



RAPPORT

IMPACT VAN
WIJZIGENDE NEERSLAGPATRONEN
OP LOKALE WATERLOPEN

DEEL 3: GECONTROLEERDE
OVERSTROMINGSGEBIEDEN BENEDENVLIET

IN OPDRACHT VAN
STAD ANTWERPEN

Disclaimer

HydroScan en degenen die aan dit rapport hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld op basis van de best beschikbare informatie. Desondanks kunnen er zich onjuistheden in dit rapport bevinden. HydroScan sluit, mede ten behoeve van hen die aan dit rapport hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die kan voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Copyright

Niets uit dit rapport mag worden gekopieerd zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stad Antwerpen

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel	2
1. Inleiding	3
1.1 Situering	3
1.2 Globale methodiek	4
2. Scenario-analyse.....	5
2.1 Selectie klimaatscenario's	5
2.2 Rijkerooi.....	7
2.2.1 Situering/Modelaanpassingen	7
2.2.2 Modelresultaten	8
2.3 Edegemse Beek	12
2.3.1 Situering/Modelaanpassingen	12
2.3.2 Modelresultaten	13
2.4 Drie Eyken (UA)	17
2.4.1 Situering/Modelaanpassingen	17
2.4.2 Modelresultaten	18
2.5 Kapittelhoeve	22
2.5.1 Situering/Modelaanpassingen	22
2.5.2 Modelresultaten	23
2.6 Gecombineerde maatregelen	27
2.7 Conclusies	32
Referenties.....	33

1. INLEIDING

1.1 *Situering*

In het kader van de herziening van het Klimaatplan (2015_CBS_04294), de Covenant of Mayors Adapt (2014_CBS_10146) en de uitwerking van een Antwerpse Adaptatiestrategie (PO4678) moeten de lokale effecten van de klimaatverandering in kaart worden gebracht. Hiervoor kan beroep gedaan worden op bestaande klimaatmodellen. Maar gezien de kriticiiteit van overstromingsproblematieken in grote delen van de Stad Antwerpen en gezien de waardevolle meetgegevens van een netwerk van pluviografen die duiden op een ruimtelijke variatie van neerslagpatronen, heeft de stad opdracht gegeven om een modellering ten aanzien van neerslag op te stellen voor de Antwerpse Regio (2014_CBS_07460). De resultaten van deze studie m.b.t. het lokale Antwerpse neerslagklimaat (Willems et al., 2015) zijn in de voorliggende studie als input gebruikt om een impactstudie uit te voeren op de riviersystemen Schijn en Benedenvliet, met de interacties met het rioolsysteem voor Benedenvliet.

De impactstudie kadert ook in de opmaak van het Waterplan, het Bovenlokaal Groenplan (2015_DCEK_00283) en de herziening van het strategisch ruimtelijk structuurplan van Antwerpen. Hierin worden de ruimtelijke krijtlijnen vastgelegd voor de uitbouw van een klimaatbestendige stad. De impactstudie bouwt ook verder op de overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP's) van de VMM (VMM, 2014), inzake optimalisatie van de meerlaagse veiligheid op vlak van preventie (optimalisatie van ruimtelijke plannen om schade te beperken) en paraatheid (rampencoördinatie).

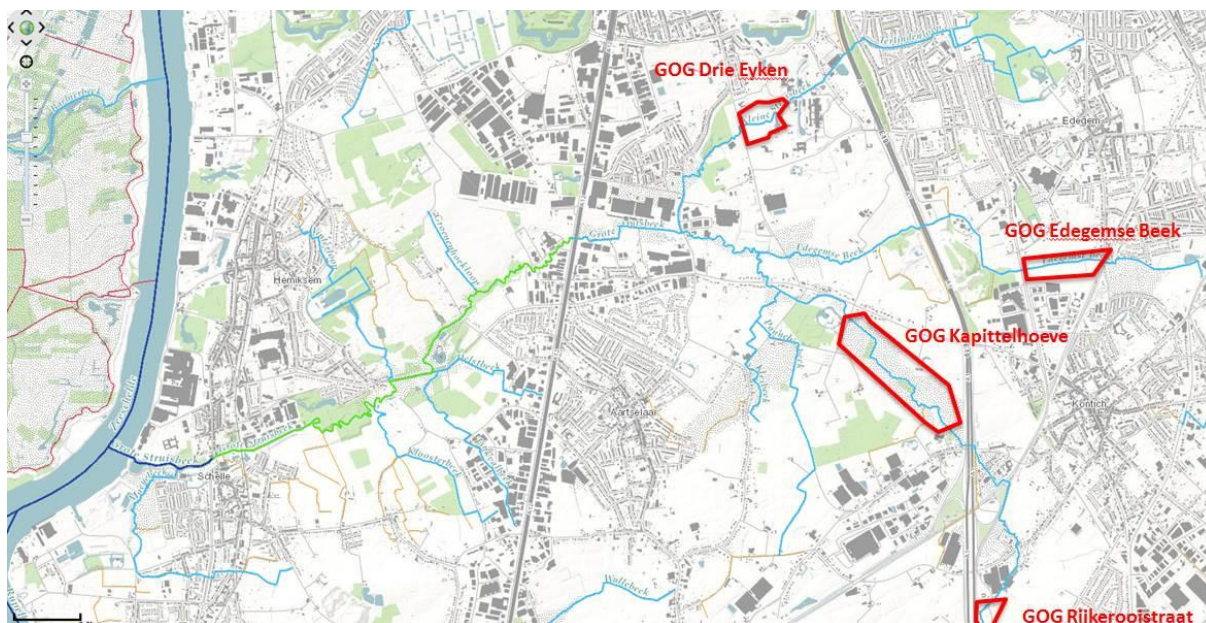
De voorliggende studie omvat de analyse van de impact op de lokale waterlopen Schijn, Benedenvliet, Benedenschijn tot Rode Weel. Enerzijds wordt een vergelijkende hydrologische analyse uitgevoerd van het Antwerpse klimaatmodel (KU Leuven, cfr. Willems et al. 2015) en het klimaatmodel voor Vlaanderen (VMM, cfr. Tabari et al. 2015) om in te kunnen schatten wat de impact is van het Antwerpse klimaatmodel op de afstromingsdebieten naar de waterlopen (fase 1). Anderzijds worden overstromingskaarten gegenereerd met verschillende terugkeerperiodes onder de verschillende klimaatcondities en voor verschillende tijdshorizonten (fase 2). Daarna worden een aantal scenario's doorgerekend m.b.t. structurele maatregelen tegen overstromingsgevaar en m.b.t. mogelijke operationele problemen (pompuival) (fase 3). Tenslotte worden beleidsaanbevelingen uitgewerkt over de keuze en gebruik van de klimaatmodellen, en over de mogelijke ruimtelijke maatregelen voor het verhogen van de meerlaagse veiligheid (preventie en paraatheid) t.a.v. hoge klimaatprognoses en falen van de pompgemalen Groot Schijn, Benedenvliet en Rode Weel (fase 4).

1.2 Globale methodiek

De methodiek voor deze studie omvat volgende fases:

- Fase 1: vergelijkende hydrologische analyse en keuze van de te simuleren klimaatscenario's
- Fase 2: uitvoeren van de simulaties en opmaken van overstromingskaarten voor de geselecteerde klimaatscenario's en vergelijking ervan
- Fase 3: uitvoeren van scenario-analyse enerzijds m.b.t. ORBP maatregelen en anderzijds m.b.t. pompuitval
- Fase 4: beleidsaanbevelingen

In een eerste twee delen van rapport werd de hydrologische analyse (fase 1) (HydroScan, 2016a), de vergelijking van de overstromingskaarten (fase 2) en de analyses van pompuitval voor de bestaande toestand (deel van fase 3) reeds beschreven (HydroScan, 2016b). In het voorliggende rapport zijn de effecten van klimaatverandering op vier gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) weergegeven. In figuur 1 is de situering weergegeven van de GOG's die binnen deze studie verder in detail bekeken zijn. Ten opzichte van de ORBP-analyse (VMM, 2014) is er één nieuw gebied gedefinieerd (GOG Drie Eyken). Tevens zijn drie GOG's uit de ORBP-analyse (Doomstraat, Dijkstraat, Atlas Copco) niet verder onderzocht, omdat dit kleine gebieden zijn die reeds regelmatig overstromen en waar weinig bijkomende buffering is uit te halen door optimalisatie.



Figuur 1: Overzichtskartaal van de GOG locaties in het modelgebied van de Benedenvliet.

2. SCENARIO-ANALYSE

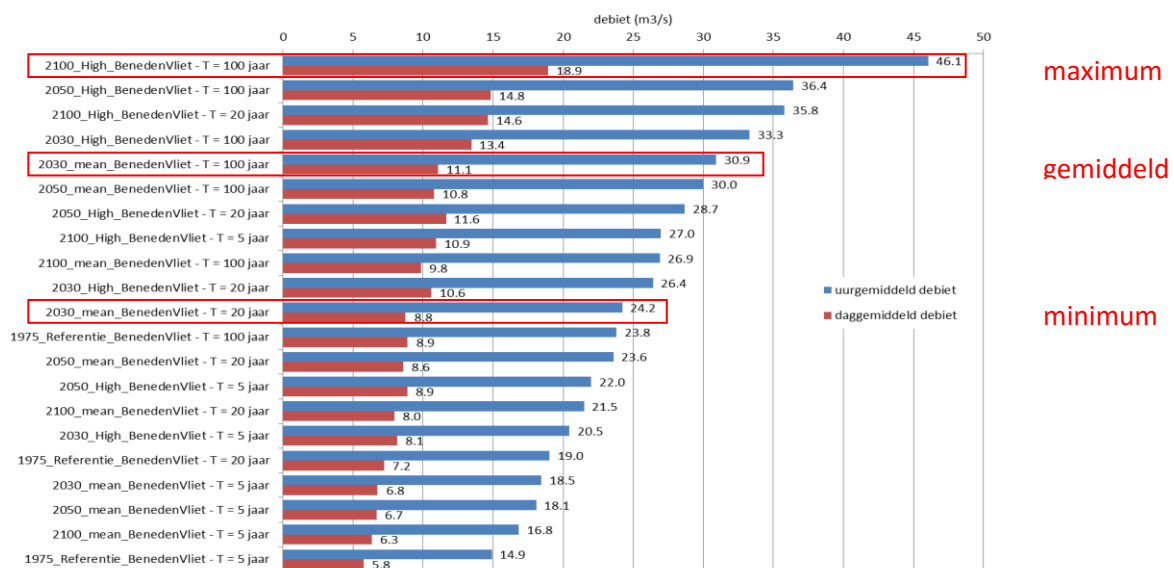
2.1 Selectie klimaatscenario's

Om de inschatting te kunnen maken van het effect van klimaatverandering zijn drie scenario's uitgekozen die voor Benedenvliet als representatief beschouwd worden voor de minimale, gemiddelde en maximale verandering.

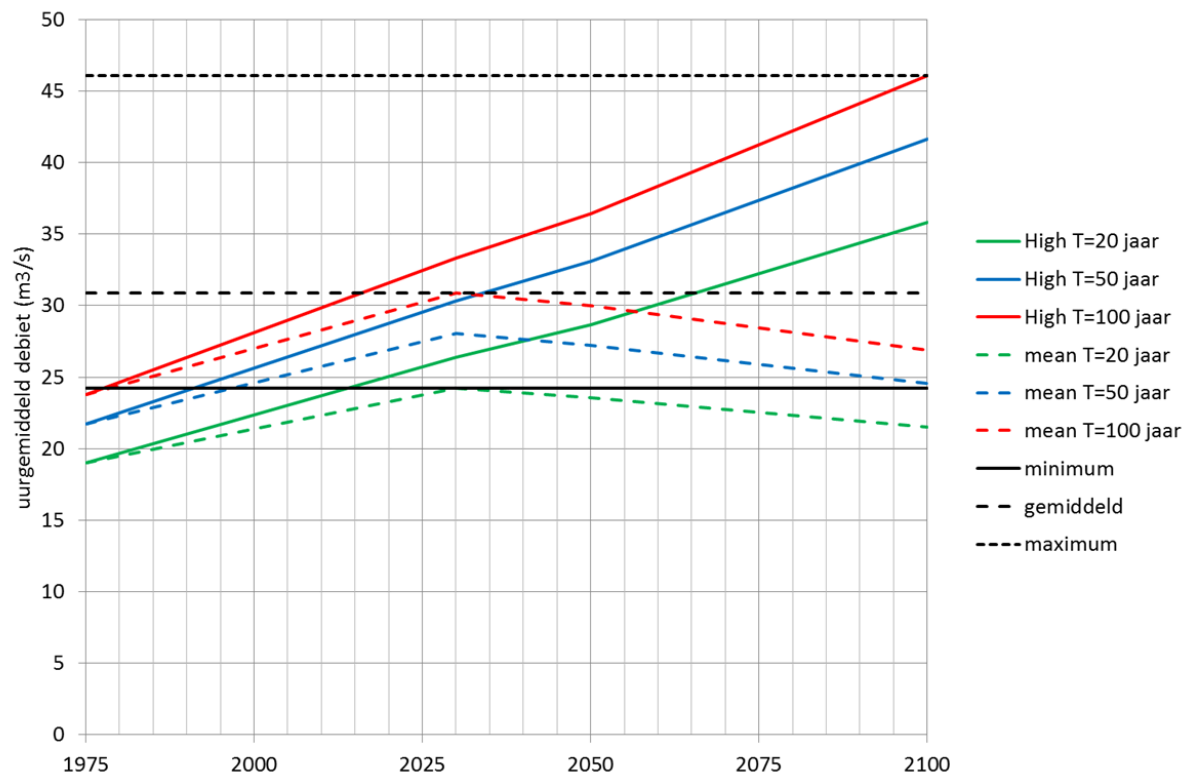
Volgende keuze is hierbij gemaakt:

- Minimum = 2030 Mean T20
- Gemiddeld = 2030 Mean T100
- Maximum = 2100 HighW T100

In figuur 2 zijn de uur- en daggemiddelde debieten weergegeven voor deze scenario's in verhouding tot de andere klimaatscenario's. Op deze manier kan voor een gewenste tijdshorizon, terugkeerperiode en scenario het effect ingeschat worden (figuur 3). Belangrijk om op te merken is dat de referentietoestand (1975) T100 ongeveer overeenkomt met het klimaatscenario 2030 Mean T20 (minimum scenario). Voor minder extreme gebeurtenissen wordt de analyse niet uitgevoerd, omdat de GOGs geoptimaliseerd moeten worden voor hun reducerend effect bij extreme gebeurtenissen. Het HighS klimaatscenario wordt ook niet beschouwd, omdat de GOGs hoofdzakelijk een effect hebben op de buffering van het landelijk afstromend water naar de waterloop.



Figuur 2: Overzicht uur- en daggemiddelde debieten Benedenvliet.



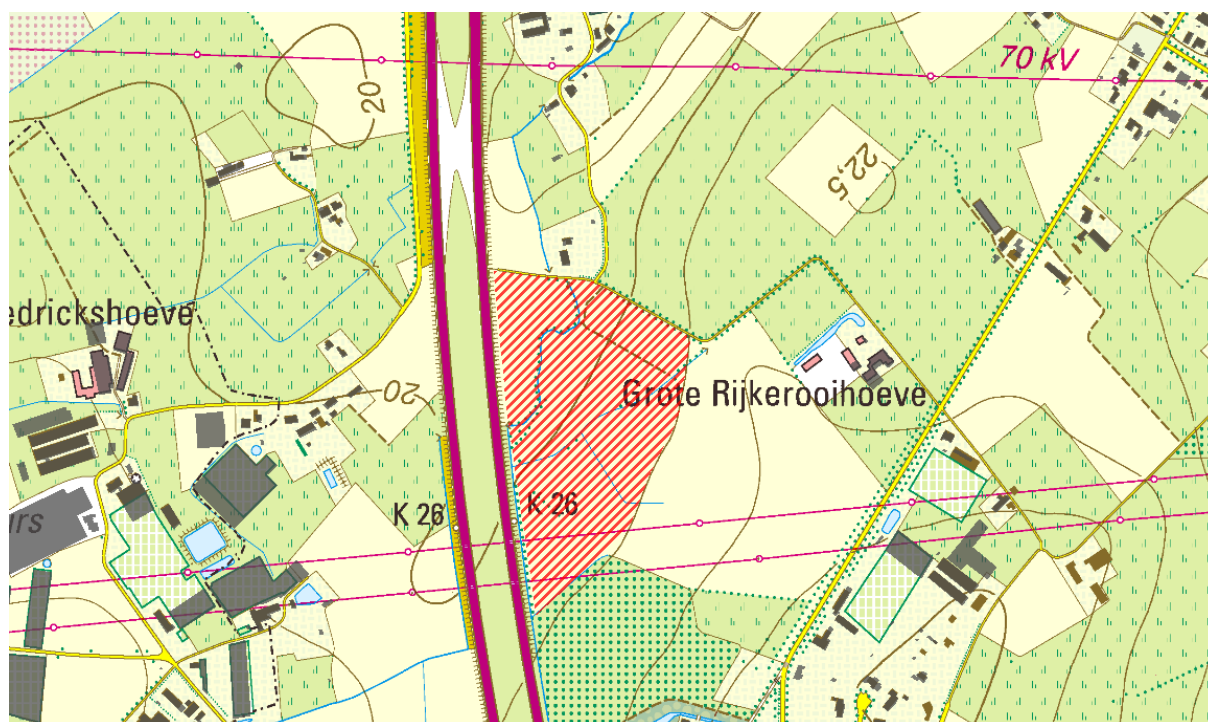
Figuur 3: Vergelijking van verschillende klimaatscenario's en tijdhorizonten t.o.v. de drie gesimuleerde toestanden.

Voor de verschillende bufferscenario's en de 3 klimaatscenario's de modelresultaten zijn vergeleken o.b.v. overstromingscontouren langsheen de waterloop. Om het overzichtelijk te houden zijn geen riooloverstromingen ingetekend op deze kaarten. Uit een vergelijking van de riooloverstromingen in het model blijkt immers dat deze bufferscenario's met GOG's weinig effect hebben op de overstromingen vanuit de riolering.

2.2 Rijkerooi

2.2.1 Situering/Modelaanpassingen

De zone voor het GOG Rijkerooi (figuur 4) is gelegen nabij de opwaartse rand van het model (Mandoerse beek). Door middel van een knijpconstructie wordt het doorvoerdebiet beperkt. Het resterende water wordt geborgen achter een dwarsdijk. Door deze ingreep wordt getracht de wateroverlast in Kontich te verminderen. Akkerland en natuurland vormen de belangrijkste landgebruiksklassen binnen dit gebied.



Figuur 4: Situering GOG Rijkerooi.

De volgende modelaanpassingen zijn uitgevoerd:

- Verwijderen verbinding tussen opwaartse en afwaartse storage areas (r_MAN026 naar r_MAN030R en l_MAN026R naar l_MAN030R)
- Invoegen knijpopening + noodoverlaat in riviergedeelte met opwaartse knoop MAN025 om de buffering te optimaliseren: de specificaties zijn gedefinieerd in tabel 1
- De schuif die vertrekt vanaf r_MAN026 en die de zijgracht voorstelt, is afgeleid om opwaarts van de knijpopening uit te komen.

Tabel 1 Specificaties structuur bij GOG Rijkerooi.

	minimaal scenario	gemiddeld scenario	maximaal scenario
Knijpopening			
diameter (m)	0.40	0.40	0.40 + 0.40
uitstroomniveau (m TAW)	17.15	17.15	17.15
Noodoverloop (m TAW)	19.9	19.9	20.3

2.2.2 Modelresultaten

In figuur 5 tot figuur 7 zijn de overstromingscontouren weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's waarbij telkens de vergelijking wordt gemaakt met en zonder de implementatie van het GOG. In Figuur 8 en Figuur 9 zijn de lengteprofielen, hydrogrammen en waterhoogtes weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's.



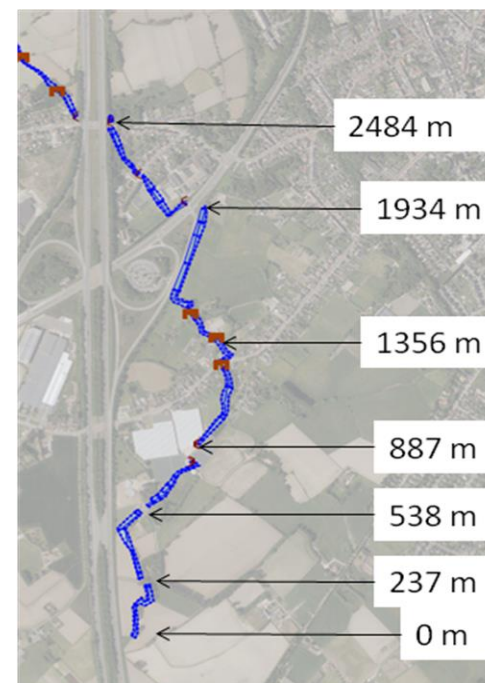
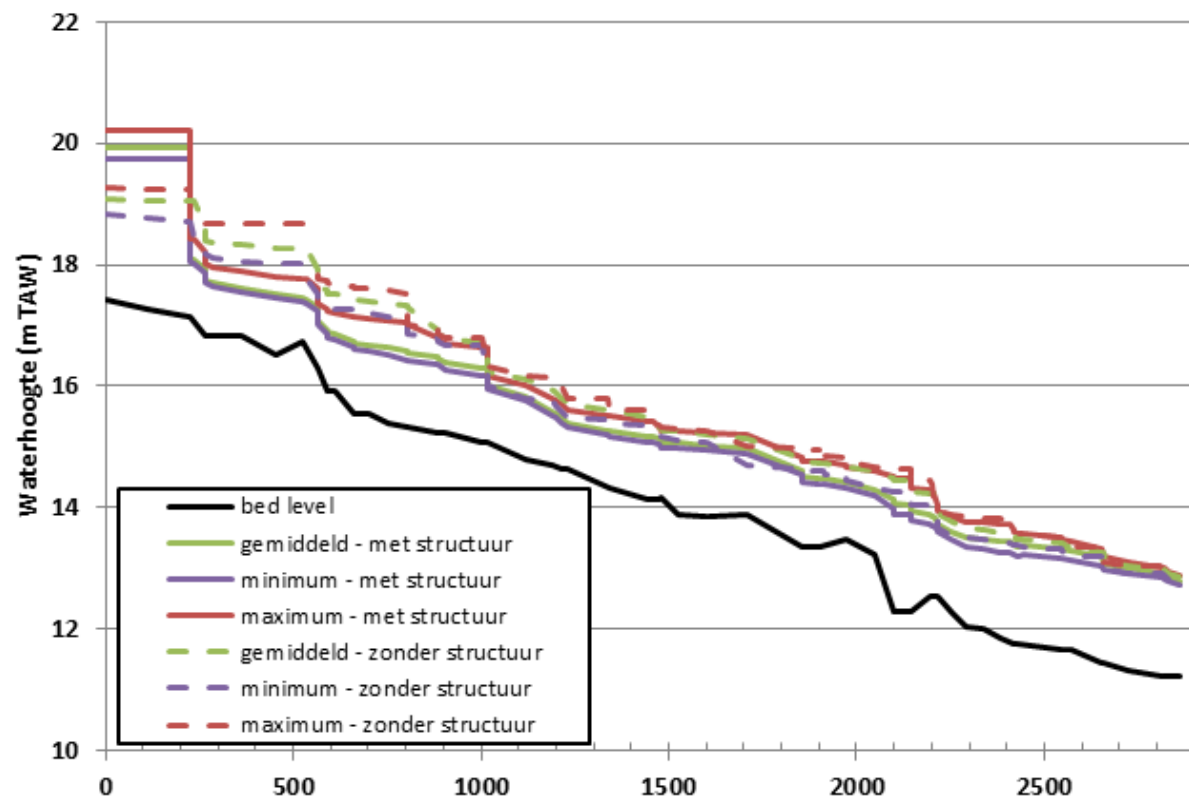
Figuur 5: Overstromingscontouren bij het minimale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Rijkerooi.



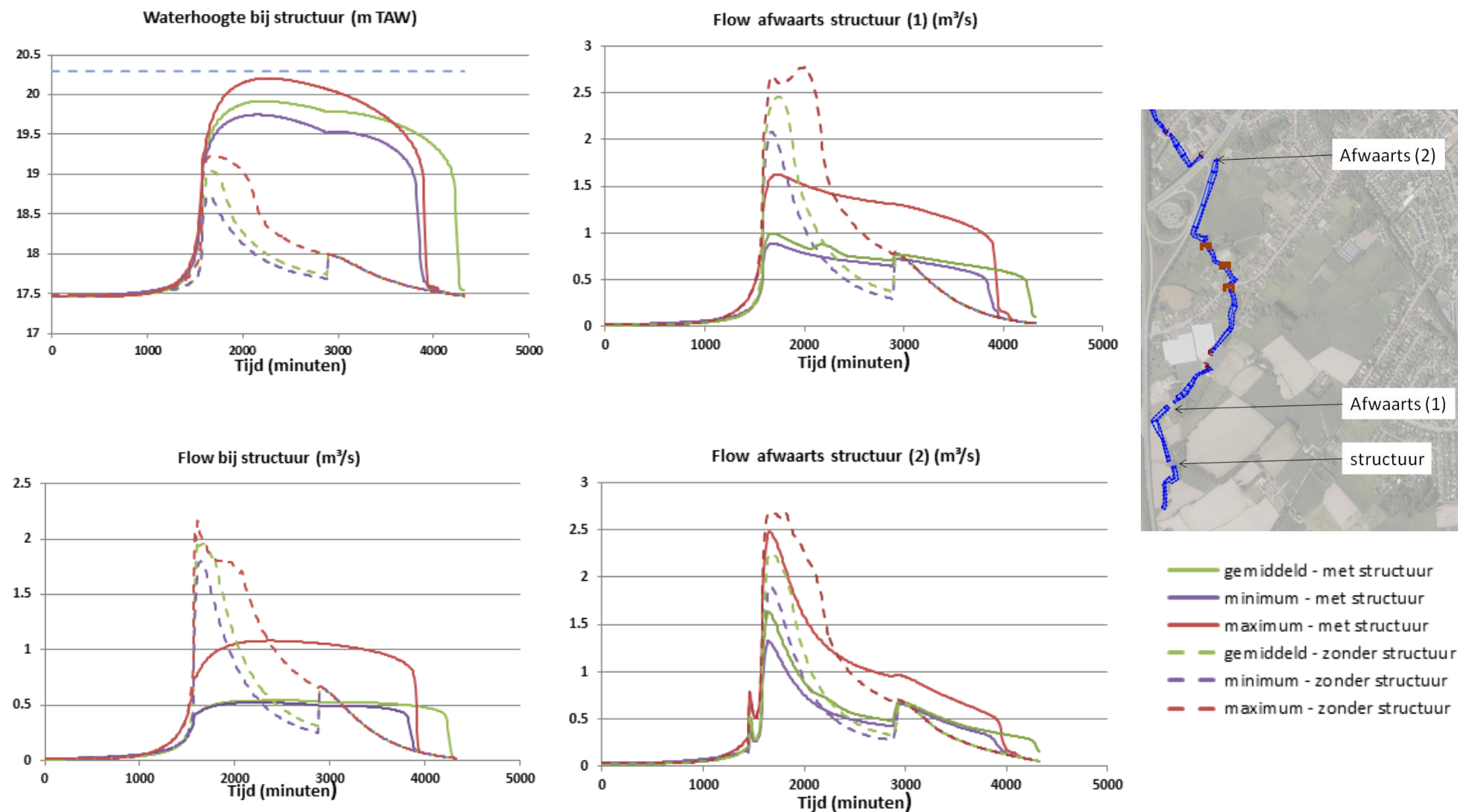
Figuur 6: Overstromingscontouren bij het gemiddelde klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Rijkerooi.



Figuur 7: Overstromingscontouren bij het maximale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Rijkerooi.



Figuur 8: Impact op lengteprofiel met en zonder implementatie van het GOG Rijkerooi.

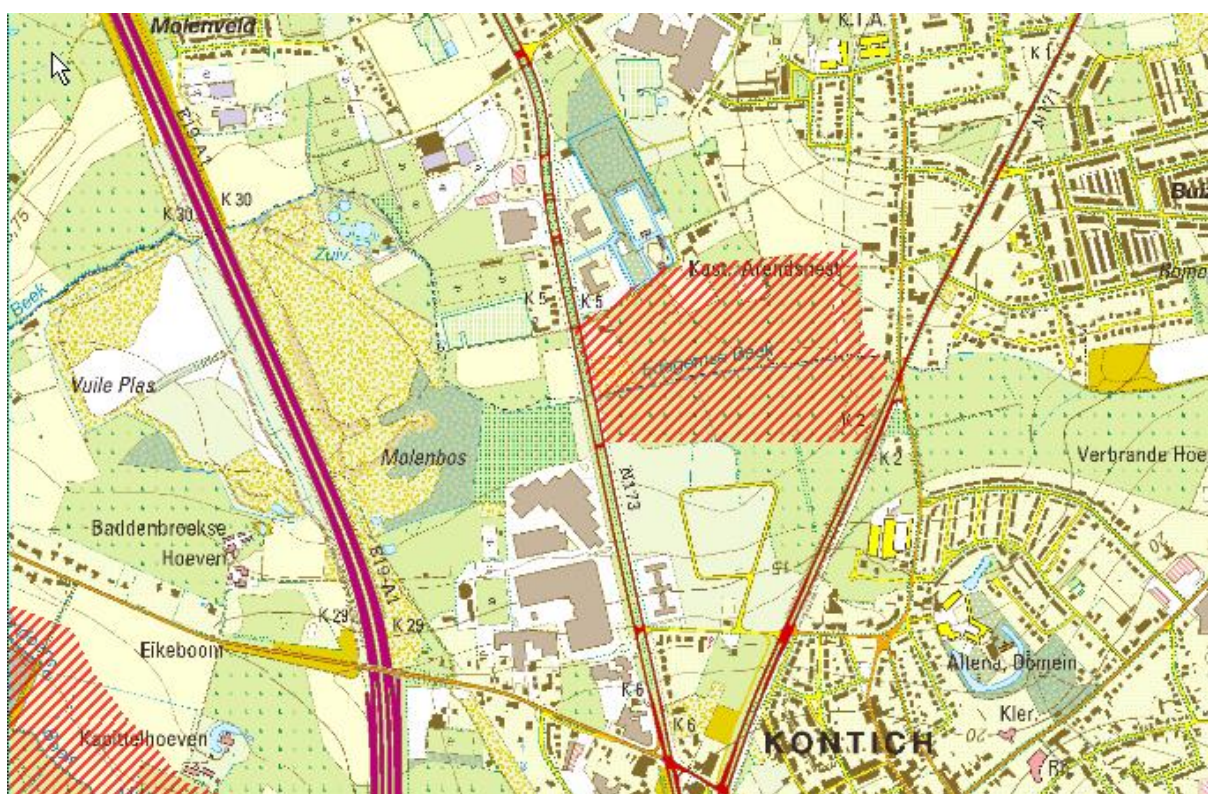


Figuur 9: Impact van structuur op hydrogrammen en waterhoogte voor GOG Rijkerooi.

2.3 Edegemse Beek

2.3.1 Situering/Modelaanpassingen

De zone voor het GOG Edegemse Beek (figuur 10) is gelegen nabij de opwaartse rand van het model in Kontich. Opwaarts wordt deze zone begrensd door de N171. Afwaarts vormt de N173 de grens. Door middel van een knijpconstructie wordt het doorvoerdebiet beperkt. Het resterende water wordt geborgen achter een dwarsdijk. Door deze ingreep wordt getracht de wateroverlast verder afwaarts in Aartselaar te verminderen.



Figuur 10: Situering GOG Edegemse Beek.

De volgende modelaanpassingen zijn uitgevoerd:

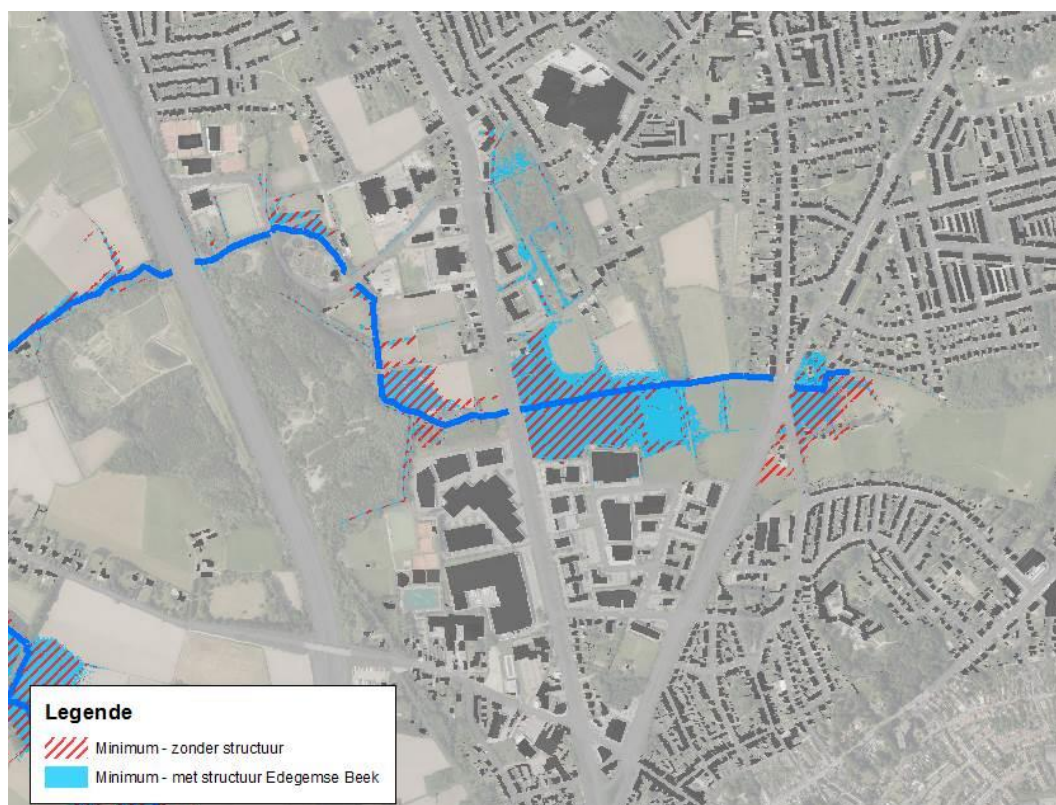
- Verwijderen verbinding tussen opwaartse en afwaartse storage areas (l_EDB019R naar l_EDB024R, r_EDB019R naar r_EDB024R,)
- Invoegen knijpopening + noodoverlaat in riviergedeelte met opwaartse knoop EDB018 om de buffering te optimaliseren: de specificaties zijn gedefinieerd in tabel 2
- Regenwaterafvoer komende van knopen 43_7092, 43_7086 en 43_KT2568 is afgeleid naar opwaarts van de structuur

Tabel 2 Specificaties structuur bij GOG Edegemse Beek.

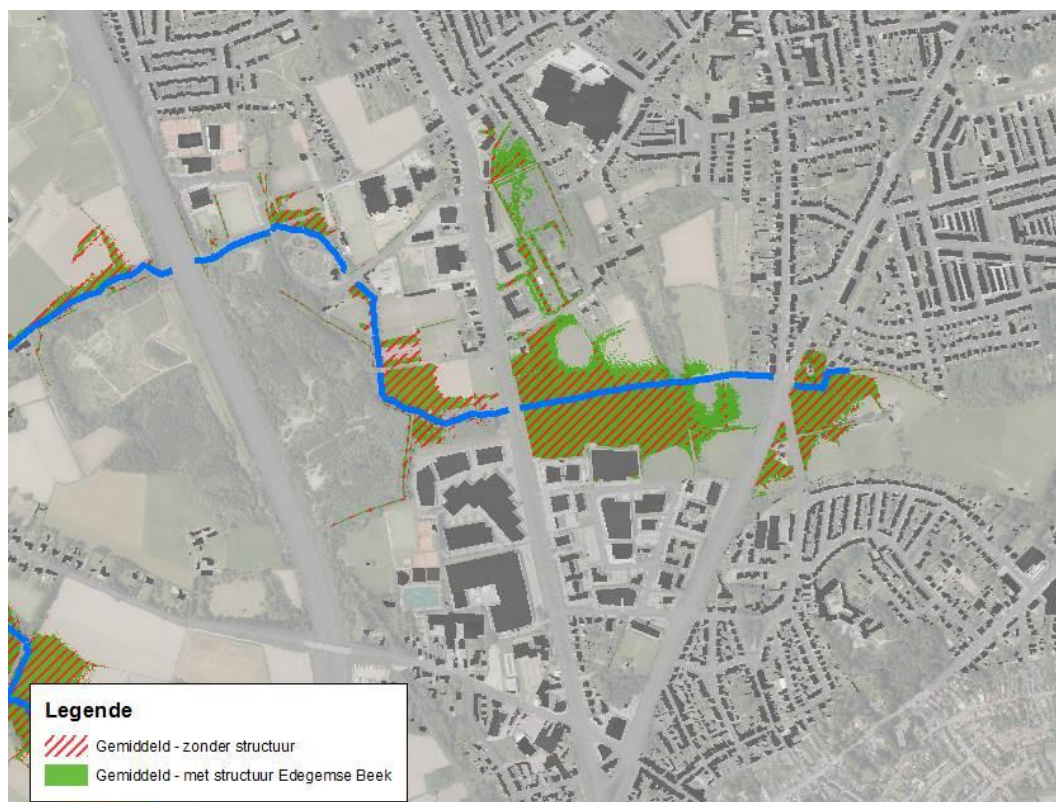
	minimaal scenario	gemiddeld scenario	maximaal scenario
Knijpopening			
diameter (m)	0.3	0.3	0.3
uitstroomniveau (m TAW)	10.86	10.86	10.86
Noodoverlaat (m TAW)	13.0	13.0	13.0

2.3.2 Modelresultaten

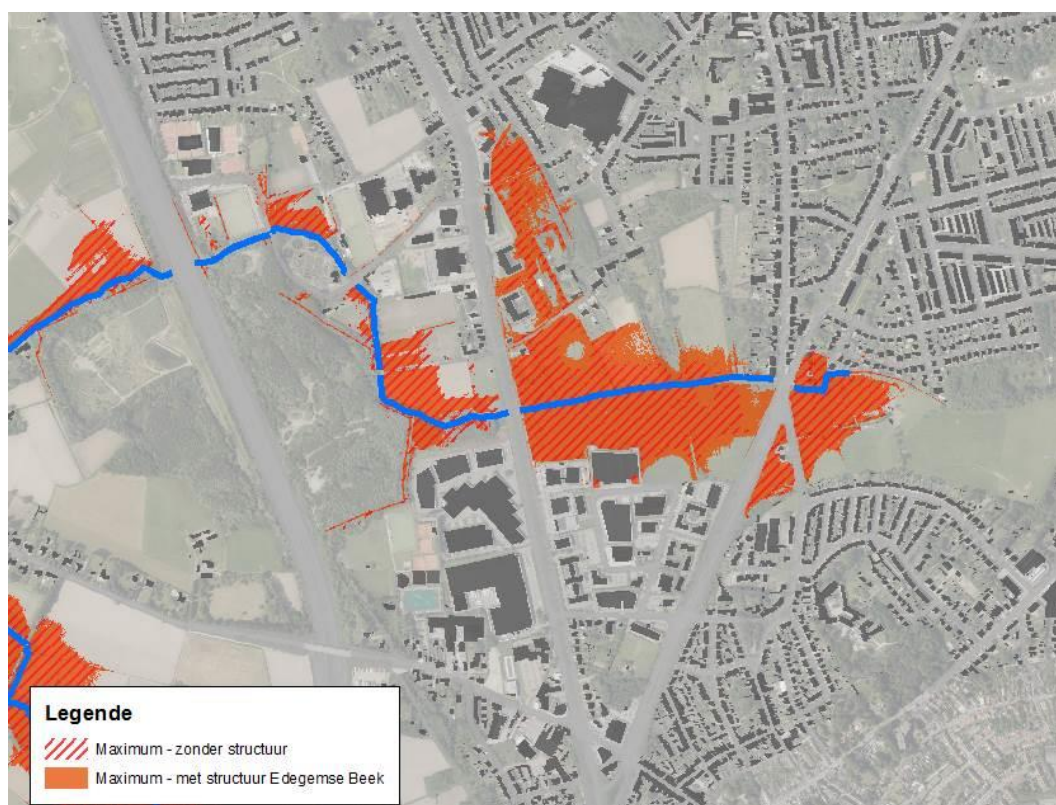
In figuur 11 tot figuur 13 zijn de overstromingscontouren weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's waarbij telkens de vergelijking wordt gemaakt met en zonder de implementatie van het GOG. In Figuur 14 en Figuur 15 zijn de lengteprofielen, hydrogrammen en waterhoogtes weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's.



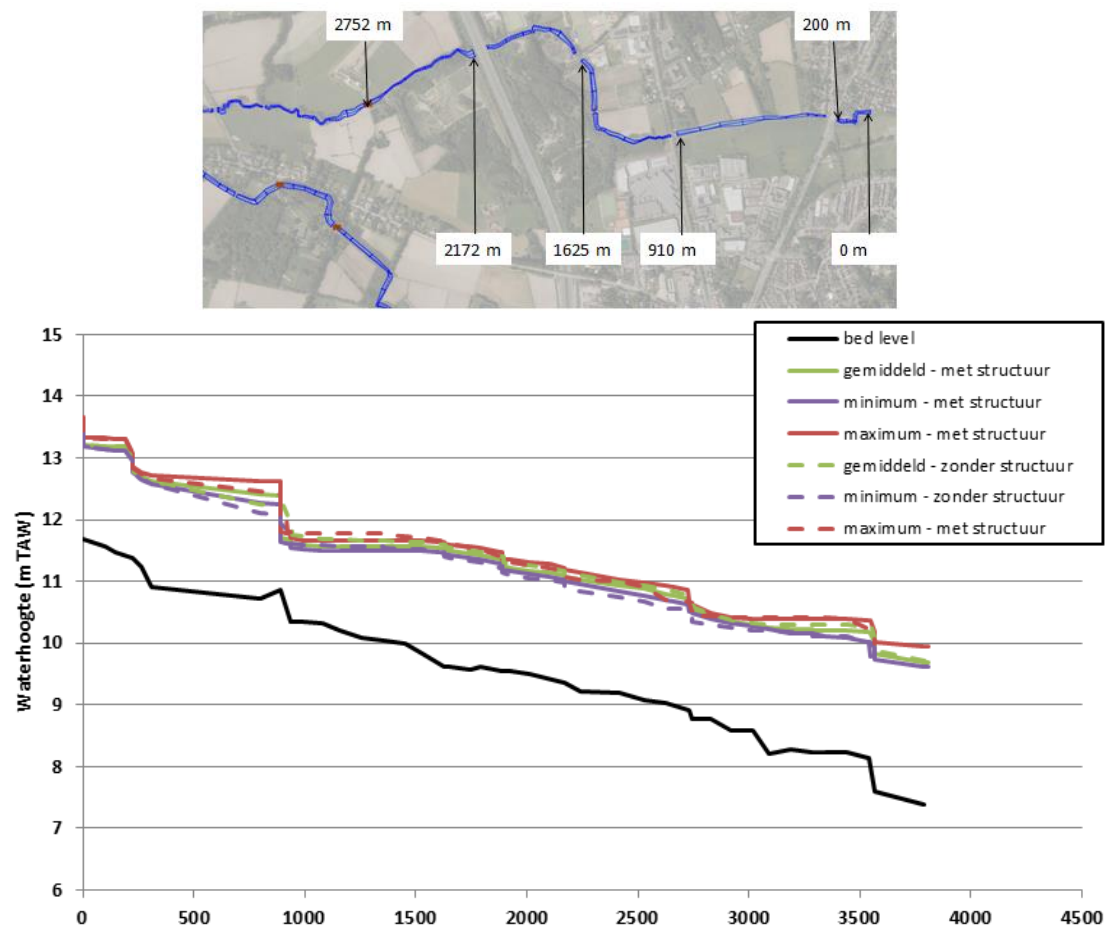
Figuur 11: Overstromingscontouren bij het minimale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Edegemse Beek.



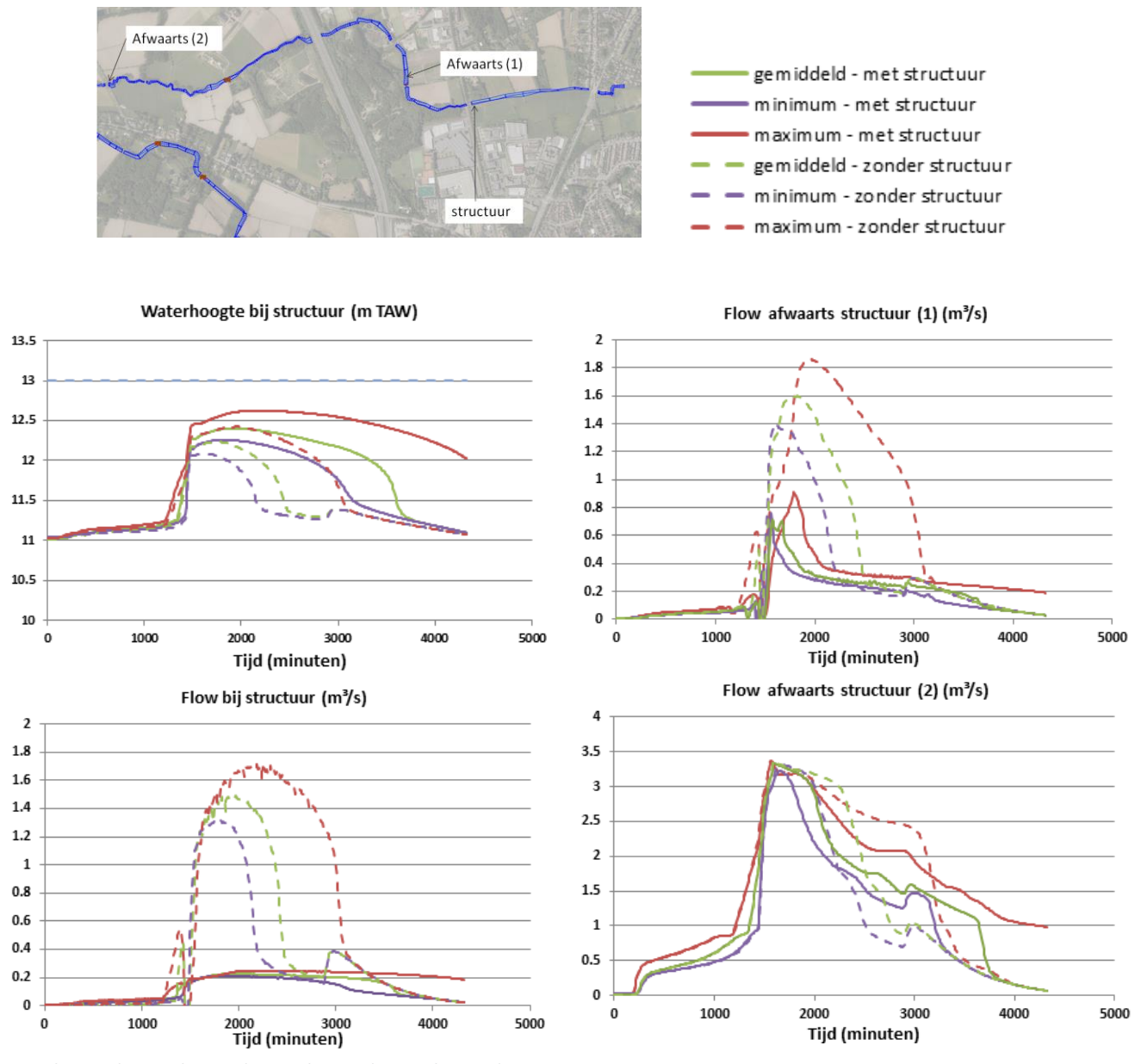
Figuur 12: Overstromingscontouren bij het gemiddelde klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Edegemse Beek.



Figuur 13: Overstromingscontouren bij het maximale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Edegemse Beek.



Figuur 14: Impact op lengteprofiel met en zonder implementatie van het GOG Edegemse Beek.

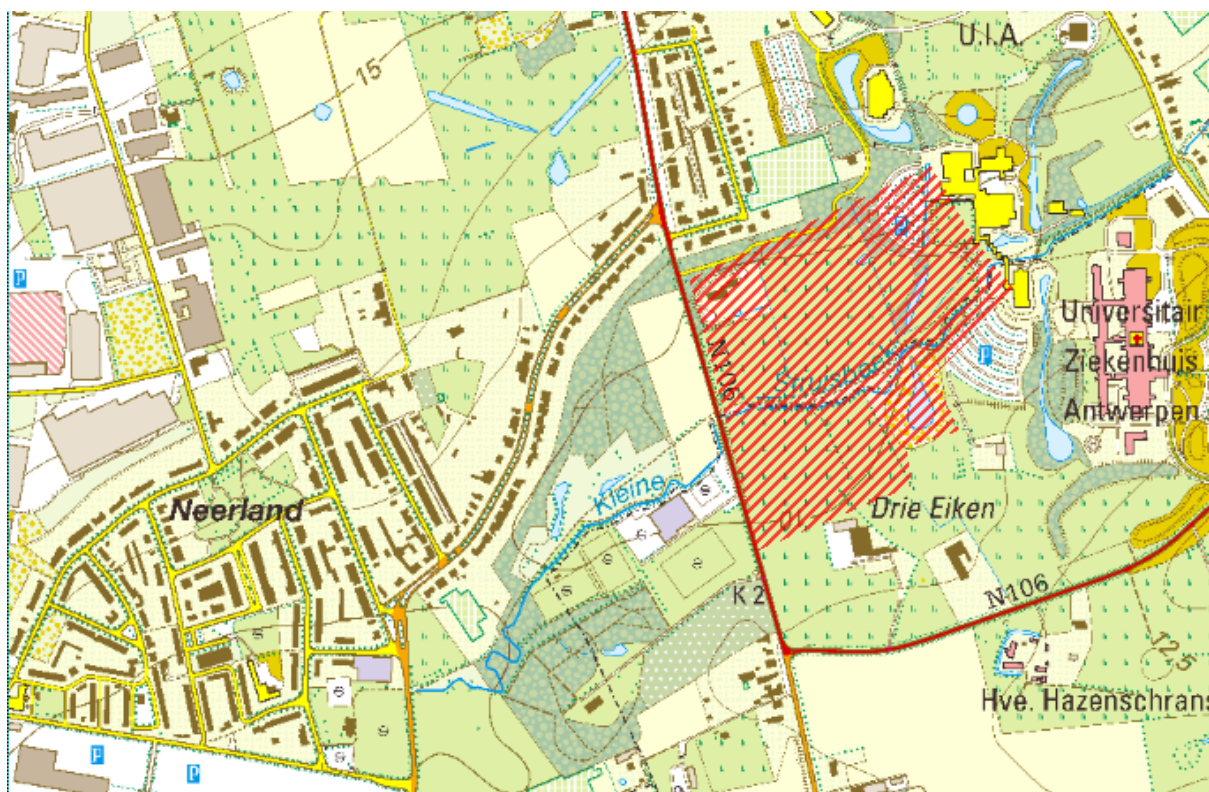


Figuur 15: Impact van structuur op hydrogrammen en waterhoogte voor GOG Edegemse Beek.

2.4 Drie Eyken (UA)

2.4.1 Situering/Modelaanpassingen

De zone voor het GOG Drie Eycken (figuur 16) is gelegen langs de Kleine Struisbeek (opwaarts van Aartselaar). Opwaarts wordt deze zone begrensd door het Universitair Ziekenhuis van Antwerpen. Afwaarts vormt de N106 (Doornstraat) de grens. Door middel van een knijpconstructie wordt het doorvoerdebiet beperkt. Het resterende water wordt geborgen achter een dwarsdijk. Door deze ingreep wordt getracht de wateroverlast in Aartselaar te verminderen.



Figuur 16: Situering GOG Drie Eycken.

De volgende modelaanpassingen zijn uitgevoerd:

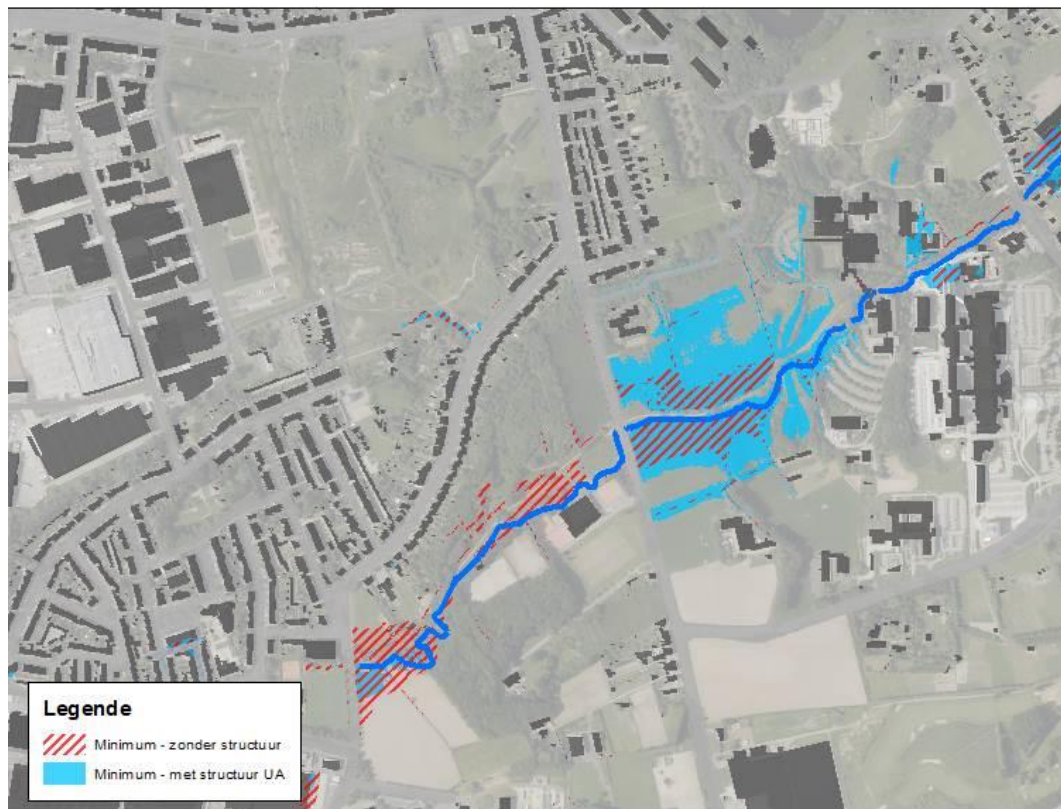
- Verwijderen verbinding tussen opwaartse en afwaartse storage areas (r_KST019R naar r_KST025R, l_KST019R naar l_KST026R)
- Invoegen knijpopening + noodoverlaat in riviergedeelte met opwaartse knoop KST018 om de buffering te optimaliseren: de specificaties zijn gedefinieerd in tabel 3
- Terugslagklep geplaatst bij knoop 46_DAQU002 om terugstroming via riolering te voorkomen

Tabel 3 Specificaties structuur bij GOG Drie Eycken.

	minimaal scenario	gemiddeld scenario	maximaal scenario
Knijpopening			
diameter (m)	0.4	0.4	0.3+0.3
uitstroomniveau (m TAW)	7.82	7.82	7.82
Noodoverlaat (m TAW)	10.2	10.2	10.5

2.4.2 Modelresultaten

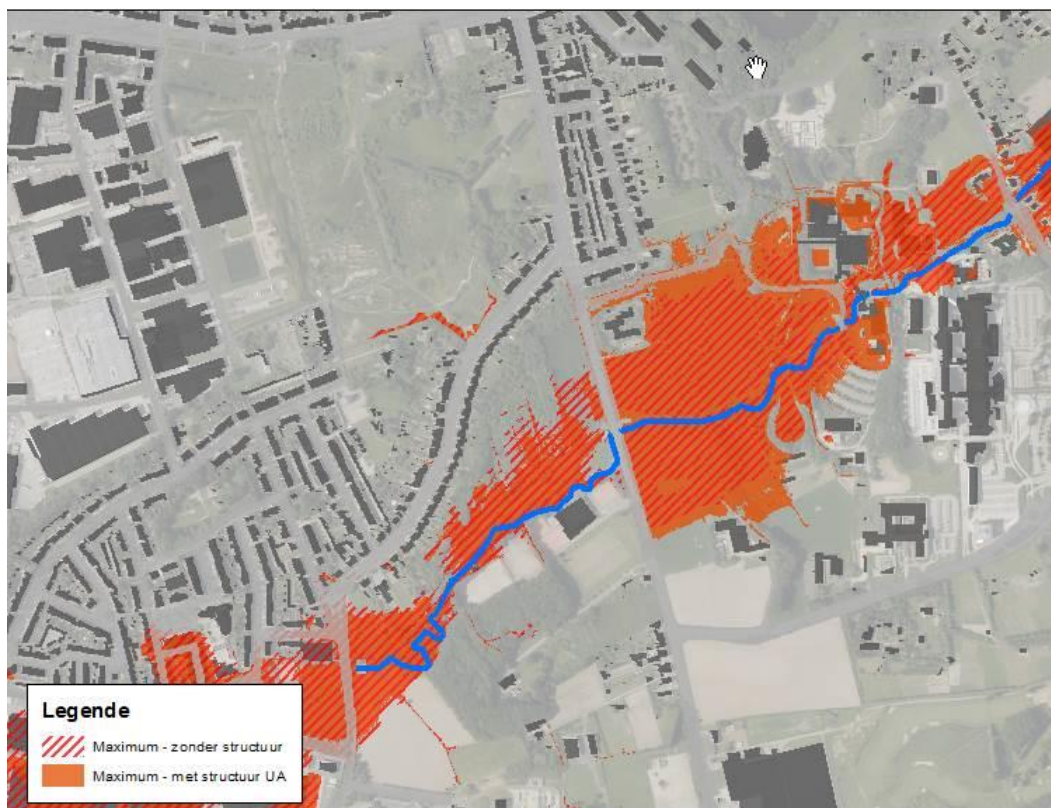
In figuur 17 tot figuur 19 zijn de overstromingscontouren weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's waarbij telkens de vergelijking wordt gemaakt met en zonder de implementatie van het GOG. In Figuur 20 en Figuur 21 zijn de lengteprofielen, hydrogrammen en waterhoogtes weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's.



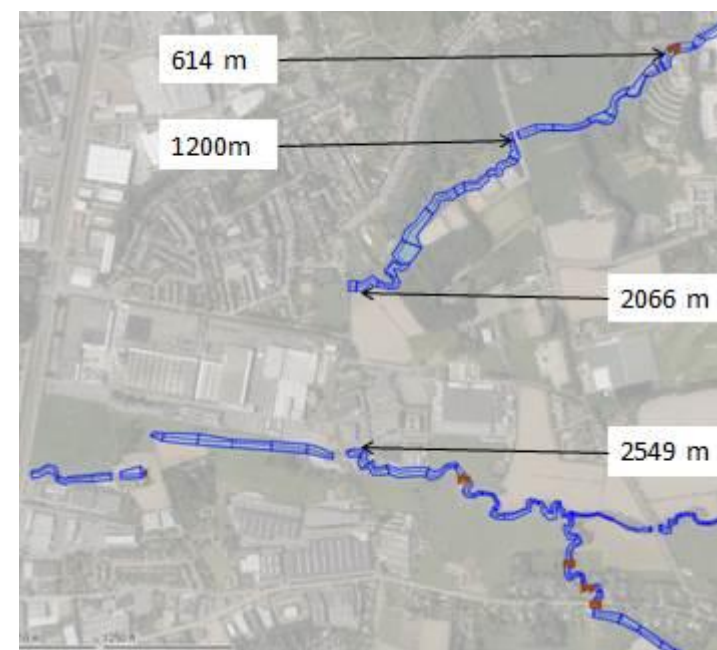
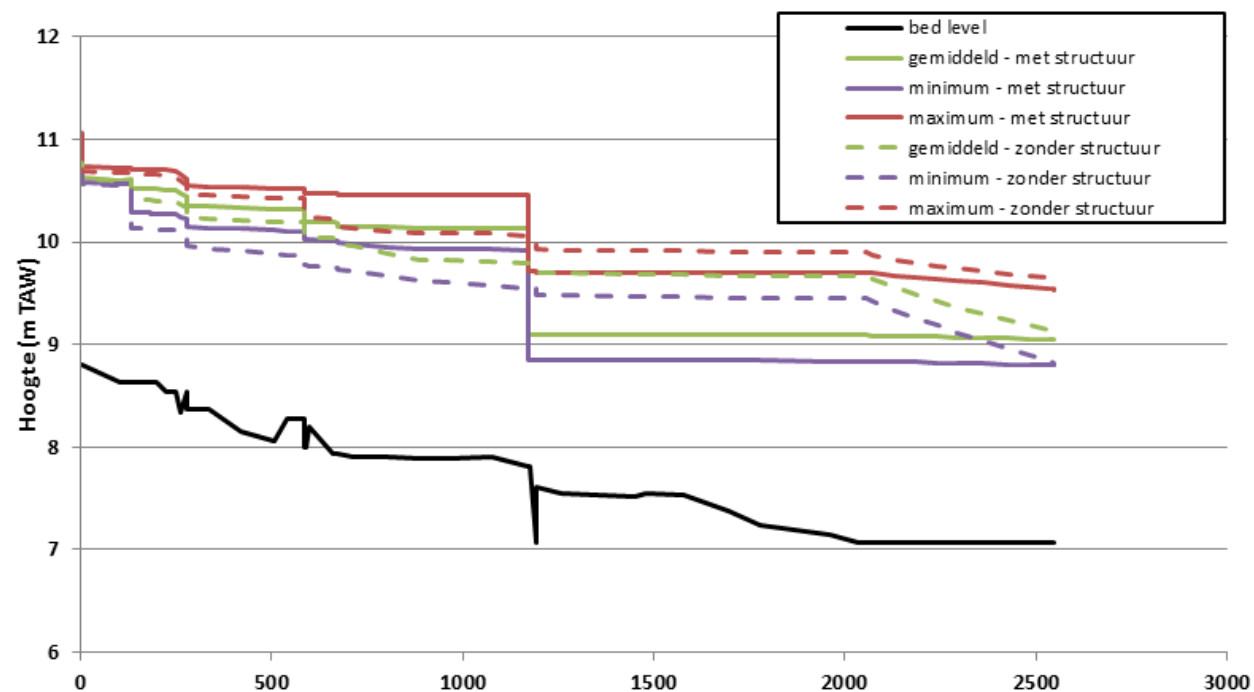
Figuur 17: Overstromingscontouren bij het minimale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Drie Eycken.



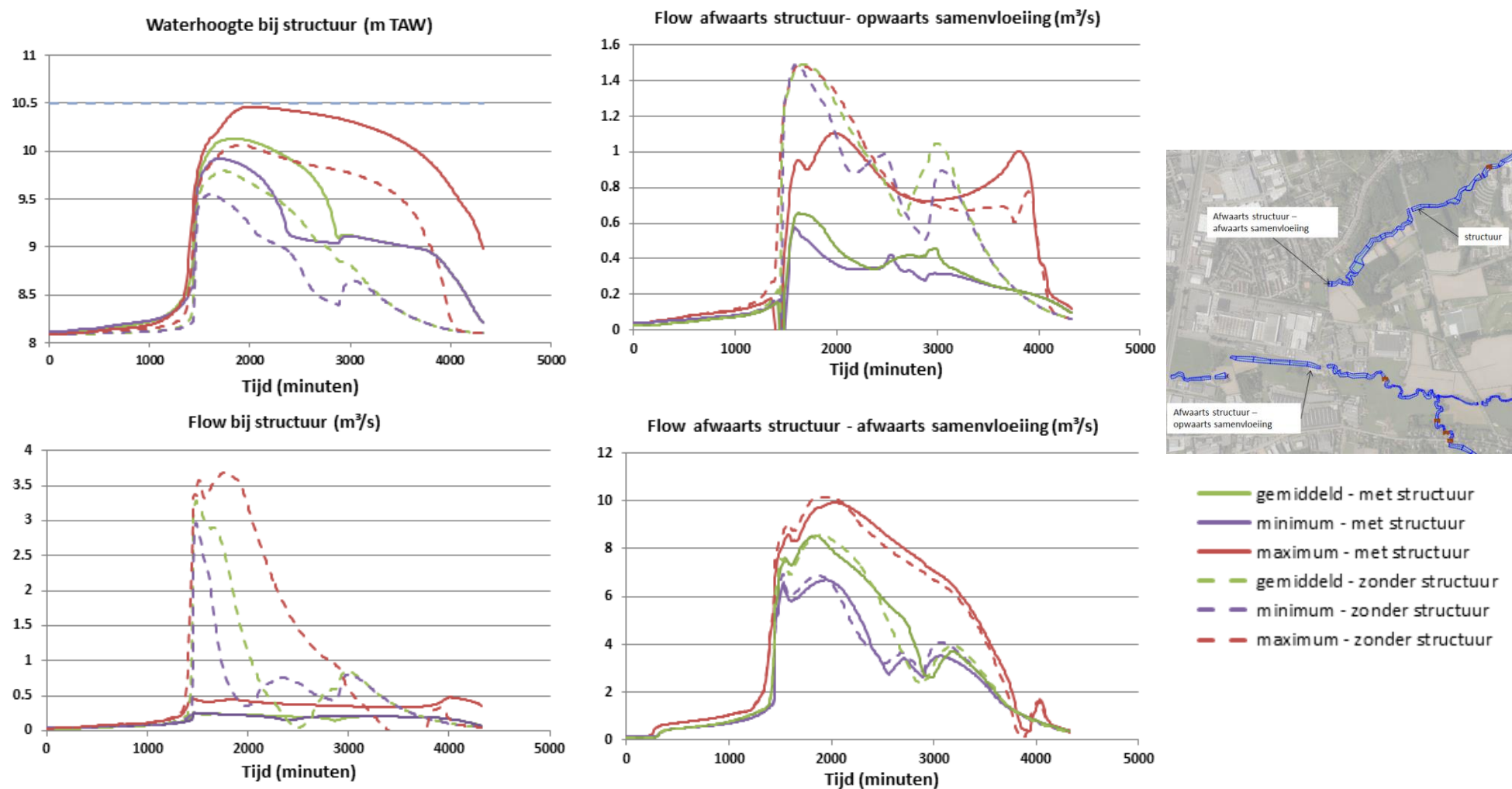
Figuur 18: Overstromingscontouren bij het gemiddelde klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Drie Eycken .



Figuur 19: Overstromingscontouren bij het maximale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Drie Eycken.



Figuur 20: Impact op lengteprofiel met en zonder implementatie van het GOG Drie Eycken.

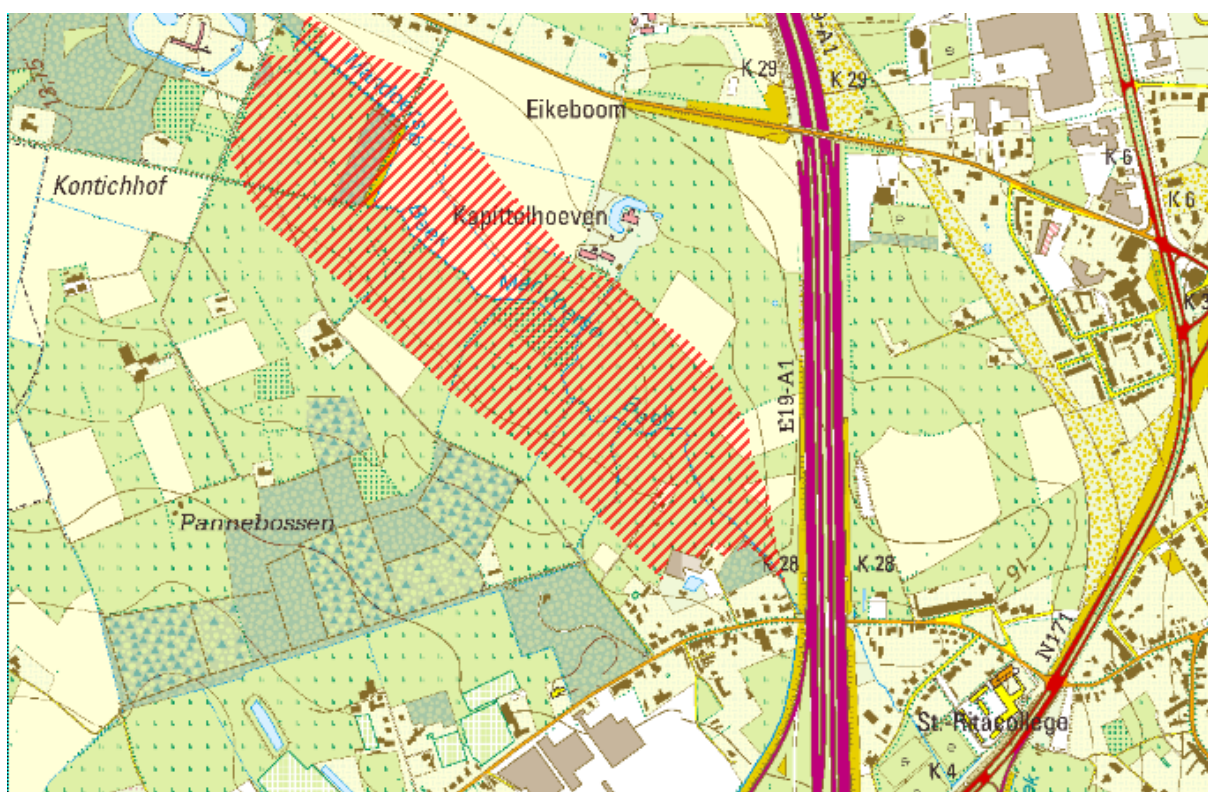


Figuur 21: Impact van structuur op hydrogrammen en waterhoogte voor GOG Drie Eyken.

2.5 Kapittelhoeve

2.5.1 Situering/Modelaanpassingen

De zone voor het GOG Kapittelhoeve (figuur 22) is gelegen op de Mandoerse beek. Opwaarts wordt deze zone begrensd door de E19. Afwaarts vormt het Kontichhof de grens. Door middel van een knijpconstructie wordt het doorvoerdebiet beperkt. Het resterende water wordt geborgen achter een dwarsdijk. Door deze ingreep wordt getracht de wateroverlast in Aartselaar (dat net afwaarts gelegen is van deze GOG) te beperken. Weiland en akkerland vormen de belangrijkste landgebruiksklassen binnen dit gebied. Extra beschermingsmaatregelen zijn nodig voor de aanwezige bebouwing.



Figuur 22: Situering GOG Kapittelhoeve.

De volgende modelaanpassingen zijn uitgevoerd:

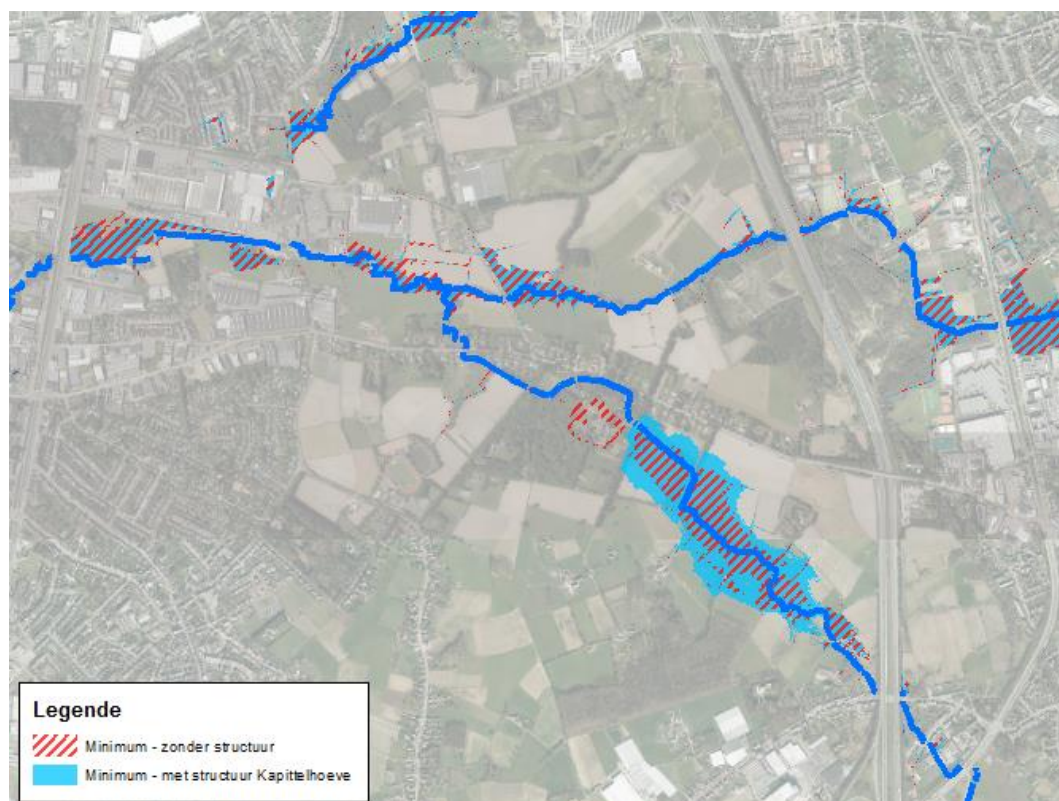
- Verwijderen verbinding tussen opwaartse en afwaartse storage areas (r_MAN081R en r_MAN084R)
- Invoegen knijpopening + noodoverlaat in riviergedeelte met opwaartse knoop MAN080i om de buffering te optimaliseren: de specificaties zijn gedefinieerd in tabel 4
- Bank line van storage area r_MAN081RS' lokaal verhoogd tot 13.5 mTAW om stroming naar andere storage areas te verhinderen

Tabel 4: Specificaties structuur bij GOG Kapittelhoeve.

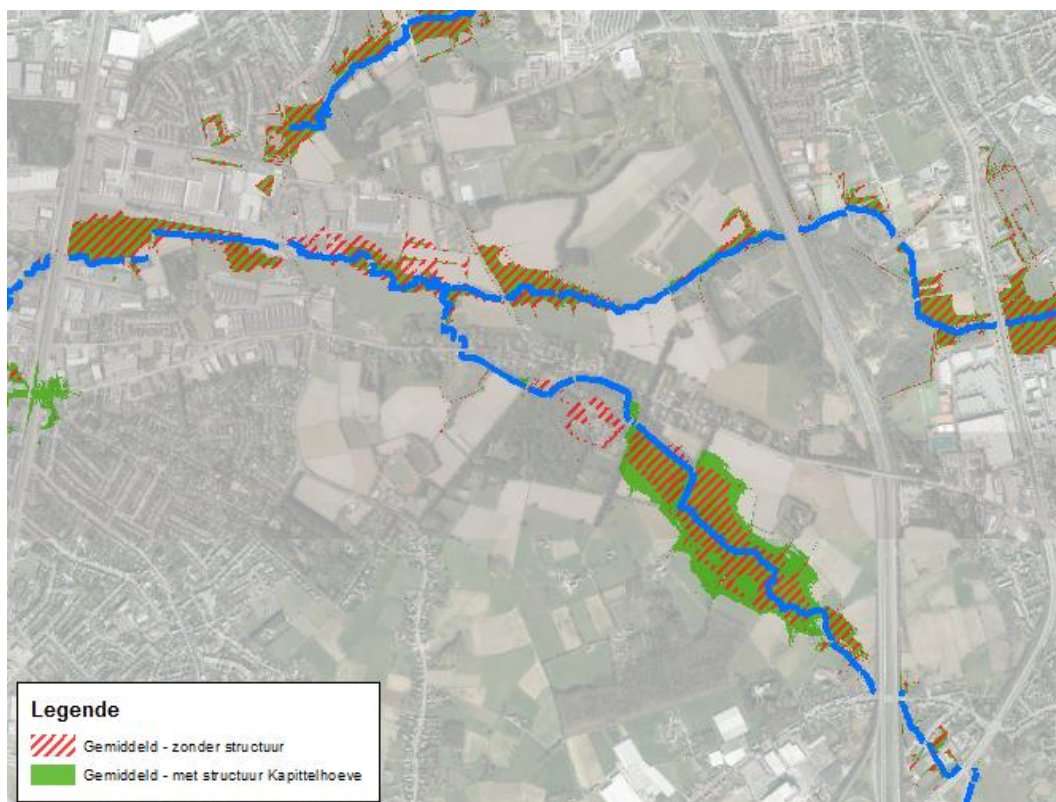
	minimaal scenario	gemiddeld scenario	maximaal scenario
Knijpopening diameter (m)	0.3	0.3	0.3
uitstroomniveau (m TAW)	10.323	10.323	10.323
Noodoverlaat (m TAW)	13	13	13

2.5.2 Modelresultaten

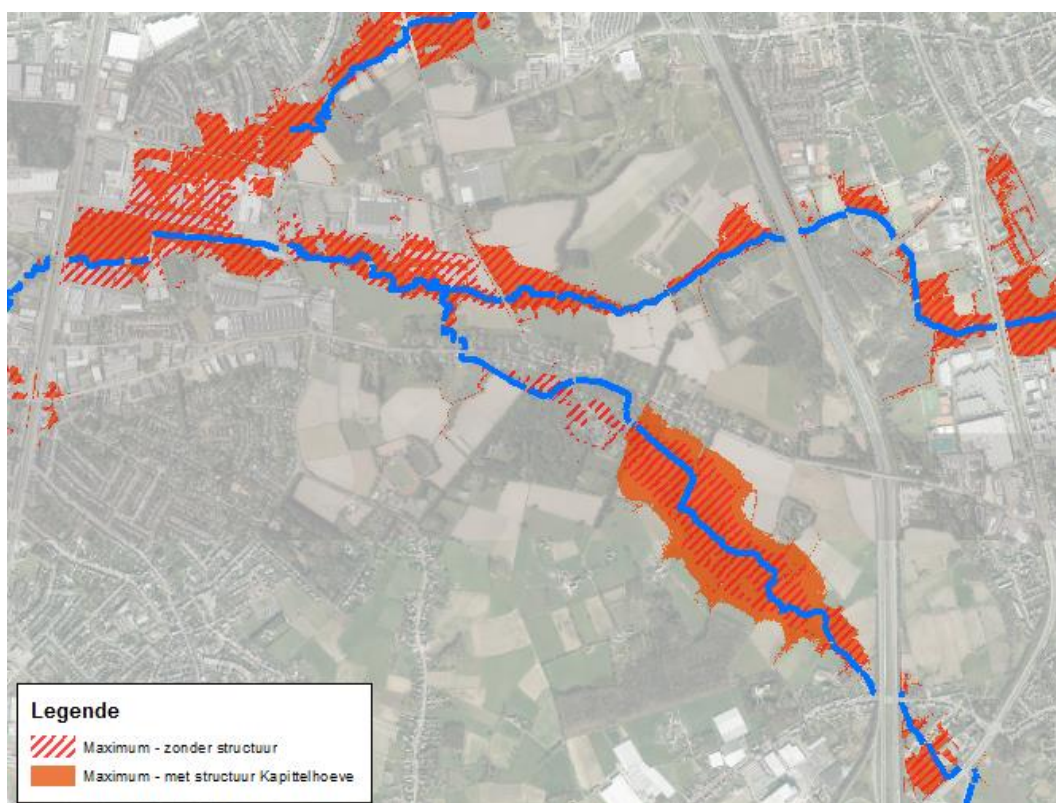
In figuur 23 tot figuur 25 zijn de overstromingscontouren weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's waarbij telkens de vergelijking wordt gemaakt met en zonder de implementatie van het GOG. In figuur 26 en figuur 27 zijn de lengteprofielen, hydrogrammen en waterhoogtes weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's.



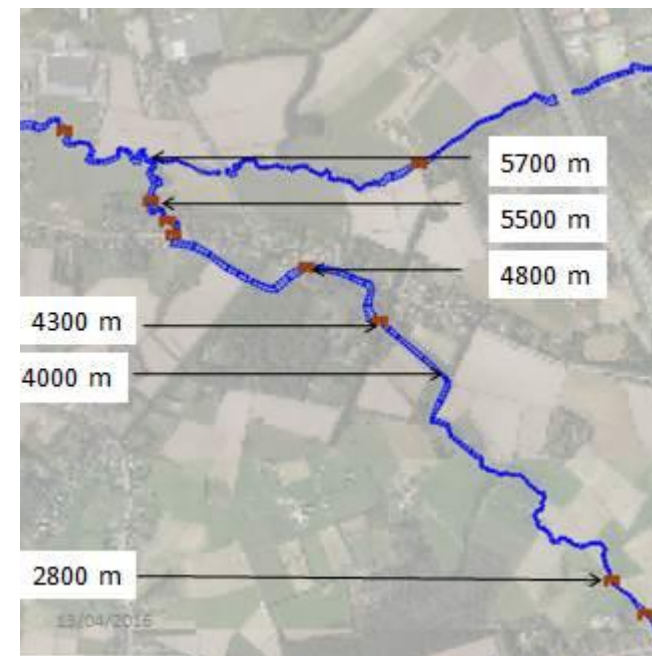
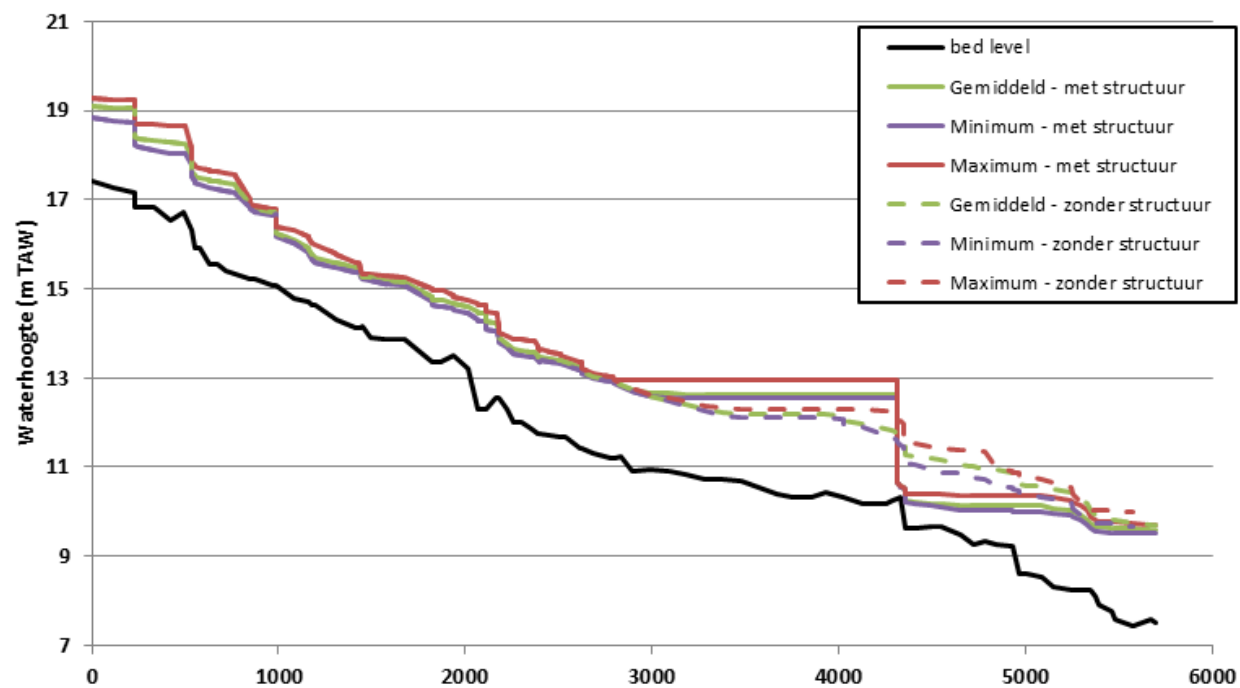
Figuur 23: Overstromingscontouren bij het minimale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Kapittelhoeve.



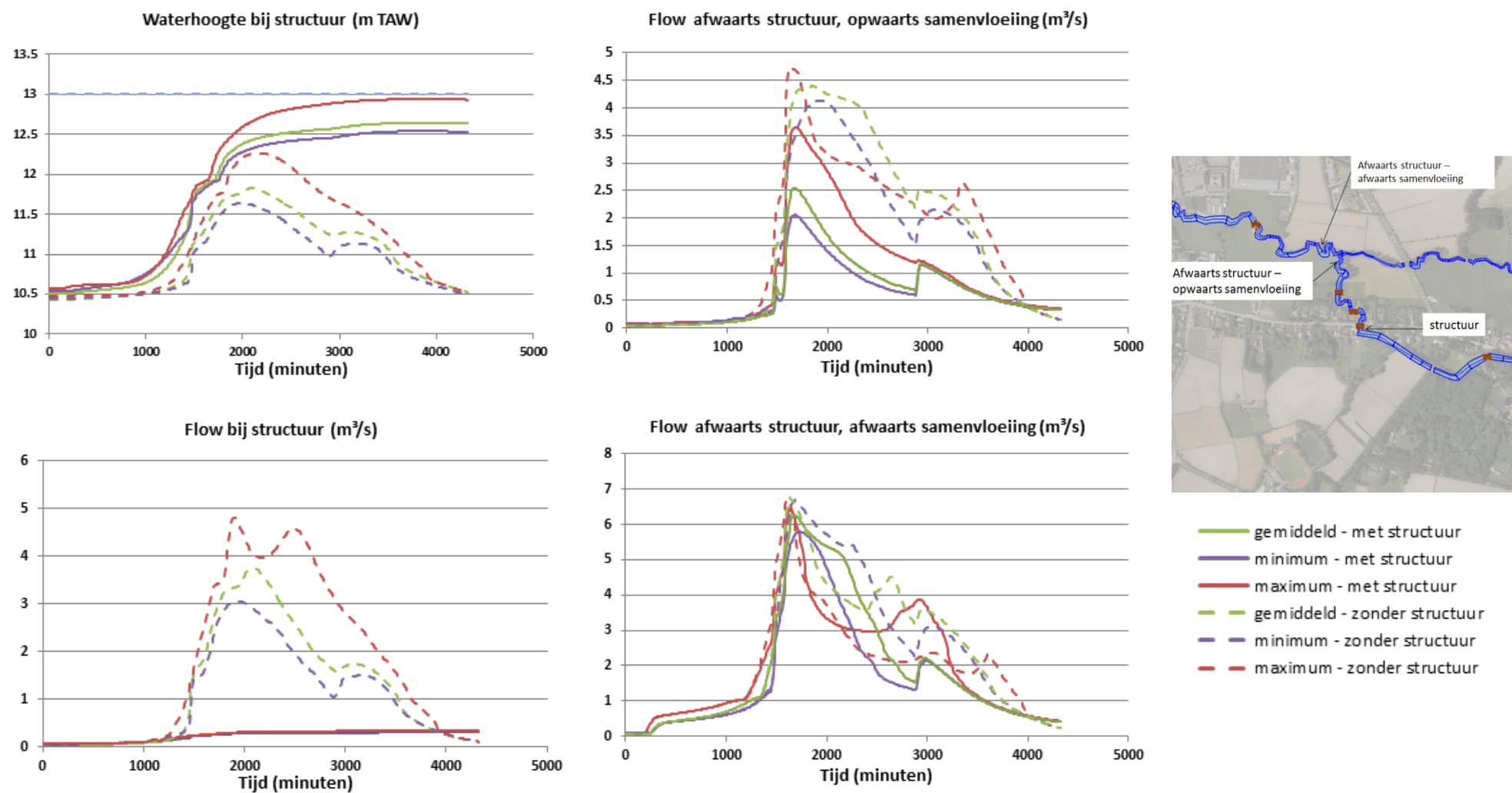
Figuur 24: Overstromingscontouren bij het gemiddelde klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Kapittelhoeve.



Figuur 25: Overstromingscontouren bij het maximale klimaatscenario met en zonder implementatie van het GOG Kapittelhoeve.



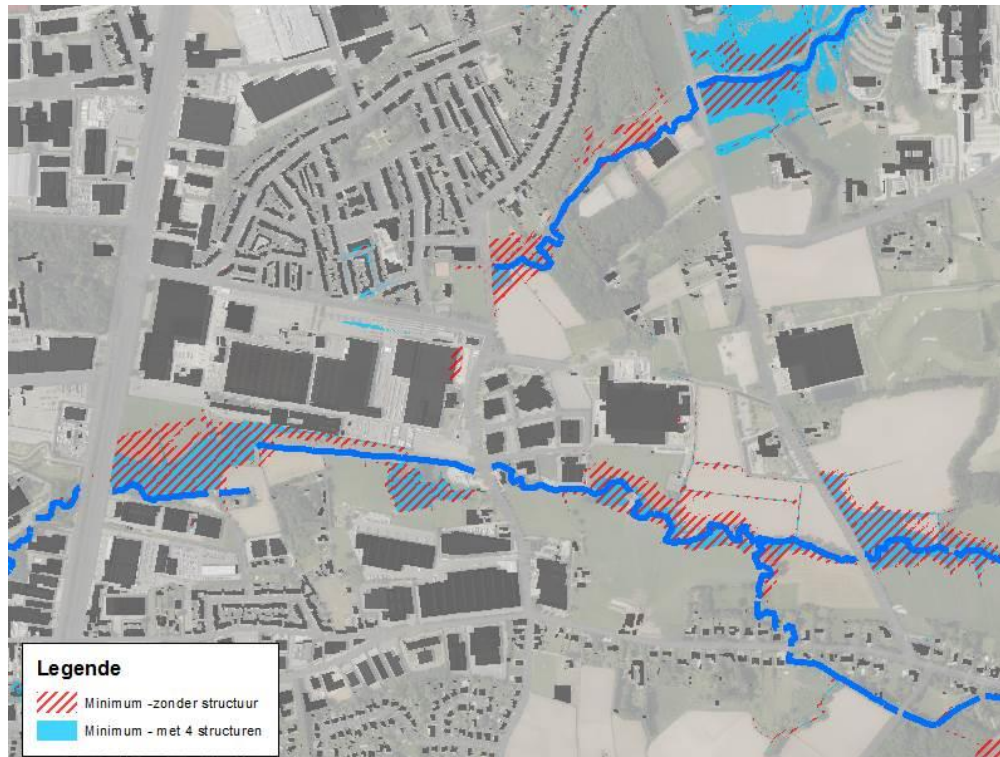
Figuur 26: Impact op lengteprofiel met en zonder implementatie van het GOG Kapittelhoeve.



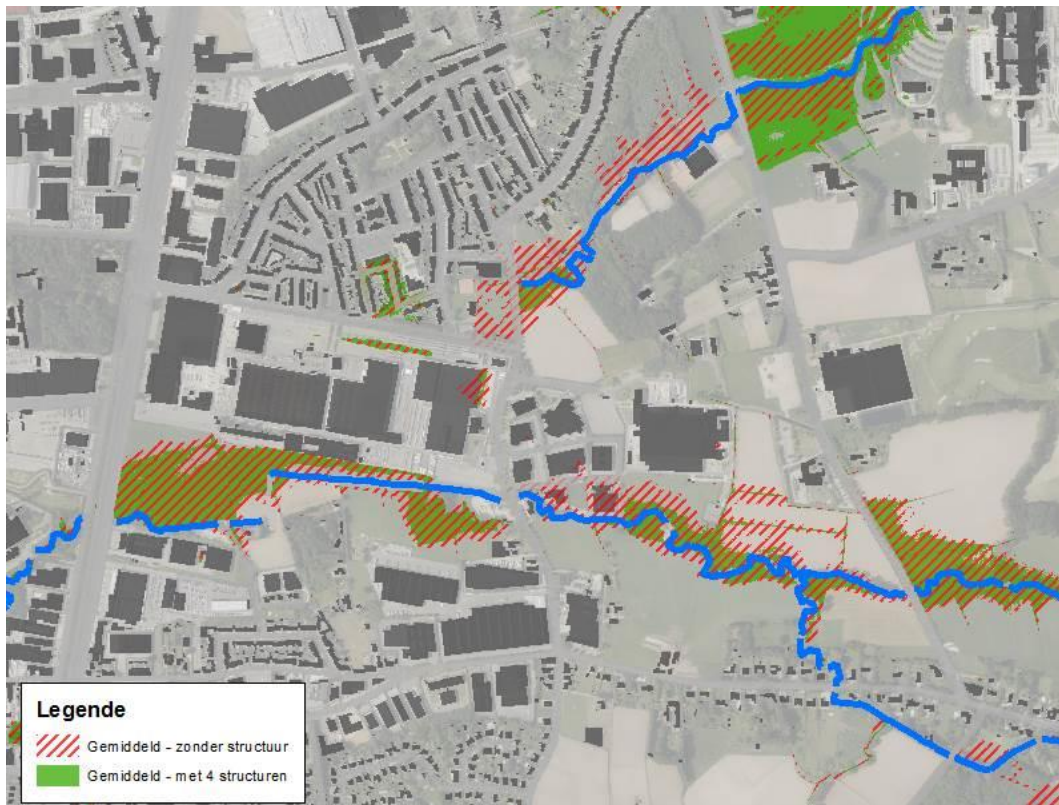
Figuur 27: Impact van structuur op hydrogrammen en waterhoogte voor GOG Kapittelhoeve.

2.6 Gecombineerde maatregelen

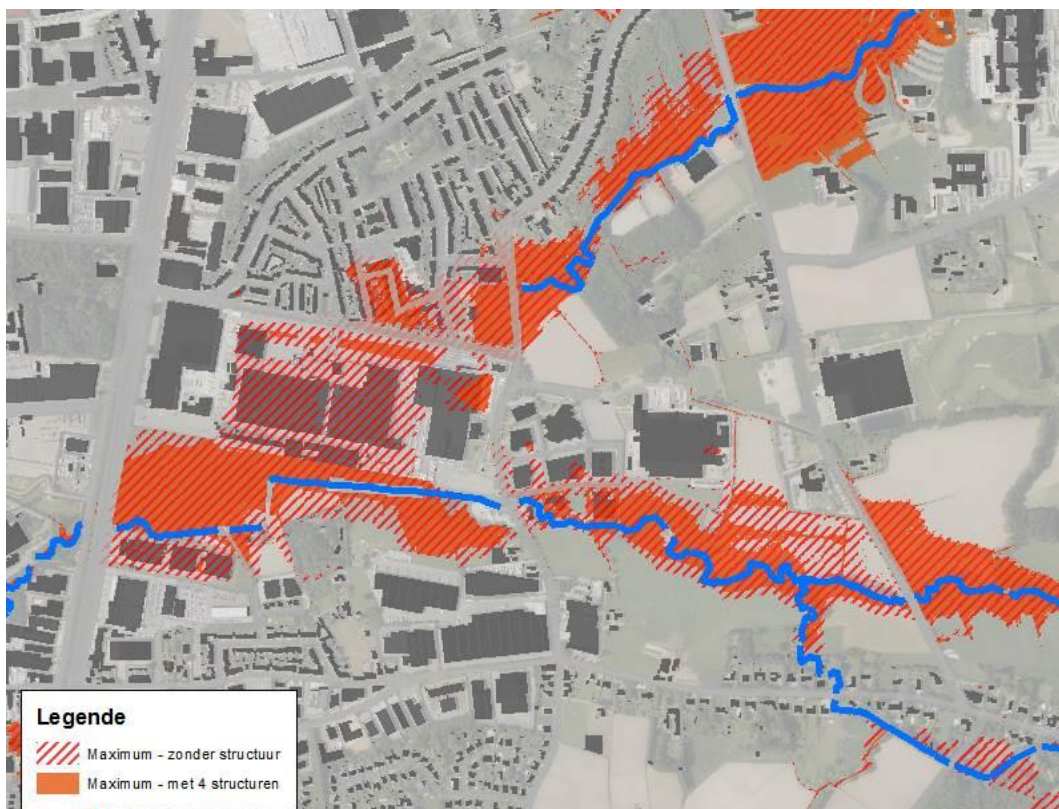
In figuur 28 tot figuur 30 zijn de overstromingscontouren weergegeven voor de verschillende klimaatscenario's waarbij telkens de vergelijking wordt gemaakt met en zonder de implementatie van de 4 GOG's. In figuur 31 en figuur 32 zijn de lengteprofielen weergegeven tot aan de onderdoorgang aan de de A12. De waterhoogte opwaarts van de A12 en de debieten na de samenvloeiing van de Edegemse Beek/Kleine Struisbeek zijn weergegeven in figuur 33.



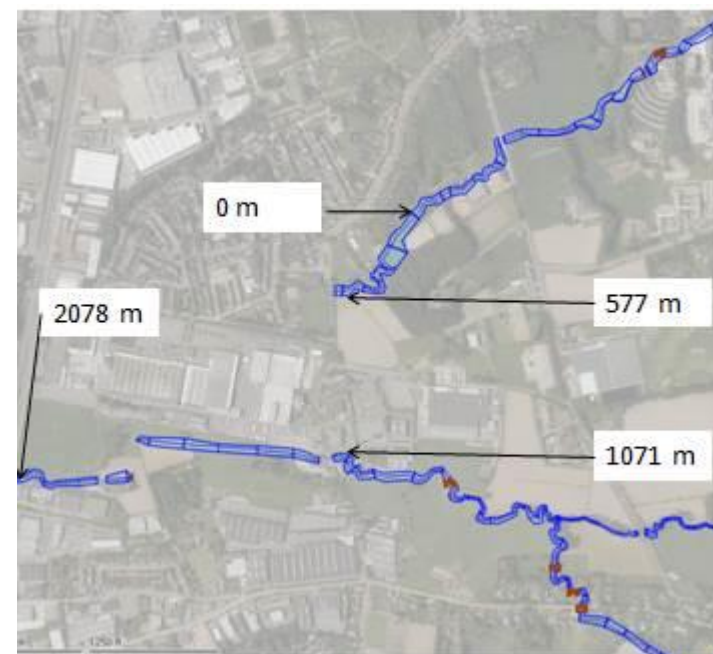
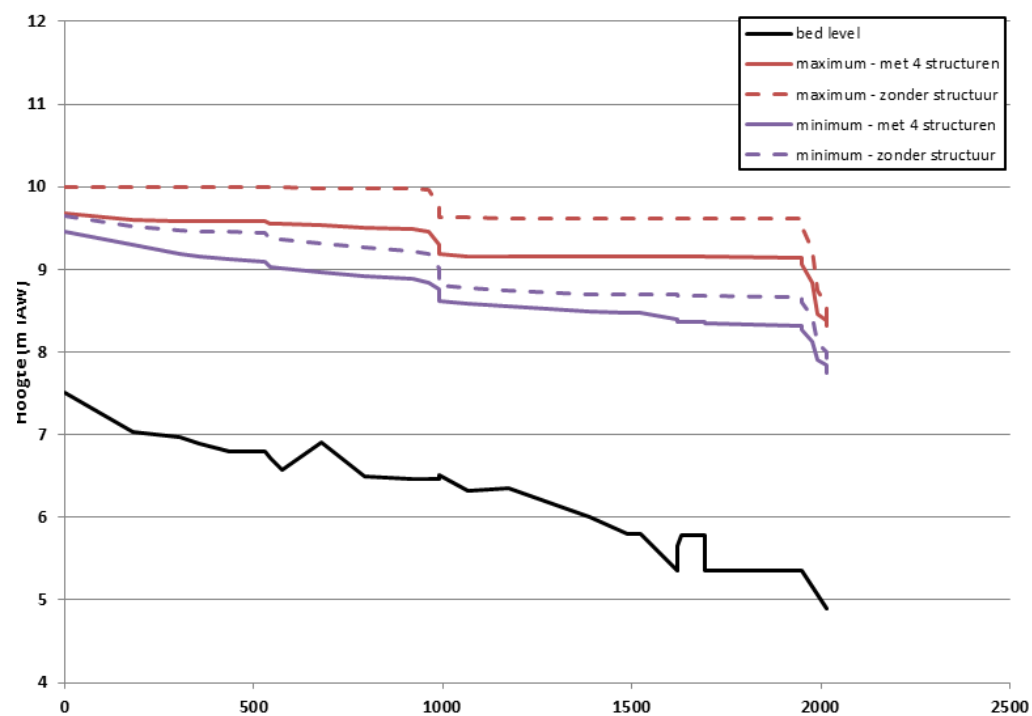
Figuur 28: Overstromingscontouren bij het minimale klimaatscenario met en zonder implementatie van de 4 GOG's gecombineerd.



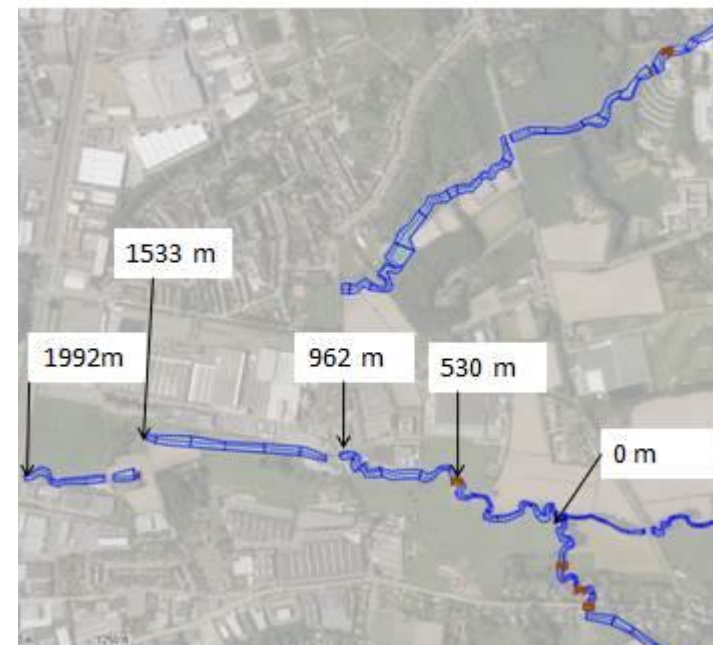
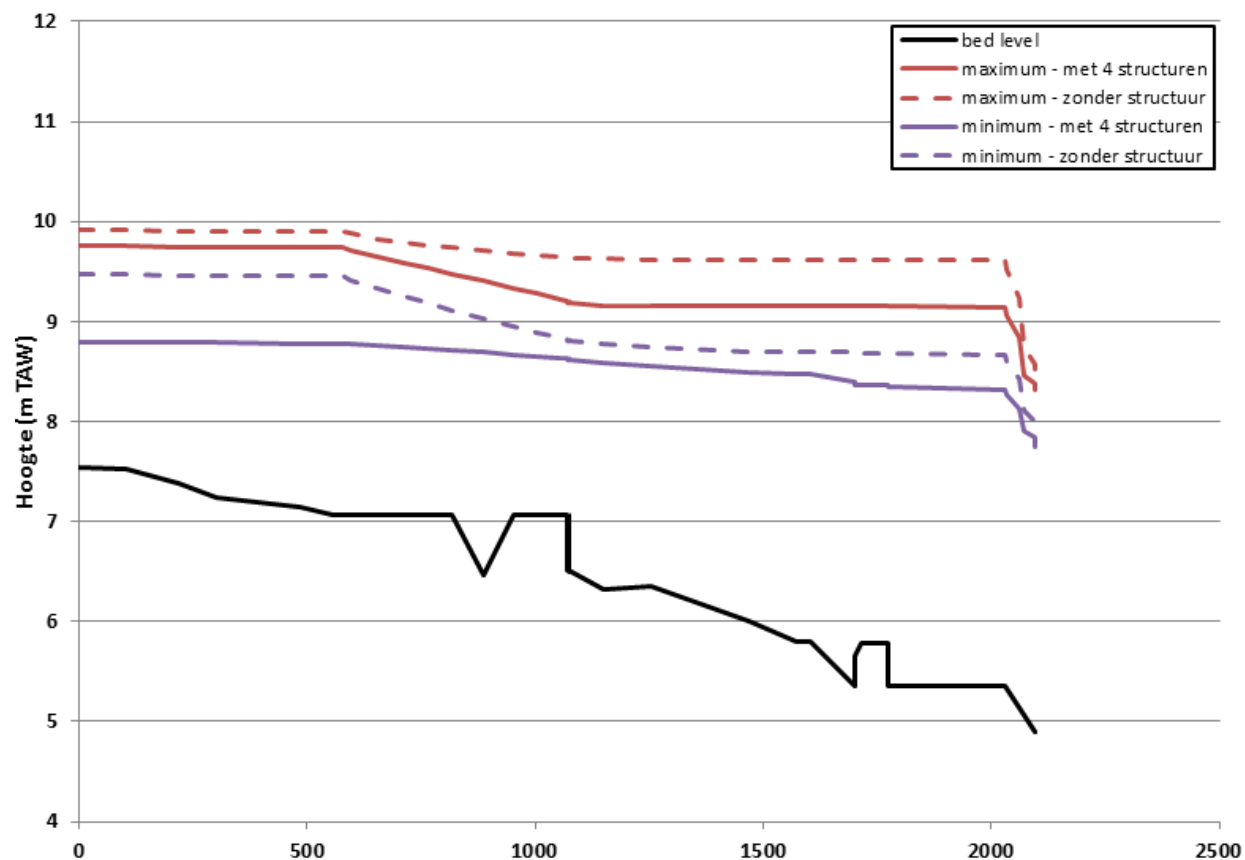
Figuur 29: Overstromingscontouren bij het gemiddelde klimaatscenario met en zonder implementatie van de 4 GOG's gecombineerd.



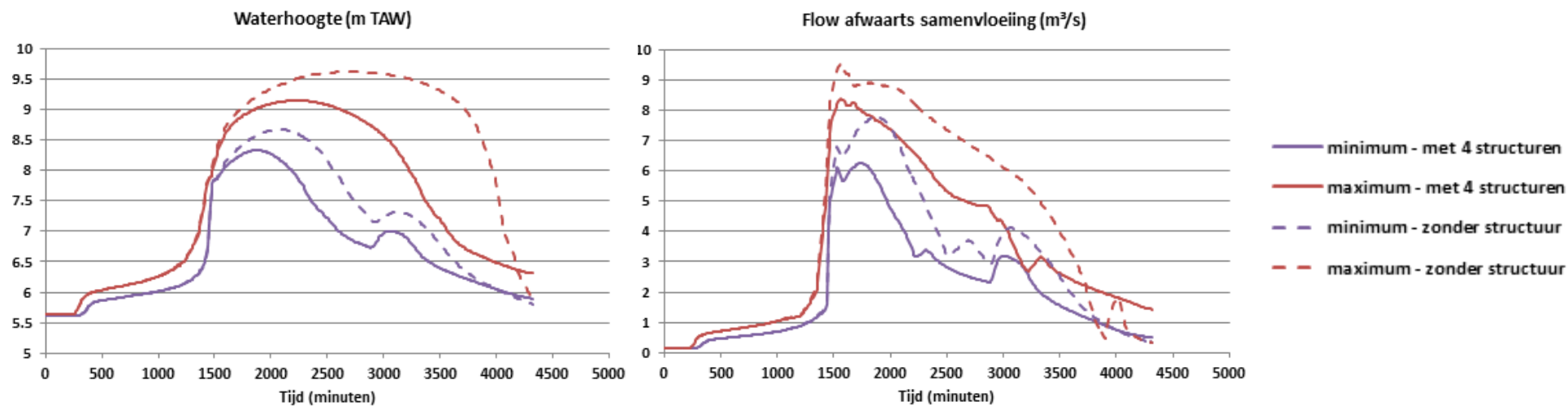
Figuur 30: Overstromingscontouren bij het maximale klimaatscenario met en zonder implementatie van de 4 GOG's gecombineerd.



Figuur 31: Impact op lengteprofiel vanaf onderdoorgang A12 tot GOG Drie Eyken met en zonder implementatie van de 4 GOG's gecombineerd.



Figuur 32: Impact op lengteprofiel vanaf onderdoorgang A12 tot samenvloeiing van Edegemse Beek / Mandoerse beek van de 4 GOG's gecombineerd.



Figuur 33: Impact van de 4 GOG's gecombineerd op de waterhoogte opwaarts van de onderdoorgang A12 en op debieten na samenvloeiing Kleine Struisbeek/Grote Struisbeek.

2.7 Conclusies

Naar effect toe hebben de kleinere GOG's hoofdzakelijk een lokaal effect; verder naar afwaarts is hun effect bijna niet meer waar te nemen. Het prioriteren van de aanleg van deze 3 kleinere GOG's heeft dus vooral te maken met de lokale overstromingsrisico's.

Het grootste en ook meest centraal gelegen GOG, Kapittelhoeve, heeft een meer globaal effect. Dit is logisch aangezien naarmate dat de buffering grotere is, het effect groter is, maar ook naarmate het meer afwaarts gelegen is, het effect zich op een groter aandeel van de afstroming voordoet.

Wanneer de simulatie van het meest extreme klimaatscenario High 2100 T100 wordt geëvalueerd, kan worden vastgesteld dat vooral de combinatie van de 4 GOG's een significant effect heeft. De bottleneck blijft echter de doorvoer onder de A12: uit het langsgedraai blijkt duidelijk dat hier een zeer grote opstuwingsdruk wordt veroorzaakt, die groter is dan het effect van de GOG's. Dit komt niet enkel door de beperkte capaciteit van de doorsteek onder de A12, maar ook door de (te hoge) hoogteligging van deze doorsteek. Een evenwichtige overstromingsbeheersing kan enkel gebeuren wanneer de lokale bottlenecks (zoals de doorsteek onder de A12, maar ook de inbuizing net afwaarts van de samenvloeiing Kleine en Grote Struisbeek) worden weggewerkt. Dit zijn locaties die als knijp functioneren zoals de GOG's, maar dan ongecontroleerd, niet geoptimaliseerd en zonder overloop. Indien de doorvoer ter hoogte van de A12 wordt vergroot, dient wel nagegaan te worden wat het effect ervan is op de afwaartse overstromingsrisico's. Eventueel dient er een bijkomend overstromingsgebied te worden ontwikkeld afwaarts van de A12.

Bij het optimaliseren van de GOG's moet een dynamische debietcontrole worden toegepast in functie van de klimaatontwikkeling. De doorvoer wordt zodanig gecontroleerd dat de overloop maar in zeer extreme situaties in werking treedt (hier een terugkeerperiode van 100 jaar) om op die manier de buffering maximaal te benutten wanneer deze het meest nodig is. Aangezien de afstromingsdebieten toenemen met de klimaatverandering, betekent dit dat de optimale doorvoer ook groter is op lange termijn. Gezien de onzekerheden op de lange termijn klimaatveranderingen, is het wel raadzaam om tussentijdse evaluaties uit te voeren en de optimalisatie op basis hiervan te herzien. Bij de aanleg wordt er daarom best geopteerd om de doorvoeropeningen te ontdubbelen op basis van het korte termijn optimum waarbij initieel één van de twee openingen open staat en de andere is afgesloten. De tweede opening kan gebruikt worden om in specifieke gevallen gecontroleerd sneller te lozen en om op lange termijn de doorvoer te vergroten.

Het inrichten van de GOG's vermindert de overstromingsrisico's afwaarts, maar kan lokaal opwaarts nieuwe overstromingsrisico's doen ontstaan door de opstuwingsdruk. Het kan daarom nodig zijn om lokaal flankerende beschermingsmaatregelen te nemen opwaarts van de nieuwe structuren om lokaal gebouwen te beschermen die gelegen zijn binnen de contour van het hoogst verwachte waterpeil in de GOG vermeerderd met een veiligheidsmarge.

Op basis van de simulaties blijkt dat de invloed van de GOG's op de wateroverlast in het gerioleerd gebied heel beperkt is. Op plaatsen waar er zich door hoge waterstand in de waterloop significante terugstroming in het rioolstelsel voordoet, worden best terugslagkleppen geplaatst.

REFERENTIES

HydroScan (2016a). Impact van wijzigende neerslagpatronen op lokale waterlopen; deel 1: hydrologische vergelijkende analyse. Januari 2016.

HydroScan (2016b). Impact van wijzigende neerslagpatronen op lokale waterlopen; deel 2: Overstromingskaarten. April 2016.

VMM (2014). Onderbouwing van het Overstromingsrisicobeheerplan van de onbevaarbare waterlopen. ORBP-analyse Antwerpen.

VMM (2015). Scenarioanalyse: Benedenvliet kruising A12 / wachtbekken Kapittelhoeve.