

Herinrichting Essche Stroom Traject Bruggelaar

HYDROLOGISCH RAPPORT

Opdrachtgever	: WS de Dommel
Auteur	: G. van Wijk
Datum	: 2 december 2021
Status	: Definitief
Projectnummer	: P016915

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Ligging plangebied	4
1.2	Hoogteligging	5
2	Modelinstrumentarium Oppervlaktewater	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Toegepaste neerslagreeks voor Huidig Klimaat en Klimaatscenario WH2050	6
2.3	'Modellentrein' HI	6
2.4	Detailmodel Essche Stroom	7
2.5	Vergelijk Detailmodel met HI-model	10
3	Resultaten Referentiemodel	13
3.1	Algemeen	13
3.2	Doorgerekende afvoersituaties	13
3.3	Stationaire berekening	13
3.4	Afvoersituaties T1 t/m T150 (Dynamische berekening)	15
4	Ontwerp beekherstel Traject Bruggelaar	17
5	Toetsing hydraulische effecten definitief ontwerp	19
5.1	Inleiding	19
5.2	Berekende effecten ontwerp Beekherstel	19
5.3	Conclusies	28
	Bijlage 1: Stroomsnelheden Referentie en Ontwerp	29
	Bijlage 2: Inundaties T1 t/m T150	30

Lijst met figuren

Figuur 1: Ligging en begrenzing plangebied	4
Figuur 2: Ligging en begrenzing plangebied met hoogtekarte AHN 5x5	5
Figuur 3: Schema 'HI-modellentrein' (deel van)	7
Figuur 4: Detailmodel (links met topografische ondergrond)	8
Figuur 5: Extra toegevoegde watergangen en detailinformatie	9
Figuur 6: Doorgevoerde verbetering in 2D overstromingsgrid (m)	10
Figuur 7: Controle-locaties debiet (HI-model (grijs) detailmodel Essche Stroom (in kleur))	11
Figuur 8: Controle debietranden op locaties figuur 7	11
Figuur 9: Controle-locaties waterstand (waterlopen grijs : HI-model, waterlopen in kleur : detailmodel)	12
Figuur 10: Controle waterstanden op locaties figuur 9	12
Figuur 11: Overzicht debieten per seizoen (m³/s)	14
Figuur 12: Lengteprofiel stuw Nemelaar – Rijksweg A2 / Stationaire waterstanden Zomer en Winter / Stroomsnelheid Zomer	14
Figuur 13: Lengteprofiel Nemer – Rijksweg A2 / T1 t/m T150 maximale waterstanden	15
Figuur 14: Maximaal inundatieoppervlak bij T1 t/m T150 (T1 t/m 50 (HK) en T100 en T150 WH2050)	16
Figuur 15: Ontwerp bodemaanpassing ontwerp t.o.v. het huidige bodemhoogteverloop	17
Figuur 16: Ontwerp dwarsprofiel ter illustratie Ontwerp versus Huidig (thv nieuwe stuw Esch)	18
Figuur 17: Lengteprofiel Stroomsnelheden en Waterstanden in de Zomer van de Essche Stroom	20
Figuur 18: Lengteprofiel Waterstanden in de Winter van de Essche Stroom	20
Figuur 19: Stroomsnelheden Essche Stroom (Links:Referentie / Rechts: Beekherstel) (zie ook bijlage voor groter formaat)	21
Figuur 20: Trajecten van getoonde lengteprofielen (1, 2, 3 en 4)	21
Figuur 21: Inundaties ontwerp (blauw) ten opzichte van de referentie (groen)	22
Figuur 22: Lengteprofiel traject 1: Waterstanden van de Essche Stroom bij beekherstel bij T1(HK), 10(HK) en 100(WH2050)	23
Figuur 23: Lengteprofiel traject 2: Lage Zomer-afvoer; Waterstands daling tot 400 m bovenstrooms spoor	24
Figuur 24: Lengteprofiel traject 2: T10-afvoer; Waterstands stijging van max 3 cm 1000 m bovenstrooms spoor (3cm bij T100)	24
Figuur 25: Lengteprofiel traject 4: Waterstanden Kleine Aa van Zomer afvoer tot T100(WH2050)-afvoer	25
Figuur 26: Lengteprofiel traject 3: Waterstanden Kleine Aa van Zomer afvoer tot T100(WH2050)-afvoer	25
Figuur 27: Kentallen Vispassage	26
Figuur 28: Uitdemping waterstandsverhogend effect in bovenstroomse richting	27
Figuur 29: Effect op het debiet benedenstrooms plangebied	28
Figuur 29: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T1 afvoersituatie (excl. klimaat)	30
Figuur 30: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T10 afvoersituatie (excl. klimaat)	31
Figuur 31: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T25 afvoersituatie (excl. klimaat)	32
Figuur 32: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T50 afvoersituatie (excl. klimaat)	33
Figuur 33: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T100 afvoersituatie (incl. klimaat)	34
Figuur 34: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T150 MHW-situatie (incl. klimaat)	35

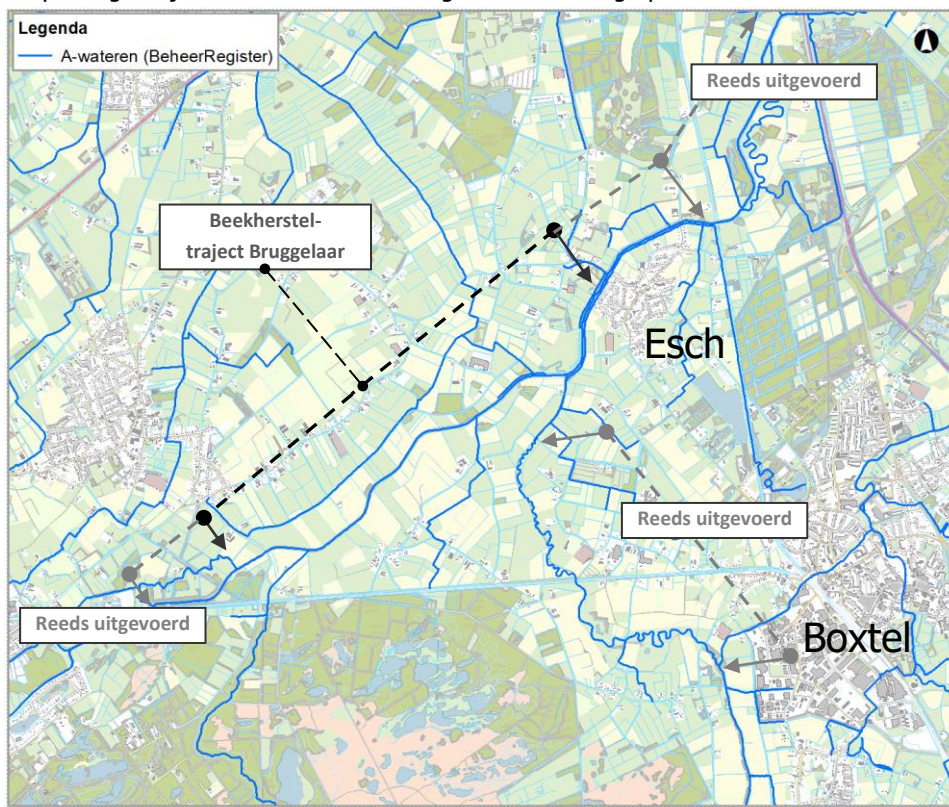
1 INLEIDING

Waterschap de Dommel heeft het voornemen om beekherstel uit te voeren in het beekdal van de Essche Stroom op het traject tussen de uitmonding van de Nemer en de huidige stuw in Esch (figuur 1). Dergelijk beekherstel heeft in het verleden al plaatsgevonden in zowel de directe bovenstroomse als de benedenstroomse omgeving. Traject Bruggelaar is daarmee als een sluitstuk te beschouwen waarbij aansluitingen plaatsvinden op bovenstroomse en benedenstroomse delen. Met die blik is het ontwerpproces ook doorlopen, waarmee een passend ontwerp tot stand is gekomen dat invulling geeft aan verschillende doelen (KRW, NNB, NNP, en meer: zie Projectplan).

Dit rapport bevat een uiteenzetting van de hydrologische effecten die te verwachten zijn ten gevolge van het ontwerp. Aanvankelijk wordt ingegaan op de technische achtergrondinformatie van het gebruikte hydrologisch instrumentarium en wordt de werkwijze toegelicht die leiden tot de hydrologische effecten. Daarop volgt de beschrijving van de hydrologische effecten. Deze rapportage geeft daarmee de hydrologische onderbouwing bij het ontwerp beekherstel op dit traject Bruggelaar en dient als bijlage gezien te worden bij het projectplan 'Herinrichting Essche Stroom Traject Bruggelaar'.

1.1 LIGGING PLANGEBIED

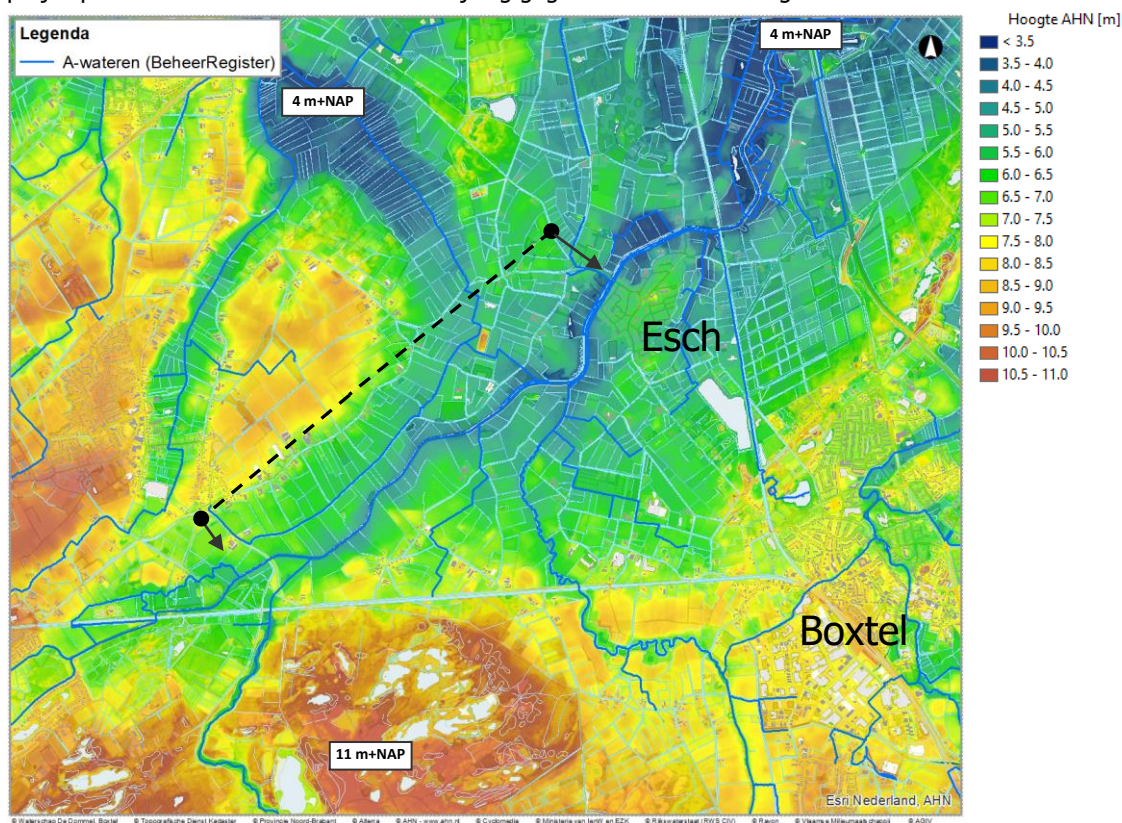
In onderstaande figuur 1 en figuur 2 is het beoogde beekhersteltraject 'Traject Bruggelaar' weergegeven. Daarop is te zien dat zowel bovenstrooms als benedenstrooms al beekhersteltrajecten zijn uitgevoerd (meanderende waterlopen). Het beoogde beekhersteltraject sluit daar op aan en omvat de Essche Stroom vanaf de Nemer tot aan de stuw bij Esch. Daarbij inbegrepen zijn de laatste paar honderd meter van zowel de Kleine Aa als de Rosep, waar aanpassingen zijn voorzien teneinde een goede aansluiting op de nieuwe Essche Stroom te realiseren.



Figuur 1: Ligging en begrenzing plangebied

1.2 HOOGTELIKKING

In onderstaande figuur 2 is middels het AHN4 de hoogte weergegeven van het beekdal en de omgeving. Duidelijk is te zien hoe de Essche Stroom en toestromende beken zijn ingebed in het landschap en hoe de hoogteligging is ten opzichte van elkaar. Vanuit de smallere ingesneden beken zoals de Voorste en Achterste Stroom, Rosep en Kleine Aa, komen we in het bredere en ruimere beekdal van de Essche Stroom. Modelresultaten van de bestaande situatie verderop in dit rapport geven hier invulling aan middels grote overstromingsvlakten bij extremere afvoeren. In het projectplan is een nadere tekstuele beschrijving gegeven van enkele hoogte-kenmerken.



Figuur 2: Ligging en begrenzing plangebied met hoogtekaart AHN 5x5

2 MODELINSTRUMENTARIUM OPPERVLAKTEWATER

2.1 INLEIDING

Hoofdstuk 2 geeft een uiteenzetting van het gebruikte oppervlaktewater-detailmodel. Er wordt ingegaan op de oorsprong en hoe het zich verhoudt tot het HI oppervlaktewatermodel dat meer regionaal van karakter is. Het gebied van Waterschap de Dommel is namelijk onderverdeeld in verschillende modelgebieden. De modellen van deze gebieden zijn onderdeel van het Hydrologisch Instrumentarium (HI) en worden gebruikt voor allerlei studies, wateropgaves, en andere onderzoeken. In de HI modellen wordt zo goed mogelijk aangesloten bij recente gegevens om zo het gebied (en daarmee het hydrologisch gedrag) goed te kunnen beschrijven. Het gaat hier om gegevens van waterlopen, dwarsprofielen, duikers, maar bijvoorbeeld ook maaiveldgegevens om overstroming goed te kunnen nabootsen.

Het is goed om te onderscheiden dat er voor het project Essche Stroom een apart detailmodel is gebouwd. Dat model is kleiner van opzet waardoor het meer detail kan bevatten en het tegelijkertijd behapbaar blijft voor de rekensystemen waarmee de modellen worden doorgerekend. Op die manier kunnen de effecten op een kleinschaliger nauwkeuriger niveau bepaald worden in plaats van enkel op regionaal niveau (HI-model). Het model kent een langere geschiedenis en ook de beekherstelprojecten Bleijendijk en Halsche Beemden zijn ermee doorgerekend. Het model is gaandeweg verder uitgebreid, lokaal vernieuwd op basis van metingen en verbeterd met detailinformatie. Door het hogere detailniveau is het model beter geschikt om effecten in beeld te brengen dan met het HI-model, dat regionaal van opzet is.

Om de prestaties van het detailmodel te verantwoorden is als laatste paragraaf van dit hoofdstuk beschreven hoe het zich verhoudt tot het meest recent afgeregelde (gekalibreerde) HI-model. De resultaten als het gaat om berekende overstromingen, waterstanden en bijvoorbeeld stroomsnelheden worden beschreven in hoofdstuk 3.

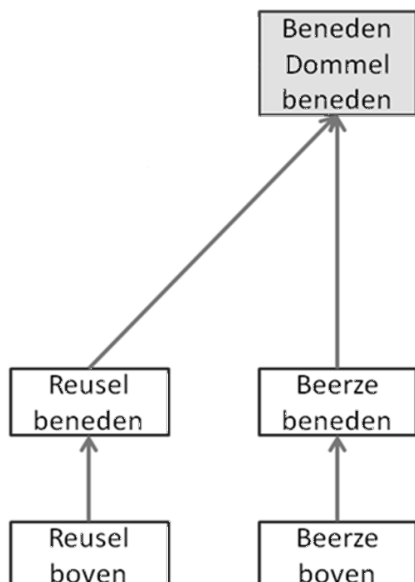
2.2 TOEGEPASTE NEERSLAGREEKS VOOR HUIDIG KLIMAAT EN KLIMAATSCENARIO WH2050

De regionale HI-modellen worden gevoed door een gekalibreerd neerslag-afvoermodel die de neerslag vertaalt naar een neerslag-afvoerdebiet in de watergangen van het gebied. Op basis van die kalibratie worden afvoergolven gegenereerd, namelijk: Om te komen tot afvoergolven die horen bij maatgevende situaties met herhalingstijden van T1, T10, T25, T50, T100 (MHW), is de 100-jarige neerslagreeks van de Bilt doorgerekend met het gekalibreerde model. Hierbij is gebruik gemaakt van de neerslagstatistiek (STOWA, 2015-10, november 2015).

Huidig Klimaat: Dit is gedaan met de zogeheten 'gedetrende reeks' van de Bilt (KNMI). Dit detrenden is nodig om 'oud klimaat' uit de 100 jarige neerslagreeks te halen, waarmee als het ware gevallen neerslag van vroege jaren opgeschaald wordt naar 'huidig klimaat'. Na het doorrekenen van die 100 jarige reeks is middels een statistische methode de set met afvoergolven gegenereerd behorende bij T1 t/m T100, welke vervolgens zijn doorgerekend met de HI-modellen. **Klimaatscenario WH2050:** Deze zelfde set met golven is ook gegenereerd en doorgerekend met een verder opgeschaalde 100 jarige neerslagreeks, namelijk naar het KNMI klimaatscenario WH2050 (van G_L, G_H, W_L, W_H, het zwaarste klimaatscenario).

2.3 'MODELLENTREIN' HI

Bij de totstandkoming van berekende waterstanden in het benedenstroomse gebied van het beheergebied van Waterschap de Dommel worden na elkaar gelegen modellen, na elkaar doorgerekend, waarbij de golf steeds wordt doorgegeven aan het volgende model. In figuur 3 is schematisch weergegeven welke modellen na elkaar zijn doorgerekend om uiteindelijk benedenstrooms bij Esch aan te komen. Het project "herinrichting Essche Stroom Traject Bruggelaar" ligt in het zogenaamde "Beneden Dommel Beneden"-model (regionale HI-model).

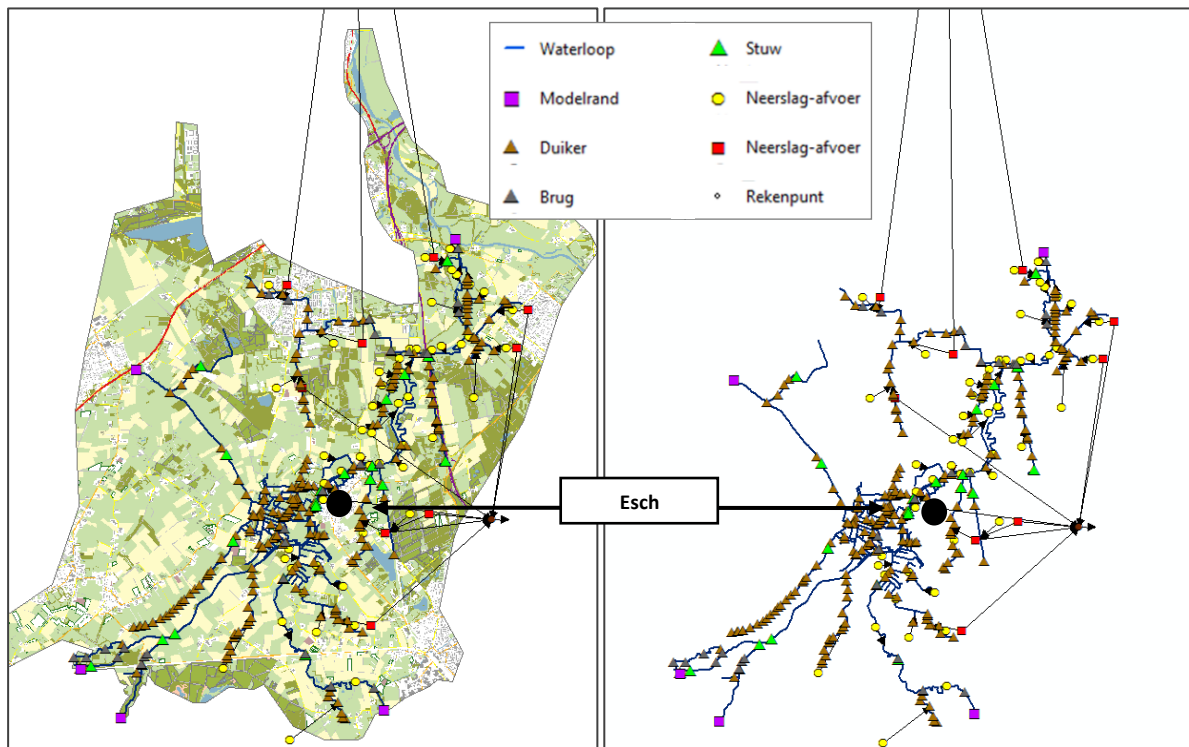


Figuur 3: Schema 'HI-modellentrein' (deel van)

2.4 DETAILMODEL ESSCHE STROOM

Binnen het modelgebied van het "Beneden Dommel Beneden" - HI-model heeft Waterschap de Dommel ten behoeve van het beekherstelproject een detailmodel opgebouwd voor het stroomgebied van de Essche Stroom (SOBEK VERSIE 2.15.003). Dit detailmodel vindt zijn oorsprong in het overkoepelend project waarbinnen gewerkt wordt aan de herinrichting van de Essche Stroom (projectnummer waterschap de Dommel: P0169). Daarbinnen zijn al eerder hydrologische berekeningen uitgevoerd ter ondersteuning van diverse deelprojecten in het stroomgebied van de Essche Stroom, bijvoorbeeld Halsche Beemden en Bleijendijk. Ook is het MHW bepaald / toetsing regionale keringen en is het model als basis gebruikt voor het project om de regionale kering langs de Essche Stroom te versterken en verhogen (in het veld wordt momenteel de laatste hand gelegd aan de uitvoering ervan). In figuur 4 hieronder is het detailmodel weergegeven.

Het model is kleiner van opzet, maar kan zodoende meer detail bevatten. Wél moet het model aan de bovenzijde gevoed worden met de afvoergolven T1 t/m T100. Daarvoor is het HI-model een goede basis en geeft dat model gekalibreerde input voor de hoeveelheid water dat het detailmodel binnen komt stromen. De golven zijn vanuit het HI-model doorgegeven aan het detailmodel voor de Essche Stroom. Aan de benedenstroomse zijde wordt een dynamische waterstandsrand opgelegd (tijdreeks), die eveneens uit het HI-model wordt verkregen. Hierin zit voor de T150-situatie ook de Maasinvloed in opgesloten. Zo kan het detailmodel gevoed worden met de benodigde input om berekeningen in gang te zetten.



Figuur 4: Detailmodel (links met topografische ondergrond)

2.4.1 SPECIFIEKE INHOUD DETAILMODEL EN MODELVERBETERINGEN

Modelranden dynamisch

Bij het bepalen van de bovenstroomse dynamische modelranden (afvoergolven) is aangesloten op het HI-model door ze op de randen van het detailmodel een-op-een over te nemen (huidig klimaat en klimaatscenario WH2050). Model-technisch is het nauwkeuriger om locaties te kiezen daar waar geen overstroming plaatsvindt over maaiveld. Dat is ook bij dit detailmodel aan de orde, bijvoorbeeld als het gaat over de bovenrand van het model ter hoogte van de brug onder het spoor.

Voor de benedenstroomse modelrand, gelegen ter hoogte van de samenkomst met de Dommel, geldt hetzelfde en daar is eveneens aangesloten op het HI-model. Nu door de waterstandsreeksen over te nemen. In de waterstandsreeksen is de invloed vanuit de Maas meegenomen en is rekening gehouden met de eventuele inzet van waterbergingsgebieden door af te toppen op het kritieke peil van 4.90 m NAP bij de Vughterstuw (afgetopt op het kritieke peil van 4.90 m NAP door inzet van waterbergingsgebieden bij 's-Hertogenbosch).

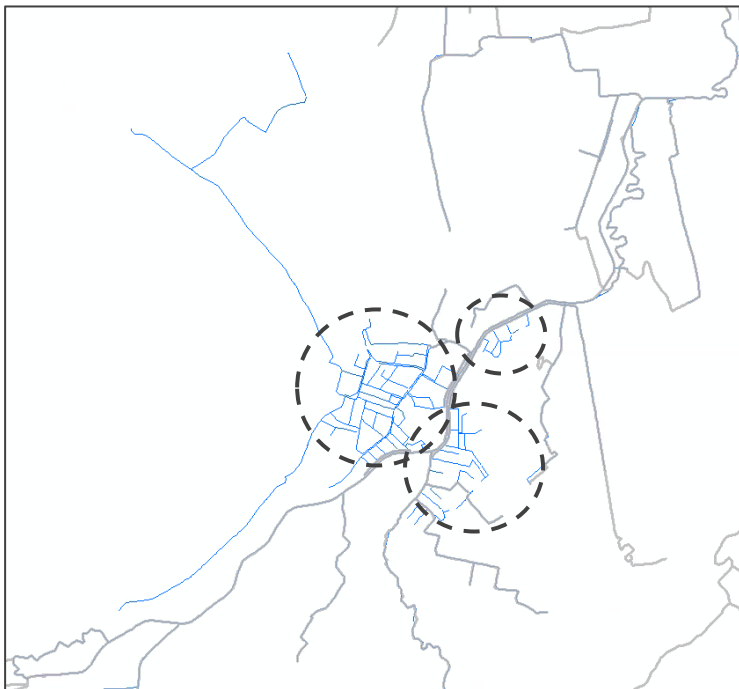
Modelranden stationair

Voor het bepalen van de afvoer op de modelranden voor meer reguliere omstandigheden zijn gemiddelde afvoersituaties vastgelegd voor verschillende seizoenen, door de mediaan van de beschikbare meetreeksen te bepalen. Daarmee zijn de volgende stationaire afvoersituaties opgesteld:

- Droge zomersituatie: 20% van Q_{zL}
- Gemiddelde zomersituatie: Q_z
- Gemiddelde najaarsituatie: Q_n
- Gemiddelde wintersituatie: Q_w
- Gemiddelde voorjaarsituatie: Q_v

Watergangen

De watergangen rondom Esch zijn in 2014 ingemeten om het benodigde detail in het model aan te brengen. De dunne blauwe lijnen binnen de cirkels geven de watergangen aan die zijn ingemeten en aan het model zijn toegevoegd. De duikers die in de watergangen aanwezig zijn, zijn ook ingemeten en aan het model toegevoegd. De lijnen binnen meest linkse cirkel waren al in 2009 ingemeten (Ruiting).



Figuur 5: Extra toegevoegde watergangen en detailinformatie

In het detailmodel zijn voor de rest van het modelgebied ook ingemeten dwarsprofielen opgenomen. Zo zijn voor de gebieden Halsche Beemden en Bleijendijk de inmetingen van 2014 en 2015 verwerkt in het model.

Voor een groot deel van het bovenstroomse traject van Esch is autonome ontwikkeling meegenomen door uit te gaan van beekherstel. Daarvoor zijn ontwerpprofielen opgenomen (daar wordt verderop dieper op ingegaan).

Verder is het model bijvoorbeeld bovenstrooms verlengd zodat meander de Nemerlaer ook in het model werd opgenomen, het model is benedenstrooms ingekort tot aan de samenkomst met de Dommel.

Weerstandscoefficienten

Voor de ruwheidsformulering is aangesloten bij het HI-model. In het HI-model zijn Strickler ruwheidswaarden bepaald die afhankelijk zijn van de waterloopklasse en landgebruiksklasse welke in het kalibratieproces naderhand nog zijn bijgesteld. Kleinere waterlopen en meanderende waterlopen is een ruwere ruwheid toebedeeld ten opzichte van de grotere en rechte waterlopen. Op die manier is met het omvormen van de 'rechte' huidige Essche Stroom naar een meanderende beek tevens een hogere ruwheid meegenomen voor de Essche Stroom.

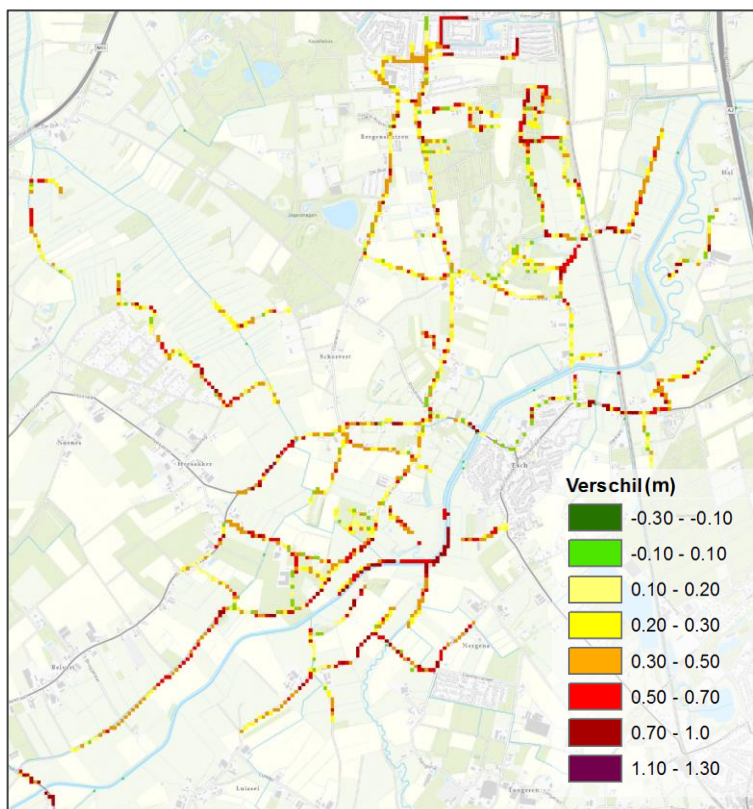
Voor wat betreft de seizoens-afhankelijke afvoeren is ook nog rekening gehouden met zomerse en winterse omstandigheden, op die manier is er een groot ruwheidsverschil tussen een rechte waterloop in de winter en een meanderende waterloop in de zomer:

- $\gamma = 34 \text{ s}^{-1}$, ("Schone waterloop, bodem en taluds licht begroeid / plaatselijke begroeiing met veel kale plekken / weinig riet")
- $\gamma = 15 \text{ s}^{-1}$, ("Vrij sterk begroeide waterloop / profiel voor deel volgegroeid hier en daar tot aan de oppervlakte, soms doorlopende rietkragen / waterpest")

(ruwheidsformulering voor stationaire berekeningen in Bos&Bijkerk ivm waterdiepte-afhankelijkheden)

Verbetering 2D-overstromingsgrid

Het detailniveau van het 2D-overstromingsgrid is gebonden aan een resolutie van 25 meter. Wegen, maar bijvoorbeeld ook fietspaden zijn vaak smaller dan 25 meter, maar vormen in werkelijkheid wel stromings-beïnvloedende, of kerende lijnelementen in het landschap. Gezien de resolutie van 25 meter zorgen de lagere omliggende delen, bijvoorbeeld bermen of lager gelegen weilanden in de directe omgeving, bij uitmiddeling van een fijn raster naar een 25m raster dat de werkelijke kerende hoogte lager in het modelgrid terecht komt. Om de kerende hoogte te respecteren is in een nabewerking de daadwerkelijke hoogte van het kerende lijnelement doorgevoerd. In figuur 6 is weergegeven waar de aanpassingen in het overstromingsgrid zijn gedaan.



Figuur 6: Doorgevoerde verbetering in 2D overstromingsgrid (m)

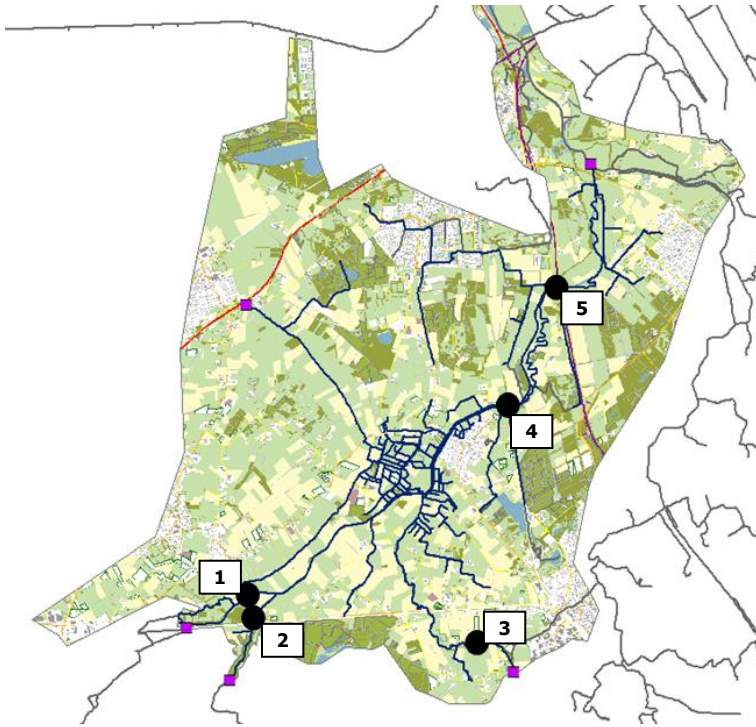
Ten behoeve van het project Halsche Beemden en Bleijendijk was een dergelijke gridverbetering benedenstrooms reeds doorgevoerd.

Wat in deze figuur is weg gelaten zijn de keringen rondom Esch, echter zijn ook die met de juiste hoogte in het model overgenomen.

Naast deze verbeteringen zijn er op basis van kennis vanuit het veld nog meer verbeteringen doorgevoerd aangaande de aanwezigheid van kunstwerken, afmetingen en aangaande de ligging van waterlopen en of de watergangen wel of niet aan elkaar verbonden zijn.

2.5 VERGELIJK DETAILMODEL MET HI-MODEL

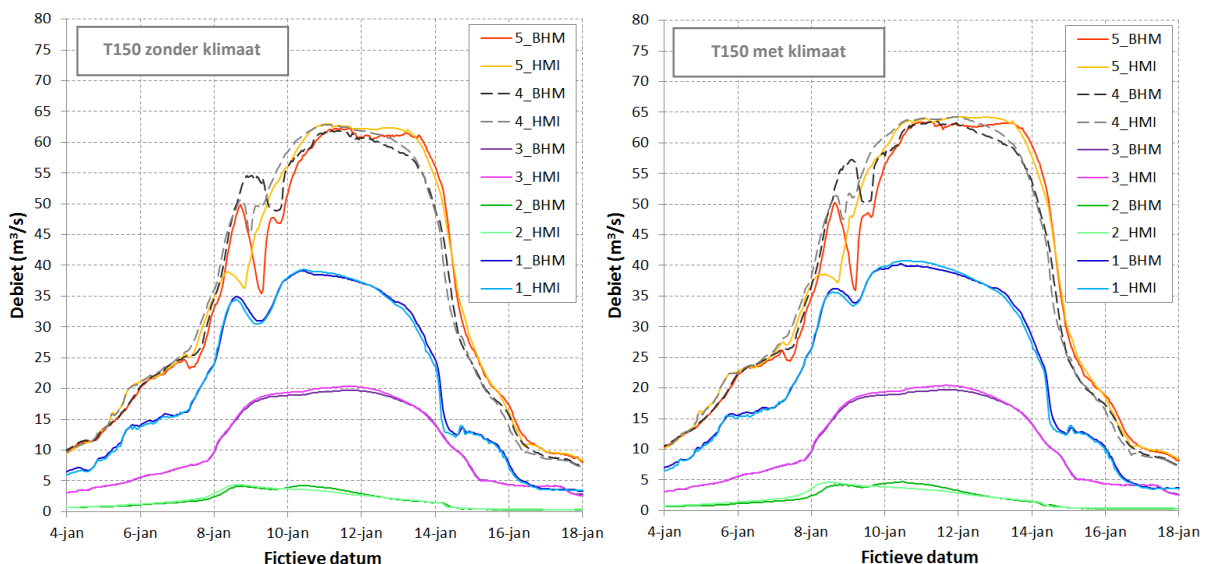
Om het detailmodel te toetsen is een vergelijking gemaakt met het grotere HI-model dat gekalibreerd en afgeregeld is. Dat is hieronder inzichtelijk gemaakt. Bij het opleggen van de bovenranden en de benedenrand van het detailmodel is gebruik gemaakt van het doorgerekende HI-model _BdbnDO2.lit met daarin de golven op basis van klimaatscenario huidig en WH2050. Nadat de randen zijn overgezet op het basismodel voor de Essche Stroom zijn deze, na het doorrekenen ervan, gecontroleerd op basis van de hoogste afvoergolf T150 met Huidige Klimaatscenario en met het WH2050 klimaatscenario (KNMI) en is gedaan op de onderstaande locaties, weergegeven in figuur 7.



Figuur 7: Controle-locaties debiet (HI-model (grijs) detailmodel Essche Stroom (in kleur))

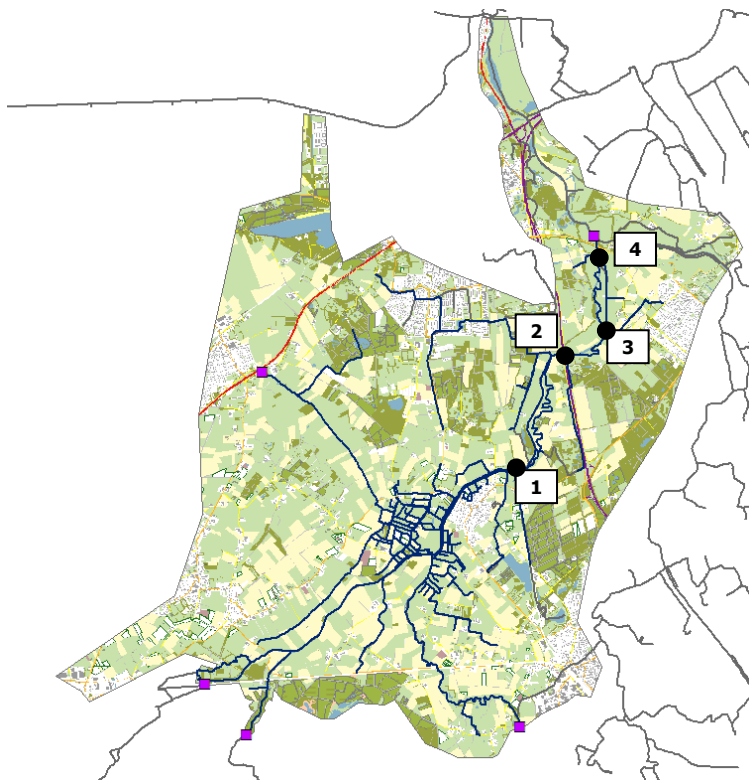
1. de Essche Stroom beneden Nemelaer
2. de Rosep
3. de Kleine Aa
4. Onder de brug bij Esch
5. Benedenstrooms van Halse Beemden

Hieronder zijn de debietreeksen weergegeven van het model. De donkere/hardere kleuren zijn steeds van het detailmodel Essche Stroom (hier aangeduid met BHM) met de bijbehorende lichtere kleur voor het HI-model. Links is T150 zonder klimaat en rechts is met klimaat.

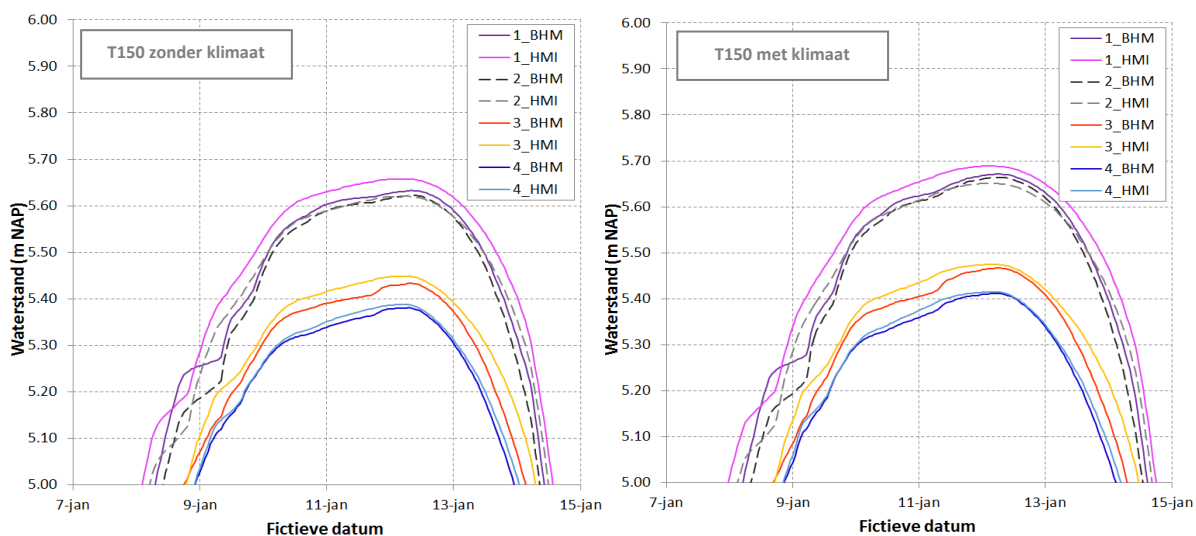


Figuur 8: Controle debietranden op locaties figuur 7

Uit de controle blijkt dat debietranden goed zijn overgenomen vanuit het HI en dat de debieten goed overeenkomen (verschillen minimaal). Naast het vergelijken van de debietranden is ook een vergelijking gemaakt met de berekende waterstanden van beide modellen. Dit is op een 4-tal plaatsen gedaan. Zie hieronder de locaties waar de waterstanden zijn vergeleken.



Figuur 9: Controle-locaties waterstand (waterlopen grijs : HI-model, waterlopen in kleur : detailmodel)



Figuur 10: Controle waterstanden op locaties figuur 9

Te zien is dat de verschillende waterstanden goed overeenkomen met die vanuit het HI-model. We zagen al dat de afvoerverlopen / debieten goed zijn overgenomen figuur 8, maar nu ook dat dit resulteert in vergelijkbare waterstanden die de modellen berekenen.

Het vergelijk van modelinput en rekenresultaten geeft vertrouwen voor het functioneren van het detailmodel voor de Essche Stroom. Van beide modellen is het beste te behouden, namelijk van het HI zijn de meest recente randvoorwaarden overgenomen en van het detailmodel weten we dat het meer detailinformatie bevat.

3 RESULTATEN REFERENTIEMODEL

3.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk worden modelresultaten van de huidige situatie gepresenteerd. Het detailmodel dat daarvoor gebruikt is, noemen we het Referentiemodel (hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De resultaten van dit model zijn tijdens het hydrologische ontwerpproces gebruikt als referentie. Berekeningen van het ontwerp beekherstel zijn hiermee vergeleken, waarmee de effecten van verschillende ontwerpstappen en het uiteindelijke definitieve ontwerp inzichtelijk zijn gemaakt. De uiteenzetting van die effecten komt later in het rapport aan bod (hoofdstuk 5), hieronder volgt eerst de huidige situatie.

3.2 DOORGEREKENDE AFVOERSITUATIES

Vooraf aan de resultaten van het oppervlaktewatermodel is hieronder eerst inzicht gegeven in welke afvoersituaties zijn doorgerekend, dat zijn:

- Qv : Gemiddelde Voorjaarafvoer (stationair) HK
- Qz : Gemiddelde Zomerafvoer (stationair) HK
- Qz_L: 20% van de gemiddelde zomerafvoer (stationair) (tbv inzicht functioneren watersysteem bij droogte)
- Qn : Gemiddelde Najaarafvoer (stationair) HK
- Qw: Gemiddelde Winterafvoer (stationair) HK
- T001 : (dynamisch) HK + WH2050
- T010 : (dynamisch) HK + WH2050
- T025 : (dynamisch) HK + WH2050
- T050 : (dynamisch) HK + WH2050
- T100 : (dynamisch) HK + WH2050
- T150 : (dynamisch + invloed van hoogwater op de Maas) WH2050

Naast de gangbare hoogwatersituaties (T1, T10, T25, T50 en T100) is ook rekening gehouden met een mogelijk hoge Maas door de 'T150 situatie' ook als situatie mee te nemen. De T150 situatie is berekend met een T100-afvoer in combinatie met een peil bij 's Hertogenbosch van 4.9 m NAP ten gevolge van een gemiddelde T50-golfvorm van de Maas. Er is voor gekozen om de piek van de Dommel precies samen te laten vallen met de piek van de Maas. Uitgangspunt is dat de bergingsgebieden rondom Den Bosch ervoor zorgen dat het peil niet hoger wordt dan 4.90 m +NAP.

Ten overvloede wordt hier vermeld dat al deze afvoersituaties zijn doorgerekend met het referentiemodel, maar (ongewijzigd) ook met het model waarin het ontwerp beekherstel is gemodelleerd. Zo wordt inzichtelijk welk effect er te verwachten is, als voorbeeld welk effect op stroomsnelheid te verwachten is in de zomer.

3.3 STATIONAIRE BEREKENING

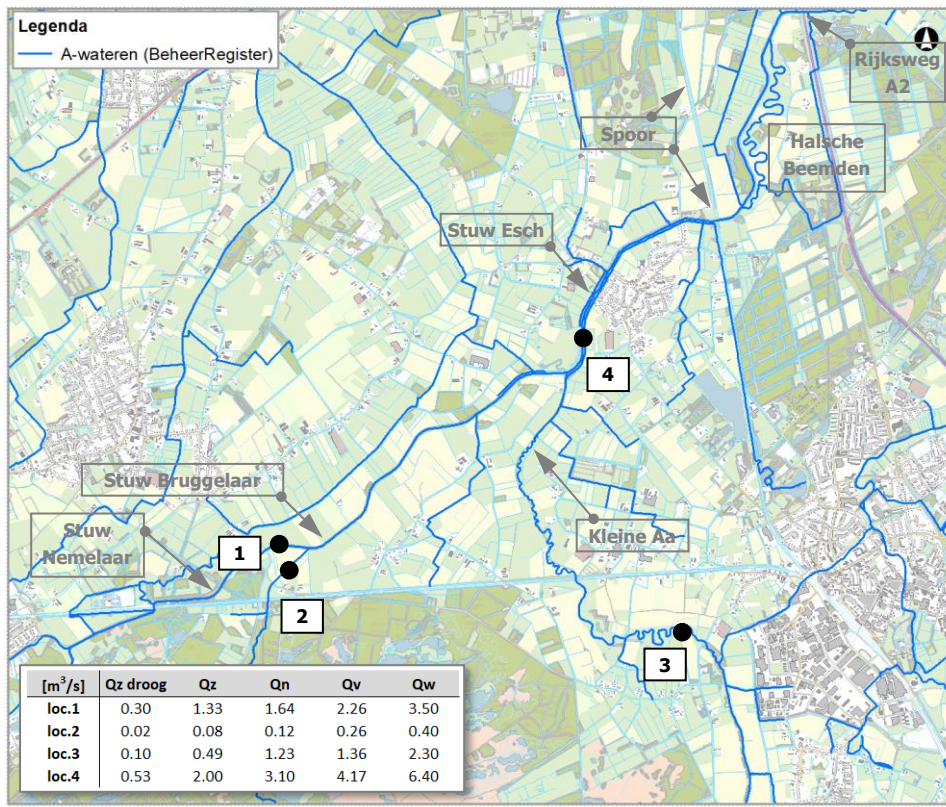
De stationaire afvoeren waarmee het model is doorgerekend zijn afgeleid uit de gevalideerde afvoermetingen.

Daarvoor is per kwartaal / seizoen de mediaan bepaald voor de bijbehorende maanden:

- Qv : maart, april, mei (voorjaar)
- Qz : juni, juli, augustus (zomer)
- Qz_L : juni, juli, augustus (zomer) (20%)
- Qn : september, oktober, november (najaar)
- Qw: december, januari, februari (winter)

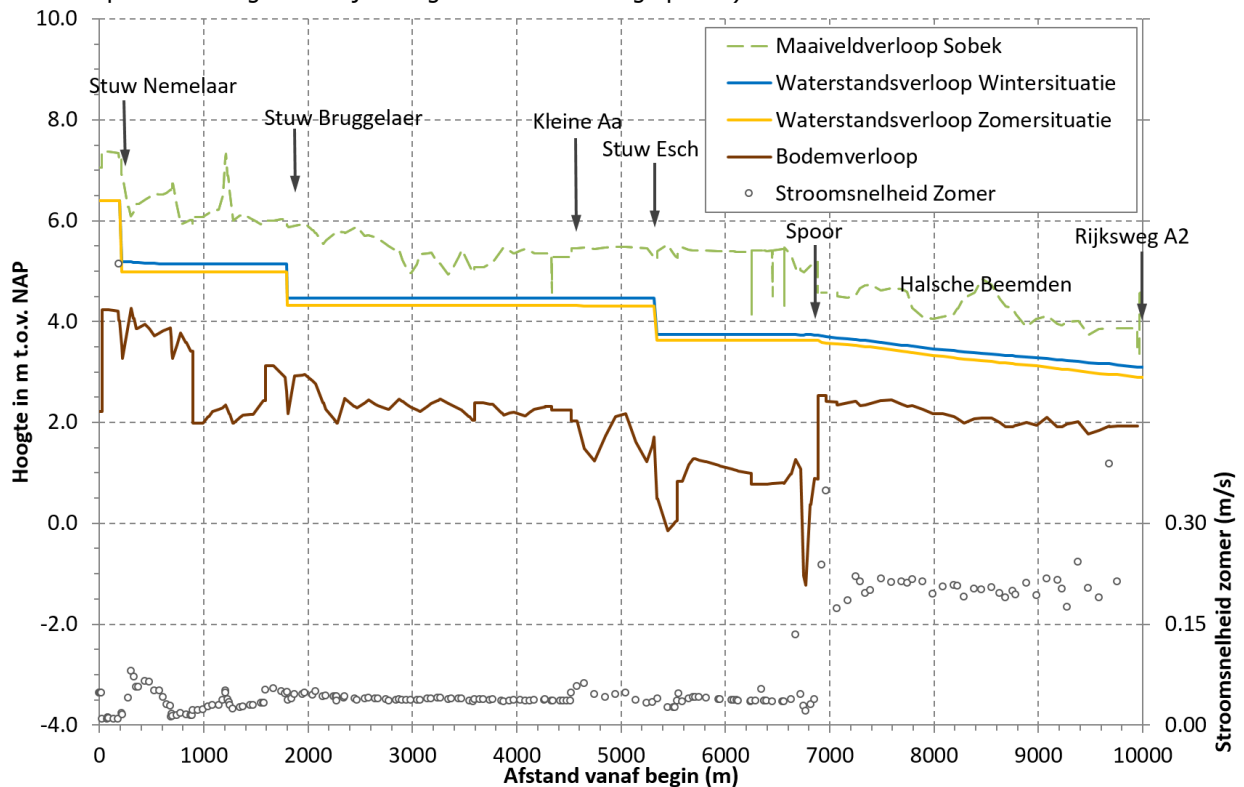
Hiermee zijn de bovenstroomse randen van het model gevoed. Echter komt in het modelgebied zélf ook neerslag tot afstroming. Die gebiedspecifieke modelinput is gegenereerd door de uitstromende afvoer te verminderen met de instromende afvoer en die gelijkmatig te verdelen over het oppervlak van detail afwateringsgebieden. Wat overblijft is immers 'gebiedseigen' water.

Hieronder is een afvoerenkaart getoond met daarbij de afvoeren per kwartaal:



Figuur 11: Overzicht debieten per seizoen (m³/s)

Om een beeld te geven hoe de waterstanden er bij dit soort afvoersituaties uitzien, zijn deze hieronder in een lengteprofiel weergegeven voor de zomer en de winter. Eveneens is het bodemverloop in beeld gebracht. Voor de zomer geldt dat de stroomsnelheden als open bullets zijn weergegeven op de rechter-as (in m/sec) (De oriëntatiepunten van figuur 11 zijn overgenomen in het lengteprofiel).



Figuur 12: Lengteprofiel stuw Nemelaar – Rijksweg A2 / Stationaire waterstanden Zomer en Winter / Stroomsnelheid Zomer

Wat duidelijk tot uiting komt is het reeds uitgevoerde traject Halsche Beemden. De herinrichting heeft daar reeds plaatsgevonden en dit komt o.a. tot uiting in de hogere stroomsnelheden door het scheppen van ongestuwde

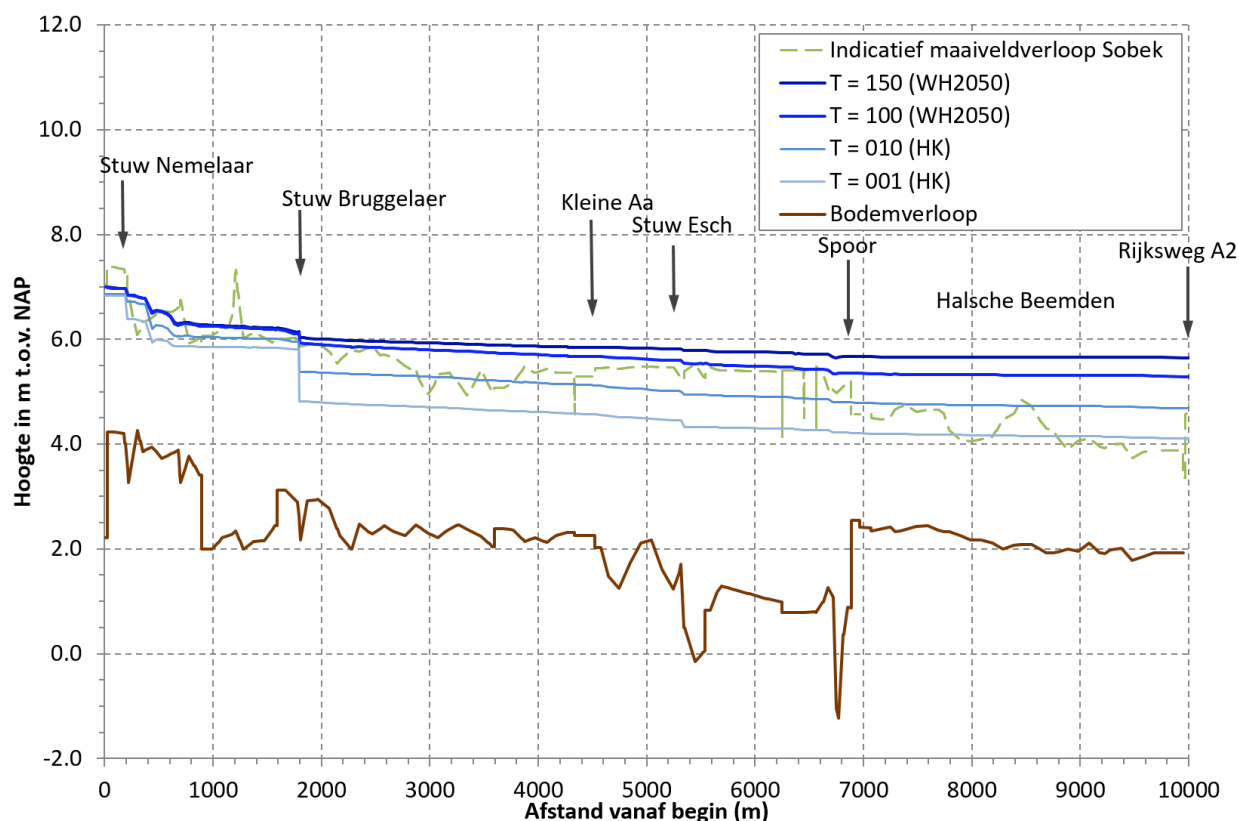
waterstanden, een hogere bodemligging en een aanpassing van het profiel. Het lengteprofiel laat zien dat de waterstanden op het beoogde 'Traject Bruggelaar' gestuwd zijn en dat stroomsnelheden ook een stuk lager liggen. Met een stroomsnelheid van ca. 4 cm/sec in de zomer is deze te laag in relatie (zie Projectplan).

Dit lengteprofiel laat indirect de behoefte zien om verbeteringen aan te brengen aangaande bijvoorbeeld de 'KRW' om de beek bijvoorbeeld vispasseerbaar te maken en om de stroomsnelheid te verhogen. Verder is te zien dat het beekdal over het traject stuw Bruggelaar tot aan de stuw bij Esch vrijwel geen verhang heeft. Het behalen van de minimumeis van stroomsnelheid zal gepaard moeten gaan met het aanbrengen van verhang, bodemverondieping, profielaanpassing, net dat ook bij Halsche Beemden en Bleijendijk gedaan is.

3.4 AFVOERSITUATIES T1 t/m T150 (DYNAMISCHE BEREKENING)

3.4.1 1D: MAXIMALE WATERSTANDEN IN HET LENGTEPROFIEL

Het hydraulische model van de referentiesituatie is eveneens doorerekend met de dynamische golven. De resultaten zijn hieronder in een lengteprofiel weergegeven, waarbij voor het gehele traject de maximale waterstanden zijn weergegeven die op de piek werden berekend. T25 en T50 zijn weggelaten, in verband met de overzichtelijkheid van de figuur.

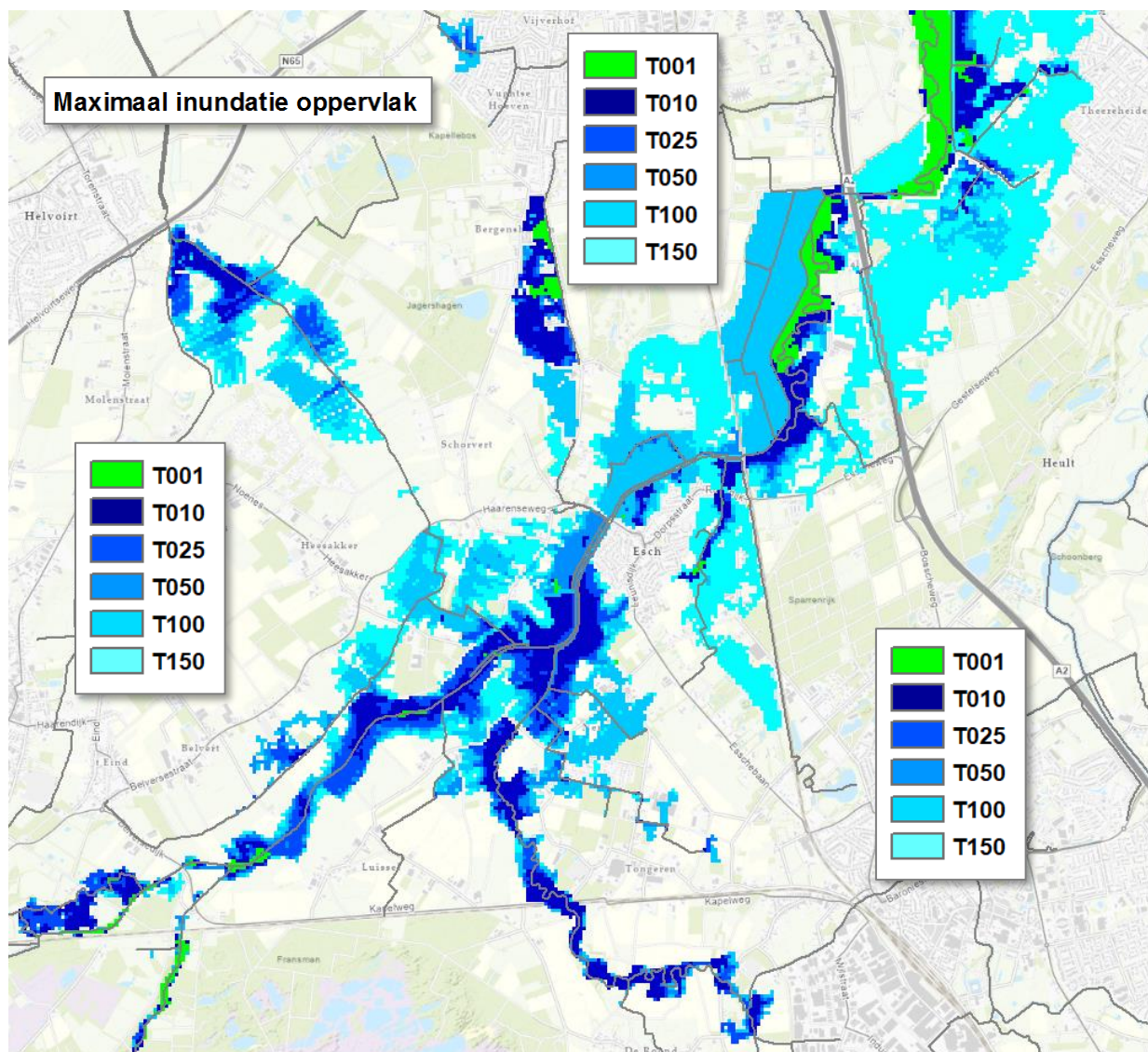


Figuur 13: Lengteprofiel Nemer – Rijksweg A2 / T1 t/m T150 maximale waterstanden

Vanuit de oppervlaktewaterberekeningen is bekend dat de invloed van de Maas behoorlijk ver bovenstrooms kan doorwerken, namelijk tot ver bovenstrooms van Esch, tot aan Stuw Bruggelaar. Beschouwende de vlakke waterspiegel in het lengteprofiel is dit haast als vanzelf voor te stellen.

3.4.1 2D: MAXIMAAL INUNDATIEOPPERVLAK T1 t/M T150

Bovenstaande resultaten uit figuur 13 zijn eveneens weergegeven in het platte vlak weergegeven in figuur 14 (overstromingsvlak van boven). Figuur 14 geeft zodoende het maximale inundatieoppervlak weer dat inundeert tijdens het piekmoment van de verschillende afvoersituaties T1 t/m T150.



Figuur 14: Maximaal inundatieoppervlak bij T1 t/m T150 (T1 t/m 50 (HK) en T100 en T150 WH2050)

De jaarlijkse inundaties (groen) van de reeds uitgevoerde projecten Halsche Beemden en Bleijendijk komen duidelijk naar voren. De invloed van de Maas is goed te zien in het extra inunderende oppervlak ten opzichte van T100 en in het hele benedenstroomse gebied vanaf de bebouwde kom van Esch, maar ook in het gebied achter de Ruiting en richting Helvoirts Broek. Naarmate men verder in bovenstroomse richting kijkt liggen de inunderende oppervlakken meer direct rondom de beek en staat het water tegen de flanken van het beekdal. In de huidige situatie is er bij een extreem verhoogde Maas (bij T150) kans op inundatie van enkele bebouwing. Voor wat betreft Esch is dit inmiddels al gaande door het project "Regionale kering Essche Stroom bij Esch" dat in de laatste fase van uitvoering is en waarbinnen de regionale kering op hoogte is gebracht. Dit betekent ook vermindering van het inundatieoppervlak dat hieronder te zien is rondom het Essche Loopje.

Bij T100, maar zeker bij T150 stroomt er water over de laagste delen van de weg Ruiting, waardoor het maaiveld van het achterliggende land richting Helvoirts Broek inundeert.

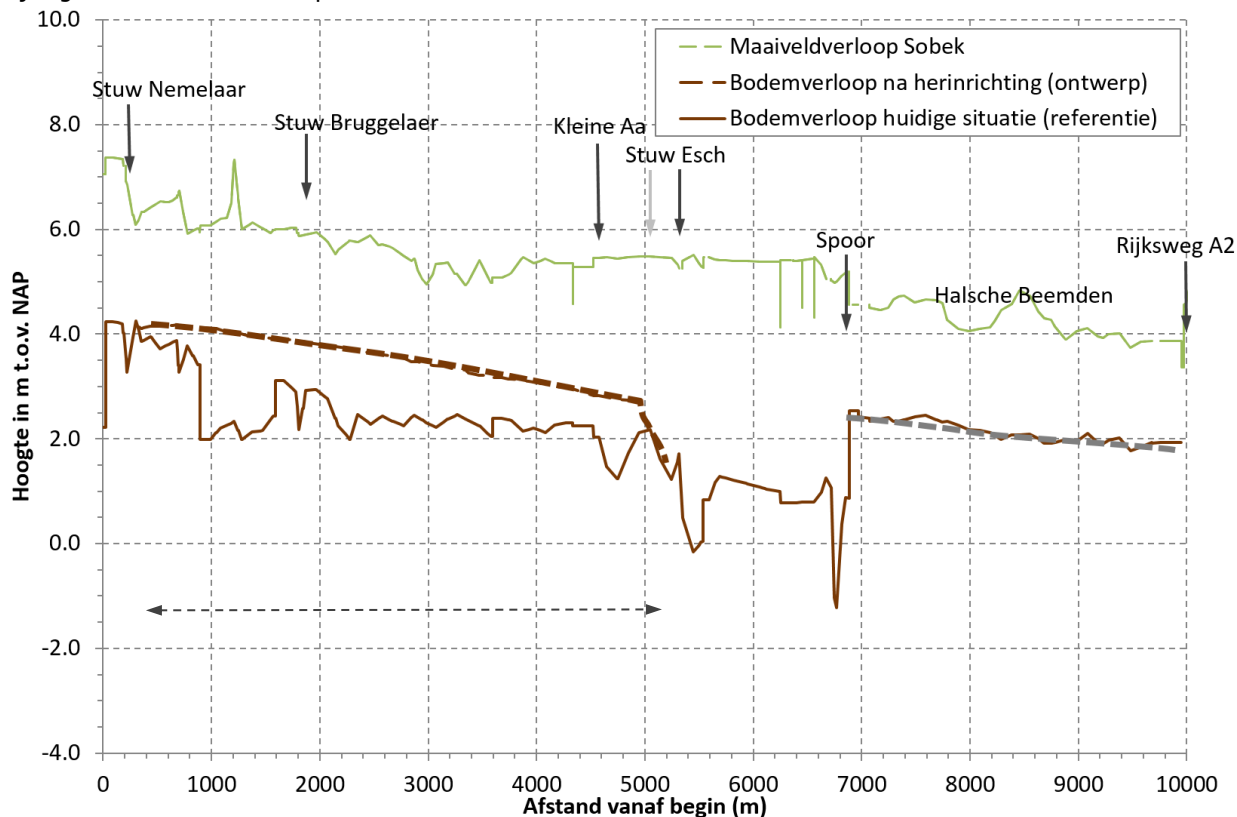
4 ONTWERP BEEKHERSTEL TRAJECT BRUGGELAAR

Het definitieve ontwerp beekherstel heeft zich gaandeweg gevormd via een iteratief ontwerpproces waarbij bevindingen steeds zijn meegenomen in nieuwe varianten. Door dit ontwerpproces zorgvuldig te doorlopen is een ontwerp ontstaan dat zoveel mogelijk belangen dient met een zorgvuldige balans daartussen, bijvoorbeeld de balans tussen een goede stroomsnelheid enerzijds en het waterstandsverhogend effect ervan anderzijds. Daarbij is erop toegezien dat het ontwerp op natuurlijke wijze past in het grotere geheel van het beekdal, lettende op het natuurlijke maaiveldverloop van het bestaande beekdal en de natuurlijke hoogteligging van bestaande toestromende waterlopen, zoals de Nemer, Rosep en Kleine Aa.

Het ontwerp behelst een veelvoud aan maatregelen (zie projectplan paragraaf 1.4) zoals herprofilering van watergangen, het wijzigen/verwijderen of nieuw plaatsen van kunstwerken, het ophogen van waterkerende lijnelementen in het landschap of het ophogen/afgraven van maaiveld. De maatregelen die een hydrologisch effect kunnen veroorzaken zijn om diezelfde reden opgenomen in het oppervlaktewater detailmodel (hoofdstuk 2 en 3 en afgebeeld in figuur 4). Al die maatregelen samen vormen samen het definitieve ontwerp en zijn meegenomen in de berekeningen van het detailmodel. Samen zorgen ze voor effecten op het watersysteem (Hoofdstuk 5). Voor een gedetailleerde beschrijving van de inrichtingsmaatregelen wordt verwezen naar het projectplan paragraaf 1.4 en op bijlage A1 'Maatregelenkaarten en profielen'.

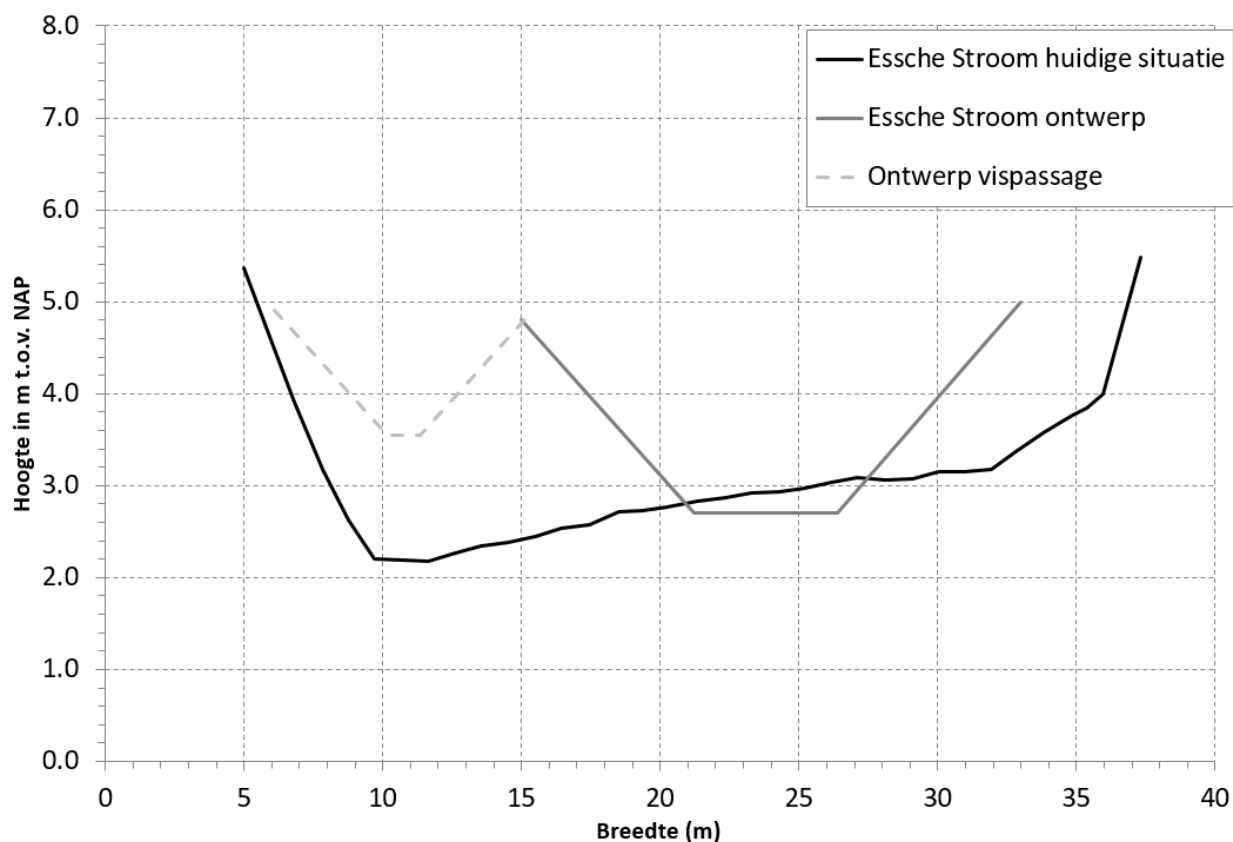
Omdat maatregel W01 de basis vormt en het belangrijkste aandeel heeft in het hydrologische effect is deze maatregel in aanvulling op het projectplan verder inzichtelijk gemaakt door de modelinput te tonen. Deze maatregel behelst namelijk het beekherstel: het aanleggen van een natuurlijker verhang, het laten meanderen van de beek en het herprofilen van het dwarsprofiel. Om de effecten beter te kunnen begrijpen is het goed om de aanpassing door die maatregel indicatief weer te geven.

In onderstaande figuur 15 gaat het om het bodemverloop dat ten opzichte van de referentie is weergegeven in het lengteprofiel. De aanpassing van het bodemverloop zorgt ervoor dat het traject beter aansluit op de Nemer en in lijn ligt met het bodemverloop van Halsche Beemden en verder benedenstrooms.



Figuur 15: Ontwerp bodemaanpassing ontwerp t.o.v. het huidige bodemhoogteverloop

Over het traject wordt de Essche Stroom meanderend aangelegd waarmee de beek ca 30% in lengte toeneemt. Daarbij is ook het profiel verkleind en om inzicht te geven van het ontwerpprofiel voor de nieuwe Essche Stroom is dat hieronder weergegeven voor de locatie ter hoogte van de nieuwe stuw Esch en de ingang van de nieuwe vispassage. Van die locatie is tevens de vispassage weergegeven. De taluds van de beek bestaan uit steile buitenbochten (1:0 e 1:1) en flauwe binnenbochten (1:5 a 1:6). De taluds zijn hieronder dus als gemiddelde taluds weergegeven en kunnen afhankelijk van bochten juist steiler of minder steil zijn.



Figuur 16: Ontwerp dwarsprofiel ter illustratie Ontwerp versus Huidig (thv nieuwe stuw Esch)

De bodem van de nieuwe Essche Stroom komt dus hoger te liggen, wordt met 0.5 tot 2.0 meter verhoogd (zie tabel 1-2 in Projectplan). Bovenstrooms in het beekdal is dat verschil wat groter dan op deze locatie. De beekbodem krijgt een breedte van 5.2 meter. Ter vergelijking zijn in tabel 1-2 van het Projectplan enkele bodemhoogtes in de nieuwe en huidige situatie weergegeven.

5 TOETSING HYDRAULISCHE EFFECTEN DEFINITIEF ONTWERP

5.1 INLEIDING

Het oppervlaktewatermodel van zowel de referentie als het model met daarin het ontwerp is doorgerekend aan de hand van hetgeen in de vorige hoofdstukken is uiteengezet aan uitgangspunten, detailmodel en modelinput. De volgende afvoersituaties zijn doorgerekend:

- Q_v : Gemiddelde Voorjaarafvoer (stationair) HK
- Q_z : Gemiddelde Zomerafvoer (stationair) HK
- Q_{zL} : 20% van de gemiddelde zomerafvoer (stationair) (tbv inzicht functioneren watersysteem bij droogte)
- Q_n : Gemiddelde Najaarafvoer (stationair) HK
- Q_w : Gemiddelde Winterafvoer (stationair) HK
- T001 : (dynamisch) HK + WH2050
- T010 : (dynamisch) HK + WH2050
- T025 : (dynamisch) HK + WH2050
- T050 : (dynamisch) HK + WH2050
- T100 : (dynamisch) HK + WH2050
- T150 : (dynamisch + invloed van hoogwater op de Maas) WH2050

De doorgerekende situaties individueel of soms in een cluster tezamen dienen elk een bepaald doel en geven inzicht in het hydrologisch functioneren van het systeem en de effecten daarop door het plan. De **gemiddelde afvoersituaties** zijn van belang om inzicht te krijgen in waterstanden en stroomsnelheden in de watergangen onder gemiddelde omstandigheden. De verschillende seizoens-afvoeren samen geven inzicht in het jaarrond dagelijks beheer en mogelijke vernatting of verdroging daarbinnen. Het behalen van voldoende stroomsnelheden is een ontwerprandvoorwaarde voor de gemiddelde zomerafvoer-situatie. De lage 20% (Q_{zL}) is van belang om te zien hoe het watersysteem functioneert bij een wegzakkend wateraanbod, bijvoorbeeld in hoeverre de vispassage nog kan werken bij een lage afvoer. De **dynamische afvoersituaties** geven inzicht in inundatiefrequentie, (rechtstreeks terug te herleiden naar herhalingstijd), waterstanden, debieten bij hoogwatersituaties.

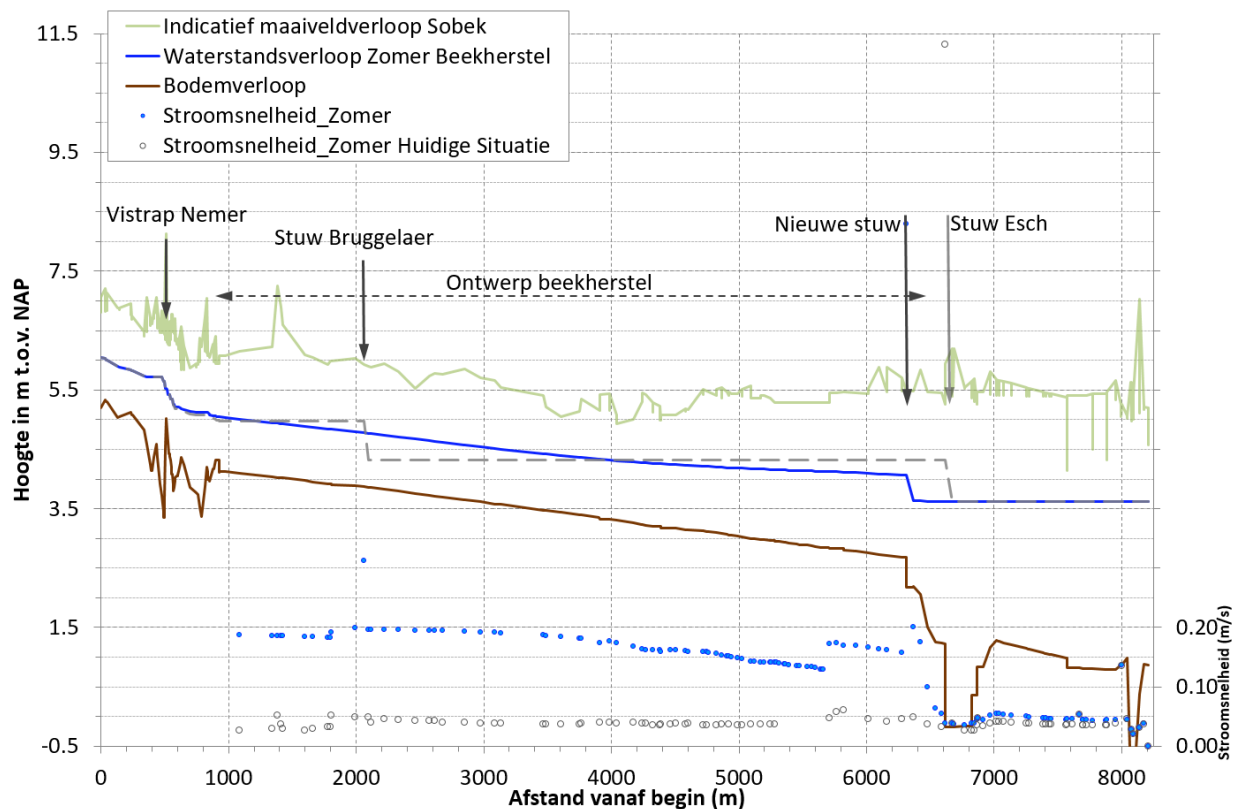
Door de berekeningsresultaten met elkaar te vergelijken wordt het effect van het plan ten opzichte van de referentie inzichtelijk.

5.2 BEREKENDE EFFECTEN ONTWERP BEEKHERSTEL

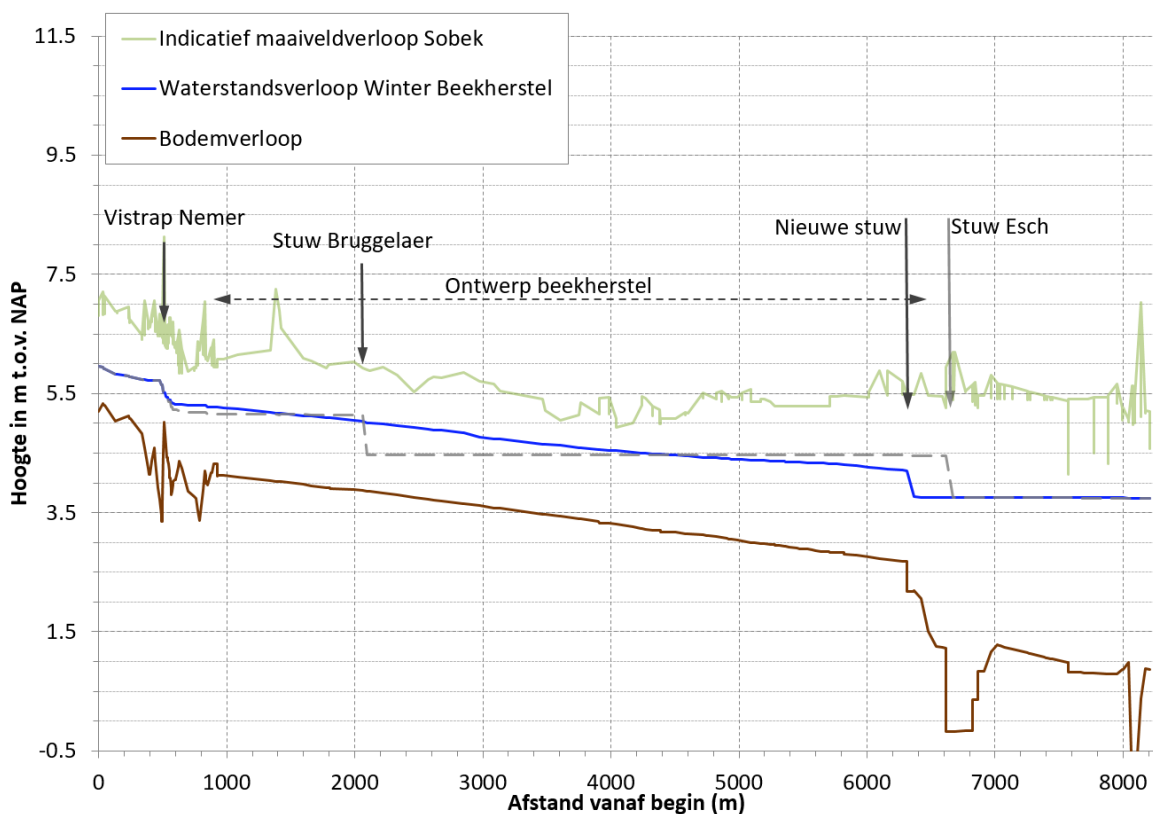
5.2.1 EFFECTEN OP STROOMSNELHEID EN JAARROND WATERSTANDEN

In onderstaande paragraaf wordt ingezoomd op de stroomsnelheden (zomer) en waterstanden (zomer en winter). Daar waar in de referentie de gestuwde Essche Stroom een stroomsnelheid heeft van ca. 4 cm/s neemt in het ontwerp beekherstel de stroomsnelheid toe. In het bovenstroomse deel bedraagt de stroomsnelheid (bij Q_z) zo'n 20 cm/s en in het benedenstroomse deel neemt dat af door de invloed van de nieuwe stuw Esch die een lichte opstuwung veroorzaakt. Daar zakt de stroomsnelheid naar gemiddeld ca. 16 a 17 cm/s en verderop naar ca 14 cm/s. In onderstaande figuur 17 en figuur 19 is dit weergegeven in zowel het lengteprofiel als in het bovenaanzicht. De lichte verhoging in de stroomsnelheid benedenstrooms van stuw Esch komt door het project om de regionale kering langs de Essche Stroom te verhogen en te verbreden waardoor de Essche Stroom ook smaller is geworden.

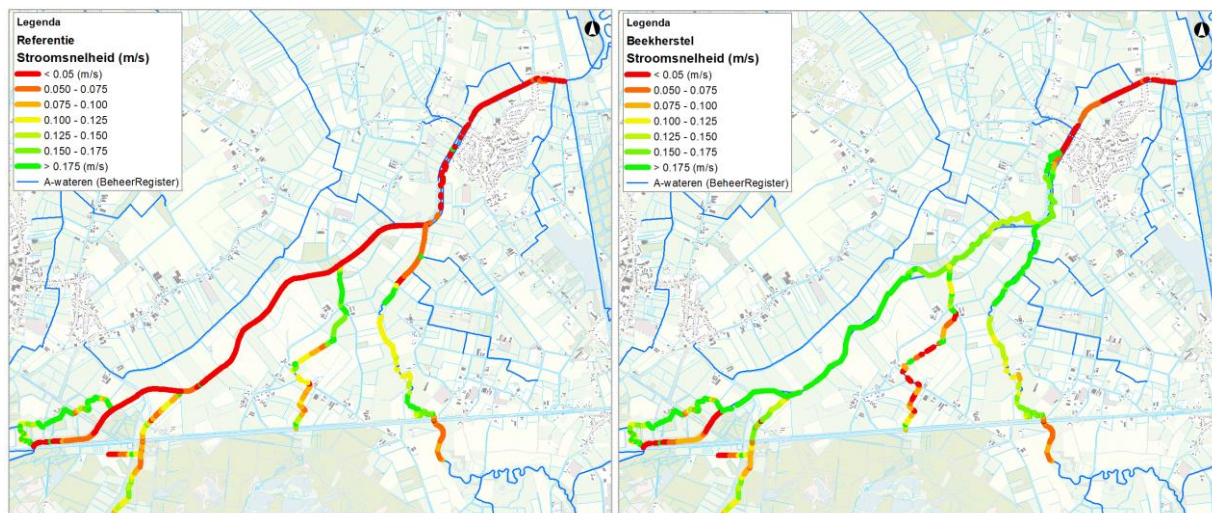
Figuur 17 en figuur 18 geven samen de waterstanden in het lengteprofiel voor de gemiddelde zomer- en wintertoestand. De waterstand van de huidige situatie (referentie) is met een gestippelde lijn weergegeven. Gelet op de stuw bij Bruggelaar laten de figuren zien dat als gevolg van de aanpassingen aan het beekontwerp er in de winter per saldo sprake zal zijn van hogere waterstanden en in de zomer per saldo sprake zal zijn van lagere waterstanden in de Essche Stroom. De lagere waterstanden treden op als gevolg van aanpassingen aan de stuwen, net bovenstrooms van de stuw is er een traject waar de waterstand lager komt te liggen dan in de huidige situatie. Per saldo door het jaar heen zal de hydrologische situatie ongeveer gelijk blijven.



Figuur 17: Lengteprofiel Stroomsnelheden en Waterstanden in de Zomer van de Essche Stroom



Figuur 18: Lengteprofiel Waterstanden in de Winter van de Essche Stroom



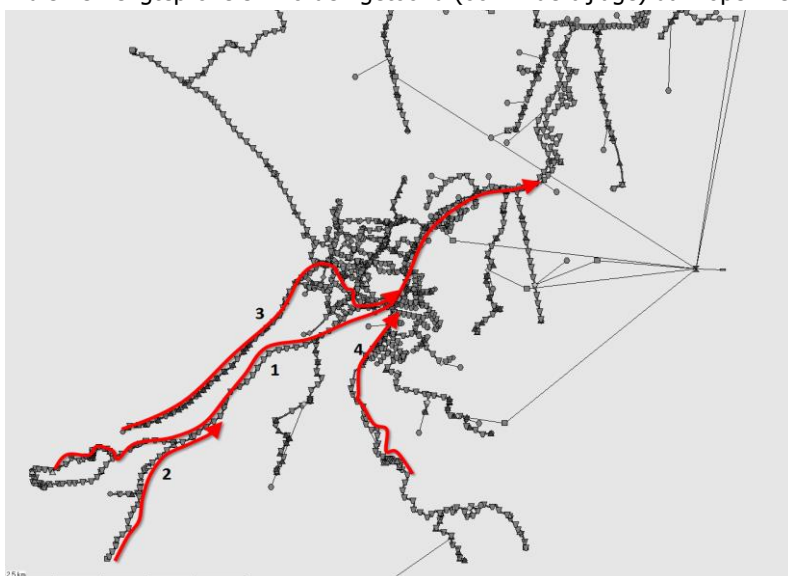
Figuur 19: Stroomsnelheden Essche Stroom (Links:Referentie / Rechts: Beekherstel) (zie ook bijlage voor groter formaat)

Te zien is dat ook de nieuw ontworpen aansluitingen van de Rosep en de Kleine Aa voor verhoging van stroomsnelheden zorgen en dat er daardoor continuïteit is in een hoge stroomsnelheid over langere trajecten. De figuren van figuur 19 zijn vergroot weergegeven in de bijlage. De stroomsnelheden zijn hiermee positief voor de KRW doeleinden. De gemiddelde stroomsnelheid in de zomer is op een klein traject iets lager dan gewenst (0.18cm/s), maar aangezien het verhang van beekdal en omliggend maaiveld hier gering is, past dit wel bij het karakter van het landschap. Voor het ontwerp beekherstel geldt dat tijdens gemiddelde voorjaarssituaties de stroomsnelheid verder toeneemt met ca. 10 a 13 cm/s bovenop de genoemde stroomsnelheid in de zomer. In de referentiesituatie blijven de stroomsnelheden laag in verband met de gestuwde trajecten en het dimensies van het huidige profiel (ruim dwarsprofiel).

5.2.2 EFFECTEN OP INUNDATIES (T1 t/m T150)

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de hoogwaterberekeningen besproken. De effecten zijn in beeld gebracht middels inundatiefiguren in het bovenaanzicht, maar ook middels lengteprofielen. De lengteprofielen geven daarbij een nauwkeuriger beeld tot waar de effecten precies reiken, terwijl de inundatiefiguren juist een goed overzicht geven van de toename of afname van inundaties.

Indien er lengteprofielen worden getoond (ook in de bijlage) dan lopen ze via de volgende trajecten:



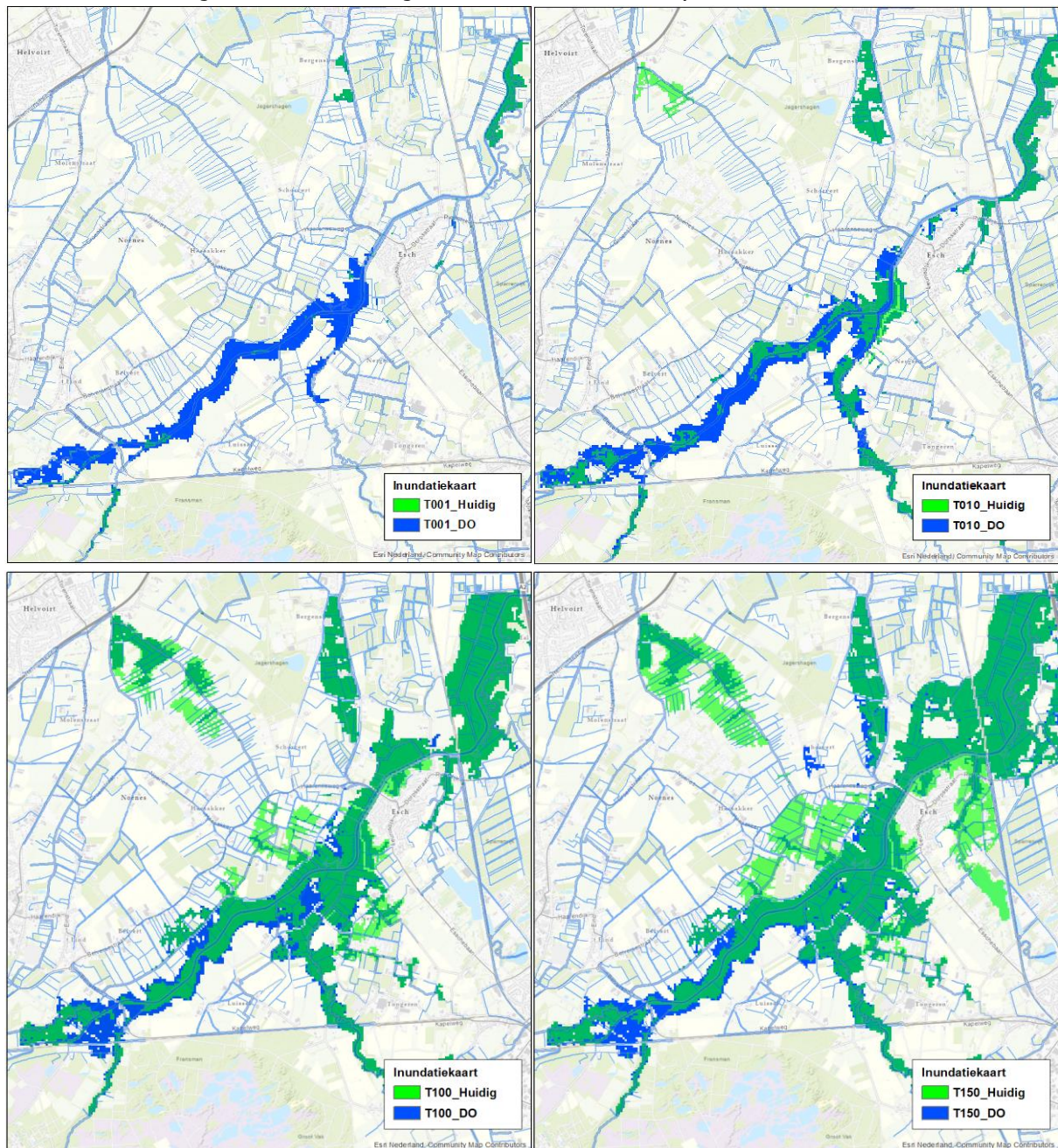
Figuur 20: Trajecten van getoonde lengteprofielen (1, 2, 3 en 4)

- Traject 1: Essche Stroom: vanaf de Nemer tot aan Halsche Beemden
- Traject 2: Rosep: tot aan stuw Bruggelaar
- Traject 3: Ruiting: tot net voorbij de samenkomst met de Kleine Aa /Essche Stroom
- Traject 4: Kleine Aa: tot net voorbij de samenkomst met de Essche Stroom

Voor de lengteprofielen geldt dat het water van links (begin traject) naar rechts (einde traject) stroomt.

Hydrologische Achtergrondrapportage bij Projectplan Herinrichting Essche Stroom Traject Bruggelaar

De overstromingen van de huidige situatie en het van het beekherstelontwerp zijn op kaart gezet (figuur 21 (zie bijlage voor groter formaat, waarin tevens locaties zijn toegevoegd voor een waterstandsvergelijk)). Toelichting op de legenda: De twee lagen op de kaart (groen en blauw) geven respectievelijk de huidige en toekomstige overstromingen weer. De groene laag ligt daarbij bovenop blauw en is doorzichtig (bij een donkergroene kleur is er dus zowel in de huidige als in de toekomstige situatie inundatie berekend).



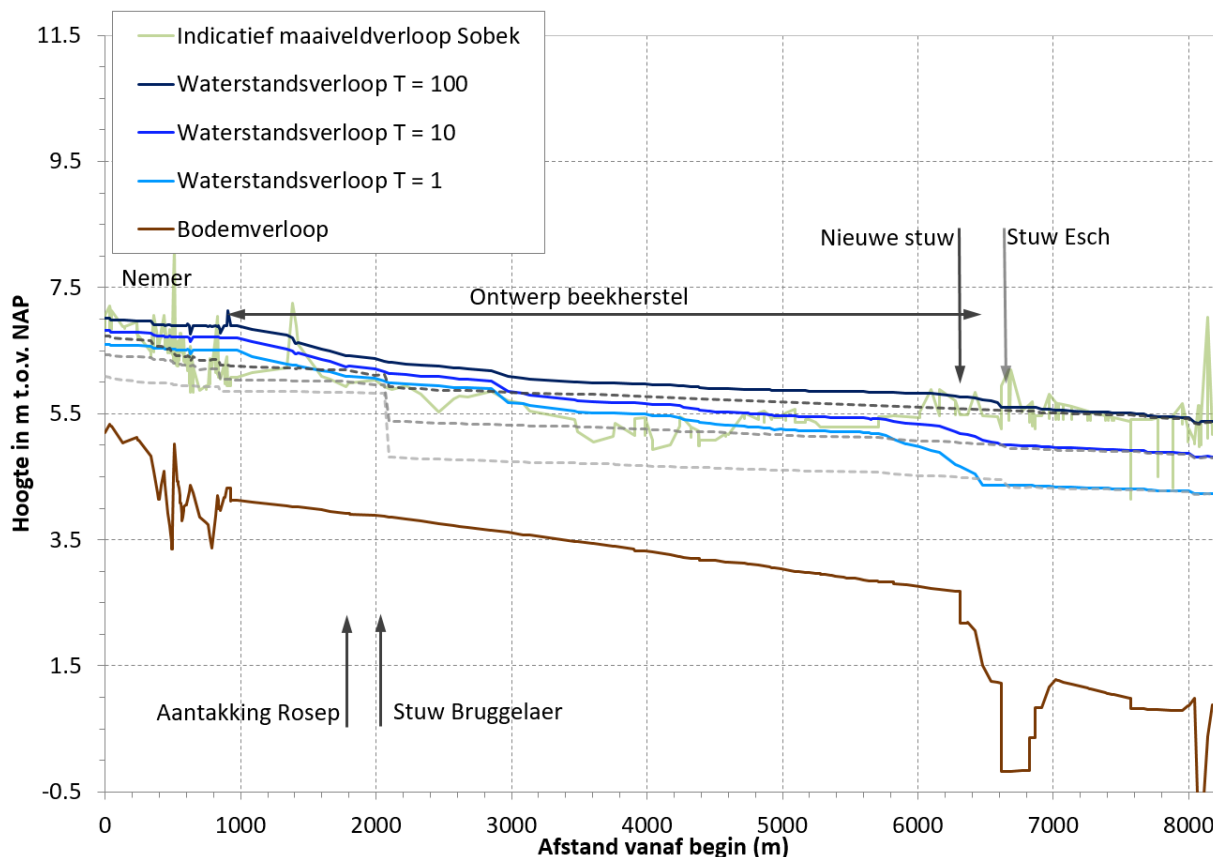
Figuur 21: Inundaties ontwerp (blauw) ten opzichte van de referentie (groen)

Te zien is dat toename van het inunderend oppervlak afneemt naarmate de afvoeren extremer worden. De inundatiedynamiek is afgestemd op dit type beek die in de hoogfrequente afvoeren wat vaker mag inunderen dan de huidige Essche Stroom nu doet. Wat opvalt is dat er ook vermindering van inundatie wordt berekend (licht groen). Dit heeft te maken met de verhoogde kering bij Esch en het daarop aangepaste watersysteem bij Nergena. Ook in het gebied van de Ruiting speelt dit en heeft het te maken met het ophogen van de Ruiting en het anders sturen van water van uit het gebied van de Broekleij (dwingend richting de Essche Stroom). (Voor een beschrijving van die maatregelen wordt verwezen naar paragraaf 1.4.6 van het Projectplan.)

Note: in bovenstaande figuren inundeert de slingersloot bij T1 afvoersituaties. Om ervoor te zorgen dat inundatiefrequentie hier niet toeneemt (ivm zeldzame kruipend moerasscherm) is aanvullend een extra maatregel

opgenomen in het Projectplan om dit te beschermen (ophogen rand 5.40 – 5.20 m NAP, zie Projectplan). Deze is niet opgenomen in het detailmodel.

In onderstaande figuur is het lengteprofiel van de Essche Stroom weergegeven met waterstanden behorende bij T1 (HK), T10 (HK) en T100 (WH). Uit het lengteprofiel valt op te maken dat de waterstand bij beekherstel hoger uitpakt vergeleken met de referentiesituatie hetgeen tot het verschil in inundatie leidt dat getoond is in figuur 21.



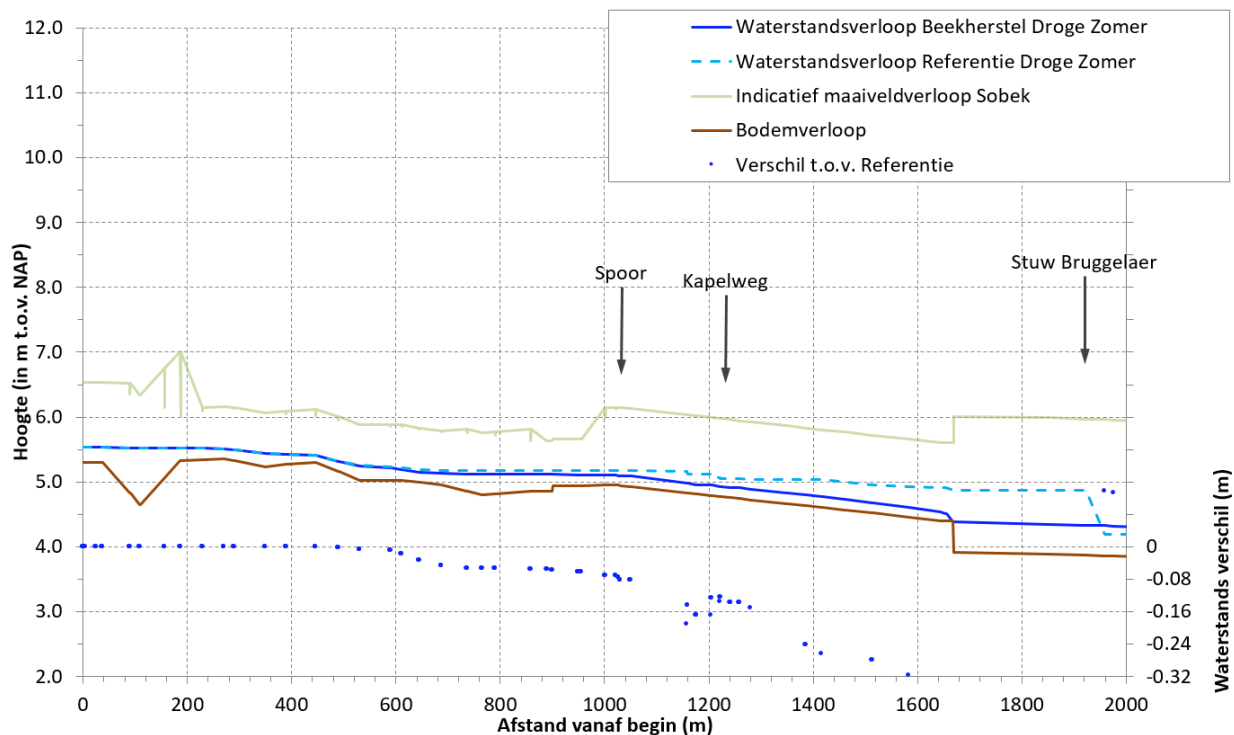
Figuur 22: Lengteprofiel traject 1: Waterstanden van de Essche Stroom bij beekherstel bij T1(HK), 10(HK) en 100(WH2050)

5.2.3 EFFECT OP WATERSTANDEN MONDING ROSEP

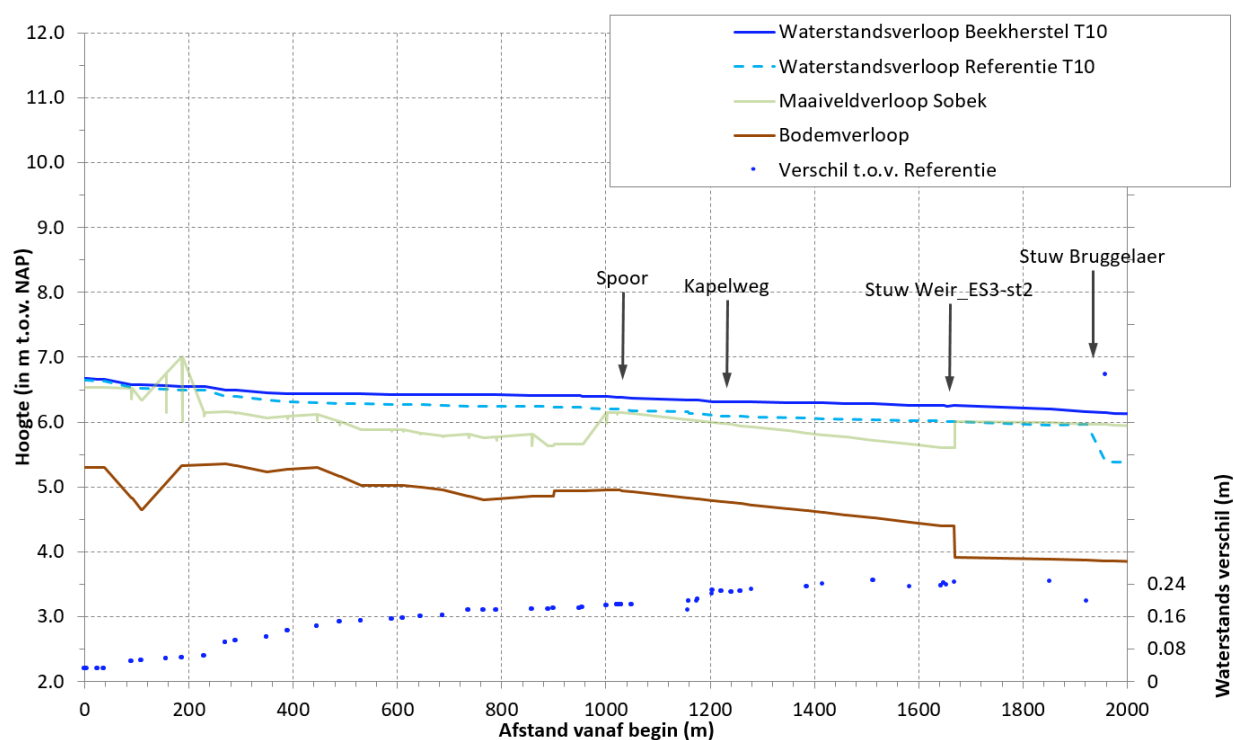
Ter hoogte van de aantakking van de Rosep (zie ook aangegeven in figuur 22) treden waterstandseffecten op ten opzichte van de huidige situatie. Door het aanpassen van stuw Bruggelaar daalt de waterstand in lichte mate op het traject van de aansluiting van de Rosep op de Essche Stroom. Echter, door het beekherstel op de Essche Stroom verandert de waterstandsval in waterstandsstijging vanaf wintergemiddelde afvoeren en hoger. Zowel bij zeer lage als bij zeer hoge afvoeren werken deze effecten echter niet ver door op de Rosep in bovenstroomse richting. Hieronder is het waterstandseffect weergegeven in het lengteprofiel bij een zeer lage afvoer en bij een T10-afvoer; bij lage afvoeren is er een waterstandsval te zien, bij hoge afvoeren een stijging.

Ter hoogte van afstandsmaat 200 meter in figuur 23 is een Natura-2000 habitatype gelegen. De figuren laten zien dat de geplande maatregelen geen negatieve invloed hebben op de hydrologische situatie ter hoogte van dit habitatype.

De waterstandsstijging bij extreme afvoeren figuur 24 bedraagt maximaal zo'n 3 a 4 centimeter, ongeacht welke afvoersituatie (T1, T10, T100).



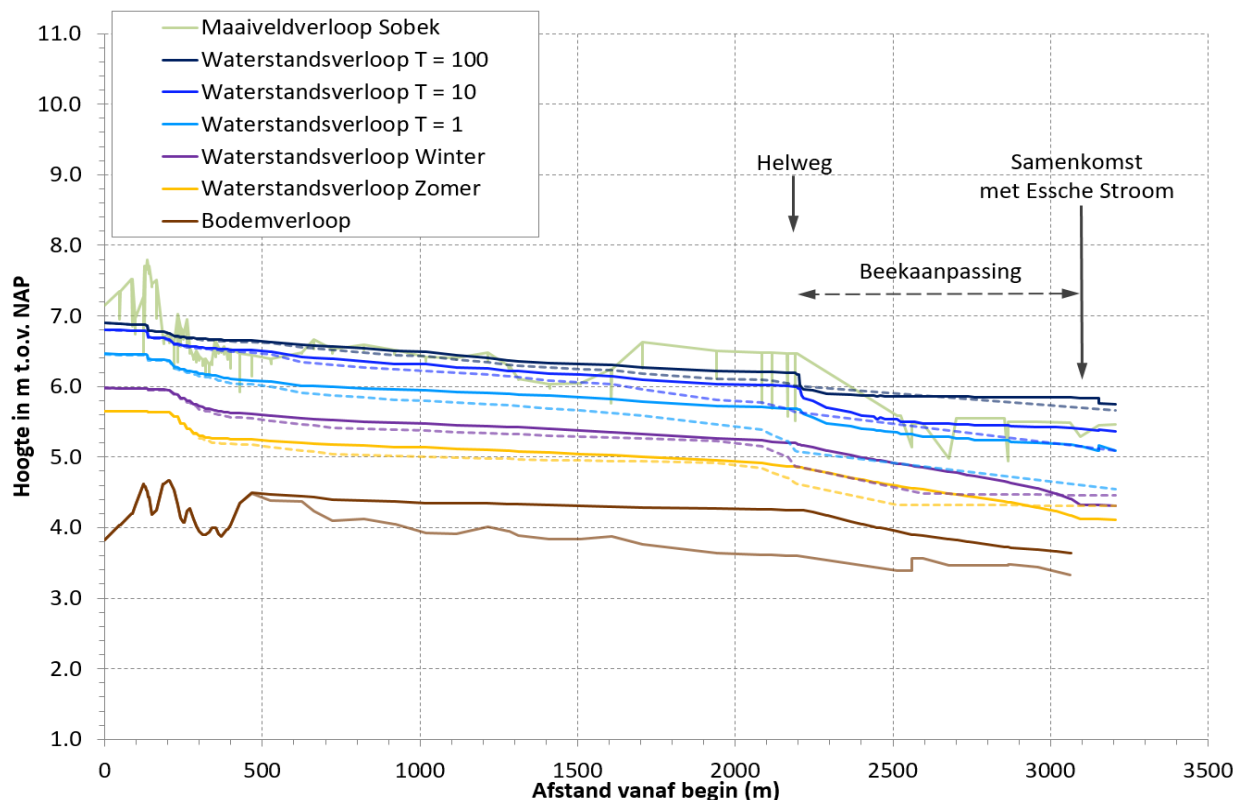
Figuur 23: Lengteprofiel traject 2: Lage Zomer-afvoer; Waterstandsvaling tot 400 m bovenstrooms spoor



Figuur 24: Lengteprofiel traject 2: T10-afvoer; Waterstandsstijging van max 3 cm 1000 m bovenstrooms spoor (3cm bij T100)

5.2.4 EFFECT OP WATERSTANDEN KLEINE AA

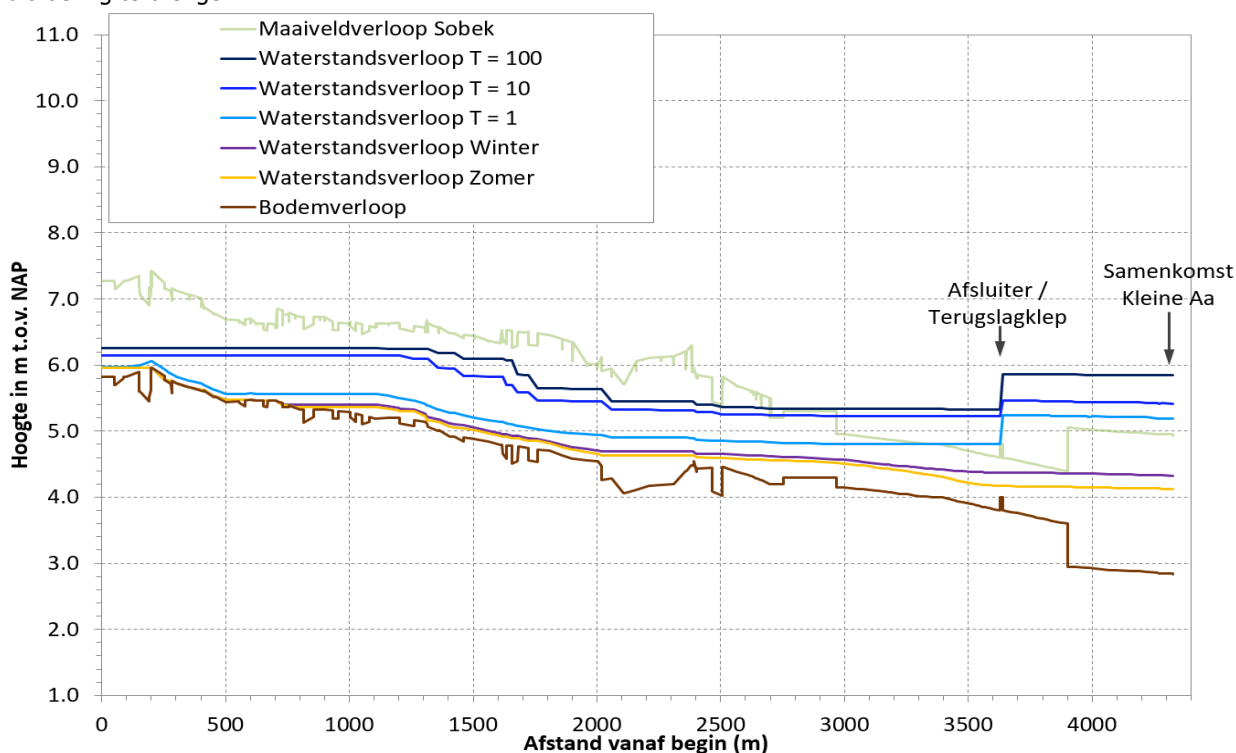
Op het laatste traject van de Kleine Aa zijn ook aanpassingen voorzien om de Kleine Aa goed te laten aansluiten op de Essche Stroom. Er is bodemophoging voorzien en een smaller profiel, waardoor de waterstanden iets zullen toenemen. Hieronder is het waterstandseffect weergegeven in het lengteprofiel van een zomer afvoer tot een T100 afvoer. De waterstanden nemen doorgaans licht toe en dit waterstandsverhogende effect werkt uit tot aan de vistrap nabij de Kapelweg. Het verschil in bodemverloop bovenstrooms van de Helweg is meegenomen om te kunnen beoordelen wat aanzanding teweeg kan brengen aan extra effect. Dat blijkt nihil te zijn.



Figuur 25: Lengteprofiel traject 4: Waterstanden Kleine Aa van Zomerafvoer tot T100(WH2050)-afvoer

5.2.5 EFFECT OP WATERSTANDEN BROEKLIJ

Door het aanleggen van een stuw wordt het meeste water van de Broekleij naar de Essche Stroom geleid. Dit kan in gemiddelde situaties onder vrij verval. Vanaf afvoeren iets lager dan T1 is er een hoger Essche Stroom peil en zal een terugslagklep ervoor zorgen dat dit water in het tussenliggende gebied terecht komt. Het waterpeil wordt vanaf dat moment gereguleerd door een mobiele pomp. Deze maatregelen zijn in de berekeningen meegenomen. In het detail model is de hoogte van de stuw aangenomen op ca. 5.1 m+NAP (ca. 20 cm onder laagste maaiveld). Zoals benoemd in het projectplan is het aan Brabants Landschap om de maatregelen verder uit te detailleren en tot uitvoering te brengen.



Figuur 26: Lengteprofiel traject 3: Waterstanden Kleine Aa van Zomerafvoer tot T100(WH2050)-afvoer

5.2.6 FUNCTIONEREN VISPASSAGE LANGS NIEUWE STUW

Om het hoogteverschil bij de nieuwe stuw voor vissen te overbruggen is een vispassage gemodelleerd in de vorm van een traploze nevengeul. De vispassage heeft een bodembreedte van 1 meter en de taluds zullen variëren tussen 1:1 en 1:5 (gemiddeld 1:3) (zie ook figuur 16). Hiermee komt de bovenbreedte op ca 7 tot 9 meter uit. De benedenstroomse zijde mondt benedenstrooms van de nieuwe stuw waar een afsluitbare duiker in het model is opgenomen.

De vispassage is niet overbodig groot gedimensioneerd om zodoende bij lagere afvoeren zijn functie nog te kunnen vervullen. Daarbij is de vispassage ontworpen op een goede stroomsnelheid in de zomer. Hieronder de kentallen van de vispassage met debieten in relatie tot de hoofdloop.

Afvoersituatie	Debiet Hoofdloop (l/s)	Debiet Vistrap (l/s)	Debiet Stuw Esch (l/s)	% over Vistrap	Waterdiepte in vistrap (cm)	Stroomsnelheid in vispassage (cm/s)
Lage Zomer	500	140	360	28	39	13-16
Zomer	2010	210	1800	10	45	17-20
Najaar	3110	250	2860	8	54	
Winter	6360	610	5750	10	64	
Voorjaar	4150	490	3660	12	53	32-42

Figuur 27: Kentallen Vispassage

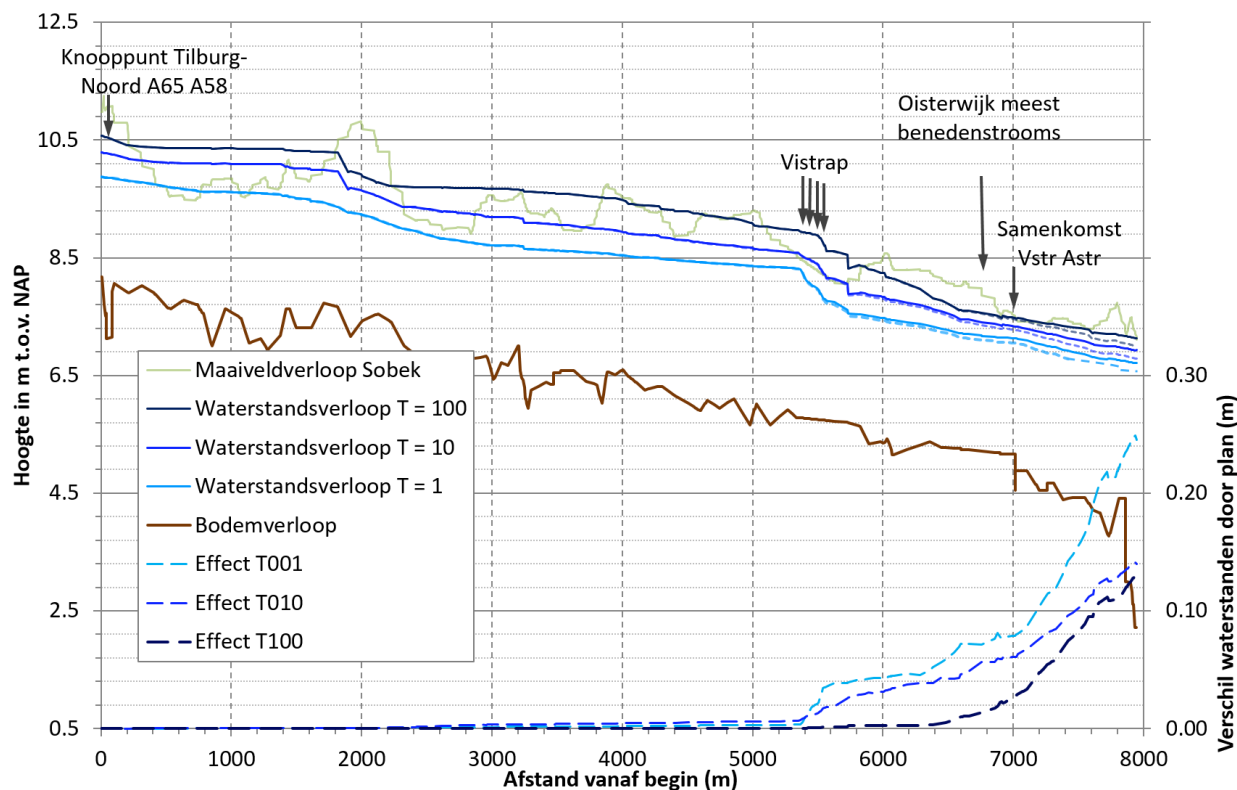
5.2.7 EFFECT OP WATERSTANDEN BOVENSTROOMS PLANGEBIED

Uit figuur 22 blijkt dat waterstandsverhogende effecten verder doorlopen in bovenstroomse richting, namelijk richting de Voorste en de Achterste Stroom. De berekeningen tonen aan dat er een klein waterstandsverhogend effect bovenstrooms van het spoor bij Oisterwijk ontstaat door het beekherstel van de Essche Stroom. De waterstandsverhogingen ten opzichte van de referentie bedragen ter hoogte van het spoor:

- T1 : 24 cm " " "
- T10 : 14 cm " " "
- T100 : 13 cm thv het spoor

Bij het spoor zijn de waterstandsverhogingen maximaal en dempen dan uit in bovenstroomse richting (figuur 28). Het effect treedt op in situaties met hogere afvoeren, maar wordt minder naarmate de afvoeren extreem worden. Het waterstandsverhogende effect bij afvoeren lager dan T1 is er niet aangezien stuw Nemelaer dan stuurt op een bovenstrooms peil.

In hoeverre de waterstandsverhogingen doorwerken in bovenstroomse richting is middels aanvullende berekeningen inzichtelijk gemaakt (meest recente HI-model _Nley_D02). In figuur 28 is het resultaat daarvan in het lengteprofiel weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat de waterstandverhogingen doorwerken tot aan de vistrap in Oisterwijk. Bij extreme afvoeren (T100) is dit echter nihil en werkt het effect door tot iets voorbij de samenkomst van de Voorste Stroom en de Achterste Stroom en bedraagt bovenstrooms van de Voorste Stroom en de Achterste Stroom, minder dan 2cm.



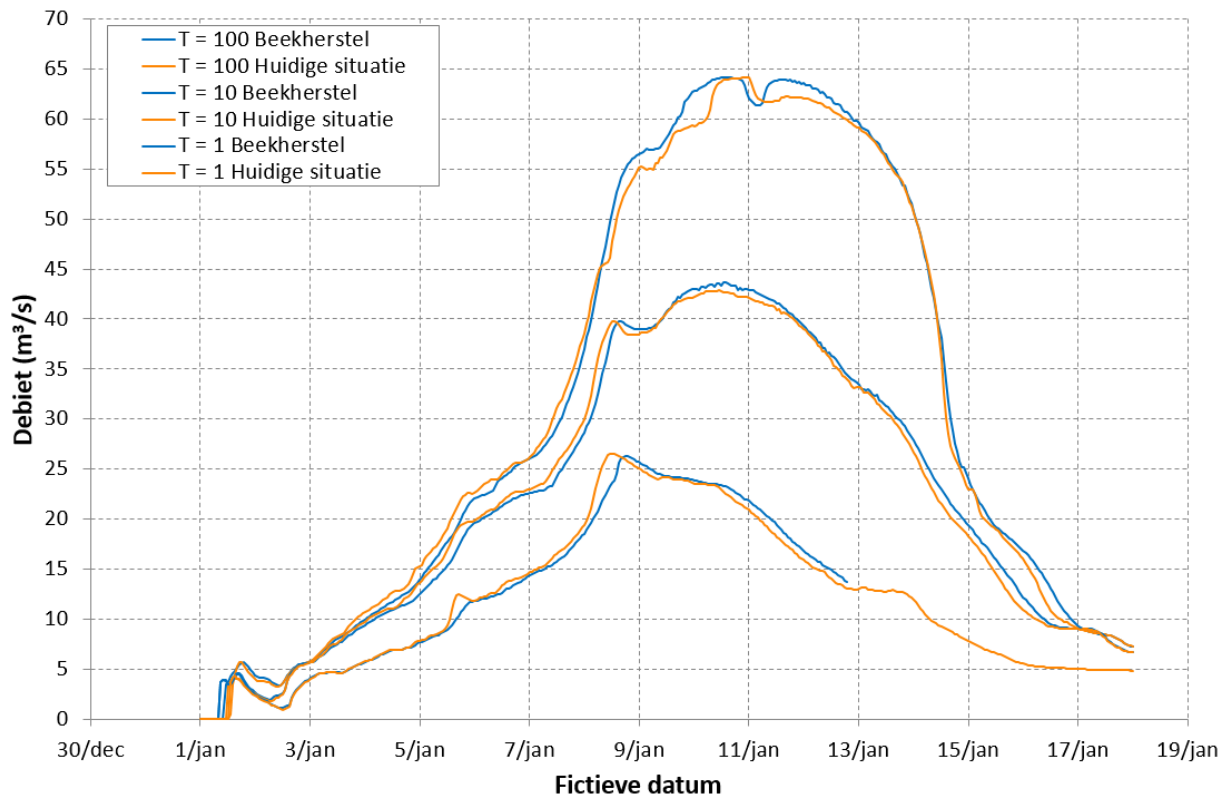
Figuur 28: Uitdemping waterstandsverhogend effect in bovenstroomse richting

5.2.8 EFFECT OP HET DEBIET BENEDENSTROOMS PLANGEBIED

Het debiet in de verschillende extreme afvoersituaties blijkt weinig invloed te ondervinden door het beekherstel. Ter hoogte van het spoor, benedenstrooms van Esch zijn debieten met elkaar vergeleken voor T1, T10 en T100 (zie figuur 29). Daaruit blijkt dat de golf iets vertraagt, namelijk zo'n 5 a 6 uur. Dit komt doordat er meer inundaties bovenstrooms plaatsvinden waardoor water iets langer vastgehouden wordt in het gebied. Meestal treedt er ook piekverlaging op als beekherstel wordt uitgevoerd. Hier is dit niet het geval en wordt de piek van de golf een kleine fractie verhoogd, echter marginaal. Dit heeft meerdere oorzaken:

- Doordat de regionale kering bij Esch hoog genoeg is om de T100 waterstand te kunnen keren (geen overstrooming van kaden meer) stroomt dat water nu onder het spoor door verder naar Halsche Beemden.
- Doordat de weg Ruiting wordt opgehoogd zal bij de extreem hoge afvoeren minder water weg kunnen stromen naar Helvoirts Broek. Dat water stroomt langs Esch verder naar Halsche Beemden.
- Dit laatste speelt ook bij lagere afvoeren, waar de vaste stuw (Maatregel W09) het water anders stuurt, namelijk richting de Essche Stroom in plaats van richting Helvoirts Broek.

Het effect hiervan is nihil en te zien in figuur 29.



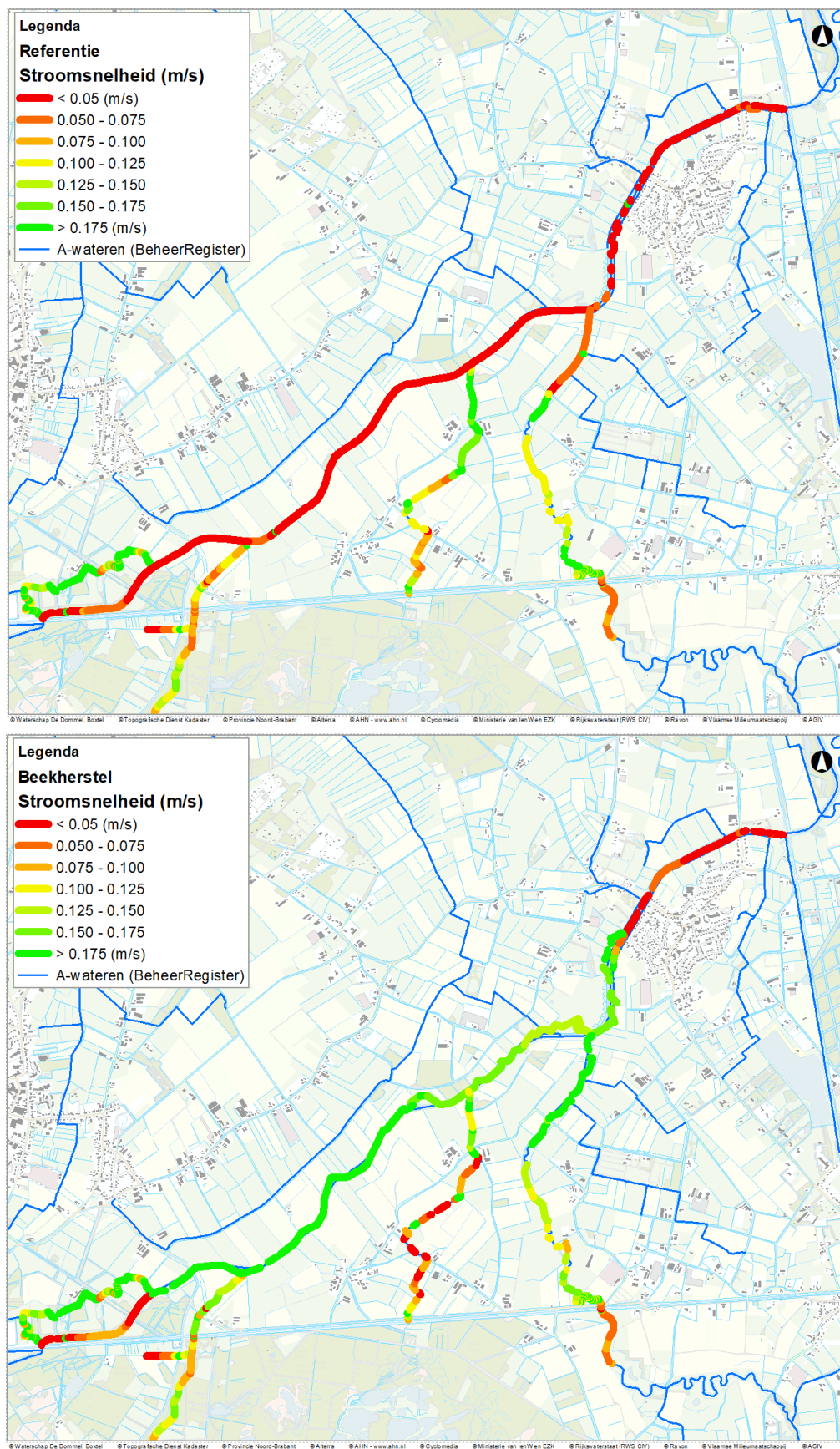
Figuur 29: Effect op het debiet benedenstrooms plangebied

5.3 CONCLUSIES

Het ontwerp beekherstel zorgt voor een toename in de stroomsnelheid ten gevolge van het kleinere profiel samen met de meanders die ook een hogere bodem meekrijgen. Dit brengt ook waterstandsstijging met zich mee hetgeen resulteert in een frequenter inunderen van de beek. Deze waterstandsstijging werkt door in bovenstroomse richting Rosep, Kleine Aa en richting de samenkomst met de Voorste en Achterste Stroom. Bij de lagere extreme afvoeren komt dit effect van beekherstel duidelijk tot uiting (T1, T10), terwijl dit bij de hoge extreme afvoeren veel minder is (T100, T150). Door het aanpassen van de keringen rond Esch, het ophogen van de Ruiting en het aanpassen van het detailwatersysteem, treedt her en der ook een afname van inundatie op (T100, T150).

Afhankelijk van de locatie in de Essche Stroom zal er seizoensgemiddeld een kleine verhoging dan wel verlaging van waterstanden optreden. In de winter zal er per saldo sprake zal zijn van hogere waterstanden en in de zomer zal er per saldo sprake zijn van lagere waterstanden in de Essche Stroom. Per saldo door het jaar heen zal de hydrologische situatie ongeveer gelijk blijven.

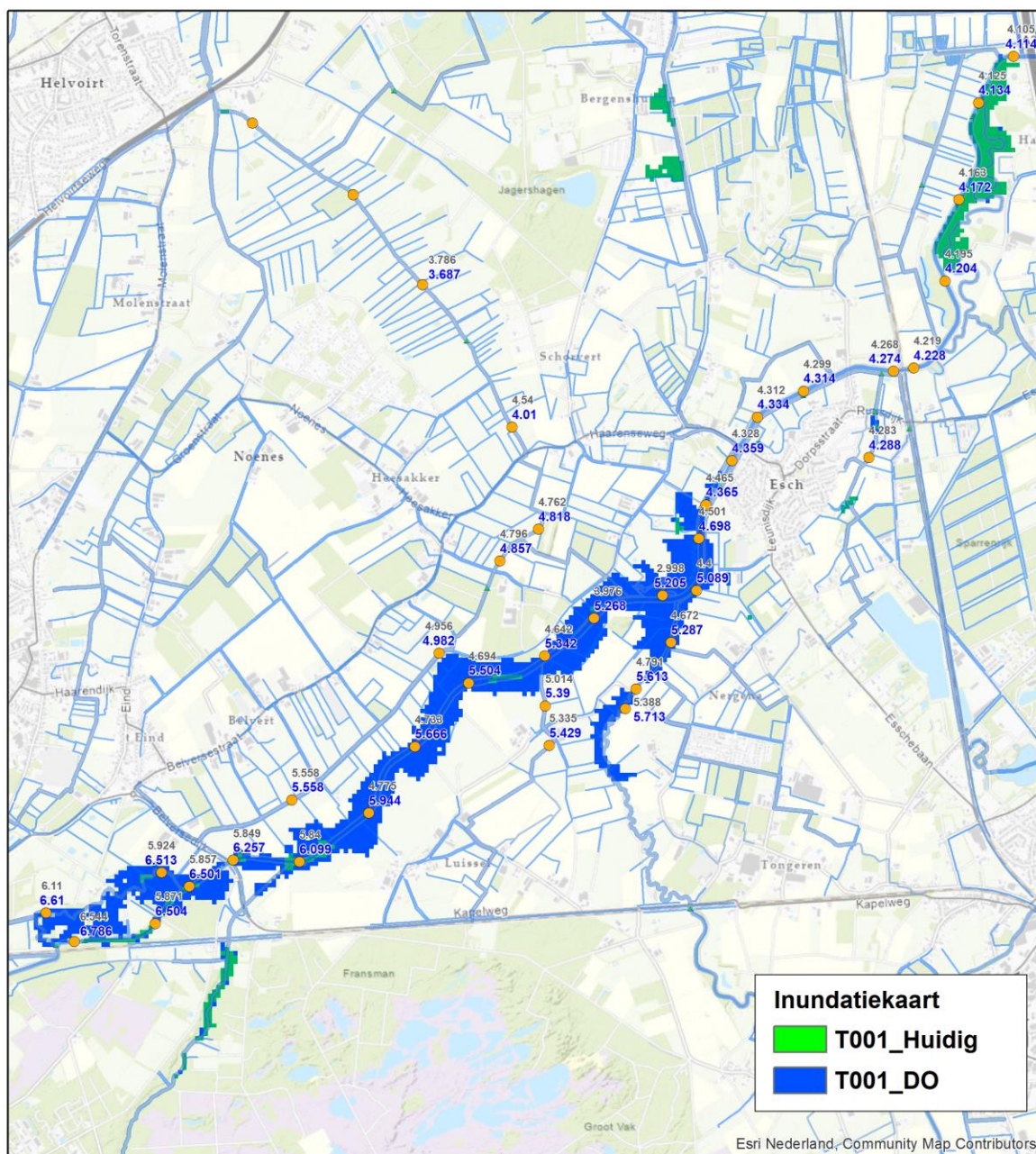
Bijlage 1: Stroomsnelheden Referentie en Ontwerp



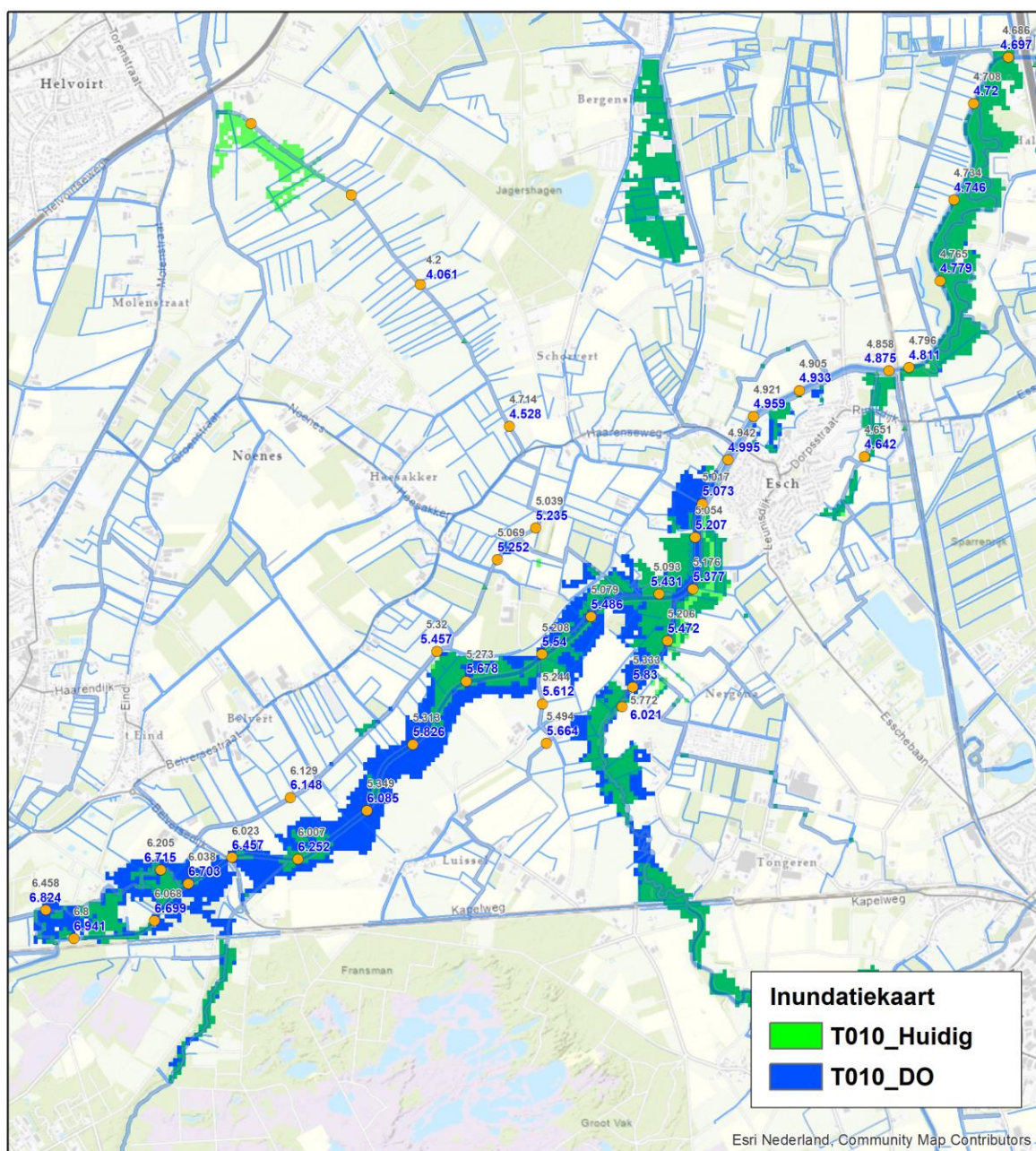
Bijlage 2: Inundaties T1 t/m T150

(T1 t/m T50 = excl. klimaatverandering)

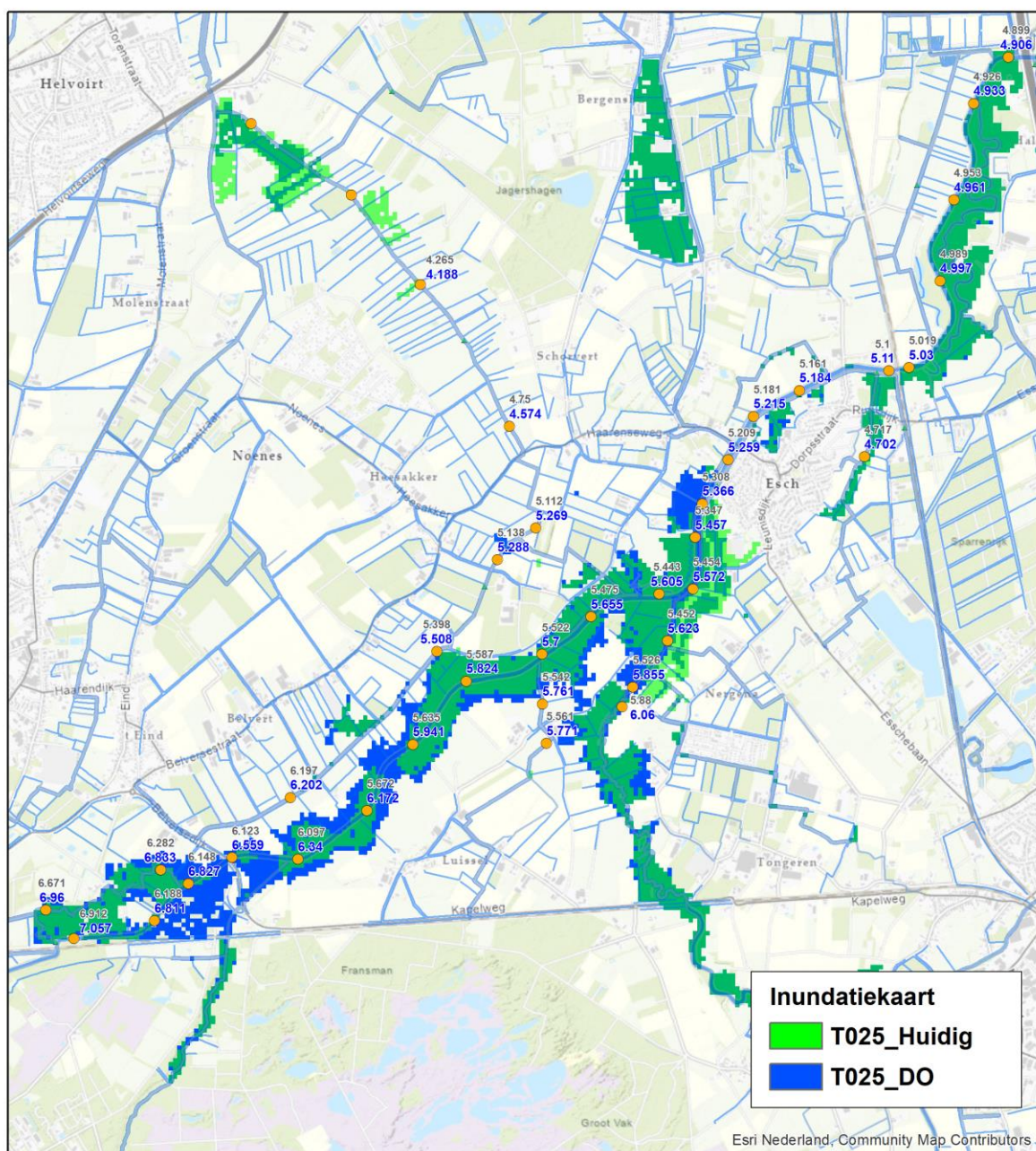
(T100 incl. klimaatverandering / T150 incl. klimaatverandering incl. Maasinvloed)



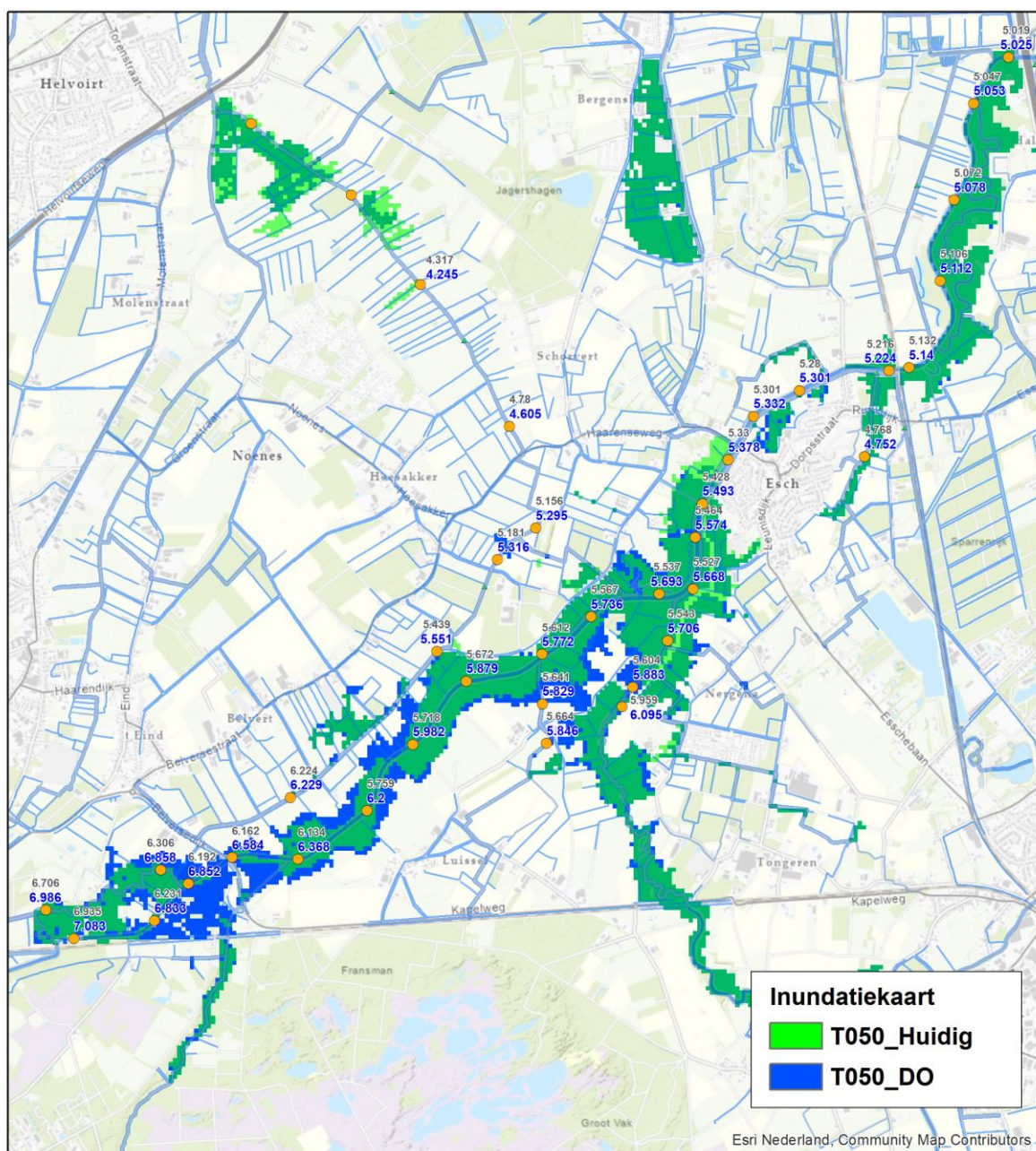
Figuur 30: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T1 afvoersituatie (excl. klimaat)



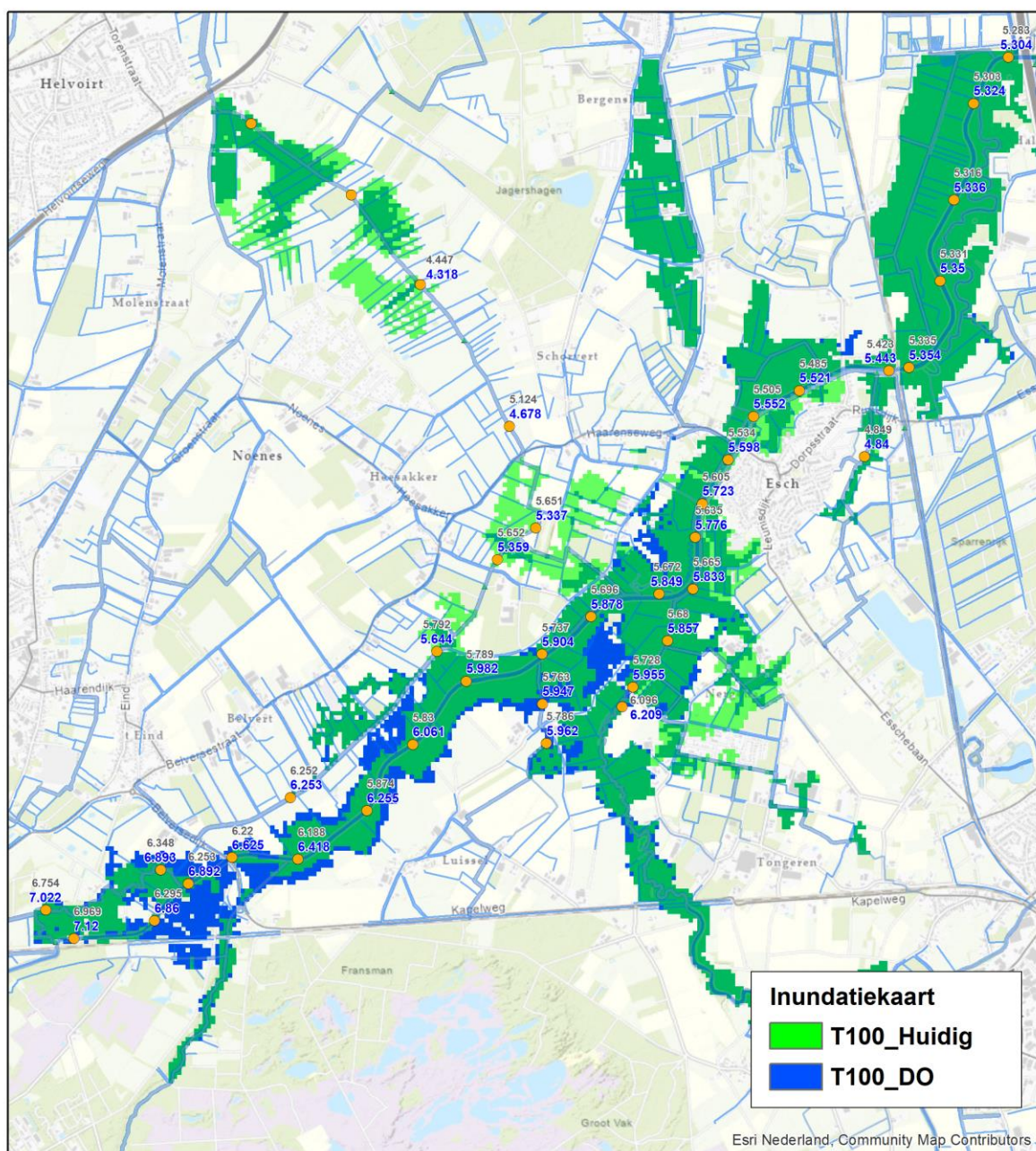
Figuur 31: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T10 afvoersituatie (excl. klimaat)



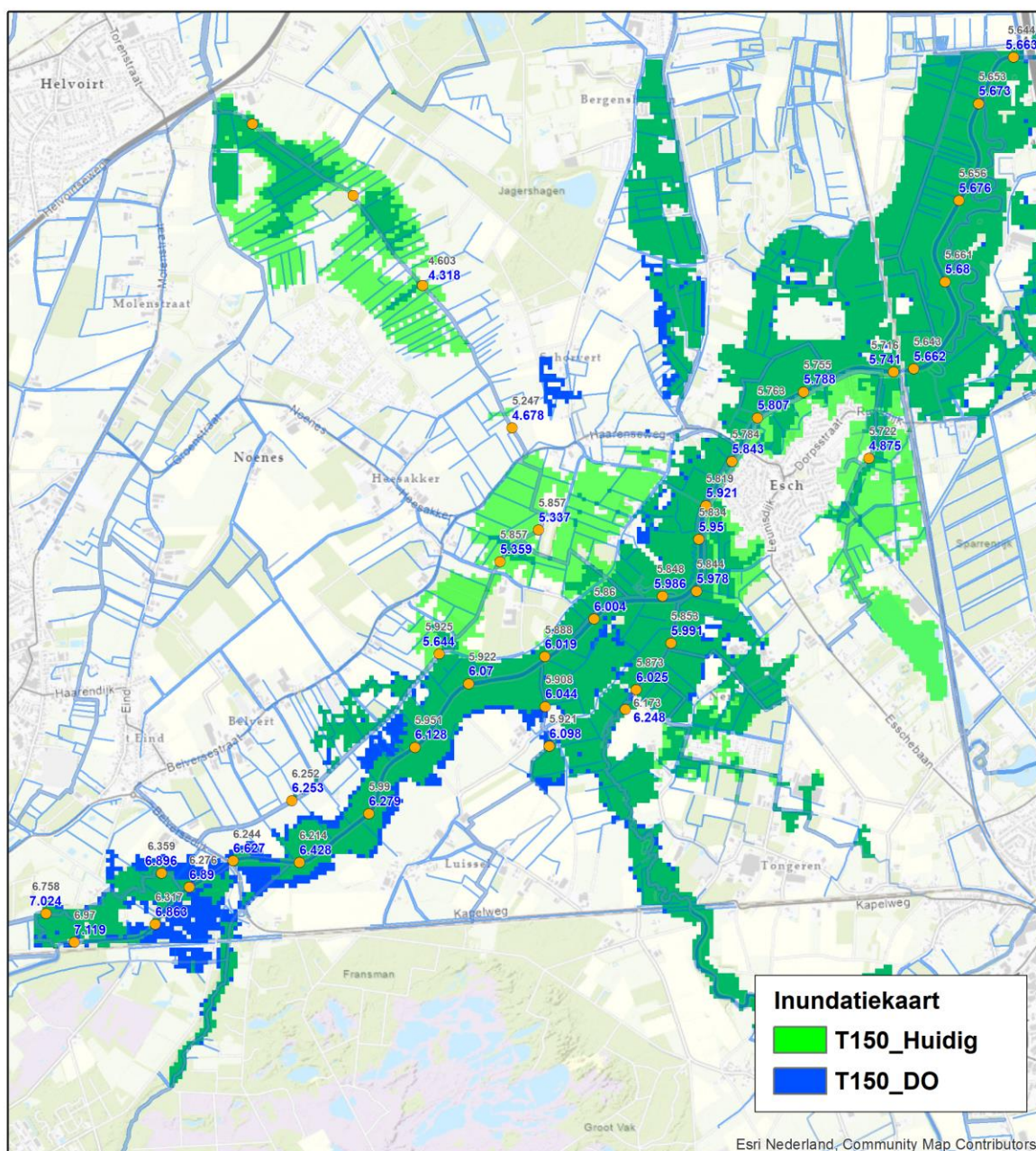
Figuur 32: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T25 afvoersituatie (excl. klimaat)



Figuur 33: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T50 afvoersituatie (excl. klimaat)



Figuur 34: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T100 afvoersituatie (incl. klimaat)



*Figuur 35: Inundaties huidig vs. autonome ontwikkeling bij een T150 MHW-situatie (incl. klimaat)
 * Verschil T150 met T100 is het gevolg van Maasinvloed*