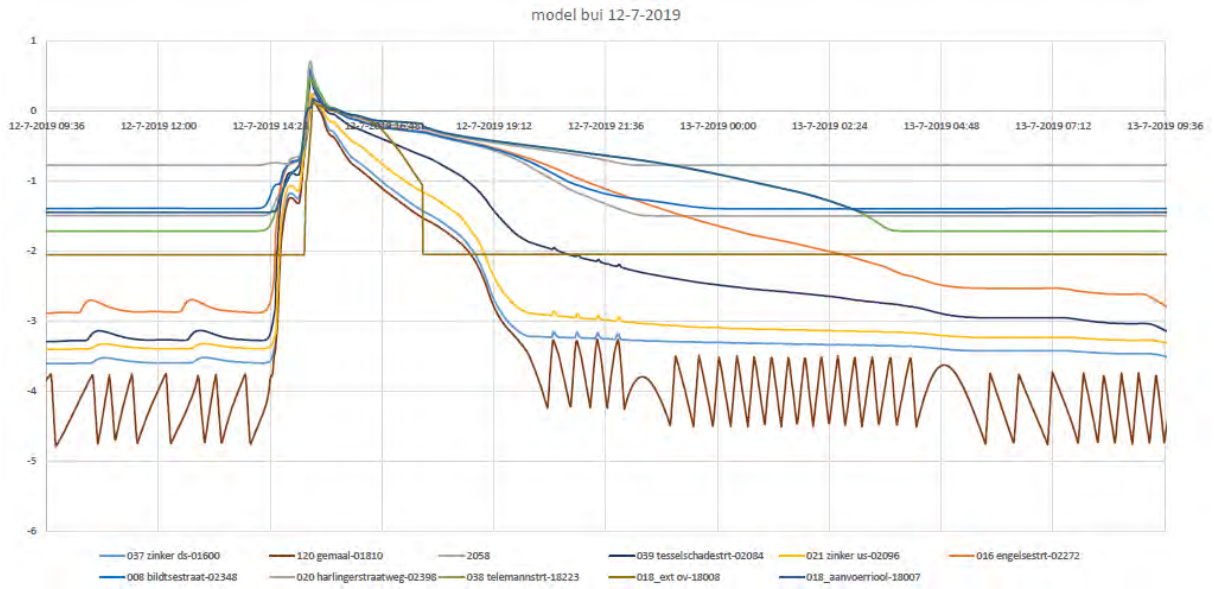


Figuur 7. Metingen bui 12 juli 2019 (de vier scherpe pieken in de rechter helft van de figuur zijn meetfouten en kunnen worden genegeerd)



Figuur 8. Resultaten van de bui van 12 juli 2019 met het model van de 'huidige situatie'

Opvallend is dat tijdens de hoogst gemeten waterstanden in werkelijkheid minder pieken zichtbaar zijn dan in de modelresultaten (één piek in werkelijkheid, drie in de metingen). Het verschil tussen model en werkelijkheid bij deze bui is groot. Nadat de modelvalidatie is uitgevoerd, is naderhand een aanvullende controleberekening uitgevoerd met neerslagmetingen van de neerslagradar (Hydronet) om vast te stellen of hiermee betere overeenkomsten worden bereikt dan met de gemeten neerslag aan de Greunsweg, ver bij het bemalingsgebied vandaan. Het blijkt dat berekeningen op basis van de neerslagradar, aanzienlijk beter overeenkomen met de gemeten bui. In de onderstaande figuur is het resultaat van de modelberekening weergegeven met de bui o.b.v. Hydronet. Deze verbetering heeft met name betrekking op de pieken tijdens de neerslag, het verschil in leegpompgedrag is slechts beperkt.



Figuur 9. Modelberekening (model van huidige situatie) met neerslag volgens de neerslagradar.

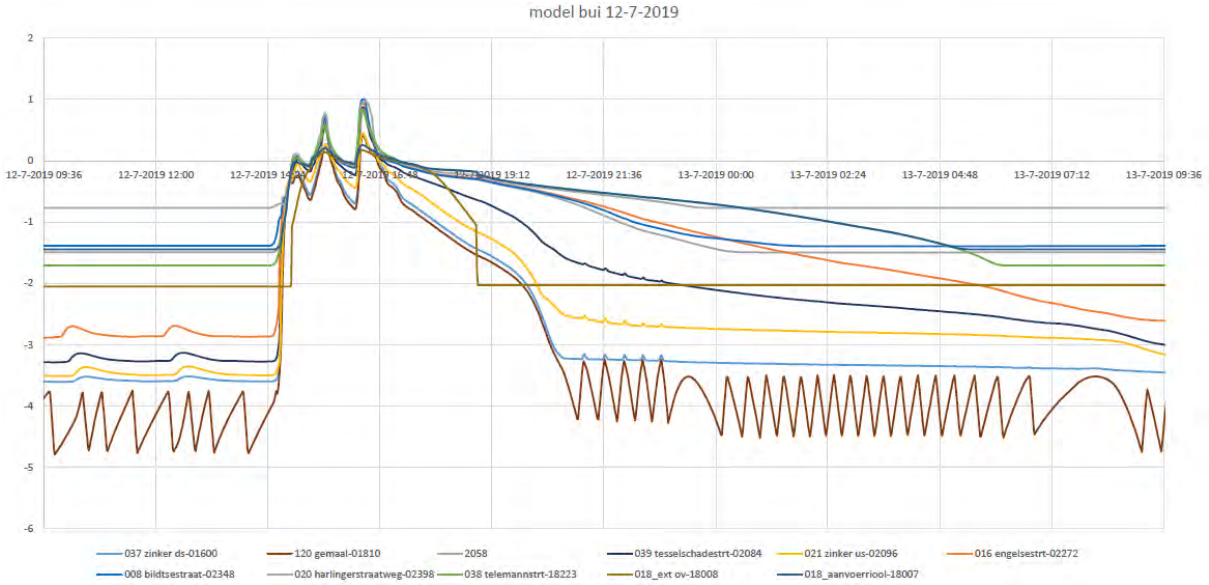
Er kan worden gesteld dat de gemeten neerslag bij de bui van 12 juli 2019 aan de Greunsweg te veel verschilt met de neerslag die is gevallen in het bemalingsgebied Snekerkade, er wordt vanuit gegaan door dat dit komt door lokale verschillen in de bui en de grote afstand tussen de neerslagmeter en het gebied Snekerkade.

De berekening met neerslag van de neerslagradar is gemaakt nadat de volledige modelvalidatie is uitgevoerd. Er is echter voor gekozen om niet alle berekeningen die in het kader van de modelvalidatie zijn uitgevoerd opnieuw te maken op basis van de volgende afweging:

- De bui komt tot overstorting waardoor het niet mogelijk is om betrouwbare conclusies te trekken over het verhard oppervlak en het gedrag in de neerslagpiek en een extra validatieslag naar verwachting niet tot veel toegevoegde waarde leidt;
- De conclusies die worden getrokken op basis van de gevoeligheidsanalyse van de gemeten neerslag zullen niet wijzigen doordat deze betrekking hebben op het leegpompgedrag.
- Van metingen van de neerslagradar is bekend dat deze een betrouwbaarder beeld geven dan lokale neerslagmeters waar het gaat over de spreiding van de neerslag, maar de hoeveelheid geregistreerde neerslag wijkt bij de neerslagradar vaak af. Deze data is hierdoor meestal beperkt bruikbaar voor modelvalidatie. Daarnaast is het niet mogelijk om vast te stellen hoe betrouwbaar de neerslagregistratie is zonder betrouwbare lokale neerslagmetingen in of dichtbij het beschouwde bemalingsgebied.

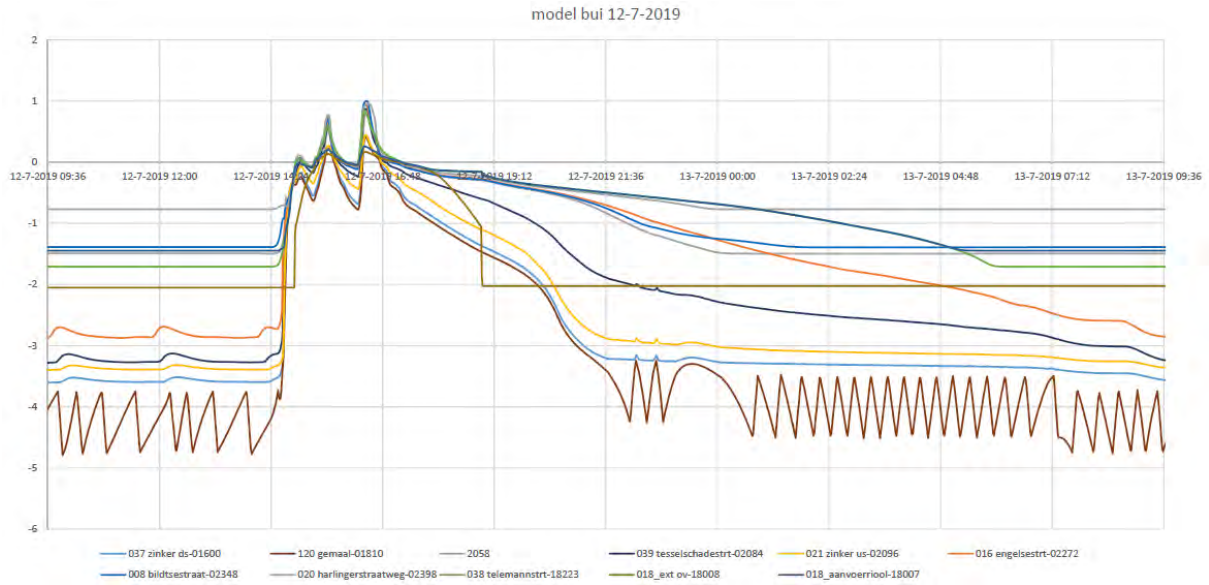
De hierna volgende bevindingen zijn gebaseerd op de berekeningen die zijn uitgevoerd voordat de berekening is gemaakt met de metingen van de neerslagradar, dus op basis van de gemeten neerslag aan de Greunsweg. Deze bevindingen hebben betrekking op het leegpompgedrag van het stelsel waardoor deze conclusies niet zullen afwijken door het gebruik van andere neerslaggebeurtenissen.

Het ledigingsgedrag in het gemaal in de metingen (bruine lijn in figuur 7) en in het model (bruine lijn in figuur 8) komt goed overeen. Hetzelfde geldt voor de meting benedenstrooms van de zinker, vlakbij het gemaal (lichtblauwe lijn). De meting bovenstrooms van de zinker laat echter een afwijkend patroon zien. Dit duidt op een verschil in de geometrie van de zinker tussen het model en de werkelijke situatie. Op basis van tekeningen is gebleken dat de drie leidingen van de zinker in werkelijkheid boven elkaar liggen, en niet naast elkaar zoals in het model. Een berekening met verbetering van de zinker in het model laat zien dat resultaten vervolgens beter overeenkomen.



Figuur 10. Modelberekening met de geometrie van de zinker verbeterd, vergelijk het ledigingsgedrag bovenstrooms van de zinker (gele lijn) met de metingen in figuur 7 en de modelberekening in figuur 8

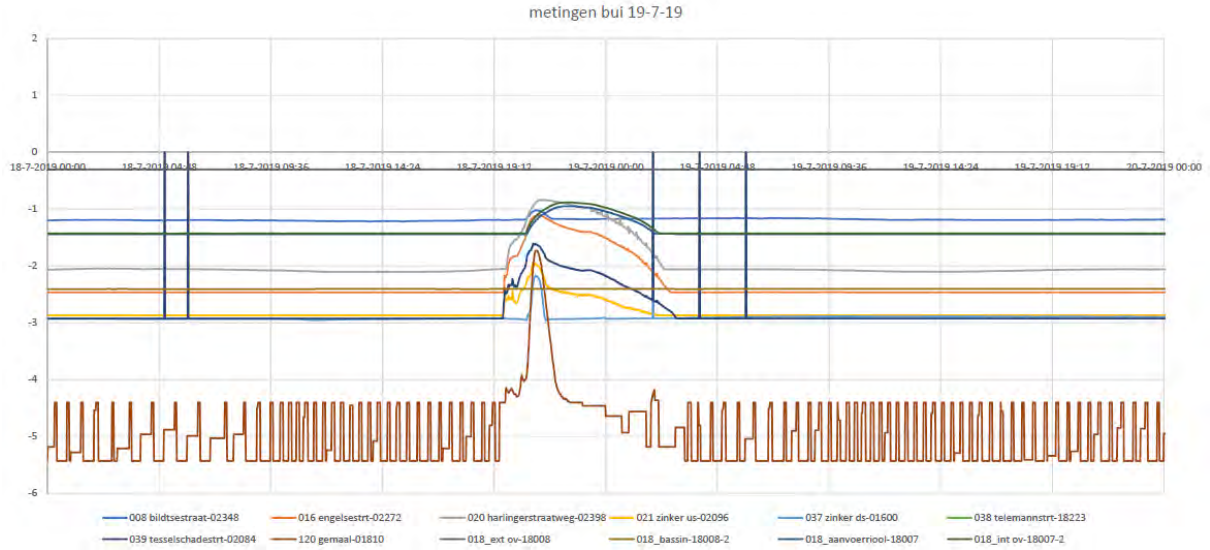
Na de neerslag, en als het is gestopt met overstorten, wordt het stelsel geledigd door het gemaal (maar tegelijkertijd nog gevuld door de injecterende gebieden). Het tempo waarin het systeem geledigd wordt, staat los van de hoeveelheid neerslag die is gevallen. Ondanks dat er bij de bui verschillen zichtbaar zijn tussen de werkelijke en gemeten situatie, kan de bui worden gebruikt om het leegpompgedrag te analyseren. Het valt op dat het systeem in werkelijkheid (in de metingen in figuur 7) minder snel ledigt dan in het model. Dit geldt met name voor metingen ‘hoog’ in het stelsel, aan de noordkant van het gebied. Nabij het gemaal en de zinker (‘laag’ in het stelsel) is de leegpomptijd vergelijkbaar. Er is nagegaan of oorzaken van dit verschil kunnen liggen in een hogere leidingweerstand in het afvoertracé of sediment. Berekeningen met een leidingweerstand van 7,5 mm (k-waarde) of een sedimentlaag van 7,5 cm blijken tot geen enkele verbetering van het model te leiden. Het verhogen van de injecties op het model (+10%) geeft een aanzienlijke verbetering waarbij modelresultaten aanzienlijk beter op de metingen lijken. In onderstaande figuur is het resultaat weergegeven van een modelberekening met 10% grotere injecties.



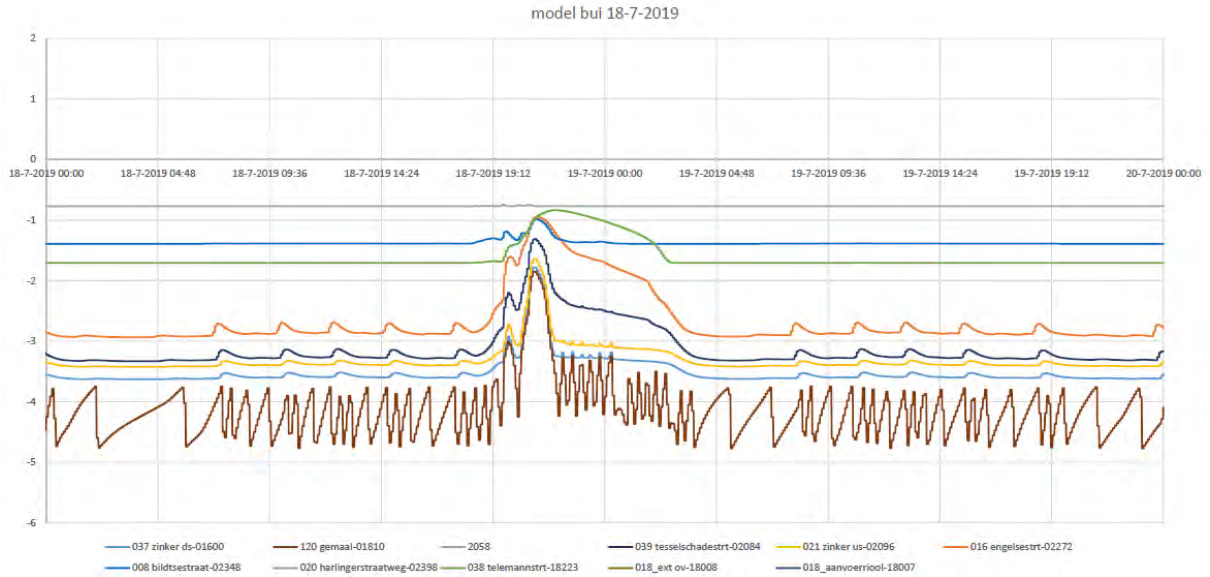
Figuur 11. Bui 12 juli 2019, modelberekening met vergrote injecties in het model (+10%)

Bui 18 juli 2019

In onderstaande figuren zijn metingen en modelresultaten weergegeven voor de bui van 18 juli 2019.

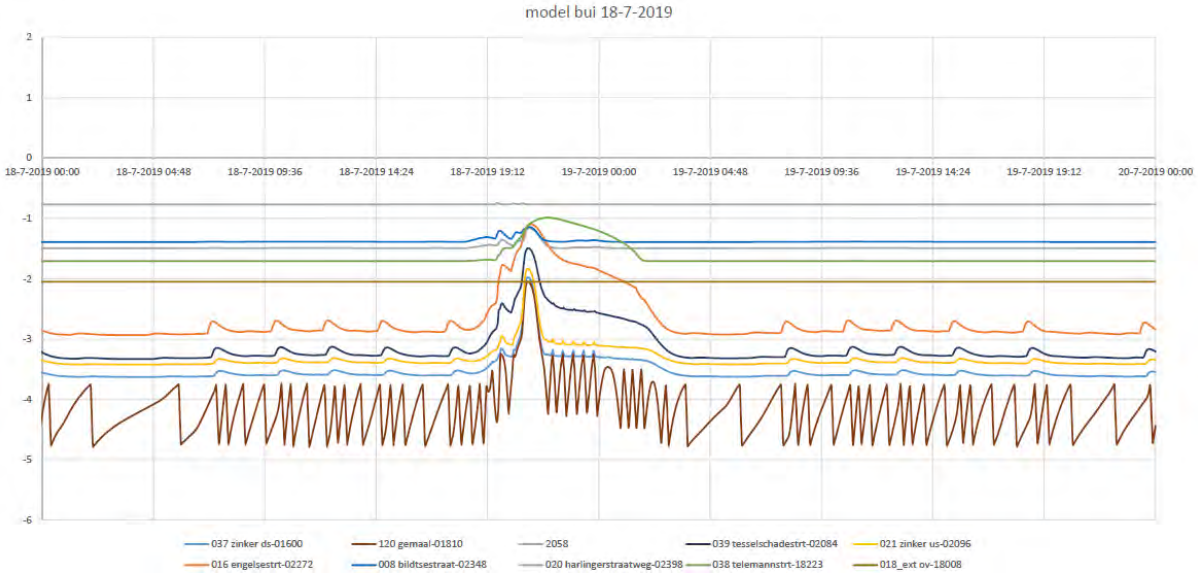


Figuur 12. Metingen bui 18 juli 2019



Figuur 13. Modelresultaten van de bui van 18 juli 2019 met het model van de 'huidige situatie'

Bij de bui is geen sprake van overstortingen. Er is een verschil zichtbaar in de niveaus tijdens de neerslagpiek tussen de metingen en het model. Een gevoeligheidsanalyse laat zien dat een modelaanpassing met minder verhard oppervlak (-15%) betere overeenkomsten laat zien met de metingen. Deze modelresultaten zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 14. Modelresultaten met 15% minder aangesloten oppervlak

Op basis van de bui van 18 juli is het aannemelijk dat het aangesloten oppervlak in het model van Snekerkade is overschat. Een oppervlak dat 15% kleiner is lijkt aanzienlijk realistischer.

Op basis van de bui is ook nagegaan of een verhoging van de injecties met 10% (zoals naar voren kwam bij de bui van 12 juli) leidt tot een verbetering van het model ten opzicht van de metingen, maar dit kan bij deze bui niet worden vastgesteld. Mogelijk is deze bui te klein om hierin verschillen te kunnen constateren.

4.3 Samenvatting en conclusies modelvalidatie

Op basis van de geanalyseerde buien is geconcludeerd dat de modelresultaten in het algemeen vergelijkbare patronen en waterhoogten laten zien als uit de metingen blijkt. Op basis van expert-judgement is gesteld dat het model in algemene zin een betrouwbaar beeld geeft van de werkelijke situatie. Hierbij moet worden aangetekend dat het model op hoofdlijnen is getoetst en dat afwijkingen op kleine(re) schaal altijd mogelijk blijven.

Verder zijn de volgende conclusies getrokken:

- Het is aannemelijk dat het aangesloten verhard oppervlak in het bemalingsgebied Snekerkade (iets) lager ligt dan in het model is aangenomen. Deze conclusie is gebaseerd op bevindingen bij twee buien. Naar verwachting ligt het werkelijk aangesloten verhard oppervlak tussen 0 en 15% lager dan in het model aanwezig is.
- Het is aannemelijk dat de injecties op het bemalingsgebied iets groter zijn dan in het model is aangenomen. Deze conclusie is gebaseerd op bevindingen van één bui. Mogelijk zijn de injecties maximaal 10% groter.

De afwijkingen zijn minimaal en passen binnen de onzekerheden van rioleringsmodelen. Het ligt niet voor de hand om het model hierop aan te passen. De conclusies dienen wel te worden gebruikt bij het interpreteren van modelresultaten. De conclusie dat er wellicht minder oppervlak is aangesloten, geeft vooral aan dat er rekening mee moet worden gehouden dat het overstortend volume in werkelijkheid iets lager kan zijn dan er uit modelberekeningen blijkt. Verder is bij de modelvalidatie aan het licht gekomen dat de zinker vlakbij het eindgemaal van Snekerkade onjuist in het model aanwezig is. De drie leidingen liggen in het model op dezelfde hoogte, terwijl deze in werkelijkheid (deels) boven elkaar liggen. Het model is hierop aangepast.

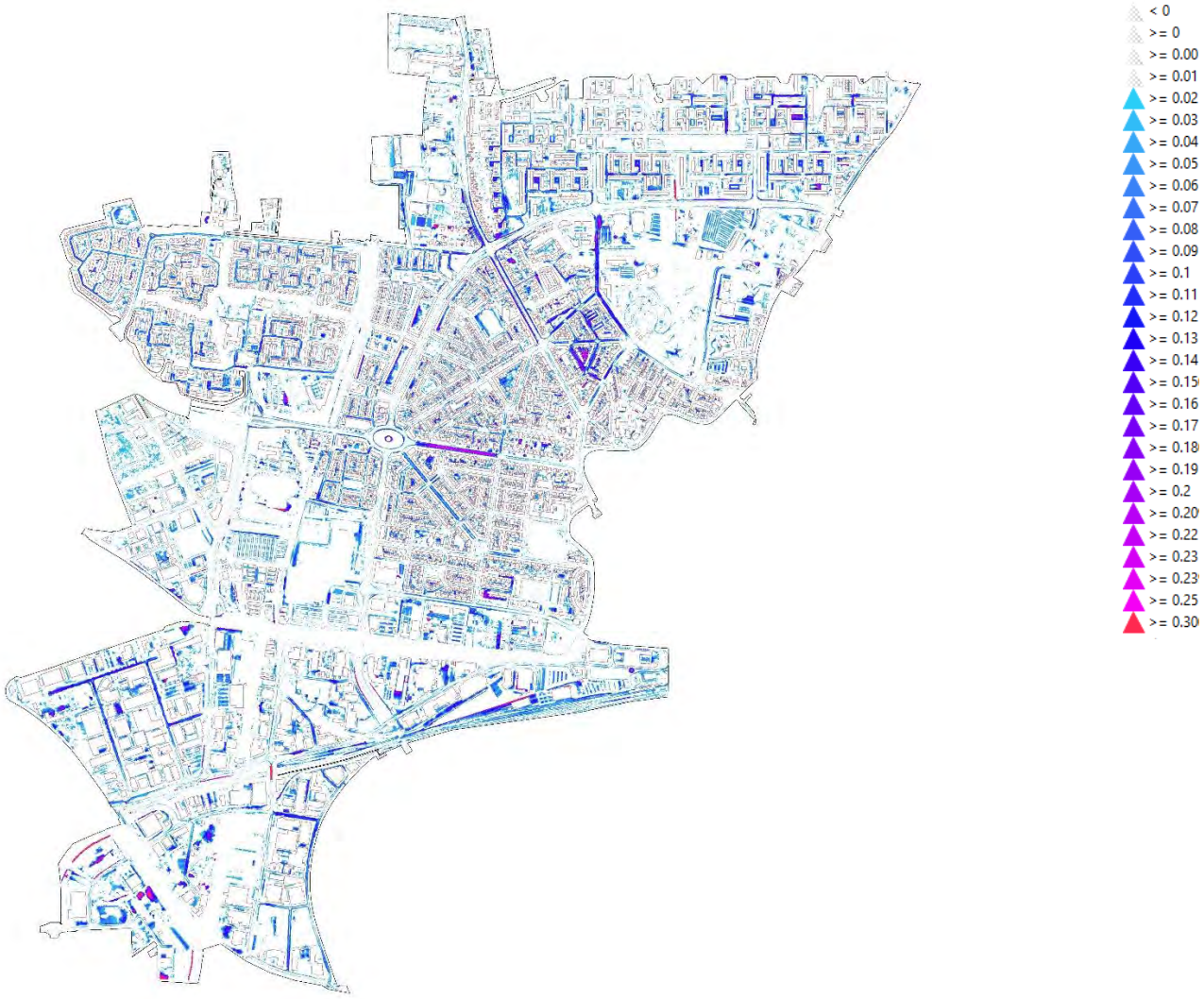
Verder is aan het licht gekomen dat de neerslagmeter aan de Jeugdweg geen betrouwbare neerslag meet. Neerslagmetingen zijn cruciaal voor modelvalidaties en daarom wordt aanbevolen om het functioneren van deze neerslagmeter op korte termijn te verbeteren. Daarnaast lijkt de niveauregistratie van de meting in gemaal Snekerkade niet betrouwbaar te zijn. Er worden grotere peilstijgingen en dalingen geregistreerd dan er bij andere meetlocaties optreden. Aanbevolen wordt om deze meting te laten controleren en zo nodig te laten verbeteren.

5 TOETSING FUNCTIONEREN HUIDIGE SITUATIE

Het systeem van riolering van maaiveld in Snekerkade is getoetst op het functioneren bij neerslag. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen ‘hevige neerslag’ (buien die iedere paar jaar voorkomen en kunnen leiden tot water op straat of kleinschalige overlast) en ‘extreme neerslag’, buien die zelden voorkomen, maar als ze voorkomen kunnen leiden tot grootschalige schade en overlast. In dit hoofdstuk is de situatie beschreven die bij beide typen neerslag kan optreden in de huidige situatie. Daarbij zijn optredende knelpunten beschreven.

5.1 Hevige neerslag

Voor de toetsing op hevige neerslag is gebruik gemaakt van ‘standaardbui 09’ uit de Kennisbank Stedelijk Water van Rioned. Deze bui omvat 29,4 mm neerslag in één uur. De berekende water-op-straat situatie is weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15. Water-op-straat situatie bij standaardbui 09 in de huidige situatie, de legenda geeft inzicht in de kleurstelling van de waterdiepte op maaiveld in m.

Figuur 15 is in bijlage A opgenomen in groter formaat en hogere kwaliteit.

5.2 Extreme neerslag

Voor de toetsing op extreme neerslag is gebruik gemaakt van blokbuien van 60 mm en 100 mm neerslag in een uur. De berekende water-op-straat situatie is weergegeven in onderstaande de figuren.

Figuur 16. Water-op-straat situatie bij een bui van 60 mm in een uur. De legenda geeft inzicht in de kleurstelling van de waterdiepte op maaiveld in m.

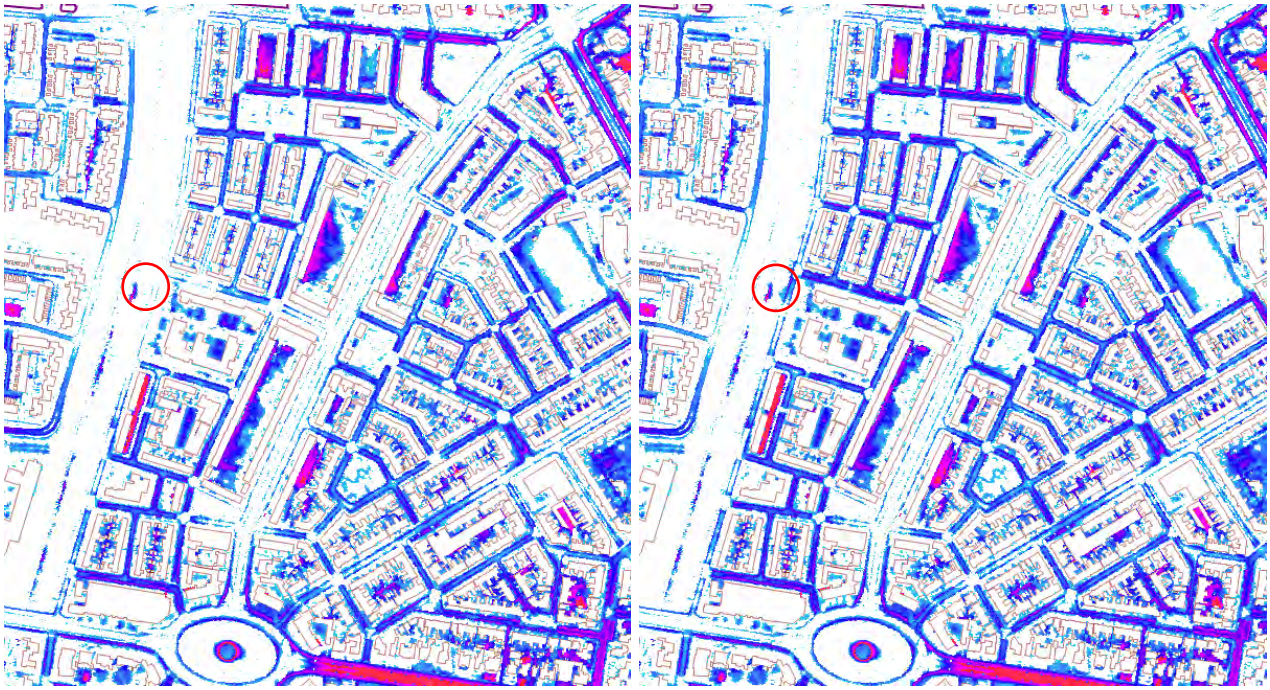
Figuur 17. Water-op-straat situatie bij een bui van 100 mm in een uur. De legenda geeft inzicht in de kleurstelling van de waterdiepte op maaiveld in m.

De figuren 16 en 17 zijn in bijlage A opgenomen in groter formaat en hogere kwaliteit.

5.3 Invloed watersysteem Westeinde

Bij de gemeente is bekend dat peilen in het watersysteem van Westeinde bij grote hoeveelheden neerslag snel kunnen stijgen. Deze stijging kan zodanig zijn dat het peil verder stijgt dan de hoogte van de overstorten uit de riolering. Met name bij de randvoorziening van het bemalingsgebied Snekerkade aan de Euterpestraat kan dit optreden. Juist bij extreme regenval kan dit betekenen dat water uit de riolering niet goed kan worden afgevoerd en zodat extra overlast kan optreden.

Om inzicht te krijgen in dit effect is het watersysteem van Westeinde opgenomen in het model en zijn zowel berekeningen gemaakt met als zonder het watersysteem. In onderstaande figuren zijn beide de resultaten opgenomen van beide situaties voor een bui van 60 mm in een uur als voor een bui van 100 mm in een uur.



Figuur 18. Water-op-straat situatie bij 60 mm in een uur met links zonder watersysteem van Westeinde en rechts met watersysteem van Westeinde opgenomen in het model. De locatie van de randvoorziening is aangegeven met een rode cirkel.

Figuur 19. Water-op-straat situatie bij 100 mm in een uur met links zonder watersysteem van Westeinde en rechts met watersysteem van Westeinde opgenomen in het model. De locatie van de randvoorziening is aangegeven met een rode cirkel.

De verschillen tussen de resultaten van een berekening zonder en met het watersysteem van Westeinde zijn beperkt en alleen zichtbaar in de directe omgeving van de overstort aan de Euterpestraat. De water-op-straat situatie die ontstaat doordat er terugstuwing vanuit het watersysteem optreedt, is vergelijkbaar met de water-op-straat situatie in de omgeving.

In de situatie met 60 mm in een uur zijn de verschillen groter, in de straten dichtbij de randvoorziening is meer water-op-straat zichtbaar, maar de gevolgen ervan zijn beperkt. Bij een bui van100 mm in een uur zijn de verschillen kleiner. Dit is te verklaren doordat bij een extremere bui meer water op straat geborgen wordt

en er in verhouding minder wordt afgevoerd. Een beperking in de afvoer (bijvoorbeeld door opstuwing in het watersysteem) heeft minder invloed op het water-op-straat beeld.

Als wordt gekeken naar het functioneren van het watersysteem in Westeinde valt op dat bij extreme buien met name het deel van het watersysteem waarin het BBB van de Euterpestraat loost snel volloopt. Deze situatie kan worden verbeterd door duikers van dit deel van het systeem (aanzienlijk) te vergroten, maar ook dan blijft er sprake van dat het systeem snel volloopt. Alleen door meerdere duikers aanzienlijk te vergroten kan water uit de randvoorziening snel kan worden verspreid in andere delen van het watersysteem.

De invloed van het watersysteem op het water-op-straat is echter beperkt en de investeringen om het systeem te verbeteren zijn aanzienlijk. Daarom kiest de gemeente ervoor om vooralsnog geen maatregelen in het watersysteem door te voeren.

5.4 Knelpunten

Op basis van de rekenresultaten van de huidige situatie zijn drie knelpuntlocaties geïdentificeerd waarin het water-op-straat leidt tot een zodanig risico op overlast of schade, dat er maatregelen moeten worden getroffen. Dit betreft de volgende locaties:

- Omgeving Transvaalstraat, Valkstraat, Leeuweriklaan;
- De Harlingerstraatweg;
- De Tesselschadestraat.

De maatregelen die voor deze locaties zijn uitgewerkt zijn beschreven in hoofdstuk 6 van dit rapport.

6 MAATREGELEN VOOR HET VOORKOMEN VAN WATEROVERLAST

Op basis van rekenresultaten van de huidige situatie (beschreven in hoofdstuk 5 van dit rapport) zijn drie locaties vastgesteld met een verhoogd risico op schade of wateroverlast:

- Omgeving Transvaalstraat, Valkstraat, Leeuweriklaan;
- De Harlingerstraatweg;
- De Tesselschadestraat.

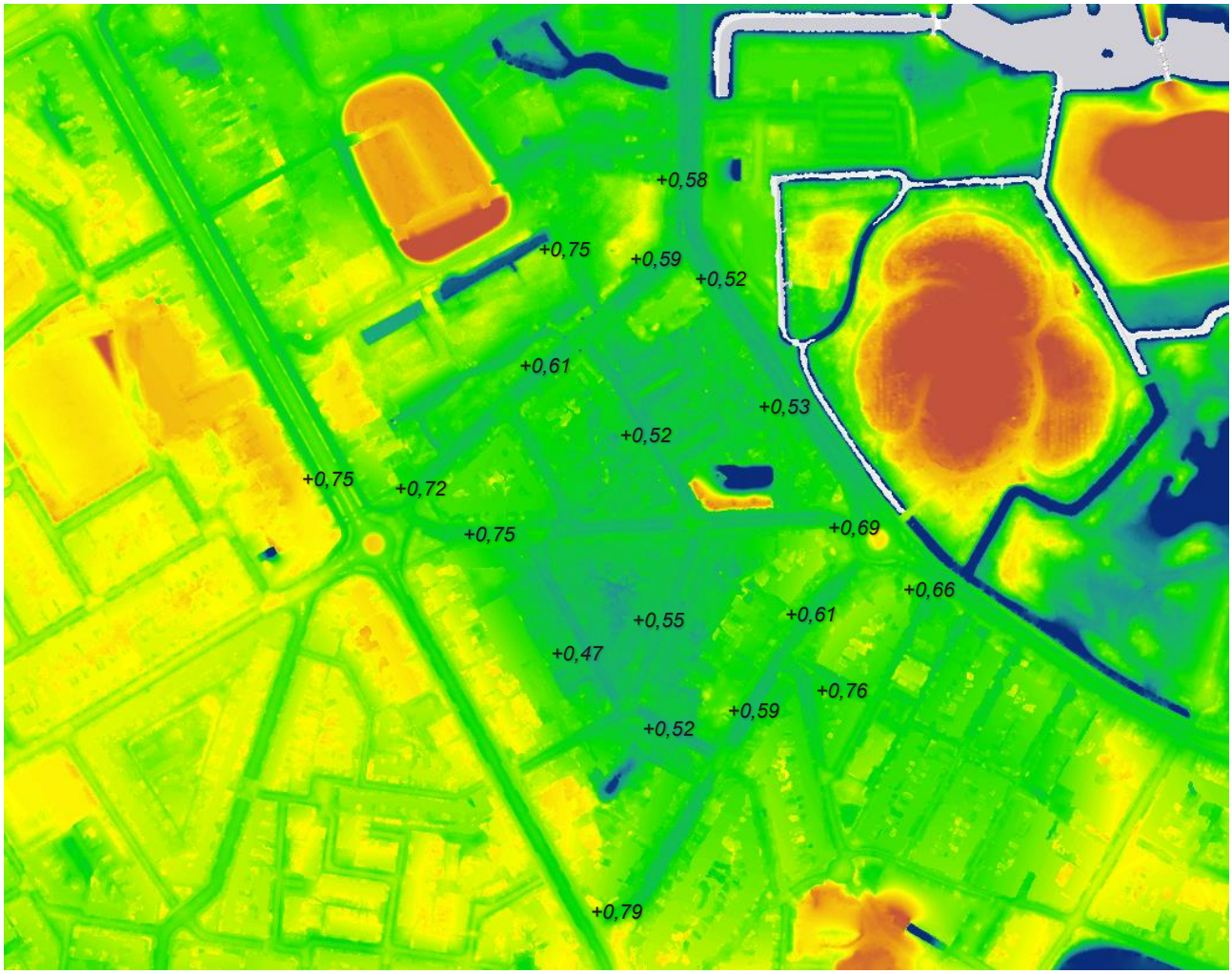
Voor deze locaties zijn maatregelen vastgesteld om het risico op schade of overlast te beperken. Het tijdspad waarin deze maatregelen worden uitgevoerd wordt nader door de gemeente uitgewerkt. In dit hoofdstuk zijn de maatregelen beschreven.

6.1 Omgeving Transvaalstraat / Valkstraat / Leeuweriklaan

Omschrijving knelpunt
Het maaiveld van een aantal straten ligt lager dan het maaiveld in de directe omgeving. Met name het maaiveld in de noordelijke delen van de Transvaalstraat en de Lijsterstraat en de gehele Valkstraat, de Spechtstraat en de Leeuwerikstraat. Ook de panden liggen lager en daarnaast is er sprake van enige afstand naar het oppervlaktewater waarnaar het riool afvoert. Dit betekent dat water dat bij extreme neerslag niet door het riool kan worden afgevoerd, niet over maaiveld kan wegstromen en op het maaiveld blijft staan.

Ook water uit de omgeving kan, via het riool, hier op straat komen te staan zonder dat het kan wegstromen. De situatie is met name kritiek in het noordelijk deel van de Transvaalstraat omdat het maaiveld hier het laagst ligt. In onderstaande afbeeldingen is de ligging van de straten weergegeven en de hoogteligging o.b.v. de AHN (markeringen in figuur 20 komen later aan de orde).

Figuur 20. Overzicht situatie met straatnamen



Figuur 21. Hoogteligging o.b.v. de AHN (maten in mNAP)

De lage ligging van het maaiveld (het knelpunt bevindt zich als het ware in een 'laagte') leidt tot ingrijpende maatregelen. Verschillende maatregelen zijn verkend, deze zijn weergegeven in onderstaande opsomming. Hierbij moet de opsomming worden gezien als een totaalpakket waarbij alle maatregelen worden uitgevoerd om een maximaal effect te bereiken:

- Het aanleggen van een HWA-afvoerstructuur met leidingdiameters ∅700 mm (kleinere leidingen leiden tot onvoldoende verbetering). Hierbij wordt opgemerkt dat de uitvoerbaarheid van leidingen met een dergelijke omvang nog nader moet worden uitgewerkt door de gemeente. Hierdoor ontstaat een risico in de haalbaarheid van deze maatregel.
- Het maaiveld aan de Valkstraat zodanig inrichten dat water afstroomt naar het oppervlaktewater aan de oostzijde ervan. Hiervoor moeten op drie locaties de verkeersdrempels worden verwijderd (rood gemarkeerd in Figuur 20).
- Verkeersdrempels in de Leeuwerikstraat moeten worden gehandhaafd om afstromen van water over het maaiveld te belemmeren naar kritische delen van de Transvaalstraat en de Lijsterstraat (locaties zijn groen gemarkeerd in Figuur 20).
- Verbeteren afvoercapaciteit gemengd riool naar de overstort aan Noordersingel.
- Als algemene aanvullende maatregel is opgenomen dat water bij voorkeur zoveel mogelijk lokaal wordt ingezameld en geborgen. Bijvoorbeeld in een groene berging voor de school aan de Transvaalstraat waardoor water in de ondergrond kan worden geïnfiltreerd of vertraagd kan worden afgevoerd.

Een nadere beschrijving van de genoemde maatregelen en het effect ervan is beschreven in onderstaande tekst.

Huidige situatie

Voor de weergave van het effect van maatregelen is gebruik gemaakt van een bui van 60 mm in een uur. In onderstaande figuur is het water-op-straat weergegeven in de huidige situatie.

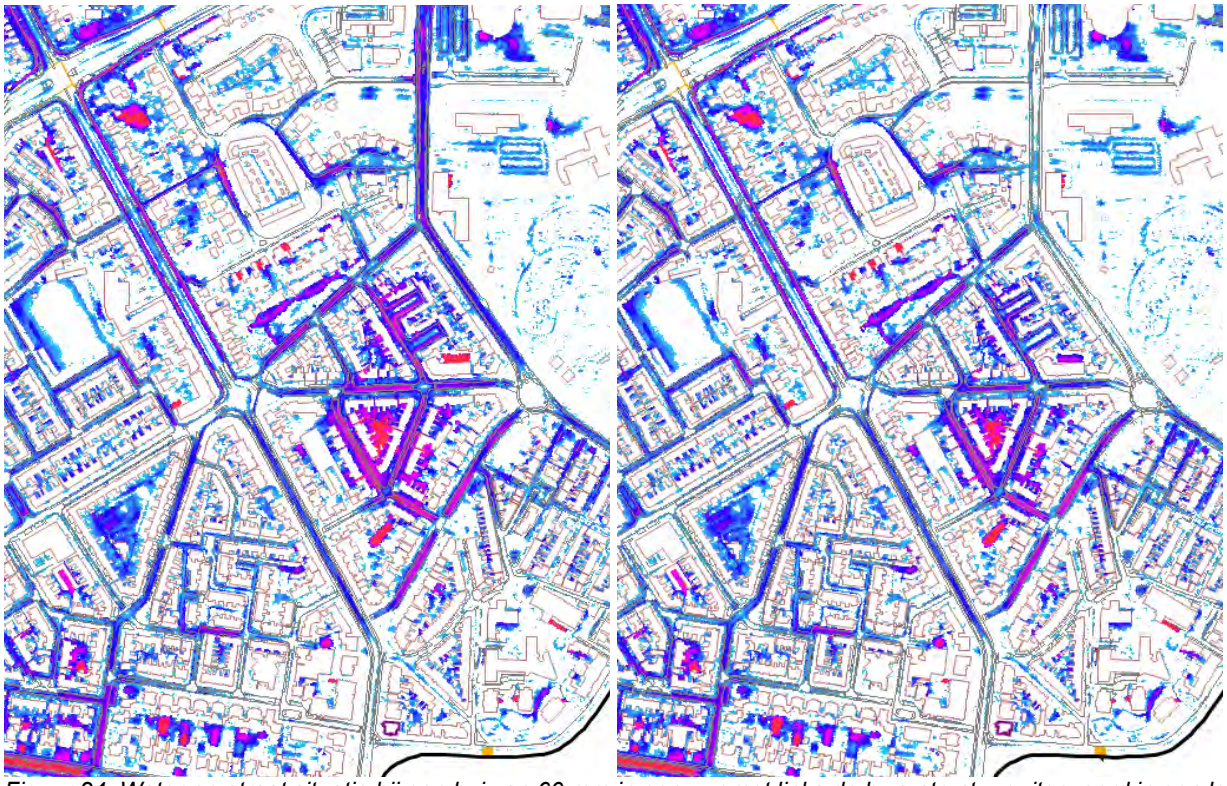
Figuur 22. Water-op-straat in de huidige situatie bij 60 mm/uur.

HWA-afvoerstructuur

Verschillende uitvoeringen van een HWA-afvoerstructuur zijn onderzocht. Van drie situaties is het effect beschreven. Deze situaties zijn:

- HWA-structuur op basis van leidingdiameters ∅500 mm (zie figuur 23);
- (Dezelfde) HWA-structuur op basis van leidingdiameters ∅700 mm;
- Uitgebreidere HWA-structuur op basis van leidingdiameters ∅700 mm.

Figuur 23. HWA-structuur



Figuur 24. Water-op-straat situatie bij een bui van 60 mm in een uur met links de hwa-structuur uitgevoerd in een leiding Ø500 mm, rechts in een leiding Ø700 mm

De HWA-structuur leidt tot verbetering ten opzichte van de huidige situatie. Een structuur op basis van een leidingdiameter ∅700 mm leidt tot aanzienlijk minder water op straat en minder negatieve effecten bij woningen. Een uitbreiding van de structuur leidt tot verdere (aanzienlijke) verbetering. In onderstaande figuur is de aangepaste structuur weergegeven. Er is een extra afvoerriool opgenomen vanaf de Transvaalstraat door de Spanjaardslaan. Daarbij is er geen verbinding aan de noordzijde van de Transvaalstraat met het riool in de Leeuwerikstraat. Hiermee wordt voorkomen dat water vanaf de Leeuwerikstraat naar de (lagergelegen) Transvaalstraat stroomt. In figuur 26 is het effect op de water-op-straat situatie weergegeven.

Figuur 25. Aangepaste HWA-structuur

Figuur 26. Water op straat situatie bij een bui van 60 mm in een uur en een verbeterde HWA-structuur

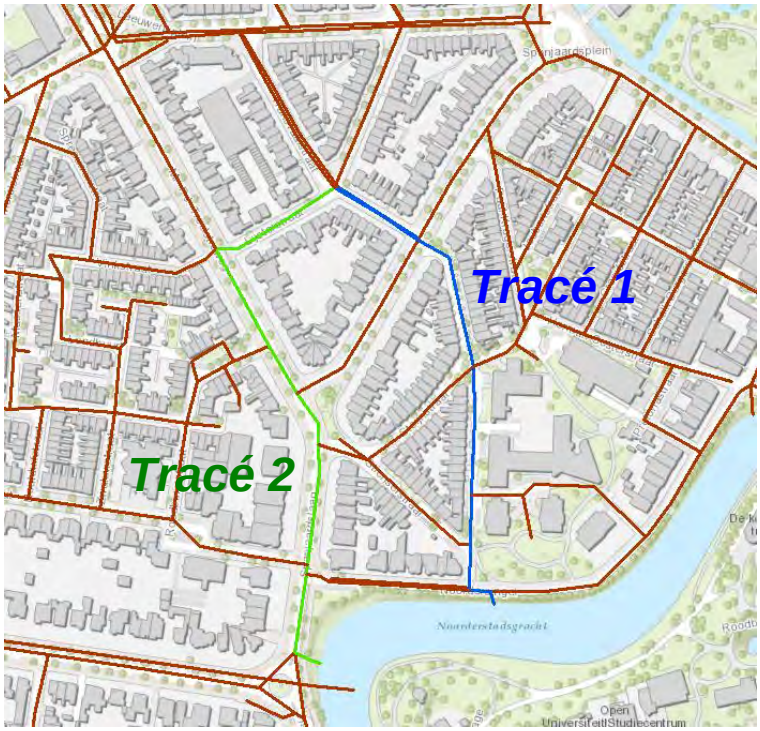
Uit het resultaat blijkt dat de water-op-straat situatie, met name aan de Transvaalstraat, aanzienlijk verbetert. De uitvoering van deze variant lijkt noodzakelijk om de water-op-straat situatie op deze locatie te laten verbeteren.

Verbeteren van de afstroming van water over het maaiveld in de Valkstraat
Om water-op-straat in de Valkstraat te beperken, ligt er een kans om het maaiveld van de Valkstraat licht te laten aflopen naar de watergang ten noordoosten van de Valkstraat. Om de waterstroom over het maaiveld vanuit de Valkstraat de Jelsumerstraat te laten kruisen en vervolgens te laten afstromen naar de watergang, moet er nadere uitwerking plaatsvinden. Voor de modelberekening is uitgegaan van een verloop in het maaiveld over de Valkstraat van 0,15 m (tussen de Spechtstraat en de Jelsumerstraat), en van ongeveer 0,10 m ten noorden van de kruising Valkstraat/Jelsumerstraat richting de watergang. Verkeersdrempels over dit tracé dienen te worden verwijderd om het water te kunnen laten afstromen, zoals is beschreven aan het begin van deze paragraaf.

Figuur 27. Water-op-straat situatie bij de combinatie van de verbeterde hwa-structuur en de aanpassing van het maaiveld in de Valkstraat.

De water-op-straat situatie in de Valkstraat en in de directe omgeving verbetert aanzienlijk door de maaiveldaanpassing.

Verbeteren van de afvoercapaciteit van het gemengd riool naar de Noordersingel
Er zijn twee varianten onderzocht (zie Figuur 28) om de capaciteit van het gemengd riool te vergroten. Het vergroten van leidingen in tracé 1 en het vergoten van leidingen in tracé 2.



Figuur 28. Onderzochte tracés voor leidingvergroting in het gemengd riool

Het vergroten van leidingen in tracé 1is aanmerkelijk effectiever dan het vergroten van leidingen in tracé 2. Het vergroten van beide tracés heeft wel meerwaarde, maar deze meerwaarde is beperkt en daarom niet doelmatig.

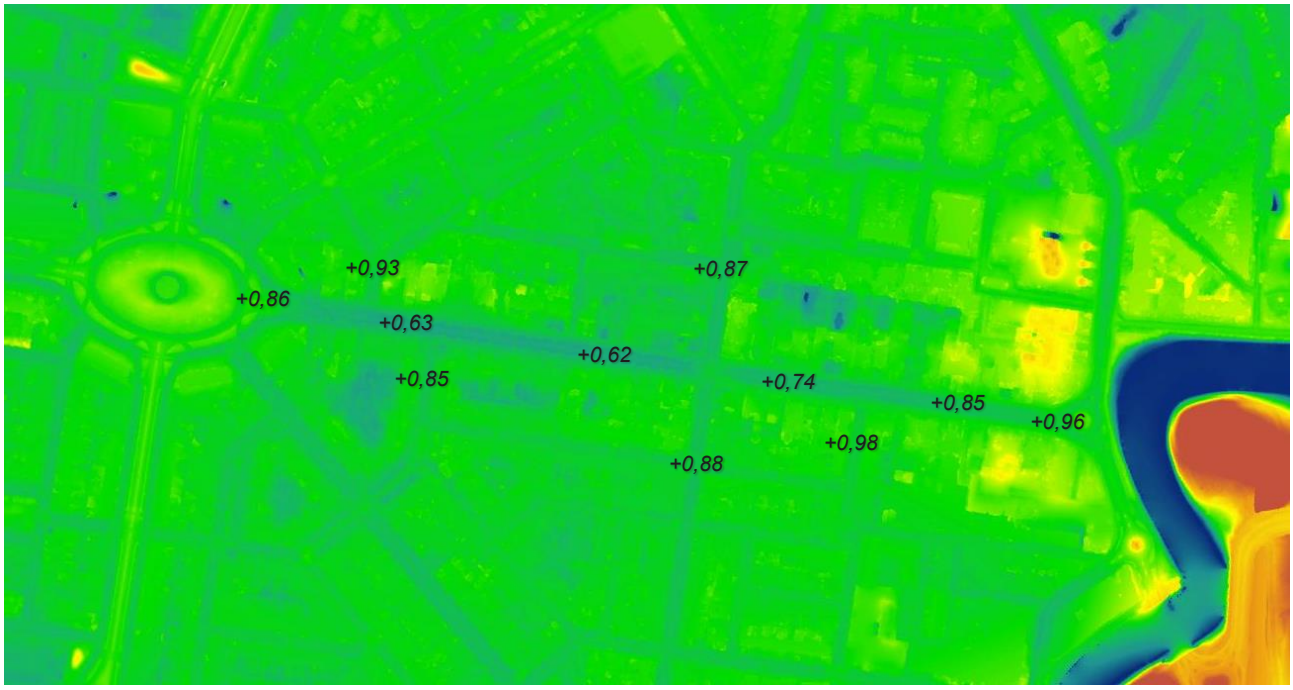
Het verruimen van de leidingen in tracé 1 naar een diameter ∅800 mm leidt tot een aanzienlijk effect bij bui 09. Verruimen naar een diameter ∅1000 mm leidt duidelijk tot extra verbetering en lijkt hiermee beslist nog doelmatig. Ook bij extremere buien is bij een verruiming naar ∅1000 mm een duidelijk groter positief effect zichtbaar. Als een verruiming naar ∅1000 mm niet inpasbaar is, is een verruiming naar ∅800 mm nog altijd zinvol.

Figuur 29. Water-op-straat situatie als naast de hwa-structuur en de maaiveldaanpassing aan de Valkstraat het gemengd riool volgens 'tracé 1' wordt vergroot (in deze situatie is uitgegaan van een verruiming naar een leiding ∅1000 mm)

6.2 Harlingerstraatweg

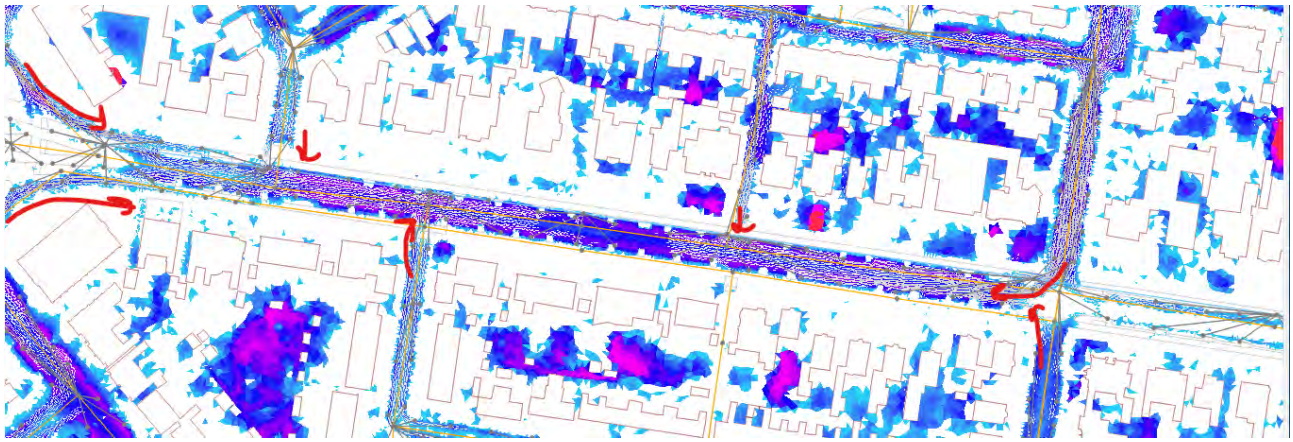
Omschrijving knelpunt

Het maaiveld van de Harlingerstraatweg, tussen de Heliconweg en de Stadsgracht, ligt relatief laag. Het westelijk deel hiervan, tussen de Heliconweg en Engelsestraat / Nachtegaalstraat ligt het laagst. Bij extreme neerslag blijft water op straat hier staan en bovendien stroomt water uit de omgeving naar de Harlingerstraatweg toe. Door de lage ligging kan het water niet over maaiveld wegstromen en de riolering heeft onvoldoende capaciteit om het water in extreme situaties af te voeren. De hoogteligging van het gebied is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 30. Hoogteligging van het kritische deel van de Harlingerstraatweg en de directe omgeving (maten in mNAP).

Water uit de directe omgeving stroomt gemakkelijk naar de Harlingerstraatweg. In onderstaande figuur is met pijlen de aanvoer aangegeven.



Figuur 31. Aanvoer uit de omgeving naar de Harlingerstraatweg.

Onderzochte oplossingsrichtingen en effect op de water-op-straat situatie
Oplossingen in het voorkomen van wateroverlast liggen in het aanleggen van een HWA riool in de Harlingerstraatweg naar de Stadsgracht toe. Het effect van het hwa-riool hangt samen met de gekozen diameter. Er zijn drie scenario's onderzocht:

- HWA-riool Ø500 mm
- HWA-riool Ø700 mm
- HWA-riool Ø1.000 mm

De ligging van het HWA-riool is weergegeven in onderstaande figuur.

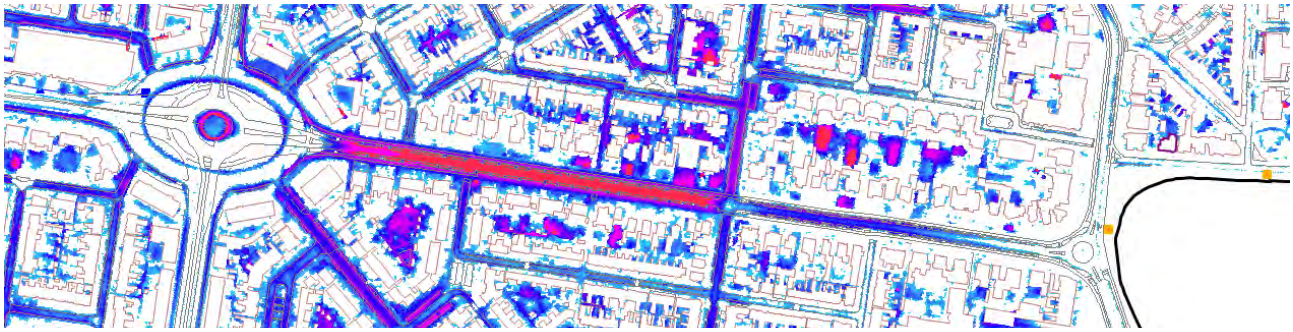
Figuur 32. Ligging van het HWA-riool in de Harlingerstraatweg

De Harlingerstraatweg is recent opnieuw ingericht. De gemeente moet nader uitwerken wanneer de maatregelen kunnen worden uitgevoerd. Mogelijk is dit pas op de langere termijn.

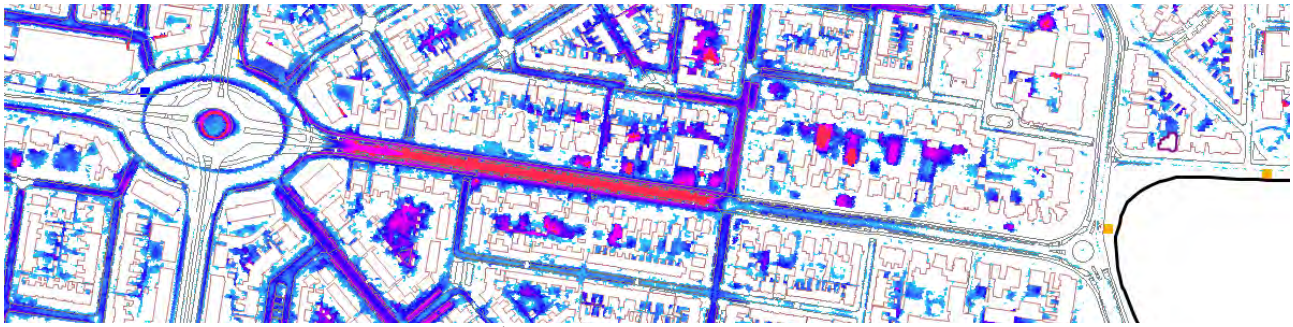
Het effect van de berekeningen is weergegeven in de onderstaande figuren. Uit de berekeningen blijkt dat de toestroom van water uit de omgeving naar de Harlingerstraatweg groot is waardoor het effect op de hoeveelheid water-op-straat in de Harlingerstraatweg relatief klein is. Deze toestroom leidt er wel toe dat ook de water-op-straat situatie in de directe omgeving verbetert.

Bij toekomstige herinrichting van de zijstraten van de Harlingerstraatweg kan worden onderzocht of het vasthouden van water in het gebied mogelijk is, bijvoorbeeld door realisatie van groene berging in de openbare ruimte. Dit ontlast de situatie aan de Harlingerstraatweg.

Figuur 33. Water-op-straat in de huidige situatie bij een bui van 60 mm in een uur



Figuur 34. Water-op-straat bij een HWA-riool Ø500 mm en een bui van 60 mm in een uur



Figuur 35. Water-op-straat bij een HWA-riool Ø700 mm en een bui van 60 mm in een uur

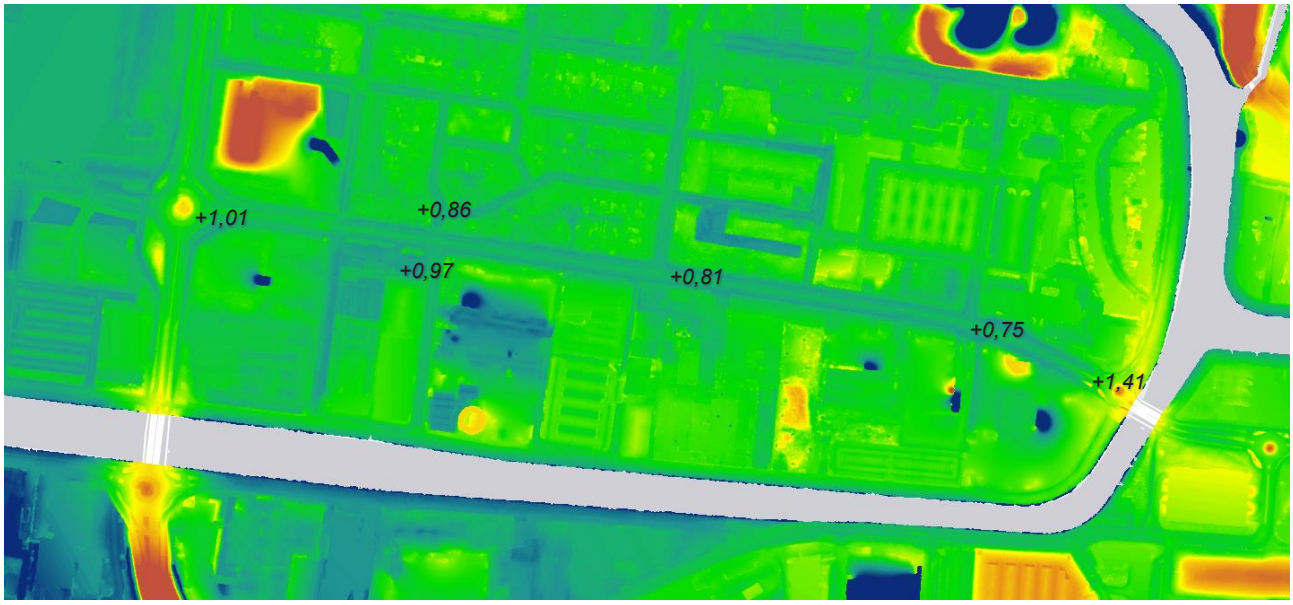
Figuur 36. Water-op-straat bij een HWA-riool Ø1.000 mm en een bui van 60 mm in een uur.

Uit de rekenresultaten blijkt dat pas bij een HWA-riool Ø1.000 mm een aanzienlijke verbetering geboekt wordt.

6.3 Tesselschadestraat

Omschrijving knelpunt

Aan de Tesselschadestraat ontstaat water-op-straat bij extreme neerslag. De oorzaak is vergelijkbaar met de situatie bij de Harlingerstraatweg: het maaiveld van de straat zelf ligt lager dan de directe omgeving en vormt feitelijk een laagte waaruit water niet over maaiveld kan wegstromen. De riolering heeft onvoldoende capaciteit om het water af te voeren (wat gebruikelijk is bij extreme regenval) en door de hoogteligging stroom ook water uit de omgeving, over maaiveld, naar de Tesselschadestraat toe. De weg vormt een belangrijke route voor het verkeer en grootschalig water-op-straat vormt hierdoor een knelpunt. De hoogteligging is weergegeven in onderstaande figuur, hierbij is sprake van de situatie voor een recente herinrichting waardoor details kunnen afwijken van de werkelijke situatie. De globale hoogteligging is echter niet gewijzigd. Deze afwijking geldt ook voor de resultaten van modelberekeningen: hiervoor is het maaiveldmodel gebruikt uit de situatie voor de herinrichting.



Figuur 37. Hoogteligging van de Tesselschadestraat en de directe omgeving (maten in mNAP)

Onderzochte oplossingsrichtingen en effect op de water-op-straat situatie

Voor het voorkomen van water-op-straat ligt het voor de hand een hemelwaterriool aan te leggen in de Tesselschadestraat dat aan de westzijde wordt aangesloten op het bestaande hemelwaterriool en aan de oostzijde uitmondt in de Stadsgracht. Het riool is getoetst met afmetingen Ø500 mm en Ø700 mm. De water-op-straat situatie is bij deze varianten weergegeven in de onderstaande afbeeldingen.

Figuur 38. Water-op-straat in de huidige situatie bij een bui van 60 mm in een uur.

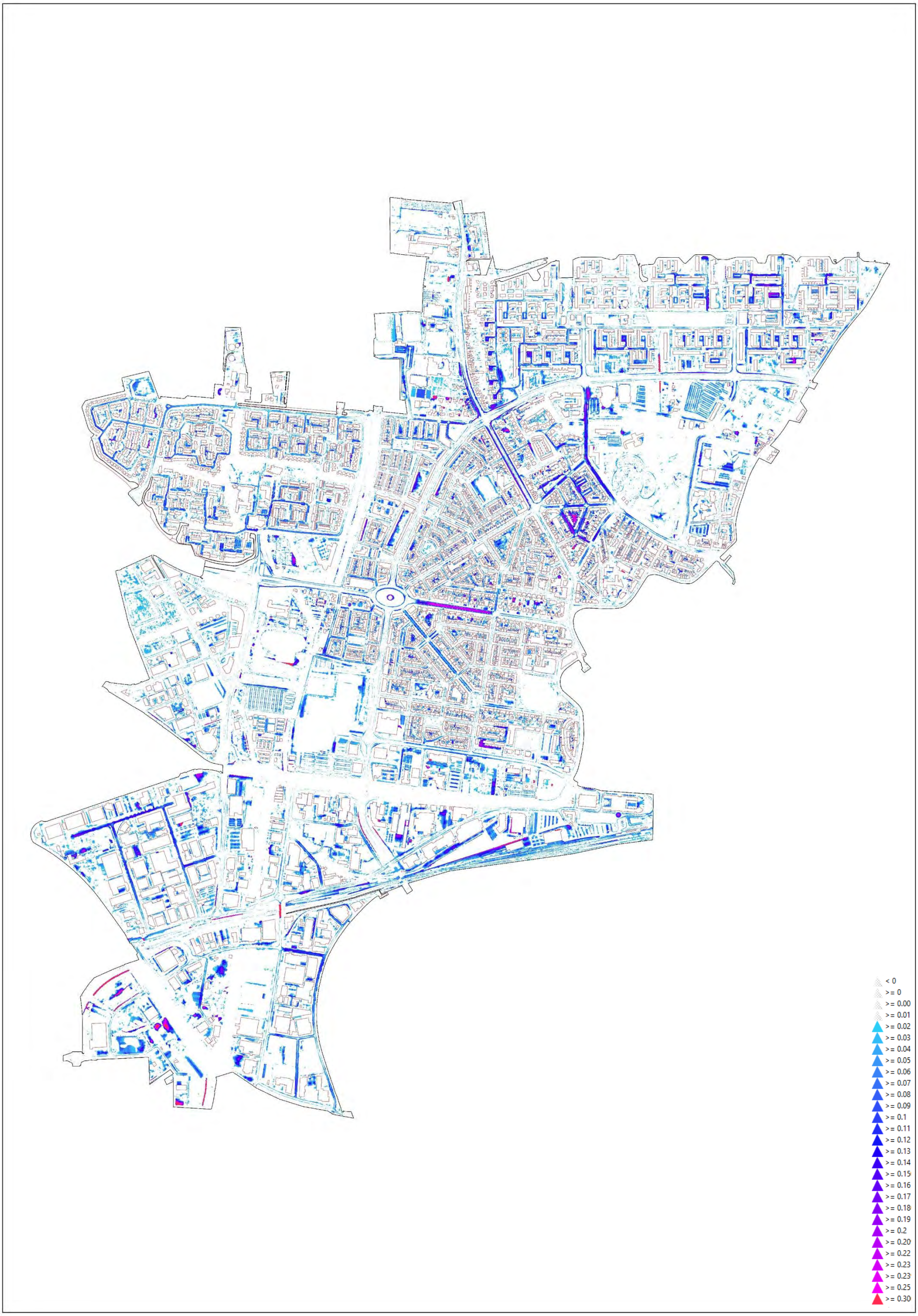
Figuur 39. Water-op-straat bij een HWA-riool Ø500 mm en een bui van 60 mm in een uur

Figuur 40. Water-op-straat bij een HWA-riool Ø700 mm en een bui van 60 mm in een uur

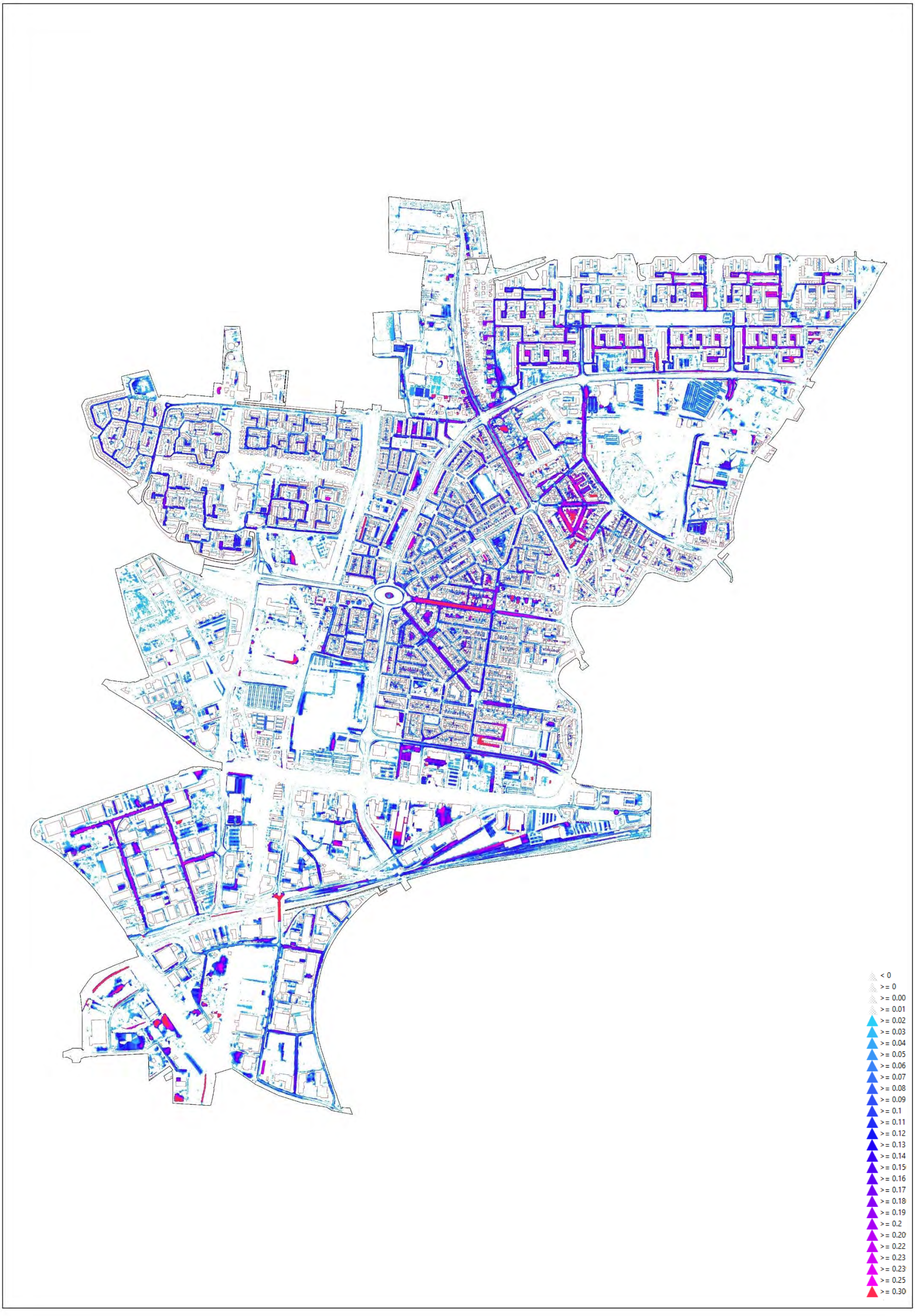
Pas bij toepassing van een hemelwaterriool Ø700 mm een is er sprake van aanzienlijke verbetering.

BIJLAGE A REKENRESULTATEN HUIDIGE SITUATIE

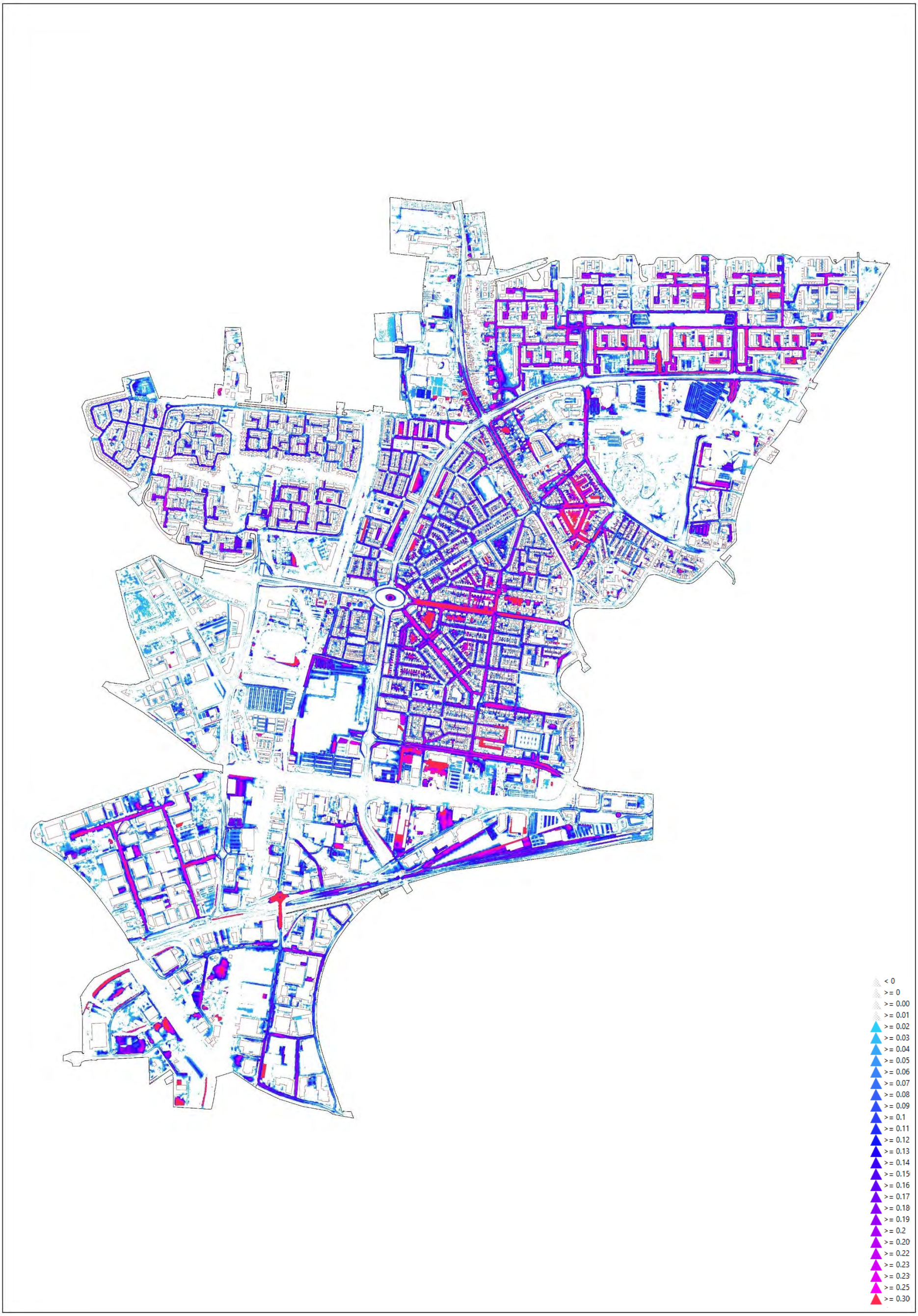
Huidige situatie bij standaardbui 09. De legenda geeft inzicht in de kleurstelling van de waterdiepte op maaiveld in m.



Huidige situatie bij 60 mm in een uur. De legenda geeft inzicht in de kleurstelling van de waterdiepte op maaiveld in m.



Huidige situatie bij 100 mm in een uur. De legenda geeft inzicht in de kleurstelling van de waterdiepte op maaiveld in m.



COLOFON

TOETSING EN STRESSTEST RIOOLSYSTEEM SNEKERKADE

KLANT
Gemeente Leeuwarden

AUTEUR
[redacted]

PROJECTNUMMER
C03071.000819

ONZE REFERENTIE
D10021127:50

DATUM
3 maart 2021

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Advieskosten binnen BHP Rioleringen 2023-2024

29-10-2024

Relatie	Advieskosten	Kosten
2023		**67.689,75**
4380043		
Civieltechnische adviezen		**1.750,00**
RL44516 - Bodemvisie Milieu & Veiligheid B.V.		**1.750,00**
5-9-2023	bodemonderz. Groningerstraatweg	1.750,00
4380046		
Advisering/ondersteuning algemeen		**65.939,75**
RL01765 - Tauw B.V.		**925,00**
27-7-2023	60152 onderzoek WBiensma tm wk 16'23	925,00
RL01828 - Roelofs Advies en Ontwerp B.V.		**14.000,00**
28-4-2023	1e term. update rasmariant 2023	5.000,00
15-12-2023	update rasmariant 2023	9.000,00
RL01932 - Arcadis Nederland B.V.		**23.630,00**
28-2-2023	doorrekenen stiens	13.930,00
8-3-2023	dimensioneren watersysteem Heechterp	770,00
15-5-2023	Dimension.watersysteem Heechterp	2.960,00
28-7-2023	doorrekenen stiens	5.970,00
RL52387 - Riosonic		**27.384,75**
27-3-2023	Insp.bedr.terr.Biensma 1e deelffact.	13.692,37
8-5-2023	2e deelf. Insp.Riosonic 8/5'23	13.692,38
2024		**14.985,00**
4380046		
Advisering/ondersteuning algemeen		**14.985,00**
RL01768 - Witteveen+Bos		**14.985,00**
2-4-2024	1e term. 50%	14.985,00
RL01828 - Roelofs Advies en Ontwerp B.V.		**0,00**
15-3-2024	update rasmariant 2023	0,00
Eindtotaal		**82.674,75**

UITVOERINGSAGENDA 2021 - 2035

Klimaatadaptatie

SWECO

Gemeente Leeuwarden

Inhoud

Samenvatting 4

Leeuwarden klimaatactief 6

Integrale aanpak & klimaatactief 8

Aanpak knelpunten 10

Onzekerheden en alternatieve routes 18

Conclusies 20

Aanbevelingen 22

Wat merken we van klimaatverandering?

Wat kunnen we er aan doen?

integraal en gebiedsgericht werken

bewonersparticipatie

kennis, inspiratie en samenwerken

Schaduw creëren

Innovatie stimulering

Stimuleren groendaken

Deze praatplaat geeft in het kort weer wat de merkbare gevolgen zijn van klimaatverandering. En ook wat wij in Leeuwarden (in stedelijk gebied) gaan doen om Leeuwarden klimaatadaptief te maken.'

Klimaatadaptief Leeuwarden

hoe maken we Leeuwarden bestand tegen wateroverlast, droogte en hitte?

Gemeente Leeuwarden

Leeuwarden voorbereiden op klimaatverandering

In deze uitvoeringsagenda geven we aan hoe we Leeuwarden voorbereiden op klimaatverandering. Hiermee geven we invulling aan het landelijke Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie en onze eigen ambitie om in 2035 klimaatadaptief te zijn samen met onze inwoners en bedrijven zoals vastgesteld in ons programma Volhoudbaar. Om deze uitvoeringsagenda op te stellen is een analyse gemaakt van de klimaatbestendigheid van Leeuwarden. Hiervoor zijn 28 gebiedspaspoorten opgesteld, deze zijn te vinden op https://sway.office.com/HWLj0GtzjJRM0api?ref=Link. Uit deze gebiedspaspoorten blijkt dat we 3 doelen te behalen hebben om Leeuwarden klimaatbestendig te maken:

- **Waterberging**
  Er is 65.000 m3 waterberging te realiseren rondom gebieden waar wateroverlast is. Het gaat om 21 hectare aan 'knelpunten' en dit is 1% van het stedelijk gebied van Leeuwarden.
- **Hittestress**
  We willen de temperatuur omlaag brengen door 10% schaduw te creëren op grote warme (versteende) oppervlakken. En we willen schaduweilanden van meerdere bomen aanleggen rondom kwetsbare functies zoals sportfaciliteiten, scholen en zorgcentra.
- **Droogte**
  We willen meer inzicht krijgen in de gevolgen van droogte in bebouwd gebied. Hiervoor willen we aanvullend onderzoek doen in 2021 en op basis van die resultaten gaan we passende strategieën opstellen.

Integrale aanpak

Om Leeuwarden klimaatadaptief te maken, volgen we een integrale aanpak. Die vertaalt zich inde volgende acties:

- **We werken samen met bewoners, bedrijven en partners**
  Een deel van de klimaatbestendigheid is afhankelijk van gedragsaanpassingen. Daarnaast moet niet alleen de openbare ruimte maar ook private gebieden klimaatbestendig worden gemaakt. Daarom geven we in elk project de samenwerking met bewoners, bedrijven en partners op een passende maniervorm.
- **We werken samen binnen het programma Volhoudbaar**
  We benutten de meekoppelkansen die er liggen bij de energietransitie in de wijken waar warmtenetten worden aangelegd. En klimaatadaptieve maatregelen voeren wij waar mogelijk circulair uit.
- **We maken de openbare ruimte klimaatbestendig**
  Dit doen we door klimaatadaptatie mee te nemen bij herinrichting en grootschalig onderhoud, zodat er meekoppelkansen ontstaan. Pas als er geen meekoppelkans bestaat, pakken we de klimaatknelpunten apart op.
- **We leggen alle nieuwbouw klimaatadaptief aan**
  Deze gebouwen en gebieden zijn direct klimaatadaptief. Dit doen we door in het Kwaliteitshandboek Openbare Ruimte onze gewenste klimaatbestendige inrichting mee te geven.

Knelpunten klimaatadaptatie

In het programma Volhoudbaar, het gemeentelijk rioleringsplan en andere plannen staat ons kader voor een klimaatbestendig Leeuwarden. Dit kader hebben we gebruikt om de knelpunten te analyseren en hier mogelijke maatregelen voor te bepalen. Hieruit kwamen 74 locaties waar maatregelen nodig zijn tegen hevige neerslag en 57 locaties waar maatregelen nodig zijn tegen hitte. Voor al deze locaties is een eerste oplossingsrichting bepaald, een kostenraming gemaakt en een periode aangegeven waarin ze worden aangepakt. We hebben een laag en een hoog kosten-scenario doorgerekend, omdat we in overleg met andere vakgebieden gaan bepalen welke maatregelen we treffen op elke locatie. De kostenraming om Leeuwarden klimaatbestendig te maken komt hiermee uit op 18,2 tot 37,8 miljoen euro.

De 131 knelpunten zijn in een planning gezet die bestaat uit drie fases: 2021-2025, 2026-2030 en 2031-2035. De indeling is gemaakt door te kijken naar onder meer urgentie (is er overlast geweest op deze locatie), meekoppelkansen (zijn er projecten gepland in de omgeving) en samenhang (liggen knelpunten dichtbij elkaar). Met deze indeling streven we naar het oplossen van 75% van deze knelpunten in meekoppelprojecten, de overige 25% van de knelpunten pakken we zelfstandig op. Met evaluaties monitoren we de voortgang, ook houden we het bij als projecten naar voren worden gehaald of naar achteren worden geschoven om als meekoppelproject te kunnen worden opgepakt.

Onzekerheden en alternatieve routes

We zien drie belangrijke onzekerheden:

1) Vallen de maatregelen binnen de gestelde bandbreedte van kosten?
2) Is het mogelijk om 75% van de klimaatknelpunten als meekoppelproject uit te voeren?
3) Blijft het kader dat we hebben gebruikt om de klimaatknelpunten te bepalen van toepassing als het klimaat blijft veranderen?

Om hier zicht op te houden voeren we elke 5 jaar een evaluatie uit van de uitvoeringsagenda.

Ook zijn er alternatieve routes naar een klimaatbestendig Leeuwarden. We hebben twee alternatieven beschreven. Het is mogelijk om enkel in te zetten op meekoppelkansen, waarbij de kosten licht dalen en de planning (2035) wordt losgelaten. En het is mogelijk om de planningshorizon naar 2050 te verschuiven om zo meer tijd te krijgen om de benodigde projecten uit te voeren waarbij je ook meer meekoppelkansen creëert.

Aanbevelingen

Met het uitvoeren van de knelpunten voor klimaatadaptatie wordt Leeuwarden klimaatbestendig gemaakt. We raden aan om de beschreven knelpunten aan te pakken, omdat dit de locaties zijn die niet voldoen aan het kader dat we voor klimaatbestendigheid gebruiken. Hiervoor is budget benodigd, waarvoor we een voorstel hebben gedaan in de uitvoeringsagenda.

Naast het aanpakken van de knelpunten is het belangrijk dat bij alle nieuwbouw, herontwikkelingen en grootschalige onderhoud een klimaatbestendige inrichting wordt aangelegd. Ook is het belangrijk dat bewoners en partners betrokken worden bij het klimaatbestendig maken van Leeuwarden, omdat zij veel weten over hun leefomgeving, hun eigen terrein kunnen aanpakken en hun dagelijks leven moeten aanpassen op extremere weersomstandigheden. In een separaat plan van aanpak gaan we in op een groot aantal acties die hiervoor nodig zijn, waarbij we kijken naar de benodigde 'kennis & inspiratie', het borgen van de integraliteit, gebiedsgericht werken en de coördinatie en communicatie.

Leeuwarden klimaatactief

We stimuleren groene daken en wanden. Deze houden water vast, zorgen voor verkoeling en vergroten de biodiversiteit.

1.1 Voorbereiden op klimaatverandering door klimaatactief te zijn

De afgelopen jaren was merkbaar dat extreem weer de gemeente Leeuwarden stevig kan treffen. 2018 was een extreem droog jaar, in 2018 en 2020 zijn er hittegolven geweest en er vielen flinke buien. De verwachting is dat extremen toenemen en hierop willen we ons voorbereiden. Dit heet klimaatadaptatie.
Door klimaatactief te zijn gaan we dit bereiken: hiermee geven we aan dat we actief handelen en naar buiten treden om Leeuwarden klimaatadaptief te maken. Vanuit de gemeente Leeuwarden doen we dit samen met onze inwoners en alle partners. In deze uitvoeringsagenda leggen we uit wat we hiervoor willen doen.

Het waterschap is een belangrijke partner waarmee Leeuwarden nauw samenwerkt aan de klimaatopgaven. Wateroverlast en hitte spelen vooral in het stedelijk gebied, hier nemen we als gemeente het initiatief. Droogte speelt zowel in het landelijk en stedelijk gebied, voor deze opgave werken we samen met onze bewoners en partners.

1.2 Leeswijzer

Met deze uitvoeringsagenda geven we aan wat er nodig is om Leeuwarden klimaatbestendig te maken. In dit hoofdstuk geven we het kader aan dat we gebruikten om deze agenda op te stellen. In hoofdstuk 2 geven we aan hoe we Leeuwarden voorbereiden op klimaatverandering. In hoofdstuk 3 leggen we de analyse van de knelpunten uit en in welke periodes we welke maatregelen uitvoeren. In hoofdstuk 4 benoemen we enkele alternatieve routes om aan te geven dat we gaandeweg nog kunnen kiezen voor een andere uitvoering van de uitvoeringsagenda. In hoofdstuk 5 behandelen we de conclusies en in hoofdstuk 6 de aanbevelingen.

Deze uitvoeringsagenda is in de 'we'-vorm geschreven om aan te geven dat wij, de gemeente Leeuwarden, deze agenda willen uitvoeren. Bij het opstellen is een grote vertegenwoordiging vanuit de gemeentelijke organisatie betrokken geweest.

1.3 Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie, Impulsregeling en klimaatbeleid

Het landelijke Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) heeft zeven ambities gesteld om de leefomgeving voor te bereiden op het veranderende klimaat. In Leeuwarden hebben we klimaat-stresstesten uitgevoerd voor het stedelijk gebied. Deze vertalen we nu naar voorliggende uitvoeringsagenda. Hiermee geven we invulling aan één van de zeven ambities uit het DPRA (zie pag. 24).

Vanaf 2021 is de impulsregeling klimaatadaptatie van kracht

Gemeenten, waterschappen en provincies kunnen via deze regeling een bijdrage van het Rijk krijgen voor maatregelen die wateroverlast, droogte of de gevolgen van overstromingen verminderen. Hitte valt niet binnen de kaders van het DPRA en het Deltafonds. Maatregelen om hitte te verminderen komen dus niet in aanmerking voor de impulsregeling. Voor de impulsregeling is een bedrag van 150 tot 250 miljoen euro beschikbaar. Het Rijk draagt maximaal 33% van de kosten voor een maatregelpakket bij. In bijlage 2 worden de eisen aan een aanvraag op een bijdrage vanuit de impulsregeling verder toegelicht. Met het Fries Bestuursakkoord Waterketen (FBWK 3) wil de werkregio Fryslân aanspraak doen op deze regeling.

Binnen Leeuwarden werken we al vele jaren aan klimaatadaptatie

Ons klimaatbeleid is in verschillende stukken opgenomen. Over een aantal zaken zijn al besluiten genomen. Zo is de ambitie om in 2035 klimaatadaptief te zijn benoemd in het programma Volhoudbaar en vastgelegd in het gemeentelijk water- en rioleringsplan (GRP).
Ook is in het GRP een kader gegeven voor de eisen waaraan een klimaatadaptieve leefomgeving moet voldoen. Voorbeelden hiervoor zijn: een beschermingsniveau tegen regenbuien die eens in de 100 jaar voorkomen en het tegengaan van hittestress en gevolgen van droogte. Om Leeuwarden voor te bereiden op de omgang met extremere neerslag is in het GRP budget opgenomen.

Over de omgang met overstromingen werken we samen met het waterschap, de provincie en Rijkswaterstaat om de risico's en het beschermingsniveau te bepalen. In samenwerking met deze organisaties bepalen we of er aanpassingen nodig zijn in de openbare ruimte om de gevolgen van overstromingen te verkleinen. In deze uitvoeringsagenda gaan we daarom niet in op de gevolgen van overstromingen.

De doelstellingen

We hebben doelen gesteld voor de thema's wateroverlast, hitte en droogte. In 2035 hebben we deze doelstellingen behaald en zijn we klimaatadaptief.

Tabel 1 doelstellingen klimaatadaptatie

Thema	Doel
Wateroverlast	65.000 m3 berging realiseren rondom 21 ha aan knelpunten, dit is 1% van het stedelijk gebied van Leeuwarden.
Hitte	Temperatuurdaling realiseren door 10% schaduw te creëren op grote warme oppervlakken en schaduweilanden te creëren rondom kwetsbare functies.
Droogte	Meer inzicht krijgen in de gevolgen van droogte in bebouwd gebied door aanvullend onderzoek in 2021 en op basis van de resultaten passende strategieën opstellen.

1.4 Gebiedspaspoorten tonen gevolgen van klimaatverandering

In 28 gebiedspaspoorten (zie bijlage 1) hebben we de gevolgen van de klimaatverandering weergegeven. In de gebiedspaspoorten zijn de delen van Leeuwarden aangegeven waarbij knelpunten als gevolg van klimaatverandering kunnen optreden. Tevens doen we een eerste voorstel tot het klimaatadaptief maken van de gebieden. De gebiedspaspoorten zijn hier te lezen:
https://sway.office.com/HWLj0GtzJRM0api?ref=Link.

Integrale aanpak & klimaatactief

Om bewoners mee te nemen in mogelijke klimaatadaptieve maatregelen gaan we experimenteren met leefstraten. Leefstraten komen voort uit een experiment in Gent waar bewoners gedurende een bepaalde tijd zelf mochten bepalen hoe hun straat werd ingericht.

2.1 Klimaatactieve aanpak

Om Leeuwarden klimaatactief te maken doen we het volgende:

- **We werken samen met bewoners, bedrijven en partners** Een deel van de klimaatbestendigheid is afhankelijk van gedragsaanpassingen. Daarnaast moet niet alleen de openbare ruimte maar ook private gebieden klimaatbestendig worden gemaakt.
- **We werken projectmatig samen binnen ons programma Volhoudbaar**. We benutten de meekoppelkansen op het gebied van energietransitie en voeren maatregelen zoveel mogelijk circulair uit.
- **We maken de openbare ruimte klimaatadaptief**. Dit doen we door klimaatadaptatie mee te nemen bij herinrichting van een gebied of grootschalig onderhoud. Zo zorgen we dat er altijd een meer klimaatadaptievere openbare ruimte terugkomt. Ook lossen we de klimaatknelpunten op. Dit doen we zoveel mogelijk in samenhang met andere projecten. Pas als er geen meekoppelkans is bestaat pakken we klimaatknelpunten apart op.
- **We leggen alle nieuwbouw klimaatbestendig aan**. Deze gebouwen en gebieden zijn direct klimaatadaptief.

2.2 Samen met de inwoners en partners

We willen inwoners stimuleren mee te denken en klimaatadaptief te handelen. Eigen terreinen kunnen zo worden aangelegd dat er tijdelijk water kan blijven staan. Terreinen, gevels en daken kunnen worden vergroend en zo zijn er nog vele mogelijkheden. Tijdens extreem weer kunnen bewoners hun gedrag zo aanpassen dat de gevolgen van het weer zo minimaal mogelijk worden, bijvoorbeeld door de schaduw op te zoeken tijdens een hittegolf.

Tijdens integrale projecten geven we veel aandacht aan de rol van inwoners en partners. Ons uitgangspunt is dat we de hele leefomgeving aanpakken, dus de openbare én de particuliere ruimte. Om inwoners en partners ruimte te geven voor eigen ideeën en inbreng doorlopen we een uitgebreid participatieproces. We geven ze uitleg over het veranderende weer, nemen ze mee in het belang van klimaatadaptatie en geven ideeën om klimaatadaptie op eigen terrein vorm te geven. Als het nodig is, zetten we hier ook andere werkvormen voor in. Bijvoorbeeld door een pilot te houden met een leefstraat om te ontdekken welke klimaatadaptieve inrichting het beste past bij de bewoners van de straat.

2.3 De openbare ruimte integraal aanpakken

Overal willen we de openbare ruimte klimaatbestendig maken. We zetten echter vooral in op de klimaatknelpunten: locaties die niet voldoen aan het beleid voor een klimaatbestendig Leeuwarden. Waar mogelijk 'koppelen we mee' en voeren we werkzaamheden integraal uit. Dit volgt uit het programma 'Leeuwarden Volhoudbaar'. Hierin bundelen we de ambities voor Leeuwarden voor klimaatadaptatie, energietransitie en circulaire economie. Als we ergens aan de slag gaan voor herinrichting of grootschalig onderhoud kijken we naar alle ambities. Waar mogelijk koppelen we meerdere doelstellingen in de maatregelen die we nemen.

2.4 Nieuwbouw leggen we klimaatbestendig aan

Bij nieuwbouw stellen we eisen om ervoor te zorgen dat de nieuwe omgeving voldoet aan het opgestelde kader om wateroverlast, hitte en droogte tegen te gaan. Een bui van 60 mm per uur, moet binnen het (plan)gebied van nieuwbouw opgevangen kunnen worden. Het Kwaliteitshandboek Openbare Ruimte (KOR) stelt eisen aan de inrichting van de leefomgeving. We passen de eisen in het KOR aan zodat deze klimaatadaptief wordt.

Inspiratiebundel duurzaamheid

Voor de Zuidlanden hebben we een inspiratiebundel duurzaamheid opgesteld. Deze bundel breiden we uit zodat we deze voor alle nieuwbouwplannen kunnen gebruiken. Er zijn buiten onze gemeente veel voorbeelden van eisen om nieuwbouw direct klimaatadaptief aan te leggen. Bijvoorbeeld de handreiking klimaatadaptatie van het Rijk en convenant klimaatadaptief bouwen van de provincie Zuid-Holland. Deze gebruiken we ter inspiratie.

2.5 We blijven adaptief

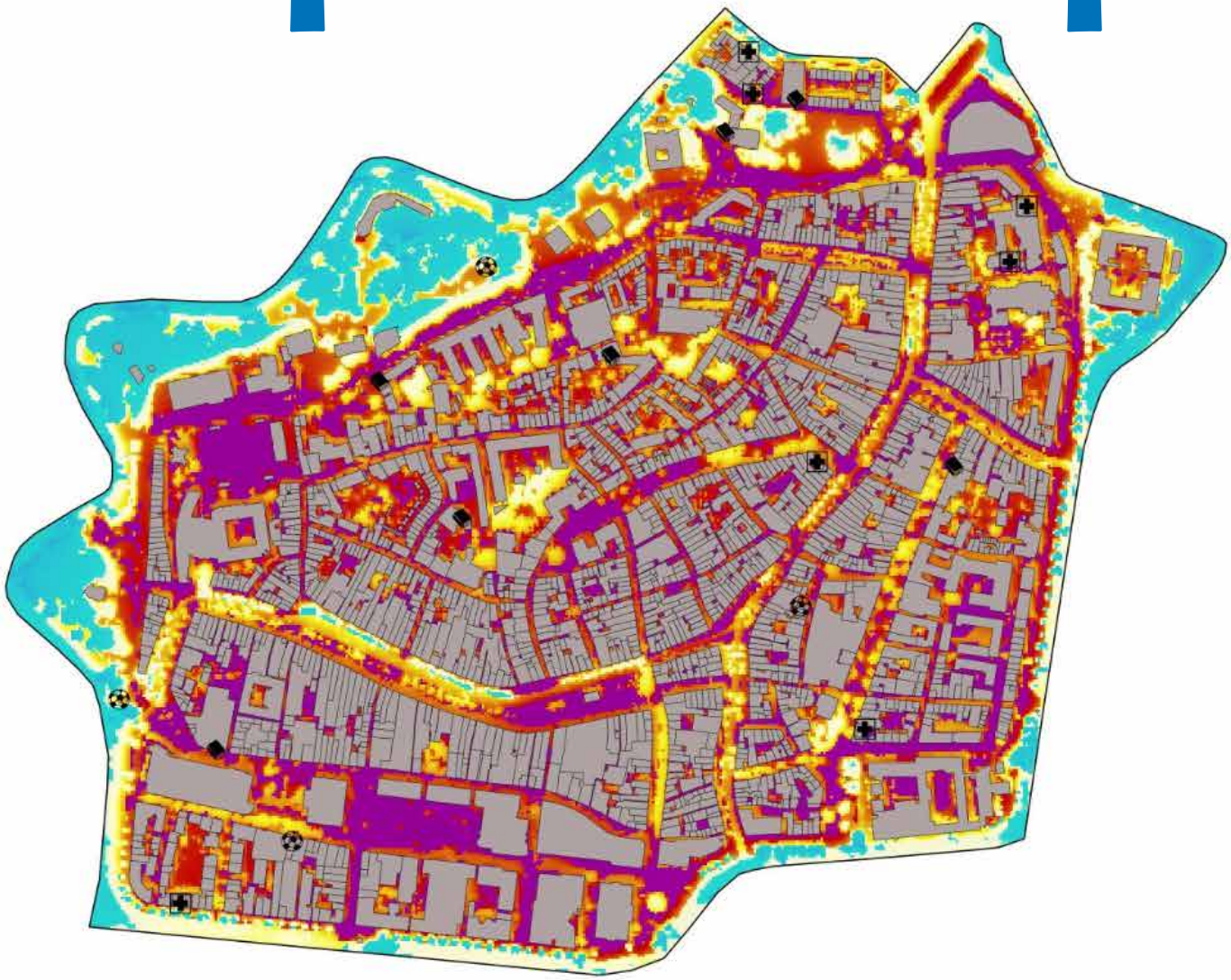
Met deze uitvoeringsagenda geven we richting aan het klimaatadaptief maken van Leeuwarden. De uitvoeringsagenda is echter niet in beton gegoten en daarom leggen we ons niet vast om het exact op deze manier te doen. Kennis, ervaring en mogelijkheden veranderen snel, daarom willen we ons blijven aanpassen aan veranderende inzichten. Zo komen er regelmatig nieuwe klimaatstudies uit van het KNMI, ontstaan er nieuwe technische mogelijkheden en doen we steeds meer ervaring op met integraal werken. Deze uitvoeringsagenda geeft aan waar, we met de kennis van nu, mee aan de slag willen. Elke 5 jaar zullen we dit plan actualiseren. In 2025 voeren we een integrale evaluatie uit met aandacht voor de aanpak, uitvoering en financiën, waarna we de uitvoeringsagenda actualiseren.

Leefstraten

Om bewoners mee te nemen in mogelijke klimaatadaptieve maatregelen gaan we experimenteren met leefstraten. Leefstraten komen voort uit een experiment in Gent waar bewoners gedurende een bepaalde tijd zelf mochten bepalen hoe hun straat werd ingericht. Hier konden voorwaarden aan worden meegegeven door de gemeente. Samen bepaalden ze de inrichting. (zie voor meer informatie *www.leefstraat.be*)

We willen sommige straten als leefstraat inrichten om samen met de bewoners een klimaatadaptieve inrichting te vinden die past bij hun wensen.We voeren in de periode 2021-2025 een pilot uit. De bevindingen gebruiken we voor het uiteindelijke ontwerp.

Aanpak knelpunten



3.1 Analyse van de klimaatknelpunten

Om te zien of een gebied klimaatadaptief is hebben we de uitgevoerde klimaatstresstest als basis gebruikt. Deze is geanalyseerd en de uitkomsten zijn besproken met medewerkers van de gemeente. Voor de knelpunten die uit de analyse naar voren kwamen, is er gekeken welke mogelijkheden er zijn om wel klimaatadaptief te worden. Per lokatie is er gekeken wat de mogelijkheden zijn en wat de kosten hiervoor zouden zijn.

Wateroverlast

Wateroverlast is volgens het beleid en ervaring een probleem als bij zware buien (berekend bij een bui van 60mm/uur)[1]:

- er 30 cm of meer water op straat staat;
- er veel panden zijn waarbij 1-5 cm water tegen de gevel staat (matig risicovol) en panden waar meer dan 5 cm water tegen de gevel staat (risicovol).

Maatregelen afhankelijk van gebiedskenmerken

De mogelijke maatregelen die we voorstellen zijn afhankelijk van de gebiedskenmerken van het knelpunt. Bij elk oppervlaktype[2] hebben we een mogelijke maatregel geformuleerd en kosten benoemd[3]. We gaan er bij de uitvoering van uit dat 75% van de maatregelen als meekoppelkans wordt uitgevoerd en 25% zelfstandig wordt uitgevoerd. In tabel 2 staat het type maatregelen met verwachte kosten weergegeven.

Wateroverlast bij extreme neerslag in kaart gebracht

We hebben in beeld gebracht welke panden water tegen de gevel hebben staan bij extreme neerslag. Wanneer water vanuit de openbare ruimte tegen de gevel aanstroomt en dit tot overlast leidt, kunnen we maatregelen treffen. Uit ervaring weten we dat het type maatregelen heel verschillend kan zijn: soms is een verkeersdrempel voldoende om het water ergens anders naartoe te laten stromen, maar het komt ook voor dat er aanpassingen aan het riool nodig zijn. Vanwege de vele verschillende maatregelen, schatten we het totaal benodigd budget in op € 2.000.000,00 (gebaseerd op ervaringen in de gemeente Leeuwarden). Om tot 2035 met inpassingen in de openbare ruimte ervoor te zorgen dat het water niet vanuit de openbare ruimte tegen de panden aanstroomt.

Tabel 2 Maatregelen tegen wateroverlast

Oppervlaktype	Bovengrondse maatregel	Kosten (€/m3)	Meekoppelkosten (€/m3)
Begroeid	oppervlak verlagen voor waterberging	200	80
Onbegroeid terreindeel	oppervlak verlagen voor waterberging	250	175
Pand	groene en blauwe daken	500*	500*
Water	verhard oppervlak afkoppelen en water bovengronds afvoeren naar bestaand oppervlaktewater	100	80
Weg	herinrichten en bovengrondse waterberging creëren	300	175

* We nemen als indicatie de helft van de kosten mee, deze worden vergoed uit de subsidieregeling.

Tabel 3 Water tegen de gevel

Categorie	Aantal panden	Aandeel panden (%)
Geen water tegen de gevel	6.630	23
1-5 cm water tegen de gevel	10.219	35
>5 cm water tegen de gevel	12.598	43

In ons analyses kunnen we zien bij welke woningen er water tegen de gevel komt. Als het water van openbaar terrein afkomstig is zien wij een mogelijke verantwoordelijkheid van de gemeente om maatregelen te treffen. Hierna toetsen we nog de doelmatigheid door te kijken naar de werkelijk ervaren overlast en de kosten van de maatregelen. Dit zal uiteindelijk leiden tot een beperkt aantal panden waar de gemeente maatregelen treft.

Hitte

Hittestress is op basis van onze ervaring een probleem als:

- Het gebied veel warmer[4] is en groter is dan 10.000 m2;
- Het gebied veel warmer is en er een gebouw binnen een straal van 30 m ligt met een zorg-, onderwijs- of sportfunctie.

We weten nog niet zeker of deze criteria goed aansluiten bij de wens om hittestress tegen te gaan in Leeuwarden. Zo is de beleving van hittestress op verschillende locaties ook belangrijk, maar hebben we hier nog te weinig inzicht in om dit in de criteria mee te nemen. De komende jaren doen we hier onderzoek naar.

Hittestress tegengaan met bomen

Om de hittestress op deze locaties tegen te gaan willen we zorgen voor meer verkoeling. De meest effectieve maatregelen tegen opwarming is het planten van bomen. Bomen verkoelen doordat ze schaduw creëren en zorgen voor verdamping. Rondom kwetsbare locaties (zorg-, onderwijs- en sportfuncties) bieden we verkoeling, op de locaties met grote warme oppervlakken creëren we schaduweilanden. Dit betekent dat we niet het hele knelpunt van schaduw voorzien, maar we maken strategische plekken koeler. Voordat we bomen planten doen we nader onderzoek om de juiste locatie voor de bomen te bepalen, hierbij houden we rekening met de kabels en leidingen in de ondergrond en de grondwaterstand.

1 Afhankelijk van de locatie op basis van de Friese klimaatatlas, Stresstest Snekerkade, WOLK Grou, stresstest Stiens.

2 Volgens de indeling van de Basisregistratie Grootschalgie Topografie (BGT).

3 Op basis van landelijke kostenkengetallen en ervaringen, besproken en aangepast naar ervaringen in Leeuwarden.

4 Op de hittestresskaart van de Friese klimaatatlas is de temperatuur in het stedelijk gebied vergeleken met de temperatuur in het landelijk gebied. Vervolgens is de gevoelstemperatuur in relatieve schaal weergegeven voor het stedelijk gebied.

De kosten voor het plaatsen van een boom schatten we op gemiddeld €5.000,- per boom[5]. Op plaatsen waar weinig ruimte is gaan we uit van maximaal 5 bomen die we kunnen plaatsen om hitte tegen te gaan en bij meer ruimte plaatsen we meer bomen.

Droogte

Er is nog beperkte informatie beschikbaar over droogte en er is nog geen beleid opgesteld voor droogte. Met een meetnet meten we momenteel al de grondwaterstanden in het stedelijk gebied. Aan de hand van deze metingen en de verwachte klimaatontwikkelingen, is in beeld gebracht hoe de grondwaterstand zich zal ontwikkelen. Zo is berekend dat de gemiddeld laagste grondwaterstand 6 tot 20 cm lager zal worden. De effecten hiervan op het stedelijk gebied zijn verschillend per gebied en per gebouw. Er is onderscheid te maken in:

- **Gebieden aangelegd voor 1970**. Hiervan weten we dat er verschillende funderingsvormen zijn gebruikt, waaronder de relatief kwetsbare houten paalfundering en fundering op staal (dit is een verbrede 'voet' waarop het pand rust). De funderingsvormen verschillen per gebied en soms ook per woning, ook is het afhankelijk van de ondergrond en grondwaterstand of het een probleem geeft. In de gebiedspaspoorten gaan we hier verder op in. Bekende aandachtsgebieden zijn de dorpen in het zuidoostelijk deel van Leeuwarden en de wijk Oosterveld in Grou. In veel straten hebben hier al maatregelen getroffen om de risico's te verkleinen.
- **Gebieden aangelegd tussen 1970 en 1980**. Hiervan weten we dat er soms nog steeds houten paalfundering werd gebruikt, maar vaak met een betonnen 'oplenger' tussen de woning en de paal in. Doordat het betonnen deel in de zone zit waarin de grondwaterstanden fluctueren denken we dat er in deze gebieden relatief weinig funderingsproblemen zijn.
- **Gebieden aangelegd na 1980**. Hiervan weten we dat er bij de bouw meer aandacht was voor fundering en grondwaterstanden, vaak werden er betonnen palen gebruikt.

Extra onderzoek naar droogte is belangrijk

Doordat er nog veel onbekend is over de gevolgen van droogte in het stedelijk gebied, is vooral onderzoek belangrijk. Dit zal zich richten op verzakkingen van panden en schade aan funderingen. Op het moment dat we voldoende zicht hebben op de risicovolle locaties voor droogte, kunnen we doelmatig maatregelen bepalen. Belangrijk is wel dat de eigenaren van de panden zelf verantwoordelijk zijn voor de fundering van hun panden.

Prioritering van de knelpunten

De uitvoeringsagenda richt zich op de periode 2021-2035. We hebben de aanpak van de knelpunten verdeeld over drie perioden: 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035. De prioritering is bepaald op basis van de volgende vier uitgangspunten:

- We pakken werkzaamheden integraal op. Dit betekent dat we in de volgorde van de aanpak van de knelpunten rekening houden met geplande werkzaamheden. Hiervoor hebben we gebruik gemaakt van de gebiedskennis die we binnen onze gemeente hebben. In een workshop met deelnemers vanuit verschillende vakgebieden (o.a. groen, wegen, energie, verkeer, water, Omgevingswet, communicatie) hebben we inzicht gekregen in de geplande projecten.
- Knelpunten waar overlast wordt ondervonden zijn urgent.
- De functie van het gebied: een wateroverlastknelpunt op een belangrijke doorgaansweg of een hitteknelpunt op een plek waar veel mensen buiten samenkomen krijgt prioriteit.
- Samenhang tussen knelpunten. Naast elkaar gelegen knelpunten kunnen we gezamenlijk in één project oppakken.

3.2 Klimaatknelpunten: aan de slag in 2021–2025

In de periode 2021-2025 gaan we aan de slag om Leeuwarden voor te bereiden op het veranderende klimaat. Hiervoor pakken we 17 wateroverlastknelpunten en 9 hittestressknelpunten aan. De geschatte kosten hiervoor bedragen 4,8 tot 13,2 miljoen euro. In tabel 4 en 5 staan per knelpunt de globale kosten.

Werkzaamheden combineren

Waar mogelijk voeren we de aanpak van de klimaatknelpunten uit in samenhang met andere projecten. Voor de periode 2021-2025 staan al een aantal projecten op het programma waarin we klimaatadaptatie combineren met andere werkzaamheden:

- Wateroverlast Stationsweg en Oedsmawei in Grou. Meekoppelkans

5 Gebaseerd op landelijke ervaringscijfers, besproken en aangepast naar ervaringen in Leeuwarden.

met verkeer en onderhoud en ondergrondse infrastructuur;
- Wateroverlast St. Anthonystraat. Meekoppelkans in nieuwbouw OBS Oldenije en verbouw theater Romein;
- Aanleg regenwaterriool in de Beatrixstraat. Meekoppelkans vervangen riolering en aanleg warmtenet;
- Werkzaamheden in Grou aan de riolering in de Drachtsterweg en Meersweg, Stationsweg. Meekoppelkans om dit gebiedsgericht aan te pakken;
- Werkzaamheden in Wergea in de Kerkbuurt;
- Werkzaamheden in Stiens aan de Lutskedyk;
- Werkzaamheden in de Binnenstad, waarbij de Schoenakersperk, Groeneweg en Bollemansteeg opnieuw worden ingericht en het riool wordt aangepakt;
- Werkzaamheden in het Rengerspark in de Troelstraweg en Transvaalstraat.

Inzicht in droogte

Ook willen we van 2021-2025 meer inzicht krijgen in waar droogte een risico vormt. Op locaties waar de kans groot is dat gebouwen op houten paalfunderingen zijn gebouwd, gaan we na welke fundering is gebruikt. Voor deze onderzoeken is in de gehele periode € 100.000,00 geraamd. Deze onderzoeken kunnen leiden tot maatregelen, hier hebben we een stelpost voor opgenomen van € 1.000.000,00 per fase, dus € 200.000,00 per jaar.

We betrekken inwoners en partners

Als we ergens aan de slag gaan betrekken we inwoners, gebruikers en partners. Belangrijke partners benaderen we zelf om aan te geven welke klimaatrisico's voor hun van toepassing zijn. We geven daarbij mogelijkheden aan om deze risico's te verminderen en we onderzoeken wat wijzelf in de directe omgeving kunnen doen. Op deze manier gaan we in gesprek met woningbouwcorporaties, zorginstellingen, scholen/onderwijsorganisaties en sportclubs. Dit is een continuering van de risicodialogen en is als ambitie benoemd in het programma Volhoudbaar. In ons plan van aanpak rond klimaatadaptatie zijn ook nog andere maatregelen beschreven, waaronder:

- Met onze deelname aan 'operatie steenbreek' actief informatie geven over de mogelijkheden om eigen terreinen klimaatadaptief te maken. We richten de campagne op de gebieden waar we weten dat de meeste verharding aanwezig is. Deze informatie staat in de gebiedspaspoorten;

Tabel 4 Aanpak knelpunten wateroverlast 2021-2025

Gebied	Laag	Hoog
Zuidelijke dorpen (1 locatie)	€ 13.000,-	€ 61.000,-
Grou (3 locaties)	€ 406.000,-	€ 2.152.000,-
Stiens (2 locaties)	€ 171.000,-	€ 776.000,-
Sonneborg (2 locaties)	€ 667.000,-	€ 2.241.000,-
Rengerspark (1 locatie)	€ 576.000,-	€ 1.329.000,-
Oud-Oost (3 locaties	€ 896.000,-	€ 3.274.000,-
Binnenstad (3 locaties)	€ 131.000,-	€ 594.000,-
De Zwette I,II,III,V (2 locaties)	€ 244.000,-	€ 1.110.000,-
Totaal periode 2021-2025	**€ 3.104.000,-**	**€ 11.537.000,-**

Tabel 5 Aanpak knelpunten hittestress 2021-2025

Gebied	Oppervlak (m2)	Kosten (euro)
Grou (2 locaties)	25.079	€ 36.000,-
De Zwette I,II,III,V (1 locatie)	126.463	€ 36.000,-
Oud-Oost (2 locaties)	8.243	€ 292.000,-
Binnenstad (1 locatie)	221.442	€ 949.000,-
Nijlân (1 locatie)	72.244	€ 310.000,-
Aldlân (2 locaties)	16.667	€ 59.000,-
Totaal periode 2021-2025	**470.138**	**€ 1.682.000,-**

Door samen te werken met wijk- en dorpsverenigingen brengen we stimuleringsregelingen voor vergroening onder de aandacht. Zoals bijvoorbeeld de succesvolle regentonnenactie in Goutum.

- Met de subsidieregeling afkoppelen voor inwoners stimuleren we de burger om op eigen terrein tegels weg te halen, beplanting toe te voegen en waterberging zoals vijvers en regentonnen aan te leggen. Hiervoor is €100.000 per jaar beschikbaar: €5.000 voor het vergroenen van tuinen en €95.000 voor andere maatregelen.

Kosten 2021-2025

Voor de periode 2021-2025 ramen we de kosten voor de beschreven aanpak van klimaatknelpunten op 1,4 tot 3,1 miljoen euro per jaar. In tabel 6 is de opbouw van dit bedrag aangegeven.

3.3 Klimaatknelpunten: verder werken in 2026–2030

In de periode 2026-2030 werken we verder aan het voorbereiden van Leeuwarden op het veranderende klimaat. Hiervoor pakken we 29 wateroverlastknelpunten en 27 hittestressknelpunten aan. De geschatte kosten hiervoor bedragen 5,2 tot 11,4 miljoen euro, zie tabel 8. We bekijken tegen die tijd welke projecten integraal kunnen worden opgepakt, mogelijk verschuiven projecten tussen de fases als dit nodig is om meekoppelkansen te gebruiken. Zie tabel 7 en 8.

Inzicht in droogte

De aanpak voor droogte is afhankelijk van de uitkomsten van het onderzoek dat we in de periode 2021-2025 uitvoeren. We hebben een stelpost opgenomen voor maatregelen van €1.000.000 per fase, dit is €200.000 per jaar.

Kosten 2026-2030

Voor de periode 2026-2030 ramen we de kosten voor de beschreven aanpak van klimaatknelpunten op 1,4 tot 2,6 miljoen euro per jaar. In tabel 9 is de opbouw van dit bedrag aangegeven.

Tabel 6 Kostenoverzicht aanpak knelpunten 2021-2025

Knelpunten	kosten 2021-2025		kosten per jaar	
	Laag	*Hoog*	*Laag*	*Hoog*
Wateroverlast	€ 3.103.901	€ 11.537.199	€ 620.780	€ 2.307.440
- risicopanden	€ 666.667		€ 133.333	
Hitte	€ 1.682.498		€ 336.500	
Droogte (maatregelen op openbaar terrein)	€ 1.100.000		€ 220.000	
Subsidieregeling	€ 500.000		€ 100.000	
totaal	**€ 7.053.066**	**€ 15.486.363**	**€ 1.410.613**	**€ 3.097.273**

Tabel 7 Aanpak knelpunten wateroverlast 2026-2030

Gebied	Laag	Hoog
Grou (3 locaties)	€ 147.000,-	€ 668.000,-
Stiens (2 locaties)	€ 173.000,-	€ 898.000,-
Schieringen & Heechterp (1 locatie)	€ 88.000,-	€ 269.000,-
Sonneborg (3 locaties)	€ 126.000,-	€ 575.000,-
Oud-Oost (2 locaties)	€ 111.000,-	€ 396.000,-
Cambuur (1 locatie)	€ 42.000,-	€ 64.000,-
De Zwette I, II, III, V (3 locaties)	€ 264.000,-	€ 1.199.000,-
Stationskwartier & Tulpenburg (1 locatie)	€ 13.000,-	€ 59.000,-
Huizem-West (2 locaties)	€ 160.000,-	€ 752.000,-
Huizem-Oost (1 locatie)	€ 100.000,-	€ 453.000,-
Zuiderburen (1 locatie)	€ 96.000,-	€ 223.000,-
Bilgaard (5 locaties)	€ 372.000,-	€ 1.665.000,-
Magere Weide & Valeriuskwartier (1 locatie)	€ 10.000,-	€ 46.000,-
Westeinde (1 locatie)	€ 26.000,-	€ 68.000,-
Vrijheidswijk (2 locaties)	€ 251.000,-	€ 834.000,-
Totaal periode 2026-2030	**€ 2.000.000,-**	**€ 8.169.000**

Tabel 8 Aanpak knelpunten hittestress 2026-2030

Gebied	Oppervlak (m2)	Kosten (euro)
Grou (2 locaties)	3.307	€ 9.000,-
Stiens (4 locaties)	34.797	€ 85.000,-
Schieringen & Heechterp (3 locaties)	64.809	€ 100.000,-
Sonneborg (3 locaties)	209.301	€ 897.000,-
Oud-Oost (1 locatie)	190.263	€ 408.000,-
Cambuur (2 locaties)	26.860	€ 50.000,-
Stationskwartier & Tulpenburg (1 locatie)	156.094	€ 334.000,-
Huizem-West (2 locaties)	243.506	€ 599.000,-
Huizem-Oost (1 locatie)	139.539	€ 399.000,-
Bilgaard (2 locaties)	57.362	€ 202.000,-
Magere Weide & Valeriuskwartier (2 locaties)	36.929	€ 92.000,-
Westeinde (3 locaties)	22.802	€ 39.000,-
Vrijheidswijk (1 locatie)	38.693	€ 11.000,-
Totaal periode 2026-2030	**538.831**	**€ 3.225.000**

Tabel 9 kostenoverzicht aanpak knelpunten 2026-2030

Knelpunten	kosten 2026-2030		kosten per jaar	
	Laag	*Hoog*	*Laag*	*Hoog*
Wateroverlast	€ 2.004.357	€ 8.168.996	€ 575.820	€ 1.633.799
- risicopanden	€ 666.667		€ 133.333	
Hitte	€ 3.225.103		€ 645.021	
Droogte	€ 1.000.000		€ 200.000	
totaal	**€ 6.896.127**	**€ 13.060.766**	**€ 1.379.225**	**€ 2.612.153**

3.4 Klimaatknelpunten: Leeuwarden klimaatactief 2031–2035

In de periode 2031-2035 pakken we de laatste knelpunten aan, waardoor we in 2035 klimaatactief zijn. Hiervoor pakken we 28 wateroverlastknelpunten en 20 hittestressknelpunten aan. De geschatte kosten hiervoor bedragen 2,6 tot 6,9 miljoen euro. We bekijken tegen die tijd welke projecten integraal kunnen worden opgepakt. Zie tabel 10 en 11.

Inzicht in droogte

De aanpak voor droogte is afhankelijk van de inzichten die we in de periode 2021-2030 opdoen. We hebben een stelpost opgenomen voor maatregelen van € 1.000.000,00 per fase, dit is € 200.000,00 per jaar.

Kosten 2031-2035

Voor de periode 2031-2035 ramen we de kosten voor de beschreven aanpak van klimaatknelpunten op 0,9 tot 1,8 miljoen euro per jaar. In tabel 12 is de opbouw van dit bedrag aangegeven.

Geveltuinen zorgen voor waterberging, verkoeling en vergroening in versteend gebied.

Tabel 10 Aanpak knelpunten wateroverlast 2031-2035

Gebied	Laag	Hoog
Zuidelijke dorpen (7 locaties)	€ 355.000,-	€ 1.559.000,-
Grou (3 locaties)	€ 844.000,-	€ 2.196.000,-
Stiens (4 locaties)	€ 289.000,-	€ 1.461.000,-
Noordelijke dorpen (4 locaties)	€ 54.000,-	€ 247.000,-
Rengerspark (4 locaties)	€ 272.000,-	€ 832.000,-
Cambuur (1 locatie)	€ 43.000,-	€ 112.000,-
Potmarge (1 locatie)	€ 12.000,-	€ 56.000,-
Huizem-Oost (1 locatie)	€ 13.000,-	€ 58.000,-
Zuiderburen (3 locaties)	€ 157.000,-	€ 453.000,-
Totaal periode 2031-2035	**€ 2.039.000,-**	**€ 6.974.000,-**

Tabel 11 Aanpak knelpunten hittestress 2031-2035

Gebied	Oppervlak (m2)	Kosten (euro)
Zuidelijke dorpen (4 locaties)	22.477	€ 60.000,-
Stiens (5 locaties)	18.128	€ 26.000,-
Noordelijke dorpen (1 locatie)	850	€ 2.000,-
Cammingaburen (2 locaties)	26.081	€ 76.000,-
Rengerspark (2 locaties)	53.488	€ 134.000,-
De Centrale (1 locatie)	42.274	€ 18.000,-
Potmarge (2 locaties)	81.105	€ 214.000,-
Huizem-Oost (1 locatie)	21.103	€ 60.000,-
Zuiderburen (2 locaties)	8.399	€ 9.000,-
Totaal periode 2031-2035	**29.502**	**€ 599.000,-**

Tabel 12 Kostenoverzicht aanpak knelpunten 2031-2035

Knelpunten	kosten 2031-2035		kosten per jaar	
	Laag	*Hoog*	*Laag*	*hoog*
Wateroverlast	€ 2.039.037	€ 6.973.579	€ 407.807	€ 1.394.716
- risicopanden	€ 666.667		€ 133.333	
Hitte	€ 599.768		€ 119.954	
Droogte	€ 1.000.000		€ 200.000	
totaal	**€ 4.305.472**	**€ 9.240.014**	**€ 861.094**	**€ 1.848.003**

Onzekerheden en alternatieve routes

We pakken werkzaamheden integraal op. Dit betekent dat we in de volgorde van de aanpak van de knelpunten rekening houden met geplande werkzaamheden.

4.1 Onzekerheden

Met dit plan geven we een route om Leeuwarden klimaatactief te maken. We weten nu al dat er veel onzekerheden zijn en dat we moeten omgaan met verandering. Hoe we omgaan met de meest waarschijnlijke veranderingen lichten we hieronder toe. Als beheersmaatregel voeren we elke 5 jaar een evaluatie uit, waarin we aandacht geven aan deze onzekerheden.

Combineren van werkzaamheden (meekoppelen)

Bij het klimaatadaptief maken van Leeuwarden zoeken we de samenwerking met andere vakgebieden en opgaves. Dit maakt ons afhankelijk van hun planning om werkzaamheden te kunnen combineren. In de periode 2008-2014 hebben we bijvoorbeeld gezien dat veel nieuwbouwprojecten en herontwikkelingen werden uitgesteld, omdat het economisch slechter ging. Als we de werkzaamheden van klimaatadaptatie koppelen aan deze werkzaamheden, dan kunnen de klimaatadaptatie-werkzaamheden vertraging oplopen. Om mee te bewegen met de verschillende planningen kunnen klimaatadaptieve projecten dus verschuiven. Met de evaluaties en actualisaties van dit plan houden we bij in welke mate we Leeuwarden klimaatadaptiever maken. We kunnen daarmee als dit nodig is de uitvoeringsagenda aanpassen of bijstellen om onze doelen te behalen. Hierin zoeken we de samenwerking met projecten op het gebied van energiebesparing en de opwek van duurzame energie (de energietransitie)

Meekoppelkansen hebben veel invloed op de benodigde budgetten. Ons uitgangspunt is dat we bij 75% van de klimaatknelpunten meekoppelen en daarmee projecten goedkoper kunnen uitvoeren. We gaan actief sturen op het behalen van zoveel mogelijk meekoppelkansen, onder andere door klimaatadaptatie goed te borgen binnen de organisatie. Hoe we dit doen leggen we vast in een apart – meer procesmatig – plan van aanpak voor klimaatadaptatie.

Onzekerheid in kosten (bandbreedte in kostenraming)

In deze uitvoeringsagenda hebben we voor 131 locaties waar een klimaatknelpunt is een voorstel gedaan voor maatregelen. We gaan nog uitwerken hoe we deze klimaatknelpunten aanpakken en proberen dat zoveel mogelijk integraal te doen. Het kan dan blijken dat we vaker uitkomen op de duurdere maatregelen. In de tabellen in de bijlagen hebben we daarom de voorgestelde maatregelen en kosten vastgelegd. Bij de evaluaties kijken we hoe de kosten in realiteit uitvallen.

Klimaatverandering

De KNMI-klimaatscenario's laten de richting zien waarin het klimaat verandert. Deze scenario's worden regelmatig bijgesteld op basis van nieuwe kennis en inzichten. Dat we klimaatadaptief willen zijn betekent dus dat we ons hierop kunnen aanpassen. Het kader dat we gebruiken om aan te geven wat klimaatadaptatie voor ons is, kan dus met de tijd veranderen. We nemen dit mee bij de evaluaties en actualisaties van dit plan.

4.2 Alternatieve routes

Met de reeds gemaakte keuzes en vastgestelde uitgangspunten komen we tot de voorgestelde route naar een klimaatactief Leeuwarden. De termijn waarop we Leeuwarden klimaatactief maken en de mogelijkheid om integrale projecten uit te voeren zijn hierbij belangrijke uitgangspunten. Hieronder stellen we daarom twee alternatieve routes voor.

Enkel inzetten op meekoppelkansen

Als we enkel inzetten op meekoppelen, dan kunnen we de meeste integrale projecten uitvoeren en zijn de kosten lager. Als we wachten op de meekoppelkansen schatten we in dat het moeilijk zal zijn om onze doelen binnen de planning te behalen. Dit betekent dat bij het enkel inzetten op meekoppelkansen de planning moet worden losgelaten.

De kosten dalen als er wordt ingezet op het volgen van enkel meekoppelkansen. Waar de totale uitgaven die gepresenteerd zijn in hoofdstuk 3 liggen op 18,2 tot 37,8 miljoen euro (op basis van 75% meekoppelen), dalen de kosten bij 100% meekoppelen met ca. 15%. En om een beeld te vormen: bij het zelfstandig uitvoeren van de projecten (0% meekoppelen) stijgen de kosten met ongeveer 40%.

Langere periode voor uitvoering werkzaamheden

We zijn nu uitgegaan van het klimaatactief maken van Leeuwarden voor 2035. Landelijk is het doel om klimaatadaptief te zijn in 2050. Door een langere tijd voor de uitvoering van de werkzaamheden te nemen, geven we onszelf meer tijd om de benodigde werkzaamheden uit te voeren en komen er meer meekoppelkansen. Het betekent echter ook dat het langer duurt voordat Leeuwarden klimaatbestendig is en dat daarmee de risico's langer bestaan.

Als er wordt gekozen voor een langere planningshorizon schatten we in dat ongeveer 90% van de klimaatknelpunten als meekoppelproject kan worden opgepakt. Dit geeft een raming van de totale uitgaven voor het aanpakken van de klimaatknelpunten op 17,2 tot 37,4 miljoen euro.

Conclusies

De vele fonteinen in Leeuwarden geven een klein beetje verkoeling op warme dagen.

Om Leeuwarden klimaatbestendig te maken zijn er 131 locaties die aangepast moeten worden

Met deze uitvoeringsagenda hebben we deze klimaatknelpunten in beeld gebracht, oplossingsrichtingen bepaald, de werkzaamheden in een programma gezet en hebben we budgetten ervoor geraamd. Als we nog onvoldoende zicht hebben op de klimaatknelpunten hebben we onderzoeken opgenomen, dit geldt voor de droogteproblemen.

Het is belangrijk dat er geen nieuwe knelpunten ontstaan

We willen daarom dat alles wat we nu nog aanleggen klimaatbestendig is, dit is nodig bij nieuwbouw, herinrichting en bij grootschalig onderhoud.

Ook is het belangrijk dat we bij alles samenwerken met de bewoners en partners van Leeuwarden

De bewoners en partners brengen kennis in over het gebied, kunnen zelf (een deel van) de knelpunten oplossen en merken in hun dagelijks leven dat ze anders moeten omgaan met de extremere weersomstandigheden (soms moeten ze accepteren dat ze niet alles kunnen en het dagelijks leven hierop aanpassen).

Met een integrale aanpak (zoals nu in het programma Volhoudbaar) zetten we in op het zoveel mogelijk meekoppelen van klimaatadaptatie bij andere werkzaamheden

We hebben in een apart plan van aanpak beschreven hoe we ervoor zorgen dat klimaatadaptatie wordt geborgd binnen de organisatie, partners goed op de hoogte zijn en bewoners overal bij worden betrokken.

Om de benoemde werkzaamheden aan de klimaatknelpunten uit te voeren hebben we 18,2 tot 37,8 miljoen euro nodig

Voor elke locatie zijn goedkopere of duurdere maatregelen mogelijk, dat geven we met deze bandbreedte aan. Ons uitgangspunt is dat we veel projecten meekoppelen en daarmee kosten besparen.
We willen elke 5 jaar een evaluatie uitvoeren om te zien of het beoogde percentage van 75% meekoppelen wordt behaald en of de kostenraming correct is. Ook is het mogelijk dat we gaandeweg de criteria bijstellen voor een klimaatbestendige inrichting, als blijkt dat de klimaatverandering zich anders uitpakt dan onze huidige inzichten.

Er zijn alternatieve routes naar een klimaatbestendig Leeuwarden mogelijk

Binnen het gestelde kader zien we twee alternatieve routes: enkel inzetten op meekoppelkansen of een langere planningshorizon gebruiken. Bij het enkel inzetten op meekoppelkansen zullen de kosten dalen, doordat deze projecten goedkoper zijn. Het effect is echter beperkt, doordat we nu al uitgaan van 75% meekoppelen.
Het is ook mogelijk om de planningshorizon aan te passen.
Door deze te verlengen hebben we meer tijd om de benodigde werkzaamheden uit te voeren en ontstaan er meer mogelijkheden om werkzaamheden mee te koppelen. Zolang de benoemde werkzaamheden niet zijn uitgevoerd, blijft er een kans bestaan dat er schade optreedt op de klimaatknelpunten.

Via operatie Steenbreek kunnen mensen tegels/stenen inleveren voor planten en wordt gewerkt aan vergroening van de wijk.

Aanbevelingen

Samen met inwoners maken we Leeuwarden klimaatadaptief met diverse acties in wijken en dorpen. Zoals ‘adopteer een boomspiegel’, operatie steenbreek en regentonnenacties in onder andere Goutum en Aldlân.

Met deze uitvoeringsagenda geven we aan wat er nodig is om Leeuwarden klimaatbestendig te maken. We doen de aanbeveling om de klimaatknelpunten aan te pakken en hier het benodigde budget voor vrij te maken. Hiervoor is het belangrijk dat:

- **We de klimaatknelpunten zoveel mogelijk meekoppelen aan andere werkzaamheden.** Meekoppelen is belangrijk om werkzaamheden integraal uit te voeren en zo een beter resultaat te bereiken. Dit kan lastig zijn om te plannen, omdat er meer afstemming nodig is en planningen op elkaar moeten worden afgestemd. We raden aan om in kaart te brengen welke klimaatknelpunten integraal kunnen worden opgepakt en de werkzaamheden zo uit te voeren.
- **We financiële ruimte maken om de klimaatknelpunten aan te pakken.** Vanuit de rioolheffingsinkomsten kunnen de kosten die gerelateerd zijn aan de zorgplichten voor afvalwater, hemelwater en grondwater worden bekostigd. Dit betekent in de praktijk dat vooral de maatregelen voor wateroverlast en droogte hiermee kunnen worden betaald. Er is in het gemeentelijk rioleringsplan al een budget meegenomen van 40 miljoen euro voor deze maatregelen. Onze kostenraming geeft aan dat voor wateroverlast en droogte 12,7 tot 32,3 miljoen euro nodig is, dit budget lijkt daarom toereikend en passend om de klimaatknelpunten mee aan te pakken die gaan over wateroverlast en droogte. We raden aan om dit budget in te zetten voor de maatregelen die mogen worden toegerekend aan de rioolheffing. Voor hittestress bestaat er niet zo'n inkomstenbron. We raden aan om hier een apart budget voor te vormen, zodat er voldoende financiële dekking is om de benodigde werkzaamheden uit te voeren. Onze kostenraming geeft een inschatting van het benodigd budget, zo'n 5,5 miljoen euro in de periode 2021 tot 2035.

Hiernaast is het belangrijk dat we ervoor zorgen dat er geen nieuwe klimaatknelpunten ontstaan, dat we integraal werken en dat we een goede samenwerking hebben met bewoners en partners.
In een apart plan van aanpak werken we dit uit, hierin beschrijven we onder andere:

- **Het betrekken van bewoners, bedrijven en partners.** Door bij elk passend project samen te werken met bewoners, bedrijven en partners komen we tot een betere inrichting van de openbare ruimte. Hierdoor doen we een oproep om ook de particuliere ruimte klimaatbestendig in te richten en geven we aan dat het belangrijk is om het dagelijks leven aan te passen op extremere weersomstandigheden. We raden aan om dit een standaardonderdeel van elk project te maken.
- **Het aanpassen van het KOR.** Het Kwaliteitshandboek Openbare Ruimte (KOR) stelt eisen aan de inrichting van de leefomgeving. We raden aan om deze eisen zo snel mogelijk aan te passen om tot een standaard klimaatbestendige inrichting te komen bij alle herinrichtingen, grootschalige onderhoud en nieuwe aanleg.
- **Het beter in beeld krijgen van de gevolgen van droogte.** Over de gevolgen van droogte is er nog veel onduidelijkheid en onzekerheid. De potentiële schade is groot, maar we kunnen nog niet inschatten of dit in Leeuwarden gaat optreden. Daarbij ligt de schade wellicht vooral bij de eigenaren van panden met funderingsproblemen, het is de vraag of en in hoeverre de gemeente hier kosten voor wil maken. Vervolgonderzoek is belangrijk om goede keuzes te maken. Met de uitkomsten van dit onderzoek kan over enkele jaren worden bepaald of er (aanvullende) maatregelen nodig zijn door de gemeente. We raden aan om deze onderzoeken spoedig op te starten.

7 ambities
voor een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting van Nederland

Colofon
Oplevering december 2020

De volgende collega's hebben bijgedragen aan deze uitvoeringsagenda:

Sweco

Elwin Leusink	Adviseur Stedelijk Water
Renske ter Horst	Adviseur stedelijk water

Beheer en onderhoud

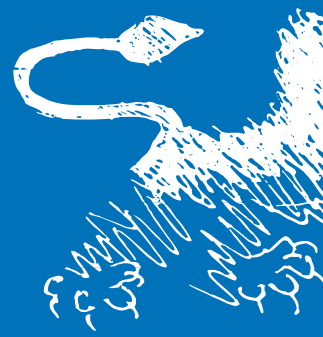
Nico Kelderhuis	Senior Beheerder Groen en spelen
Freerk Wijma	Beheerder stedelijk water
Vincent van der Neut	Adviseur water
Richard Cöp	Strategisch adviseur

Team Klimaatadaptatie volhoudbaar

Bart Volkers	Proactblue
Adriana Groen	Senior beheerder Stedelijk Water
Mary-Lou Zuydenma	Communicatie (Volhoudbaar)
Ronald Hornstra	Monitoring en budget (Volhoudbaar)

Vormgeving David Jansen

Visuals (Visser en de Graef)



Gemeente Leeuwarden

Effecten en risico's droogte in de gemeente Leeuwarden

Deel 2: Effecten van droogte op woningen, infrastructuur en groen

BZ Ingenieurs & Managers

Rapport: *Effecten en risico's droogte in de gemeente Leeuwarden*
Kenmerk: *BZ314.220511*
Datum: *11-5-2022*
Status: *Definitief*
Opdrachtgever: *Gemeente Leeuwarden*

Auteurs: [redacted]

Vrijgave: [redacted]

BZ Ingenieurs & Managers
Onderzoek, advies en begeleiding van projecten rond waterveiligheid en (stedelijk) waterbeheer

Zutphenseweg 51
7418 AH Deventer

info@bzim.nl
www.bzim.nl

Inhoudsopgave

1. Inleiding 1
   - 1.1. Aanleiding 1
   - 1.2. Doel 1
   - 1.3. Gebruikte bronnen 1
2. Effecten van droogte 3
   - 2.1. Inleiding 3
   - 2.2. Effecten droogte op woningen 4
   - 2.3. Effecten droogte op infrastructuur 9
   - 2.4. Effecten droogte op groen 10
   - 2.5. Ervaringen in gemeente Leeuwarden met schade in de droge zomer 2018 11
   - 2.6. Andere oorzaken en gevolgen van droogte 13
   - 2.7. Klimaatschadeschatter 15
3. Klimaatverandering en zetting in gemeente Leeuwarden 17
   - 3.1. Verwachte lage grondwaterstanden rond 2050 17
   - 3.2. Maaivelddaling 17
4. Risicobeoordeling effecten van droogte 19
5. Effecten droogte op woningen 20
   - 5.1. Woningen op houten palen 20
   - 5.2. Woningen op staal gefundeerd 24
6. Effecten droogte op infrastructuur 27
   - 6.1. Werkwijze en input analyse 27
   - 6.2. Matrix 29
   - 6.3. Resultaat 29
7. Effecten droogte op groen 31
   - 7.1. Werkwijze en input analyse 31
   - 7.2. Matrix 31
   - 7.3. Resultaat 32
8. Kwantificeren schade 36
   - 8.1. Woningen 36
   - 8.2. Infrastructuur 37
   - 8.3. Groen 38
9. Conclusies en aanbevelingen 40
   - 9.1. Conclusies risico's en effecten van droogte in de gemeente Leeuwarden 40
   - 9.2. Aanbevelingen 44

Bijlagen

1. Data en deelnemers werksessies
2. Kaart daling lage grondwaterstanden
3. Kaart zetting
4. Kaart funderingswijze
5. Kaart risicoanalyse houten palen
6. Kaart risicoanalyse op staal gefundeerd
7. Kaart methode bouwrijp maken
8. Kaart risicoanalyse infrastructuur
9. Kaarten risicoanalyse groen

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Het klimaat verandert, neerslag wordt heviger, het wordt warmer en droger. In 2020 heeft de gemeente onderzoek uitgevoerd naar de klimaateffecten op de bebouwde omgeving voor hitte en wateroverlast. De uitkomsten zijn verwerkt in de uitvoeringsagenda 'Leeuwarden klimaatactief'. Voor droogte is er geconcludeerd dat er verdiepend onderzoek nodig is om een beter beeld te krijgen van de gevolgen en risico's van droogte. Hierna kunnen passende strategieën uitgedacht worden.

1.2. Doel

Het doel van dit onderzoek is om de gevolgen en risico's van droogte voor het bebouwd gebied van de gemeente Leeuwarden in beeld te brengen. Dus zowel van de stad als de omliggende dorpen. Hierbij gaat het om de gevolgen en risico's van droogte voor de woningen, de infrastructuur en het groen & biodiversiteit. In deel 1 van het onderzoek wordt ingegaan op de effecten van klimaatverandering op de grondwaterstanden en maaivelddaling [1]. In deel 2, dit rapport, wordt ingegaan op de gevolgen en risico's hiervan voor woningen, infrastructuur en groen.

1.3. Gebruikte bronnen

Bij het opstellen van dit rapport hebben we gebruik gemaakt van de onderstaande bronnen:

1. Effecten en risico's droogte in de gemeente Leeuwarden; deel 1: Effect klimaatverandering op lage grondwaterstanden en maaivelddaling, kenmerk en datum definitieve versie volgt
2. Effect van droogte op stedelijk gebied; Kennisinventarisatie, Deltares, kenmerk 1206224-000, 2012
3. Klimaatschadeschatter; Rapportage 2020, NKWK, 7 december 2020
4. Mondelinge navraag bij woningcorporatie Elkien, Leeuwarden
5. Overwegende funderingswijze per wijk, door gemeente Leeuwarden aangeleverd in het kader van deze studie
6. Bouwjaar woningen (voor/na 1970), door de gemeente Leeuwarden aangeleverd in het kader van deze studie
7. Methode van bouwrijp maken per wijk, door de gemeente Leeuwarden aangeleverd in het kader van deze studie
8. Bomenbestand gemeente Leeuwarden, door de gemeente Leeuwarden aangeleverd in het kader van deze studie
9. Klimaatschadeschatter, rapportage 2020, NKWK, 7 december 2020
10. KCAF, aantasting van houten palen
11. Bodemdalingskaart 2.0, https://bodemdalingskaart.nl/, SkyGeo

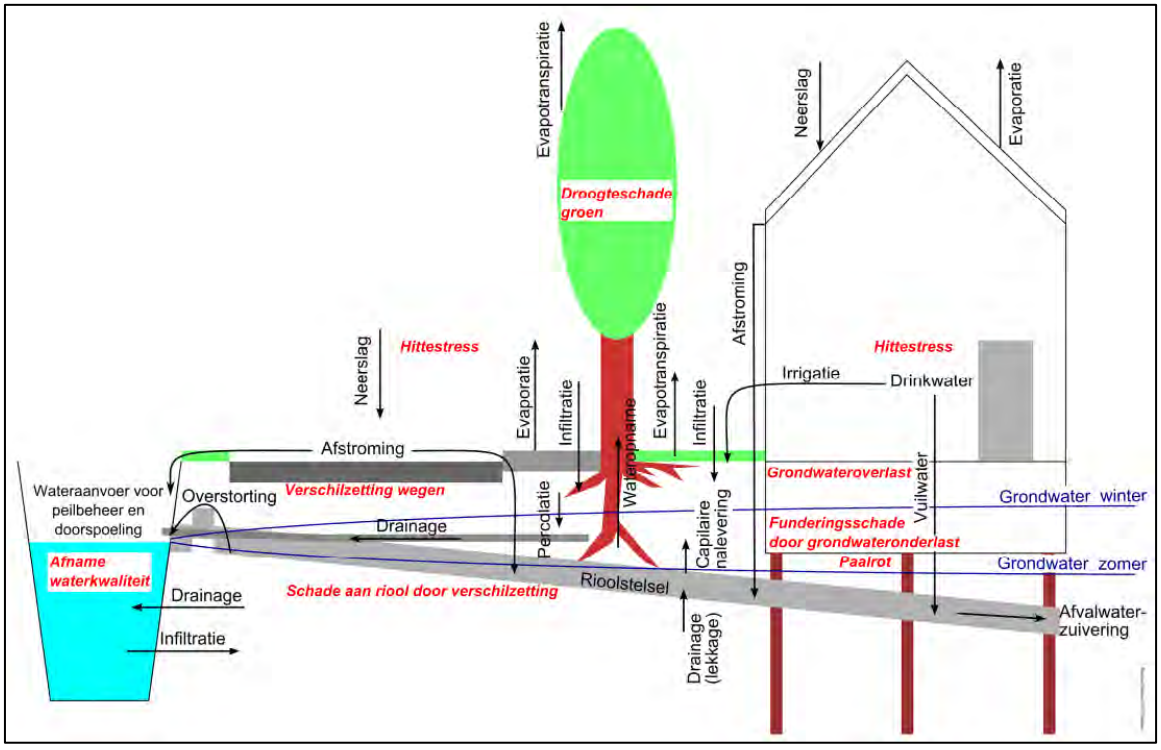
De nummers tussen de [] in de tekst, verwijzen naar de bovenstaande bronnen.

Een belangrijke bron van informatie in deze studie zijn de medewerkers van de gemeente Leeuwarden: de bouwinspecteurs, de medewerkers van de afdelingen infra en van de afdeling groen. In deze studie zijn een drietal werksessies gehouden om voor Leeuwarden specifieke informatie en ervaring op te halen. In bijlage 1 is een lijst opgenomen met deelnemers aan deze workshops. Het nummer 12 tussen de [] in de tekst, verwijst naar deze workshops.

2. Effecten van droogte

2.1. Inleiding

Droogte kent vele aspecten. Meteorologische droogte gaat over het neerslagtekort. Droogte ontstaat als het langer dan gemiddeld niet regent en/of de verdamping zo intens is dat normale hydrologische patronen verstoord raken en grondwaterstanden dalen. In dit onderzoek heeft droogte betrekking op de effecten van een daling van het grondwaterpeil, de hydrologische droogte. De hydrologische droogte kan effect hebben op woningen, infrastructuur en groen, zie figuur 1. Daarnaast kent droogte ook relaties met hittestress en waterkwaliteit. Droogte kan hittestress verergeren en het 'urban heat island effect' versterken. Door droogte en temperatuurstijging nemen concentraties in water toe en neemt de doorspoeling af. Dit heeft een verminderde waterkwaliteit tot gevolg. Deze aspecten maken geen onderdeel uit van dit onderzoek.



Figuur 1: Schematisatie van het stedelijk watersysteem op straatniveau [2]

Bij langdurig uitblijven van neerslag, eventueel gecombineerd met hoge temperaturen, neemt het neerslagtekort toe. Door verdamping en het uitblijven van neerslag daalt de grondwaterstand. Verdamping kent meerdere wegen: via vegetatie en de bodem, afvoer van grondwater naar drainerende watergangen en wegzijging naar diepere watervoerende pakketten (wanneer er geen sprake is van kwel).

Grondwater kan aangevoerd worden via kwelwater of vanuit het oppervlaktewater. Om voldoende effect te hebben op de grondwaterstand, is een hoge doorlatendheid van de bodem nodig. De bodem in de gemeente Leeuwarden bestaat over het algemeen uit klei met daaronder lokaal veen. De doorlatendheid van deze bodemlagen is laag. Grondwateraanvoer in droge tijden is daarom zeer beperkt.

VERLAGING VAN DE GRONDWATERSTAND ZORGT VOOR MAAIVELDDALING

In deze studie is de verlaging van de grondwaterstand door droogte een belangrijke factor in het veroorzaken van effecten op woningen, infrastructuur en groen. Verlaging van de grondwaterstand kan zorgen voor maaivelddaling. Vooral klei- en veengebieden zijn gevoelig voor maaivelddaling. Zandgebieden zijn niet of nauwelijks gevoelig voor maaivelddaling. Dit proces is in deelrapport 1 toegelicht.

IN DIT RAPPORT

In deze studie naar de effecten van klimaatverandering is de maaivelddaling gekoppeld aan de daling van de grondwaterstand door klimaatverandering. Voor de klimaatverandering is het ijkjaar 2050 genomen, waarvoor door het KNMI-klimaatscenario's zijn opgesteld. Doordat de grondwaterstand daalt, neemt de druk op onderliggende bodemlagen toe. Dit resulteert in een verdichting van de zettingsgevoelige bodemlagen. Aan het maaiveld is dit waarneembaar doordat het maaiveld daalt. In paragraaf 3.2 is beschreven hoeveel maaivelddaling in de gemeente Leeuwarden als gevolg van zetting door klimaatverandering gaat optreden.

GEVOELIGHEIDSANALYSE 2050 TEN OPZICHTE VAN 2085

In de KNMI-klimaatscenario's zijn naast een vooruitblik op 2050 ook scenario's uitgewerkt voor 2085. In tabel 1 is het verschil weergegeven tussen beide scenario's.

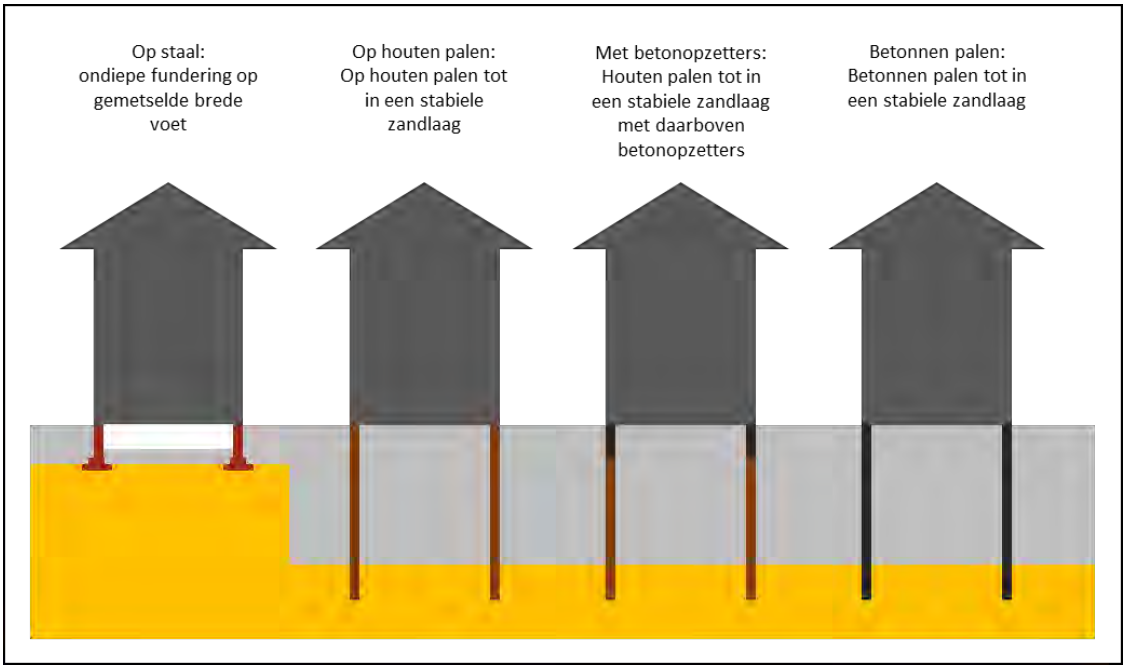
Tabel 1: KNMI-klimaatscenario's voor 2050 en 2085 (maximale neerslagtekort gedurende het groeiseizoen)

	Referentiewaarde 1981-2010	W_h scenario rond 2050	W_h scenario rond 2085
Neerslagtekort	144 mm	+30 %	+50 %

In het voorgaande rapport (deel 1) is de gemiddelde daling van de lage grondwaterstanden (RLG) in Leeuwarden in de zomer rond 2050 door klimaatverandering bepaald. Deze daling bedraagt gemiddeld 5 cm en maximaal 17 cm. Het KNMI stelt dat het maximale neerslagtekort in de zomer rond 2085 met 50% zal toenemen. Als het W_h scenario rond 2085 wordt gehanteerd is een gemiddelde daling van circa 9 cm te verwachten, ten opzichte van de huidige situatie. Het verschil tussen de daling in 2050 en 2085 als gevolg van klimaatverandering bedraagt dus 4 cm. Voor de maximale daling als gevolg van klimaatverandering geldt dat deze van 21 cm in 2050 naar 36 cm verandert in 2085 (peilbuis B06C1378-1).

2.2. Effecten droogte op woningen

Door droogte daalt de grondwaterstand. Door de daling van de grondwaterstand treedt zetting op. De funderingswijze is bepalend of droogte een risico met zich meebrengt voor een woning. Woningen kunnen zijn gefundeerd op houten palen, houten palen met betonopzetters, op staal (rechtstreeks op een draagkrachtige bodem) of op betonnen palen. Figuur 2 verduidelijkt de verschillende funderingswijzen.



Figuur 2: Schematische weergave van verschillende funderingswijzen

Woningen met funderingen op houten palen (al dan niet met betonopzetters) zijn gevoelig voor droogte, doordat paalrot op kan gaan treden. Woningen met funderingen op staal zijn gevoelig voor ongelijkmatige zetting (verschilzetting). Woningen met meerdere typen fundering zijn ook gevoelig voor schade door droogte. Woningen op betonnen palen zijn niet gevoelig voor schade door droogte.

Maatwerk maatregelen bij woningen

We willen er op wijzen dat de keuze en het uitvoeren van maatregelen aan woningen om schade te herstellen, maatwerk is. De herstelmaatregelen zijn onder andere afhankelijk van de aard en ernst van de klachten, de bouwconstructie en lokale omstandigheden. Ook het feit of één of meerdere woningen bij elkaar schade hebben kan van invloed zijn op de keuze van de te nemen maatregelen. We adviseren de doelmatigheid van maatregelen (staan de kosten in verhouding met het beoogde resultaat?) niet uit het oog te verliezen.

HOUTEN PALEN: SCHADE DOOR PAALROT

Bij houten paalfunderingen is sprake van een verhoogd risico op paalrot wanneer de grondwaterstand verder uitzakt dan de bovenkant van de houten palen. Bij betonnen opzetters is dit risico alleen aanwezig als de grondwaterstand daalt tot onder de betonnen opzetter.

Bij paalrot is sprake van aantasting door schimmels. De snelheid van aantasting van houten paalfunderingen wordt onder andere bepaald door de cumulatieve droogstand. Droogstand is de situatie waarbij het funderingshout boven de grondwaterspiegel uitkomt, zodat zuurstoftoevoer en vervolgens schimmelaantasting kan plaatsvinden. Hiervoor hoeft de houten fundering niet continu boven de grondwaterspiegel uit te komen. Meerdere perioden van droogstand kunnen opgeteld worden om tot aantasting te leiden. Dit wordt cumulatieve droogstand genoemd. De

houten fundering moet cumulatief circa 10-20 jaar droog staan, voordat daadwerkelijk constructieve schade aan een pand optreedt.

Hier ligt een mogelijke relatie met klimaat en droogte: in een warmer en droger klimaat zal het funderingshout méér dagen per jaar aan droogstand blootgesteld kunnen zijn, met als gevolg een vergrote cumulatieve droogstand en daardoor versnelde aantasting van het draagvermogen van de houten paalfundering.

Dit aspect is in deze droogtestudie meegenomen door in de matrix voor woningen op houten palen de daling van de RLG mee te nemen.

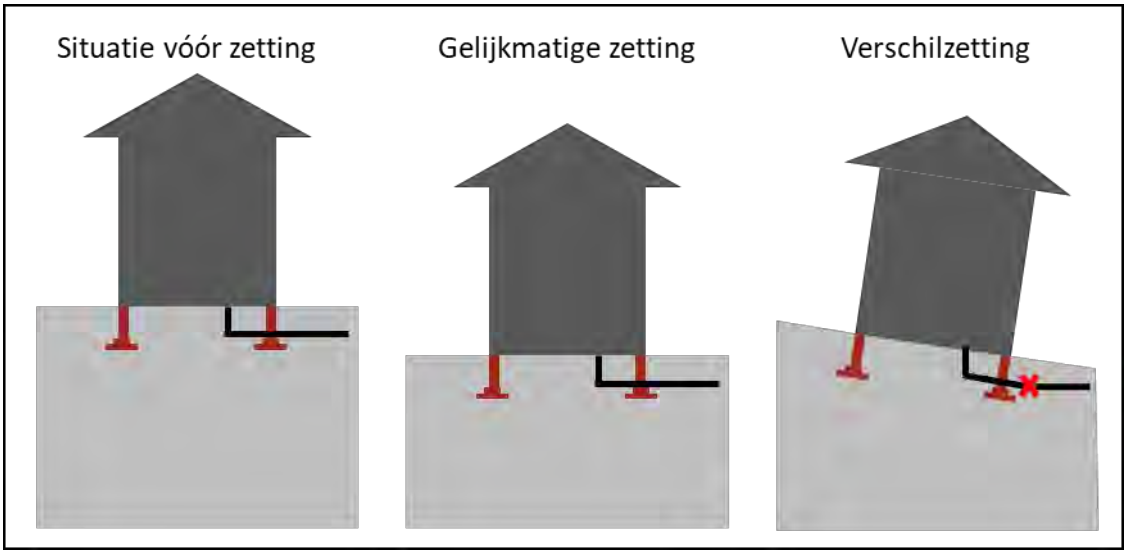
HOUTEN PALEN: SCHADE DOOR NEGATIEVE KLEEF

Doordat de grondwaterstand daalt, neemt de korrelspanning toe. De toename van de korrelspanning uit zich bij een slappe bodem in zetting. De bodemlagen zakken harder dan de funderingspalen. Klei blijft aan de houten palen kleven en gaat als het ware aan de palen hangen. Hierdoor ontstaat een extra belasting op de houten funderingspalen waardoor de houten paalfunderingen omlaag worden getrokken. Dit verschijnsel heet negatieve kleef. Het resterende draagvermogen van de houten paalfundering wordt hierdoor beperkt omdat in het verleden geen rekening is gehouden met het optreden van negatieve kleef. Een negatieve kleef kan een risico zijn voor woningen op houten palen (al dan niet met betonopzetter).

Dit aspect is in deze droogtestudie meegenomen, door in de matrix voor woningen op houten palen de mate van zetting mee te nemen (zie paragraaf 5.1.2).

FUNDERING OP STAAL: SCHADE DOOR VERSCHILZETTING

Funderingen op staal staan direct op de bodem. Een verlaging van de grondwaterstand kan leiden tot (ongelijkmatige) zettingen in klei- en veengronden. Wanneer de bodem zakt, zakken de woningen mee. Is er sprake van gelijkmatige zetting, dan is het risico op schade bij woningen niet groot. Schade wordt vooral veroorzaakt door verschilzettingen op korte afstand. Denk hierbij bijvoorbeeld aan verzakkingen en afknappen van kabels en leidingen tussen de weg en de woning of een aanbouw bij een pand dat op andere wijze is gefundeerd, zie figuur 3.



Figuur 3: Schematische weergave gelijkmatige zetting en verschilzetting

Dit aspect is in deze droogtestudie meegenomen, door in de matrix voor woningen op staal de methode van bouwrijp maken mee te nemen (zie paragraaf 5.2.2).

SCHADE DOOR GEMENGDE FUNDERING

Een woning op verschillende manieren is gefundeerd, is per definitie gevoeliger voor schade door droogte. Elk type fundering reageert anders op droogte (verlaging van de grondwaterstand). De combinatie van funderingen maakt dat een gemengde fundering gevoeliger is voor schade door droogte.

Van een gemengde fundering is vooral sprake bij aanbouw of uitbouw van een woning. Wanneer een pand is voorzien van palen met verschillende lengte, is dit ook een risico op schade door droogte. Doordat een uitbouw soms op een minder diepe zandlaag wordt gefundeerd dan de woning zelf, kan bijvoorbeeld de zetting of de negatieve kleef in het gebouw verschillen. Daardoor kunnen andere krachten ontstaan op een uitbouw dan op de woning zelf. Dit resulteert vaak in schade op de overgang van de woning naar de uitbouw.

In dit onderzoek is gekeken naar de funderingswijze van de woningen. Daarmee wordt de woning bedoeld, zoals deze in eerste instantie gebouwd is. Er is geen onderscheid gemaakt tussen een uitbouw en de woning. Uitbouwen zijn achterwege gelaten omdat dit het detailniveau van het onderzoek te boven gaat.

Dit aspect is in deze droogtestudie niet meegenomen. De focus van deze studie ligt op de funderingswijze van het hoofdgebouw.

EFFECTEN IN EN RONDOM DE WONING

Maaivelddaling betreft ook de daling van het maaiveld in de kruipruimten van woningen.
Gevolgen hiervan kan zijn dat grondwateroverlast in de kruipruimte ontstaat doordat de bodem van de kruipruimte dichter op de grondwaterstand komt te liggen. Daarnaast kan hierdoor instroom van zand langs de gevels en onder de funderingsbalk door ontstaan, waardoor tegen de gevel – en dus ook in terrassen en tuinen – gaten ontstaan. Een lagere kruipruimtebodem wordt veelal opgelost door de bodem van de kruipruimte op te hogen met zand of met schelpen, of door extra drainage onder de kruipruimte te leggen. De instroom van zand langs de gevels wordt meestal door de woningeigenaren opgelost door telkens aanvullen van de grond.

Wanneer het maaiveld rond de woning daalt, maar de woning zelf niet omdat deze op betonnen palen staat, wordt het schil tussen de vloerhoogte van de woning en de tuin of openbaar gebied groter. Hierdoor moeten in sommige gebieden in Nederland tuinen om de paar jaar worden opgehoogd. Hetzelfde geldt voor de wegen.

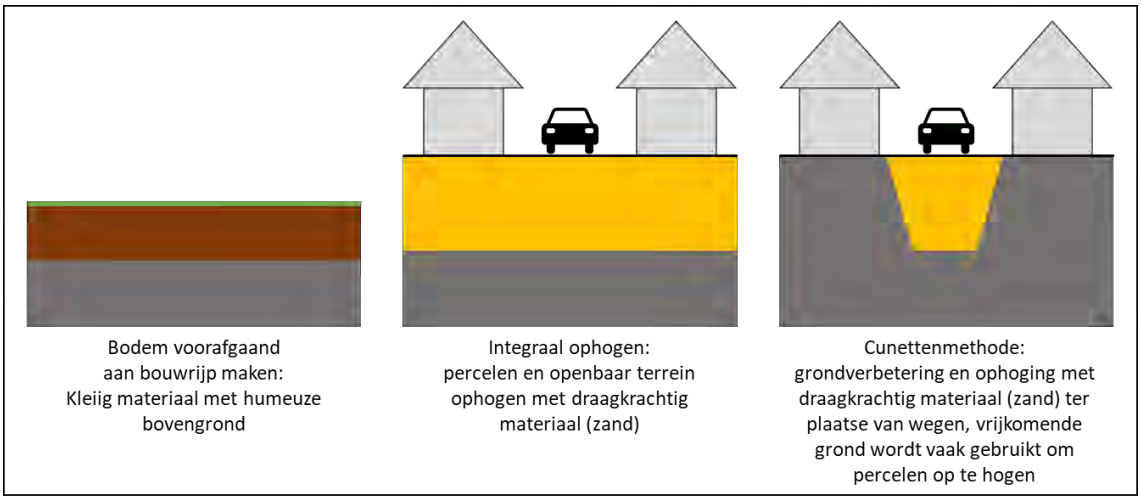
Deze studie richt zich op de effecten van droogte door klimaatverandering op woningen. Tuinen worden daarbij niet meegenomen. Ook worden in deze studie de effecten op infrastructuur beschouwd, zie de volgende paragraaf.

2.3. Effecten droogte op infrastructuur

De infrastructuur in Nederland is overwegend ondiep gefundeerd. Wegen en spoorwegen liggen meestal op een zand/puinbed of aarden baan. Leidingen liggen meestal in natuurlijke grondslag of in een met zand gevuld wegcunet of leidingsleuf. Dit betekent dat deze infrastructuur mee daalt met de zakkende bodem. Landhoofden van bruggen, duikers onder (spoor)wegen zijn in gebieden met een zettingsgevoelige bodem vaak wel op palen gefundeerd.

SCHADE DOOR ONGELIJKMATIGE ZETTING

Veel schades aan infrastructuur door ongelijkmatige zetting (verschilzetting) worden veroorzaakt door verschillen in bodemopbouw op een kleinere schaal. Naast de heterogeniteit in de van nature aanwezige bodem, speelt daarbij ook het bouwrijp maken van een gebied een rol. Grofweg zijn er twee manieren van bouwrijp maken: integraal ophogen en de cunettenmethode. In figuur 4 zijn deze methoden weergegeven.



Figuur 4: Schematische weergave integraal ophogen versus cunettenmethode

Bij integrale ophoging, wordt het gehele terrein (openbaar gebied en percelen) opgehoogd met draagkrachtig materiaal (zand). Bij de cunnettenmethode wordt alleen ter plaatse van het wegcunet grondverbetering en ophoging toegepast met draagkrachtig materiaal. Vrijkomende grond ter plaatse van het cunet wordt vaak gebruikt om de percelen op te hogen. De cunettenmethode veroorzaakt dus een grotere heterogeniteit in de bodem dan integrale ophoging. Meer heterogeniteit in de bodem betekent een grotere kans op ongelijkmatige zakking.

De ongelijkmatige zakkingen kunnen dusdanig groot worden, dat lokaal schade ontstaat aan kabels en leidingen. Leidingen kunnen gaan scheuren of afbreken. Ook kunnen op grotere schaal ongelijkmatige verzakkingen van straten (bestrating) ontstaan.

Dit aspect is in deze droogtestudie meegenomen, door de methode van bouwrijp maken in de matrix voor infra op te nemen (zie paragraaf 6.2).

SCHADE DOOR GELIJKMATIGE ZAKKING

Verlaging van de grondwaterstand door droogte kan ook een wijk als geheel doen zakken. Bij dit laatste risico zien we vaak dat woningen op palen staan en op hoogte blijven. Het openbaar gebied is aan verzakking onderhevig, waardoor het hoogteverschil tussen de woning en de straat in de loop der tijd groter wordt. De zakking kan veroorzaakt worden door droogte door klimaatverandering, maar ook door restzetting als gevolg van het bouwrijp maken en autonome bodemdaling (zie paragraaf 2.1.2). Dit risico speelt niet in wijken waar woningen op staal zijn gefundeerd.

Dit aspect is in deze droogtestudie meegenomen, door de methode van bouwrijp maken in de matrix voor infra op te nemen (zie paragraaf 6.2).

2.4. Effecten droogte op groen

Schade aan groen door droogte treedt op bij bomen en struiken die normaal gesproken gevoed worden uit het grondwater. Als het een lange tijd niet regent, droogt de toplaag van de bodem uit. Dit speelt zich af in de onverzadigde zone van de bodem en noemen we bodemvochtdroogte. Dit heeft effect op ondiep wortelend groen. In deze studie kijken we naar de droogteschade die kan optreden bij bomen en struiken die normaal gesproken gevoed worden vanuit het grondwater.

Droogte betekent dat planten minder vocht en daarmee minder voedingsstoffen opnemen [2]. Daarnaast worden huidmondjes gesloten om verdamping te beperken, waardoor de assimilatie (en groei) beperkt wordt. Dit beperkt de groei en uiteindelijk de vitaliteit. Dit geldt voor de gewenste begroeiing, maar ook voor de ongewenste (het onkruid). Droogte beperkt of voorkomt daarnaast de kieming van onkruid doordat het bodemvocht afneemt. Hieronder worden de belangrijkste gevolgen die in de gemeente Leeuwarden op kunnen treden besproken:

- Uitval van beplanting door droogte;
- Water geven/verdampingsbehoefte;
- Ziekten en plagen;

Het klimaat kent van natura een afwisseling van warme en droge periodes en vochtige en droge periodes. Het zijn de extremen die voor problemen bij groen zorgen. Met oog op de klimaatverandering is dan ook de toename van de fluctuatie van de grondwaterstand, het verschil tussen grondwaterstanden in de zomer en de winter, belangrijk om de effecten op groen te bepalen. Een grotere fluctuatie van de grondwaterstand kan zorgen voor aantasting van de vitaliteit van bomen. Het verschilt per boomsoort of deze meer of minder gevoelig is voor een grotere fluctuatie van de grondwaterstand.

De gemeente Leeuwarden kent van nature hoge grondwaterstanden in de winter. Een verlaging van de grondwaterstanden in de winter zou gunstig zijn voor de groeicondities van de bomen. De klimaatverandering brengt echter een ander patroon met zich mee. De grondwaterstanden in de winter worden hoger. In de zomer worden de grondwaterstanden lager als nu. De fluctuatie van de grondwaterstand neemt dus toe. Dit is een potentieel risico voor groen en met name bomen. In hoofdstuk 3 wordt verder ingegaan op de verandering van de grondwaterstand door

klimaatverandering. De toename van de fluctuatie van de grondwaterstand is als gidsparameter beschouwd voor het bepalen van de risico's van droogte op groen.

UITVAL VAN BEPLANTING DOOR DROOGTE

Een belangrijke risicofactor geldt met name voor bomen en struiken die normaal gesproken gevoed worden vanuit het grondwater. Wanneer het grondwater in een extreem droge periode diep wegzakt, dan kunnen de wortels van deze bomen een snelle grondwaterstandsdaling niet volgen en kan dit lijden tot vroegtijdige bladval. Sommige boomsoorten kunnen hier niet goed tegen en van deze boomsoorten zal een deel uitvallen.

WATER GEVEN/VERDAMPINGSBEHOEFTE

In droge periodes is water geven een belangrijke maatregel. Dit is van zeer groot belang voor jonge beplanting, maar ook voor oudere bomen en planten in periodes van langdurige watertekorten. Langere droge periodes leiden tot een toename van de kosten voor water geven.

ZIEKTEN EN PLAGEN

Door een grotere fluctuatie van de grondwaterstand kunnen bomen verzwakken waardoor ziekten en plagen tot uiting komen, waar deze eerder sluimerden of niet actief waren. Hoe belangrijk deze risicofactor is, hangt vooral af van de duur van droge periodes in de toekomst en van de schommelingen van de grondwaterstanden tussen de verschillende zomers. Droogte kan ook leiden tot het optreden van nieuwe ziekten en plagen. Maar ook tot het verdwijnen van in het verleden optredende plagen. Het is echter vooralsnog niet aan te geven of dat leidt tot een verschuiving naar een gemiddeld beter of slechtere gezondheid van het stedelijk groen.

2.5. Ervaringen in gemeente Leeuwarden met schade in de droge zomer 2018

Onderdeel van deze droogtestudie was het ophalen van de ervaringen met extreme droogte in 2018, door middel van werksessies. Bij de werksessies zijn de medewerkers van de gemeente Leeuwarden bevraagd: de bouwinspecteurs, de medewerkers van de afdelingen infra en van de afdeling groen (zie bijlage 1 [12]). In deze paragraaf hebben wij de bevindingen samengevat.

WONINGEN

Bij de bouwinspecteurs van de gemeente Leeuwarden is navraag gedaan naar de ervaringen/schademeldingen in deze zomer. Daaruit blijkt dat er een klein aantal specifieke locaties zijn, waar mogelijk een relatie is te leggen tussen droogte en schade aan woningen. Een relatie hiertussen is echter moeilijk vast te stellen. In veel gevallen is droogte niet de enige oorzaak van schade, maar mogelijk wel het laatste zetje tot de uiting van schade. De schade wordt vaak mede veroorzaakt door bijvoorbeeld werkzaamheden in de omgeving, verkeersbelasting die trillingen veroorzaken, etc. Verder bleek dat in 2018 niet aanmerkelijk meer schademeldingen bij de gemeente zijn binnengekomen dan in andere jaren.

In Wergea was in 2018 sprake van een verzakking van een boerderij. In Reduzum verzakte een muur van een kerk. Welk aandeel de droogte in deze schade had, is niet vast te stellen. In Wijtgaard lijkt de schade aan een op staal gefundeerde woning meer relatie te hebben met de

aanwezigheid van een grote boom, dan de droogte. In Mantgum is melding gemaakt van een woning met schade, veroorzaakt door de funderingswijze van de uitbouw.

Daarnaast is navraag gedaan bij woningbouwcorporatie Elkien [4]. De woningbouwcorporatie heeft in 2018 wel meer schademeldingen van huurders ontvangen en is op diverse locaties bezig met herstel van schade of gaat dit in de toekomst oppakken. Dat de droogte van 2018 een rol speelt in het aantal schademeldingen, lijkt voor de hand te liggen. In welke mate dit is, en welke andere oorzaken een rol kunnen spelen, is niet te onderbouwen.

INFRASTRUCTUUR

Bij de wegbeheerders van de gemeente Leeuwarden is navraag gedaan naar de ervaringen/schademeldingen in deze zomer. Daaruit blijkt dat er weinig problemen zijn ervaren door de droogte in 2018. Uit de workshop blijkt ook dat wanneer droogte in 2018 problemen veroorzaakte, er een verband gelegd kan worden met de aanwezigheid van grote bomen. De ervaring is dat hitte in de gemeente Leeuwarden meer problemen veroorzaakt dan droogte, bijvoorbeeld door scheuren in het asfalt of klemmende bruggen.

Er zijn een aantal locaties zijn geweest, waar extra wegreparaties hebben plaats gevonden als gevolg van verzakkingen. De tunnel in de Anne Vondelingweg in Leeuwarden is genoemd. De tunnel zelf is op betonnen palen gefundeerd en zakt niet. De wegen zijn niet op palen gefundeerd en zakken. Dit fenomeen komt alle jaren voor, en zorgt voor regelmatig onderhoud door de gemeente op dit punt. In 2018 is de zakking echter meer geweest dan andere jaren en heeft het onderhoud eerder plaats gevonden dan voorzien.

In de Bomenbuurt lagen in de zomer van 2018 veel stoeptegels vlakbij bomen los. De verklaring hiervoor is dat de bomen in deze wijk het laatste beetje hangwater uit de poriën van de bodem trekken in een droge zomer. Dit fenomeen is tijdelijk en herstelt zich vanzelf na een regenbui.

Liander meldt dat in de wijk Zuiderburen in Leeuwarden gemeld wordt dat huisaansluitingen afknappen. Dit komt niet zo zeer door droogte, maar door onvoldoende voorbelasting tijdens het bouwrijp maken van de wijk. Doordat de voorbelasting onvoldoende is geweest, treedt in de gebruiksfase (nu) zakking op.

De in 2018 ervaren schade door droogte heeft niet geleid tot grootschalige schade. Uit de periodieke inspecties is niet gebleken dat er een duidelijke verslechtering was in de onderhoudstoestand ten opzichte van andere jaren.

GROEN

Bij de groenspecialisten van de gemeente Leeuwarden is navraag gedaan naar de ervaringen van deze droge zomer. De gemeente geeft aan dat de schade pas na een jaar of 5 echt zichtbaar wordt.

In de zomer van 2018 werd jonge aanplant ’s nachts extra water gegeven, zodat zo min mogelijk water verdampte. Daarnaast werden bij een aantal boomsoorten versnelde bladuitval gezien. Aan het einde van de zomer hadden veel platanen en lindes geen blad meer. De effecten van

essentaksterfte bij essen nam toe. De gemeente heeft ook ervaren dat de hitte in een stenige omgeving voor meer stralingswarmte zorgt, waardoor de groeicondities van bomen afnamen.

Uit de workshop met de groenspecialisten van de gemeente bleek tevens dat de effecten van droogte sterk afhankelijk zijn van de boomconditie. Bij een goede boomconditie kan de boom een stootje hebben. Droogte kan juist bij bomen met een matige of slechte boomconditie veel gevolgen hebben.

De groenspecialisten geven aan dat ook in 2050 weersextremen bepalend zijn voor het optreden van schade aan bomen. Bomen kunnen zich over het algemeen goed aanpassen aan een geleidelijke daling of stijging van de grondwaterstand.

2.6. Andere oorzaken en gevolgen van droogte

2.6.1. Andere oorzaken verlaging van grondwaterstand

Naast klimaatverandering zijn er ook andere oorzaken die een verlaging van de grondwaterstand kunnen veroorzaken. De oorzaak van verlaging van grondwaterstanden kan ook een lokale onttrekking zijn in de vorm van (bijvoorbeeld):

- een lek riool (door schade aan riolering wordt grondwater afgevoerd en de grondwaterstand verlaagd);
- een pomp om grondwater uit de kruipruimte te pompen;
- een bemaling en tijdelijke verlaging van grondwaterstanden ten behoeve van civieltechnische werkzaamheden, bijvoorbeeld rioolvervanging of aanleg van een (parkeer)kelder;
- (tijdelijke) verlaging van het polderpeil (oppervlaktewater);
- een volwassen boom die water onttrekt ten behoeve van verdamping;

Bovenstaande lokale verlagingen kan net zo goed in schade aan woningen, infrastructuur en groen resulteren. Het uit zich in dezelfde typen schade als bij maaivelddaling door klimaatverandering. Aan het maaiveld is het niet te herleiden of maaivelddaling is toe te schrijven aan klimaatverandering, of een andere oorzaak. Hiervoor is nader-, en locatie specifiek onderzoek nodig.

2.6.2. Andere oorzaken van schade aan woningen, infrastructuur en groen

Schade aan woningen wordt niet altijd veroorzaakt door droogte of een lagere grondwaterstand. Schade aan woningen kan ook optreden door bijvoorbeeld:

- Slechte fundering van oude wegen in combinatie met oude bebouwing op korte afstand en een toegenomen druk van zwaar verkeer. Het zware verkeer kan trillingen veroorzaken, waardoor schade kan optreden aan woningen. Dit wordt herkend door de bouwinspecteurs van de gemeente Leeuwarden [12].
- Verschillende funderingswijze van het hoofdgebouw en bij- of uitbouw. Bijvoorbeeld een hoofdgebouw dat staat op palen tot in een diepe zandlaag, is voorzien van een uitbouw met palen in een ondiepe zandlaag. Dit kan leiden tot verschilzetting waardoor schade kan optreden.
- Bacteriële aantasting van houten paalfundering. Dit heeft geen relatie met droogte of cumulatieve droogstand van de houten paalfundering, maar de gevolgen zijn wel hetzelfde.

Ook bacteriën gebruiken namelijk het hout als voedingsstof [10]. Het grote verschil tussen schimmels en bacteriën is dat er in deze laatste categorie soorten bestaan die geen zuurstof nodig hebben om te overleven. Verschillende bacteriesoorten kunnen elkaar in leven houden, ook zonder zuurstof. Om met elkaar in contact te komen, moeten deze bacteriën zich wel kunnen verplaatsen binnenin de houten paal. Dit laatste is de reden waarom aantasting door bacteriën voornamelijk voor komt in funderingspalen van grenenhout. Deze houtsoort heeft een open celstructuur waar (grond)water makkelijk doorheen kan stromen.

- Verzwakking van de bouwkundige constructies door bouwjaar van het pand.
- Slechte groeicondities voor bomen kunnen een slechte ontwikkeling of het afsterven van bomen veroorzaken, bijvoorbeeld onvoldoende wortelbare diepte of te weinig grondverbetering voor een boom.

2.6.3. Andere gevolgen van droogte

Naast schade aan woningen, infrastructuur en groen, kan droogte ook andere schade veroorzaken. Hieronder noemen we een aantal voorbeelden. Deze effecten zijn in deze droogtestudie buiten beschouwing gebleven, omdat ze buiten de scope van de vraag van de gemeente vallen.

DROOGTE EN HITTESTRESS

Droogte beïnvloedt stedelijk hittestress via de verdamping [2]. Verdamping van water onttrekt warmte aan de omgeving. Door de verdamping hebben bomen dan ook een verkoelend effect, maar heeft ook een effect op de grondwaterstand. Als er in droge periodes geen water beschikbaar is om te verdampen leidt dit tot een extra stijging van de temperatuur.

DROOGTE EN OPPERVLAKTEWATER

Droogte kan een tekort aan oppervlaktewater tot gevolg hebben [2]. Watertekort kan effecten hebben op het peilbeheer, schade veroorzaken aan drijvende woningen, effect hebben op de waterkwaliteit en recreatie.

Het op peil houden van het oppervlaktewater is van belang voor het voorkomen van schades aan oevers. Daarnaast is er enig effect op de grondwaterstanden in de buurt van het oppervlaktewater. Extra warme dagen zorgen voor relatief veel verdamping en kunnen daardoor het waterpeil doen dalen. In tijdens van droogte is er ook geen sprake van wateraanvulling door neerslag. Wanneer het oppervlaktewaterpeil hoger staat dan het grondwater, vindt infiltratie plaats van het oppervlaktewater naar het grondwater. Ook wordt aan het oppervlaktewater in tijden van droogte water onttrokken voor beregening.

Door droogte is er minder wateraanvoer en minder water voor doorspoeling van oppervlaktewater beschikbaar. Tegelijkertijd neemt de behoefte aan doorspoeling van het oppervlaktewater toe. Droogte kan leiden tot minder waterdiepte en daardoor het warmer worden van oppervlaktewater. Daardoor gaat de kwaliteit van het oppervlaktewater achteruit, wat bijvoorbeeld stank kan veroorzaken. Het warmer worden van het oppervlaktewater kan ook leiden tot verhoogde concentraties aan voedingsstoffen, algenbloei, meer bacteriën en lage zuurstofconcentraties. Dit kan vissterfte tot gevolg hebben.

Als er onvoldoende wateraanvoer kan plaatsvinden, ondervindt de recreatiesector schade door droogte door gederfde inkomsten door recreatie-exploitanten en extra reiskosten voor recreanten om elders te recreëren. Ook de vaarrecreatie ondervindt hinder door droogte door bijvoorbeeld minder doorvaartdiepte.

ANDERE EFFECTEN VAN DROOGTE OP GROEN

Droogte kan ook zorgen voor verzilting van het grondwater. Dit heeft effect op de groeicondities van het groen. Verzilting speelt niet in het beschouwde deel van de gemeente Leeuwarden en wordt daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Droogte zorgt voor minder groei en minder kieming van onkruid en zaaigoed onder de bomen. De frequentie en intensiteit van onkruidbestrijding neemt daardoor af. Het gras onder de bomen hoeft minder vaak gemaaid te worden. Door de hogere temperaturen, wordt het groeiseizoen verlengd. Hierdoor kunnen meer onderhoudsmaatregelen, bijvoorbeeld snoeien, noodzakelijk zijn. Deze effecten en kostenposten zijn beperkt en daarom in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Droogte kan een afname van de biodiversiteit betekenen. Biodiversiteit is echter van dermate veel factoren afhankelijk, dat dit buiten de scope van dit onderzoek valt. De focus van deze studie ligt daarom op het groen en specifiek op bomen. De bomen worden als gidsparameter voor effect droogte op groen gehanteerd. Als door droogte bomen uitvallen en vervangen gaan worden, labelen we dit als een afname van de biodiversiteit.

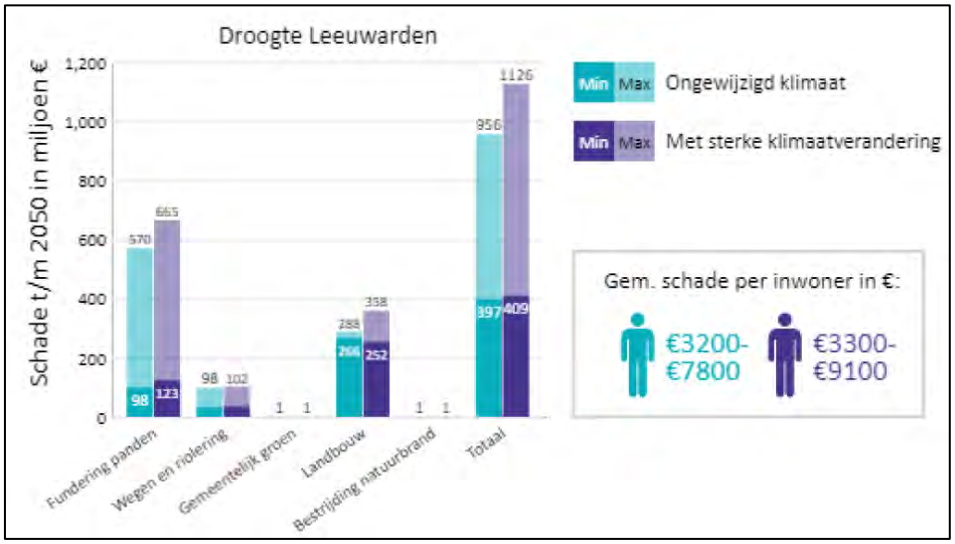
2.7. Klimaatschadeschatter

De Klimaatschadeschatter [9] bundelt kennis over de schadekosten door klimaatverandering. De Klimaatschadeschatter geeft een schatting voor de volgende drie thema's: hitte, droogte en wateroverlast. De tool maakt voor de periode 2018-2050 de volgende schattingen:

1. Een schatting van de schadekosten als het huidige klimaat tot 2050 hetzelfde zou blijven. Dit zal waarschijnlijk niet gebeuren, maar we tonen deze situatie om de impact van klimaatverandering beter zichtbaar te maken.
2. Een schatting van de schadekosten als het klimaat sterk verandert: het W_h-scenario.

De getallen in de tool geven nog geen totaalbeeld van de schadekosten door klimaatverandering, eerder een ondergrens. Met deze versie is geprobeerd om de belangrijkste schades te kwantificeren.

De resultaten voor de gemeente Leeuwarden voor het thema droogte zijn in de onderstaande figuur samengevat. Met W_h-scenario wordt de schade aan fundering van panden geschat op € 123 miljoen tot € 665 miljoen. Voor infrastructuur (wegen en riolering) is de schade geschat op circa € 100 miljoen. De schade aan groen wordt geschat op € 1 miljoen. Dit is de toename aan beheerkosten als gevolg van extreme droogte. De herplant van bomen is in de klimaatschadeschatter niet meegenomen.



Figuur 5: Samenvatting Klimaatschadeschatter gemeente Leeuwarden [9]

3. Klimaatverandering en zetting in gemeente Leeuwarden

In het voorgaande rapport (deel 1) is ingegaan op de effecten van klimaatverandering op de grondwaterstanden en maaivelddaling, zie rapport: "*Effecten en risico's droogte in de gemeente Leeuwarden, deel 1: Effect klimaatverandering op lage grondwaterstanden en maaivelddaling*". In dit hoofdstuk worden de resultaten uit dit rapport kort toegelicht.

3.1. Verwachte lage grondwaterstanden rond 2050

Voor 170 van de 216 peilbuizen van het gemeentelijke grondwatermeetnet is een klimaatanalyse uitgevoerd om de daling van de lage grondwaterstanden te bepalen. De gemiddelde daling van de representatieve lage grondwaterstanden (RLG) rond 2050 ten gevolge van klimaatverandering bedraagt 0,05 m. De maximale daling bedraagt 0,22 m, geldend voor één peilbuis in de stad Leeuwarden.

Voor vrijwel alle peilbuizen in de stad Leeuwarden geldt dat de ontwateringsdiepte van de RLG groter dan 0,7 m-mv is. In de dorpen Oude Leije, Hijum Stiens, Britsum, Cornjum, Wijtgaard, Wirdum, Warten, Reduzum en Irnsum is de RLG in 2050 groter dan 0,7 m-mv. In Wergea en Grou is de verwachte RLG in 2050 rond de 0,7 m-mv. Een overzicht van de huidige ontwateringskaarten en de situatie rond 2050 is te raadplegen in het voorgaande rapport (deel 1).

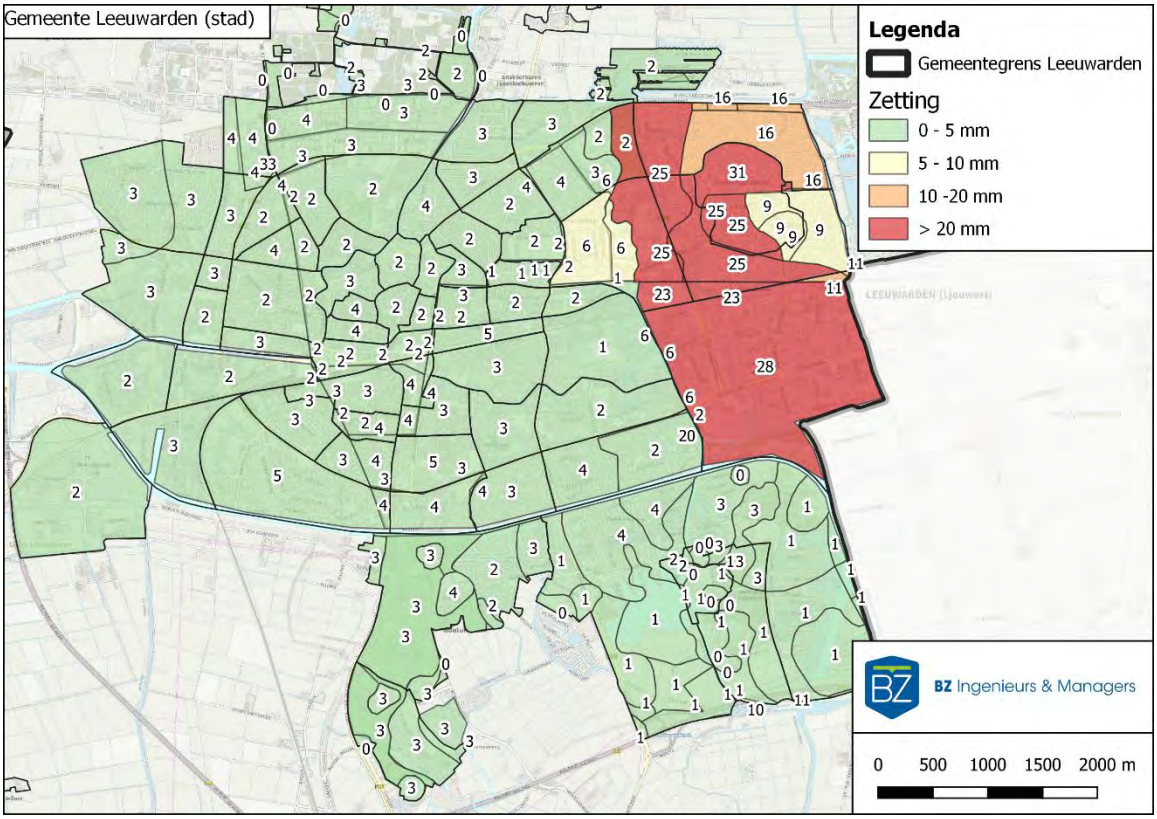
Voor de stad Leeuwarden is de daling van de grondwaterstand in 71 peilbuizen kleiner dan 0,05 m, zie bijlage 2. In 54 peilbuizen daalt de grondwaterstand tussen 0,05 en 0,10 m en in 5 peilbuizen 0,10 tot 0,15 m. In twee peilbuizen daalt de grondwaterstand meer dan 0,15 m.

In Oude Leije en Cornjum is een daling van de grondwaterstand berekend van respectievelijk 0,13 en 0,15 m. In Stiens varieert de daling tussen 0,03 en 0,12 m. In Britsum is een daling van 0,02 m te verwachten. In Wijtgaard, Wirdum, Wergea, Warten, Irnsum en Grou is de daling van de grondwaterstand 0 tot 0,08 m. In Reduzum varieert het beeld. De peilbuis in het westen laat een daling van 0,05 m zien terwijl de grondwaterstand ter plaatse van de peilbuis in het oosten een daling van 0,17 m te verwachten is.

3.2. Maaivelddaling

De maaivelddaling is bepaald door het berekenen van de zetting als gevolg van een daling van de grondwaterstand. Andere processen zoals krimp en veenoxidatie zijn buiten beschouwing gelaten voor deze analyse. Voor een nadere toelichting over de werkwijze zie het voorgaande rapport (deel 1).

De zetting in de gemeente Leeuwarden is sterk gerelateerd aan de bodemopbouw en de dikte van de zettingsgevoelige laag. Voor het overgrote deel van de stad Leeuwarden geldt dat de zetting kleiner is dan 5 mm. In het oosten van de stad Leeuwarden is de zetting circa 25 mm, zie 6. Dit komt door de aanwezigheid van veenlagen.



Figuur 6: Zettingen in Leeuwarden (stad) als gevolg van klimaatverandering tot 2050

Over het algemeen is voor de overige dorpen een maaivelddaling van enkele mm te verwachten tot 2050 als gevolg van de verwachte klimaatverandering. Een uitzondering hierop is het oostelijk deel van Warten en Grou. Hier treedt een relatief grote maaivelddaling op, met als reden de aanwezigheid van veen in de ondergrond. In Warten treedt tot 2050 een zetting op tot 24 mm en in het oosten van Grou treedt maximaal 11 mm zetting op. De zettingskaarten zijn te raadplegen in bijlage 3.

Ter vergelijking is de autonome maaivelddaling in de gemeente Leeuwarden opgevraagd via de bodemdalingskaart [11]. Daaruit blijkt dat het maaiveld in de jaren 2015 tot 2020 gemiddeld in de gemeente Leeuwarden 2,6 mm per jaar daalt. Dit komt overeen met 78 mm tot 2050. Geconcludeerd wordt dat de maaivelddaling als gevolg van klimaatverandering zeer beperkt is ten opzichte van de autonome maaivelddaling.

4. Risicobeoordeling effecten van droogte

Bij het in beeld brengen van de risico's van droogte door klimaatverandering, gebruiken we een variant op de risico-matrix. Deze is gebaseerd op de formule Risico = Kans x Effect. Het risico is het grootst als de kans én het effect groot is. Is de kans en/of het effect klein, dan vertaalt zich dit in een kleiner risico.

In de vertaling naar deze droogtestudie zetten we de verandering van de RLG of de mate van zetting zetten we uit tegen de gevoeligheid die we per thema definiëren. De invulling van de risicomatrix is samenwerking met de specialisten van de gemeente op de thema's woningen, infrastructuur en groen opgepakt. Gezamenlijk is per thema bepaald welke factoren van belang zijn bij het ontstaan van schade, wat er op de horizontale en verticale as staat en hoe de scoreverdeling per thema is.

Hieronder is de basis opgenomen, van waaruit de risicomatrixen zijn opgebouwd. In dit voorbeeld vertaalt een grotere daling van de RLG zich in een groter risico.

		Daling RLG		
		< 5 cm	Tussen 5 en 10 cm	> 10 cm
Gevoeligheidsklasse per thema	1	**3**	**4**	**5**
	2	**2**	**3**	**4**
	3	**1**	**2**	**3**

1	**Zeer laag risico**
2	**Laag risico**
3	**Enig risico**
4	**Verhoogd risico**
5	**Zeer hoog risico**

Per thema is de scoreverdeling van 1 tot en met 5 toegekend. Daarbij is de kennis en ervaring van de gemeente als handvat gebruikt. Zo kan het voorkomen dat meerdere vakken zijn beoordeeld met een 1 (zeer laag risico) en dat score 5 (zeer hoog risico) niet voor komt in een matrix.

We benadrukken dat het een indicatieve analyse is, op basis van de op dit moment best beschikbare informatie over funderingen, boomcondities, klimaatverandering, bodemopbouw, grondwaterstanden, etc. Bij de risicobeoordeling maken we gebruik van aannames. Deze aannames hebben we gedaan in overleg met de experts van de gemeente Leeuwarden. Het resultaat geeft een beeld van de risico's op hoofdlijnen en om het klimaatbeleid in de gemeente op een onderbouwde wijze verder vorm te geven en uit te werken. Het is niet bedoeld om individuele locaties of problemen te signaleren.

5. Effecten droogte op woningen

5.1. Woningen op houten palen

5.1.1. Werkwijze

Uit de werksessie met de gemeente komt naar voren dat de volgende aspecten bepalend zijn bij het ontstaan van schade aan woningen op houten palen:

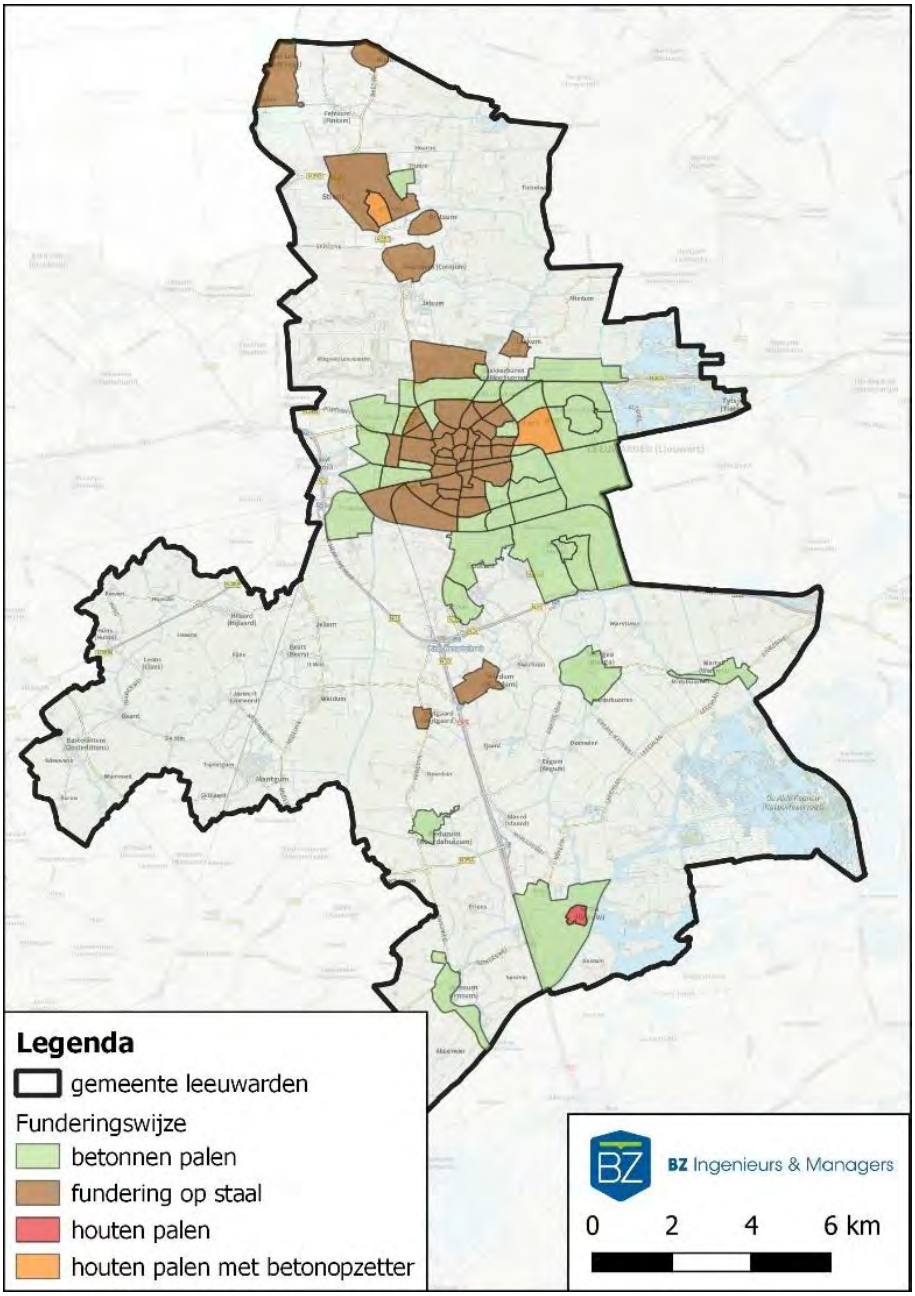
- Houten paalfundering in gebied met meer/minder dan 20 mm zetting. Bij meer dan 20 mm zetting, kunnen effecten ontstaan als gevolg van de negatieve kleef.
- Daling van de RLG in de klassen tot 10 cm, 10 tot 20 cm en meer dan 20 cm. Dit vertaalt zich in een risico op droogstand van het bovenste funderingshout. Voor woningen op houten palen is de cumulatieve droogstand van de houten paal bepalend voor aantasting door schimmels (zie paragraaf 2.2). In de risicobeoordeling gebruiken we de daling van de RLG. De mate van de daling van de RLG geeft een indicatie van het optreden van droogstand en daarmee ook de cumulatieve droogstand.
- Onderscheid tussen houten paalfundering met en zonder betonopzetter. Een houten paalfundering met betonopzetter is minder gevoelig voor verlaging van de RLG dan houten paalfundering.

De volgende gegevens zijn als input voor de matrix gebruikt:

- Funderingswijze [5]: de overwegende funderingswijze is door de gemeente per wijk aangeleverd. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen houten palen, houten palen met betonopzetter, fundering op staal en op betonnen palen.
- Per wijk is een verfijningsslag voor de funderingswijze aangebracht door het bouwjaar van de bebouwing erbij te betrekken [6]. Bebouwing van na 1970 zijn in hoofdzaak voorzien van funderingen op betonnen palen. Voor de dorpen/wijken Grou Centrum, Grou (overig), Warten, Wergea en Irnsum heeft de gemeente een verdeling in funderingswijze van bebouwing ouder dan 1970 aangeleverd.
- Daling RLG: volgt uit de grondwaterklimaatanalyse (zie deel 1).
- Maaivelddaling als gevolg van droogte door klimaatverandering: volgt uit zettingsanalyse (zie deel 1).

Kaarten met daarop de funderingswijze zijn opgenomen in bijlage 4. Daarbij is vlakdekkend per wijk aangegeven wat de overwegende funderingswijze is. Daarbij is bij veel wijken natuurlijk sprake van een kleinere of grotere variatie in funderingswijze. Deze variatie is met een cirkeldiagram per wijk op de kaart opgenomen. In figuur 7 is een kaart opgenomen van de overwegende funderingswijze per wijk, in de gemeente Leeuwarden.

Voor de kernen in het westen van de gemeente en in Lekkum kunnen geen of onvoldoende betrouwbare uitspraak gedaan kon worden over de verlaging van de RLG en daarmee ook niet de mate van maaivelddaling. In deze kernen zijn geen peilbuizen van het gemeentelijk grondwatermeetnet aanwezig. Deze kernen zijn niet meegenomen in de matrix, de risicobeoordeling en op de kaarten met funderingswijze. Voor de volgende kernen is de matrix doorlopen: Leeuwarden, Oude Leije, Hijum, Stiens, Britsum, Cornjum, Lekkum, Wijtgaard, Wirdum, Wergea, Warten, Reduzum, Irnsum en Grou.



Figuur 7: Overwegende funderingswijze, gemeente Leeuwarden

5.1.2. Matrix

Voor de risicobeoordeling van de woningen op houten palen is de volgende matrix in samenwerking met de gemeente Leeuwarden vastgesteld. Deze risicobeoordeling is gebaseerd op gevolgen van droogte door klimaatverandering en heeft een horizon tot 2050. Uit de matrix blijkt dat woningen met een houten paalfundering in een gebied met meer dan 20 mm maaivelddaling en meer dan 20 cm daling van de RLG het meeste risico lopen op schade door droogte. Deze woningen lopen een verhoogd risico op schade. Woningen met houten palen met betonnen opzetter in gebieden waar de RLG maximaal 20 cm daalt door klimaatverandering lopen het minste risico op schade. Het risico is hier zeer laag.

		Daling RLG door klimaatverandering tot 2050		
		< 10 cm	10 - 20 cm	> 20 cm
Gevoeligheids-klasse bebouwing houten paalfundering	Houten paal in gebied > 20 mm maaivelddaling	**2**	**3**	**4**
	Houten paal in gebied < 20 mm maaivelddaling	**2**	**2**	**3**
	Houten paal met betonopzetter	**1**	**1**	**2**
Legenda:				
1: Zeer laag risico	**2: Laag risico**	**3: Enig risico**	**4: Verhoogd risico**	**5: Zeer hoog risico**

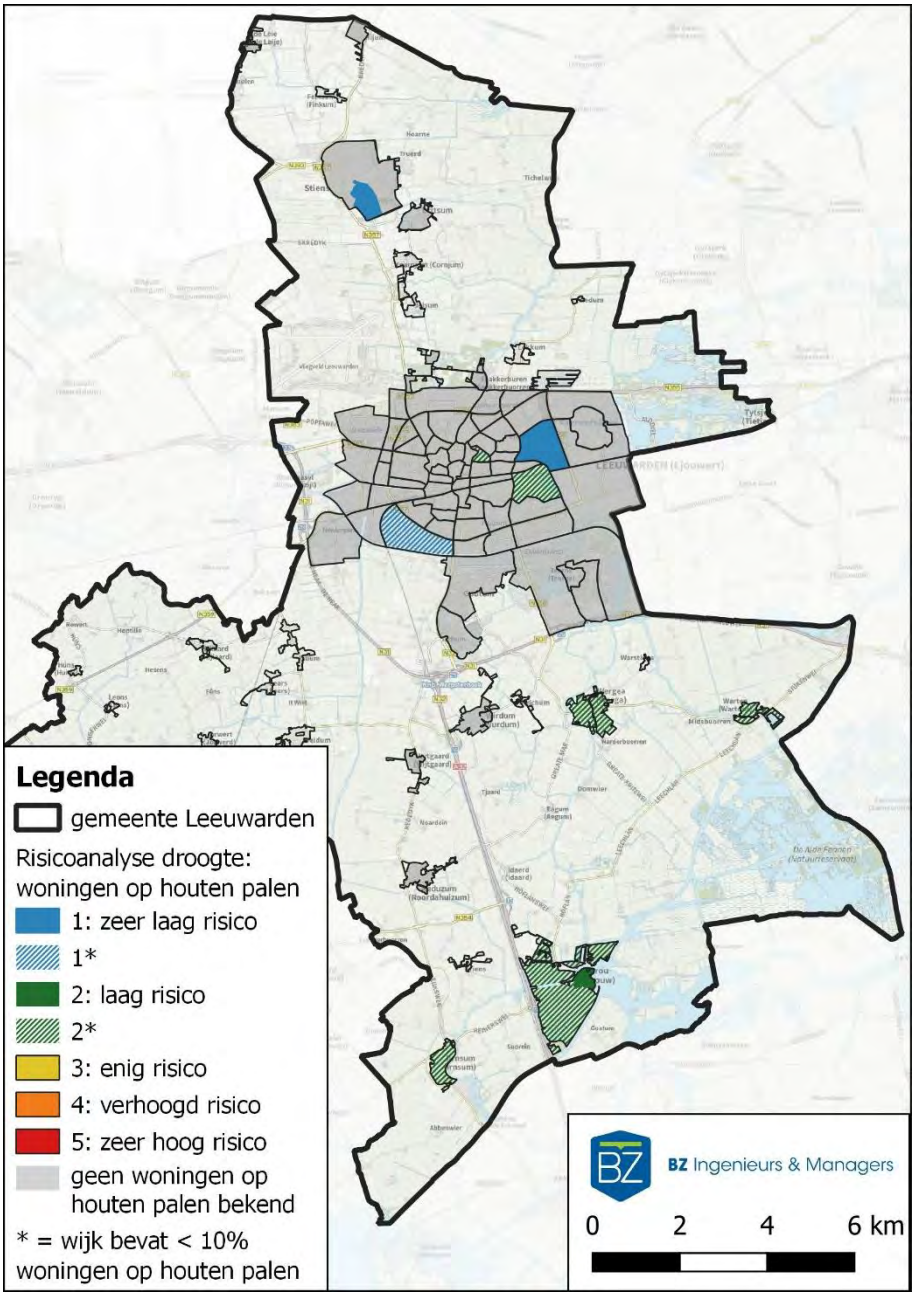
5.1.3. Resultaat

De risicobeoordeling is uitgevoerd op basis van paragrafen 5.1.1 en 5.1.2. Het resultaat is in bijlage 5 op kaart opgenomen. In de risicobeoordeling zijn zowel de wijken met een overwegende funderingswijze op houten palen meegenomen, als wijken waar een klein deel (<10%) van de woningen op houten palen is gefundeerd. De wijken met een overwegende funderingswijze op houten palen, zijn vlakdekkend op de kaarten met risico's in bijlage 4 opgenomen. Wijken met een klein aandeel woningen op houten palen, zijn gearceerd op de kaarten opgenomen.

De risicoanalyse heeft betrekking op de wijken met woningen op houten palen, als gevolg van droogte door klimaatverandering tot het jaar 2050. Uit de risicoanalyse blijkt dat er een zeer laag risico is voor Stiens Zuid en de wijk Schieringen in Leeuwarden. Dit geldt ook voor de wijk Nijlân, waarvan minder dan 10% van de woningen in de wijk op houten palen zijn gebouwd.

Het centrum van Grou, waar het merendeel van de woningen op houten palen staat, heeft een laag risico, zie figuur 8. Overige wijken en dorpen met een laag risico zijn Grou, Jirnsum, Wergea, Warten, Schepenbuurt (Leeuwarden) en de Zeeheldenbuurt (Leeuwarden). Deze overige wijken en dorpen bevatten minder dan 10% woningen die op houten palen zijn gefundeerd.

De conclusie is dat er sprake is van een zeer laag tot laag risico op schade aan woningen op houten paalfunderingen door droogte als gevolg van klimaatverandering.



Figuur 8: Risicoanalyse droogte: woningen op houten palen

5.2. Woningen op staal gefundeerd

5.2.1. Werkwijze en input analyse

Uit de werksessie met de gemeente komt naar voren dat de volgende aspecten bepalend zijn bij het ontstaan van schade aan woningen op fundering op staal:

- Wijze van bouwrijp maken: cunettenmethode of integrale ophoging. Bij de cunetenmethode is het risico op het ontstaan van verschilzetting groter dan bij integraal opgehoogde wijken.
- Maaiveldaling in de klassen tot 5 cm, 5 tot 20 cm en meer dan 20 cm. Hoe groter de maaivelddaling, des te groter het risico is dat er schade op gaat treden bij woningen die op staal zijn gefundeerd.

De volgende gegevens zijn als input voor de matrix gebruikt:

- Funderingswijze [5]: de overwegende funderingswijze is door de gemeente per wijk aangeleverd. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen houten palen, houten palen met betonopzetter, fundering op staal en op betonnen palen. Een strokenfundering, plaatfundering of gewelvenfundering is meegenomen als fundering op staal.
- Per wijk is een verfijningsslag voor de funderingswijze aangebracht door het bouwjaar van de bebouwing erbij te betrekken [6]. Bebouwing van na 1970 zijn in hoofdzaak voorzien van funderingen op betonnen palen. Voor de dorpen/wijken Grou Centrum, Grou (overig), Warten, Wergea en Irnsum heeft de gemeente een verdeling in funderingswijze van bebouwing ouder dan 1970 aangeleverd.
- Methode bouwrijp maken [7]: de methode van bouwrijp maken is door de gemeente per wijk aangeleverd. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de cunettenmethode en integrale ophoging.
- Maaivelddaling als gevolg van droogte door klimaatverandering: volgt uit zettingsanalyse (zie deel 1).

Kaarten met de funderingswijze zijn opgenomen in bijlage 4. Per wijk is aangegeven wat de overwegende funderingswijze is. Daarbij is bij veel wijken natuurlijk sprake van een kleinere of grotere variatie in funderingswijze. Deze variatie is met een cirkeldiagram per wijk op de kaart opgenomen. In figuur 7 is een overzichtskaart opgenomen van de overwegende funderingswijze per wijk, in de gemeente Leeuwarden.

Voor de kernen in het westen van de gemeente en in Lekkum kunnen geen of onvoldoende betrouwbare uitspraak gedaan kon worden over de verlaging van de RLG en daarmee ook niet de mate van maaivelddaling. In deze kernen zijn geen peilbuizen van het gemeentelijk grondwatermeetnet aanwezig. Deze kernen zijn niet meegenomen in de matrix, de risicobeoordeling en op de kaarten met funderingswijze. Voor de volgende kernen is de matrix doorlopen: Leeuwarden, Oude Leije, Hijum, Stiens, Britsum, Cornjum, Lekkum, Wijtgaard, Wirdum, Wergea, Warten, Reduzum, Irnsum en Grou.

5.2.2. Matrix

Voor de risicobeoordeling van de woningen met fundering op staal is de volgende matrix in samenwerking met de gemeente Leeuwarden vastgesteld. Deze risicobeoordeling is gebaseerd op gevolgen van droogte door klimaatverandering en heeft een horizon van 2050. Uit de matrix blijkt dat de woningen met fundering op staal in een gebied dat volgens de cunettenmethode bouwrijp is gemaakt en meer dan 20 cm maaivelddaling ondervindt, het meeste risico lopen op schade door droogte. Deze woningen lopen een verhoogd risico op schade. De woningen fundering op staal in gebieden waar integraal is opgehoogd en de maaivelddaling < 5 cm is, lopen het minste risico op schade. Het risico is hier zeer laag.

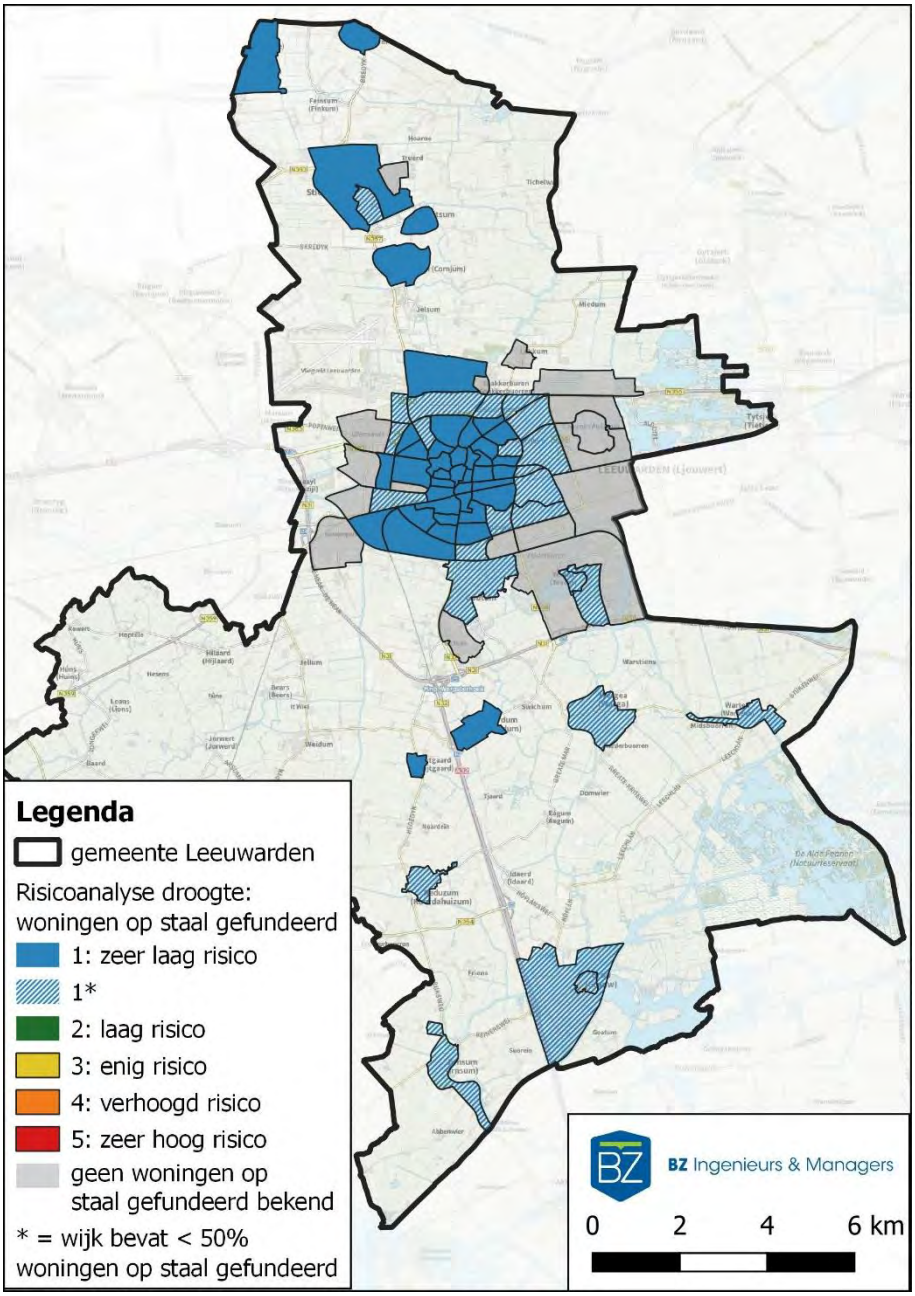
		Maaivelddaling door klimaatverandering tot 2050		
		< 5 cm	5 - 20 cm	> 20 cm
Gevoeligheids-klasse bebouwing op staal	Buurten met cunettenmethode	**1**	**3**	**4**
	Integraal opgehoogde wijken	**1**	**2**	**3**
Legenda:				
1: Zeer laag risico	**2: Laag risico**	**3: Enig risico**	**4: Verhoogd risico**	**5: Zeer hoog risico**

5.2.3. Resultaat

De risicobeoordeling is uitgevoerd op basis van paragrafen 5.2.1 en 5.2.2. Het resultaat is in bijlage 6 op kaart opgenomen. In de risicobeoordeling zijn zowel de wijken met een overwegende funderingswijze op houten palen meegenomen, als wijken waar een klein deel (<50%) van de woningen op staal is gefundeerd.

De risicoanalyse heeft betrekking op de wijken met woningen die op staal zijn gefundeerd, als gevolg van droogte door klimaatverandering tot het jaar 2050. Uit de risicoanalyse blijkt dat alle wijken die overwegend of deels op staal zijn gefundeerd een zeer laag risico hebben, zie figuur 9. De wijken met een overwegende funderingswijze op staal, zijn vlakdekkend op de kaarten met risico's in bijlage 6 opgenomen. Wijken met een kleiner aandeel woningen op staal, zijn gearceerd op de kaarten opgenomen. Dit komt omdat er geen wijken zijn die een verwachte maaivelddaling als gevolg van klimaatverandering kleiner dan 5 cm hebben. De wijken met een zeer laag risico zijn overwegend in het midden van de stad Leeuwarden en in de omliggende dorpen te vinden.

De conclusie is dat er voor woningen gefundeerd op staal sprake is van een zeer laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering.



Figuur 9: Risicoanalyse droogte: woningen op staal gefundeerd

6. Effecten droogte op infrastructuur

6.1. Werkwijze en input analyse

Uit de werksessie met de gemeente komt naar voren dat de volgende aspecten bepalend zijn bij het ontstaan van schade aan infrastructuur:

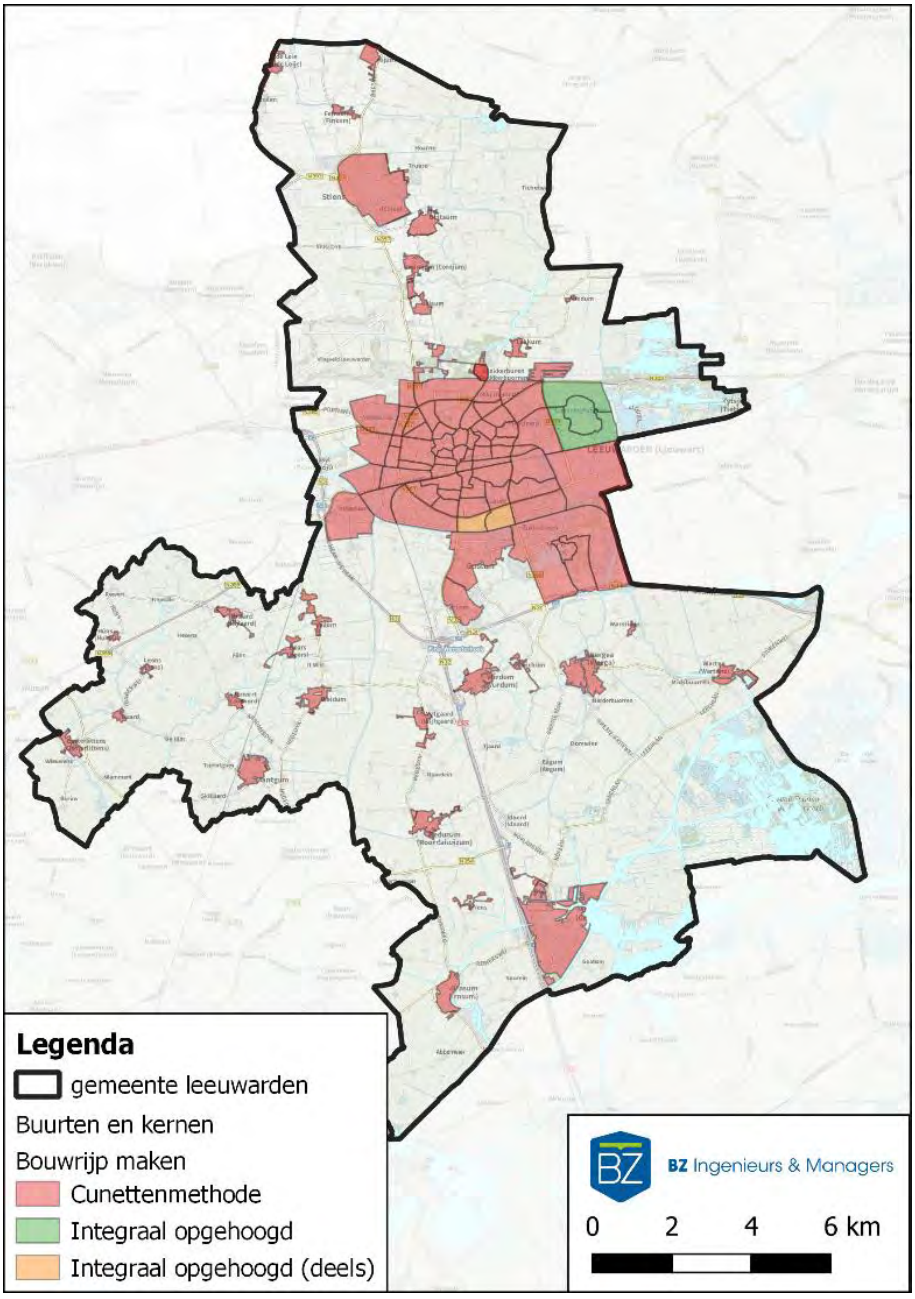
- Wijze van bouwrijp maken: cunettenmethode of integrale ophoging. Bij de cunetenmethode is het risico op het ontstaan van verschilzetting groter dan bij integraal opgehoogde wijken.
- Maaiveldaling in de klassen tot 5 cm, 5 tot 10 cm en meer dan 10 cm. Hoe groter de maaivelddaling, des te groter het risico is dat er schade op gaat treden aan infrastructuur.

De volgende gegevens zijn als input voor de matrix gebruikt:

- Methode bouwrijp maken [7]: de methode van bouwrijp maken is door de gemeente per wijk aangeleverd. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de cunettenmethode en integrale ophoging.
- Maaivelddaling als gevolg van droogte door klimaatverandering: volgt uit zettingsanalyse (zie deel 1).

Kaarten met daarop de methode van bouwrijp maken zijn opgenomen in bijlage 7. In figuur 10 is een overzicht van de methodes van bouwrijp maken per wijk in de gemeente Leeuwarden weergegeven.

Voor de kernen in het westen van de gemeente en in Lekkum kunnen geen of onvoldoende betrouwbare uitspraak gedaan kon worden over de verlaging van de RLG en daarmee ook niet de mate van maaivelddaling. In deze kernen zijn geen peilbuizen van het gemeentelijk grondwatermeetnet aanwezig. Deze kernen zijn niet meegenomen in de matrix, de risicobeoordeling en op de kaarten met methode van bouwrijp maken. Voor de volgende kernen is de matrix doorlopen: Leeuwarden, Oude Leije, Hijum, Stiens, Britsum, Cornjum, Lekkum, Wijtgaard, Wirdum, Wergea, Warten, Reduzum, Irnsum en Grou.



Figuur 10: Methode voor het bouwrijp maken per wijk in de gemeente Leeuwarden

6.2. Matrix

Voor de risicobeoordeling van infrastructuur is de volgende matrix in samenwerking met de gemeente Leeuwarden vastgesteld. Deze risicobeoordeling is gebaseerd op gevolgen van droogte door klimaatverandering en heeft een horizon van 2050. Uit de matrix blijkt dat het risico op schade aan infrastructuur zeer laag is wanneer de maaivelddaling < 5 cm is, ongeacht de methode van bouwrijp maken. De wijken die volgens de cunettenmethode zijn bouwrijp gemaakt en waar de maaivelddaling meer dan 10 cm is, lopen het grootste risico op schade aan infrastructuur. Het risico is hier verhoogd.

		Maaivelddaling door klimaatverandering tot 2050		
		< 5 cm	5 - 10 cm	> 10 cm
Gevoeligheids-klasse infrastructuur	Cunettenmethode	1	3	4
	Integrale ophoging	1	2	3

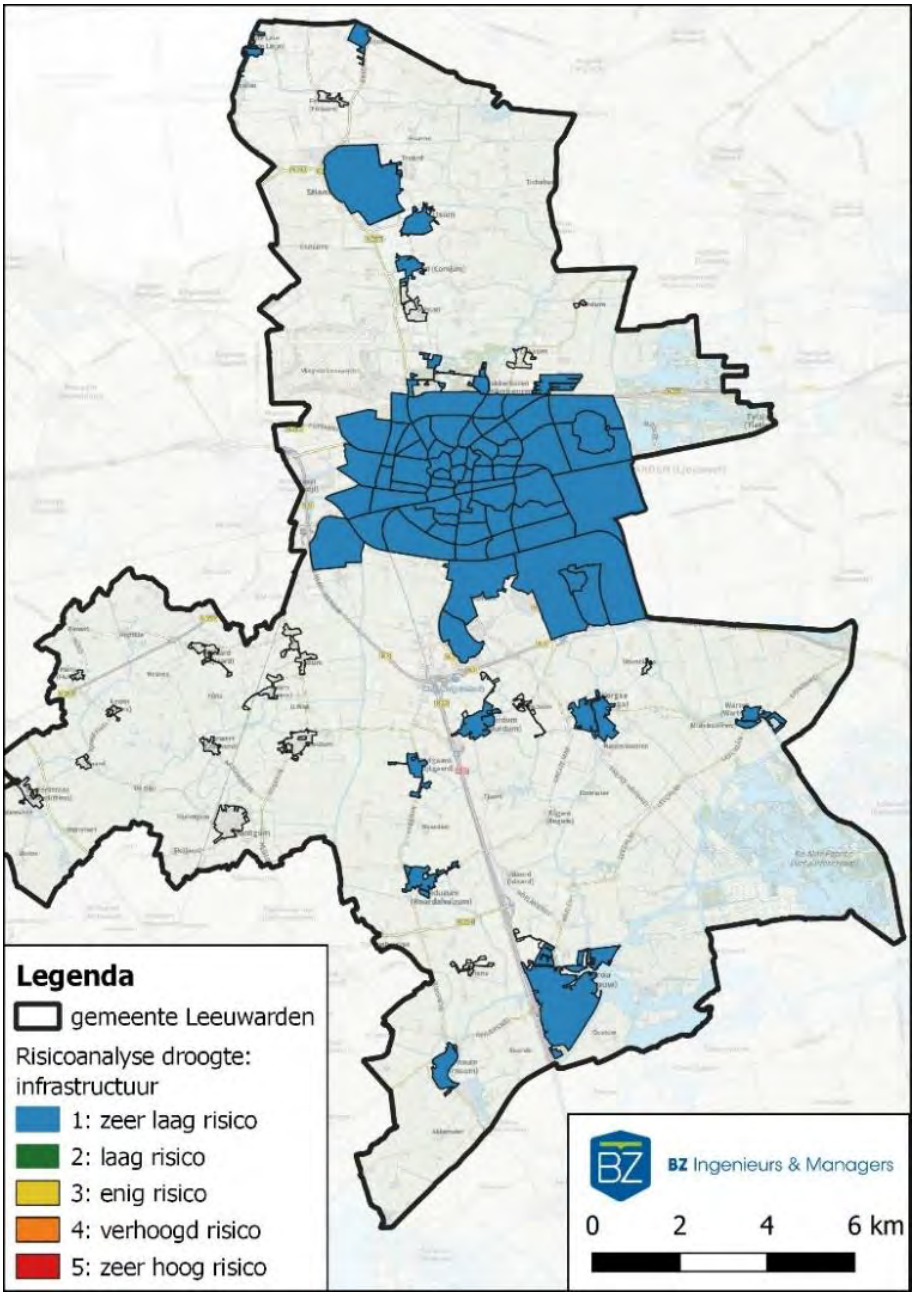
Legenda:

1: Zeer laag risico	**2: Laag risico**	**3: Enig risico**	**4: Verhoogd risico**	**5: Zeer hoog risico**

6.3. Resultaat

De conclusie is dat er voor de infrastructuur sprake is van een zeer laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050. Dit komt doordat er geen grotere zettingen dan 5 cm zijn berekend en alle wijken worden ingedeeld in klasse 1 (zeer laag risico). Het resultaat van de analyse is in figuur 11 en bijlage 8 op kaart opgenomen.

Ook in Cammingaburen, waar de maaivelddaling door klimaatverandering tot 2050 in de gemeente Leeuwarden het grootst is (circa 25 tot 31 mm), is het risico op schade door droogte door klimaatverandering tot 2050 zeer laag. De berekende maaivelddaling door klimaatverandering tot 2050 is immers kleiner dan 5 cm.



Figuur 11: Risicoanalyse droogte: infrastructuur

7. Effecten droogte op groen

7.1. Werkwijze en input analyse

Uit de werksessie met de gemeente komt naar voren dat de volgende aspecten bepalend zijn bij het ontstaan van schade aan groen (bomen):

- Boomconditie [8]: de boomconditie bepaalt in de praktijk of droogte tot schade aan een boom leidt. Bij een goede boomconditie heeft droogte veel minder effect dan bij een boom waar de boomconditie matig of slecht is. Natuurlijk is dit een moment opname. De laatst bekende boomconditie (zomer 2021) is bij deze analyse gebruikt.
- Bij jonge bomen (<5 jaar) [8] is het wortelgestel nog niet goed ontwikkeld. Droogte heeft bij jonge bomen daarom meer effect. Belangrijk is om jonge bomen bij droogte voldoende en tijdig water te geven.
- Bomen hebben last van een verandering in de fluctuatie van de grondwaterstanden (het verschil tussen RHG en RLG). Daarbij is gebruik gemaakt van de klassen <15 cm, 15-30 cm, en >30 cm in de toename van fluctuatie door klimaatverandering [1].

De volgende gegevens zijn als input voor de matrix gebruikt:

- Bomenbestand van de gemeente Leeuwarden [8] voor de boomconditie en de leeftijd van de bomen. Daarbij zijn alleen de bomen binnen de bebouwde kom beoordeeld.
- Toename fluctuatie tussen RHG en RLG door klimaatverandering uit de klimaatanalyse [1].

Voor de kernen in het westen van de gemeente en in Lekkum kunnen geen of onvoldoende betrouwbare uitspraak gedaan kon worden over de verlaging van de RLG en daarmee ook niet de risico's voor bomen. In deze kernen zijn geen peilbuizen van het gemeentelijk grondwatermeetnet aanwezig. Deze kernen zijn niet meegenomen in de matrix en de risicobeoordeling van bomen. Voor de volgende kernen is de matrix doorlopen: Leeuwarden, Oude Leije, Hijum, Stiens, Britsum, Cornjum, Lekkum, Wirdum, Wergea, Warten, Irnsum en Grou.

7.2. Matrix

Voor de risicobeoordeling van bomen is de volgende matrix in samenwerking met de gemeente Leeuwarden vastgesteld. Deze risicobeoordeling is gebaseerd op gevolgen van droogte door klimaatverandering en heeft een horizon van 2050. Uit de matrix blijkt dat de bomen met een slechte boomconditie en een toename van de fluctuatie van de grondwaterstand van meer dan 30 cm, een verhoogd risico lopen op schade. De bomen met een goede conditie en een toename van fluctuatie van maximaal 30 cm, lopen het minste risico op schade. Het risico is hier zeer laag. Hetzelfde geldt voor de bomen jonger dan 5 jaar.

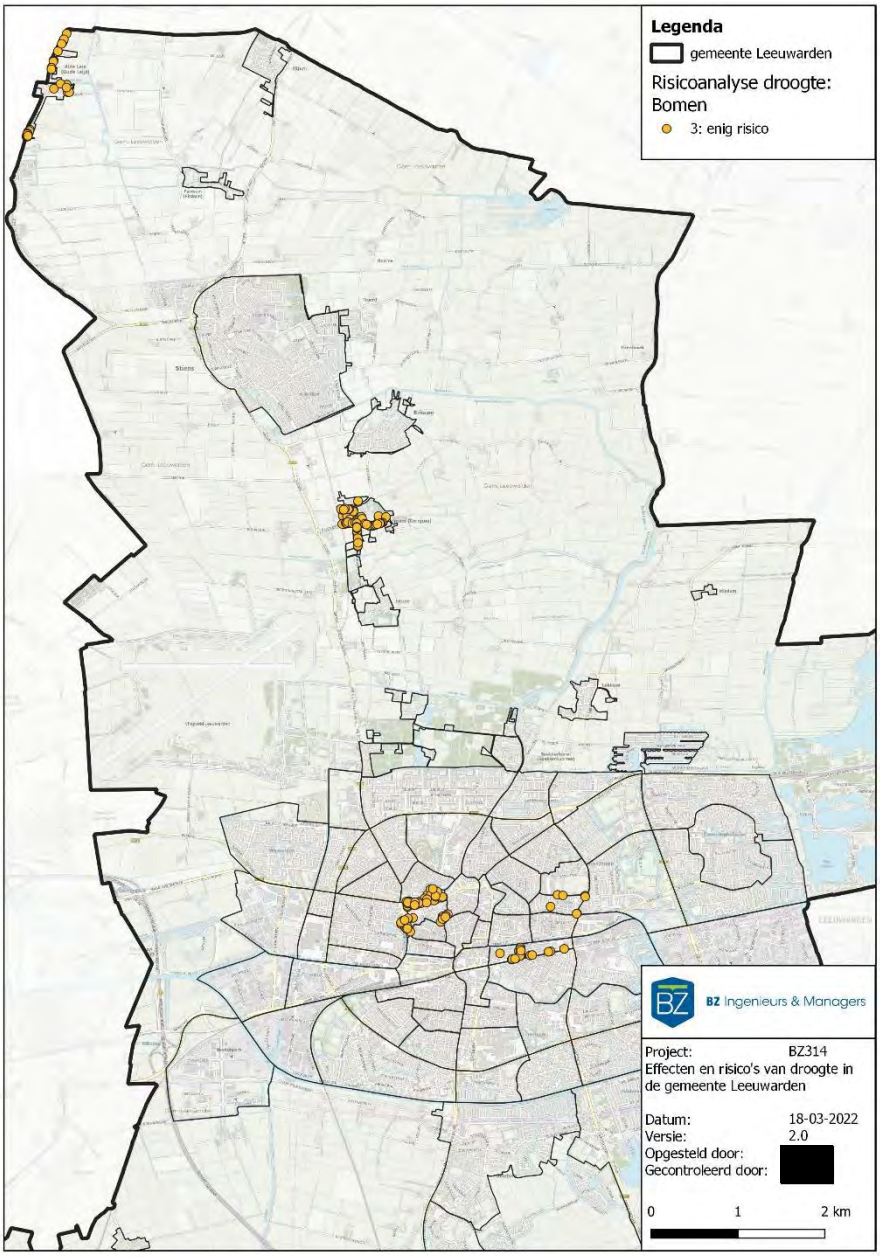
		Toename fluctuatie RHG – RLG door klimaatverandering		
		< 15 cm	15 - 30 cm	> 30 cm
Gevoeligheids-klasse groen - fluctuatie	Boomconditie slecht	**2**	3	4
	Boomconditie matig	**2**	3	3
	Boomconditie voldoende/goed, alle bomen < 5 jaar	**1**	1	2
Legenda:				
1: Zeer laag risico	**2: Laag risico**	**3: Enig risico**	**4: Verhoogd risico**	**5: Zeer hoog risico**

7.3. Resultaat

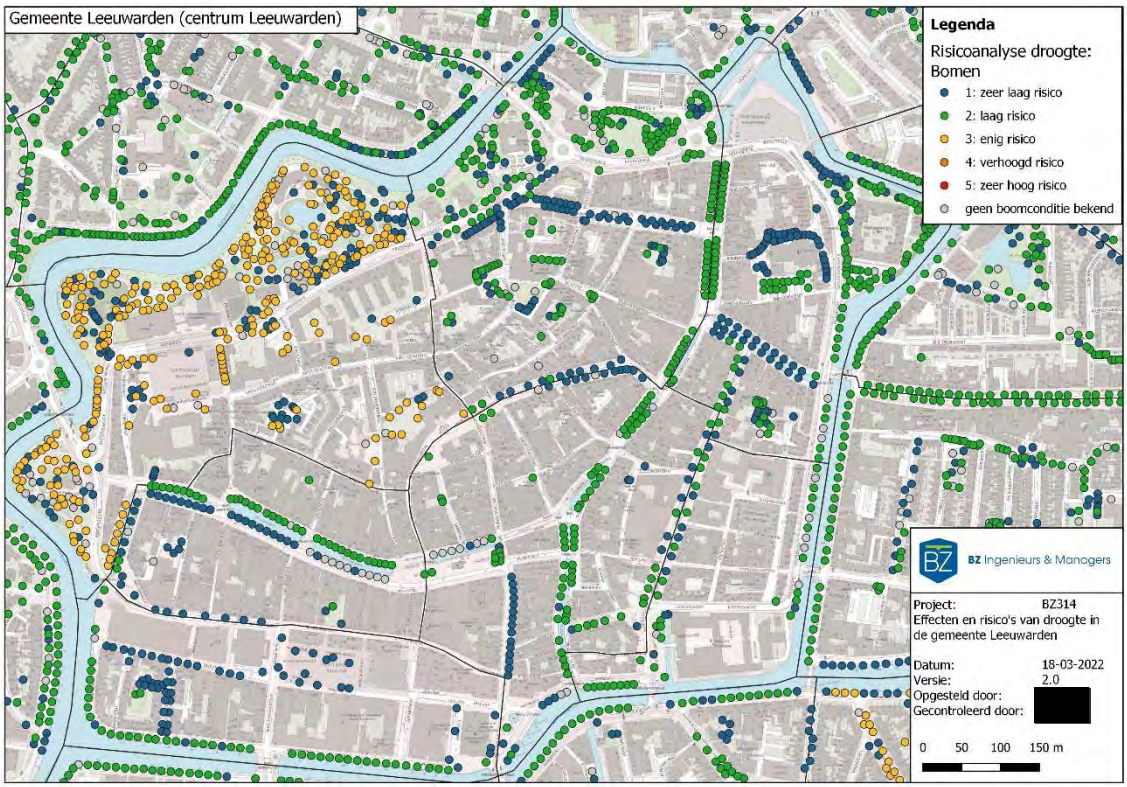
Het overgrote deel van de bomen in de gemeente Leeuwarden valt in de klasse 1 en 2 (zeer laag risico en laag risico, resp. 37% en 46,5% van het totale bomenbestand in de bebouwde kom). Uit de risicoanalyse blijkt dat een klein deel in klasse 3 valt: enig risico (16% van het totale bomenbestand binnen de bebouwde kom). Bomen met klasse 4 en 5 zijn niet uit de risicoanalyse naar voren gekomen. Enkel de bomen met klasse 3 zijn voor een overzichtelijk beeld in figuur 12 weergeven. Deze bomen staan in de dorpen Oude Leije, Cornjum en in de wijken van Leeuwarden Oldehove, Indische buurt en de Oranjewijk. De bomen in deze dorpen en wijken hebben een slecht tot matige boomconditie en de toename in fluctuatie tussen de RLG en de RHG is groter dan 15 cm.

Figuur 13 toont de risicoanalyse voor de bomen in het stadscentrum van Leeuwarden, als gevolg van droogte door klimaatverandering tot het jaar 2050. Op te merken valt dat langs de Noorderstadsgracht meerdere bomen in de klasse 3 zijn gecatoriseerd. Dit geeft aan dat voor deze bomen de boomconditie slecht tot matig is en de fluctatie tussen de RLG en RHG zich tussen de 15 tot 30 cm bevindt. De risicoanalyse voor de bomen ten oosten van het stadscentrum is opgenomen in figuur 14 en die van Oude Leije en Cornjum in figuur 15. Het resultaat van de analyse is in bijlage 9 op kaart opgenomen.

De conclusie is dat voor het overgrote deel van de bomen sprake is van een zeer laag tot laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering. Een beperkt aantal bomen lopen enig risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering. Dit komt doordat bij deze bomen de huidige boomconditie al matig tot slecht is.

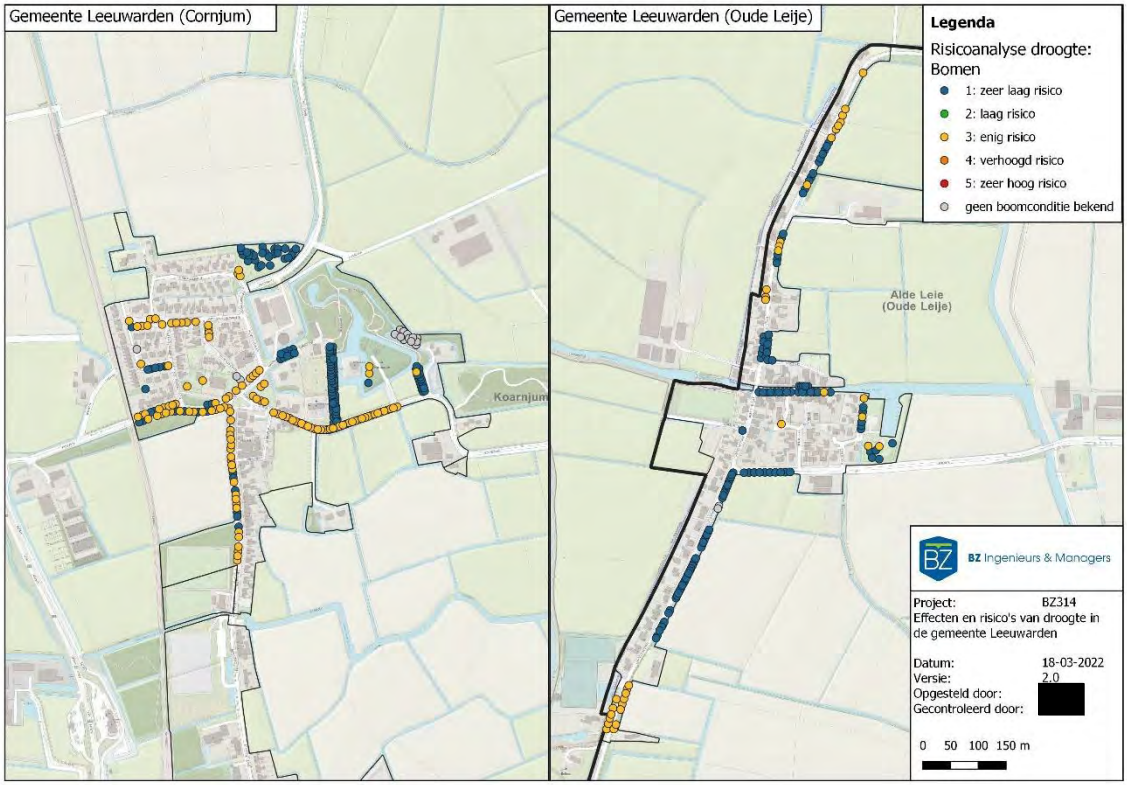


Figuur 12: Risicoanalyse droogte: Bomen met klasse 3 (enig risico)



Figuur 13: Risicoanalyse droogte: Bomen in het centrum van de stad Leeuwarden

Figuur 14: Risicoanalyse droogte: Bomen in Zeeheldenbuurt, Indische buurt, Molenpad, Welgelegen en Oranjewijk



Figuur 15: Risicoanalyse droogte: Bomen in Oude Leije en Cornjum

8. Kwantificeren schade

In de voorgaande hoofdstukken is ingegaan op waar in de gemeente Leeuwarden zich risico op schade aan woningen, infrastructuur en groen zich voordoet. In dit hoofdstuk wordt de schade als gevolg van deze risico's gekwantificeerd en op kosten gezet. De schade die is berekend is een potentiële schade die op kan treden als gevolg van droogte door klimaatverandering tot 2050.

De inschatting van de kosten is en blijft een benadering, gebaseerd op een aantal aannames en globale getallen over aantallen woningen per funderingswijze en aantallen bomen. De aannames die gedaan zijn, zijn hieronder per thema vermeld. De inschatting van de kosten geeft een onderbouwde schatting van de potentiële schade door droogte als gevolg van klimaatverandering. Wij adviseren de ontwikkelingen op gebied van klimaatverandering te volgen en in de toekomst nog eens te beoordelen of deze aannames nog steeds juist lijken.

8.1. Woningen

8.1.1. Werkwijze

De gemeente Leeuwarden wil in dit onderzoek de risico's op schade aan woningen door droogte als gevolg van klimaatverandering in kaart te brengen. Dit betekent niet dat de gemeente verantwoordelijk is voor de schade die ontstaat. De woningeigenaar is, conform de Waterwet, in beginsel verantwoordelijk voor zijn eigen pand en de grondwaterstanden op het eigen perceel.
In deze studie zijn per wijk de aantal woningen per funderingswijze bepaald aan de hand van een aantal stelregels [6]. Deze aantallen woningen zijn gecombineerd met de risicoanalyse uit paragraaf 5.3. Hieruit volgt het aantal woningen dat een risico loopt.

Om deze potentiële schade (als gevolg van droogte door klimaatverandering tot 2050) indicatief op kosten te zetten, zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Aanname dat funderingsherstel € 50.000 per woning kost, waarbij € 25.000 is toe te rekenen aan schade door droogte als gevolg van klimaatverandering [12].
2. Bepalen aantal woningen dat een risico loopt op schade, per risicoklasse.
3. Formule per risicoklasse:
   *# woningen per risicoklasse * (€ 25.000 * % behorend bij risicoklasse)*
   Bijvoorbeeld: 300 woningen met houten paalfundering vallen in risicoklasse 3:
   300 * (€ 25.000 * 25%) = € 1.875.000

Tabel 1: Kostenverdeling per risicoklasse

1	2	3	4	5
Zeer laag risico	**Laag risico**	**Enig risico**	**Verhoogd risico**	**Zeer hoog risico**
1%	**10%**	**25%**	**50%**	**75%**

8.1.2. Resultaat woningen op houten palen

In de gemeente Leeuwarden zijn 3 wijken met risico categorie 1 of 1* (zeer laag risico). In deze wijken staan naar schatting circa 1.618 woningen op houten palen. Ook zijn er 7 wijken met risicoklasse 2 of 2* (enig risico). In deze wijken staan naar schatting circa 1.009 woningen op houten palen. In totaal lopen in deze wijken staan naar schatting 2.627 woningen op houten palen een zeer laag tot laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering.

Conform de kostenverdeling als in tabel 1 vermeld staat, komt dit om een potentiële schadepost van circa € 2,9 miljoen.

8.1.3. Resultaat woningen op staal gefundeerd

In de gemeente Leeuwarden zijn 42 wijken met risico categorie 1 (zeer laag risico). Van deze wijken is de overwegende funderingswijze op staal. Ook zijn er 25 wijken die vallen in risico categorie 1* (zeer laag risico). Dit zijn wijken waar een minderheid op staal is gefundeerd. In deze wijken staan in totaal naar schatting circa 28.122 woningen die op staal zijn gefundeerd. Deze woningen op staal lopen een zeer laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050.

Conform de kostenverdeling als in tabel 1 vermeld staat, komt dit om een potentiële schadepost (als gevolg van droogte door klimaatverandering tot 2050) van circa € 7,0 miljoen.

8.2. Infrastructuur

8.2.1. Werkwijze

De kwantificeren van schade voor de infrastructuur is voor de gemeente Leeuwarden gemeentebreed bepaald en gebaseerd op de ervaringen in de zomer van 2018. In dit jaar werd circa 1% van het jaarlijks gemeentelijk budget voor infrastructuur extra besteed aan de bestrijding van problemen door droogte.

De droogte in de zomer van 2018 heeft een herhalingstijd van eens per 15 jaar. Dit betekent dat deze mate van droogte statistisch in het W_h-scenario eens per 15 jaar voorkomt. Kijkend over de tijdspanne van nu tot 2050, komt een droogte als in 2018 tweemaal voor.

Op basis hiervan maken we de volgende formule, waaruit het jaarlijks te reserveren bedrag voor schade door droogte als gevolg van klimaatverandering volgt:

*1% * jaarlijks budget infra*

8.2.2. Resultaat

Op basis van de verzamelde gegevens, adviseren we in de gemeentelijke begroting rekening te houden met een schadepost van € 75.000, die naar schattig eens per circa 15 jaar ingezet moet worden.

8.3. Groen

8.3.1. Werkwijze

De kwantificeren van schade voor groen is voor de gemeente Leeuwarden gemeentebreed bepaald. Op basis van de risicoanalyse en het bomenbestand van de gemeente is gekwantificeerd hoeveel bomen in de risico categorieën 1, 2 en 3 vallen. De overige risico categorieën komen niet voor in de gemeente.

Extra beheerkosten voor gemeente door extreme droogte

Om de schade op kosten te zetten is uitgegaan van het totale bomenbestand in de bebouwde kom. Uit de Klimaatschadeschatter [9] blijkt dat de extra kosten door schade als gevolg van droogte in 2018 € 1,80 per boom in de bebouwde kom zijn. In de beschouwde kernen van de gemeente Leeuwarden zijn bijna 46.000 bomen aanwezig. Een droge zomer als 2018 komt in het W_h-scenario statistisch gezien eens per 15 jaar voor.

Op basis hiervan maken we de volgende formule, waaruit het jaarlijks te reserveren bedrag voor schade door droogte als gevolg van klimaatverandering volgt:

*Aantal bomen * € 1,80*

Klimaatschadeschatter [9]

De klimaatschadeschatter is in 2020 opgesteld. Voor elke gemeente in Nederland is geschat wat de omvang van de schade door klimaatverandering is. De behandelde bedreigingen zijn wateroverlast, droogte, hittestress en gevolgen van overstroming. In dit rapport hebben we bij het thema groen de werkwijze voor de bedreiging 'droogte' gebruikt om de omvang van de schade voor bomen in te schatten.
In de klimaatschadeschatter is op basis van ervaringsgetallen uit de zomer van 2018 berekend dat de toename van de gemeentelijke beheerkosten voor bomen € 1,80 per boom bedragen. Deze berekening gaat uit van een totaal bomenbestand, zonder onderscheid te maken in leeftijd of conditie van de boom. Het houdt ook geen rekening met de bomen die in 2019 zijn gestorven door de droogte uit 2018 meegenomen. Daarnaast treedt er ook schade op bij minder droge jaren. Deze minder droge jaren komen vaker voor en kunnen dus uiteindelijk tot veel schade leiden.

Extra herplantkosten voor gemeente door extreme droogte

Het herplanten van bomen is een kostbare aangelegenheid. De bomen die in risicoklasse 3 (enig risico) vallen, lopen de meeste kans om af te sterven door extreme droogte en herplant te moeten worden. Hogere risicoklassen komen immers niet voor in de gemeente. Uit de analyse in paragraaf 7.3 blijkt dat er in de gemeente

Daarnaast lopen jonge bomen, die nog niet goed geworteld zijn, ook een relatief grote kans om af te sterven tijdens extreme droogte. Jaarlijks worden in de gemeente Leeuwarden circa 300 nieuwe bomen geplant [12].

De herplant van een boom in een (woon)straat met groeiplaatsconstructie kost [12] circa € 2.000 à € 3.000 per stuk. Het herplanten van een boom in een stedelijke binnenstad als Leeuwarden is relatief duur. Dit kost circa € 10.000 à € 15.000 per stuk.

Om deze herplantkosten (als gevolg van droogte door klimaatverandering tot 2050) indicatief op kosten te zetten, zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Het herplanten van een boom kost € 2.500.
2. Aanname dat 10% van de bomen in de risicoklasse 3 (enig risico) herplant moet worden, als gevolg van droogte door klimaatverandering.
3. Aanname dat 10% van de jonge aanplant van dat jaar vervangen moet worden, als gevolg van droogte door klimaatverandering.
4. Bepalen aantal bomen in risicoklasse 3 en 2.
5. Formule voor groen:
   *(# bomen in risicoklasse 3 * 10% * € 2.500) + (300 jonge bomen * 10% * € 2.500)*

8.3.2. Resultaat

In de gemeente Leeuwarden zijn circa 17.000 bomen van het bomenbestand met bijna 46.000 bomen geclassificeerd als 'zeer laag risico' (risicoklasse 1). Ruim 21.000 bomen zijn geclassificeerd als 'laag risico' (risicoklasse 2). 777 bomen zijn geclassificeerd als risicoklasse 3, 'enig risico'. Van bijna 7.000 bomen was de boomconditie onbekend en kon de matrix niet doorlopen worden.

Op basis van de formules in paragraaf 8.3.1 is zijn de extra beheerkosten als gevolg van droogte in 2018 berekend op circa € 83.000. De droogte in 2018 is een situatie die statistisch eens per 15 jaar voor komt. We adviseren de gemeente in hun budget rekening te houden met een schadepost van € 83.000, waarbij het naar schatting eens per 15 jaar nodig is om deze schadepost in te zetten. Deze post is exclusief het water geven van jonge bomen.

De kosten voor herplant van bomen als gevolg van droogte door klimaatverandering komt met de formule in de voorgaande paragraaf op € 195.000 voor bomen uit de risicoklasse 3 plus € 75.000 voor herplant van jonge bomen.

In totaal komt de potentiële schade door droogte als gevolg van klimaatverandering voor groen op € 353.000. Wij adviseren in de gemeentelijke begroting rekening te houden dat dit bedrag eens per 15 jaar ingezet moet worden.

9. Conclusies en aanbevelingen

Het klimaat verandert, neerslag wordt heviger, het wordt warmer en droger. In 2020 heeft de gemeente onderzoek uitgevoerd naar de klimaateffecten op de bebouwde omgeving voor hitte en wateroverlast. De uitkomsten zijn verwerkt in de uitvoeringsagenda 'Leeuwarden klimaatactief'. Voor droogte is toen geconcludeerd dat er verdiepend onderzoek nodig is om een beter beeld te krijgen van de gevolgen en risico's van droogte. De risico's en gevolgen van droogte zijn in onderhavig onderzoek voor het bebouwd gebied van de gemeente Leeuwarden in beeld gebracht voor de thema's woningen, infrastructuur en groen.

De studie naar de effecten van droogte bestaat uit twee delen. In het eerste deel is onderzocht wat de effecten van klimaatverandering op de zomerse lage grondwaterstanden zijn. Vervolgens is nagegaan hoeveel maaivelddaling dit in de gemeente Leeuwarden kan veroorzaken. Hieruit komt het volgende:

- De gemiddelde daling van de lage grondwaterstanden (RLG) in de zomer tot 2050 door klimaatverandering bedraagt 0,05 meter.
- Voor het overgrote deel van de gemeente Leeuwarden is een maaivelddaling als gevolg van klimaatverandering van enkele millimeters te verwachten tot 2050. Een uitzondering hierop is het oostelijk deel van de stad Leeuwarden, Grou en een deel van Warten. Hier is over 30 jaar verspreid een maaivelddaling van circa 11 tot 31 mm te verwachten.
- De maaivelddaling als gevolg van klimaatverandering is beperkt ten opzichte van de autonome maaivelddaling. De autonome maaivelddaling in de gemeente Leeuwarden is 2 à 3 mm per jaar en dus over 30 jaar 60 tot 90 mm [11].

De invloed van klimaatverandering op de grondwaterstand is bepaald voor de kernen waar voldoende en betrouwbare informatie over de grondwaterstand aanwezig is. Voor de kernen in het westen van de gemeente en in Lekkum kunnen geen of onvoldoende betrouwbare uitspraak gedaan kon worden over de verlaging van de RLG en daarmee ook niet de mate van maaivelddaling. In deze kernen zijn geen peilbuizen van het gemeentelijk grondwatermeetnet aanwezig of is de meetreeks te kort om betrouwbare uitspraken te doen. Deze kernen zijn daarom niet meegenomen in de matrix, de risicobeoordeling en op de kaarten met methode van bouwrijp maken. De risicobeoordeling is doorlopen voor de volgende kernen: Leeuwarden, Oude Leije, Hijum, Stiens, Britsum, Cornjum, Lekkum, Wijtgaard, Wirdum, Wergea, Warten, Reduzum, Irnsum en Grou.

9.1. Conclusies risico's en effecten van droogte in de gemeente Leeuwarden

Met de berekende verlaging van de grondwaterstand door klimaatverandering en de berekende maaivelddaling, is beoordeeld of en waar effecten van droogte te verwachten zijn op woningen, bebouwing en groen. In workshops met de specialisten van de gemeente is vastgesteld welke factoren in welke mate van invloed zijn op de effecten van droogte door klimaatverandering.

Benadrukt is dat het een indicatieve analyse is, op basis van de op dit moment best beschikbare informatie over funderingen, boomcondities, klimaatverandering, bodemopbouw, grondwaterstanden, etc. Bij de risicobeoordeling is gebruik gemaakt van aannames. Deze aannames zijn

gedaan in overleg met de experts van de gemeente Leeuwarden. Het resultaat geeft een beeld van de risico's op hoofdlijnen en is geschikt om het klimaatbeleid in de gemeente op een onderbouwde wijze verder vorm te geven en uit te werken. Het is niet geschikt om individuele locaties of problemen te signaleren.

Woningen

De gemeente Leeuwarden brengt in dit onderzoek de risico's op schade aan woningen door droogte als gevolg van klimaatverandering in kaart. Dit betekent niet dat de gemeente verantwoordelijk is voor de schade die ontstaat. De woningeigenaar is, conform de Waterwet, in beginsel verantwoordelijk voor zijn eigen pand en de grondwaterstanden op het eigen perceel.

<u>Woningen op houten palen</u>

De risico's en effecten van droogte op woningen op houten palen worden bepaald door:

- de daling van de grondwaterstand in de zomer (RLG situatie);
- de daling van het maaiveld als gevolg van klimaatverandering.

Voor de wijken waarvan de woningen (deels) op houten palen zijn gefundeerd geldt dat er sprake is van zeer laag tot laag risico op schade tot 2050 als gevolg van klimaatverandering.

De zeer lage tot lage risico's zijn met name aanwezig in het centrum van Grou. Hier staat het merendeel van de woningen op houten palen. Daarnaast is er een risico aanwezig in de dorpen en wijken in Grou, Jirnsum, Wergea, Warten, Schepenbuut (Leeuwarden) en de Zeeheldenbuurt (Leeuwarden). Deze overige wijken en dorpen bevatten minder dan 10% woningen die op houten palen zijn gefundeerd. Het risico op schade door droogte aan woningen op houten palen is in Grou, Jirnsum, Wergea, Warten, Schepenbuut (Leeuwarden) en de Zeeheldenbuurt (Leeuwarden) geclassificeerd als laag risico (risicoklasse 2). De wijken Nijlân, Schieringen en het zuidelijk deel van Stiens hebben een zeer laag risico (risicoklasse 1) op schade door droogte aan houten palen.

Dat in Leeuwarden een (zeer) laag risico is op schade door droogte aan woningen op houten palen komt overeen met de ervaringen uit de extreem droge zomer in 2018. De gemeente ontving in deze zomer slechts een handvol meldingen over schade aan woningen, waar een relatie met droogte vermoed wordt.

Er zijn 3 wijken met risico categorie 1 of 1*. In deze wijken staan naar schatting circa 1.600 woningen op houten palen. Ook zijn er 7 wijken met risico klasse 2 of 2*. In deze wijken staan naar schatting circa 1.000 woningen op houten palen. In totaal lopen in deze wijken staan naar schatting 2.600 woningen op houten palen een zeer laag tot laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering.

<u>Woningen op staal</u>

De risico's en effecten van droogte op woningen die op staal zijn gefundeerd worden bepaald door:

- de methode van bouwrijp maken;
- de daling van het maaiveld als gevolg van klimaatverandering.

Voor woningen die zijn gefundeerd op staal is sprake van een zeer laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering. Hogere risicoklassen komen niet voor. De wijken met een zeer laag risico zijn overwegend in het midden van de stad Leeuwarden en in de omliggende dorpen te vinden. In de buitenste wijken van Leeuwarden is het risico niet aanwezig, omdat woningen hier niet op staal zijn gefundeerd.

Dat in Leeuwarden een zeer laag risico is op schade door droogte aan woningen op staal komt overeen met de ervaringen uit de extreem droge zomer in 2018. De gemeente ontving in deze zomer slechts een handvol meldingen over schade aan woningen, waar een relatie met droogte vermoed wordt.

In de gemeente Leeuwarden zijn 42 wijken met risico categorie 1 . Ook zijn er 25 wijken die vallen in risico categorie 1*. In deze wijken staan in totaal naar schatting circa 28.000 woningen die op staal zijn gefundeerd. Deze woningen op staal lopen een zeer laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050.

Infrastructuur

De risico's en effecten van droogte op infrastructuur worden bepaald door:

- de methode van bouwrijp maken;
- de daling van het maaiveld als gevolg van klimaatverandering.

Voor de infrastructuur in de gemeente Leeuwarden geldt dat er sprake is van een zeer laag risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050. De verwachtte extra maaivelddalingen tot 2050 zijn te gering om schade aan infrastructuur te verrichten. Dit geldt voor alle bebouwde kernen en wijken in de gemeente Leeuwarden.

Dat in Leeuwarden een zeer laag risico is op schade door droogte aan infrastructuur komt overeen met de ervaringen uit de extreem droge zomer in 2018. De gemeente heeft uit deze zomer slechts een handvol ervaringen over schade aan infrastructuur, waar een relatie met droogte vermoed wordt (scheurvorming in wegverharding, wortelopdruk en zetting). Dit heeft echter niet geleid tot grootschalige schade. Uit de periodieke inspecties is niet gebleken dat er een duidelijke verslechtering was in de onderhoudstoestand ten opzichte van andere jaren.

Groen

De risico's en effecten van droogte op groen worden bepaald door:

- de leeftijd van een boom;
- de conditie van een boom;
- de toename van fluctuatie tussen hoge en lage grondwaterstanden.

Voor het groen (bomen) in de gemeente Leeuwarden geldt dat er sprake is van een zeer laag tot enig risico op schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050. De toename van fluctuatie tussen de hoge en lage grondwaterstanden zal tot geringe schade leiden.

In de gemeente Leeuwarden zijn circa 17.000 bomen van het bomenbestand met bijna 46.000 bomen geclassificeerd als 'zeer laag risico' (risicoklasse 1). Ruim 21.000 bomen zijn geclassificeerd als 'laag risico' (risicoklasse 2). 777 bomen zijn geclassificeerd als risicoklasse 3, 'enig risico'. Van bijna 7.000 bomen was de boomconditie onbekend en kon de matrix niet doorlopen worden.

Indicatie van de verwachte kosten

De kosten van droogteschade door klimaatverandering zijn bepaald op basis van ervaringscijfers van de gemeente Leeuwarden en algemene cijfers uit het land. Door de kosten te combineren met de mate van risico, zijn indicatief de kosten in de gemeente Leeuwarden bepaald. Bij woningen is rekening gehouden met het aantal woningen per funderingswijze en risicoklasse. Bij groen is rekening gehouden met het aantal bomen en risicoklasse. Het resultaat is de op dit moment best mogelijke inschatting van de risico's en kosten.

De potentiële schadepost voor woningen is geschat op circa € 2,9 miljoen voor woningen met fundering op houten palen. Voor woningen met een fundering op staal is de potentiële schadepost geschat op circa € 7,0 miljoen. Dit betekent dat de oorspronkelijke schatting van de potentiële schade van de Klimaatschadeschatter [9] van € 123 miljoen à € 665 miljoen is terug gebracht naar circa € 10 miljoen.

Voor infrastructuur is de potentiële schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050 ingeschat op circa € 75.000 eens per 15 jaar, waar de Klimaatschadeschatter een schade van circa € 100 miljoen in schat.

Voor groen is de potentiële schade door droogte als gevolg van klimaatverandering tot 2050 ingeschat op circa € 353.000 eens per 15 jaar. In dit bedrag is € 83.000 toe te kennen aan toename aan beheerkosten. De herplant van bomen die als enig risicovol zijn beoordeeld, wordt geschat op circa € 195.000. De herplant van jonge bomen wordt geschat op circa € 75.000. De potentiële schade wordt in deze studie terug gebracht van € 1 miljoen in de Klimaatschadeschatter, naar € 83.000. De potentiële schade in de vorm van herplant van bomen is namelijk niet meegenomen in de Klimaatschadeschatter.

Indicatie verwachte kosten ten opzichte van ervaring in 2018

Ter vergelijking, in de extreem droge zomer van 2018 werden 3 concrete gevallen van bouwkundige schade aan bouwwerken gemeld bij de gemeente. Gezien het beperkt aantal meldingen in 2018, kan de schade door droogte aan gebouwen dus lager zijn dan de bovenstaande schatting van € 10 miljoen. De inschatting van de potentiële schadepost voor infrastructuur komt ruwweg overeen met de ervaring uit de extreem droge zomer van 2018. Van extra beheerkosten of kosten voor herplant zijn uit 2018 geen gegevens beschikbaar.

9.2. Aanbevelingen

Naar aanleiding van de resultaten van deze studie naar de gevolgen van droogte door klimaatverandering tot 2050, bevelen we het volgende aan:

- Communicatieplan.
  Het is belangrijk om de resultaten van deze studie naar de effecten van droogte zorgvuldig te communiceren naar bewoners. We adviseren u hiervoor een communicatieplan op te stellen.
- Uitbreiding van het grondwatermeetnet in de dorpen in het westen van Leeuwarden.
  We adviseren het huidige grondwatermeetnet uit te breiden met peilbuizen in de dorpen met enige omvang in het westen van Leeuwarden. Hiermee kan in de toekomst ook inzicht verkregen worden in de effecten van droogte in dit deel van de gemeente en in de veranderingen in de grondwaterstanden. Daarnaast zijn de te verzamelen grondwaterstanden natuurlijk input voor velerlei doelen, bijvoorbeeld het toetsen van klachten over grondwateroverlast of -onderlast, het uitvoeren van bemalings-berekeningen of input voor in-/uitbreidingslocaties.
- Pilotstudie om risico's en effecten van droogte beter in beeld te brengen.
  Wij adviseren om bij de thema's groen en woningen enkele pilots te starten om de effecten van droogte beter in kaart te brengen. Bijvoorbeeld door grondwaterstanden te meten bij gevoelige en waardevolle bomen, woningen waar een reëel risico bestaat op schade door droogte of de invloed van bomen op de grondwaterstand in de omgeving. Door een raai van peilbuizen in een pilot op te nemen, worden de effecten ook ruimtelijk in beeld gebracht.
- Uitbreiden bestaande loket(ten) om schade te melden en informatie in te winnen.
  We adviseren om bestaande loket(ten) (bijvoorbeeld omgevingsloket, bodemloket, funderingsloket of en loket van de veenweideorganisatie) zo in te richten dat bewoners van de gemeente hier ook betrouwbare informatie kunnen krijgen over effecten van droogte, funderingsonderzoek en (indien beschikbaar) subsidieregelingen. Door bij dit loket ook de mogelijkheid aan bewoners te geven om schade te melden, houdt u overzicht van klachten en informatiebehoefte van bewoners. We adviseren u te monitoren welke/hoeveel schademeldingen binnen komen bij de verschillende loketten.
- Volg kennis rondom klimaatontwikkeling.
  Deze risicoanalyse is gedaan met de best beschikbare kennis van nu. Ook rondom klimaatontwikkeling wordt steeds meer onderzoek gedaan en worden voorspellingen geactualiseerd. We adviseren deze ontwikkelingen te volgen en waar nodig de risicoanalyse bij te stellen of opnieuw uit te voeren in het licht van nieuwe kennis.
- Keuze beplanting.
  Wij adviseren in wijken met woningen die gevoelig zijn voor droogte bij reconstructie van wijken of herplant van bomen rekening te houden met de locatie- en soortkeuze van de bomen/beplanting. Wij adviseren om in deze wijken geen beplanting en bomen toe te passen met een grote watervraag. Hiermee worden de risico's voor woningen beperkt. Verder adviseren we geen bomen te plaatsen dicht bij kwetsbare funderingen.

Bijlage 1

Data en deelnemers werksessies

In het kader van deze studie naar de risico's van droogte op woningen, infrastructuur en groen zijn drietal werksessie gehouden. De data en deelnemers (allen van de gemeente Leeuwarden) van deze werksessies zijn hieronder vermeld.

WERKSESSIE WONINGEN

Datum: 23 september 2021

Deelnemers: [redacted]

WERKSESSIE INFRASTRUCTUUR

Datum: 29 september 2021

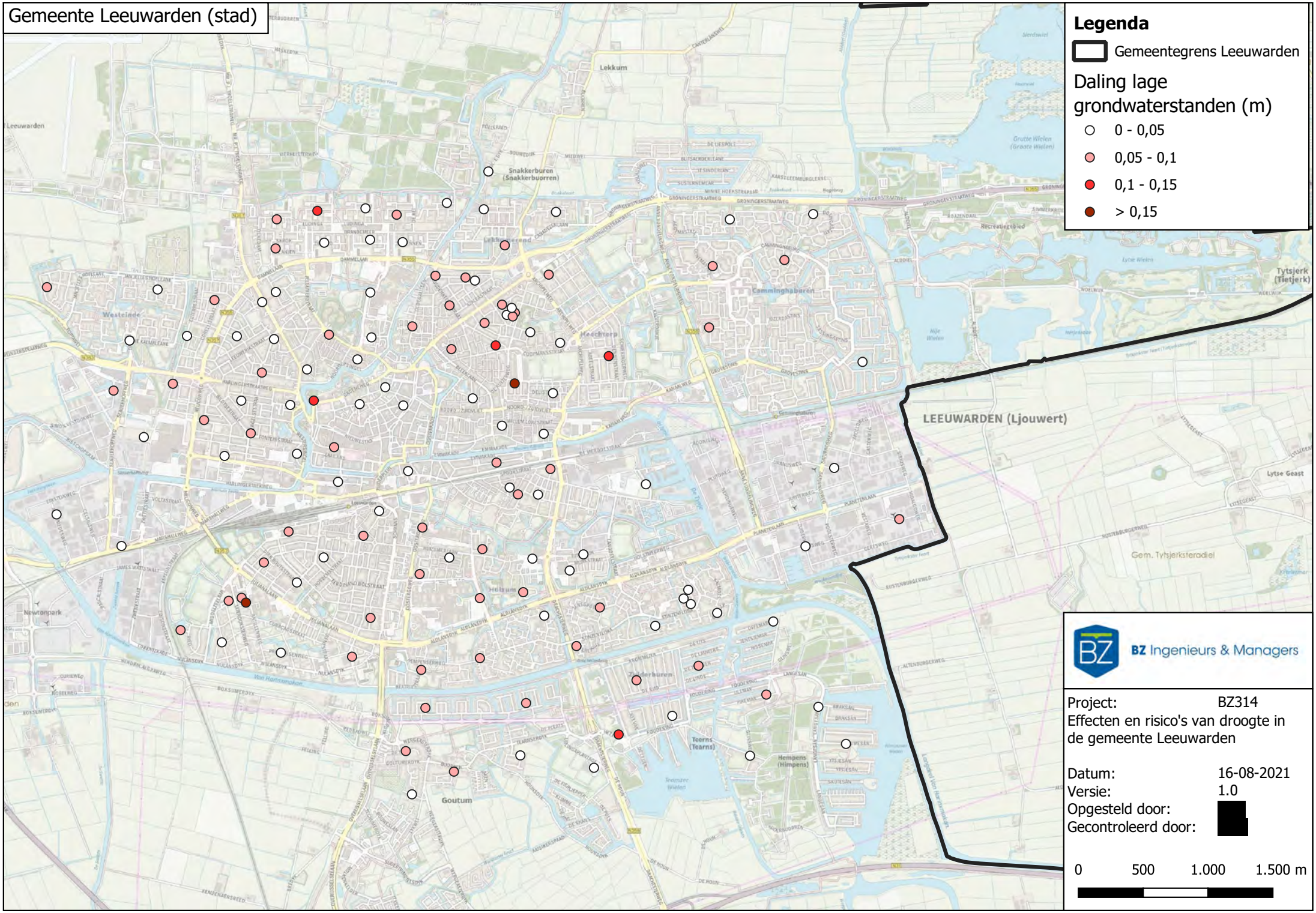
Deelnemers: [redacted]

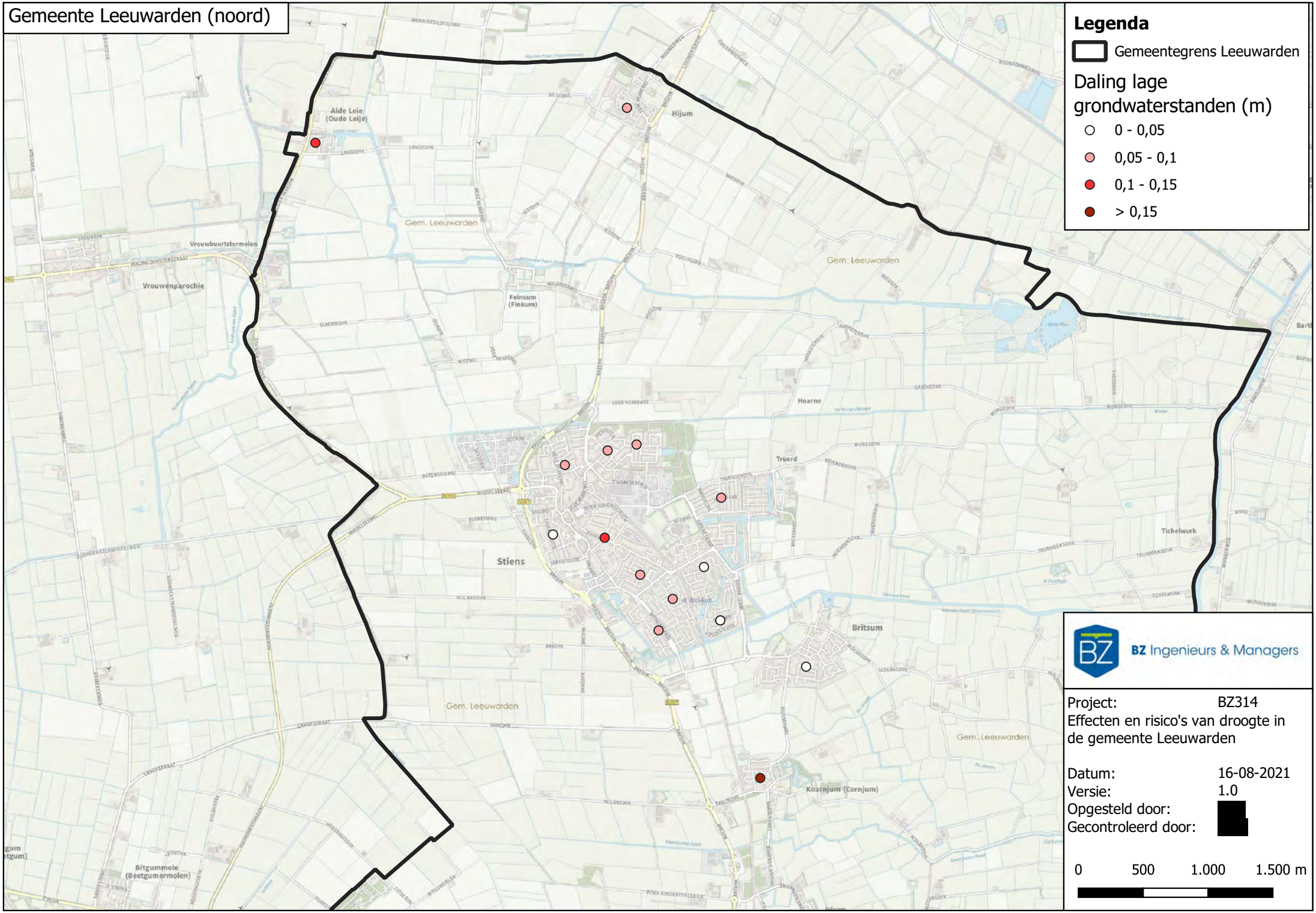
WERKSESSIE GROEN

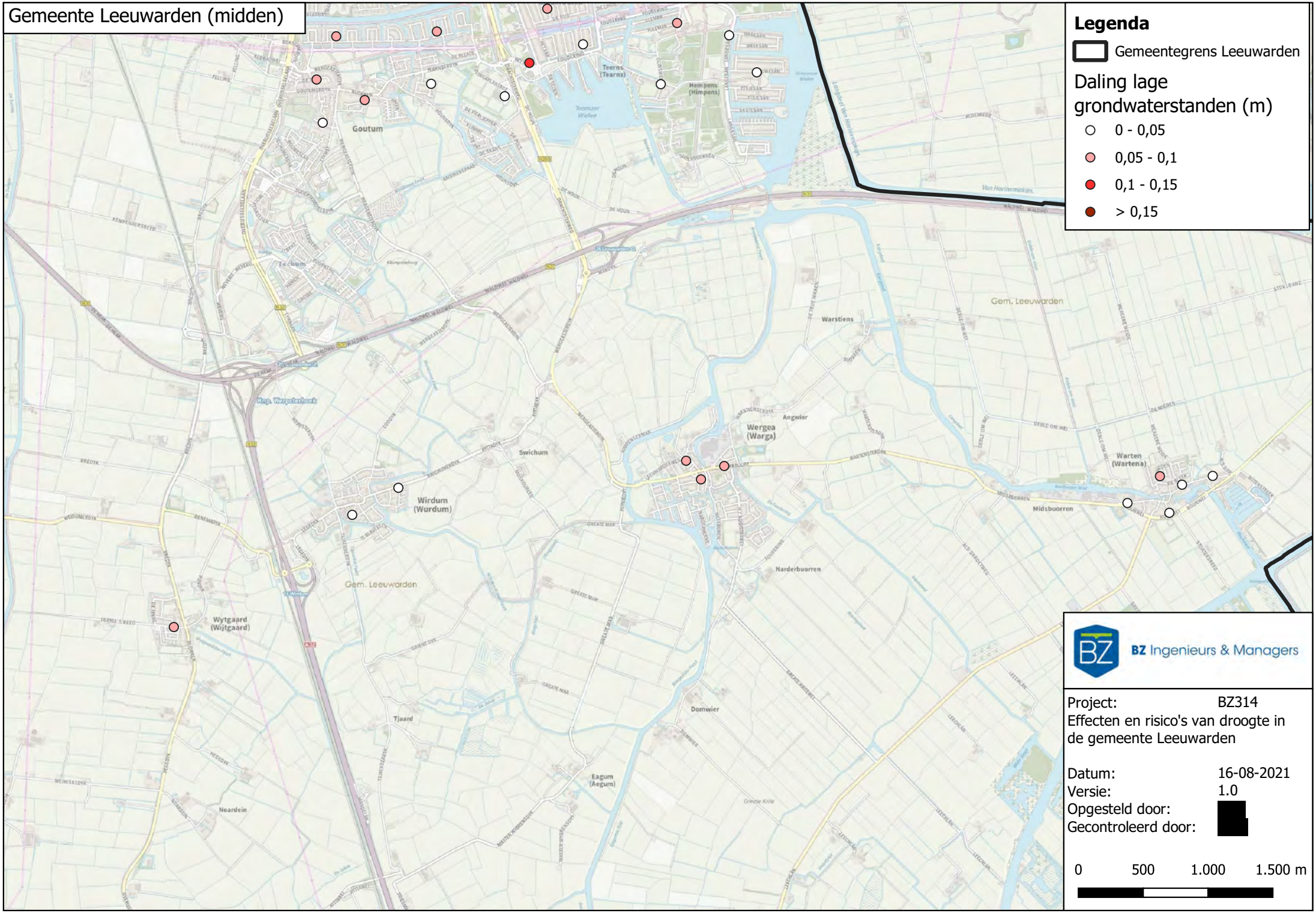
Datum: 14 oktober 2021

Deelnemers: [redacted]

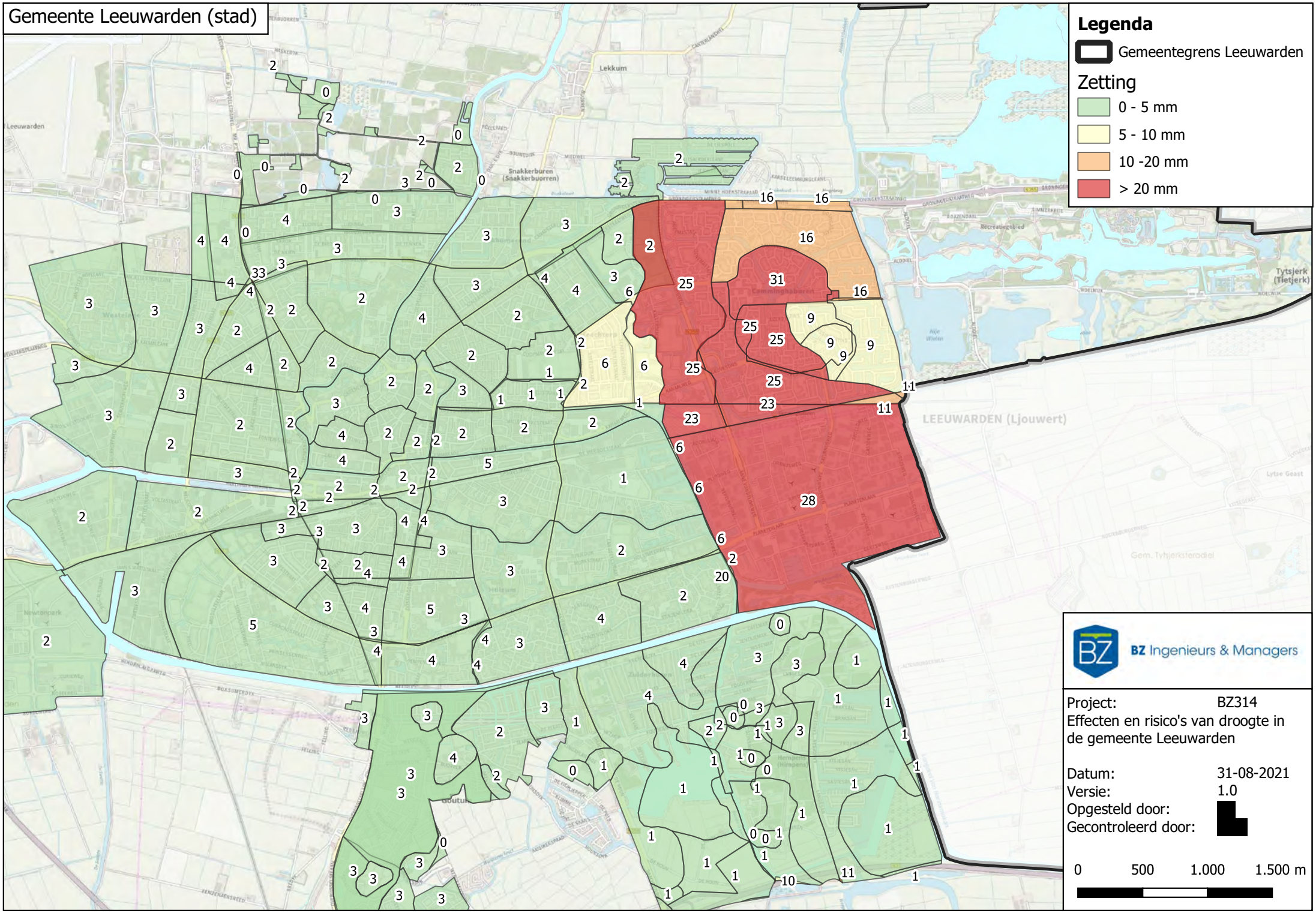
Bijlage 2

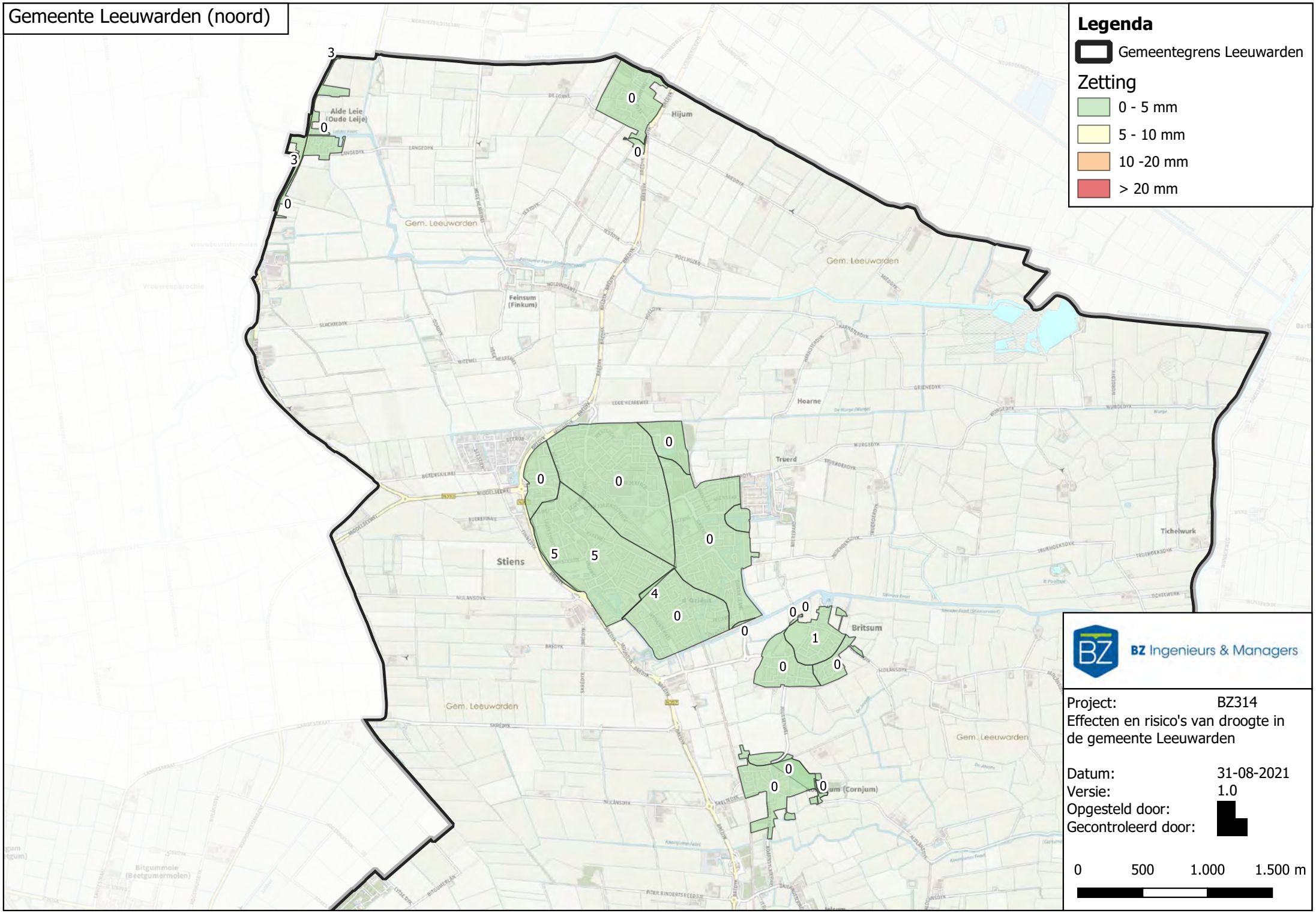

Gemeente Leeuwarden (stad)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Daling lage grondwaterstanden (m)
0 - 0,05
0,05 - 0,1
0,1 - 0,15
> 0,15
LEEUWARDEN (Ljouwert)
Lekkum
Snakkerburen (Snakkerbuorren)
Westeinde
Heechterp
Camminghaburen
Tytsjerk (Tietjerk)
Lytse Geast
Gem. Tytsjerksteradiel
Newtonpark
Goutum
Teerns (Tearns)
Hempens (Himpens)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 16-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

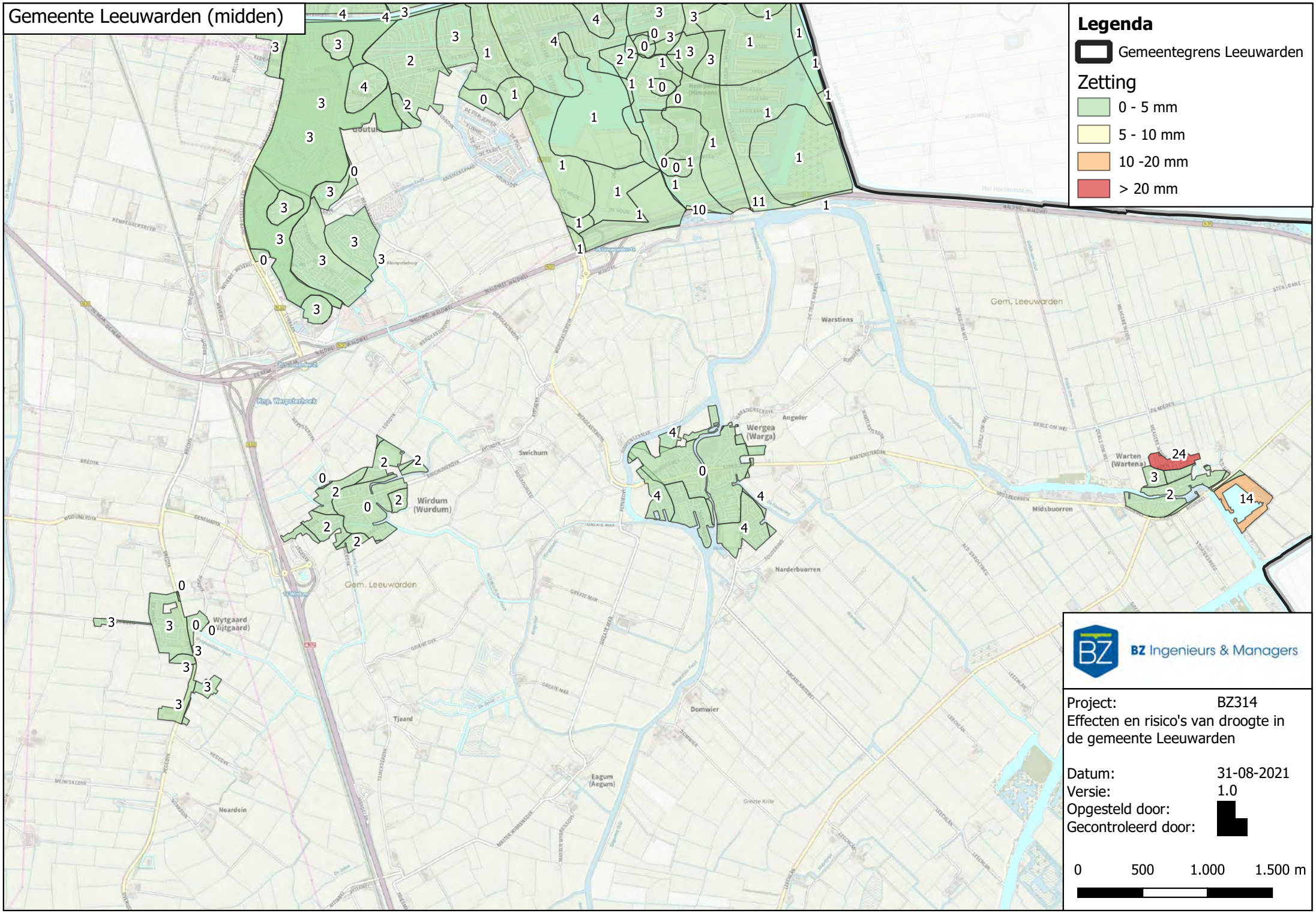

Gemeente Leeuwarden (noord)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Daling lage grondwaterstanden (m)
0 - 0,05
0,05 - 0,1
0,1 - 0,15
> 0,15
Alde Leie (Oude Leije)
Hijum
Gem. Leeuwarden
Vrouwbuurtstermolen
Vrouwenparochie
Feinsum (Finkum)
Hoarne
Truerd
Tichelwurk
Stiens
Britsum
Koarnjum (Cornjum)
Bitgummole (Beetgumermolen)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 16-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

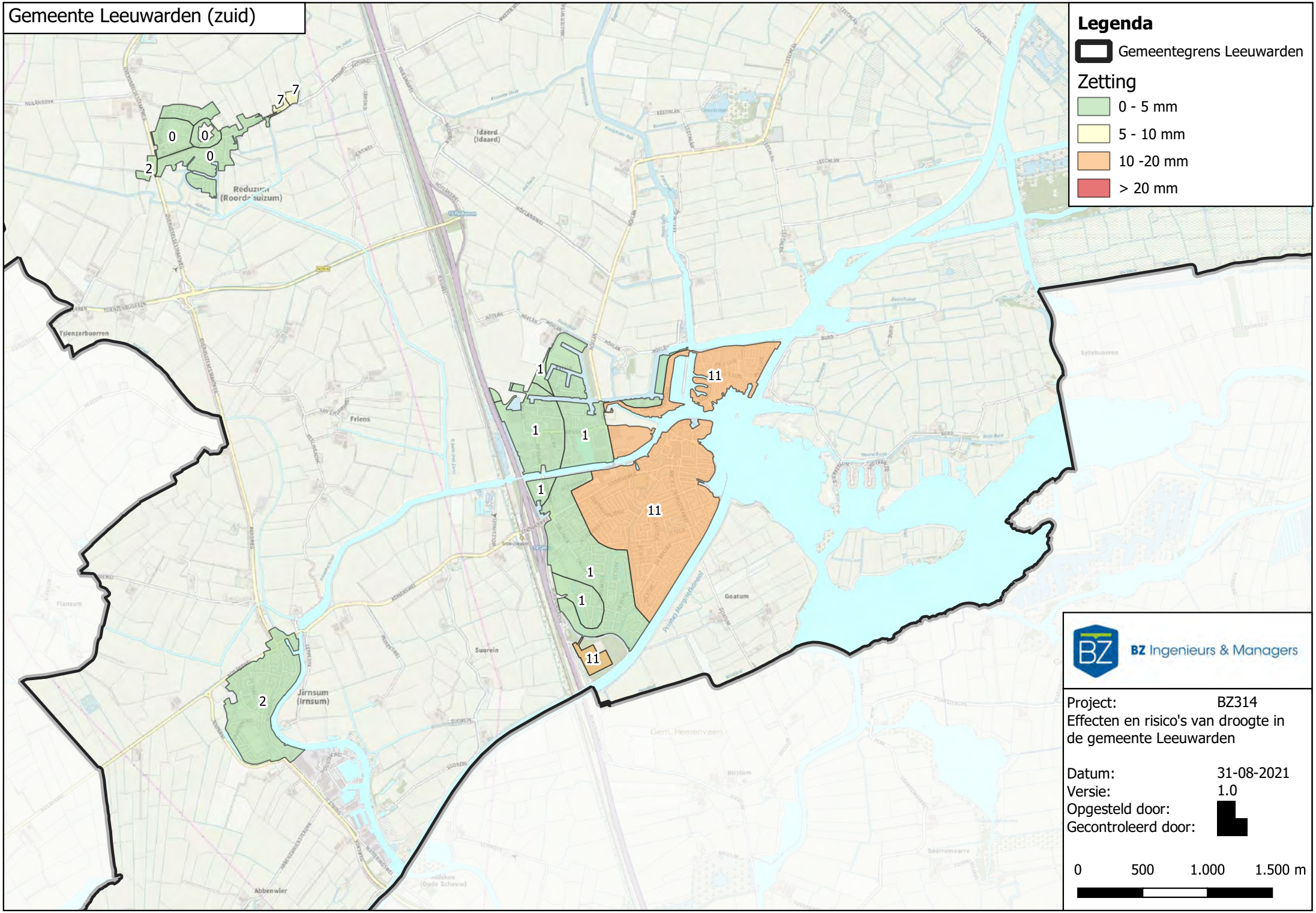

Gemeente Leeuwarden (midden)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Daling lage grondwaterstanden (m)
0 - 0,05
0,05 - 0,1
0,1 - 0,15
> 0,15
Goutum
Teerns (Tearns)
Hempens (Himpens)
Tjerkgaast
Warstiens
Gem. Leeuwarden
Wergea (Warga)
Angwier
Swichum
Wirdum (Wurdum)
Warten (Wartena)
Midsbuorren
Narderbuorren
Wytgaard (Wijtgaard)
Tjaard
Domwier
Eagum (Aegum)
Noardein
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 16-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

Bijlage 3

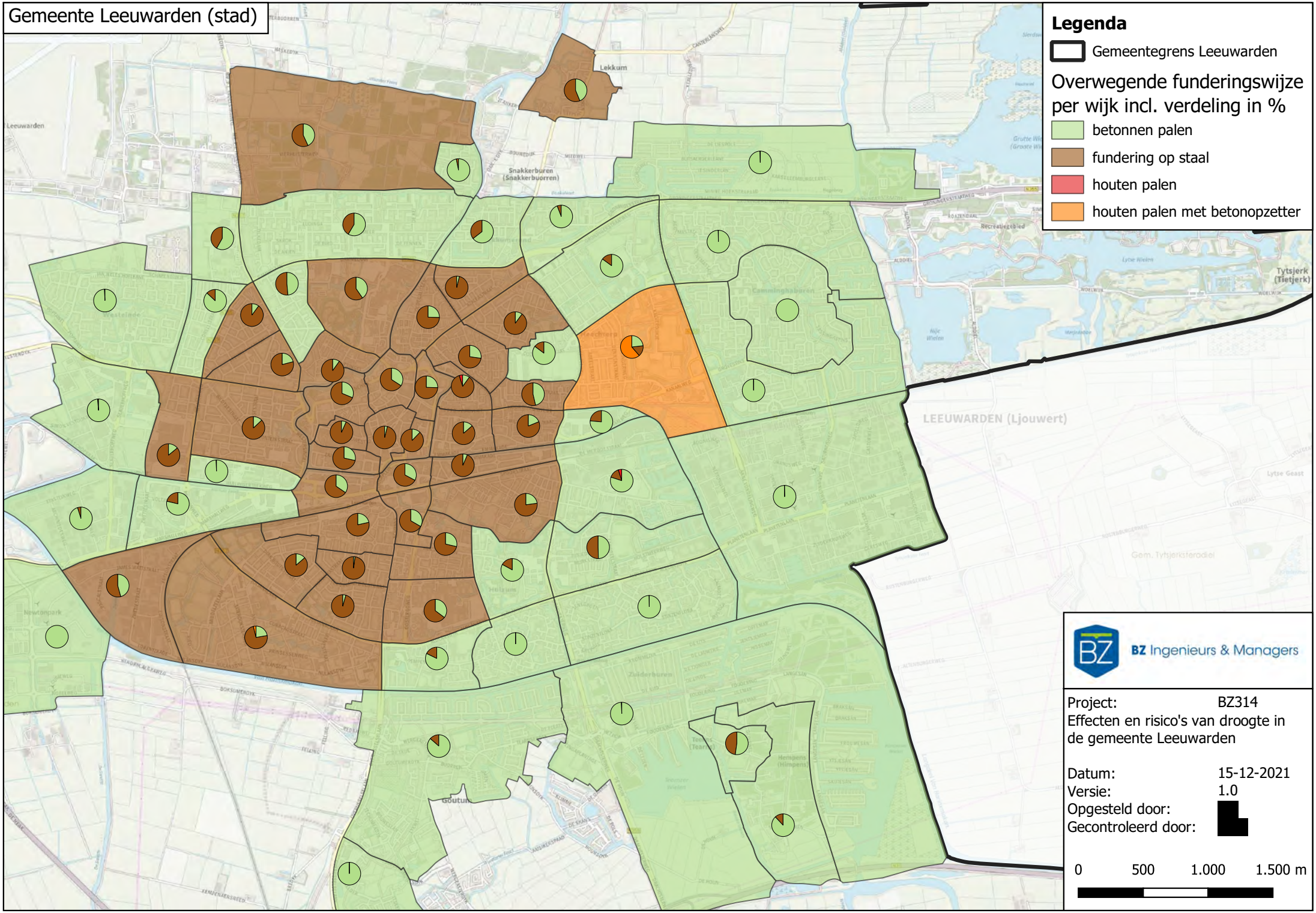

Gemeente Leeuwarden (stad)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Zetting
0 - 5 mm
5 - 10 mm
10 -20 mm
> 20 mm
Lekkum
Snakkerburen (Snakkerburorren)
LEEUWARDEN (Ljouwert)
Tytsjerk (Tietjerk)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 31-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

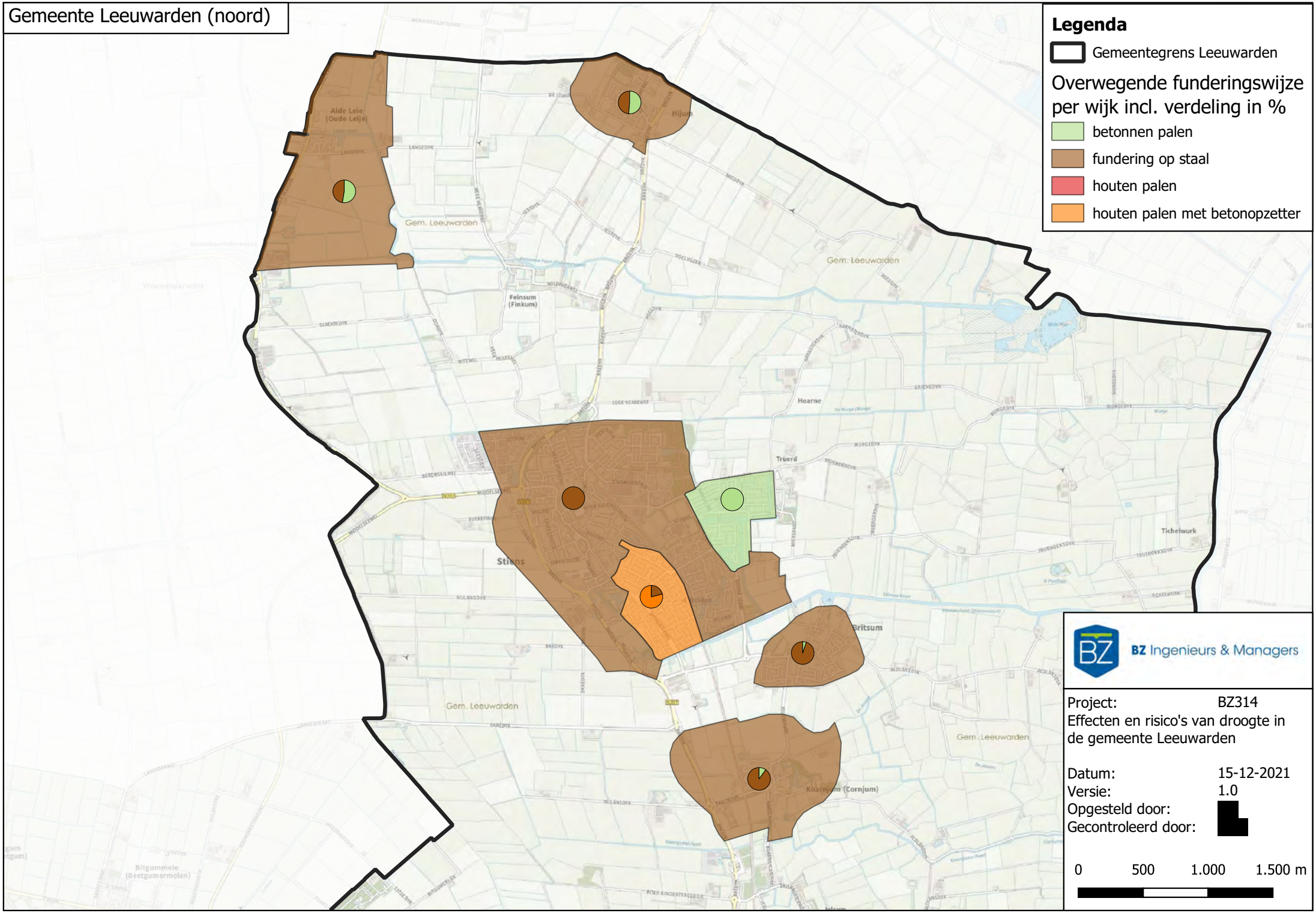

Gemeente Leeuwarden (noord)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Zetting
0 - 5 mm
5 - 10 mm
10 -20 mm
> 20 mm
Alde Leie (Oude Leije)
Hijum
Feinsum (Finkum)
Hoarne
Truerd
Stiens
Britsum
Tichelwurk
Gem. Leeuwarden
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 31-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

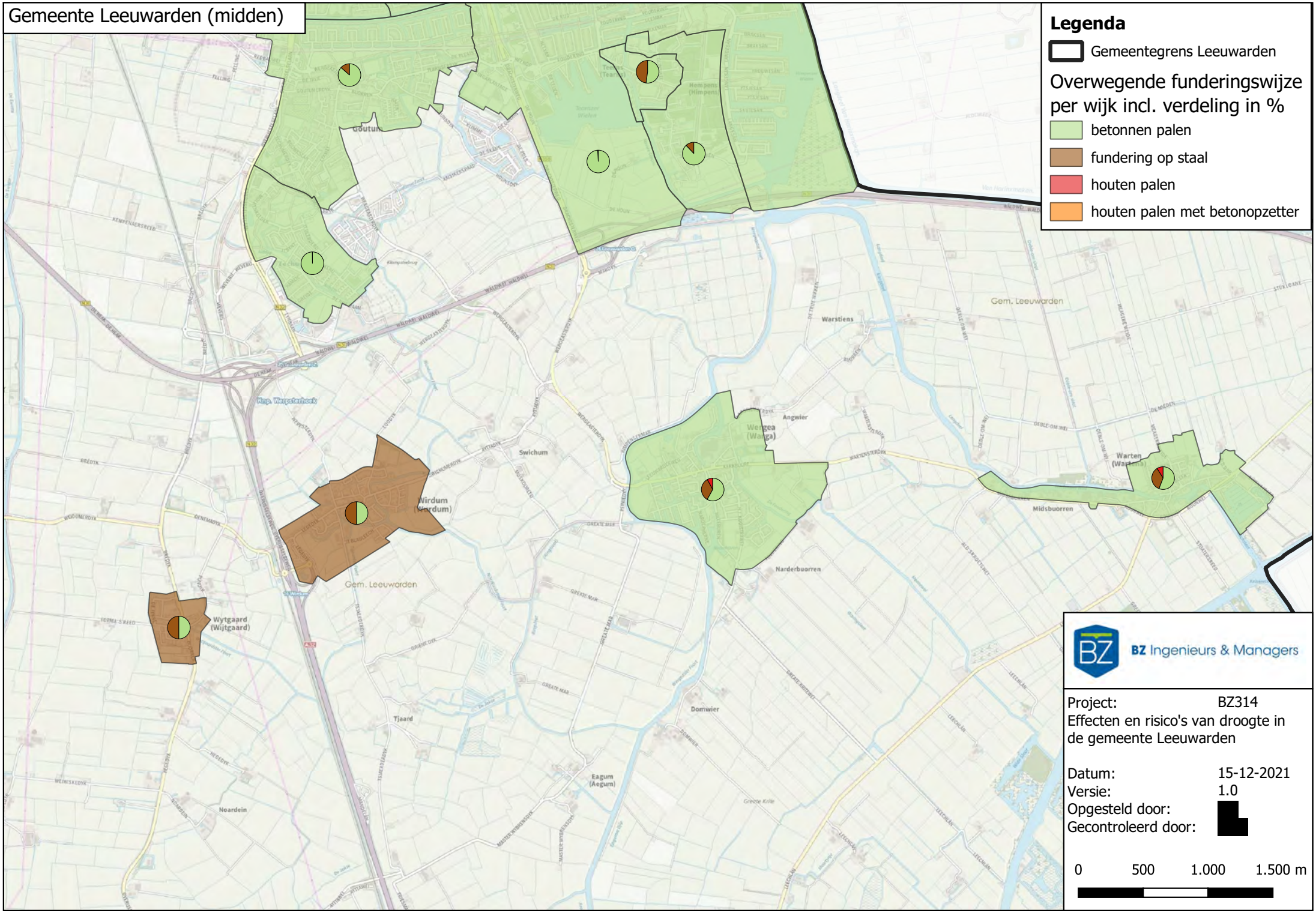

Gemeente Leeuwarden (midden)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Zetting
0 - 5 mm
5 - 10 mm
10 -20 mm
> 20 mm
Gem. Leeuwarden
Warstiens
Wergea (Warga)
Angwier
Swichum
Wirdum (Wurdum)
Warten (Wartena)
Midsbuorren
Narderbuorren
Wytgaard (Wijtgaard)
Tjaard
Domwier
Eagum (Aegum)
Noardein
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 31-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

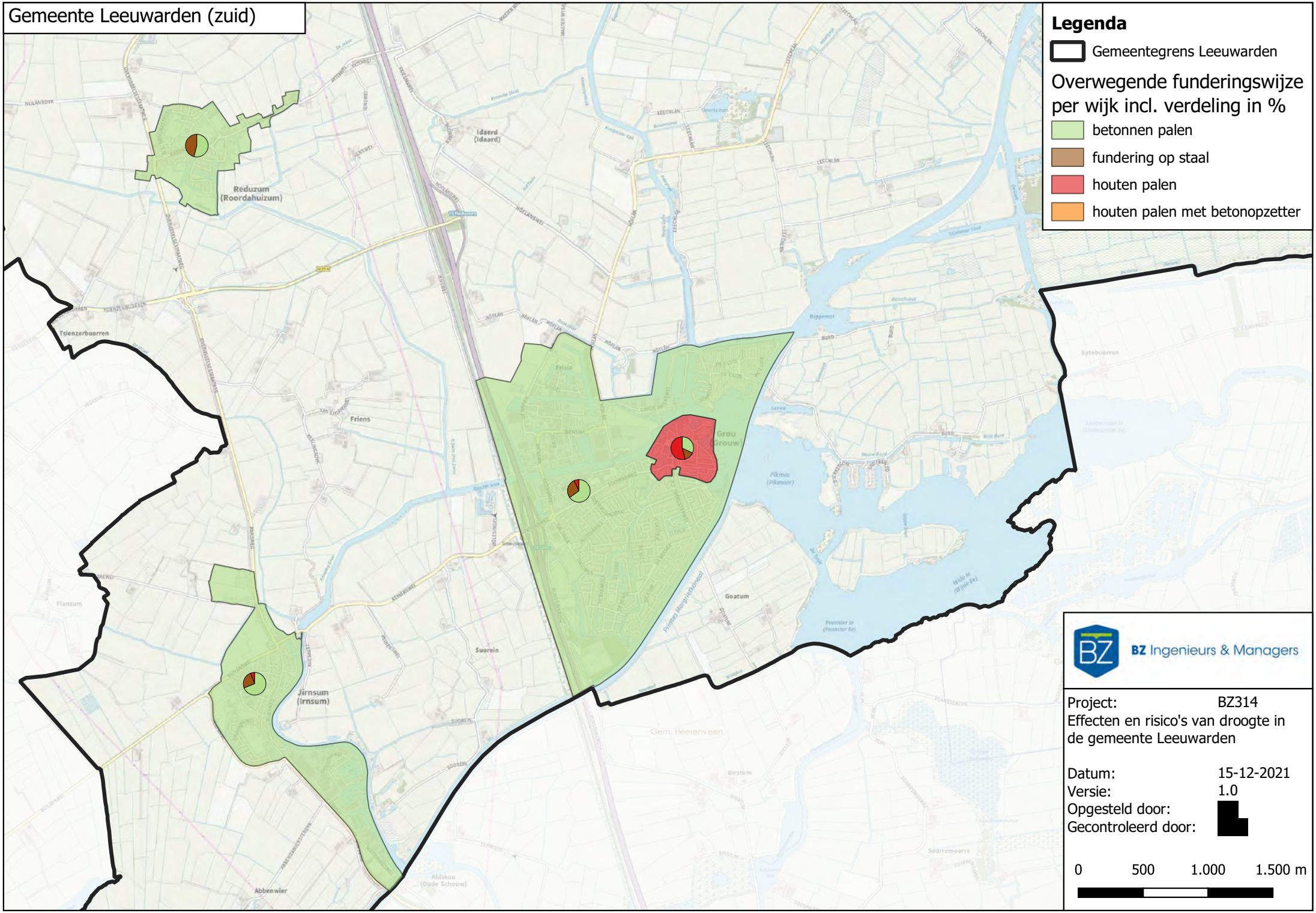

Gemeente Leeuwarden (zuid)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Zetting
0 - 5 mm
5 - 10 mm
10 -20 mm
> 20 mm
Idaerd
(Idaard)
Tsienzerbuorren
Friens
Suorein
Jirnsum
(Irnsum)
Goatum
Abbenwier
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 31-08-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

Bijlage 4

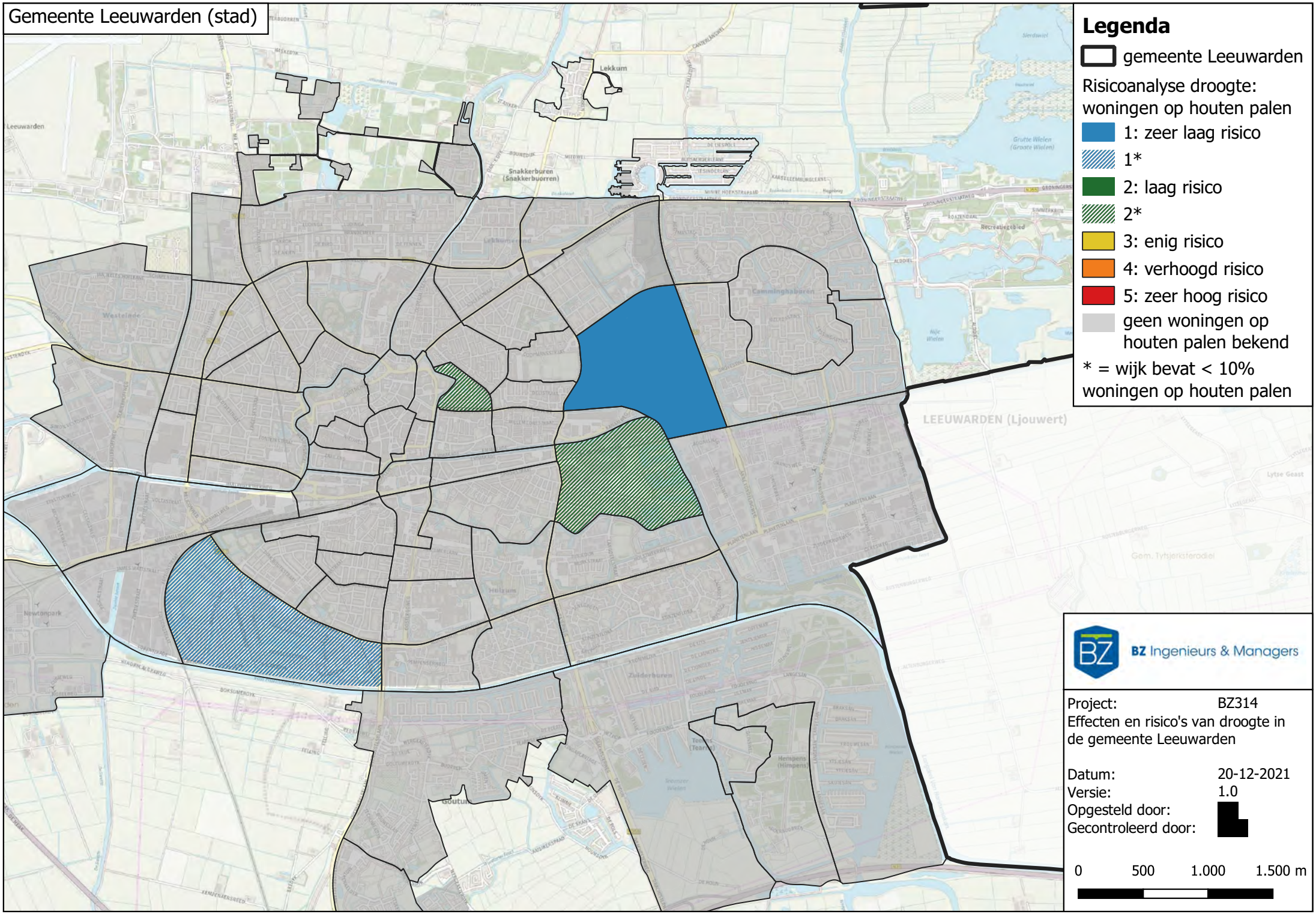

Gemeente Leeuwarden (stad)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Overwegende funderingswijze per wijk incl. verdeling in %
betonnen palen
fundering op staal
houten palen
houten palen met betonopzetter
Lekkum
Snakkerburen (Snakkerbuorren)
Leeuwarden
Cammingaburen
LEEUWARDEN (Ljouwert)
Tytsjerk (Tietjerk)
Goutum
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 15-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

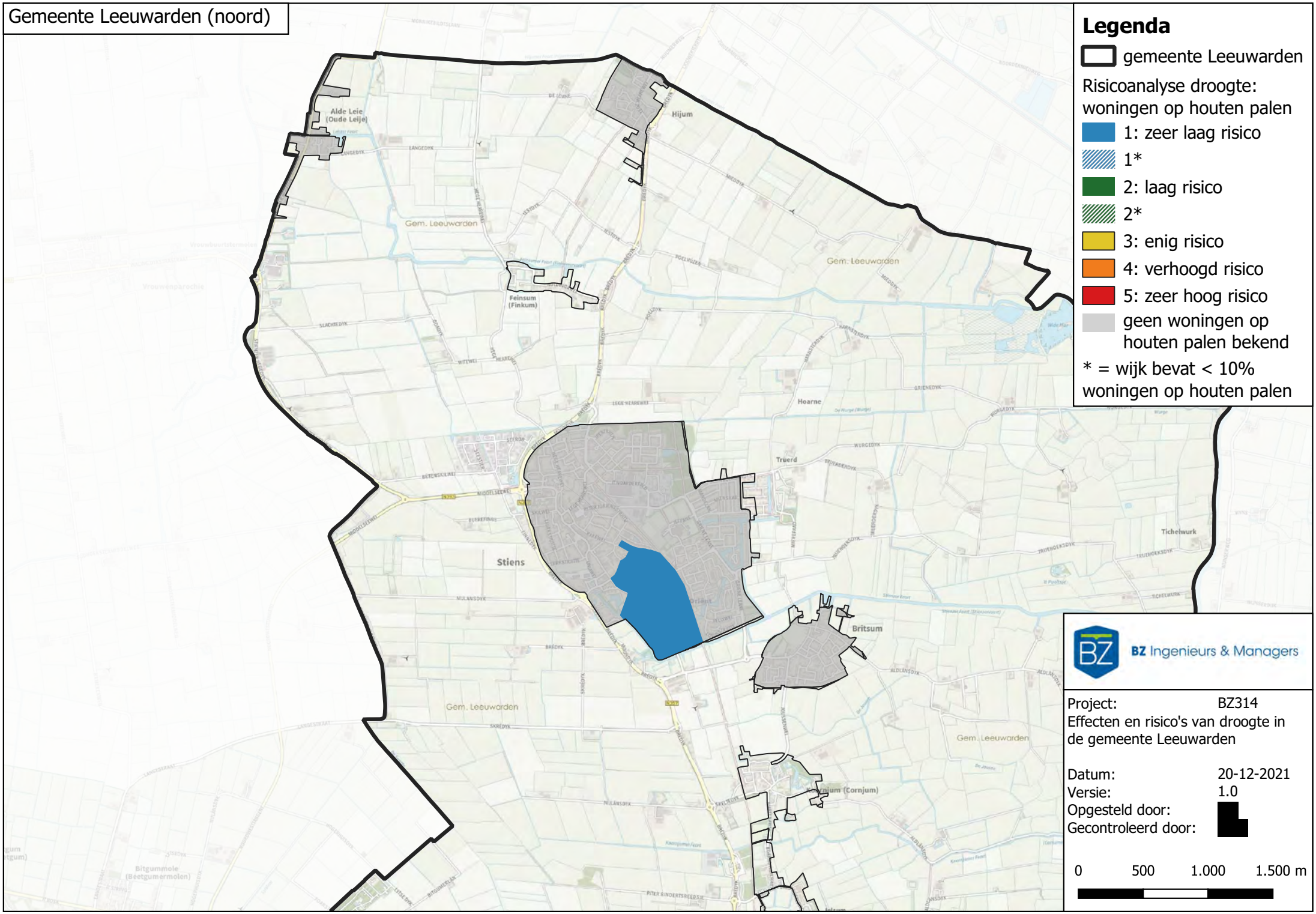

Gemeente Leeuwarden (noord)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Overwegende funderingswijze per wijk incl. verdeling in %
betonnen palen
fundering op staal
houten palen
houten palen met betonopzetter
Alde Leie (Oude Leije)
Hijum
Gem. Leeuwarden
Feinsum (Finkum)
Hoarne
Truerd
Tichelwurk
Stiens
Britsum
Koarnjum (Cornjum)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 15-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

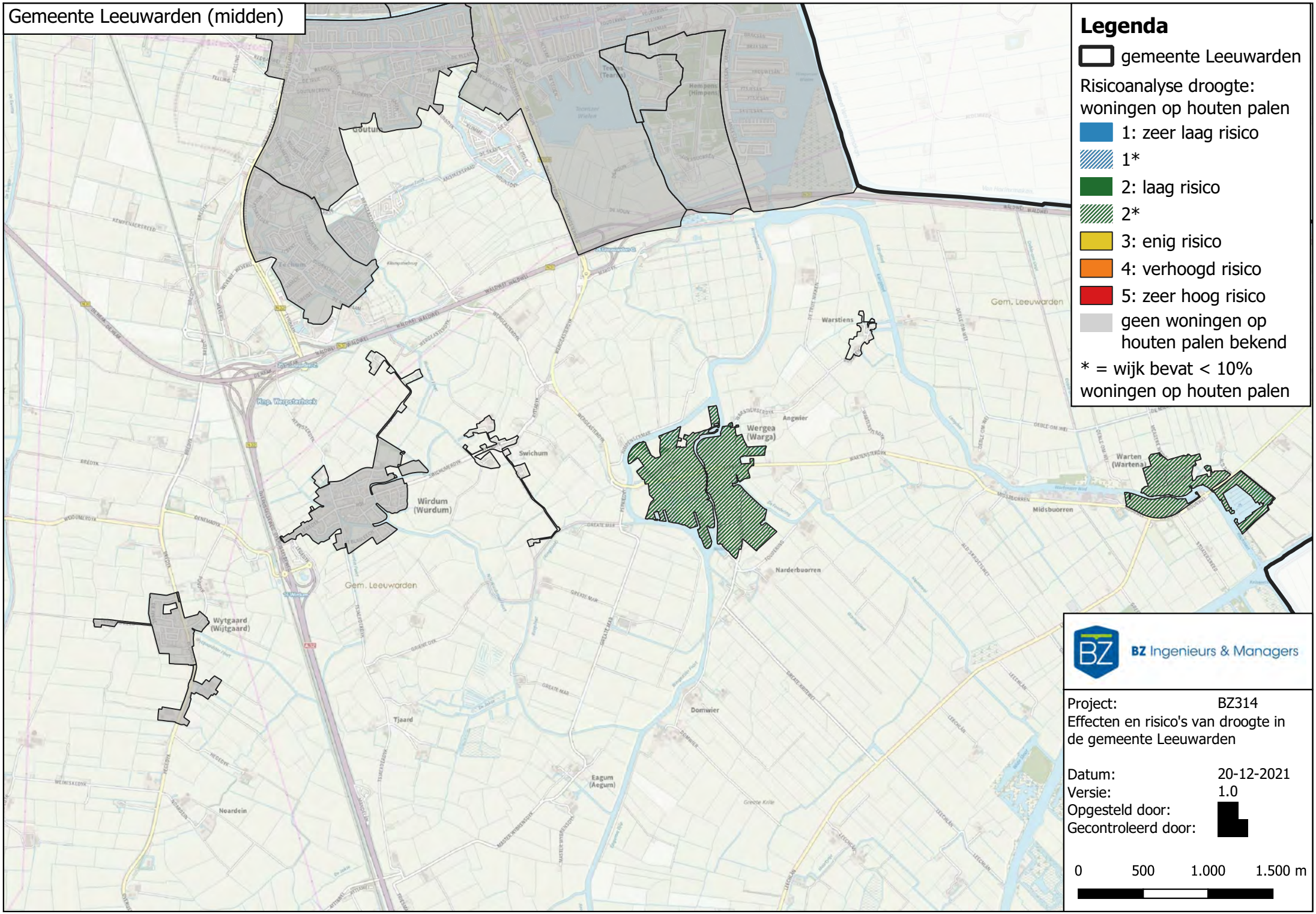

Gemeente Leeuwarden (midden)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Overwegende funderingswijze per wijk incl. verdeling in %
betonnen palen
fundering op staal
houten palen
houten palen met betonopzetter
Gem. Leeuwarden
Warstiens
Angwier
Swichum
Wirdum (Wirdum)
Narderbuorren
Midsbuorren
Wytgaard (Wijtgaard)
Tjaard
Domwier
Eagum (Aegum)
Noardein
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 15-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

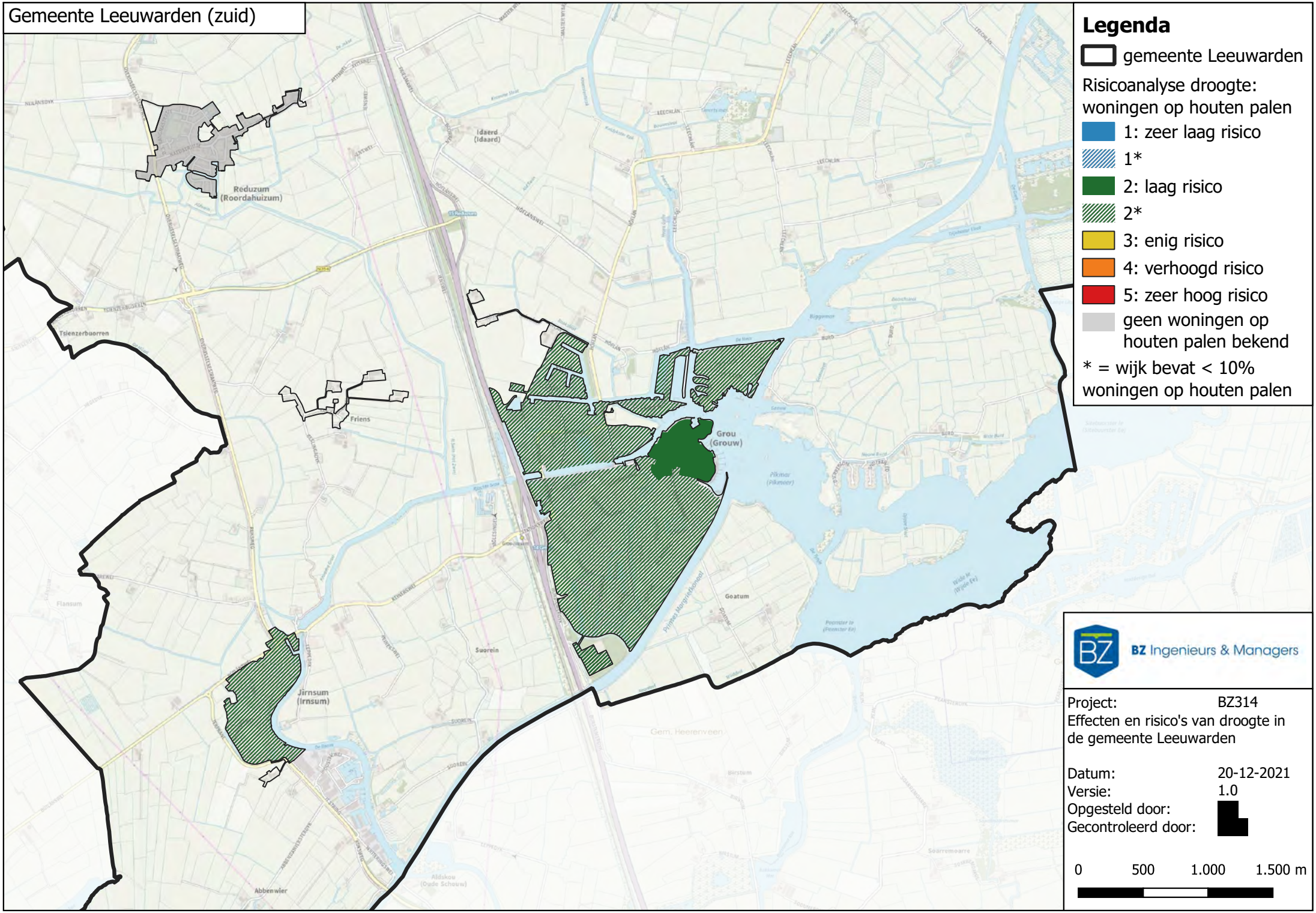

Gemeente Leeuwarden (zuid)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Overwegende funderingswijze per wijk incl. verdeling in %
betonnen palen
fundering op staal
houten palen
houten palen met betonopzetter
Idaerd (Idaard)
Reduzum (Roordahuizum)
Tsienzerbuorren
Friens
Grou (Grouw)
Suorein
Jirnsum (Irnsum)
Goatum
Abbenwier
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 15-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

Bijlage 5

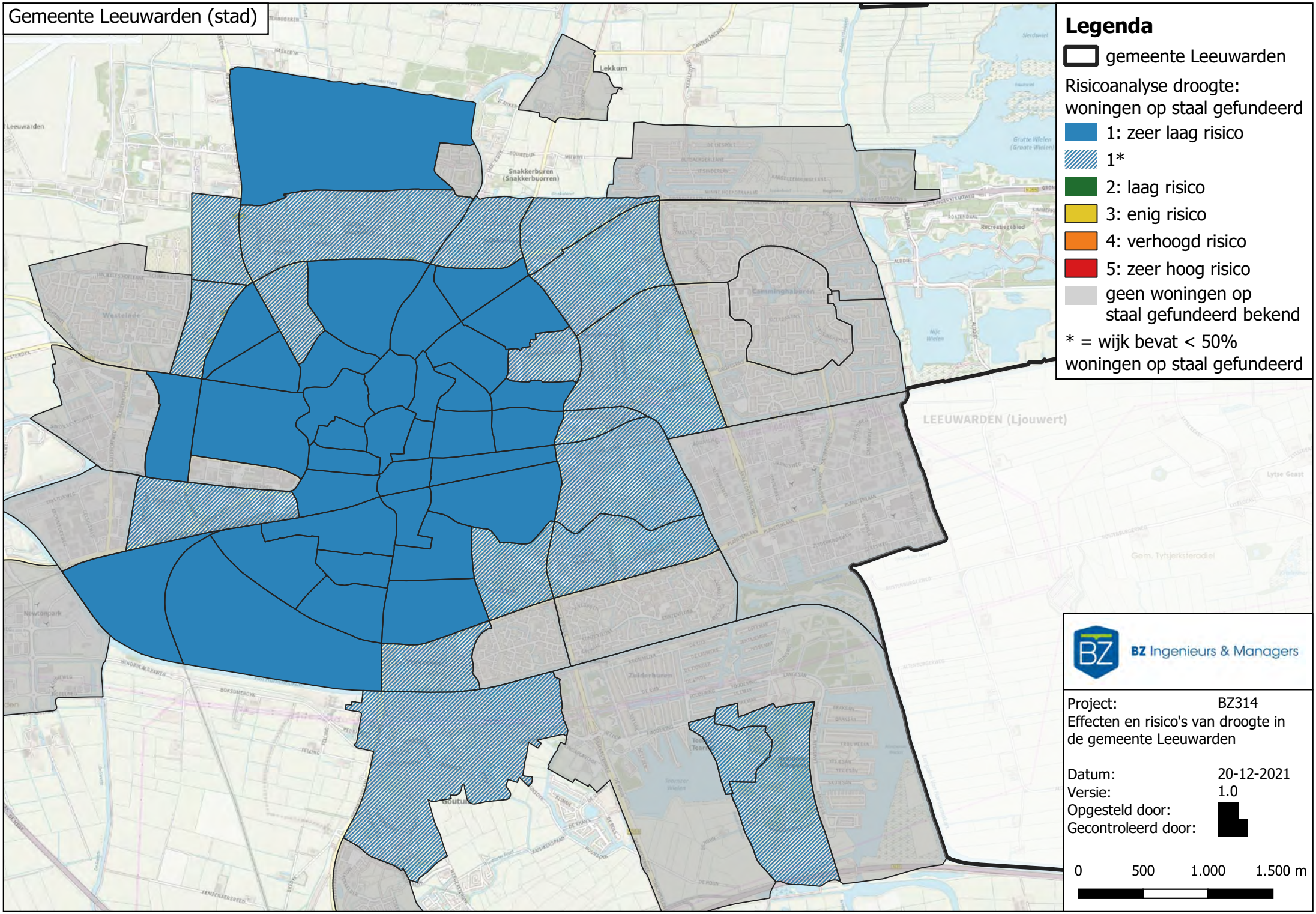

Gemeente Leeuwarden (stad)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op houten palen
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
2*
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op houten palen bekend
* = wijk bevat < 10% woningen op houten palen
LEEUWARDEN (Ljouwert)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

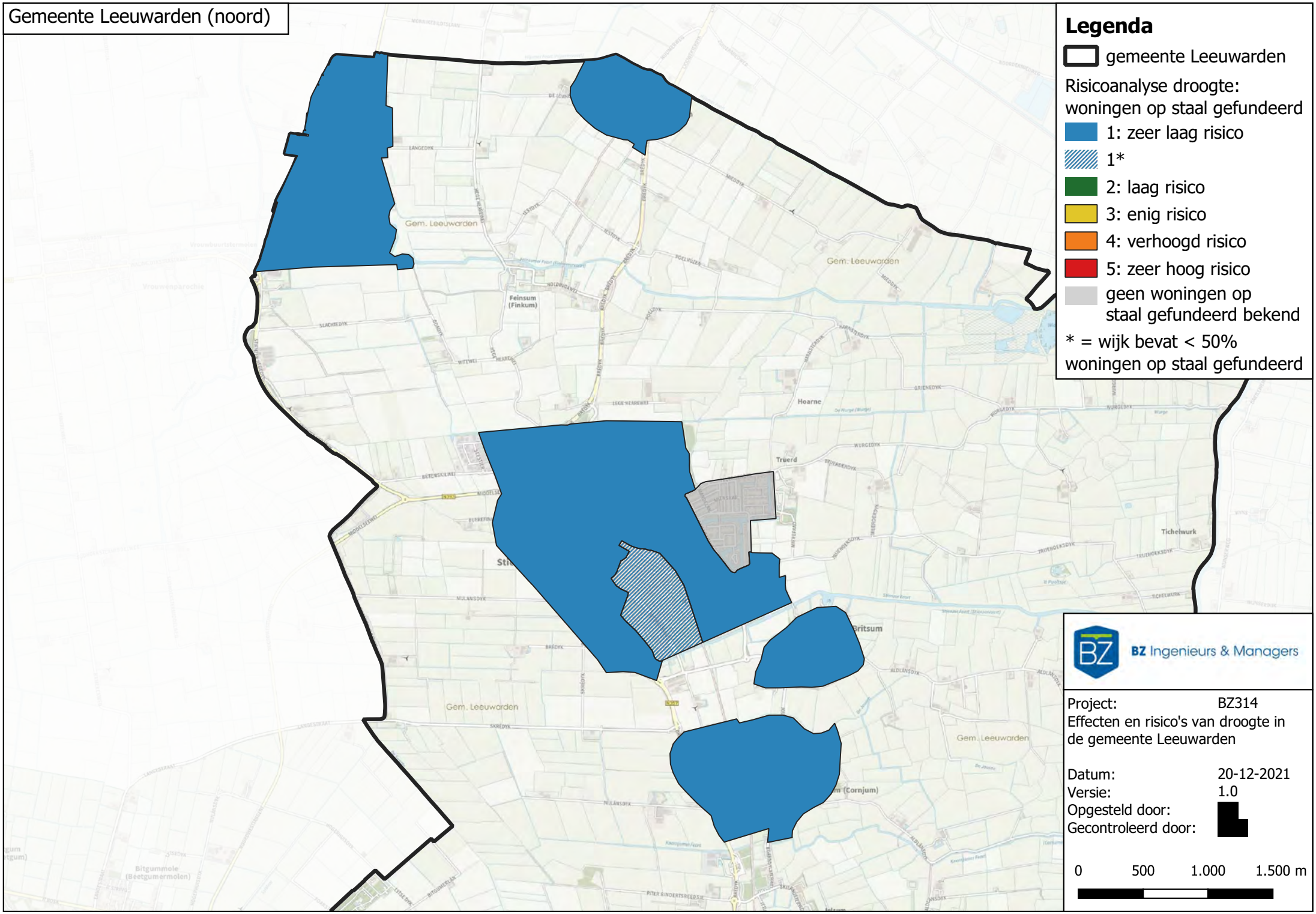

Gemeente Leeuwarden (noord)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op houten palen
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
2*
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op houten palen bekend
* = wijk bevat < 10% woningen op houten palen
Alde Leie (Oude Leije)
Hijum
Feinsum (Finkum)
Gem. Leeuwarden
Hoarne
Truerd
Stiens
Britsum
Tichelwurk
Cornjum (Cornjum)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

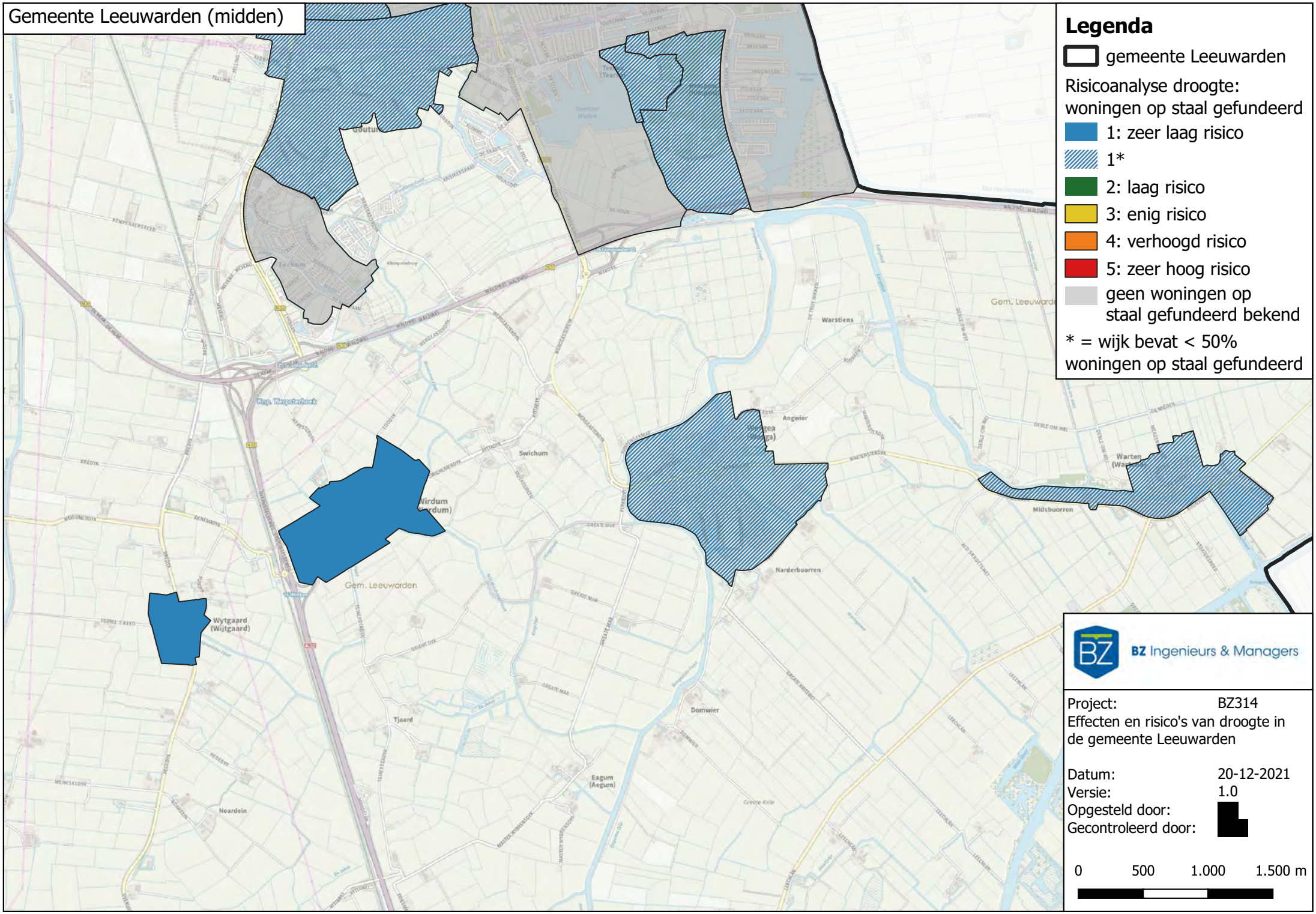

Gemeente Leeuwarden (midden)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op houten palen
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
2*
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op houten palen bekend
* = wijk bevat < 10% woningen op houten palen
Gem. Leeuwarden
Wirdum (Wurdum)
Swichum
Wergea (Warga)
Angwier
Warstiens
Warten (Wartena)
Midsbuorren
Narderbuorren
Wytgaard (Wijtgaard)
Tjaard
Domwier
Eagum (Aegum)
Noardein
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

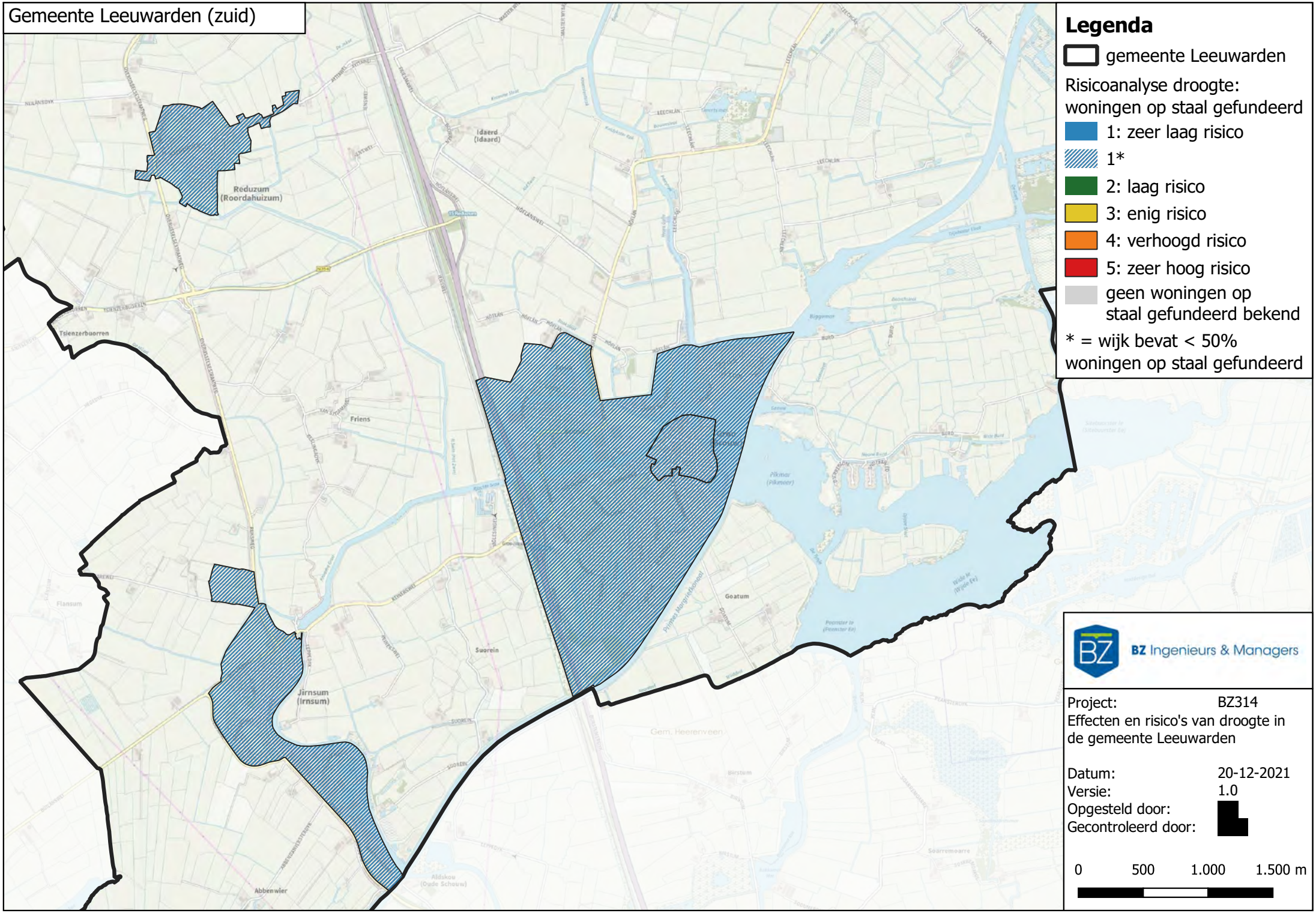

Gemeente Leeuwarden (zuid)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte: woningen op houten palen
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
2*
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op houten palen bekend
* = wijk bevat < 10% woningen op houten palen
Idaard (Idaard)
Readzum (Roordahuizum)
Tsienzerbuorren
Friens
Grou (Grouw)
Goatum
Suorein
Jirnsum (Irnsum)
Abbenwier
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

Bijlage 6

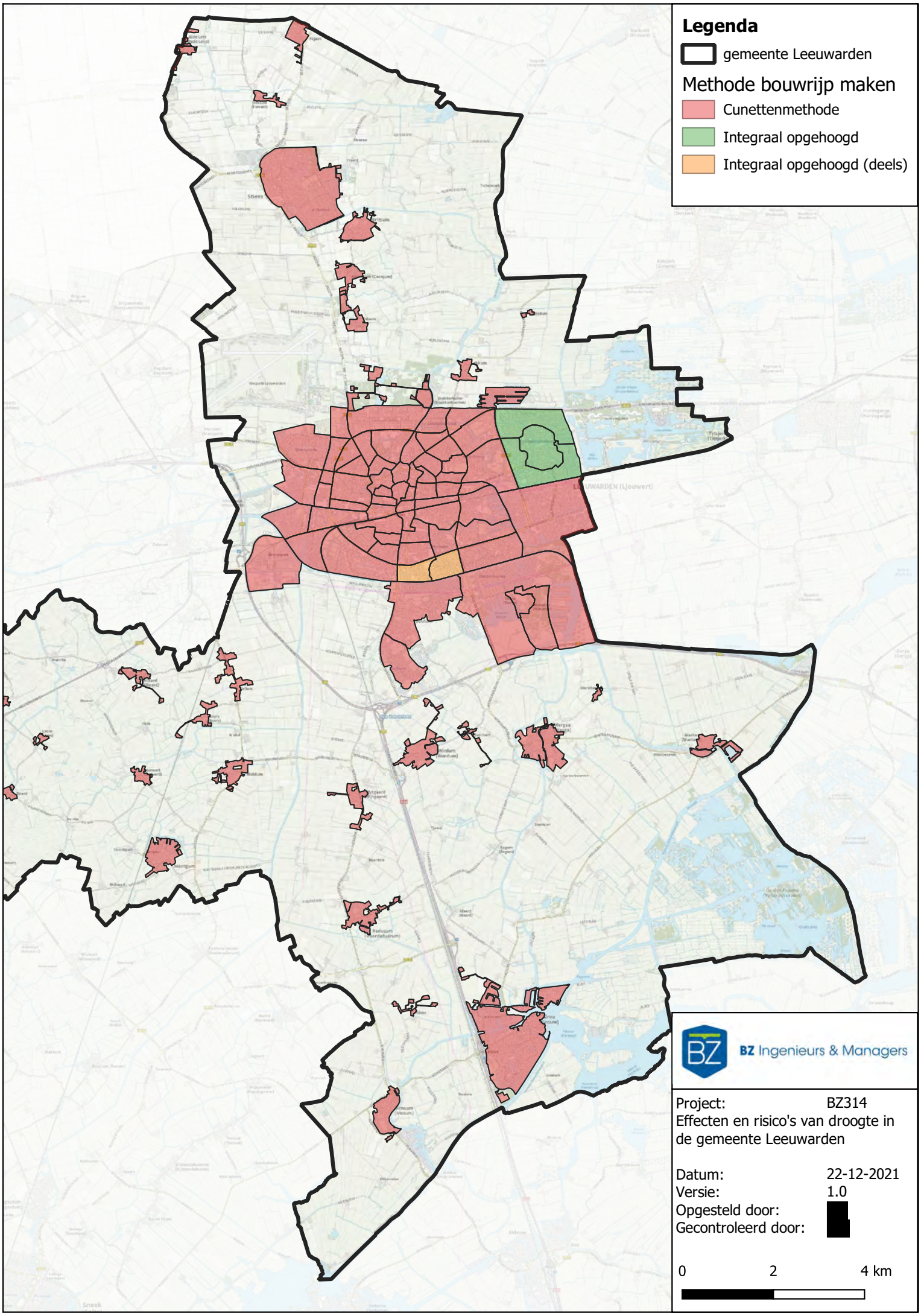

Gemeente Leeuwarden (stad)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op staal gefundeerd
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op
staal gefundeerd bekend
* = wijk bevat < 50%
woningen op staal gefundeerd
LEEUWARDEN (Ljouwert)
Lekkum
Snakkerburen
(Snakkerbuorren)
Westeinde
Camminghaburen
Zuiderburen
Newtonpark
Gem. Tytsjerksteradiel
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in
de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m


Gemeente Leeuwarden (noord)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op staal gefundeerd
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op staal gefundeerd bekend
* = wijk bevat < 50% woningen op staal gefundeerd
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m
Gem. Leeuwarden
Feinsum (Finkum)
Hoarne
Truerd
Tichelwurk
Britsum
(Cornjum)
Bitgummole (Beetgumermolen)

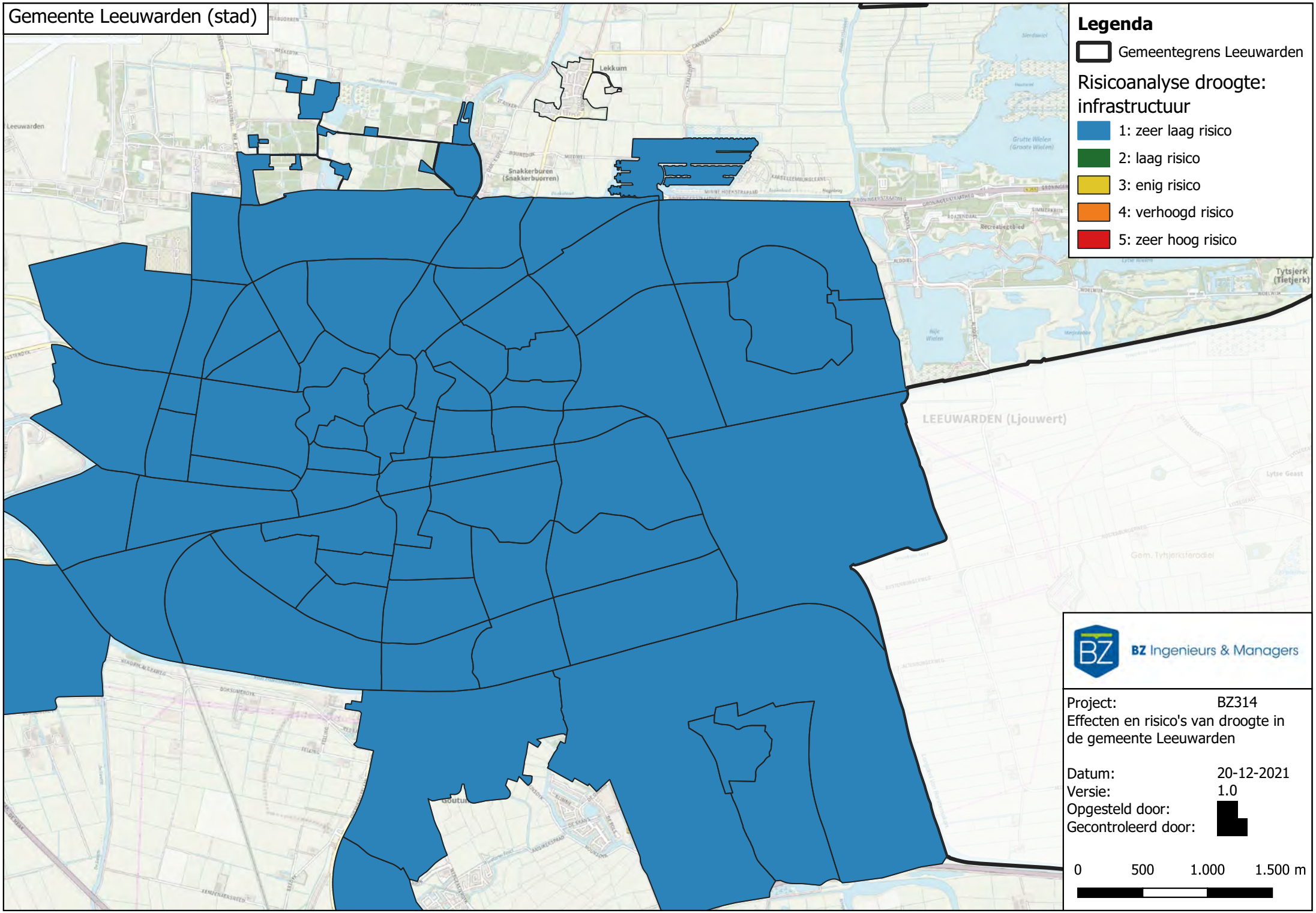

Gemeente Leeuwarden (midden)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op staal gefundeerd
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op
staal gefundeerd bekend
* = wijk bevat < 50%
woningen op staal gefundeerd
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in
de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m
Gem. Leeuwarden
Warstiens
Angwier
Swichum
Midsbuorren
Narderbuorren
Wytgaard
(Wijtgaard)
Tjaard
Domwier
Eagum
(Aegum)
Noardein

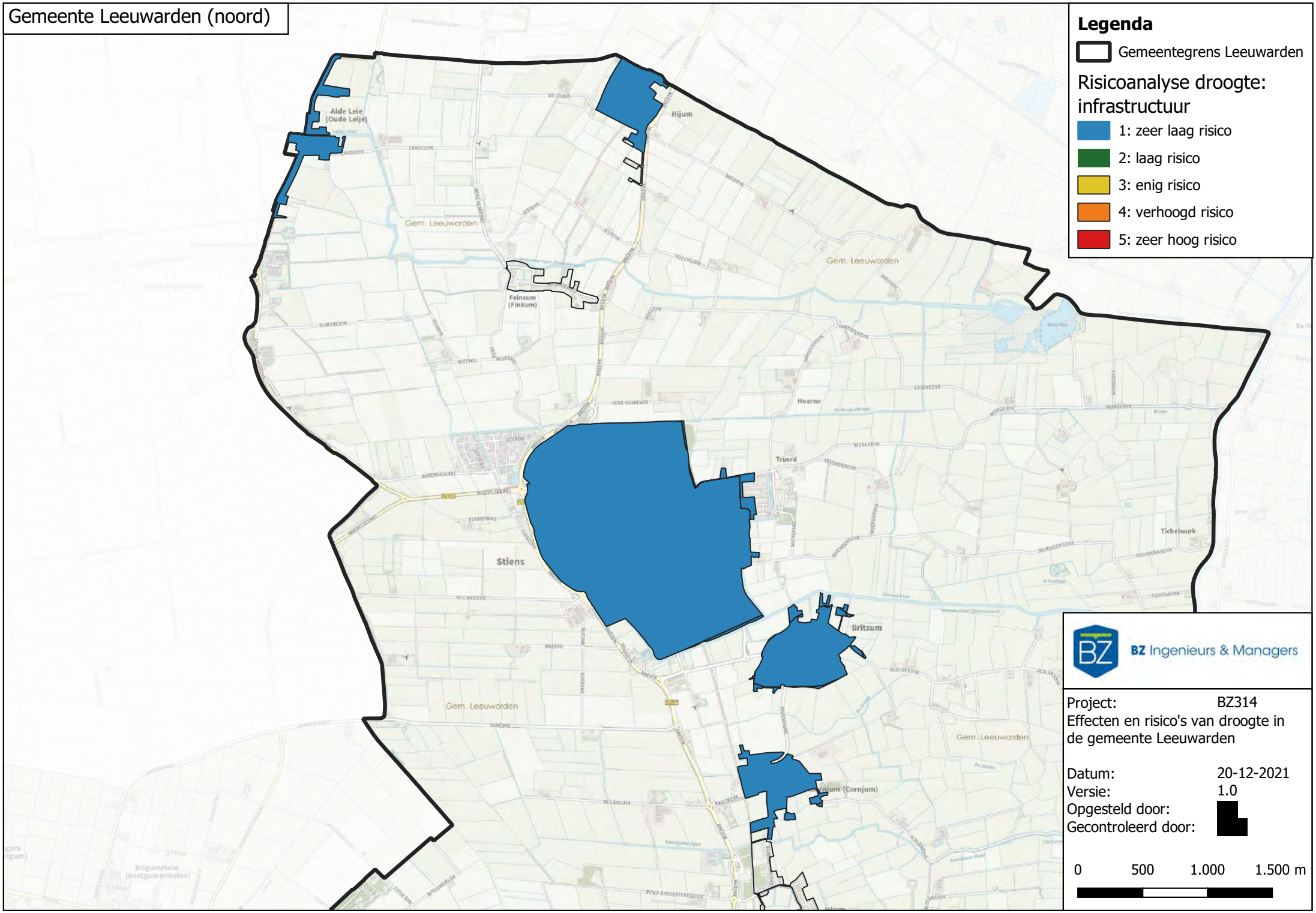

Gemeente Leeuwarden (zuid)
Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
woningen op staal gefundeerd
1: zeer laag risico
1*
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen woningen op staal gefundeerd bekend
* = wijk bevat < 50% woningen op staal gefundeerd
Idaerd (Idaard)
Reduzum (Roordahuizum)
Tsienzerbuorren
Friens
Suorein
Jirnsum (Irnsum)
Goatum
Abbenwier
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

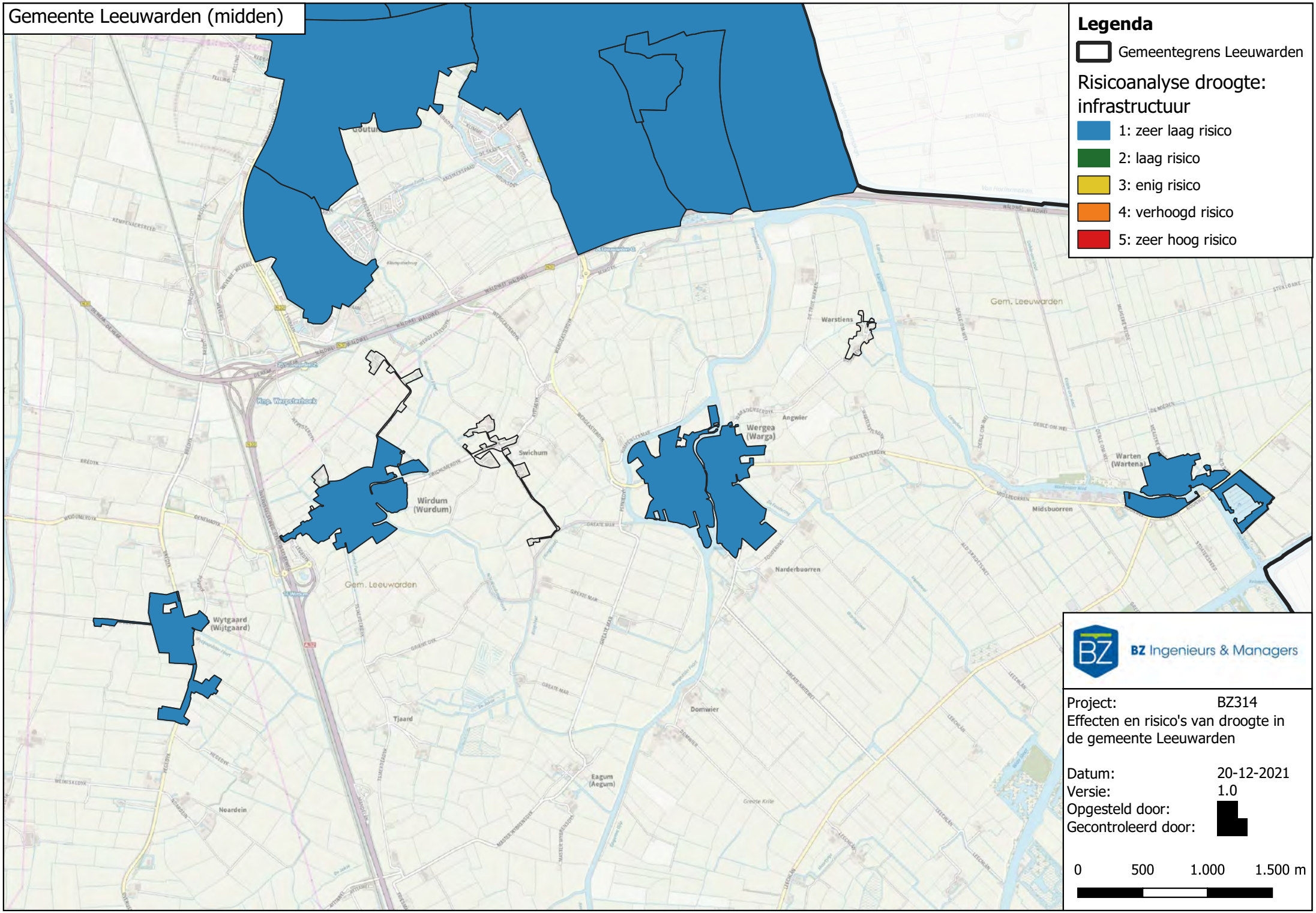
Bijlage 7

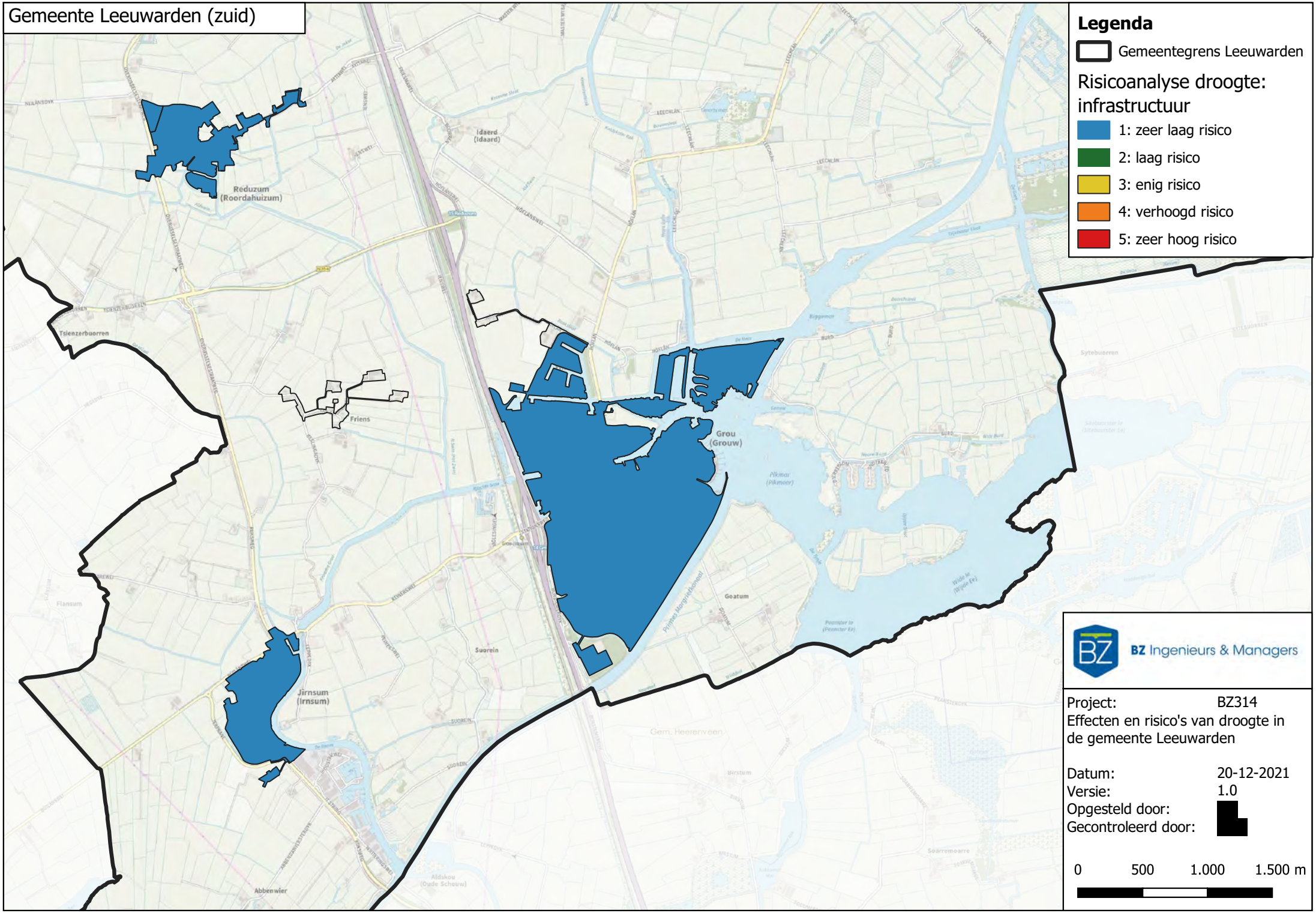

Legenda
gemeente Leeuwarden
Methode bouwrijp maken
Cunettenmethode
Integraal opgehoogd
Integraal opgehoogd (deels)
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 22-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0
2
4 km

Bijlage 8

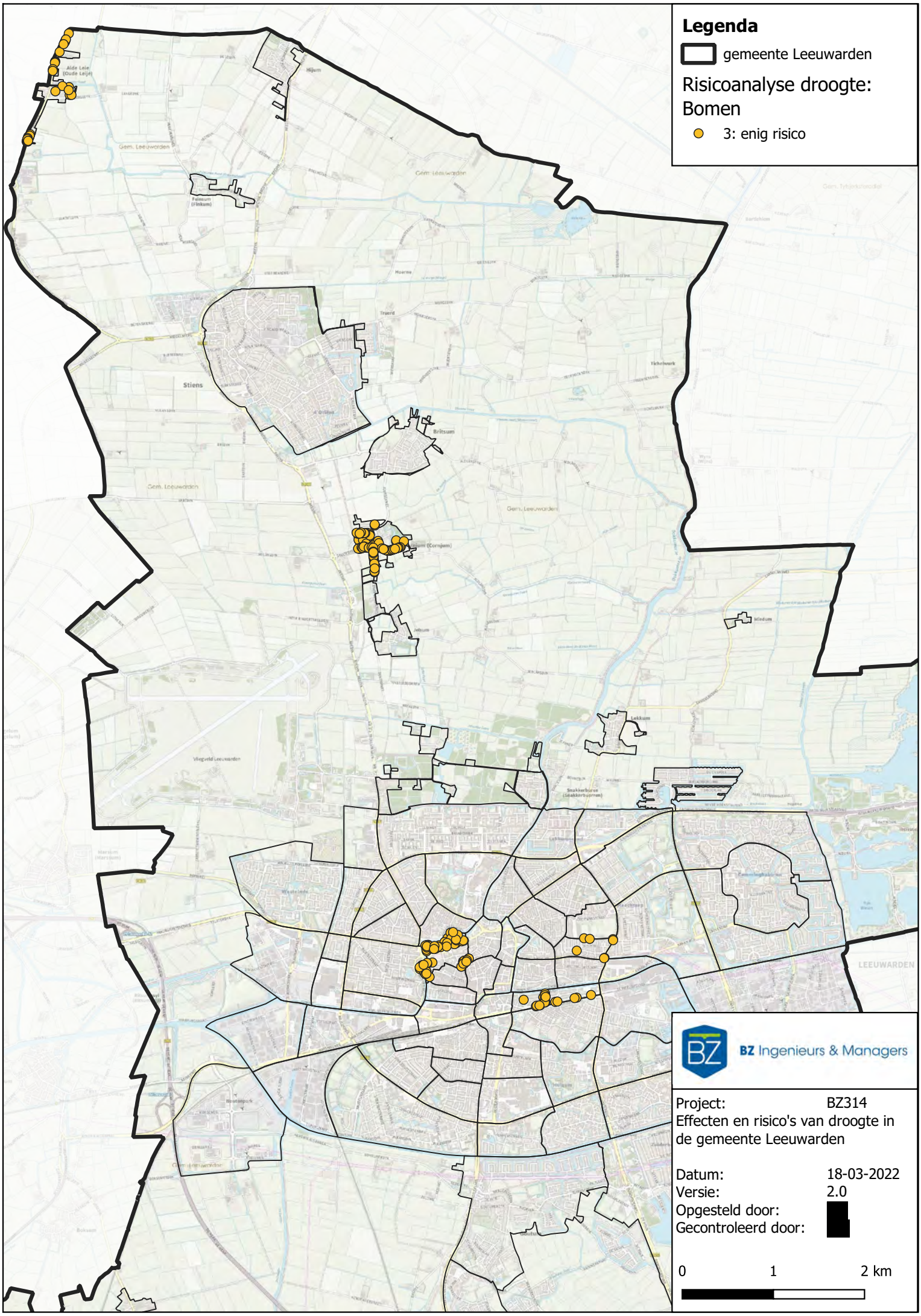

Gemeente Leeuwarden (stad)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Risicoanalyse droogte: infrastructuur
1: zeer laag risico
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
Lekkum
Snakkerburen (Snakkerbuorren)
Leeuwarden
LEEUWARDEN (Ljouwert)
Tytsjerk (Tietjerk)
Goutum
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

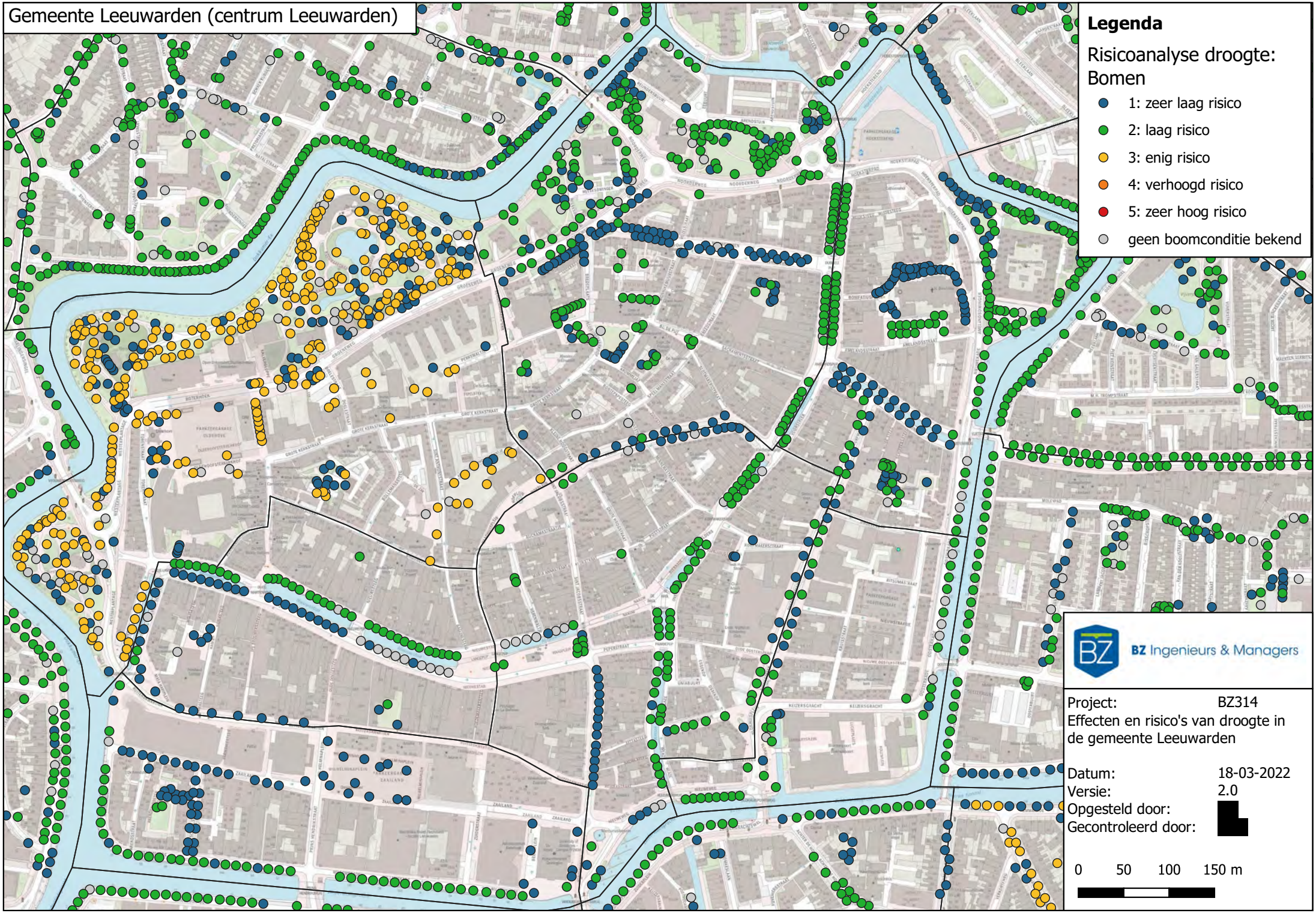

Gemeente Leeuwarden (noord)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Risicoanalyse droogte: infrastructuur
1: zeer laag risico
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
Alde Leie (Oude Leije)
Hijum
Feinsum (Finkum)
Hoarne
Truerd
Stiens
Britsum
Tichelwurk
Gem. Leeuwarden
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m


Gemeente Leeuwarden (midden)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Risicoanalyse droogte: infrastructuur
1: zeer laag risico
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
Gem. Leeuwarden
Warstiens
Wergea (Warga)
Angwier
Swichum
Wirdum (Wurdum)
Warten (Wartena)
Midsbuorren
Narderbuorren
Wytgaard (Wijtgaard)
Tjaard
Domwier
Eagum (Aegum)
Noardein
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

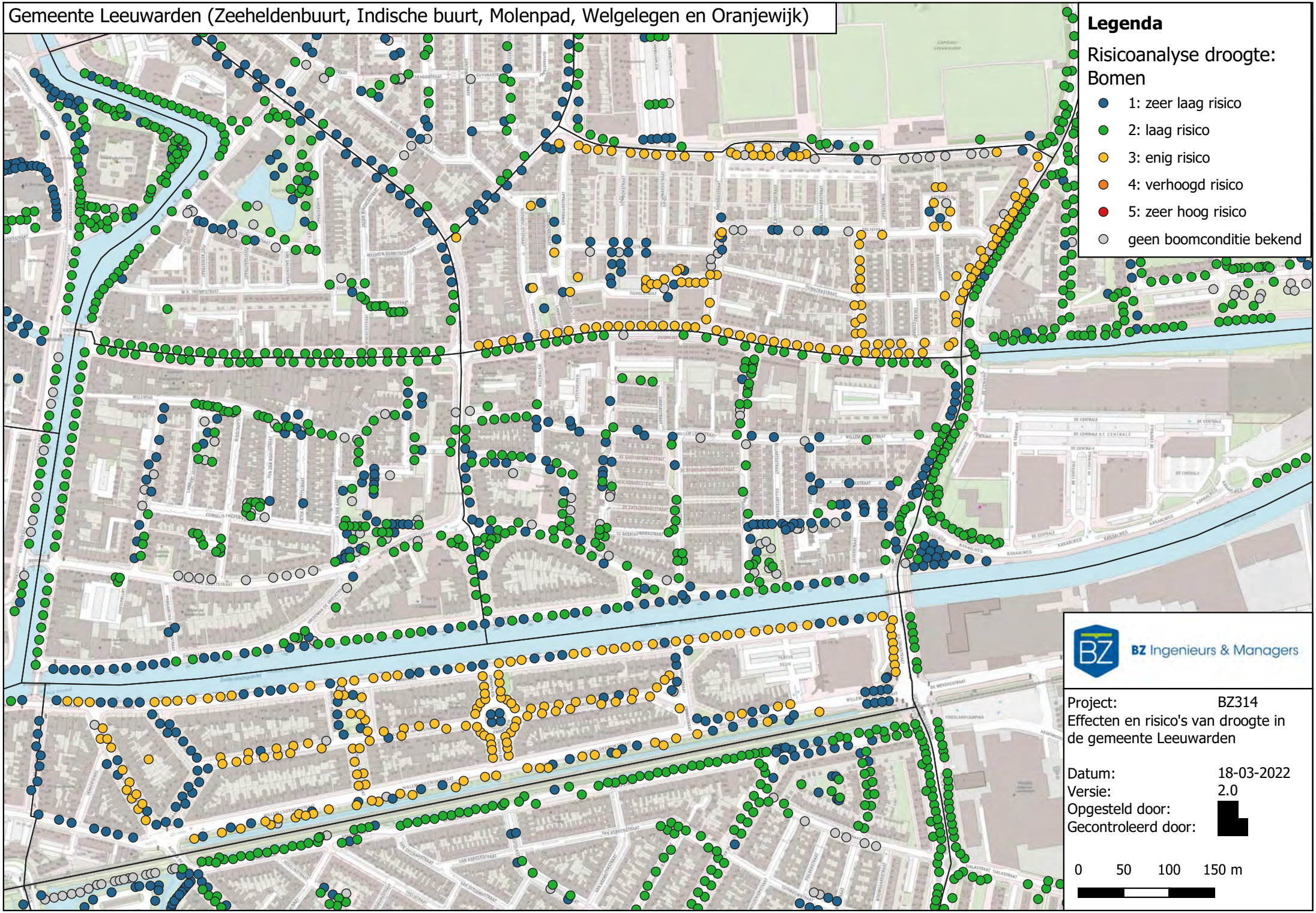

Gemeente Leeuwarden (zuid)
Legenda
Gemeentegrens Leeuwarden
Risicoanalyse droogte: infrastructuur
1: zeer laag risico
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
Idaerd (Idaard)
Reduzum (Roordahuizum)
Tsienzerbuorren
Friens
Grou (Grouw)
Goatum
Suorein
Jirnsum (Irnsum)
Abbenwier
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 20-12-2021
Versie: 1.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 500 1.000 1.500 m

Bijlage 9


Legenda
gemeente Leeuwarden
Risicoanalyse droogte:
Bomen
3: enig risico
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 18-03-2022
Versie: 2.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0
1
2 km


Gemeente Leeuwarden (centrum Leeuwarden)
Legenda
Risicoanalyse droogte: Bomen
1: zeer laag risico
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen boomconditie bekend
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 18-03-2022
Versie: 2.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 50 100 150 m

Gemeente Leeuwarden (Zeeheldenbuurt, Indische buurt, Molenpad, Welgelegen en Oranjewijk)



Legenda

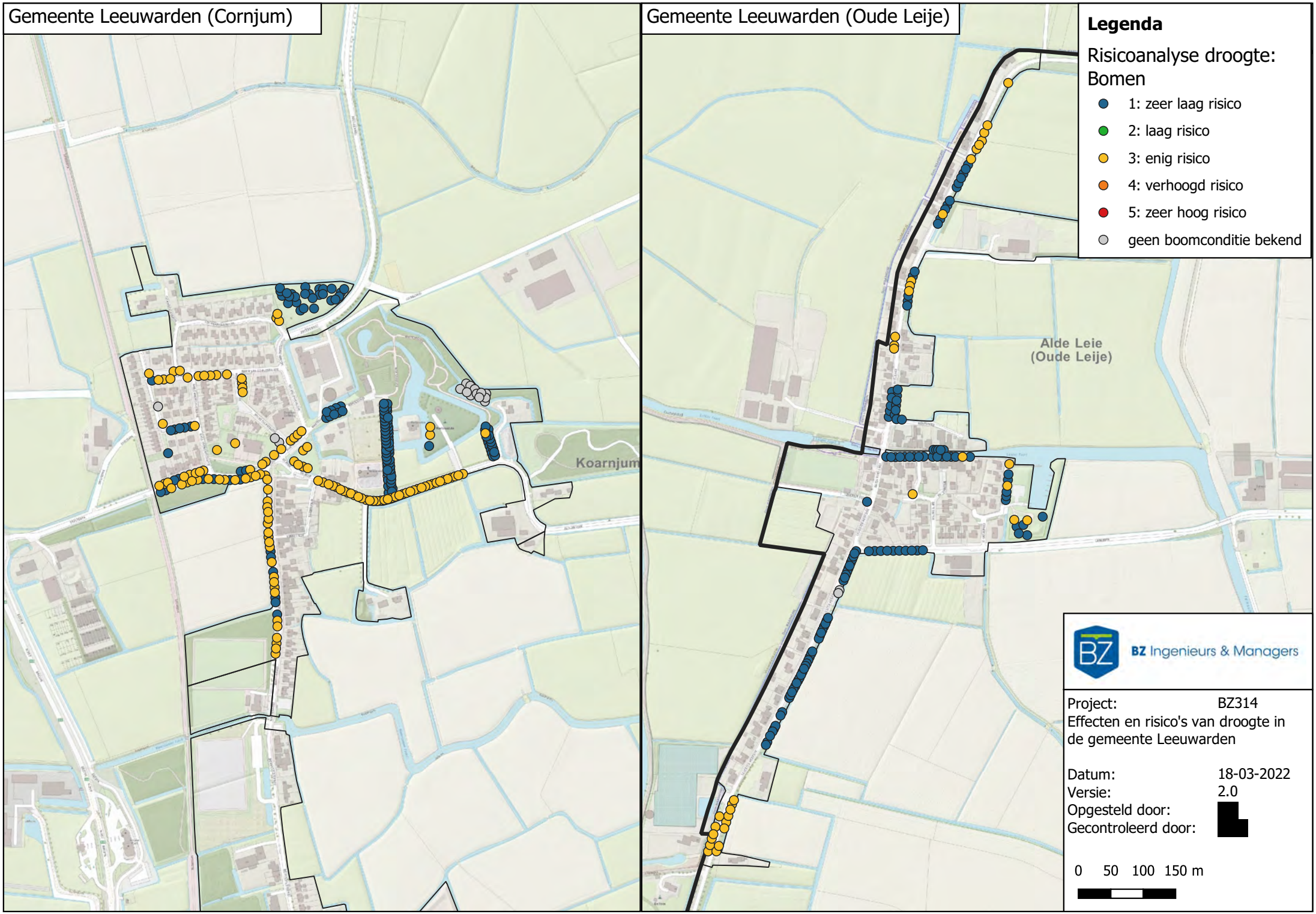
Risicoanalyse droogte: Bomen

- 1: zeer laag risico
- 2: laag risico
- 3: enig risico
- 4: verhoogd risico
- 5: zeer hoog risico
- geen boomconditie bekend

BZ Ingenieurs & Managers

Project:	BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden	
Datum:	18-03-2022
Versie:	2.0
Opgesteld door:	
Gecontroleerd door:	

0 50 100 150 m


Gemeente Leeuwarden (Cornjum)
Gemeente Leeuwarden (Oude Leije)
Koarnjum
Alde Leie
(Oude Leije)
Legenda
Risicoanalyse droogte:
Bomen
1: zeer laag risico
2: laag risico
3: enig risico
4: verhoogd risico
5: zeer hoog risico
geen boomconditie bekend
BZ Ingenieurs & Managers
Project: BZ314
Effecten en risico's van droogte in de gemeente Leeuwarden
Datum: 18-03-2022
Versie: 2.0
Opgesteld door:
Gecontroleerd door:
0 50 100 150 m