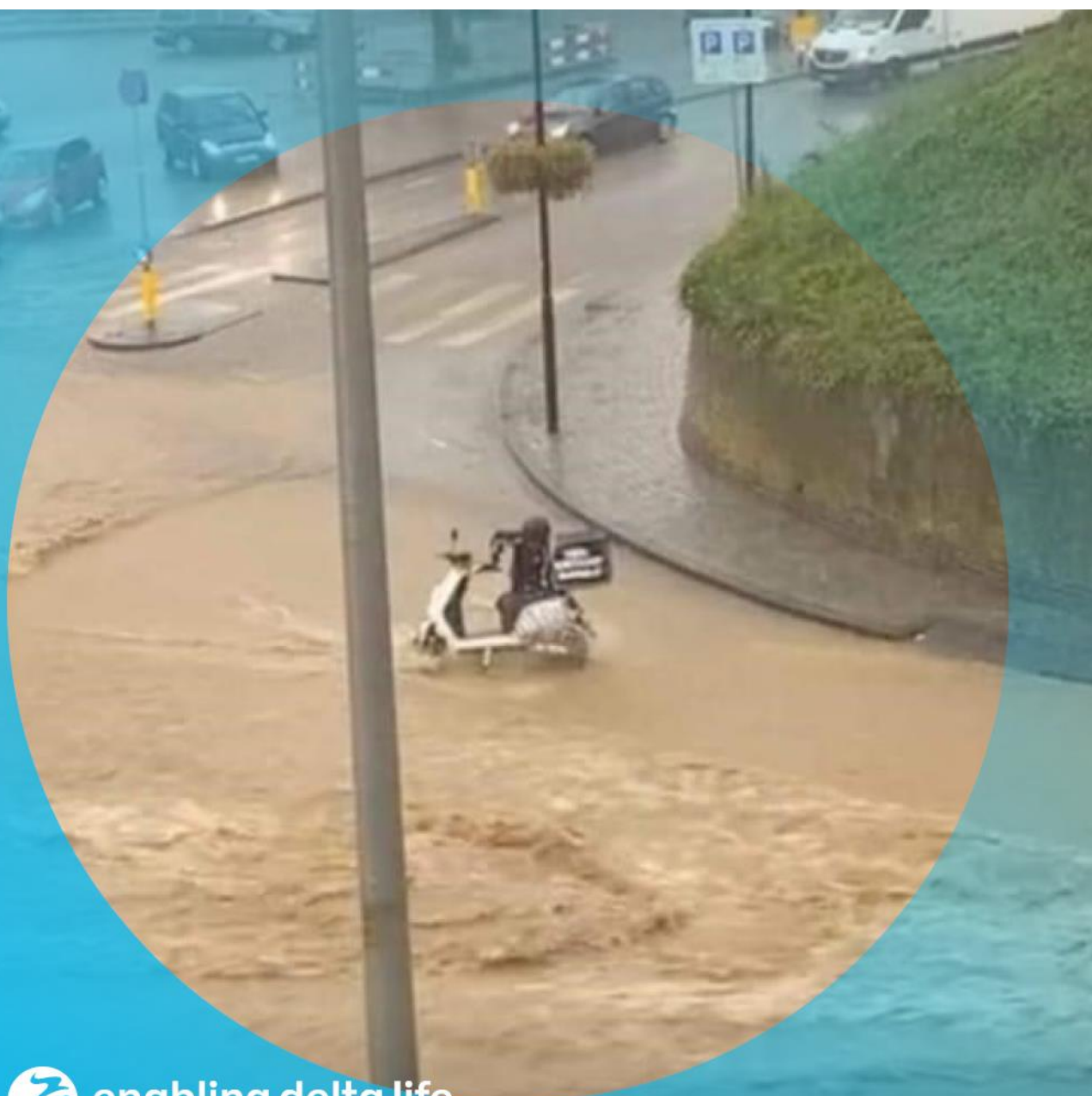


Analyse wateroverlast Eygelshoven

Watersysteemevaluatie Waterschap Limburg



Analyse wateroverlast Eygelshoven

Watersysteemevaluatie Waterschap Limburg

Auteur(s)

Klaas-Jan van Heeringen

Nathalie Asselman

Leendert van Wolfswinkel (N&S)

Partners

Nelen & Schuurmans, UTRECHT

Analyse wateroverlast Eygelshoven

Watersysteemevaluatie Waterschap Limburg

Opdrachtgever	Waterschap Limburg
Contactpersoon	Aldo Janssen
Referenties	opdrachtnummer waterschap Limburg 2021-Z35882
Trefwoorden	Wateroverlast, stresstest, neerslag, klimaatverandering

Documentgegevens

Versie	0.3
Datum	25-04-2022
Projectnummer	11207700-000
Document ID	11207700-000-ZWS-0010
Pagina's	59
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Klaas-Jan van Heeringen	
	Nathalie Asselman	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.3	Klaas-Jan van Heeringen	Elgard van Leeuwen (TU Delft)	Bianca Peters b.a.	

Samenvatting

Eygelshoven is een dorp met ruim 2000 inwoners dat behoort tot de gemeente Kerkrade in het zuidoosten van Zuid-Limburg. De kern van het dorp ligt in een dal op een hoogte van circa NAP+100m. Ten noorden, westen en zuiden van het dorp liggen hoger gelegen gebieden. Het reliëf heeft veel effect op de afstroming van water. Eygelshoven heeft een beschermingsnorm tegen wateroverlast van 1:25 per jaar. Dat betekent dat een situatie met een herhalingstijd van ongeveer 25 jaar veilig moet kunnen worden afgevoerd, zonder dat dit tot schade leidt.

Op 29 juni 2021 viel in Eygelshoven extreem veel neerslag. De zwaarste bui viel in de avond: lokaal viel in 2 uur tijd tot maximaal 90 mm neerslag. Omdat het water niet snel genoeg in de grond weg kon zakken, stroomde een groot deel van de neerslag over de weilanden, akkers en wegen naar beneden richting Eygelshoven. Omdat er 's morgens ook al een forse bui was gevallen (lokaal ongeveer 30 mm), waren de regenwaterbuffers nog gedeeltelijk met water gevuld. Echter, ook als de buffers leeg waren geweest, dan zou de capaciteit onvoldoende zijn geweest om de regen die in de avond viel te bufferen.

Op 29 juni 2021 kwam het water niet alleen vanuit het noorden. Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid water die via straten en beken naar Eygelshoven werd afgevoerd zijn modelberekeningen uitgevoerd. Uit deze berekeningen blijkt dat er in het totaal ruim 78.000 m³ water naar Eygelshoven stroomde. Dat is vergelijkbaar met de hoeveelheid water uit 20 olympische zwembaden. Een derde deel van dit water kwam uit het noorden, 1/3 werd aangevoerd door de Anselderbeek en Strijthagerbeek en nog eens 1/3 kwam uit het zuiden.

De meeste schade werd veroorzaakt door het water dat vanuit het noorden (vanaf Landgraaf), onder het spoor door naar Eygelshoven stroomde. Het water zorgde voor schade aan woningen en winkels. De hoge stroomsnelheden waarmee dit gepaard ging zorgden voor schade aan wegen. In het centrum van Eygelshoven moest dit water samen met het water dat vanuit andere richting aan kwam stromen, via de Anselderbeek worden afgevoerd. Uit de modelberekeningen bleek dat de Anselderbeek hier niet op berekend was. Met name een aantal duikers was te klein en zorgde voor opstuwing. Hierdoor liep de waterdiepte in straten in het oosten van Eygelshoven, grenzend aan de Anselderbeek, op tot wel 60 cm.

Geen problemen in juli 2021

In de periode van 13 tot 15 juli 2021 viel een vergelijkbare hoeveelheid neerslag als op 29 juni 2021. Omdat de neerslagintensiteit veel geringer was, kon meer water in de grond wegzakken en stroomde er minder water over akkers, weilanden en straten. Alleen op 14 juli rond 16 uur werd het korte tijd spannend. Het regende toen zo hard dat er water op straat kwam te staan, maar voordat dit tot problemen kon leiden nam de neerslagintensiteit weer af.

Uit de vergelijking van de situatie in juni en in juli blijkt hoe gevoelig het watersysteem in Eygelshoven is voor verschillen in neerslagintensiteit. Wanneer de neerslagintensiteit onder een bepaalde kritieke waarde blijft kan de meeste regen infiltreren of tijdelijk worden geborgen. Als de neerslagintensiteit verder toeneemt, dan stroomt steeds meer regenwater over het oppervlak af richting Eygelshoven.

Analyses met 'standaard' buien

Om nog meer te leren over het watersysteem, is een extra berekening uitgevoerd met een standaard bui die gemiddeld eens in de 100 jaar voorkomt. We noemen dit een T100 bui. Bij deze bui valt over het hele gebied, in 2 uur tijd ruim 60 mm neerslag. De belangrijkste

verschillen met de situatie op 29 juni zijn (1) het verschil in hoeveelheid neerslag (61 mm in plaats van lokaal maximaal 90 mm in 2 uur tijd) en (2) de voorgeschiedenis. Bij de standaardbui is aangenomen dat de aanwezige regenwaterbuffers leeg zijn, terwijl deze op 29 juni nog gedeeltelijk gevuld waren door de regen die in de ochtend was gevallen. Deze verschillen leiden tot een groot verschil in de hoeveelheid water die over en via weilanden, akkers, straten en beken wordt afgevoerd naar Eygelshoven. Volgens de modelberekeningen was dat op 29 juni ruim 78.000 m³ water. Bij deze standaardbui bleef het beperkt tot 10.400 m³. In juni viel lokaal dus maximaal 50% meer neerslag, maar stroomde er (volgens het model) 7,5 keer (700%) meer water af. Deze analyse laat nogmaals zien hoe gevoelig het watersysteem is voor verschillen in neerslagintensiteit.

Doordat er bij de T100 bui veel minder water via het oppervlak afstroomt, zijn de problemen in Eygelshoven minder groot. Daar komt bij dat het water dat uit eindelijk afstroomt naar de Anselderbeek veilig kan worden afgevoerd naar de Worm. De duikers in de Anselderbeek vormden bij deze bui geen knelpunt.

Mogelijke maatregelen

Om te voorkomen dat er bij een volgende zware regenbui veel water vanuit het noorden onder het spoor door naar het centrum van Eygelshoven stroomt, heeft de gemeente een aantal maatregelen gepland (en deels al uitgevoerd). Zo bevindt zich net ten noorden van het spoor een rotonde. Deze is nu schuin aangelegd, zodat het water makkelijker naar het oosten stroomt in plaats van naar het zuiden. Ook zijn werkzaamheden voorzien aan de weg ten noorden van het spoor die afwatering in deze richting nog verder moet verbeteren. Er stroomt dan meer water direct naar de Vlootsgraaf en minder naar het centrum van Eygelshoven. Modelberekeningen laten zien dat de waterdieptes in het centrum daardoor soms meer dan 10 cm afnemen.

Naast de effectbepaling van de reeds geplande maatregelen is voor Eygelshoven een aantal mogelijk aanvullende maatregelen globaal verkend. De verkenning van mogelijke aanvullende maatregelen leverde de volgende inzichten op:

- Bronmaatregelen zijn alle maatregelen die water vasthouden bij de bron en zo voorkomen dat de neerslag tot afstroming komt, of de afstroming vermindert. In bebouwd gebied kan dit bijvoorbeeld door water op te slaan in regentonnen, bevorderen van infiltratie, het afkoppelen of verwijderen van verhard oppervlak (ontstenen/vergroenen). In landelijk gebied zijn diverse maatregelen mogelijk in de agrarische bedrijfsvoering en op natuurterreinen om water vast te houden en meer te laten infiltreren. Wanneer wordt aangenomen dat over het hele stroomgebied bij Eygelshoven 10 mm neerslag extra zou kunnen infiltreren of tijdelijk zou kunnen worden vastgehouden, dan levert dat tot wel 25 cm lagere waterstanden op in de Anselderbeek. Het effect van deze maatregelen is dus groot. Daarbij moet worden opgemerkt dat 10 mm ook een grote hoeveelheid neerslag is. Alleen al in de bebouwde kom van Eygelshoven komt dit neer op 12.000 m³ water die geborgen of geïnfiltreerd moet worden. Voor een gemiddeld rijtjeshuis met een beganegrondoppervlak van 50m² zijn dan al snel 2 grote regentonnen nodig, die aan het begin van de bui ook nog helemaal leeg moeten zijn.
- De aanleg van extra waterbuffers kan effectief zijn bij de T100 bui omdat hier de totale afstroming beperkt was. Bij een bui zoals gevallen op 29 juni zouden zeer veel buffers nodig zijn om al het water te bergen.
- Het vergroten van de duikers in de Anselderbeek zodat ze minimaal 5 m breed ten 4 m hoog zijn, leidt (bij de bui van 29 juni) tot een halvering van de waterdieptes in het oostelijke deel van het centrum van Eygelshoven (in de straten die grenzen aan de Anselderbeek). Bij de T100 bui heeft deze maatregel nauwelijks een effect omdat de duikers bij deze standaardbui groot genoeg zijn om het water af te voeren.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Achtergrond	8
1.2	Casestudie Eygelshoven	9
1.3	Onderzoeksvragen	9
1.4	Aanpak	10
1.5	Leeswijzer	10
2	Gebiedsbeschrijving	12
2.1	Algemeen	12
2.2	Hydrologie	12
2.3	Toegepaste normering en stresstesten	14
2.4	Geplande verbetermaatregelen	15
3	Analyse neerslag	16
3.1	Gemeten neerslagvolumes	16
3.2	Duiding herhalingstijd	19
4	Analyse wateroverlast en schade	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Wateroverlast 29 juni 2021	21
4.3	Neerslag juli 2021	24
4.4	Resultaten stresstest	25
4.5	Conclusies met betrekking tot het functioneren van het watersysteem	27
5	Verkenning van mogelijke maatregelen	28
5.1	Algemeen	28
5.2	Reeds geplande maatregelen	28
5.3	Bronmaatregelen	29
5.4	Regenwaterbuffers	30
5.5	Verruimen afvoercapaciteit	31
5.6	Overige maatregelen ter reductie van schade	32
6	Conclusies en aanbevelingen	33
6.1	Conclusies	33
6.2	Aanbevelingen	34

	Referenties	35
A	Neerslagstatistieken STOWA 2019	36
B	Detailkaarten met berekeningsresultaten	37
B.1	Modelberekeningen	37
B.1.1	Huidig-2D	37
B.1.2	Huidig-verbeterd	37
B.1.3	Verwacht	40
B.1.4	Maatregel A t/m F	42
B.2	Overzicht van uitgevoerde berekeningen	43
B.3	Berekeningsresultaten huidige situatie en geplande maatregelen	44
B.3.1	Afstroomvolumes	44
B.3.2	Maximale waterdieptekaarten huidige situatie	45
B.3.3	Maximale waterdieptekaarten na aanpassing Rimbürgerweg en omgeving	48
B.4	Berekeningsresultaten van aanvullende maatregelen	49
B.4.1	Aanpassingen Rimbürgerweg en omgeving	49
B.4.2	Maatregelen A en B (alle duikers minimaal respectievelijk 5m breed x 4m hoog en minimaal 10m breed x 4m hoog)	50
B.4.3	Maatregel C en D (alle duikers respectievelijk minimaal 5m breed x 4m hoog en 10m breed x 4m hoog, behalve de eerste spoortunnel. Die behoudt huidige dimensies)	52
B.4.4	Maatregel E (bronmaatregel)	55
B.4.5	Maatregel F (Betere benutting van capaciteit van regenwaterbuffer de Hermansgroeve)	56
B.4.6	Overzicht van berekende maximale waterdieptes	57
B.5	Overige opmerkingen bij de resultaten	58

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In juli 2021 zijn grote delen van Limburg getroffen door hevige regenval. In korte tijd steeg het water in de Limburgse beken tot recordhoogte. Dit leidde op verschillende plaatsen tot overstromingen en daarmee tot schade aan huizen en bedrijven. Ook delen van België en Duitsland overstromden met zeer veel schade en zelfs verlies aan mensenlevens tot gevolg. De neerslag en de daarmee gepaard gaande hoogwaters op rivieren en beken, betrof een extreme en unieke gebeurtenis met enorme impact.

Naar aanleiding van het hoogwater van juli 2021 is vanuit de samenwerkende partijen de behoefte ontstaan om te starten met een watersysteemevaluatie. Tevens is vanuit de beleidstafel Hoogwater en Wateroverlast de opdracht geformuleerd om te onderzoeken wat de aanleiding was van het hoogwater (spoor 1) en wat mogelijke oplossingsrichtingen zijn om dit soort situaties beter het hoofd te bieden (spoor 2). De provincie Limburg en het waterschap Limburg hebben Deltares gevraagd om te starten met een watersysteemevaluatie en daarbij ook mogelijke maatregelen te verkennen die ingezet kunnen worden om de risico's gekoppeld aan dit soort overstromingen te verkleinen en de veerkracht van het systeem te vergroten.

Voorafgaand aan de systeembrede evaluatie voor heel Zuid-Limburg is aan Deltares gevraagd de wateroverlast en overstromingen in vier 'casestudies' te analyseren. Deze casestudies zijn: Valkenburg, de Geulmonding nabij Meerssen en Bunde, de Roermonding nabij Roermond en Eygelshoven.

De casestudies zijn niet 'belangrijker' dan andere locaties in Zuid-Limburg waar sprake was van overstromingen. Op basis van de analyses die zijn uitgevoerd voor de casestudies worden ook nog geen besluiten genomen over te realiseren maatregelen. De analyses voor de casestudies zijn vooral bedoeld om van te leren. Met behulp van de casestudie-analyses wordt een eerste beeld verkregen van het functioneren van het watersysteem in Limburg en de verschillende soorten wateroverlast en overstromingen die zich daar voor kunnen doen. Na afronding van de casestudie-analyses wordt gestart met de systeembrede evaluatie. Daarbij zal ook de wateroverlast in andere gebieden en gemeenten worden onderzocht.

In alle vier de geselecteerde gebieden hebben zich afgelopen zomer problemen voor gedaan, maar de aard van de problemen waren verschillend. Valkenburg kampte met grootschalige overstromingen vanuit de Geul. Dit gold ook voor de Geulmonding, maar hier speelde de interactie met het hoogwater op de Maas. Bij Roermond was de vraag of waterstanden op de Roer lager zouden zijn geweest wanneer de groene rivier zou zijn ingezet. En bij Eygelshoven stonden eind juni de straten en naastgelegen huizen onder water doordat grote hoeveelheden neerslag oppervlakkig afstroomden.

Voor iedere casestudie wordt een aanscherping van de *fact finding* uitgevoerd. Er wordt gekeken naar het functioneren van het watersysteem en een eerste handelingsperspectief. Omdat de analyses binnen 4 maanden gereed moeten zijn, zijn de analyses vooral kwalitatief of gebaseerd op principeberekeningen. De kwaliteit van de resultaten wordt gelimiteerd door de beschikbare tijd. Gedetailleerdere analyses maken deel uit van de systeembrede evaluatie met een langere doorlooptijd.

1.2 Casestudie Eygelshoven

In Eygelshoven viel op 29 juni 2021 hevige neerslag, met als gevolg forse wateroverlast in verschillende straten en water in de huizen rondom met name de Anselderbeek. Hierdoor ontstond veel schade, aan openbare ruimte, gemeentelijke eigendommen, huizen en andere particuliere eigendommen. Weliswaar was deze situatie extreem, maar gedurende de afgelopen jaren lijken steeds vaker extreme wateroverlastsituaties voor te komen.

Het waterschap heeft besloten de problematiek van Eygelshoven in de watersysteemevaluatie mee te nemen als casestudie. Weliswaar was de situatie van 29 juni 2021 meteorologisch gezien een andere situatie dan het hoogwater van juli 2021, maar hier spelen soortgelijke vragen als bij de andere casestudies.

Omdat de casestudie-analyses binnen 4 maanden gereed moeten zijn, zijn de analyses vooral kwalitatief en gebaseerd op principeberekeningen. Eventueel gedetailleerdere analyses maken deel uit van vervolgonderzoek.



Figuur 1 Impressie van wateroverlast 29 juni 2021 (bron gemeente Kerkrade)

1.3 Onderzoeksvragen

De hoofdvraag voor deze casestudie luidt:

Wat is hier op 29 juni gebeurd en zijn maatregelen denkbaar om wateroverlast in de toekomst te beperken?

De onderliggende vragen hebben betrekking op (1) het zo nauwkeurig mogelijk beschrijven van de gebeurtenissen van 29 juni 2021 (aanscherping van de quikscan die is uitgevoerd door adviesbureau WSP (WSP, 2021)), (2) het vergroten van het systeembegrip (hoe functioneert het oppervlaktewatersysteem bij Eygelshoven in geval van (zeer) hevige neerslag?) en (3) het verkennen van mogelijke maatregelen. Concreet zijn de volgende onderzoeksvragen meegegeven aan Deltares :

- Fact finding: Wat is er gebeurd op 29 juni?
 - Hoeveel neerslag is er gevallen?
 - Waar is veel schade opgetreden?
 - Hoe bijzonder was dit?/ Hoe extreem is de gebeurtenis? (overschrijdingskans)
 - Wat was de relatie tot de provinciale norm voor wateroverlast?

- Wat was de essentiële reden van de opgetreden schade?
- Welke infrastructuur heeft bijgedragen aan de wateroverlast?
- Systeembegrip: onder welke omstandigheden is wateroverlast te verwachten?
 - In juli 2021 waren hier geen grote problemen. Hoeveel minder neerslag is er toen gevallen? Waarom ging het toen wel goed?
 - Wat is de relatie met de inzichten uit de stresstest DPRA? Geven deze een goed beeld?
- Maatregelen/beleid: welke maatregelen zijn denkbaar om wateroverlast in de toekomst te beperken?
 - Hoe kan schade in Eygelshoven worden voorkomen of beperkt?
 - Zijn er mogelijkheden om water bovenstrooms vast te houden of te bergen?
 - Kan het water om het centrum van Eygelshoven heen worden geleid?

1.4 Aanpak

Het onderzoek is gericht op analyse en duiding van de problematiek en verkenning van mogelijke effectieve maatregelen, mede gerelateerd aan de ontwerpnormen. Daarmee gaat deze analyse een stap verder dan de quickscan die in het najaar van 2021 is uitgevoerd door WSP. De resultaten van die quickscan vormden wel een belangrijke basis voor onze analyse.

Voor de duiding van de neerslag (hoeveelheden en overschrijdingskansen) is gebruik gemaakt van beschikbare informatie van meetstations en radarbeelden, als ook de neerslagstatistiek die zijn opgesteld door de STOWA. Deze analyses zijn uitgevoerd door het KNMI.

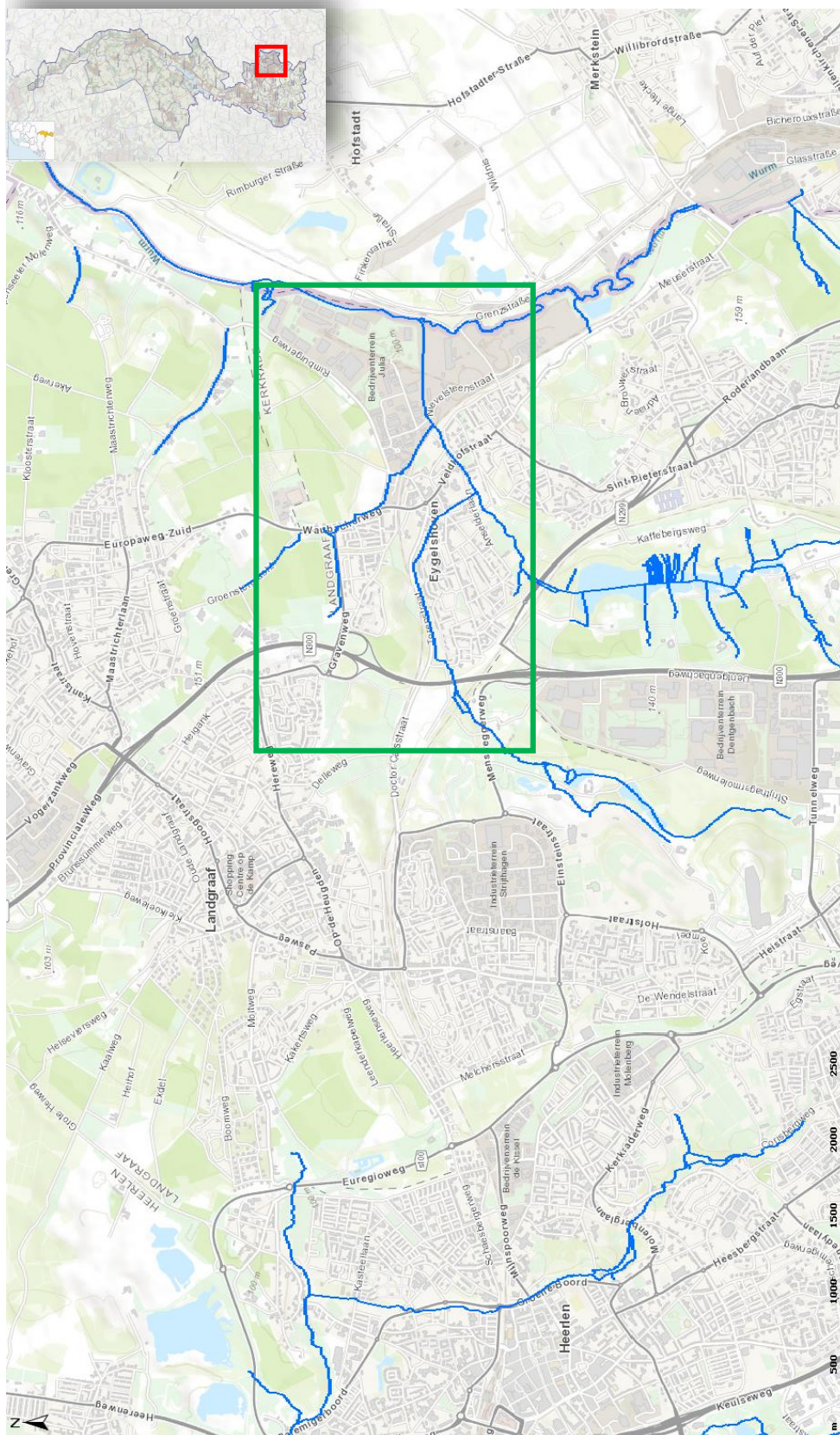
Oppervlakkige afstroming van gevallen neerslag is gesimuleerd met behulp van het hydraulische 3Di model van Parkstad, dat in het kader van de stresstesten (2019) is opgesteld door het adviesbureau Nelen & Schuurmans. Dit model is in het kader van deze analyse door hen verbeterd op basis van de ervaringen van 29 juni. Zo is een aantal doorgangen in meer detail geschematiseerd. Met behulp van modelberekeningen is een inschatting gemaakt van de effectiviteit van een aantal mogelijke maatregelen.

Met de gemeente Kerkrade is nauw afgestemd. Naast een veldbezoek op 3 december 2021 is met de gemeentelijk projectleider Wim Bosten, samen met omgevingsmanagers van het waterschap frequent overlegd gedurende de analyse.

Een belangrijke notie bij de uitgevoerde werkzaamheden is dat deze zijn uitgevoerd als een verkennende analyse. De werkzaamheden resulteren niet in een totaaloplossing met concrete en volledig uitgewerkte detailontwerpen, maar geven richting aan mogelijke maatregelen die eventuele waterschade bij bovenmaatgevende (extremer dan de ontwerpnormen) neerslag beperken. Op basis van de resultaten van de analyse kan in een vervolgfase een volledige uitwerking plaatsvinden.

1.5 Leeswijzer

In het vervolg van dit rapport beschrijven we allereerst de karakteristieken van het gebied rondom Eygelshoven (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 volgt een analyse van de neerslaggebeurtenis zelf, waarbij we ingaan op hoeveel neerslag is gevallen en hoe extreem dat was. In hoofdstuk 4 beschrijven we de gevolgen ten aanzien van wateroverlast en schade. Met behulp van het verbeterde 3Di model is de verkenning van mogelijke maatregelen uitgevoerd, wat is beschreven in hoofdstuk 5. Ten slotte ronden we het rapport af met conclusies en aanbevelingen.

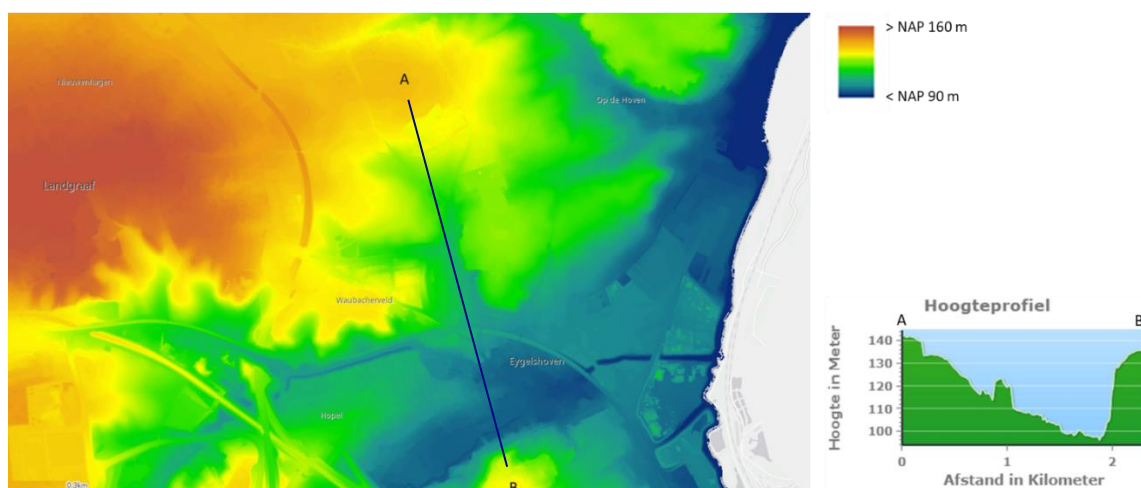


Figuur 2 Overzichtskaat van omgeving Eysgelshoven (groene kader = bereik detailkaart Figuur 4)

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Algemeen

Eygelshoven is een dorp met ruim 2000 inwoners dat behoort tot de gemeente Kerkrade in het zuidoosten van de Nederlandse provincie Limburg. De kern van het dorp zelf ligt op een hoogte van circa NAP+100m, maar ligt op een helling. Ten noorden en westen van het dorp liggen hogere gebieden (Parkstad Ring op circa +130m en Landgraaf op circa +120m). Het gebied loopt af in oostelijke richting.



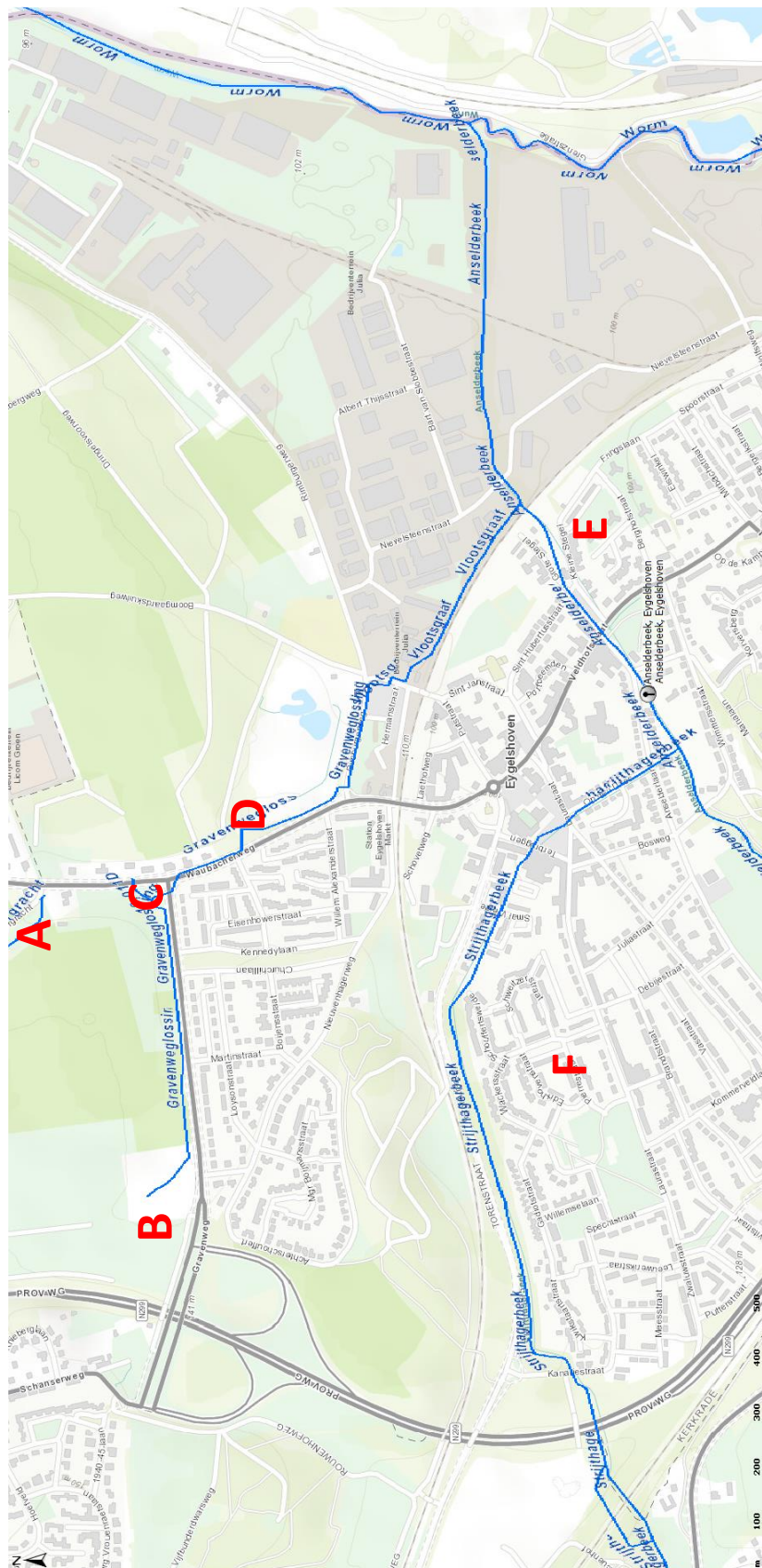
Figuur 3 Hoogteligging van het gebied nabij Eygelshoven. Het hoogteprofiel ligt tussen punt A en B

2.2 Hydrologie

Eygelshoven wordt doorkruist door een spoorlijn die is aangelegd op een verhoogde, niet waterkerend aangelegde dijk. Aan de zuidkant van de spoorlijn wordt het water afgevoerd via de Strijthagerbeek en de Anselderbeek richting de Worm (Figuur 4). Deze beken zijn in het centrum van Eygelshoven (grotendeels) overkluisd. Aan de noordkant van de spoorlijn vindt de afwatering plaats door de Gravenweglossing en de Vlootsgraaf ook richting de Worm.

Vanuit het noorden en westen vindt tijdens hevige neerslag oppervlakkige afstroming plaats van water vanuit Landgraaf, de woonwijk Waubacherveld, de Parkstad Ring N299 en vanaf landelijke percelen zoals akkers, weilanden en natuur. Het afstromend water uit deze gebieden wordt afgevoerd via de Gravenweglossing en de Vlootsgraaf richting de Worm.

Vanuit de richting van Landgraaf is er afstroming via de Groenstergracht. Daar zijn ook twee regenwaterbuffers (punt A in Figuur 4). Aan de Gravenweg liggen twee regenwaterbuffers: Gravenweg west (punt B) en Gravenweg oost (C). Een aanzienlijk deel van het bebouwd gebied van Nieuwenhagen/Landgraaf stort via het gemeentelijk bergbezinkbassin over in de buffer Gravenweg west. Onder de Waubacherweg loopt de afvoerleiding vanaf deze laatste buffer naar de Hermansgroeve (punt D) en moet via de overkluizing onder de Rimburgerweg richting de Vlootsgraaf stromen. Deze Hermansgroeve wordt momenteel niet effectief gebruikt als regenwaterbuffer, omdat de afvoer niet geknepen wordt.



De regenwaterbuffers zijn bedoeld om de afvoer te remmen ten tijde van hevige neerslag. Ze zijn ontworpen om vanuit een volle toestand in ongeveer 24 uur weer leeg te lopen. Dit bufferen en later weer ledigen wordt gedaan door middel van een knijpconstructie in de vorm van een spindelschuif, die zo wordt ingesteld dat (ongeveer) het gewenste debiet kan uitstromen.



Figuur 5 Regenwaterbuffer Groenstergracht. Rechts de uitlaatconstructie (foto: N. Asselman)

Vanuit het westen komt de Strijthagerbeek, waarlangs in 2018 ook al een keer forse wateroverlast en schade is opgetreden, met schade aan het wegdek van de Torenstraat tot gevolg. De afvoer van de Strijthagerbeek wordt gedempt door de buffer Strijthagerbeek aan de Mensheggerweg in Landgraaf die samen een capaciteit van ruim 95.000 m³ hebben. De Anselderbeek komt vanuit het zuiden maar heeft door middel van het stuwmeeer Cranenweijer ten zuidwesten van Eygelshoven een forse buffercapaciteit van 567.000 m³.

De afgelopen jaren is diverse keren wateroverlast opgetreden. Illustratief is dat de bewoners rond de Kleine Stegel van oudsher hun huizen beschermen tegen wateroverlast door middel van schotjes bij de deuren.

2.3 Toegepaste normering en stresstesten

De provincie Limburg heeft de normering voor regionale wateroverlast beschreven in het Provinciaal Waterplan en vastgelegd in de Provinciale Omgevingsverordening. Voor Eygelshoven is de beschermingsnorm 1:25 (uitgedrukt in de kans op overstroming per jaar), net als voor veel bebouwde kernen in het Heuvelland van Zuid-Limburg. Dit is lager dan de norm die voor de meeste bebouwde kernen elders in Limburg en Nederland langs regionale wateren geldt (veelal 1:100). Deze afwijkende norm is in 2010 tot stand gekomen op grond van een kosten-baten analyse: het bleek toen voor veel Zuid-Limburgse kernen niet kosteneffectief om een hogere norm dan 1:25 vast te stellen.

Concreet betekent deze norm dat de burgers van Eygelshoven mogen verwachten dat een situatie met een kans van 1:25 per jaar niet tot schade leidt. Er mag wel water op straat staan en daarmee enige wateroverlast optreden. Het betekent ook dat extremere neerslagsituaties wel tot schade kunnen leiden. Tegen deze schade kan men zich verzekeren.

In 2019 heeft de gemeente Kerkrade klimaatstresstesten laten uitvoeren om te controleren in hoeverre ze kwetsbaar is voor onder andere wateroverlast. Deze stresstesten zijn uitgevoerd door Nelen & Schuurmans met behulp van het 3Di instrumentarium. Hiermee is toen een model gebouwd voor de Parkstadregio. Dit model berekent vooral de oppervlakkige afstroming over het maaiveld (2D). De riolering wordt hier niet in mee genomen. Ook hydraulische kenmerken zoals overkluisingen zijn eenvoudig als 2D gemodelleerd.

Het toepassingsbereik van het model was daarmee beperkt.

In de berekeningen van de klimaatstresstesten is een blokbui van 61 mm in 2 uur gebruikt (zie STOWA 2020, aangepast door waterschap Limburg). De resultaten van deze berekeningen zijn beschikbaar via <https://parkstad.klimaatatlas.net>. Ter vergelijking, de watersysteemtoets op basis waarvan is bepaald of er wel of geen knelpunt is, is bepaald met een bui van 33 mm in 20 minuten.

2.4 Geplande verbetermaatregelen

In de afgelopen jaren zijn verschillende wateroverlastsituaties opgetreden. Om deze reden heeft de gemeente in 2021 al een aantal maatregelen genomen, gericht op het beperken van de overlast en schade. Zo is de rotonde op de kruising van de Waubacherweg en de Rimburgerweg licht gekanteld, zodat water makkelijker naar het oosten kan stromen. Deze werkzaamheden werden toevallig net uitgevoerd tijdens de overlast van 29 juni.

In maart 2022 is herinrichting van de Rimburgerweg vanaf deze rotonde tot aan de Putstraat voorzien. Op deze manier wordt oppervlakkige afstroming vanaf de Torenstraat, Gravenweg en Groenstergracht naar het dorpscentrum grotendeels voorkomen. Al het water wordt zo direct naar de Vlootsgraaf geleid en blijft zo ten noorden van het spoor.



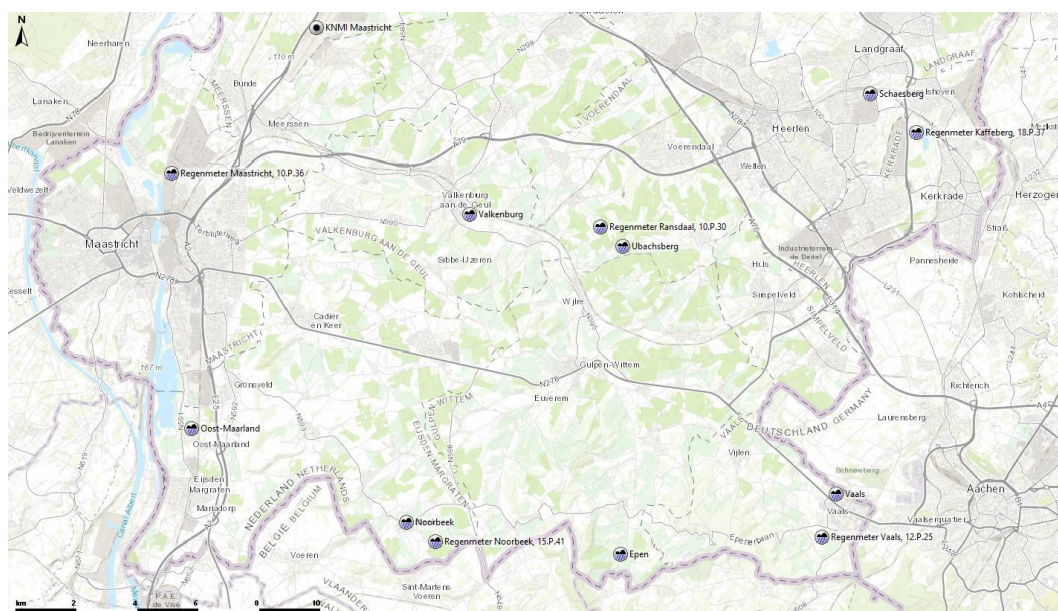
Figuur 6 Gekantelde rotonde op de kruising Waubacherweg – Rimburgerweg, gezien vanaf het noorden (Waubacherweg) (Foto: N. Asselman)

3 Analyse neerslag

3.1 Gemeten neerslagvolumes

In de avond van 29 juni 2021 viel een enorme hoosbui. In de ochtend was ook al een forse bui gevallen. De neerslagvolumes en zeker het totaal van de buien samen waren ongekend. Beide buien waren heel lokaal. De bui in de avond viel vooral op het dorp zelf en op een strook richting het noorden tot en met Landgraaf.

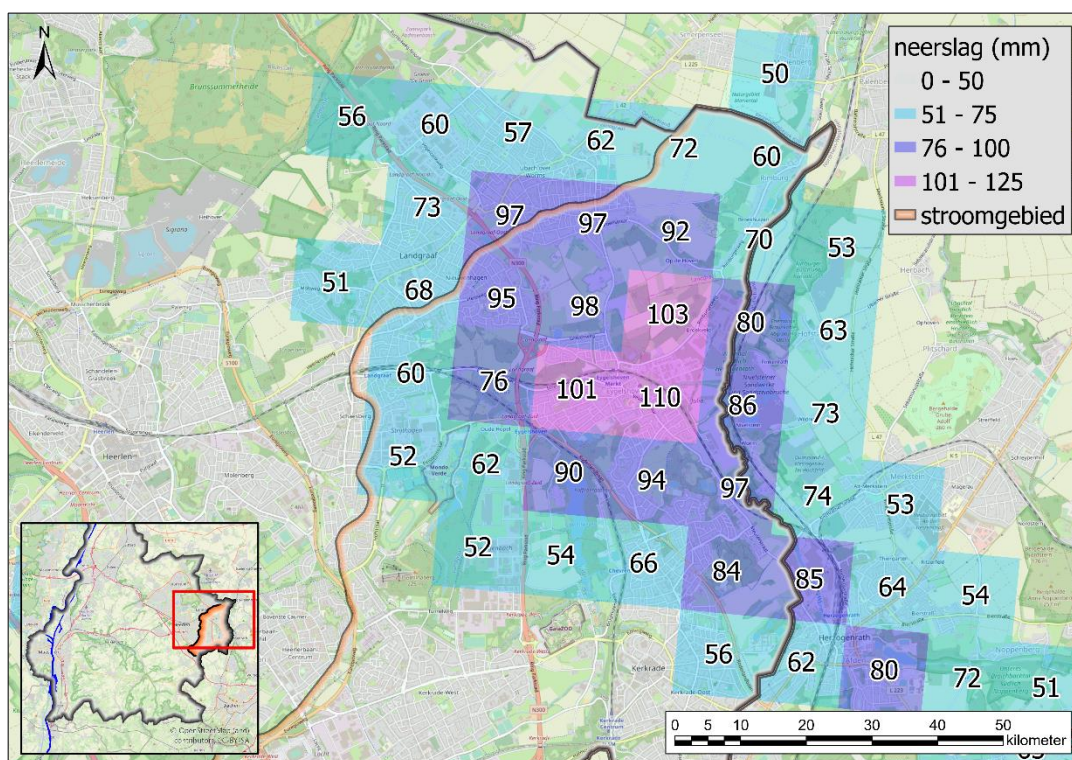
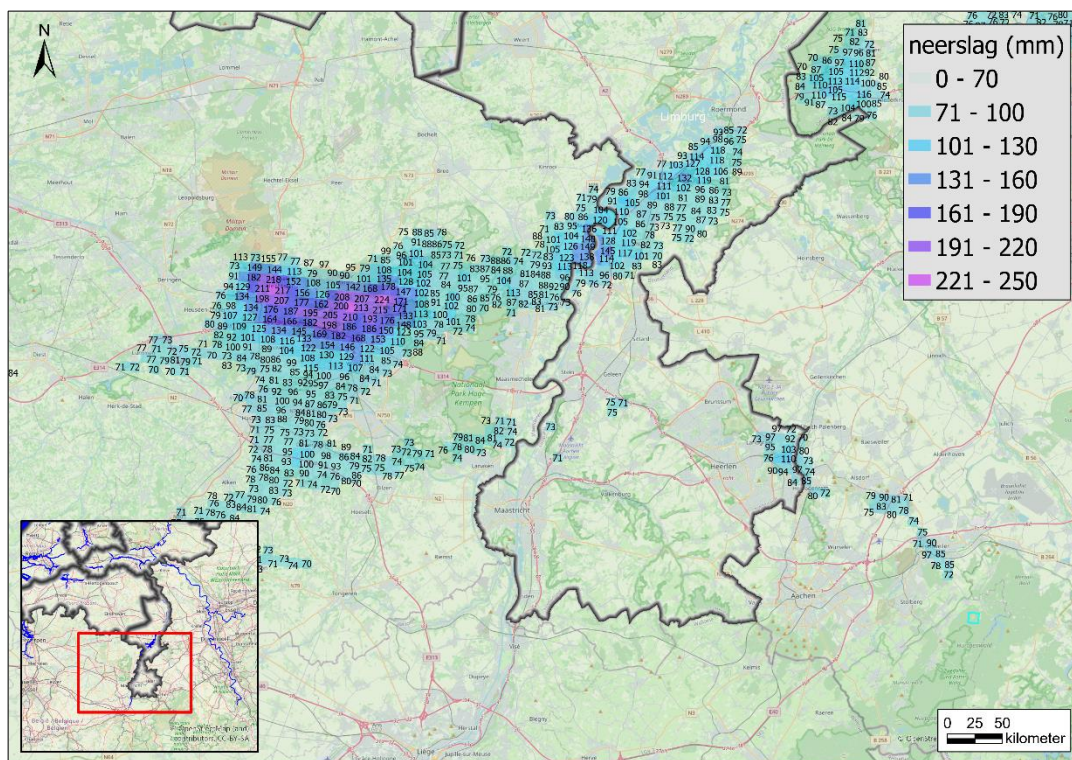
De neerslag is onder andere gemeten op neerslagstation Kaffeberg van het waterschap Limburg. Dit station meet de neerslag per minuut. Andere neerslagstations van het waterschap of van het KNMI (Figuur 7) liggen te ver verwijderd van Eygelshoven om voor deze gebeurtenis relevante informatie uit te halen (het betrof immers een lokale bui), of het betreffen dagstations (van het vrijwilligersnetwerk van KNMI).



Figuur 7 Beschikbare regenmeters van KNMI en waterschap Limburg

Naast het meetstation van het waterschap zijn er in de regio een aantal Weather Underground stations, in bezit van particulieren. Eén station ligt daadwerkelijk in Eygelshoven (Pierrestraat, zie <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IEYGEL2>), de andere liggen verder weg van Eygelshoven (Landgraaf en Kerkrade). Er is geen Netatmo (een alternatief netwerk van particulieren, vergelijkbaar met Weather Underground) neerslagstation in de buurt van Eygelshoven.

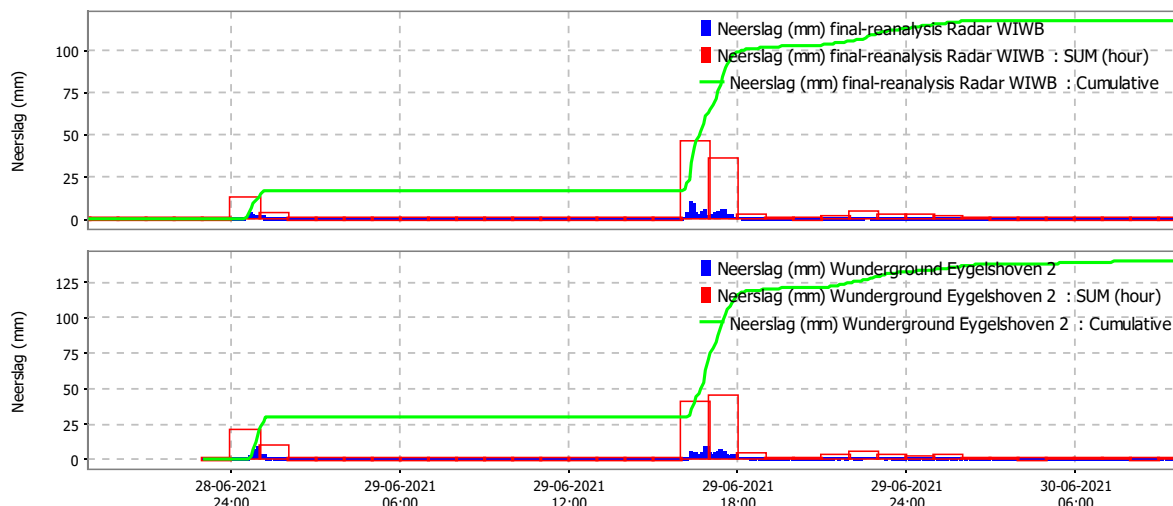
Ten slotte zijn er de Final-Reanalysis radarbeelden die KNMI heeft gemaakt, gebaseerd op zowel de Nederlandse als de Belgische en Duitse neerslagradars. Dit is gecorrigeerd aan de hand van neerslagmeetstations van zowel het waterschap als KNMI. De neerslagbeelden hebben een ruimtelijke resolutie van 1x1 km² en een tijdstap van 5 minuten. Ze geven daarmee een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van de neerslag. Figuur 8 toont de neerslagtotalen van de kalenderdag 29 juni, zowel voor heel Zuid-Limburg in de bovenste kaart, als ingezoomd op Eygelshoven in de onderste kaart. Uit deze informatie blijkt dat de neerslag niet alleen in Eygelshoven hevig was: zowel in midden Limburg als in België zijn forse neerslagsommen tot wel 200 mm gevallen.



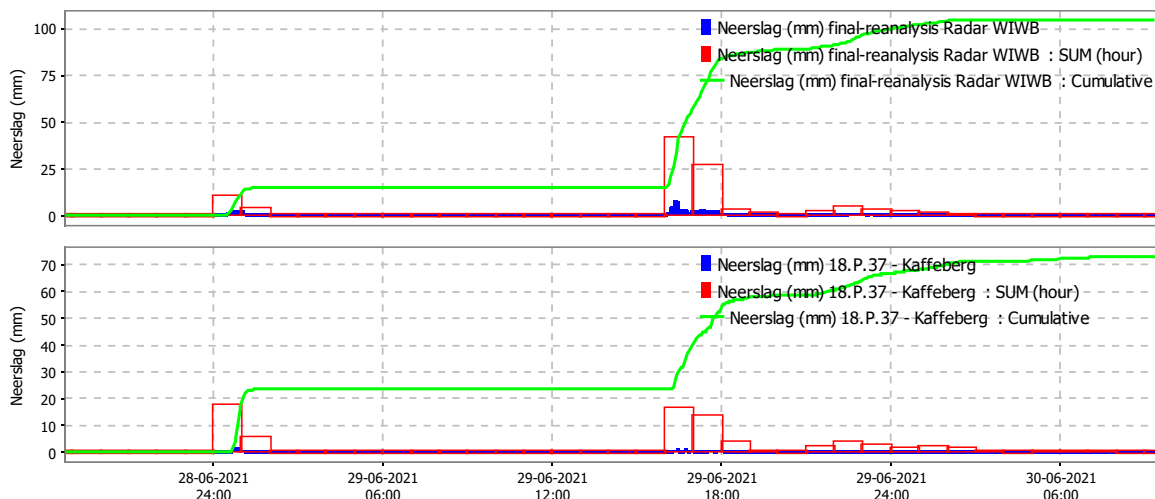
Figuur 8 Totaal neerslagvolume van 29 juni 10:00 tot 30 juni 10:00, totaal overzicht (boven) en ingezoomd op Eigelshoven (onder)

Wanneer we de neerslaggegevens van de drie bronnen (Kaffeberg, Weather Underground Pierrestraat en radar) vergelijken valt op dat de neerslagradar fors minder neerslag meet dan op de stations. De radar geeft ter hoogte van station Pierrestraat een totaal van 101 mm en het station 140 mm; het meetstation Kaffeberg van het waterschap meet 71 mm versus 90 mm op de radarpixel boven dat station.

In het dorp leeft het beeld dat de bui in de avond een volume had van 140 mm. De 140 mm is een plausibel totaalvolume (als dagtotaal) en niet het totaal van alleen de bui in de avond. In de avond was het neerslagvolume op meetpunt Pierrestraat circa 90 mm; in de ochtend was er ook al een bui van circa 30 mm gevallen terwijl later in de nacht ook nog eens 20 mm viel (zie de onderstaande figuren).

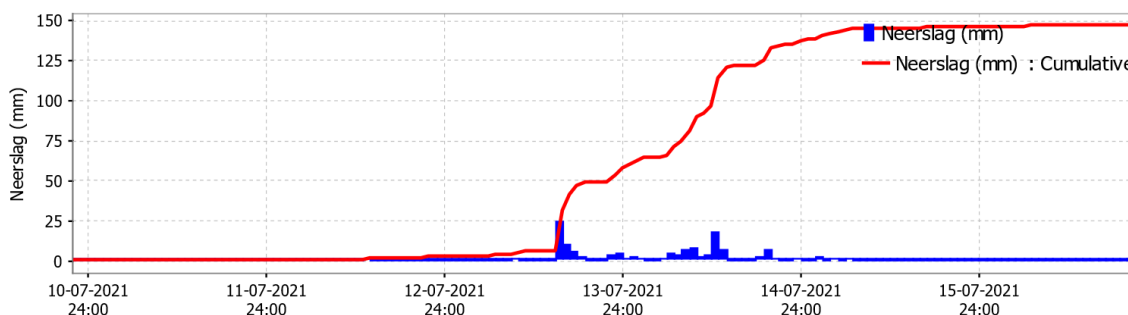


Figuur 9 Vergelijking neerslag tussen Weather Underground station Pierrestraat en radarbeeld (5min waarden in blauw, uurwaarden in rood en cumulatief neerslagvolume in groen)



Figuur 10 Vergelijking neerslag tussen station Kaffeberg en radarbeeld (5min waarden in blauw, uurwaarden in rood en cumulatief neerslagvolume in groen)

De gebeurtenis van 13 en 14 juli was vooral extreem voor wat betreft de 48-uurs neerslagsom (zie Figuur 11). Er viel toen in 48 uur tijd in Eygelshoven ongeveer 140 mm neerslag. De individuele uurwaarden waren lang niet zo extreem als in juni en bleven veelal beperkt tot circa 10 mm per uur. De totale neerslagsom ten tijde van het hoogwater juli 2021 was vergelijkbaar met het totale neerslagvolume van 29 juni, maar de intensiteit was veel lager.



Figuur 11 Neerslag op radarpixel boven Eygelshoven voor de periode van het hoogwater van juli 2021

3.2 Duiding herhalingstijd

Voor het afleiden van herhalingstijd van de neerslag van 29 juni 2021 is gebruik gemaakt van de neerslagstatistieken (gemiddeld voor Nederland) die STOWA heeft laten opstellen (STOWA, 2019). Voor deze regio geldt het zogeheten L-regiem waarbij gemiddeld ten opzichte van de rest van Nederland doorgaans iets minder neerslag valt en dus de herhalingstijden voor een gegeven neerslagvolume iets hoger zijn. Het effect hiervan op de herhalingstijd is niet meegenomen omwille van de beperkt beschikbare tijd.

Voor de radarpixel boven Eygelshoven centrum zijn de waargenomen neerslagsommen in Tabel 1 weergegeven, inclusief de statistieken voor het huidige klimaat en het 2050-upper scenario (scenario voor korte buien, zie STOWA 2019). Voor het Weather Underground station Pierrestraat staan ze in Tabel 2. Voor dit station is als puntlocatie geen gebiedsreductiefactor van toepassing.

De neerslagstatistieken voor een radarpixel van 1 km² voor neerslag van korte duren vereisen het toepassen van een gebiedsreductiefactor (NERC, 1975). Met zo'n reductiefactor wordt gecorrigeerd voor ruimtelijke effecten: een zomerse hoosbui is doorgaans beperkt van omvang. Voor een duur van 10 minuten is bijvoorbeeld een gebiedsreductiefactor (*area reduction factor*, afgekort ARF) van 0.93 nodig.

Tabel 1 Neerslagsommen en herhalingstijden voor verschillende duren voor radarpixel Eygelshoven centrum

Neerslagduur	Neerslagvolume (mm)	ARF voor 1 km ² NERC (1975)	Herhalingstijd huidig klimaat (afgerond, jaren)	Herhalingstijd 2050-upper (afgerond, jaren)
10 min	24.6	0.93	70	30
30min	45.0	0.95	100-125	55
60min	65.0	0.96	175-200	90
2 uur	89.6	0.97	325-350	150-175
4 uur	93.8	0.975	275-300	175-200
8 uur	104.8	0.98	350	125-150
12 uur	109.7	0.985	350-400	100
24 uur	122.7	0.99	350-400	150
48 uur	126.5	1.00	200-250	

Tabel 2 Neerslagsommen en herhalingstijden voor verschillende duren voor Weather Underground station

Neerslagduur	Neerslagvolume (mm)	Herhalingstijd huidig (afgerond, jaren)	Herhalingstijd 2050-upper (afgerond, jaren)
10 min	17.3	10	5
30min	33.5	30	15
60min	58.9	110	55
2 uur	88.1	250-300	100-150
4 uur	90.9	200-250	150
8 uur	102.3	250-300	250
12 uur	107.7	>300	100
24 uur	132.9	>500	200
48 uur	142.8	>500	

Op basis van Tabel 1 concluderen we dat de neerslaggebeurtenis van 29 juni met een neerslagduur van circa 12-24 uur een gemiddelde herhalingstijd heeft van circa 350-400 jaar. Dit is gebaseerd op de statistiek van het huidige klimaat, waarbij het opvallend is dat niet de bui in de avond op zichzelf zeldzaam is, maar juist de combinatie met de bui in de ochtend. Wanneer de neerslagstatistiek van het 2050-WL-upper scenario wordt gehanteerd halveert de herhalingstijd tot circa 175-200 jaar. De zeldzaamheid van deze gebeurtenis zit hem in het feit dat opeenvolgende buien binnen een tijdsbestek van 12-24 uur heeft plaats gevonden.

4 Analyse wateroverlast en schade

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de opgetreden wateroverlast en schade. Hierbij maken we ook gebruik van het model, waarmee de gebeurtenis van 29 juni is nagerekend en dat speciaal voor deze analyse werd aangepast (zie Bijlage B.1.2).

4.2 Wateroverlast 29 juni 2021

Zoals blijkt uit het neerslagverloop op 29 juni dat in het vorige hoofdstuk is beschreven, leidde de neerslag in de ochtend al tot het vollopen van de regenwaterbuffers. Toen in de avond meer neerslag viel waren deze buffers echter nog niet leeg.

Doordat de neerslag zich vooral concentreerde op een strook van noord naar zuid en minder in het stroomgebied van de Strijthagerbeek (in het westen, zie Figuur 8) trad vooral oppervlakkige afstroming op vanuit Landgraaf (ten noorden van Eygelshoven). De belasting vanuit de Strijthagerbeek bleef dus beperkt.

Vanuit de richting van Landgraaf vindt afstroming plaats via de Groenstergracht. De twee regenwaterbuffers (punt A en C in Figuur 4) overstroomden, wat schade bij de omliggende huizen (hoek Groenstergracht en Waubacherweg) veroorzaakte.

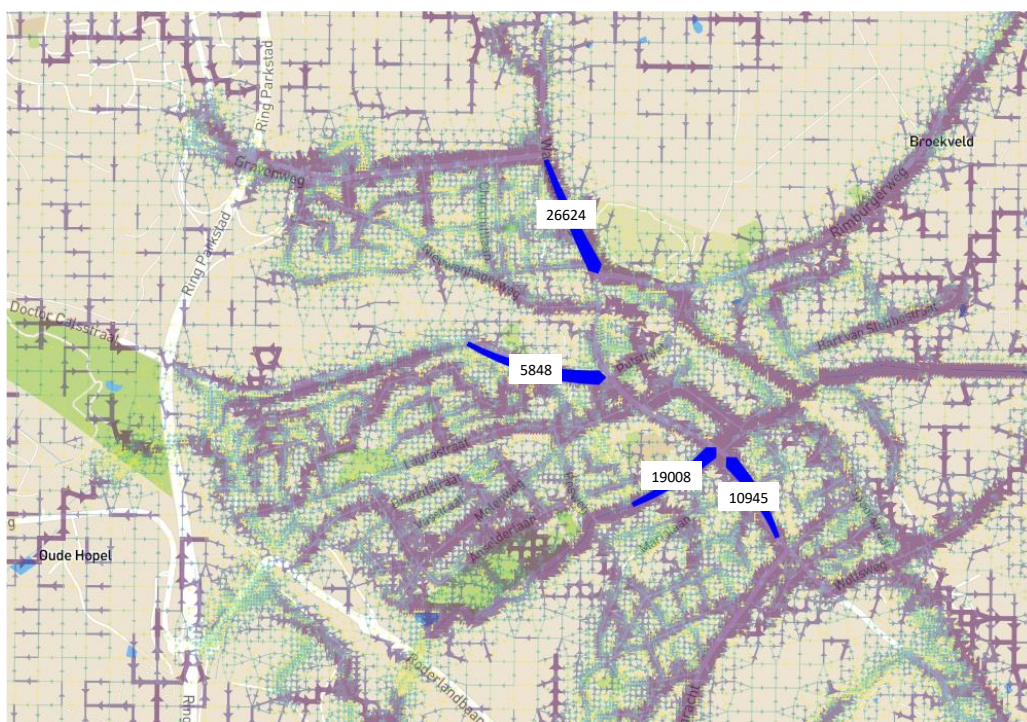
Veel water stroomde over de wegen (Gravenweg en Waubacherweg), onder het spoorviaduct door richting het centrum van Eygelshoven. Uiteindelijk ontstond de meeste schade rond Kleine Stegel, rond de overkluizing van de Anselderbeek (rode cirkel in Figuur 12). Het water stroomde tientallen huizen en winkels in.



Figuur 12 Maximale berekende waterdieptes voor berekening 29 juni 2021

Om de gebeurtenis van eind juni te simuleren hebben we het 3Di model van Parkstad gebruikt. Het model is verbeterd met een aantal lokale verfijningen (zie bijlage B.1).

De modelberekening van 29 juni overschat (zelfs nog na de modelaanpassingen) de waargenomen waterdieptes. Figuur 12 toont een kaart met de berekende, maximale waterdieptes. Het model berekent circa 1.20m water op straat. Rondom de Kleine Stegel (zie rode cirkel in Figuur 12) is een daadwerkelijke waterdiepte van circa 60 cm afgeleid uit hoe hoog vuil in gaas zat bijvoorbeeld (bron gemeente en omwonenden). Een waarschijnlijke verklaring hiervoor is de overschatting van de neerslag die is gebruikt in de berekeningen (zie vergelijking radar KNMI versus NRR in bijlage B.2). Sowieso is het model niet afgeregeld op dit soort extreme neerslagintensiteiten. De neerslagafvoerparameters zijn afgeleid uit modelresultaten met veel lagere neerslagsommen en -intensiteiten. Daarnaast ontbreekt de riolering in het model, waardoor zowel het (naar verwachting beperkte) effect van berging als afvoer via de riolering wordt verwaarloosd. Deze aspecten moeten bij de interpretatie van de resultaten worden meegewogen.



Figuur 13 Grove waterbalans met totale volumes voor berekening 29 juni 2021

Figuur 13 toont de totale volumes die in de berekening uit de verschillende richtingen afstromen. Uit het noorden werd ongeveer 27.000 m³ berekend. Een zelfde hoeveelheid water kwam vanuit het zuidoosten. De Anselderbeek voerde 19.000 m³ water aan. Vanuit het westen (Strijthagerbeek) werd ongeveer 6.000 m³ aangevoerd. Hieruit blijkt dat (zeker in vergelijking met de balans voor de stresstestberekening, zie volgende paragraaf) relatief veel water uit het noorden kwam en (gelukkig) relatief weinig vanuit het westen via de Strijthagerbeek.

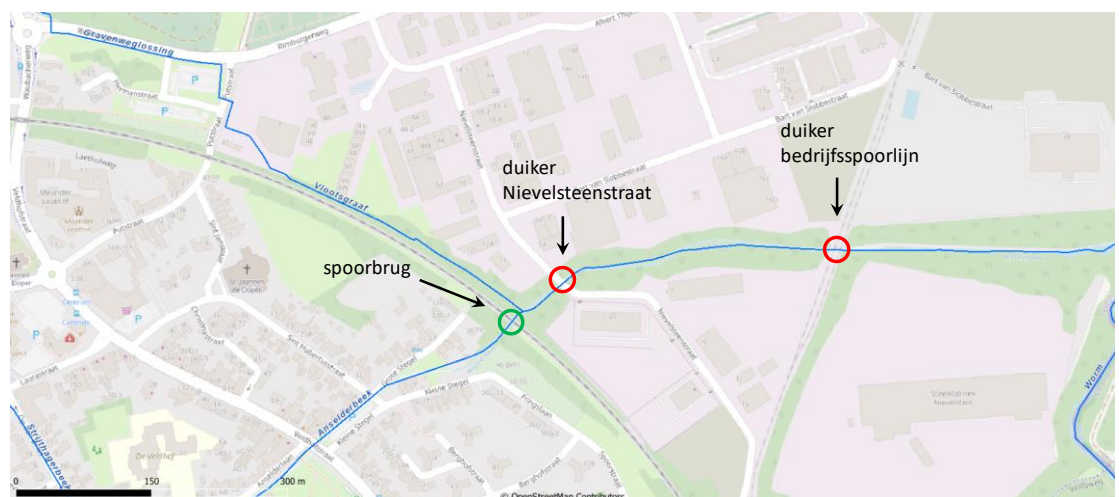
De uiteindelijke schade liep in de miljoenen. Gelet op het aantal woningen dat erbij betrokken was, en waarvan sommige zelfs nu nog niet zijn bewoond, was de schade per woning hoog. Het schadebedrag voor de gemeente ligt rond de 500.000 euro. De overige schade aan huizen, winkels etc. is niet bekend.

In vergelijking met de wateroverlast van 2018 was de schade nu veel groter. Toen was er vooral schade aan het wegdek van de Torenstraat met een bedrag van ongeveer 150.000 euro. Voor zover bekend was de schade toen beperkt tot gemeentelijke eigendommen.

Eén van de onderzoeksvragen is of er specifieke infrastructuur is die heeft bijgedragen aan de wateroverlast. Specifiek werd daarbij gedacht aan het rooster in de Anselderbeek ter hoogte van de Grote Stegel (zie Figuur 14). Het antwoord op deze vraag moeten we schuldig blijven, aangezien de resolutie van het gebruikte model hiervoor te grof is. Het specifieke rooster zit niet als zodanig in het model. Wat we wel kunnen zien is dat de spoorbrug en duikers (zie Figuur 15) in de Anselderbeek opstuwung veroorzaken van in totaal circa 3.5 meter. Dit zijn de duikers onder de Nievelsteenstraat en vooral die van de oude bedrijfsspoorlijn. Het effect van het mogelijke te kleine rooster valt daarbij vermoedelijk in het niet.



Figuur 14 Rooster Anselderbeek ter hoogte van de Grote Stegel



Figuur 15 Ligging van de spoorbrug over de Anselderbeek (groen) en de (krappe) duikers onder de Nievelsteenstraat en de oude bedrijfsspoorlijn (rood)

De spoorbrug van de Anselderbeek bevatte nog een rooster/hek, dat de opstuwing alleen maar vergroot zal hebben. De restanten van dit rooster zijn in november 2021 door het waterschap verwijderd.



Figuur 16 Spoorbrug Anselderbeek in juli 2021 na het hoogwater. In november 2021 heeft het waterschap (de restanten van) het hek verwijderd. (foto: Wim Bosten, gemeente Kerkrade)

4.3 Neerslag juli 2021

De gebeurtenis van 13 en 14 juli was vooral extreem voor de neerslagsom op 48-uurbasis in combinatie met de ruimtelijke schaal. De individuele uurwaarden boven Eygelshoven waren niet zo extreem. Daardoor vond veel minder oppervlakkige afstroming plaats en was de wateroverlast niet vergelijkbaar met die op 29 juni.

Het was gedurende korte tijd precair op woensdag 14 juli rond 16 uur toen het korte tijd hard ging regenen en er daadwerkelijk water op straat kwam te staan. Maar voordat dit tot problemen kon leiden stopte het met hard regenen.

In dit soort langdurige neerslagsituaties wordt niet zozeer het afvoersysteem van Eygelshoven zwaar belast, maar juist eerder de Worm. Het kan dan zelfs gebeuren dat vanuit de Worm het water op de Anselderbeek wordt opgestuwd en tot wateroverlast leidt. Dit was in juli echter ook niet het geval.

Voor zover bekend is er in juli geen schade opgetreden.

4.4 Resultaten stresstest

Waterschap Limburg en de gemeente Kerkrade hebben in 2019 stresstesten uit laten voeren. Hiervoor is een aantal theoretische situaties doorgerekend, waarbij is uitgegaan van homogene blokbuien met lage intensiteiten (ten opzichte van de intensiteiten die voor afleiding van de modelparameters werden gebruikt). Voor de T=100 bui (een bui die gemiddeld een keer per 100 jaar voorkomt) is uit gegaan van de T=100 blokbui (zie paragraaf 2.3). De neerslag is homogeen over het gebied verdeeld en komt neer op 61 mm in 2 uur.

Deze berekening is met het aangepaste model opnieuw uitgevoerd. Deze berekening is interessant omdat hier de neerslag uniform over het gebied is verspreid; er valt dus overal evenveel regen.

Maximale waterdiepte: scenario huidig-verbeterd T100



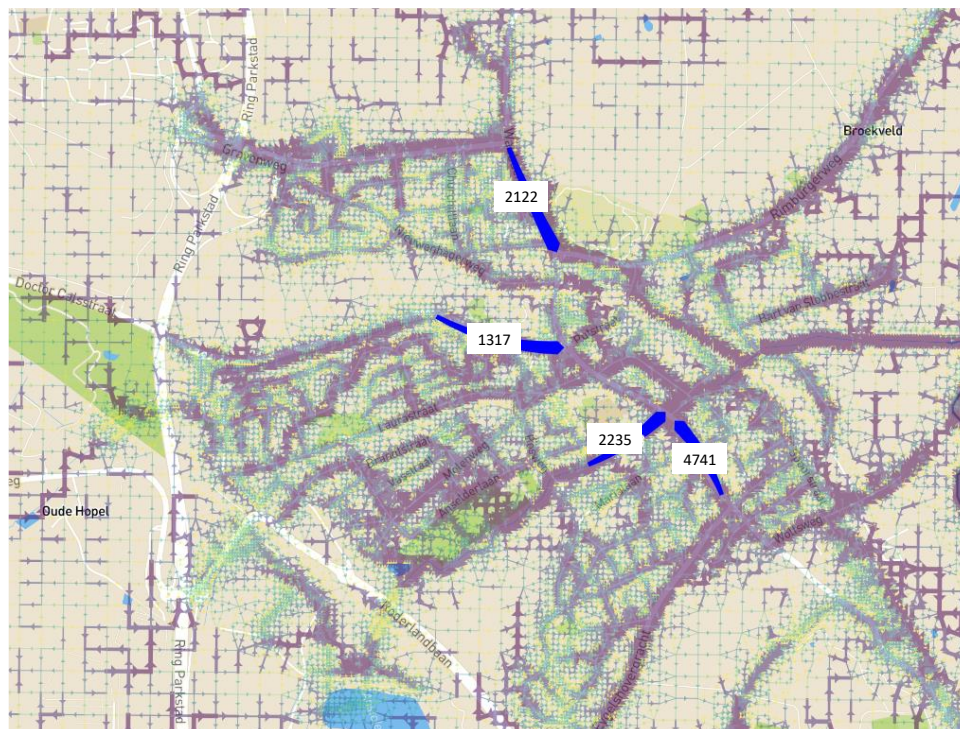
Figuur 17 Maximale berekende waterdieptes voor berekening van stresstest T=100 bui. Transparant geel gearceerd de Berghofstraat en Fringslaan

Figuur 17 toont de berekende, maximale waterdieptes voor de stresstestberekening. In deze berekening is de maximale waterdiepte veel minder dan bij de bui van 29 juni. Ook rondom de Kleine Stegel ontstaat nu wateroverlast maar die is “beperkt” tot 20 cm (in de berekening van 29 juni 120 cm). We zien dat deze overlast niet wordt veroorzaakt door de duikers, die zijn aangegeven in Figuur 15. In deze berekening wordt de wateroverlast veroorzaakt door aanvoer uit zuidelijke richting van de Berghofstraat en de Fringslaan (zie gele arceringen in Figuur 17). Dit water zoekt zijn weg naar de Anselderbeek, maar omdat het veel water is, treden er toch waterdieptes van circa 20 cm op (zie details in bijlage B.4.6).

De waterbalans in Figuur 18 toont veel kleinere volumes die afstromen, maar ook een andere verhouding (zie Tabel 3). Relatief kwam er op 29 juni veel meer water vanuit noordelijke richting dan in de stresstestbui. Dat is logisch, omdat op 29 juni heel veel oppervlakkige afstroming optrad tussen Landgraaf en Eysgelshoven, iets wat bij geringere

neerslaghoeveelheden veel minder zal optreden. Bij beperkte neerslag zal een groter deel of zelfs alle neerslag infiltreren in de bodem of via de riolering worden afgevoerd, zonder oppervlakkige afstroming. De berekende afstroming op 29 juni was vanuit het noorden 12x groter, terwijl de bui circa 2x zwaarder was (met nogmaals de kanttekening dat de neerslagafvoerparameters niet zijn getoetst voor zulke extreme buien). Dit verschil illustreert dat het de moeite loont om water vanuit die richting om te leiden of te bufferen, zodat het niet tot problemen in het centrum leidt bij de echt extreme buien.

Overigens blijkt uit de waterbalans ook dat volgens het model minstens zoveel water uit zuidoostelijke richting komt. Voor situaties als op 29 juni zouden eventueel vergelijkbare maatregelen kunnen worden genomen aan deze zijde van het dorp. Dit is in het kader van dit onderzoek niet meer verder uitgewerkt, maar hier liggen mogelijk nog aanvullende kansen voor verbetering.



Figuur 18 Grove waterbalans met totale volumes voor T=100 berekening

Tabel 3 Waterbalans voor de berekende oppervlakkige afstroming op 29 juni en volgens de T=100 ontwerp bui

Bron	Volume 29 juni [m ³]	Volume T=100 [m ³]	Factor	Aandeel 29 juni [%]	Aandeel T=100 [%]
Groenstergracht en Gravenweg (noord/noord-west)	26624	2122	12.5	43%	20%
Strijthagerbeek - Torenstraat (west)	5848	1317	4.4	9%	13%
Anselderbeek (zuid-west)	19008	2235	8.5	30%	21%
Veldhofstraat (zuid-oost)	10945	4741	2.3	18%	46%
Totaal	62425	10415	6.0	100%	100%

4.5 Conclusies met betrekking tot het functioneren van het watersysteem

Op 29 juni 2021 viel in de avond een bui van ongeveer 90 mm in 2 uur. De meeste neerslag viel vooral in een strook ten noorden van Eyselshoven (tussen Eyselshoven en Landgraaf). Doordat het 's morgens ook al geregend had, was de bodem al nat en waren de waterbuffers al (deels) gevuld met water. Er stroomde daardoor veel neerslag oppervlakkig af. Dit leidde tot schade in Eyselshoven. Waterdieptes rond de Kleine Stegel waren maximaal circa 50-60 cm. Door de lokaal soms hoge stroomsnelheden is veel schade opgetreden aan straten. Daarnaast liepen veel woningen en winkels vol met water, wat tot nog veel meer schade heeft geleid. De herhalingstijd van deze neerslaggebeurtenis wordt ingeschat op ongeveer 350 tot 400 jaar.

Het watersysteem voldoet volgens berekeningen van het waterschap aan de gestelde normering. Belangrijke knelpunten die zich in juni 2021 voordeden in het systeem lijken samen te hangen met enerzijds de grote wateraanvoer richting het centrum en anderzijds de duikers in de Anselderbeek onder de Nievelsteenstraat en de oude bedrijfsspoorlijn.

In juli 2021 is ook een grote hoeveelheid neerslag gevallen in dit gebied. De totale hoeveelheid bedroeg circa 140 mm. De neerslag viel toen echter verspreid over een periode van twee tot drie dagen, waardoor de intensiteit veel lager was dan tijdens de bui van 29 juni. Op basis van de neerslag van juli 2021 kunnen we concluderen dat het watersysteem rond Eyselshoven geen problemen ondervindt bij langdurige neerslag met een lage intensiteit, want er was nauwelijks sprake van oppervlakkige afstroming. De duikers in de Anselderbeek vormden toen ook geen knelpunt.

De T=100 bui die wordt gebruikt bij de stresstest gaat uit van een totaal neerslagvolume van 61 mm in twee uur, uniform over het hele gebied. De totale hoeveelheid neerslag is daarmee veel minder dan tijdens de bui in de avond van 29 juni. Dit leidt er toe dat de totale hoeveelheid neerslag die oppervlakkig tot afstroming komt in de T=100 stresstest-bui veel geringer is dan tijdens de bui van 29 juni 2021. Als gevolg daarvan treedt er ook veel minder wateroverlast op. Die is er nog steeds wel rond de Kleine Stegel, maar wordt vooral veroorzaakt door lokale afstroming en niet door de duikers richting de Worm.

Geconcludeerd wordt dat wateroverlast in Eyselshoven vooral te verwachten is bij relatief korte intense buien op een natte ondergrond en gedeeltelijk gevulde waterbuffers. De problemen aan de oostkant van het centrum van Eyselshoven (omgeving Kleine en Grote Stegel) zoals opgetreden op 29 juni lijken vooral samen te hangen met de extreme hoeveelheid neerslag en afstroming, waarbij de duikers in de Anselderbeek richting de Worm op een gegeven moment knellend worden. Bij de T=100 bui, en laat staan bij de T=25 ontwerpnorm, is hier echter geen sprake van.

5 Verkenning van mogelijke maatregelen

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk beschrijven we de resultaten van een verkenning van mogelijke maatregelen die is uitgevoerd in nauwe samenwerking met de gemeente en het waterschap. Hiertoe is het model aangepast met de geplande verbetermaatregelen (zie hoofdstuk 2.4 en bijlage A).

De zoektocht naar mogelijke maatregelen was gericht op het reduceren van schade bij bovenmaatgevende gebeurtenissen. Immers, volgens de berekeningen van het waterschap voldoet het systeem aan de normen tegen wateroverlast, in dit geval een $T=25$.

De onderzochte maatregelen onderscheiden we naar type, namelijk:

- Bronmaatregelen
- Regenwaterbuffers
- Verruimen van afvoercapaciteit
- Reduceren schade door bescherming eigendommen (knop 4 maatregelen)

Verschillende maatregelen zijn doorgerekend met de $T=100$ bui uit de stresstestberekening. Dit is een zware belasting ten opzichte van de normbui van $T=25$. De bui is uniform genomen (in tegenstelling tot de opgetreden bui van 29 juni) omdat dat een meer algemeen beeld geeft van de knelpunten (en bijvoorbeeld ook de afvoer en werking van de Strijthagerbeek beter verdisconteerd is).

De effecten van maatregelen illustreren we aan de hand van kaarten met de berekende maximale waterdieptes en grafieken met het verloop van de waterdieptes op een aantal punten. Ten opzichte van de uitgangssituatie vergelijken we door middel van verschilkaarten de maximale waterdieptes. Alle kaarten staan in bijlage B.

Voordat gestart is met de verkenning van mogelijke maatregelen, zijn eerst de geplande (maar nog niet gerealiseerde) maatregelen door gerekend. Het model inclusief deze geplande maatregelen vormt de basis voor de verkenning van de aanvullende maatregelen.

5.2 Reeds geplande maatregelen

Dit voorjaar (maart t/m mei 2022) zijn maatregelen voorzien aan de Rimbürgerweg. Regenwater dat uit noordelijke richting naar Eygelshoven stroomt zal daardoor beter naar het oosten worden afgeleid. Er zal dan minder water rechtdoor via de Veldhofstraat afstromen naar het centrum. Het effect van deze maatregelen is zichtbaar gemaakt in Figuur 19. De figuur toont een duidelijke afname van de waterdieptes in het centrum en een (gewenste) toename van de waterdieptes ten noorden van de spoorlijn, daar waar het water wordt omgeleid. Dit effect wordt nog veel beter zichtbaar bij dezelfde berekening, maar dan voor 29 juni (zie figuren in Bijlage B.4.1).

Het effect van de maatregelen op de maximale waterdieptes bij Kleine Stegel is voor de $T=100$ situatie heel beperkt: minder dan 1 cm. Voor de veel extremere gebeurtenis van 29 juni is het effect veel duidelijker: circa 30 cm (met de kanttekening dat de waterhoogtes hier werden overschat en dit effect dus mogelijk ook is overschat).

Uit de opgestelde waterbalansen (zie hoofdstuk 4) blijkt dat volgens het model veel water uit zuidoostelijke richting komt. Voor situaties als op 29 juni zouden mogelijk vergelijkbare maatregelen kunnen worden genomen aan de zuidkant van het dorp. Dit is in het kader van dit onderzoek niet meer verder uitgewerkt.



Figuur 19 Effect geplande aanpassingen Rimburcherweg bij T=100 (verschil met huidige situatie). Ter hoogte van de Veldhofstraat (in het zuiden) zijn enkele vlekken met afwisselend een toe- en afname te zien; dit is waarschijnlijk het gevolg van interpolatie-artefacten van de berekende waterdieptes. Het advies is om dit nader te onderzoeken en zo nodig het model hier op aan te passen

5.3 Bronmaatregelen

Bronmaatregelen zijn alle maatregelen die water vasthouden bij de bron en zo voorkomen dat de neerslag tot afstroming komt (of de afstroming vermindert). In bebouwd gebied kan dit door hergebruik regenwater (bv. regentonnen), afkoppelen en infiltreren van verhard oppervlak en door de verwijdering van verharding (ontstenen en vergroenen). In landelijk gebied zijn diverse bronmaatregelen mogelijk in de agrarische bedrijfsvoering en op natuurterreinen om water vast te houden en meer te laten infiltreren. Het effect van bronmaatregelen is doorgaans vooral te zien bij hoogfrequente gebeurtenissen, ofwel bij buien waarbij een beperkte hoeveelheid neerslag valt. Voor extreme situaties zoals op 29 juni is de bijdrage van bronmaatregelen doorgaans relatief beperkt, omdat slechts een beperkte hoeveelheid kan worden vastgehouden of geïnfiltreerd.

Het mogelijke effect van eventuele bronmaatregelen is in deze analyse zichtbaar gemaakt door een berekening waarbij is aangenomen dat de eerste 10 mm van de neerslag infiltreert in de bodem.



Figuur 20 Verschilkaart met effect van bronmaatregelen voor T=100 (bronmaatregelen versus geplande maatregelen Rimburgerweg). Ter hoogte van de Veldhofstraat (in het zuiden) zijn enkele vlekken met een toename te zien; dit is waarschijnlijk het gevolg van interpolatie-artefacten van de berekende waterdieptes. Het is advies is om dit nader te onderzoeken en zo nodig het model hier op aan te passen

Figuur 20 toont het indicatieve effect van bronmaatregelen voor de T=100 situatie. Bij Kleine Stegel neemt de wateroverlast met circa 3 cm af. In bijlage B.4.4 staat de figuur met het effect voor 29 juni. Dat effect is groter wat betreft ruimtelijke omvang. De afname bij Kleine Stegel is in dit geval circa 20 cm, wat relatief nog een duidelijke verbetering is gezien de verwachte beperkte bijdrage bij meer extreme neerslag.

5.4 Regenwaterbuffers

Het waterschap en de gemeente hebben de afgelopen jaren meerdere regenwaterbuffers aangelegd. Deze werken ongestuurd, wat wil zeggen dat alleen de uitlaat wordt afgeknepen tot een maximaal debiet door middel van een zogeheten spindelschuif. Dit maximaal debiet en daarmee de instelling van de spindelschuif is zodanig dat de buffers in 24 uur leeglopen.

De kracht van de buffers en de vaste spindelschuiven zit hem in de eenvoud en daarmee de robuustheid. De keerzijde is dat de berging soms veel effectiever zou kunnen worden ingezet wanneer ze wel gestuurd zouden zijn. Dat vereist echter een extra stuk automatisering en complexiteit die niet altijd beter werkt.

Het reduceren van de afvoer vanuit Landgraaf is mogelijk door middel van een extra buffer ergens tussen Landgraaf en Eygelshoven, langs de Groenstergracht. Ook zou de buffer op de hoek bij Gravenweg-oost en Waubacherweg kunnen worden uitgebreid; de grond is al in eigendom van de gemeente Landgraaf. Een andere voor de hand liggende locatie is de verlaging naast de oude Hermansgroeve (zie punt D op Figuur 4). Nu al stroomt veel water in deze laagte maar het stroomt er (in ieder geval in het model, in werkelijkheid is de leegloop verzand en dichtgeslibt) bijna net zo snel weer uit. De buffering is daarmee nu beperkt, maar kan worden vergroot door het opschonen en aanleggen van een spindelschuif.

Het mogelijke effect van extra buffering is duidelijk gemaakt door de laagte naast de voormalige Hermansgroeve maximaal te laten bufferen. De buffercapaciteit neemt dan toe met circa 1000 m³ (mondelinge informatie van het waterschap Limburg, gebaseerd op eerdere analyses).

Wanneer deze laagte ook nog verder wordt uitgediept, ontstaat nog meer capaciteit, maar dit is niet onderzocht. Bedenk hierbij dat de totale afvoer voor de T=100 bui vanuit het noorden ongeveer 2000 m³ was, wat betekent dat de extra buffercapaciteit een fors effect kan hebben.



Figuur 21 Verschilkaart met effect van laagte naast Hermansgroeve als regenwaterbuffer voor T=100

Figuur 21 toont het effect van alleen het aanleggen van de spindelschuif zonder extra verdieping. Zoals verwacht, is het effect bij de T=100 beperkt tot met name de Vlootsgraaf. Voor de extreme situatie van 29 juni (zie bijlage B.4.5) is het effect nihil.

Het inrichten van de Hermansgroeve als buffer is dus beperkt effectief, maar kan effectiever worden wanneer het wordt gecombineerd door die uit te graven en met bijvoorbeeld 2000 m³ te vergroten.

5.5 Verruimen afvoercapaciteit

Naast bronmaatregelen en buffering, die zijn gericht op het beperken van de toevoer van water, is het ook mogelijk om de afvoercapaciteit te verhogen. Dit wordt nu al gedaan door de afvoer vanuit het noorden via de herinrichting van de Rimburgerweg direct naar de Vlootsgraaf te leiden, wat een positief effect heeft op de afvoercapaciteit bij echt extreme buien.

Vanuit de berekeningen voor 29 juni blijkt dat de spoorbrug en duikers in de Anselderbeek vanaf het instroompunt van de Vlootsgraaf forse opstuwing kunnen veroorzaken bij extreme neerslag (nog extremer dan de T=100 situatie, zie bijlage B.1.3). Ter indicatie is een aantal berekeningen uitgevoerd waarbij deze duikers zijn vergroot. In de berekeningen is gevarieerd met de grootte als ook met welke duiker wel/niet wordt vergroot. Al deze berekeningen zijn beschreven in bijlages B.4.2 en B.4.3.

De conclusie uit de berekeningen is dat het effect in de T=100 situatie – zoals verwacht – nihil is, maar in de 29 juni situatie veel groter. De waterhoogtes bij Kleine Stegel nemen dan met circa 5-10 cm af wanneer beide duikers worden vergroot en zelfs 50-60 cm wanneer ook de doorgang onder de spoorbrug wordt verruimd. De onderzochte verruiming is zodanig dat de duikers minimaal 5 meter breed worden. Extra verruimen tot 10 meter heeft geen aanvullend effect meer.

5.6 Overige maatregelen ter reductie van schade

Maatregelen zullen nooit alle wateroverlast en daarmee alle schade kunnen voorkomen. Zeker in (zeldzame) gebeurtenissen die de ontwerpcapaciteit fors te boven gaan is er nog steeds kans op overlast en zelfs schade. De maatregelen in de vorige paragrafen zijn er op gericht om excessieve schade in dit soort situaties te voorkomen. Daarnaast is er ook een eigen verantwoordelijkheid van de burgers om hun eigendommen te beschermen in het geval van bovenmaatgevende omstandigheden.

Voorbeelden van maatregelen die burgers kunnen treffen zijn om schade te voorkomen of te verminderen:

- Het plaatsen van zandzakken
- Het plaatsen van schotten voor de deuren
- Tegelvloeren op de begane grond plaatsen
- Stopcontacten niet te laag bij de grond plaatsen

Het waterschap heeft dit onderdeel vormgegeven in hun programma Water in Balans (WL, 2020), waar dit soort maatregelen als de '4^e knop' wordt gezien waaraan kan worden gedraaid (naast knoppen 1 t/m 3, die zich richten op maatregelen in respectievelijk het buitengebied, bebouwd gebied en het watersysteem).

De burgers dienen hierover ook goede voorlichting te krijgen. Daarnaast dienen ze ook tijdig en goed gewaarschuwd te worden op het moment dat wateroverlast dreigt, zodat ze tijdig maatregelen kunnen nemen om eventuele schade te beperken. Dit aspect van early warning is in dit onderzoek niet verder uitgewerkt.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Eygelshoven heeft de laatste jaren regelmatig last gehad van forse wateroverlast. In opdracht van waterschap Limburg heeft Deltares een onderzoek uitgevoerd om deze overlast te analyseren en duiden en te zoeken naar mogelijke maatregelen. Directe aanleiding tot dit onderzoek was de hevige neerslag op 29 juni 2021.

Op de meeste onderzoeksvragen hebben we een helder antwoord kunnen vinden, mede met behulp van het 3Di model van de omgeving. Bij sommige antwoorden is een slag om de arm nodig, vanwege de beperkingen van dit model. Het model is redelijk in staat gebleken om de situatie van 29 juni 2021 te simuleren, zij het dat de berekende waterdieptes door het ontbreken van de riolering worden overschat.

De neerslag van 29 juni 2021 heeft een herhalingstijd van circa 350-400 jaar, uitgaande van statistiek uit het verleden (huidig klimaat). Als gevolg van het veranderd klimaat kunnen dit soort gebeurtenissen zich in de toekomst (zichtjaar 2050) circa tweemaal vaker voordoen. De herhalingstijd zal dan afnemen tot 175-200 jaar.

De huidige ontwerpnorm tegen wateroverlast is voor Eygelshoven (uitgedrukt in herhalingstijd) 25 jaar. Dat betekent dat de situatie op 29 juni veel extremer was dan waar het watersysteem op is ingericht. Het waterschap heeft momenteel de wettelijke plicht om te zorgen voor een goed functionerend watersysteem tot een herhalingstijd van 25 jaar. Naar aanleiding van de wateroverlast in 2021 vindt een herbezinning plaats op de wateroverlastnormering. Wellicht leidt dat tot een andere normeringssystematiek of tot andere normen waarmee de opgave van het waterschap op termijn kan wijzigen. Daarnaast zou het ook vanuit oogpunt van kosten versus baten effectief kunnen zijn om maatregelen te nemen (investeren te doen) die mogelijke schade bij bovenmaatgevende situaties reduceren. Of dergelijke maatregelen kosteneffectief zijn is in deze studie niet onderzocht.

De gemeente heeft zelf reeds ingezet op het verschuiven van de afvoer uit noordelijke richting naar Rimbürgerweg en de Vlootsgraaf, om zo het centrum te ontzien. Deze maatregel (waarvan de realisatie is gestart in 2021 en in het voorjaar van 2022 wordt afgerond) leidt in de berekeningen tot een duidelijke vermindering van de wateroverlast bij heel extreme gebeurtenissen zoals die van 29 juni. Aanvullend is het wel nodig om ook de Vlootsgraaf te verbreden, om te voorkomen dat het water alsnog via de Putstraat het centrum in stroomt en daar juist extra wateroverlast ontstaat. Deze actie wordt momenteel door het waterschap onderzocht.

Uit onze verkennende berekeningen blijkt dat het effect van deze voorgenomen werkzaamheden positief uitwerkt op de T=100 stresstestbui. Wat betreft de waterdieptes op de Kleine Stegel is het effect nihil, omdat in die situatie de wateroverlast wordt veroorzaakt door lokale afstroming en niet vanuit de Anselderbeek optreedt.

Aanvullend zijn diverse maatregelen verkend die (alleen of ook in combinatie) de wateroverlast en mogelijke schade kunnen beperken. Dit geldt in zekere zin voor alle vier de knoppen die in het programma Water in Balans worden genoemd. De knoppen 1 en 2 zijn bronmaatregelen in het landelijk en stedelijk gebied.

Knop 3 bevat maatregelen in het watersysteem, zoals de aanleg van regenwaterbuffers en het oplossen van afvoerknelpunten. Voor regenwaterbuffers geldt dat hun effectiviteit beperkt is en sterk afneemt bij echt extreme gebeurtenissen. Dat neemt niet weg dat elke druppel en elke gebufferde kuub telt. Daarom lijkt de aanleg van de laagte naast de Hermansgroeve als extra buffer een goede maatregel. De duikers van de Anselderbeek onder de Nievelsteenstraat en de beide spoorlijnen voldoen aan de norm en blijken alleen in heel extreme situaties zoals 29 juni een beperkende factor te zijn in de afvoer bij extremere gebeurtenissen. Het vergroten van deze duikers verlaagt het potentiële risico op schade in dat soort gevallen wel heel duidelijk.

De zelfredzaamheid van burgers ten slotte (knop 4) kan worden vergroot door goede voorlichting vanuit het waterschap en de gemeente.

Al met al concluderen we op basis van dit verkennend onderzoek dat diverse maatregelen mogelijk zijn waarmee wateroverlast in het centrum van Eygelshoven kan worden beperkt. Hiertoe is wel een gedetailleerd vervolgonderzoek inclusief detailontwerp nodig, naast een kosten-batenafweging.

6.2 Aanbevelingen

Onze eerste en belangrijkste aanbeveling is dat een gedetailleerd vervolgonderzoek inclusief detailontwerp nodig is. In dit onderzoek dient ook het effect van riolering enerzijds maar ook de Worm anderzijds te worden meegenomen, naast het goed toetsen en afregelen van de neerslagafvoerparameters voor extreme neerslagintensiteiten. Dit vereist een integraal model waarmee de actuele situatie kan worden getoetst en maatregelen kunnen worden ontworpen. Hierbij is het ook aan te bevelen om de huidige normering voor wateroverlast tegen het licht te houden en uit te breiden met richtlijnen voor bovenmaatgevende gebeurtenissen.

We adviseren om de effectiviteit van maatregelen te spiegelen aan hun kosten: enerzijds om excessieve kosten te voorkomen, anderzijds om laaghangend fruit niet te laten hangen. Op basis van een eenvoudige kosten-batenanalyse kan een investering in het voorkomen van schade bij bovenmaatgevende gebeurtenissen een goede keuze blijken te zijn.

Naast maatregelen in de infrastructuur zelf is zelfredzaamheid van burgers ook belangrijk. Die dienen daartoe goede voorlichting te krijgen. Daarnaast dienen ze ook tijdig en goed gewaarschuwd te worden op het moment dat wateroverlast dreigt. Nader onderzoek of dit mogelijk is (gelet op de snelheid waarmee wateroverlast kan ontstaan) en de wijze waarop is gewenst.

Referenties

NERC (1975) Flood Studies Report. Natural Environment Research Council, London

STOWA (2019) Neerslagstatistiek en -reeksen voor het waterbeheer 2019. STOWA-rapport 2019-19

STOWA (2020) Standaarden voor de stresstest wateroverlast (herzien o.b.v. nieuwe neerslagstatistiek 2019), 7 april 2020

WL (2020) Water in balans, jaaroverzicht 2020

WSP (2021) Quickscans wateroverlast Limburg, quickscan 2 Eygelshoven. WSP-rapport WAB018271

Websites:

- <https://parkstad.klimaatatlas.net/>
- <https://www.wunderground.com/>
- <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/wateroverlast/informatie-maat/basisgegevens>
- <https://www.demijnstreek.net/bruinkoolwinning-in-eygelshoven/>

A Neerslagstatistieken STOWA 2019

Uit het STOWA rapport van 2019 zijn de volgende relevante tabellen overgenomen.

TABEL 2 BASISSTATISTIEK VOOR HET JAAR; NEERSLAGHOEVEELHEDEN (IN MM) BIJ VERSCHILLENDE HERHALINGSTIJDEN EN NEERSLAGDUREN TUSSEN 10 MINUTEN EN 8 DAGEN. NB DE HOEVEELHEDEN IN DEZE TABEL KUNNEN VOOR PRAKTISCH GEBRUIK AFGEROND WORDEN OP HELE MILIMETERS. HIER IS DAT BEWUST NIET GEDAAN OM AFRONDINGSFOUTEN TE VOORKOMEN WANNEER DEZE GETALLEN GEKOMBINEERD WORDEN MET KLIMAATSCENARIOFACTOREN IN DEELRAPPORT 2 EN/OF DE REGIONALE SCHALINGSFACTOREN IN DEELRAPPORT 3

T [jaar]	Neerslagduur										
	10 min	30 min	60 min	2 uur	4 uur	8 uur	12 uur	24 uur	2 dagen	4 dagen	8 dagen
0.5	8.1	10.4	12.6	15.3	18.6	22.2	24.6	30.4	38.6	50.4	68.3
1	10.2	13.5	16.2	19.5	23.4	27.7	30.5	36.8	46.0	59.3	79.4
2	12.2	16.6	20.0	24.0	28.4	33.4	36.5	43.8	54.0	68.6	90.5
5	15.1	21.2	25.8	30.7	35.9	41.7	45.2	54.2	65.5	81.4	105.1
10	17.5	25.3	31.0	36.8	42.8	49.1	52.9	63.0	74.9	91.6	116.1
20	20.3	30.2	37.2	44.2	51.1	58.0	61.9	72.6	85.0	102.1	127.0
25	21.3	32.0	39.5	46.9	54.1	61.2	65.2	75.9	88.5	105.6	130.5
50	24.7	38.2	47.7	56.5	64.8	72.5	76.6	86.9	99.5	116.6	141.5
100	28.7	45.8	57.7	68.4	78.0	86.2	90.2	98.9	111.4	128.1	152.3
200	33.4	55.0	70.0	81.3	88.7	95.0	98.1	112.1	124.2	140.0	163.2
250	35.0	58.4	74.5	86.5	93.9	100.0	102.9	116.7	128.5	143.9	166.7
500	40.8	70.4	90.7	105.0	112.2	117.5	119.6	131.7	142.5	156.4	177.5
1000	47.6	84.9	110.6	127.6	134.4	138.3	139.2	148.2	157.5	169.4	188.3

TABEL 6 KLIMAATSCENARIO STATISTIEK VOOR HET SCENARIO 2050 UPPER VOOR HET JAAR; NEERSLAGHOEVEELHEDEN (IN MM) BIJ VERSCHILLENDE NEERSLAGDUREN TUSSEN 10 MINUTEN EN 24 UUR

T [jaar]	Neerslagduur							
	10 min	30 min	60 min	2 uur	4 uur	8 uur	12 uur	24 uur
0.5	9.8	12.7	15.2	18.6	22.4	26.4	28.8	34.1
1	12.3	16.3	19.7	23.7	28.2	33.0	35.9	41.7
2	14.8	20.1	24.3	29.0	34.2	39.8	43.1	50.1
5	18.3	25.7	31.2	37.2	43.4	49.9	53.6	62.5
10	21.2	30.7	37.5	44.6	51.7	58.8	62.8	72.9
20	24.6	36.6	45.2	53.6	61.7	69.5	73.7	84.4
25	25.8	38.8	47.9	56.8	65.3	73.4	77.6	88.4
50	30.0	46.4	57.8	68.6	78.3	87.0	91.3	101.4
100	34.8	55.6	69.9	83.0	94.2	103.5	107.6	115.8
200	40.5	66.7	84.8	98.6	107.2	114.1	117.2	131.6
250	42.5	70.8	90.3	104.9	113.5	120.2	123.0	137.0
500	49.5	85.3	110.0	127.3	135.7	141.3	143.1	154.9
1000	57.8	103.0	134.2	154.8	162.6	166.4	166.6	174.6

B Detailkaarten met berekeningsresultaten

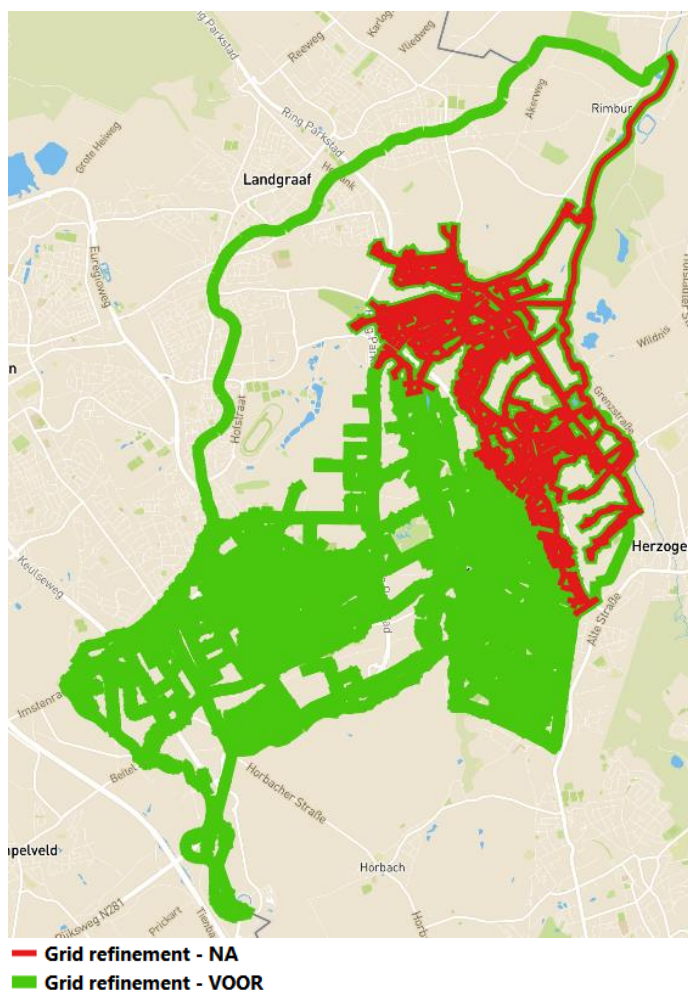
B.1 Modelberekeningen

B.1.1 Huidig-2D

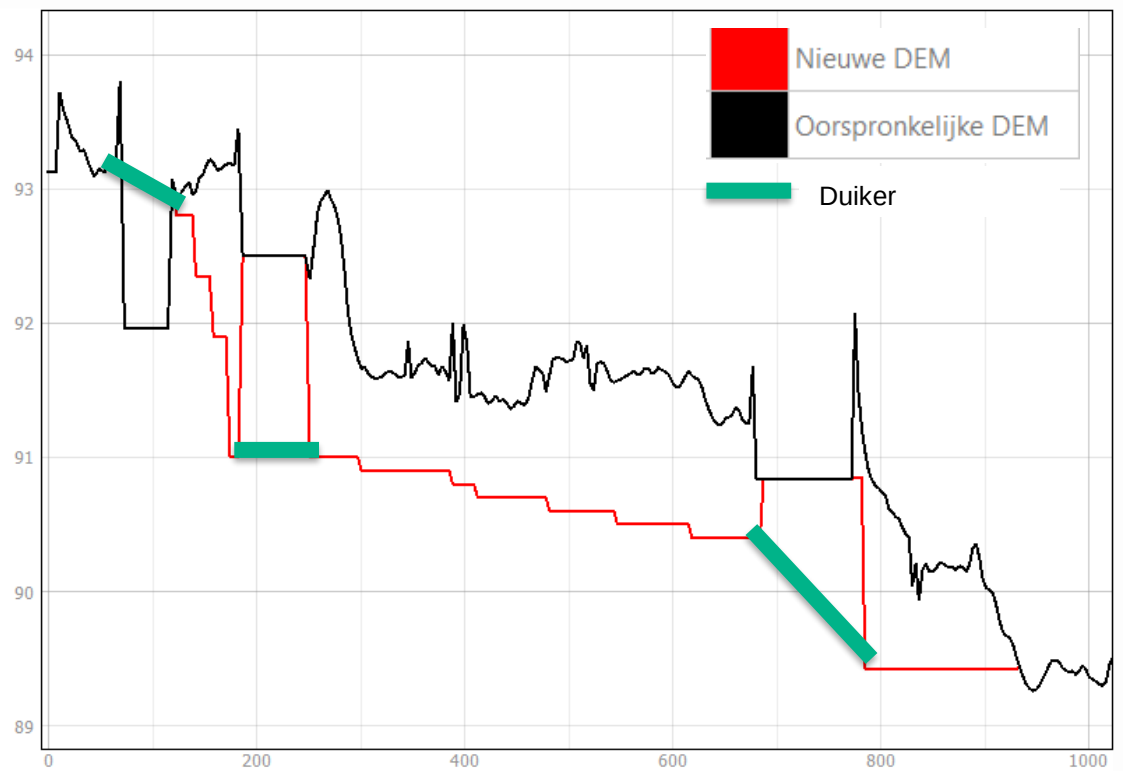
Oorspronkelijke schematisatie van de huidige situatie (puur 2D). Deze variant is in het begin van de studie gebruikt, maar later niet meer. In plaats daarvan is de variant 'huidig-verbeterd' gebruikt om de schematisatie van de huidige situatie te beschrijven.

B.1.2 Huidig-verbeterd

Verbeterde schematisatie van de huidige situatie. Rekengridverfijning ten zuiden van de Roderlandbaan is verwijderd (zie onderstaande figuur). Hierdoor zijn nu alle rekencellen in het zuidelijke deel van het model 64x64 m.



Het DEM is aangepast op het traject Spoordijk -> Worm. De maaiveldhoogte van de delen van de beek tussen de duikers lag op veel plekken (veel) hoger dan de b.o.b.'s uit HyDAMO. De beekbedding heeft nu een vloeiend hoogteverloop op basis van deze b.o.b.'s.



De onderdoorgangen tussen de spoortunnel-Anselderbeek en de Worm zijn aan het model toegevoegd als 1D elementen. Dwars op deze 1D duikers is een obstakel geplaatst om te voorkomen dat water via het 2D domein stroomt. De dimensies (breedte x hoogte) zijn overgenomen uit de aangeleverde data (HyDAMO van waterschap Limburg):

- Spoortunnel Anselderbeek: 2m x 4m



(foto genomen na het verwijderen van het hek dat er vroeger stond)

- Duiker Nievelsteenstraat: 3.5m x 2.2m (eigenlijk 2 aparte duikers van elk 1.75 breed)



- Duiker bedrijfsspoorlijn: 2.1m x 2.2m (geen foto van beschikbaar)



Merk op dat het model geen riolering of overkluizingen bevat. Alle relevante overkluizingen zoals die van de Anselderbeek zijn in het hoogtebestand gegutst.

B.1.3 Verwacht

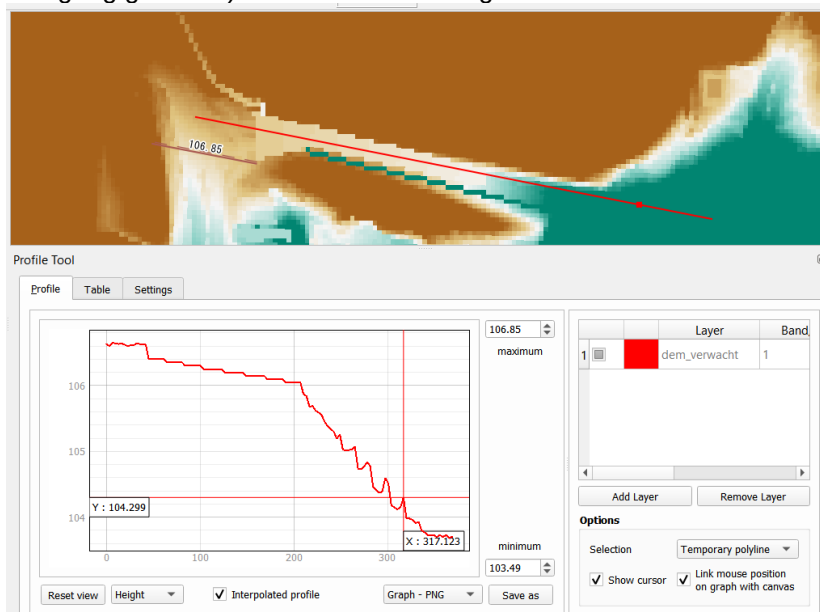
Schematisatie van de verwachte toekomstige situatie rondom de Waubacherweg en de spoortunnels Putstraat en Waubacherweg. Gebaseerd op huidig-verbeterd. De voorziene maatregelen rondom Rimburcherweg richting de Vlootsgraaf worden in deze modelvariant meegenomen, inclusief de maatregelen in/bij de spoortunnels Waubacherweg en Putstraat, die stroming door die tunnels moeten tegenhouden. Dit is geschematiseerd door obstakels toe te voegen.

De hoogte van het obstakel bij de rotonde is 106,85 m NAP (overeenkomstig met de aangeleverde ontwerptekeningen). De hoogte van het obstakel bij op de Waubacherweg is 40 cm hoger dan het wegdek vlak voor het begin van de tunnel. Het obstakel op de Putstraat ligt verder noordelijk van de tunnel en heeft een hoogte van 80 cm ten opzichte van het wegdek aldaar (102,7 m NAP).

Onderstaande figuur geeft de ligging en hoogte van de obstakels weer.



De verhoging tussen de Waubacherweg en de Rimburcherweg is verwijderd (vloeiende overgang gemaakt). Zie onderstaande figuur.



Het eerste deel van de Vlootsgraaf is op een diepte van 100 m NAP gelegd en verbreed tot 4 meter (zie onderstaande figuur).

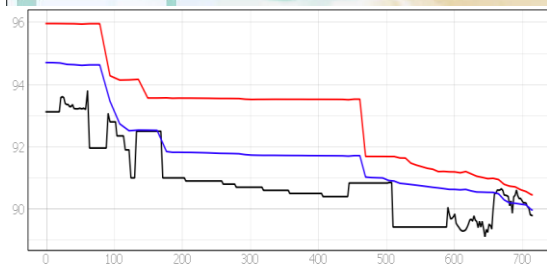


Huidig-verbeterd

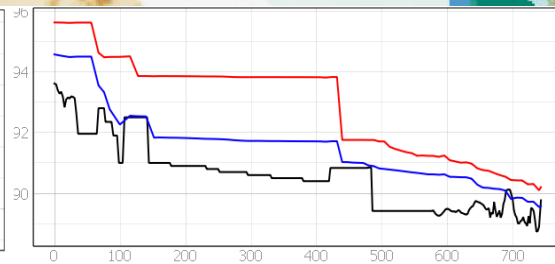


Verwacht

De onderstaande figuren tonen de maximale waterhoogtes vanaf de Kleine Stegel tot aan de Worm voor de T=100 (blauw) en 29 juni (rood), voor de huidige en verwachte situatie.



Huidig-verbeterd



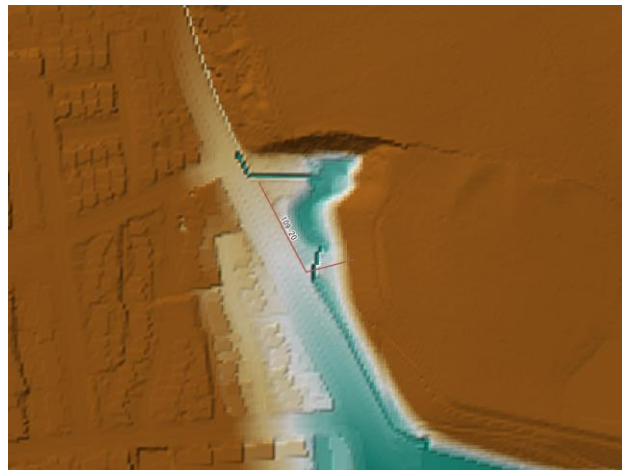
Verwacht

B.1.4 Maatregel A t/m F

Aanvullende maatregelen. Gebaseerd op modelvariant 'verwacht'.

Verruiming van de duikers/tunnels/onderdoorgangen tussen de Anselderlaan/Veldhofstraat en de Worm. Doel is niet om de werkelijke ontwerpdimensies te bepalen, maar om inzicht te geven in effectiviteit van de maatregel ('wat-als' variant)

- A. alle duikers minimaal 5m breed x 4m hoog. Als de werkelijke dimensies groter zijn, worden ze niet verkleind
- B. alle duikers minimaal 10m breed x 4m hoog.
- C. alle duikers minimaal 5m breed x 4m hoog, behalve de eerste spoortunnel. Die behoudt huidige dimensies
- D. alle duikers minimaal 10m breed x 4m hoog, behalve de eerste spoortunnel. Die behoudt huidige dimensies
- E. bronmaatregel: verkennende maatregel waarbij wordt aangenomen dat zowel in het landelijk als in het stedelijk gebied 10 mm extra kan worden geïnfilteerd of geborgen. Dit wordt geschematiseerd door over het hele gebied 10 mm interceptie toe te voegen
- F. betere benutting van capaciteit van regenwaterbuffer de Hermansgroeve. Dit is geschematiseerd door aan de benedenstroomse zijde de in het model aanwezige afvoerroute dicht te zetten met een obstakel (kruinhoogte 109,2 m NAP).



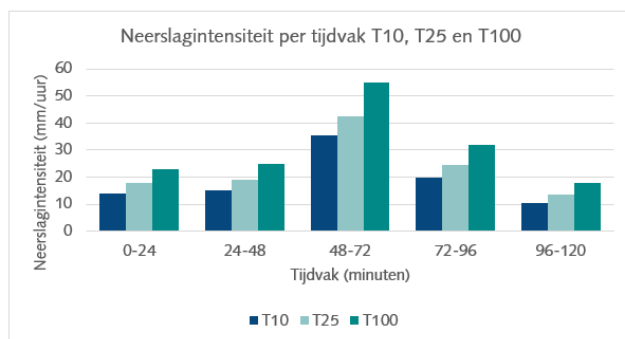
B.2 Overzicht van uitgevoerde berekeningen

De rekentijd voor een gebeurtenis van 3 uur is ongeveer 15-20 minuten.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de simulaties die in de analyse zijn gebruikt.

Modelvariant	Neerslagscenario	Scenarionaam in Lizard-3Di
Huidig-verbeterd	T=100	Eygelshoven - Huidig-verbeterd rev 2 T=100
Verwacht	T=100	Eygelshoven - Verwacht rev 2 T=100
Maatregel A	T=100	Eygelshoven - Maatregel A rev 1 T=100
Maatregel B	T=100	Eygelshoven - Maatregel B rev 1 T=100
Maatregel C	T=100	Eygelshoven - Maatregel C rev 1 T=100
Maatregel D	T=100	Eygelshoven - Maatregel D rev 1 T=100
Maatregel E	T=100	Eygelshoven - Maatregel E rev 1 T=100
Maatregel F	T=100	Eygelshoven - Maatregel F rev 1 T=100
Huidig-verbeterd	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Huidig-verbeterd rev 2 Radar
Verwacht	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Verwacht rev 2 Radar
Maatregel A	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Maatregel A rev 1 Radar
Maatregel B	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Maatregel B rev 1 Radar
Maatregel C	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Maatregel C rev 1 Radar
Maatregel D	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Maatregel D rev 1 Radar
Maatregel E	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Maatregel E rev 1 Radar
Maatregel F	Regenradar 29 juni 2021	Eygelshoven - Maatregel F rev 1 Radar

T=100 bui (klimaat 2050) zoals gebruikt door Waterschap Limburg: 61 mm in 2 uur met verloop (zie onderstaande figuur).



Figuur 1. Bui patroon voor de klimaatbuien van Waterschap Limburg, voor de herhalings tijden 10, 25 en 100 jaar (klimaat 2050)

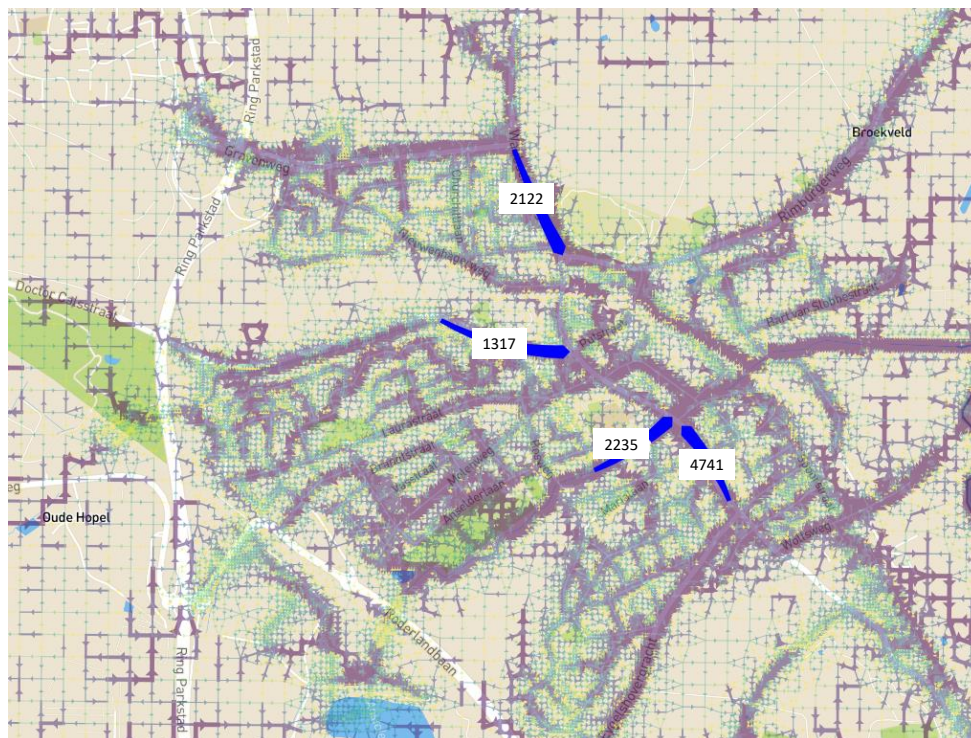
Voor de 29 juni gebeurtenis zijn in de berekeningen de neerslagradarbeelden van Nationale Regenradar gebruikt. Die blijken duidelijk hoger te liggen dan de KNMI radarbeelden, wat één van de mogelijke redenen is voor de overschatting van de berekende waterdieptes.

Neerslagduur	Neerslagvolume KNMI (mm)	Neerslagvolume NRR (mm)
30min	45.0	57.7
60min	65.0	77.9
4 uur	93.8	111.6

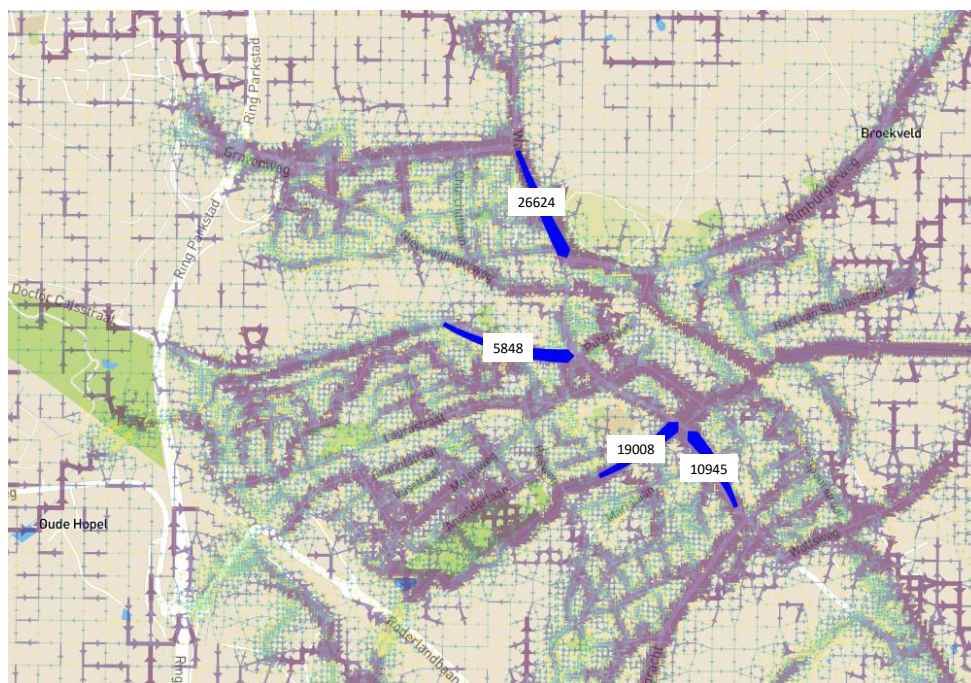
B.3 Berekeningsresultaten huidige situatie en geplande maatregelen

B.3.1 Afstroomvolumes

Onderstaande figuren geven de totale afstroomvolumes gedurende de eerste twee uur van de bui weer (de maximale waterdieptes benedenstrooms treden op binnen twee uur na het begin van de simulatie).



Figuur 22. Totale afstroomvolumes (eerste twee uur van de simulatie) langs de belangrijkste routes bij het $T=100$ -scenario



Figuur 23. Totale afstroomvolumes (eerste twee uur van de simulatie) langs de belangrijkste routes bij het regenradarscenario (29 juni)

B.3.2 Maximale waterdieptekaarten huidige situatie

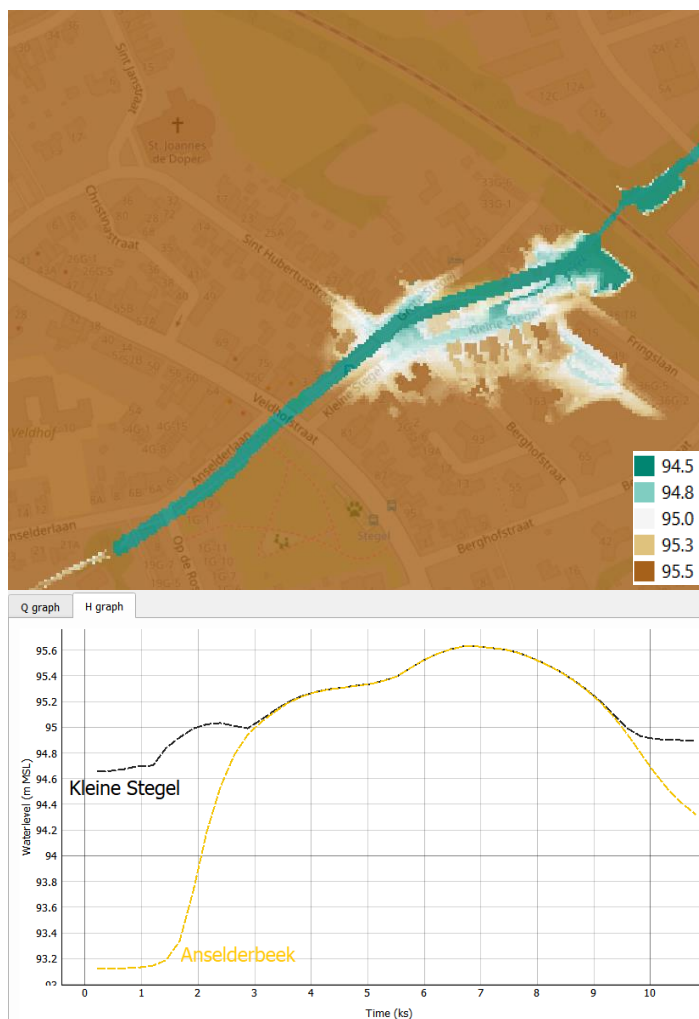
Maximale waterdiepte: scenario huidig-verbeterd T100



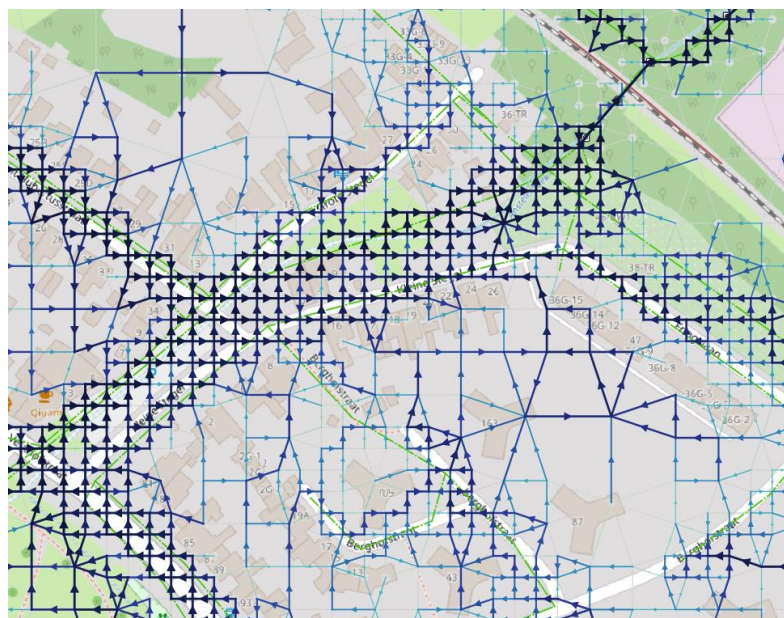
Maximale waterdiepte: scenario huidig-verbeterd RegenRadar(29-06-2021)



Het grootste wateroverlastknelpunt in het regenradar-scenario is het gedeelte vlak voor de spoorlijn (Grote en Kleine Stegel). Dit gebied ligt lager dan de omgeving (zie onderstaande figuur). De enige weg waarlangs aangevoerd water dit gebied kan verlaten is door de spoortunnel. Als de aanvoer te groot is, vult deze laagte zich en ontstaat er snel wateroverlast. Dit is het geval in het regenradar-scenario.

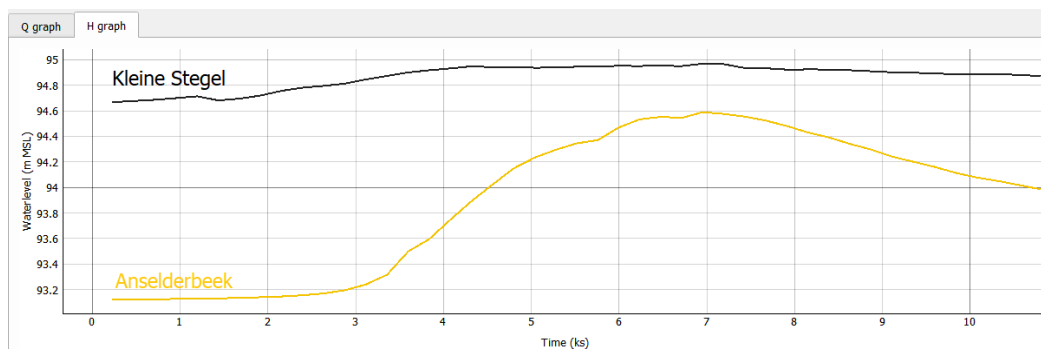


Figuur 24. Waterstandsverloop op de Kleine Stegel en de Anselderbeek bij neerslagsscenario Regenradar 29 juni 2021

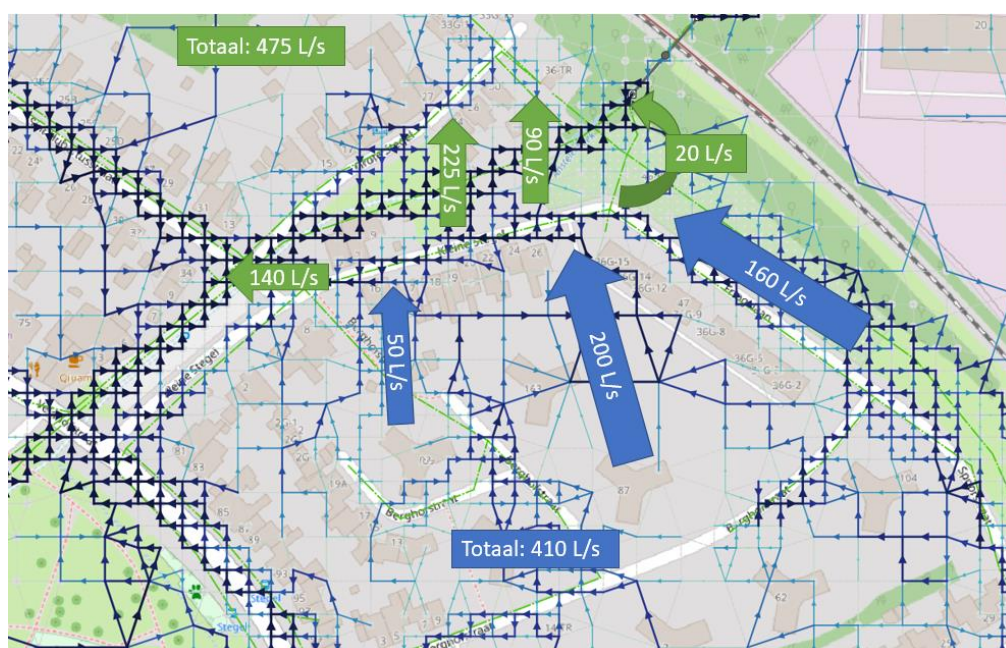


Figuur 25. Stromingsrichting rondom de Kleine Stegel bij neerslagsscenario Regenradar 29 juni 2021 (7000 seconden na begin van de simulatie)

In het T=100-scenario wordt de wateroverlast in de Kleine Stegel niet veroorzaakt door inundatie vanuit het beekstelsysteem. De 20 cm water die bij deze bui op straat staat wordt veroorzaakt door aanvoer uit de richting van de Berghofstraat en de Fringslaan. Dit water zoekt zijn weg naar de Anselderbeek, maar omdat het veel water is, treden er toch forse waterdieptes van ca. 20 cm op (zie onderstaande figuur).



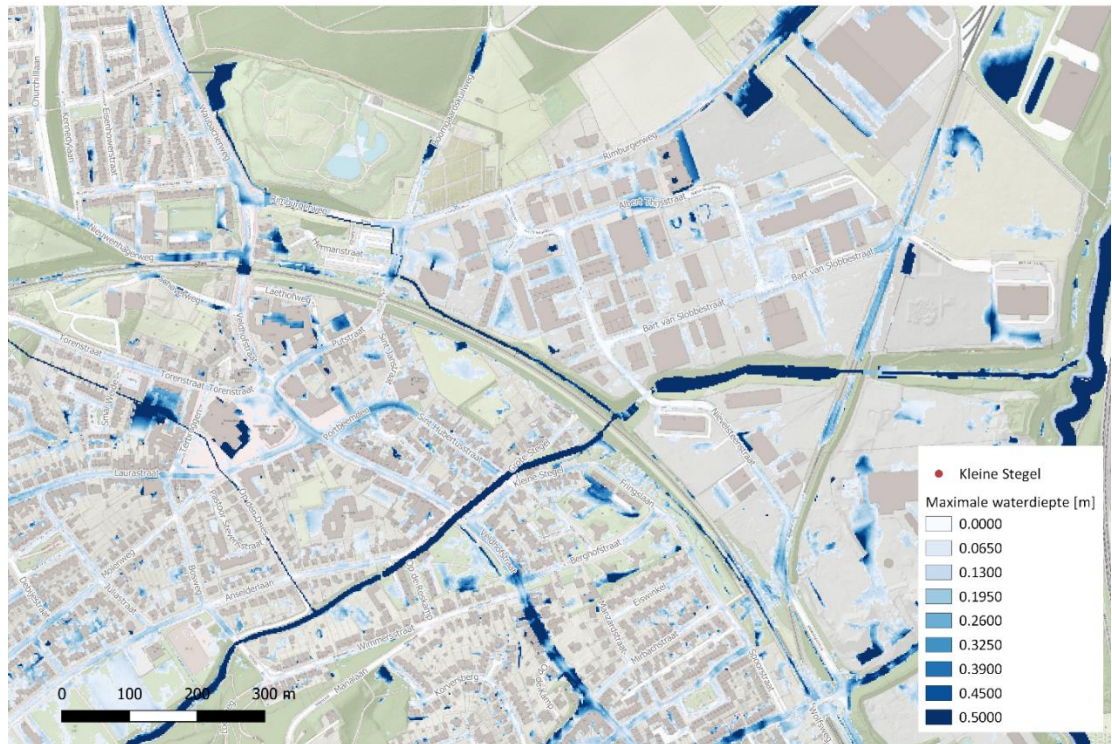
Figuur 26. Waterstandsverloop op de Kleine Stegel en de Anselderbeek bij neerslagsscenario T=100



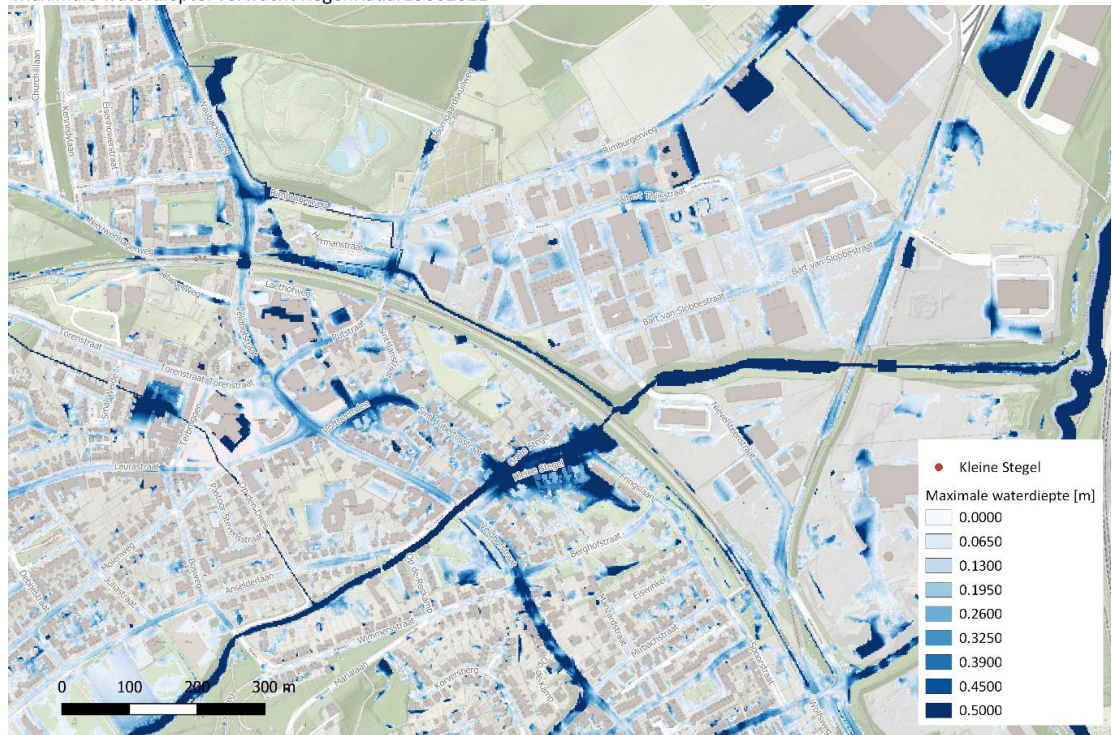
Figuur 27. Debieten naar en van de Kleine Stegel bij neerslagsscenario T=100 (7000 seconden na begin van de simulatie)

B.3.3 Maximale waterdieptekaarten na aanpassing Rimburgerweg en omgeving

Maximale waterdiepte: scenario verwacht T100

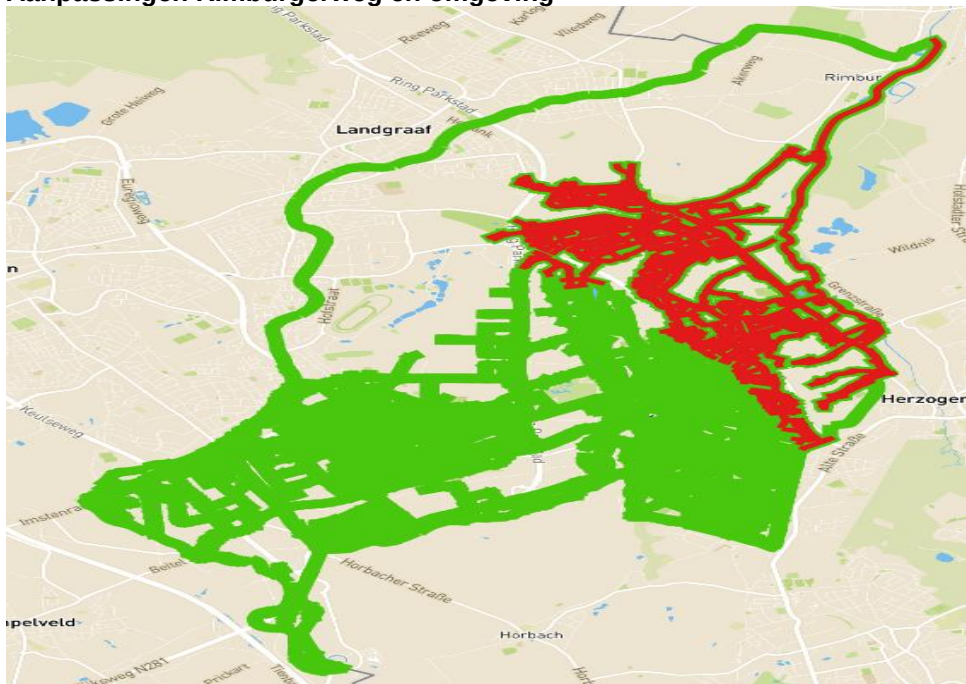


Maximale waterdiepte: verwacht RegenRadar29062021



B.4 Berekeningsresultaten van aanvullende maatregelen

B.4.1 Aanpassingen Rimburgerweg en omgeving



Verskil maximale waterdiepte: verwacht t.o.v. huidig-verbeterd RegenRadar29062021



De modelresultaten laten zien dat het mogelijk is om door wijzingen in het hoogteverloop in de buurt van de rotonde Rimburcherweg/Waubacherweg en de twee spoortunnels daar (Waubacherweg en Putstraat) de afvoerroute van het water om te leiden via de Vlootsgraaf. De wijzingen die in het model zijn toegepast zijn wellicht wat optimistischer dan de werkelijke implementatie (hoge drempels op de meest gunstige plek en flinke uitdieping Vlootsgraaf). Het effect van deze maatregel is bij de regenradar-bui nog groter dan bij de T=100-bui. Dit is ook te verwachten op basis van het patroon van ruimtelijke verdeling van de neerslag in het regenradar-scenario. Het zwaartepunt van die bui ligt immers bovenstrooms van de rotonde en tunnels waar de aanpassingen zijn gedaan.

B.4.2

Maatregelen A en B (alle duikers minimaal respectievelijk 5m breed x 4m hoog en minimaal 10m breed x 4m hoog)

Het effect van maatregel A en B is groot voor de regenradarbui, maar zeer klein voor de T=100 bui. Dit komt doordat de wateroverlast bij de T=100 bui niet wordt veroorzaakt door inundatie vanuit de beek (zie hierboven).

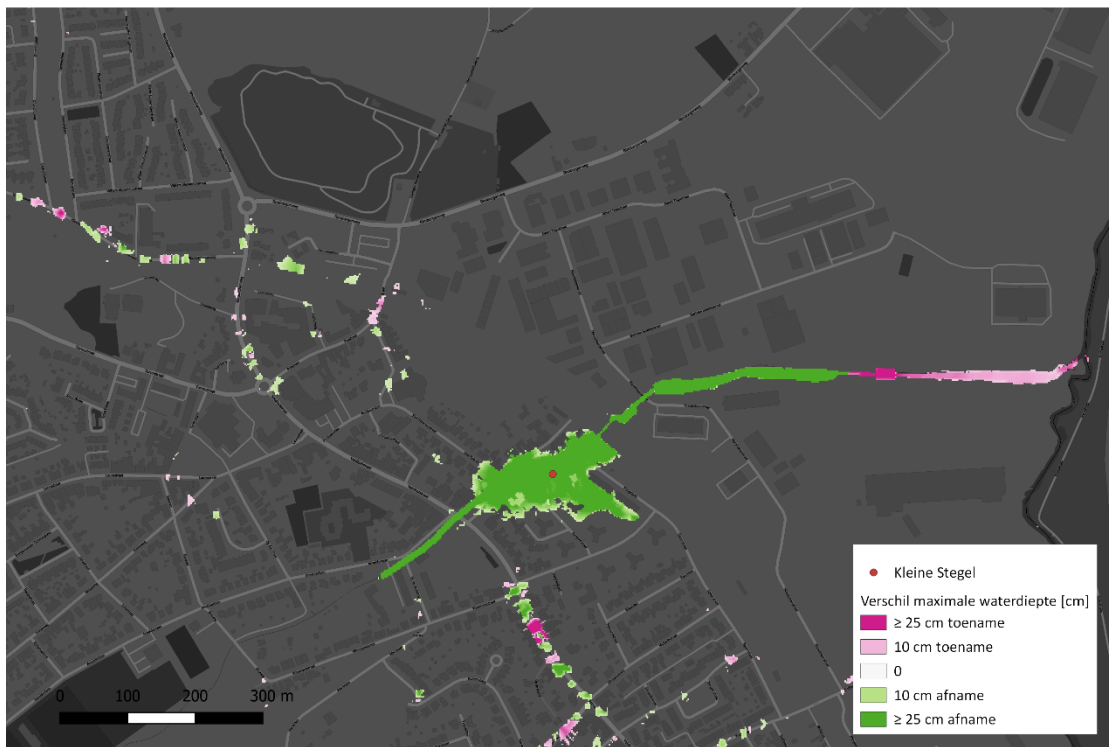
Vershil maximale waterdiepte: maatregel A t.o.v. verwacht RegenRadar29062021



Vershil maximale waterdiepte: maatregel A t.o.v. verwacht T100



Vershil maximale waterdiepte: maatregel B t.o.v. verwacht RegenRadar29062021



Vershil maximale waterdiepte: maatregel B t.o.v. verwacht T100



B.4.3 Maatregel C en D (alle duikers respectievelijk minimaal 5m breed x 4m hoog en 10m breed x 4m hoog, behalve de eerste spoortunnel. Die behoudt huidige dimensies)

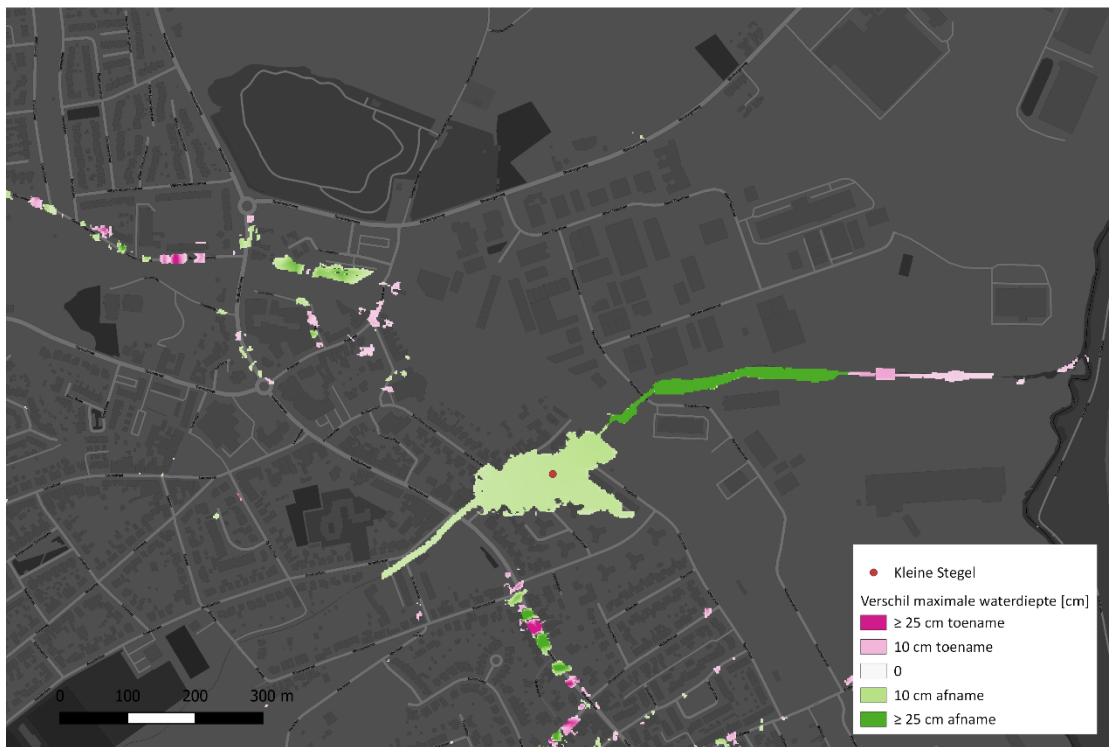
Maatregel C en maatregel D laten een vergelijkbaar effect zien als beschreven onder maatregel a en maatregel b. Het vergroten van de dimensies van de geïmplementeerde duikers zorgt voor een toename in afvoer vanuit de oostkant van de spoortunnel aan de Anselderbeek richting de Worm. Hier wordt een verlaging van de maximale waterstand van groter dan 25 cm geobserveerd. Een aanzienlijk verschil t.o.v. maatregel a en maatregel b wordt echter geobserveerd rondom het lager gelegen centrum ten westen van de spoortunnel. Hier wordt geen/minder effect gevonden. Het behouden van de huidige afmetingen voor de spoortunnel resulteert in een stremmend effect van het water vanuit de Anselderbeek richting de Worm. Hierdoor neemt de maximale wateroverlast in het centrum minder af dan in voorgaande maatregelen. Verder wordt weinig verschil geobserveerd tussen het effect van maatregel c en maatregel b. De vergroting van enkel de twee benedenstroomse duikers levert dus een minimaal effect op bij behoud van de dimensies van de eerste. Om de daadwerkelijke dimensies van de duikers te bepalen zal aanvullend onderzoek nodig zijn.

Verskil maximale waterdiepte: maatregel C t.o.v. verwacht RegenRadar29062021

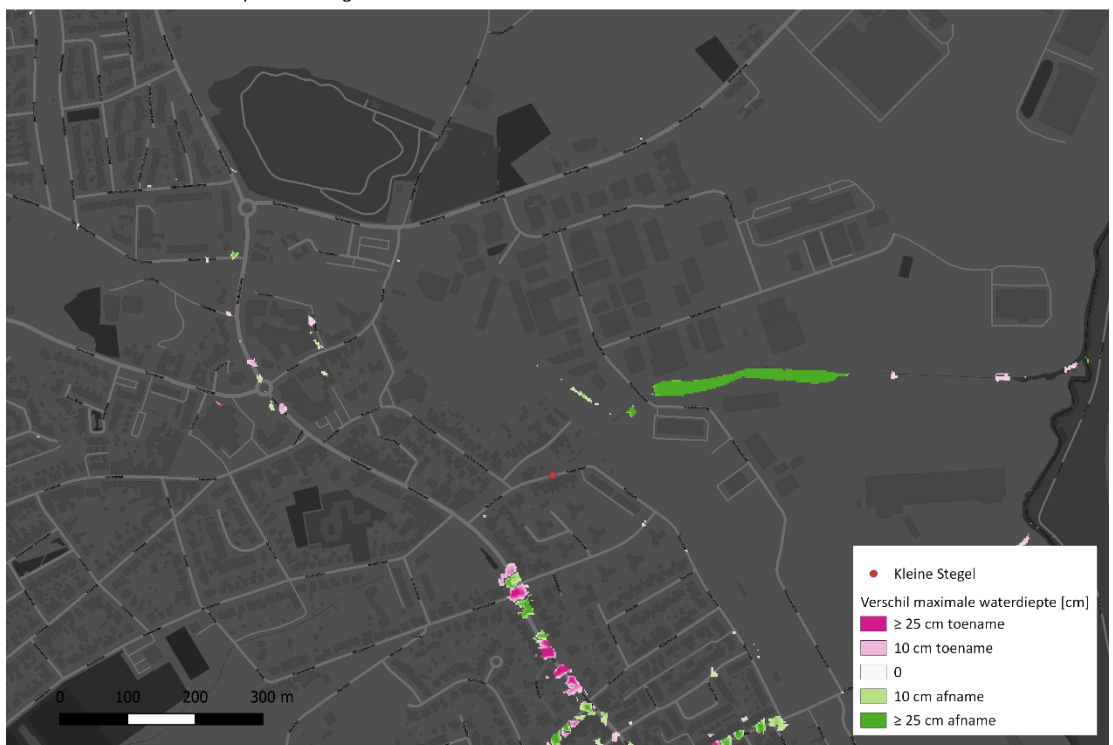




Vershil maximale waterdiepte: maatregel D t.o.v. verwacht RegenRadar29062021



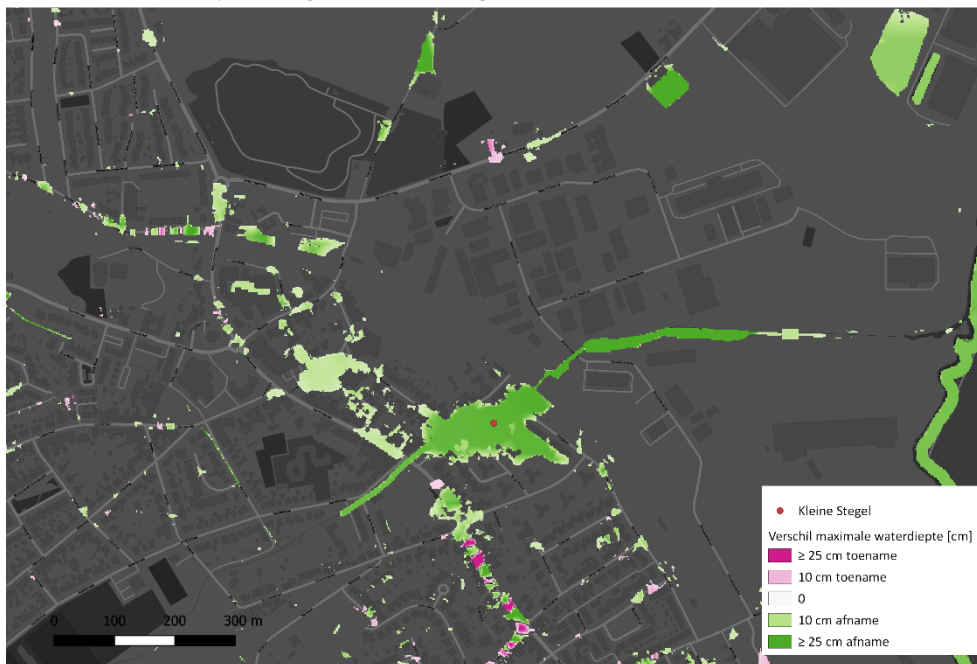
Vershil maximale waterdiepte: maatregel D t.o.v. verwacht T100



B.4.4 Maatregel E (bronmaatregel)

Het effect van maatregel e (bronmaatregelen) is duidelijk terug te zien in de maximale waterdiepte. Zowel bij de T=100 bui, als de RegenRadar bui, wordt de waterdiepte van de Anselderbeek verlaagd met meer dan 25 cm t.o.v. het verwachte scenario. Dit wordt voornamelijk geobserveerd bij de overlast in het centrum ten westen van de spoortunnel, zoals bij de RegenRadar bui. Deze locatie functioneert zoals besproken als sink. Hierdoor zal een relatief klein verschil in waterhoogte door bronmaatregelen over een heel gebied, zich accumuleren rondom de overlastlocaties en ruimtelijk significante verlichting bieden. Buiten de grote “casestudies” is lastig te benoemen hoeveel effect deze maatregel concreet zal hebben.

Vershil maximale waterdiepte: maatregel E t.o.v. verwacht RegenRadar29062021



Vershil maximale waterdiepte: maatregel E t.o.v. verwacht T100



B.4.5

Maatregel F (Beter benutting van capaciteit van regenwaterbuffer de Hermansgroeve)

Het effect van het beter benutten van de bergingscapaciteit van de buffer 'Hermansgroeve' is terug te zien in de waterdiepte verschilkaarten. Onder beide buien stijgt de buffercapaciteit van de Hermansgroeve-buffer in vergelijkbare maat. Hierin wordt een toename in waterdiepte van groter dan 25 cm geobserveerd. Het effect van buffercapaciteit op de waterstand benedenstrooms is echter beperkt. Alleen onder de T=100 bui is ver benedenstroom een verbetering te zien. Bij de RegenRadar bui van 29-06-2021 is het afstromend volume vanuit het noorden over de Waubacherweg een veelvoud van het geborgen watervolume en daarom te groot om beïnvloed te worden door de toename in buffercapaciteit rondom de Hermansgroeve. Hierom duidt deze maatregel slechts voor beperkte/kleinere buien een significant effect te hebben.

Vershil maximale waterdiepte: maatregel F t.o.v. verwacht RegenRadar29062021



Vershil maximale waterdiepte: maatregel F t.o.v. verwacht T100



B.4.6 Overzicht van berekende maximale waterdieptes

Onderstaande tabel geeft de maximale waterdieptes op de Kleine Stegel weer. De figuur onder de tabel geeft de exacte locatie weer waarop deze waterdieptes zijn gesimuleerd. De maximale waterdieptes zijn weergegeven met een nauwkeurigheid van 1 millimeter; hierbij dient aangetekend te worden dat aan verschillen van minder dan een centimeter geen betekenis moet worden toegekend; verschillen van een dergelijke grootte kunnen optreden door allerlei model-technische redenen (zie onder 'overige opmerkingen').

Modelvariant	Neerslag	Maximale waterdiepte (m)	Vershil met huidig-verbeterd (m)	Vershil met Verwacht (m)
Huidig-verbeterd	T=100	0.20		
Verwacht	T=100	0.20	< -0.01	
Maatregel A	T=100	0.20	< -0.01	< 0.01
Maatregel B	T=100	0.20	0	< 0.01
Maatregel C	T=100	0.19	< -0.01	< -0.01
Maatregel D	T=100	0.20	< -0.01	0
Maatregel E	T=100	0.17	< -0.01	< -0.01
Maatregel F	T=100	0.19	< -0.01	< -0.01
Huidig-verbeterd	29 juni 2021	1.19		
Verwacht	29 juni 2021	0.86	-0.33	
Maatregel A	29 juni 2021	0.33	-0.86	-0.53
Maatregel B	29 juni 2021	0.29	-0.90	-0.57
Maatregel C	29 juni 2021	0.78	-0.41	-0.08
Maatregel D	29 juni 2021	0.78	-0.42	-0.08
Maatregel E	29 juni 2021	0.63	-0.56	-0.23
Maatregel F	29 juni 2021	0.85	-0.34	< -0.01



B.5 Overige opmerkingen bij de resultaten

Het valt op dat de situatie tussen huidig en verwacht (door aanpassing Rimbürgerweg) op sommige plekken verslechtert, zoals ten zuiden van het centrum. Dit zijn hoogstwaarschijnlijk artefacten van de interpolatie van de waterstanden (die per rekencel berekend worden) naar pixelniveau. Ook kan een rol spelen dat de wegschrijftijdstep 4 minuten is. Voor de maximale waterdiepte wordt in deze berekeningen een snapshot-methode gebruikt, waardoor in de ene simulatie op het moment van wegschrijven een waterstandspiek (golf) zich net op een andere plek kan bevinden. Je ziet dit aan het patroon van afwisselend groen (afname) en roze (toename). Waarom er precies in deze straat een golvende fluctuatie van de waterstand optreedt is nu niet onderzocht. Op andere plekken in het modelgebied komt het niet veel voor.

Een toename van de maximale waterdiepte op de Kleine Stegel tussen maatregel A en B of C en D komt voor bij de T=100 bui, terwijl een afname zou worden verwacht. Het betreft enkele millimeters verschil. Bij de regenradar bui is wel een afname te zien. Zoals hierboven besproken heeft het water op straat bij de T=100 een heel andere oorzaak dan bij de Regenradarbui. Een toename is niet te verwachten, maar een paar millimeter verschil tussen de ene simulatie en de andere heeft geen betekenis, vooral als het gaat om waterdieptes die ruimtelijk zijn geïnterpoleerd tussen maximale waarden van snapshots elke vier minuten.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl