



**Hydrologisch onderzoek
Ekkersrijt Infra Bic-Noord
Infra Bic-Noord**
Oppervlaktewatermodellering

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0500089.102
revisie 01
20 oktober 2025

Hydrologisch onderzoek Ekkersrijt Infra Bic-Noord

Oppervlaktewatermodellering

projectnummer 0500089.102

revisie 01

20 oktober 2025

Auteur(s)

[Redacted]

Opdrachtgever

Gemeente Eindhoven

Postbus 90150

5600 RB EINDHOVEN

Gecontroleerd

[Redacted]

datum
20 oktober 2025

beschrijving
Revisie 01

vrijgave

[Redacted]

[Redacted]

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doelstelling	5
1.3	Uitgangspunten	5
1.4	Geraadpleegde informatie	6
1.5	Leeswijzer	7
2.	Wegstructuur	8
2.1	Referentie situatie	8
2.2	Toekomstige situatie	10
3.	Modelbouw	12
3.1	Referentie situatie	12
3.1.1	Basismodel	12
3.1.2	Modeluitsnede	13
3.1.3	Verbetering 1D-model	14
3.1.4	Neerslag-afvoer model	18
3.1.5	Verbetering 2D-model	19
3.2	Basisscenario: uitbreiden wegstructuur BIC Noord	20
4.	Modelresultaten	22
4.1	Referentiesituatie	22
4.1.1	Scenario T100	22
4.1.2	Scenario T10 en T1	24
4.1.3	Conclusie	26
4.2	Basisscenario: uitbreiden wegstructuur BIC Noord	26
4.2.1	Scenario T100	26
4.2.2	Scenario T10 en T1	30
4.2.3	Conclusie	32
5.	Optimalisatie ontwerp	34
5.1	Optimalisatie driehoek	34
5.2	Maximale berging in driehoek	35
6.	Conclusies en aanbevelingen	36
7.	Bibliografie	37
	Bijlage 1 Ruwheid koppeltabel	39
	Bijlage 2 Meetreeks bovenstrooms Beatrixkanaal	41
	Bijlage 3 Tekeningen VO-ontwerp	42

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Eindhoven is gestart met de ontwikkeling van het gebied BIC-Noord, gelegen aan de noordwestzijde van de stad, ten oosten van Eindhoven Airport. Het plangebied omvat twee onderdelen:

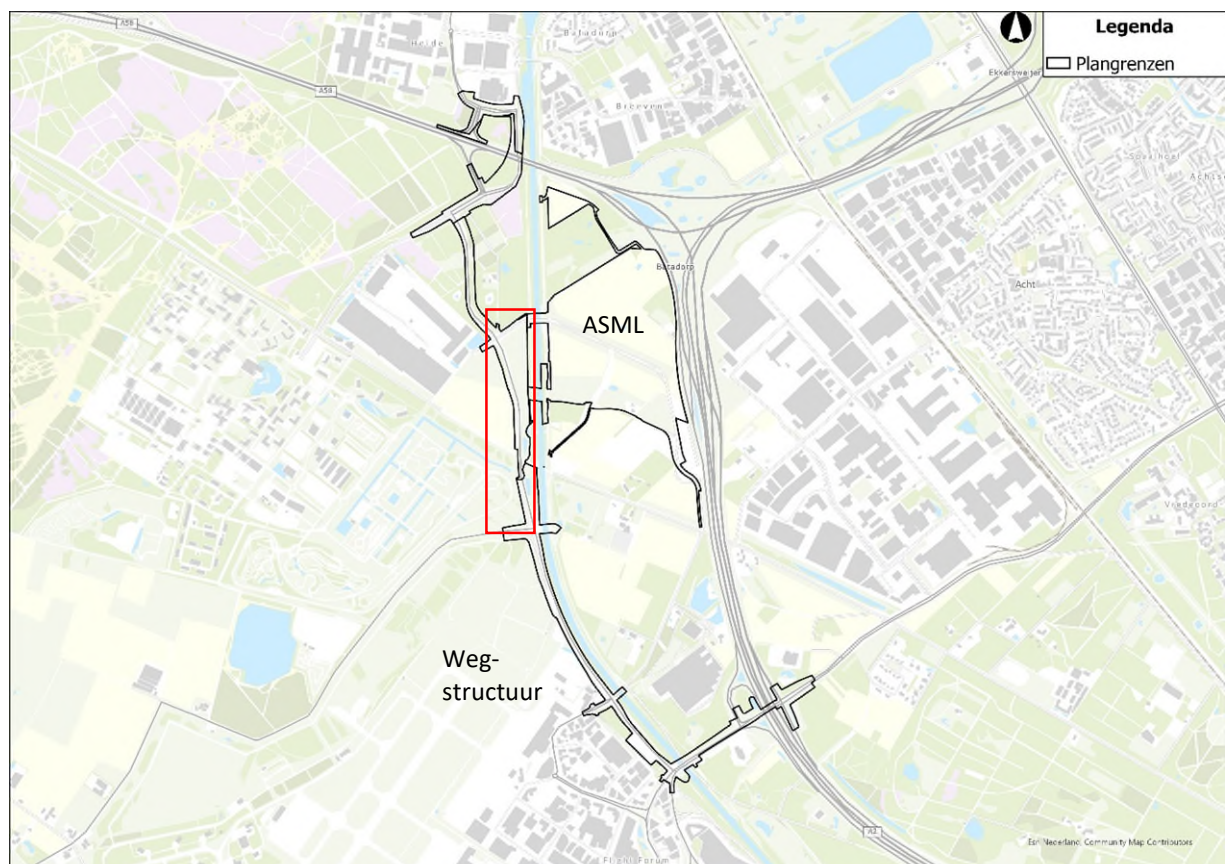
- het toekomstige ASML-terrein;
- de uitbreiding van de wegenstructuur.

In Figuur 1-1 is de ligging van het plangebied weergegeven.

In dit kader heeft de gemeente Eindhoven aan Antea Group gevraagd om de hydrologische effecten van de nieuwe wegenstructuur inzichtelijk te maken. De effecten van de ontwikkeling van het ASML-terrein vallen buiten de scope van dit onderzoek en worden behandeld in een separaat onderzoek door Haskoning (1).

De vraagstelling betreft de effecten van de wegenstructuur op het oppervlaktewatersysteem. De omgang met afstromend wegwater is dus geen onderdeel van dit onderzoek. De effecten en bijhorende mitigerende maatregelen van afstromend hemelwater zijn afzonderlijk onderzocht en uitgewerkt door Antea Group (2). Voor de hydrologische effecten is het gebied tussen de Landsardseweg en de kruising van de Ekkersrijt met het Beatrixkanaal relevant. Hier loopt de Ekkersrijt, een A-watergang, langs de wegenstructuur. In de overige gebieden is er geen raakvlak tussen de nieuwe wegenstructuur en A-watergangen. In Figuur 1-1 is het onderzoeksgebied met een rood kader aangegeven.

De hydrologische analyse is uitgevoerd met een modelberekeningen op basis van een 1D/2D SOBEK-model. In dit document zijn zowel de technische onderbouwing als de resultaten van deze modellering gepresenteerd.



Figuur 1-1: Overzicht plangebied. Het onderzoeksgebied is aangegeven met een rood kader.

1.2 Doelstelling

In het plangebied – waar zowel de ontwikkeling van ASML als de herinrichting van de wegenstructuur plaatsvindt – treden in de huidige situatie al inundaties vanuit de Ekkersrijt op. Deze inundatiegebieden zijn in de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant aangewezen als *regionaal waterbergingsgebied* en als *reserveringsgebied voor waterberging* (zie Figuur 1-2). Een regionaal waterbergingsgebied loopt gemiddeld eens in de tien jaar (T10) onder water; bij extremere hoogwatersituaties die circa eens per honderd jaar voorkomen (T100) treden ook de reserveringsgebieden in werking.

De voorgenomen uitbreiding van de wegenstructuur vindt (deels) plaats binnen het profiel van de Ekkersrijt en in de hiervoor genoemde bergingsgebieden. Waterschap De Dommel heeft hiervoor regels opgenomen in de Waterschapsverordening. Er geldt een vergunningsplicht voor werkzaamheden in een A-watergang (artikel 2.2) en voor het wijzigen van bergend vermogen of het aanbrengen van waterkerende constructies in een bergingsgebied (artikel 4.2). Om tot een vergunbaar ontwerp te komen moet worden onderbouwd wat het effect van de ruimtelijke ingreep is en op welke wijze eventuele negatieve effecten worden gemitigeerd.

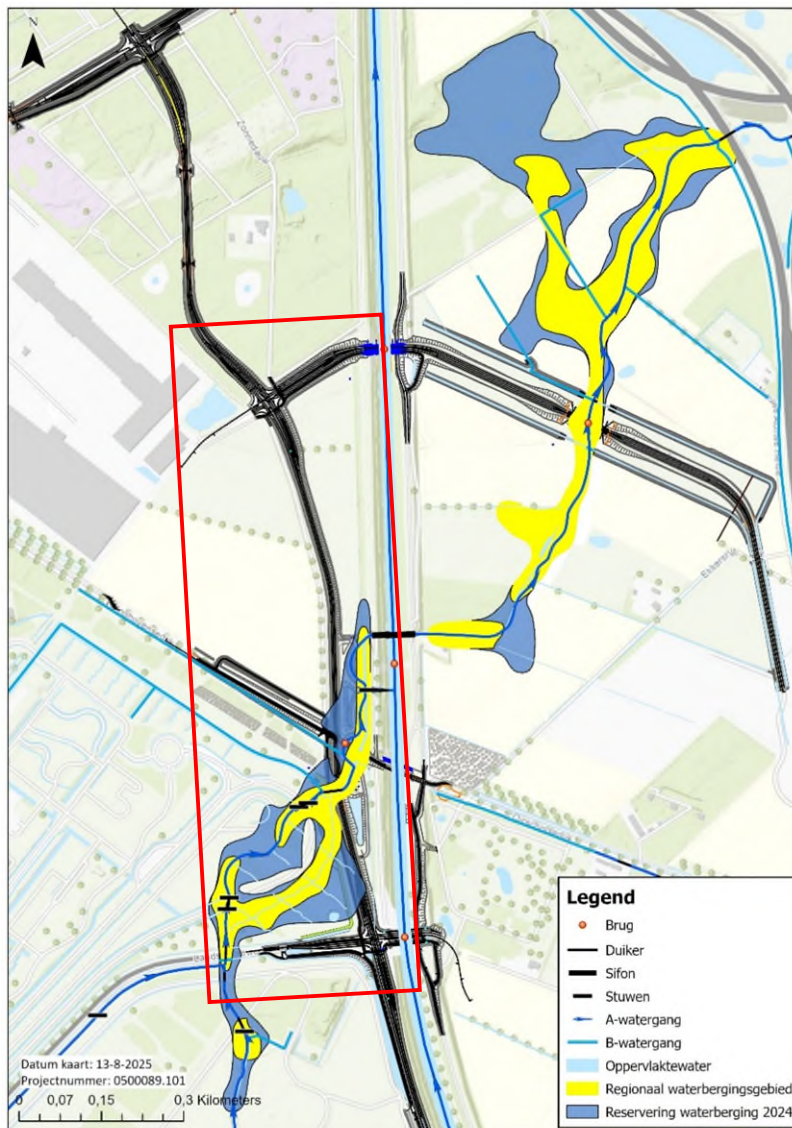
Doel van dit onderzoek is om met behulp van een hydrodynamisch 1D/2D SOBEK-model de effecten van de geplande herinrichting van de wegenstructuur op de hydrologische situatie ten westen van het Beatrixkanaal in beeld te brengen en, waar nodig, inzicht te geven in mitigerende maatregelen.

1.3 Uitgangspunten

Op 11 juni 2025 zijn met Waterschap De Dommel afspraken gemaakt over de uitgangspunten voor het hydrologisch onderzoek. Afsproken is dat:

- de uitbreiding van de weg geen nadelige effecten mag veroorzaken op de waterstand bovenstrooms (referentielocatie: duiker bij de Landsardseweg) en benedenstrooms (referentielocatie: sifon onder het Beatrixkanaal) van de ontwikkeling;
- de effecten worden beschouwd voor drie herhalingstijden: eens per jaar (**T1**), eens per tien jaar (**T10**) en eens per honderd jaar (**T100**).





Figuur 1-2: Ligging regionaal waterbergingsgebied en reserveringsgebieden voor waterberging in de omgeving van het plangebied. Het onderzoeksgebied is aangegeven met een rood kader. (bron: Waterschap de Dommel)

1.4 Geraadpleegde informatie

Voor deze rapportage is gebruikgemaakt van de volgende bronnen en onderliggende documenten:

- De beschrijving en functionering van het huidige watersysteem ter plaatse van de Spottersweg is gebaseerd op het rapport **Waterhuishouding wegenstructuur Eindhoven noordwest** van de gemeente Eindhoven (maart 2020, (3)). De huidige situatie is gesimuleerd op basis van het uitvoeringsontwerp dat door de gemeente Eindhoven is aangeleverd (in DWG-formaat).
- De toekomstige situatie van de wegenstructuur is uitgewerkt op basis van de rapporten **Weging van het waterbelang BIC-Noord, inclusief wegenstructuur**, Antea Group, 31 juli 2025 (4) en **Wateropgave Infra BIC-Noord, bepaling en invulling van de wateropgave**, Antea Group, 18 juli 2025. (2)
- Het toegepaste Sobek-model is gebaseerd op het door het waterschap aangeleverde model van de Ekkersrijt (**EkkRD01.lit**).
- De modelopzet en toetsing van de verwachte effecten van de nieuwe wegenstructuur zijn mede gebaseerd op het rapport **Oppervlaktewater Ekkersrijt BIC-Noord**, Haskoning, 6 juni 2025 (ref. BJ9434-WMRP250606-1100). (1)
- De ontwerptekeningen voor de toekomstige situatie, aangeduid met de naam **0500089_102-AGP-VO+-BIC-TK-WE-WH** en subnummers 0001 tot en met 0115.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de huidige en toekomstige situatie beschreven met daarin de functionering van het watersysteem. In hoofdstuk 3 is de opbouw van het 1D2D model toegelicht. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van de berekeningen voor zowel de referentiesituatie als het basisscenario. Ook zijn in dit hoofdstuk de effecten van de uitbreiding van de weg ten opzichte van de referentiesituatie gepresenteerd. In hoofdstuk 5 zijn verschillende maatregelen beschreven die bijdragen aan de optimalisatie van het VO-ontwerp. Tot slot zijn in hoofdstuk 6 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen samengevat. De gebruikte bronnen zijn opgenomen in de bibliografie (hoofdstuk 7).



2. Wegstructuur

In dit hoofdstuk is de wegstructuur, voor zowel de referentiesituatie als de toekomstige situatie, binnen het onderzoeksgebied beschreven. De impact van de wegstructuur op waterberging en de algehele hydrologische situatie in het gebied is kwalitatief beschreven.

2.1 Referentie situatie

Op basis van de digitale legger is vastgesteld dat er 2 primaire watergangen binnen de plangrens zijn gesitueerd, zie Figuur 2-1. Dit zijn de Ekkersrijt en het Beatrixkanaal. De Ekkersrijt kruist het Beatrixkanaal via een sifon ten noorden van de Oirschotsedijk. De Ekkersrijt watert richting noordoostelijke richting af. Bovenstrooms van de sifon bevindt zich in de Ekkersrijt een overstort naar het Beatrixkanaal (8, zie aanduiding op figuur). Verder bevinden zich B-watergangen binnen de plangrens die op de Ekkersrijt afwateren.

In 2020 heeft de gemeente Eindhoven de Spottersweg uitgebreid. In dat kader is de loop van de Ekkersrijt verlegd om de wegutbreiding tussen de Oirschotsedijk en de sifon (kruising met het Beatrixkanaal) mogelijk te maken. De loop van de Ekkersrijt na deze herinrichting is weergegeven in Figuur 2-1. Uit de figuur blijkt dat het traject van de Ekkersrijt tussen het Defensieterein en de sifon onder het Beatrixkanaal meandert. Het nieuwe profiel van de Ekkersrijt bestaat uit een dieper gedeelte dat permanent watervoerend is (ongeveer 2 meter breed) en een overstromingsbed van 5 meter breed, dat ook wordt gebruikt als onderhoudspad.

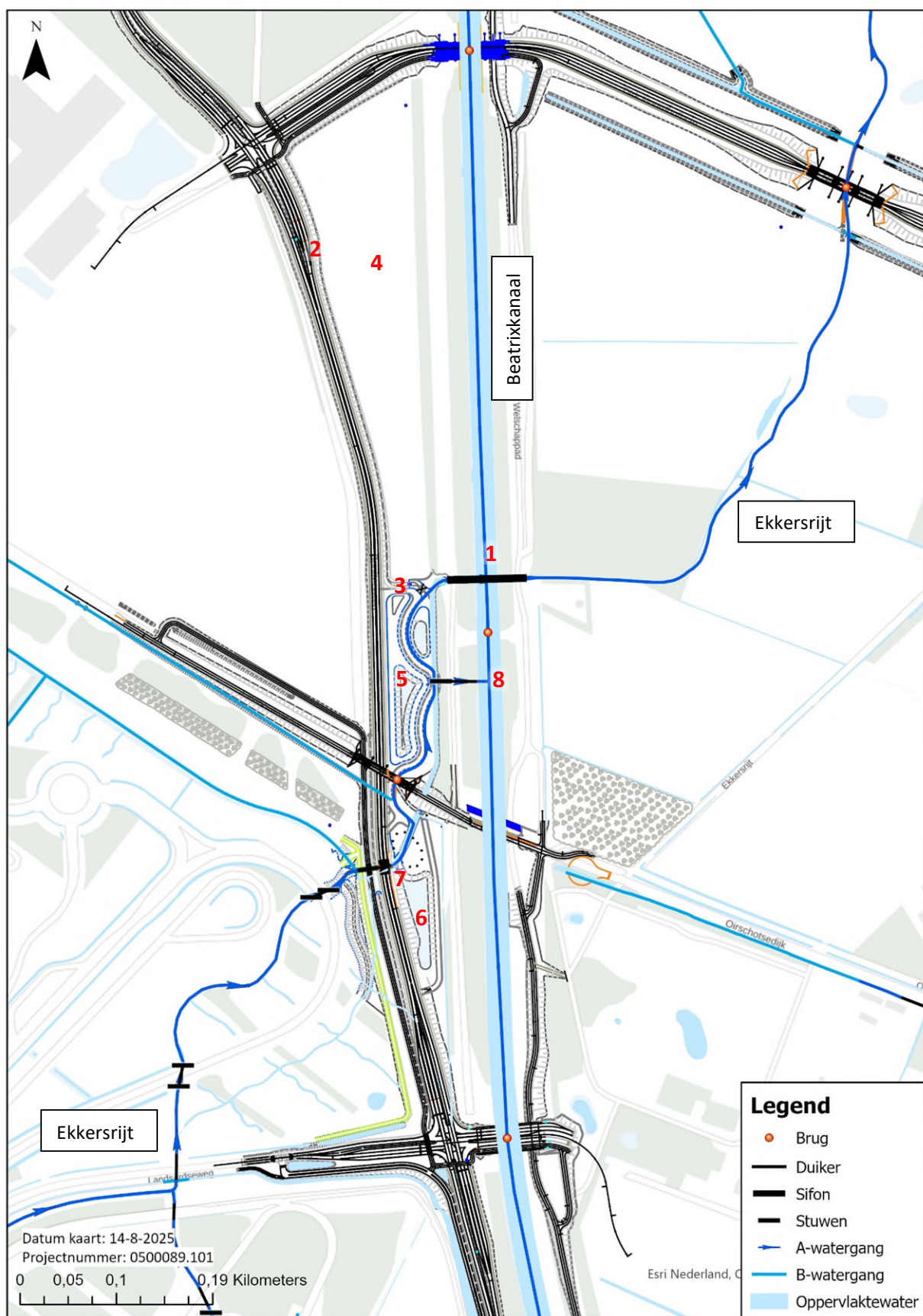
Het gebied ten noorden van de sifon (1) heeft op dit moment een dubbele functie. Dit gebied wordt ingezet voor de berging van afstromend wegwater en voor berging vanuit de Ekkersrijt. Langs de Spotterweg en de Dirk Noordhoflaan ligt een bermsloot (2) waar afstromend wegwater op kan lozen. Hier infiltreert het in de bodem. De sloot is aangesloten op de Ekkersrijt middels een stuw (3) met kruinhoogte van NAP +17,50 m. Bij hoog water in de Ekkersrijt stroomt water vanuit de Ekkersrijt de sloot in en treedt het vervolgens buiten de oevers. Het naastgelegen maaiveld (4) – de driehoek tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal – kan bij hoge waterstanden daardoor inunderen.

Vanuit een naastgelegen ontwikkeling ligt er een claim om dit gebied (4) in te richten als waterberging voor het bedrijventerein Westfields. Als hier invulling aan wordt gegeven, dient bij de inrichting rekening te worden gehouden met ongeveer 1.000 m³ extra waterberging ten behoeve van de huidige wegenstructuur.

In het deel tussen de sifon (1) en de Oirschotsedijk watert een deel van de Spottersweg direct af op de Ekkersrijt en een deel stroomt af naar verlagingen in het maaiveld (5). Deze verlagingen dienen als tijdelijke berging van hemelwater. Het water in deze bergingszones infiltreert in de ondergrond, waardoor de capaciteit opnieuw beschikbaar komt. De totale bergingscapaciteit van dit systeem bedraagt 212,5 m³.

Het afwateringsgebied direct ten noorden van de Landsardseweg (6) is aangelegd om de toename van verhard oppervlak in dit deelgebied te compenseren. De afvoer wordt hier vertraagd door middel van een stuw (7) met een kruinhoogte van NAP +18,40 m en een doorlaat op NAP +17,90 m. Deze doorlaat, met een diameter van 60 mm, loost rechtstreeks op de Ekkersrijt met een beperkte afvoercapaciteit van 1 l/s/ha. De totale bergingscapaciteit van dit gebied bedraagt 1.200 m³. Dit afwateringsgebied is door relatief hoge kruinhoogte van de stuw geen onderdeel van het bergingsgebied van de Ekkersrijt.





Figuur 2-1: Overzicht wegstructuur ten opzichte het watersysteem (bron: Legger | Waterschap De Dommel)



2.2 Toekomstige situatie

In Figuur 2-2 is een impressie opgenomen van de voorgenomen ontwikkeling van de nieuwe wegenstructuur.

De herinrichting van de wegstructuur tussen de Oirschotsedijk en de Dirk Noordhoflaan omvat de aanleg van twee waterbergingsvoorzieningen (1 en 2). Deze voorzieningen zijn gedimensioneerd om de toename van het verhard oppervlak als gevolg van de wegwitbreiding te compenseren. Omdat dit gebied ook functioneert als waterberging van de Ekkersrijt bij hoog water, zijn de voorzieningen onderling gekoppeld door middel van een PVC duiker (6) met een lengte van 63,5 m en een inwendige diameter van 500 mm. Hiermee wordt een gecontroleerde waterafvoer tussen de compartimenten gerealiseerd.

De bestaande bermsloot langs de Spottersweg wordt gedempt tot net bovenstrooms van de bestaande stuw (3). De nieuwe bergingsvoorzieningen (1 en 2) sluiten aan op het resterende tracé van de sloot, zodat de bestaande afwateringsstructuur functioneel behouden blijft. In de bergingsvoorzieningen infiltreert het water langzaam in de bodem of, bij hevige neerslag, stroomt het water via de bestaande stuw af richting de Ekkersrijt. In dit ontwerp is uitgegaan van een vaste stuw met een kruinhoogte van NAP +17,7 m. Dit maakt een vertraagde afvoer en tijdelijke berging binnen het systeem mogelijk. De stuw staat op dezelfde locatie als de huidige stuw (7).

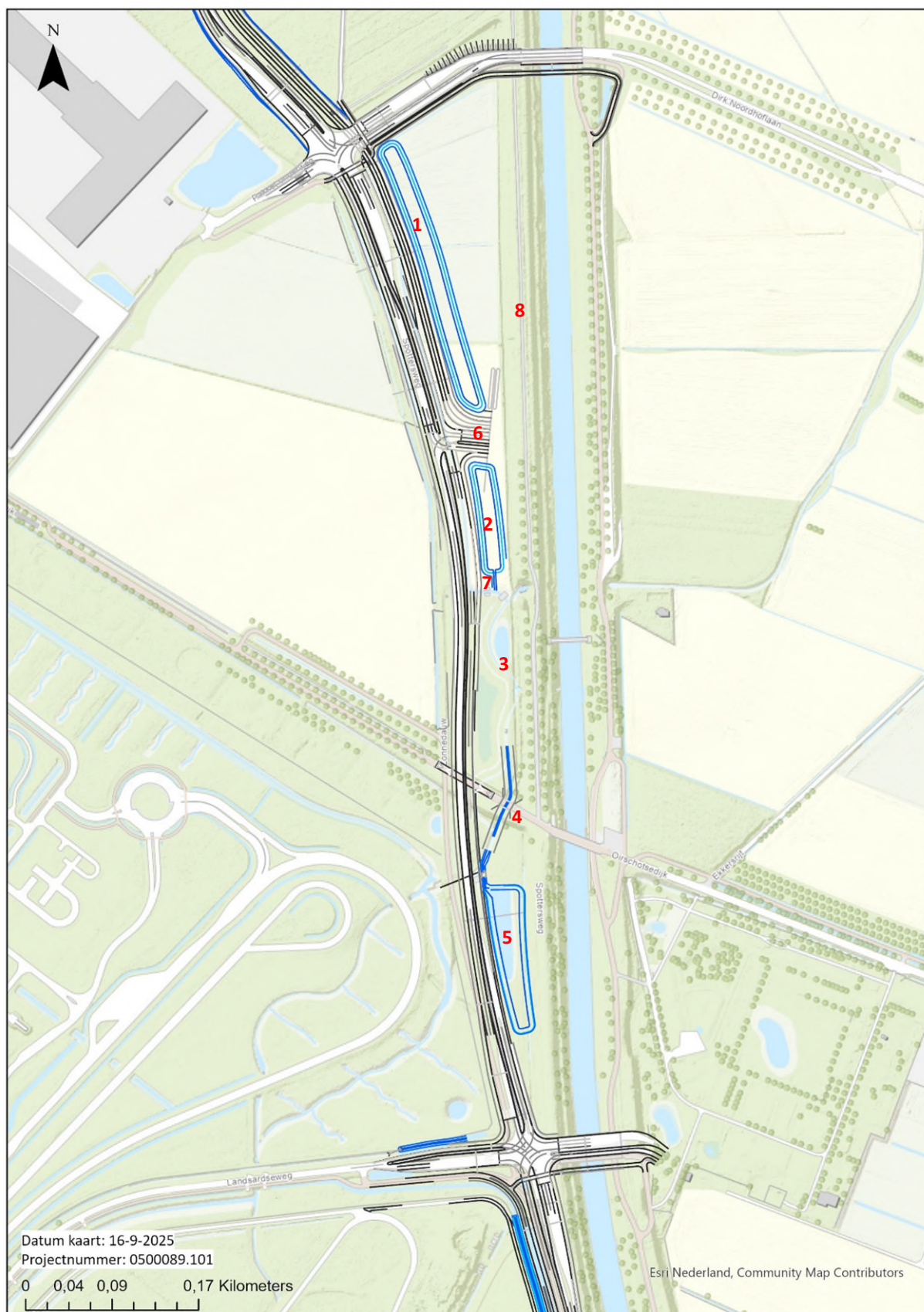
Opgemerkt wordt dat langs het dijklichaam naast het Beatrixkanaal in de huidige situatie ook een smalle watergang ligt (8). In de modellering is deze niet meegenomen, maar in de praktijk kan bij hoog water ook via deze watergang stroming plaatsvinden naar de noordelijke hoek. Bij een verdere uitwerking van het ontwerp moet hier rekening mee worden gehouden, bijvoorbeeld door ook hier een stuw te plaatsen met dezelfde kruinhoogte.

De bodem van de bergingsvoorzieningen worden aangelegd op NAP +17,5 m, dit is circa 0,30 m hoger dan de bodem van de bestaande sloot. Deze hoogte is gebaseerd op een (conservatieve) inschatting van de GHG en het huidige maaiveld. Binnen dit gebied is ruimte om meer berging te creëren door een groter areaal te ontgraven en/of de bodem lager aan te leggen. In hoofdstuk 3.2 is hier verder op ingegaan.

Daarnaast voorziet de herinrichting van de wegstructuur aanpassingen aan de meander (4). Deze ingrepen zijn noodzakelijk om ruimte te creëren voor de wijziging van de infrastructuur ter plaatse. Voor de nieuwe inrichting wordt uitgegaan van een dwarsprofiel dat aansluit bij de huidige situatie, inclusief onderhoudspaden van 5 m breed aan weerszijden van de Ekkersrijt.

Ten zuiden van de Oirschotsedijk wordt de bestaande waterbergingsvoorziening (5) voor hemelwater aangepast om de benodigde extra capaciteit voor de verbreding van de weg te realiseren. De voorziening wordt 0,30 m verdiept, waardoor de toekomstige bodemhoogte uitkomt op NAP +17,8 m. Daarnaast wordt het bergingsoppervlak vergroot van 3.185 m² naar 4.460 m² (gemeten van insteek tot insteek). De bestaande stuw blijft behouden en houdt een kruinhoogte van NAP +18,4 m, zodat de vertraagde afvoer van de voorziening ongewijzigd blijven. Door deze kruinhoogte kan de Ekkersrijt, net als in de huidige situatie, in de praktijk niet op de voorziening afwateren, omdat het waterpeil in de Ekkersrijt deze hoogte niet bereikt.





Figuur 2-2: Overzicht uitbreiden van de wegstructuur (zwart) en aanpassing waterberging (blauw) ten opzichte het huidige watersysteem

3. Modelbouw

De hydrologische analyse is uitgevoerd met behulp van een SOBEK-model van de Ekkersrijt, dat door het waterschap is aangeleverd (EkkRD01.lit). In dit hoofdstuk zijn de voor deze studie relevante onderdelen van het model toegelicht. Paragraaf 2.1 behandelt het basismodel en de doorgevoerde aanpassingen om tot de referentiesituatie te komen. In paragraaf 3 zijn de modelaanpassingen beschreven voor de toekomstige situatie.

Ten westen van het plangebied loopt momenteel een vergelijkbaar hydrologisch onderzoek, uitgevoerd door Haskoning (1). De in dat onderzoek opgedane inzichten zijn hier toegepast.

Zowel de huidige als de toekomstige situatie zijn doorgerekend voor een herhalingsjijd van 100 jaar (T100). Deze bui is door het waterschap aangeleverd, hierbij is dezelfde bui gebruikt als in de studie uitgevoerd door Haskoning (1).

3.1 Referentie situatie

3.1.1 Basismodel

Het basismodel (EkkRD01.lit) is opgebouwd uit drie modules; de waterlopen module (CF), de neerslag-afvoermodule (RR) en stroming over maaiveld (2D). In de waterlopenmodule zijn de A-watergangen, waaronder de Ekkersrijt, en bijhorende kunstwerken als duikers en stuwen opgenomen. Aan dit waterlopenmodel is het neerslag-afvoermodel (RR) gekoppeld. Vanuit deze module komt neerslag het oppervlaktewatersysteem binnen, rechtstreeks (oppervlakkige afvoer) of via het grondwater. Bij hoge waterstanden vindt er inundatie plaats, de berging en stroming over maaiveld gebeurt via een 2D hoogterid van 25x25 m.

In 2021 vond ten westen van het Beatrixkanaal een ruimtelijke ontwikkeling plaats, waaronder een meandering van de Ekkersrijt. Deze wijziging is nog niet verwerkt in het basismodel.

Om tot een actuele en representatieve schematisatie van de referentiesituatie te komen zijn in afstemming met Waterschap De Dommel de volgende aanpassingen doorgevoerd. In de volgende paragrafen zijn deze nader toegelicht.

- Modeluitsnede met nieuwe randvoorwaarden (§3.1.2);
- Verbetering 1D-model (§3.1.3);
 - o Kruising Ekkersrijt met Beatrixkanaal;
 - o Overstort op Beatrixkanaal;
 - o Meander Ekkersrijt;
 - o Waterberging ten zuiden van de Oirschotsedijk;
 - o Bermsloot langs Spottersweg en Dirk Noordhoflaan;
- Neerslag-afvoer model (§3.1.4);
- Verbeteringen 2D-Model (§0);
 - o Hoogterid;
 - o Ruwheidsgid;
 - o Koppeling 1D / 2D;

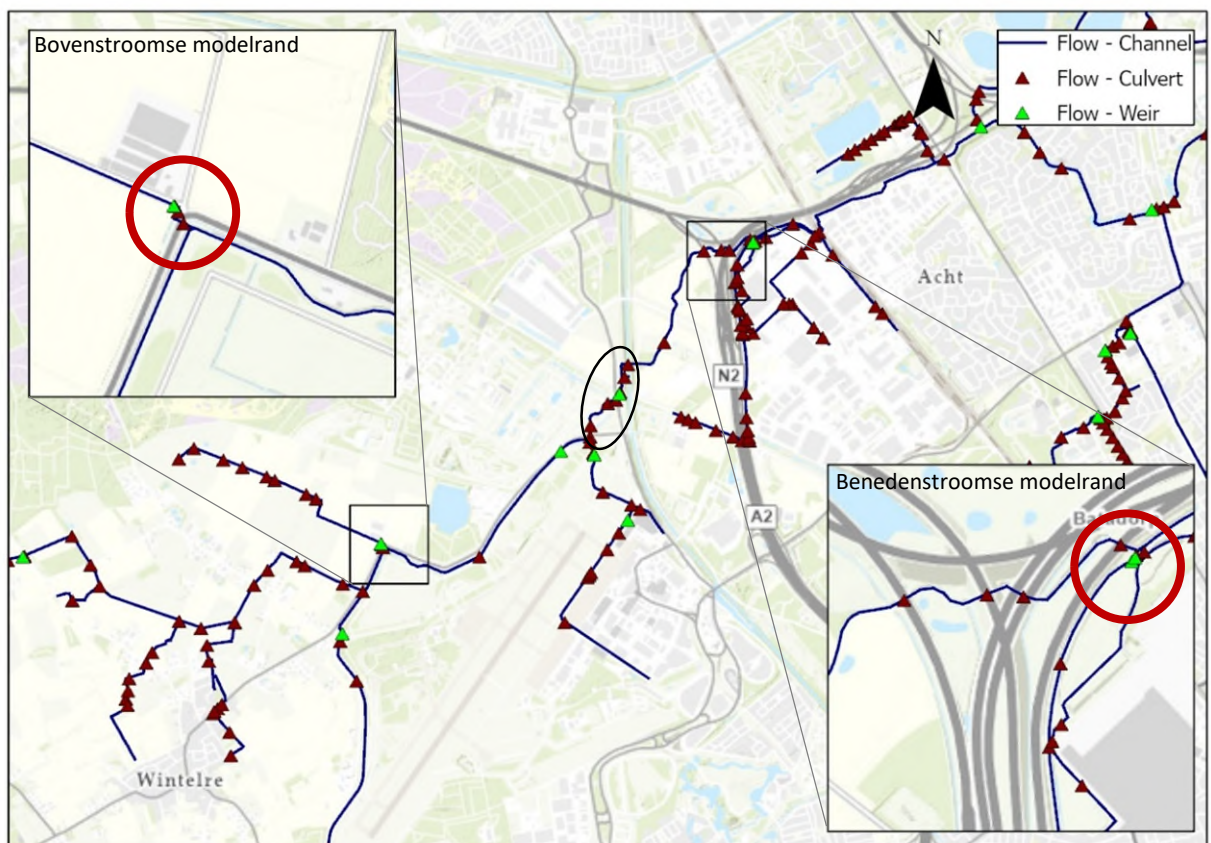


3.1.2 Modeluitsnede

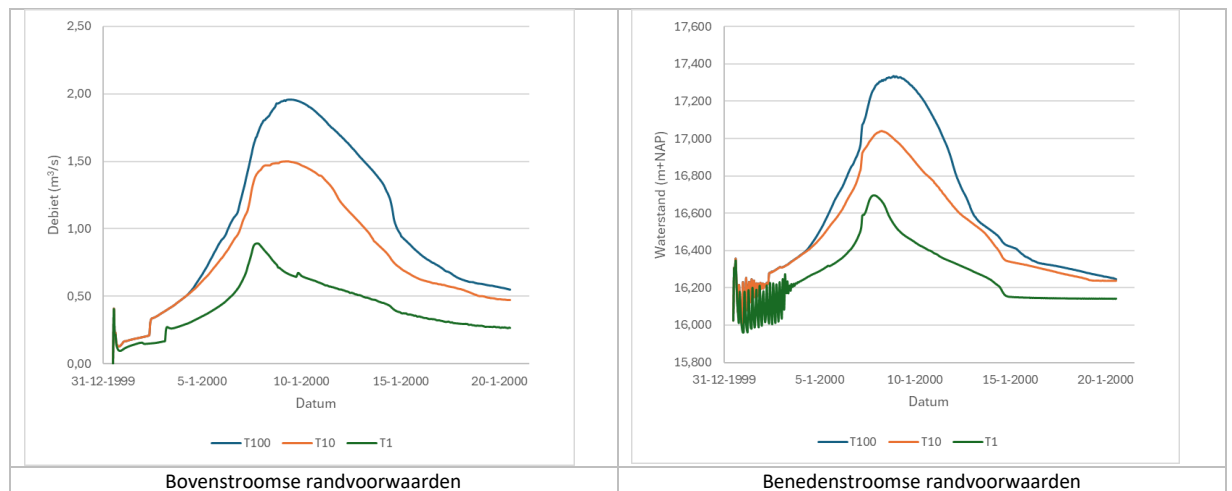
Voor het opstellen van de referentiesituatie is een uitsnede gemaakt uit het EkkRD01.lit-model. De bovenstroomse randvoorwaarde is verplaatst naar vlak benedenstrooms van duiker FXCLER29-KDU11, en de benedenstroomse randvoorwaarde is verplaatst naar benedenstrooms van duiker FXCLER1-KDU38. De locaties van de randvoorwaarden zijn weergegeven in Figuur 3-1.

Voor het door te rekenen afvoerscenario (T100) is een bovenstroomse afvoergolf en een benedenstroomse waterstand opgelegd zoals voorgesteld door Haskoning (1). De afvoergolf en waterstanden zijn afgeleid uit de modelresultaten van het basismodel geforceerd met dezelfde bui. Daarbij is de afvoergolf berekend met een ruwheid in de waterlopen van $k_s=25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, en de waterstanden zijn berekend met een ruwheid van $k_s=75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. De randvoorwaarden zijn gevisualiseerd in Figuur 3-2.

De weestand in de watergangen is gelijk gehouden aan het EkkRD01.lit model met een Strickler coëfficiënt $k_s=25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Ter plaatse van het interessegebied (de meandering van de Ekkersrijt) is een Strickler coëfficiënt van $k_s=30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ aangehouden. Dit is in lijn met de aangehouden weerstanden in de studie van Haskoning (1).



Figuur 3-1 Overzicht aangeleverd model (EkkRD01.lit) en modeluitsnede (rood omcirkeld), het interessegebied is zwart omcirkeld.



Figuur 3-2 Overzicht randvoorwaarden

3.1.3 Verbetering 1D-model

In het 1D-model zijn onderstaande verbeteringen doorgevoerd.

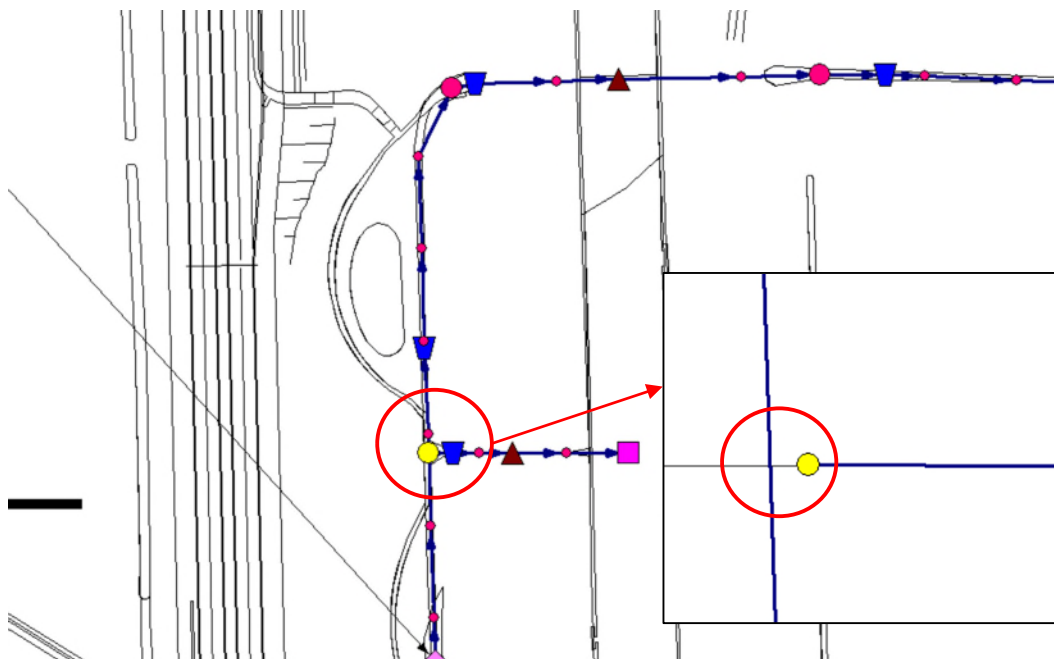
Kruising Ekkersrijt met Beatrixkanaal

De kruising van de Ekkersrijt met het Beatrixkanaal is in het aangeleverde Sobek-model geschematiseerd als één enkele leiding. Volgens de legger waterstaatswerken 2023 van het waterschap bevinden zich echter twee buizen op deze locatie, die beide operationeel zijn. Het 1D-model is hierop aangepast en sluit nu aan bij de gegevens uit de legger: twee rechthoekige buizen met een hoogte van 1,35 meter, een breedte van 2,50 meter en een lengte van 78,8 meter. De binnen onderkant buis (b.o.b) ligt bovenstrooms op NAP +15,07 meter en benedenstrooms op NAP +14,99 meter.

Overstort op Beatrixkanaal

De Ekkersrijt loost via duiker DSH0021713 op het Beatrixkanaal. In het aangeleverde model was deze duiker onjuist geschematiseerd. De volgende aanpassingen zijn doorgevoerd:

- Hoogtecorrectie duiker: De hoogte in het model EkkrD01.lit is aangepast conform de legger en veldobservaties (NAP +16,86 m);
- Aansluiting in 1D-model: De duiker is in het aangeleverde 1D model niet goed aangesloten op de Ekkersrijt (zie Figuur 3-3), deze verbinding is nu gecorrigeerd;
- Randvoorwaarde Beatrixkanaal: Voor het Beatrixkanaal is als randvoorwaarde een vaste waarde opgenomen van NAP +15,85 m. Dit ligt beduidend lager dan het peil in de Ekkersrijt. Hierdoor loost de Ekkersrijt ook bij lagere afvoeren op het kanaal. Het waterschap verwacht een nog lager peil (NAP +15,00 m tot +15,05 m), een verdere aanpassing is daarom niet nodig;
- Uitneembare schotten: In de modelschematisatie zijn geen uitneembare schotten opgenomen, in werkelijkheid zijn deze wel aanwezig. Enkel bij natte perioden worden deze schotten uitgenomen. Voor een T10 en T100 situatie worden de schotten niet gemodelleerd; bij een T1 situatie wel, de duiker voert dan dus geen water af.



Figuur 3-3: SOBEK schematisatie in basismodel voor de Ekkersrijt en de overstort naar het Beatrixkanaal

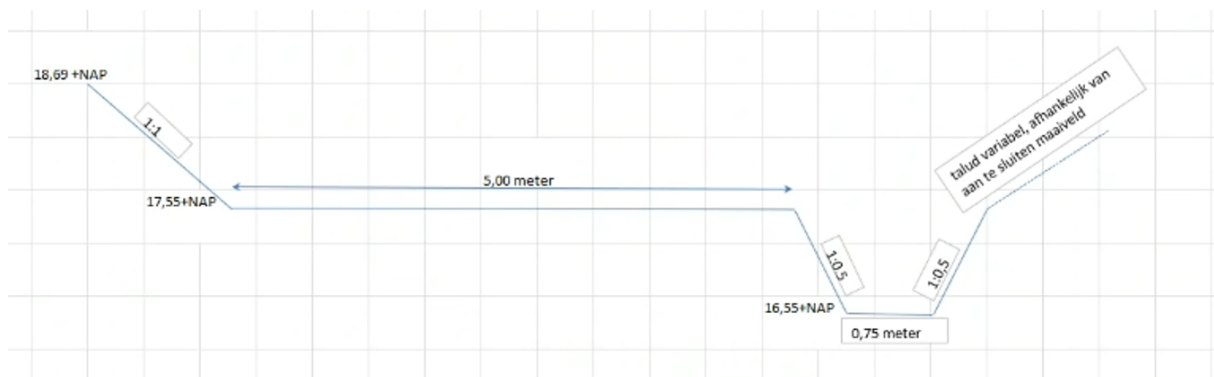
Meander Ekkersrijt

Het basismodel beschrijft de situatie van vóór 2021. Sindsdien is de wegstructuur aangepast en zijn zowel de ligging als het dwarsprofiel van de Ekkersrijt gewijzigd. Het model is voor dit gebied dus niet langer actueel.

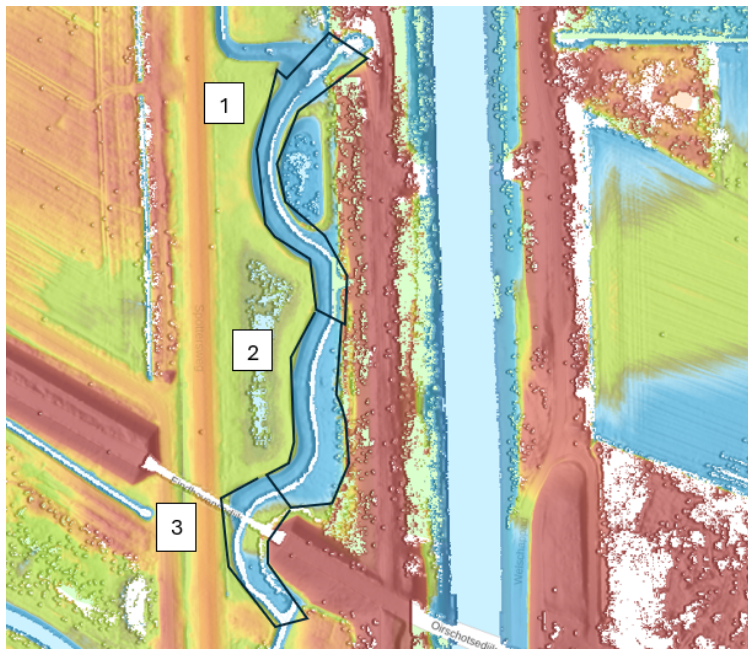
Voor het traject tussen de Landsardseweg en de kruising Ekkersrijt–Beatrixkanaal is het referentiemodel geactualiseerd op basis van de legger, AHN5 en het destijds door de gemeente Eindhoven (3) opgestelde ontwerp (zie Figuur 3-4). Omdat in de legger nog geen profielen voor dit deel van de Ekkersrijt zijn opgenomen, is het gemeentelijke ontwerp als uitgangspunt gebruikt. Dit profiel komt duidelijk overeen met de gegevens uit AHN5. Op basis van AHN5 (zie Figuur 3-5) is vastgesteld dat de meander grofweg in drie principeprofielen kan worden onderverdeeld:

- **Dwarsprofiel 1:** Onderhoudspad van circa 5 m breed aan de westzijde op een hoogte van NAP +17,55 m. Vanaf ca. NAP +18,30 inundeert het omliggende maaiveld;
- **Dwarsprofiel 2:** Onderhoudspad van circa 5 m breed aan de westzijde op een hoogte van NAP +17,55 m. De oostelijke oever is gemiddeld 8 m breed met een hoogte van gemiddeld NAP +17,90 m. Vanaf ca. NAP +18,30 inundeert het omliggende maaiveld;
- **Dwarsprofiel 3:** Geen onderhoudspaden. Vanaf ca. NAP +17,60 inundeert het omliggende maaiveld;

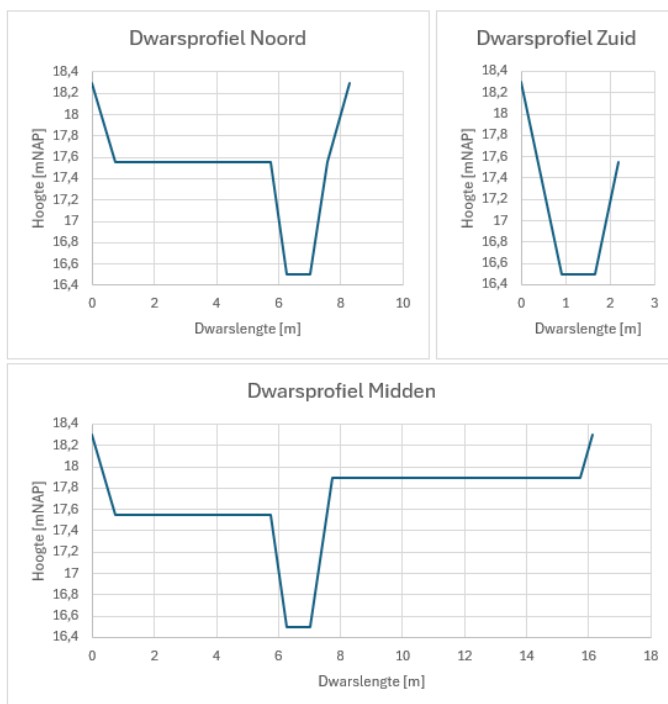
Deze profielen zijn opgenomen in het 1D-model (zie Figuur 3-6)



Figuur 3-4: Principe profiel zoals opgesteld door de gemeente Eindhoven



Figuur 3-5: Hoogtekaart en profielverdeling Ekkersrijt (bron: AHN5)



Figuur 3-6: Dwaarsprofielen zoals opgenomen in SOBEK

Waterberging ten zuiden van de Oirschotsedijk

In 2021 is in het kader van de vernieuwde wegenstructuur een waterberging aangelegd ten zuiden van de Oirschotsedijk. De berging is zichtbaar op de actuele hoogtekaart (zie Figuur 3-7). Afstromend wegwater wordt via een hemelwaterafvoer (HWA) naar de berging geleid, die specifiek is ingericht voor het opvangen van afstromend wegwater.

De berging loost via een stuw met doorlaat ($\varnothing$ 60 mm) rechtstreeks op de Ekkersrijt. De kruinhoogte van de stuw bedraagt NAP +18,40 m, wat aanzienlijk hoger ligt dan het reguliere peil in de Ekkersrijt.

In het 1D-model is de waterberging opgenomen als een “connection node with storage”. Deze knoop is via een stuw met kruinhoogte NAP +18,40 m gekoppeld aan de Ekkersrijt.



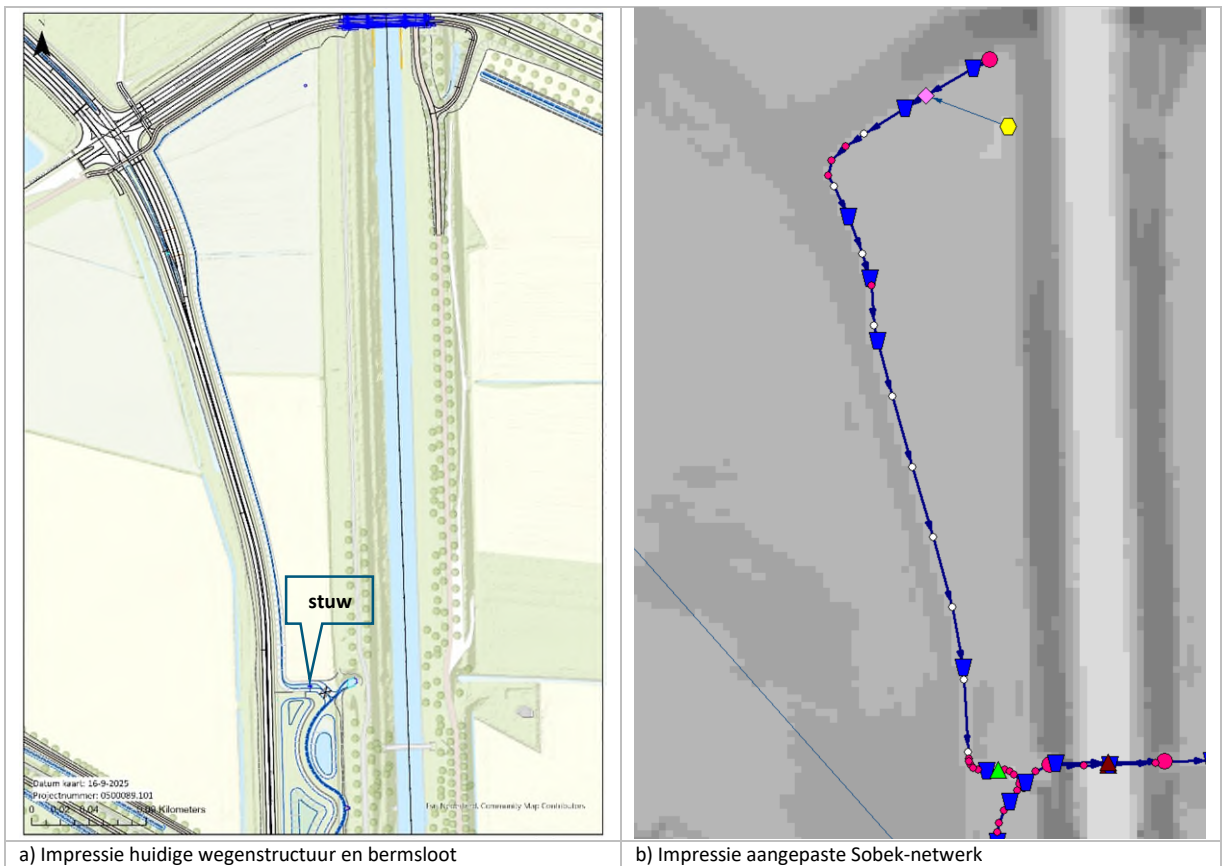
Figuur 3-7: Waterberging ten zuiden van de Oirschotsedijk (zwart omcirkeld).

Bermsloot langs Spottersweg en Dirk Noordhoflaan

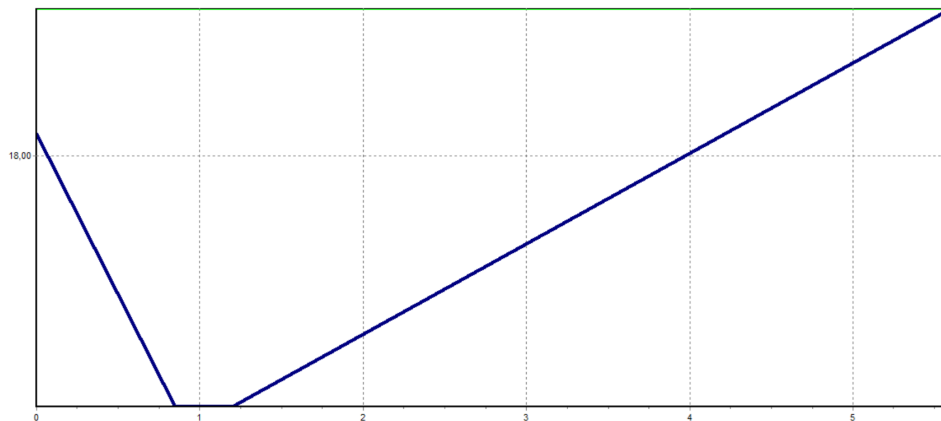
De bermsloot ten noorden van het punt waar de Ekkersrijt onder het Beatrixkanaal doorstroomt is niet opgenomen in de modelschematisatie van het basismodel (zie Figuur 3-8). Deze bermsloot is via een stuw, die een kruinhoogte van NAP +17,50 m heeft, verbonden met de Ekkersrijt.

Het naastgelegen maaiveld – de driehoek tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal – kan bij hoge waterstanden inunderen. De bermsloot speelt hierbij een belangrijke rol: het water stroomt eerst in de bermsloot en treedt pas daarna buiten de oevers. Wanneer dit proces uitsluitend in het 2D-grid wordt gemodelleerd, wordt de werkelijke situatie onvoldoende benaderd.

Om dit correct te simuleren, is de bermsloot toegevoegd aan het model (zie Figuur 3-9). De profielen en afmetingen van de stuw zijn overgenomen uit de ontwerpdocumenten van de gemeente Eindhoven (3).



Figuur 3-8: Toegevoegde sloot langs spottersweg



Figuur 3-9: Principeprofiel bermsloot

3.1.4 Neerslag-afvoer model

De neerslag afvoer knopen en links van het EkkRD01.lit model zijn in hoofdlijnen één op één overgenomen in het referentie model. Omdat de nieuwe wegenstructuur van de Spottersweg nog niet in het basismodel was opgenomen, is deze als extra verharding opgenomen in verharde knopen. Daarnaast is een laterale toevoer opgenomen voor de ruimtelijke ontwikkeling van Westfield. Hierbij is uitgegaan dat gedurende een T100 bui er ca. 1.000 m³ naar de bermsloot langs de Spottersweg stroomt.

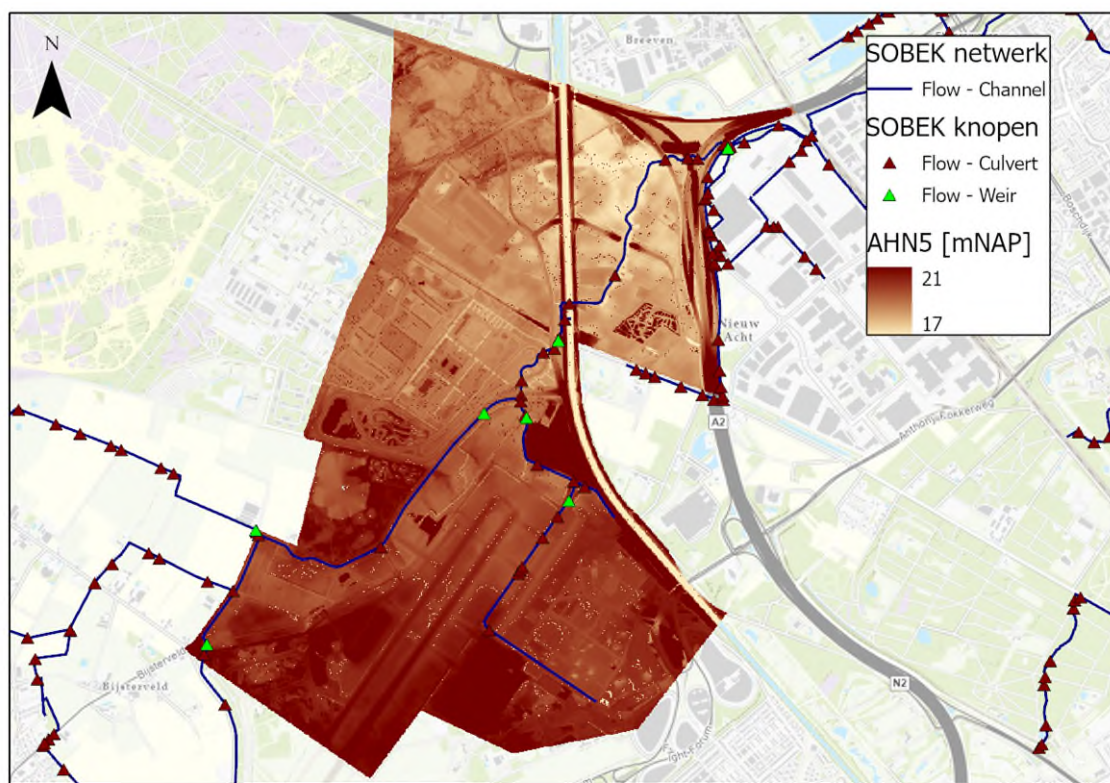
3.1.5 Verbetering 2D-model

Hoogtegrid

Het hoogtegrid in het basismodel is niet meer actueel en heeft een resolutie van 25×25 m. Voor de actualisatie is gebruik gemaakt van de meest recente versie van het AHN (AHN5), hierbij is een fijnere resolutie van 5×5 m toegepast. Er is een uitsnede van het hoogtegrid gemaakt op basis van een initiële modelsimulatie voor een T100-afvoersituatie. De uitsnede is zodanig gekozen dat inundaties bij een T100-situatie ruim binnen het geselecteerde gebied vallen, zodat er geen bergingscapaciteit verloren gaat.

Binnen SOBEK wordt ter plaatse van knooppunten in het 1D netwerk een correctie uitgevoerd op het 2D grid. Het hoogtegrid wordt aangepast om dubbelingen in berging te voorkomen. Ter plaatse van de meandering van de Ekkersrijt is een breed profiel opgenomen in het 1D, het dwarsprofiel is hier gelijk of breder dan de celgrootte van het hoogtegrid. Om te voorkomen dat het model op dezelfde locatie zowel in 1D als in 2D berging toekent (wat fysiek niet mogelijk is), is het maaiveld binnen de meanderzone (zie Figuur 3-7, zwarte contour) opgehoogd naar NAP +18,30 m.

Het hoogtegrid is weergegeven in Figuur 3-10.



Figuur 3-10: Hoogtegrid referentiesituatie en indicatie inundatie bij een T100 situatie (bron: AHN5)

Ruwheidsgrid

Het ruwheidsgrid is opnieuw opgebouwd om aan te sluiten bij het geactualiseerde hoogtegrid. Voor de bepaling van de ruwheid is gebruikgemaakt van de landgebruikkaart LGN2024. Aan de hand van een koppeltabel is het landgebruik vertaald naar Nikuradse-ruwheidswaarden. Deze koppeltabel is opgenomen in Bijlage 1. Bij de modellering is uitgegaan van een wintersituatie, waarbij lagere ruwheidswaarden gelden dan in de zomer, vanwege de beperkte vegetatie in deze periode. Het ruwheidsgrid is geprojecteerd op een raster met een resolutie van 5×5 m.

Koppeling 1D / 2D

In SOBEK wordt via de instellingen bepaald wanneer het 2D-grid inundeert. In de basis zijn er twee benaderingen:

1. 2D-grid bepalend: Inundatie treedt op zodra de waterstand in het 1D-netwerk hoger is dan het maaiveldniveau van de betreffende 2D-cel.
2. Dwarsprofiel bepalend: Inundatie vindt pas plaats wanneer de waterstand in het 1D-netwerk boven het dwarsprofiel van de watergang uitkomt. Pas daarna kan water naar het 2D-grid stromen, mits de waterstand ook hoger is dan het maaiveld van de gridcel.

In het basismodel is de optie “Assume no embankments” geselecteerd. Dit betekent dat de hoogteligging van het 2D-grid bepalend is wanneer inundatie optreedt. Uit de eerdere studie van Haskoning (1) bleek echter dat de instelling “Assume lowest embankments” beter aansluit bij de werkelijke situatie in dit gebied. Deze instelling is daarom ook in de huidige modellering toegepast.

Concreet houdt dit in dat een watergang uit het 1D-netwerk overstroomt naar het 2D-grid zodra de waterstand hoger is dan één van beide zijkanten van het 1D-profiel.

3.2 Basisscenario: uitbreiden wegstructuur BIC Noord

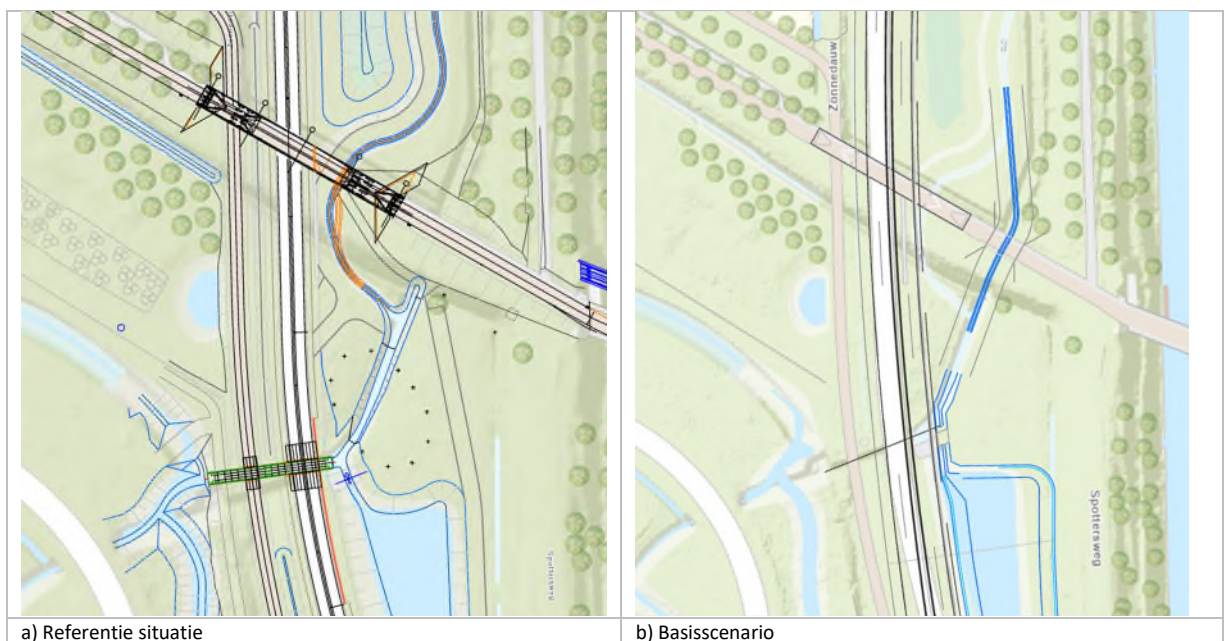
De voorgenomen aanpassingen aan de wegenstructuur en het watersysteem zijn beschreven in paragraaf 2.2. Hieronder is toegelicht hoe deze wijzigingen zijn verwerkt in het SOBEK-model.

Hoogtegrid

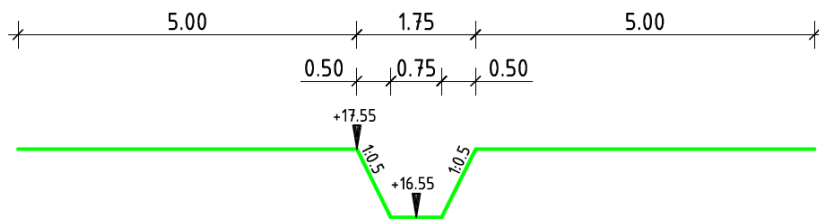
Het wegontwerp is in 3D opgesteld en geëxporteerd naar een rasterbestand dat aansluit op het AHN5. Op basis hiervan is het bestaande hoogtegrid (oorspronkelijk gebaseerd op AHN5) aangepast.

Meander Ekkersrijt

Ter hoogte van de Oirschotsedijk wijzigen zowel de ligging als het profiel van de Ekkersrijt. Het nieuwe tracé van de beek is weergegeven in Figuur 3-11. Het aangepaste profiel in het 1D-model is weergegeven in Figuur 3-12. Om te voorkomen dat in de modelberekeningen sprake is van dubbele berging, is in het hoogtegrid van het 2D-model de maaiveldhoogte ter plaatse van zowel het oude als het nieuwe beekprofiel opgehoogd tot NAP +18,30 m (zie ook paragraaf 0).



Figuur 3-11: Aanpassingen aan de meander



Figuur 3-12: Principeprofiel Ekkersrijt ter hoogte van Oirschotsedijk

Waterberging ten zuiden van de Oirschotsedijk

Deze waterberging is in het 1D-model opgenomen als bergingsknoop. De parameters zijn aangepast conform het nieuwe ontwerp.

Neerslag-afvoer model

De toename van verhard oppervlak door het nieuwe wegontwerp is verwerkt in de RR-module. De extra afvoer is verdeeld over de bestaande knopen langs de Ekkersrijt.

Bermsloot langs Spottersweg en Dirk Noordhoflaan

De huidige bermsloot is verwijderd uit het model, aangezien deze gedempt wordt in het ontwerp.

De twee nieuwe bergingsvoorzieningen zijn zowel in het 1D als het 2D model opgenomen. In het 1D model is een relatief smalle watergang opgenomen met een waterdiepte van 0,2 m. Deze watergang heeft een stromende functie vanuit de Ekkersrijt. Halverwege is een duiker opgenomen van rond 500 mm, b.o.b. NAP +17,50 m en een weerstand van $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. De bergende capaciteit van dit gebied is hoofdzakelijk opgenomen in het 2D model.

4. Modelresultaten

In dit hoofdstuk zijn de modelresultaten weergegeven voor zowel de referentiesituatie als het basisscenario. Het basisscenario betreft hierbij het voorgestelde wegontwerp. In het volgende hoofdstuk zijn de effecten en mogelijke oplossingsrichtingen beschreven en doorgerekend.

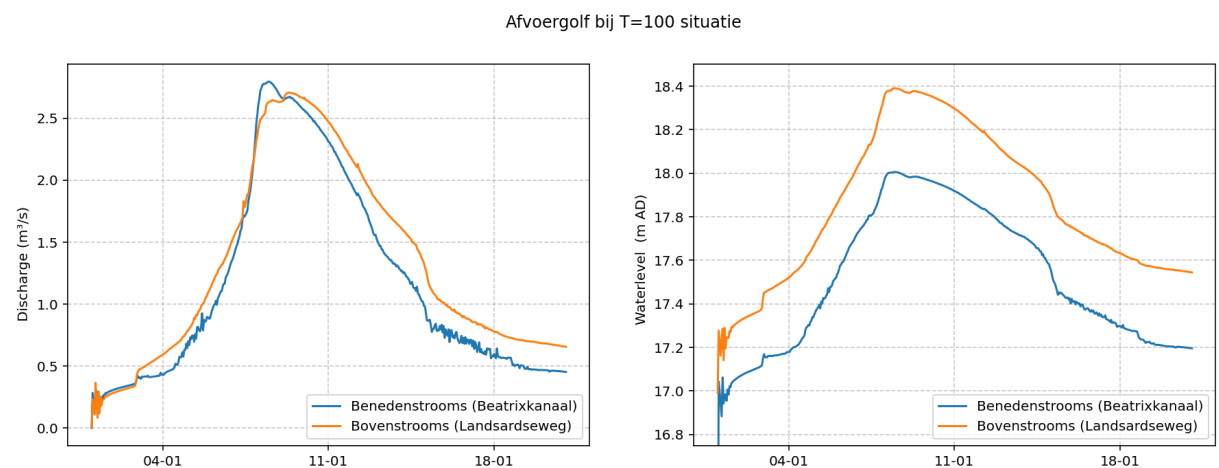
4.1 Referentiesituatie

4.1.1 Scenario T100

Afvoergolf en waterstanden

Bij de opgelegde T100-bui valt in totaal 77 mm neerslag in een periode van 20 dagen. Het piekmoment treedt op dag 8, waarbij de afvoer in de Ekkersrijt oploopt tot circa 2,8 m³/s. Deze piek is duidelijk zichtbaar in het tijdsverloop van het debiet en de waterstanden in de Ekkersrijt (zie Figuur 4-1). Op het moment van de piek bedraagt het verhang in de Ekkersrijt binnen het interessegebied circa 0,53 m/km.

De afvoergolf zorgt ook voor een oplopende waterstand zowel boven- als benedenstrooms. De waterstand bovenstrooms loopt op tot NAP 18,40 m in een T100 situatie. Een samenvatting van de maximaal optredende waterstanden is opgenomen in Tabel 4-1.



Figuur 4-1: Debieten (links) en waterstanden (rechts) bij een T100-bui.

Tabel 4-1 Maximale waterstanden referentiesituatie bij een neerslaggebeurtenis met een herhalingsjijd van eens in de 100 jaar

Locatie	ID node	Waterstand (m NAP)
Bovenstrooms (Landsardseweg)	FXCLCONN4680	NAP +18,40 m
Benedenstrooms (Beatrixkanaal)	FXCLCalc_riv_ER1_11_75	NAP +18,01 m

Validatie

Het waterschap heeft een meetreeks verstrekt van een monitoringspunt net bovenstrooms van de sifon onder de Ekkersrijt (zie Bijlage 2). De meetperiode loopt van 2018 tot en met 2025. De hoogste gemeten waterstand in deze periode bedroeg NAP +17,91 m, gemeten aan het begin van 2024. Deze periode werd gekenmerkt door uitzonderlijk natte omstandigheden, wat duidt op een benadering van een T100 situatie. Het referentiemodel berekent voor T100 op deze locatie een waarde van NAP +18,01 m. Dit sluit dus goed aan bij de gemeten waterstanden.



Inundatie

De locaties waar volgens het referentiemodel bij een T100-neerslaggebeurtenis (huidig klimaat) inundaties optreden, zijn weergegeven in Figuur 4-2. De linker figuur toont de maximale inundatiediepte. De rechter figuur is dezelfde plot, maar de inundatie is met één kleur aangegeven, en de figuur is aangevuld met inundatiegebieden zoals opgenomen in de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant.

Uit de figuur blijkt dat in de referentiesituatie inundatie optreedt in het terrein tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal (1). Wanneer de waterstand in de Ekkersrijt het niveau van NAP +17,5 m bereikt, stroomt water vanuit de Ekkersrijt de aangrenzende bermsloot in. Vanuit deze bermsloot treedt het water vervolgens buiten de oevers, waardoor het naastgelegen maaiveld onder water komt te staan. In deze driehoek wordt in de referentie situatie ruim 7.000 m³ water geborgen.

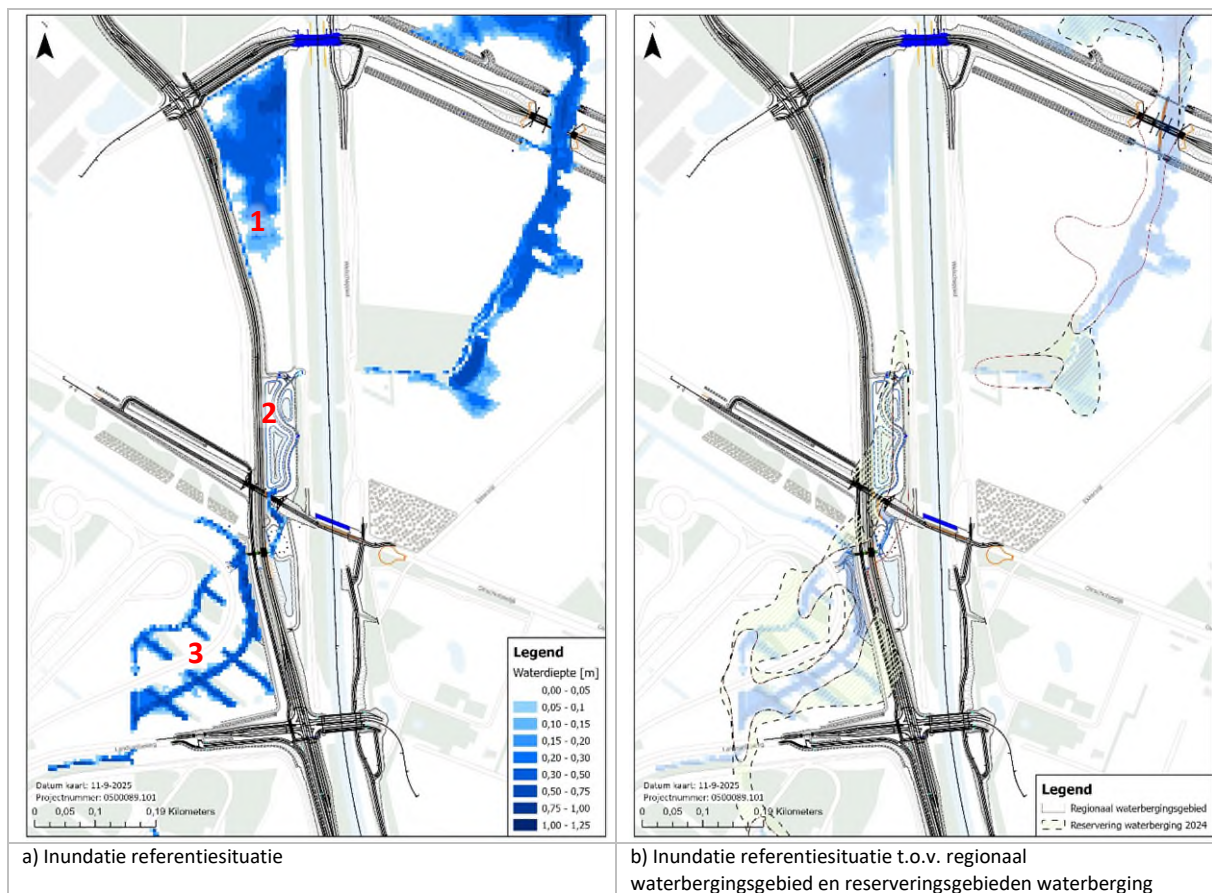
Dit gebied vervult momenteel een dubbele functie: enerzijds dient het als waterberging ter compensatie van de toename in verhard oppervlak, anderzijds functioneert het als regionale berging. In de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant is het gebied echter niet aangewezen als regionaal waterbergingsgebied of als reserveringsgebied voor waterberging.

Binnen het meandergebied (2) bestaat de Ekkersrijt uit een smalle, diepere, watergang met een aangrenzend onderhoudspad. Het onderhoudspad inundeert volledig, maar er is geen inundatie op maaiveld berekend, aangezien dit zich op NAP +18,30 m of hoger bevindt. Het uittreden van water blijft hier beperkt tot het onderhoudspad.

In het terrein boven de Landsardseweg en ten westen van de Spottersweg (3) is inundatie berekend. Deze gebieden vallen samen met bestaande waterlopen welke niet zijn opgenomen in het 1D SOBEK-model. Wel treedt het water van de watergangen enigszins buiten hun oevers, dit sluit aan bij het feit dat dit gebied is opgenomen als regionaal waterbergingsgebied en reserveringsgebied voor waterberging.

De berekende inundatie in dit model is kleiner dan in het model van Haskoning, hoewel in beide modellen dezelfde buien zijn toegepast. Het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door de benedenstroomse randvoorwaarde ter hoogte van de kruising met de A2. In het model van Haskoning is daar een hogere waterstand berekend, wat vooral doorwerkt in het gebied benedenstrooms van het Beatrixkanaal en in mindere mate ook bovenstrooms. Daarnaast is in het model van deze studie de meandering van de Ekkersrijt meegenomen, terwijl deze in het model van Haskoning ontbreekt. Dit heeft aanzienlijke invloed op zowel de doorstroomcapaciteit als de bergingscapaciteit.





Figuur 4-2 Berekend maximale inundatie bij een T100-bui

4.1.2 Scenario T10 en T1

Afvoergolf en waterstanden

Bij de opgelegde T10-bui valt in totaal 68,4 mm neerslag in een periode van 20 dagen. Het piekmoment treedt, net als bij de T100-bui, op dag 8 op, waarbij de afvoer in de Ekkersrijt oploopt tot circa 2,35 m³/s.

Bij de T1-bui valt in totaal 30,4 mm neerslag in een periode van 20 dagen. Ook hier treedt het piekmoment op dag 8 op, waarbij de afvoer in de Ekkersrijt oploopt tot circa 1,51 m³/s.

De afvoergolven in beide scenario's veroorzaken een verhoging van de waterstanden, zowel bovenstrooms als benedenstrooms. Een overzicht van de maximaal berekende waterstanden is weergegeven in Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Maximale waterstanden referentiesituatie

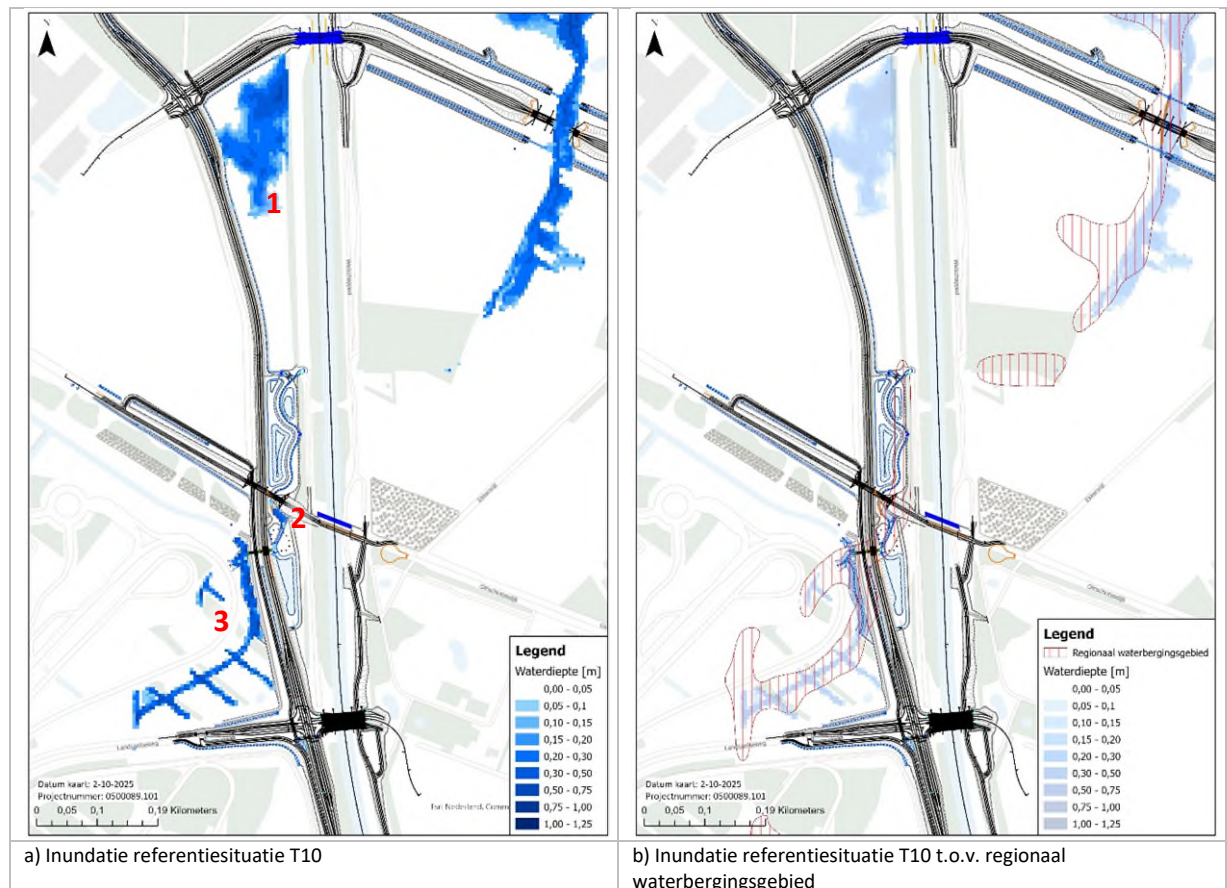
Locatie	ID node	T10-bui Waterstand (m NAP)	T1-bui Waterstand (m NAP)
Bovenstrooms (Landsardseweg)	FXCLCONN4680	NAP +18,22 m	NAP +18,0 m
Benedenstrooms (Beatrixkanaal)	FXCLCalc_riv_ER1_11_75	NAP +17,87 m	NAP +17,76 m

Inundatie

De locaties waar volgens het referentiemodel bij een T10-neerslaggebeurtenis (huidig klimaat) inundaties optreden, zijn weergegeven in Figuur 4-3. De linker figuur toont de maximale inundatiediepte, terwijl de rechter figuur dezelfde situatie weergeeft met een uniforme kleur en het regionale waterbergingsgebied zoals opgenomen in de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant. Uit de resultaten blijkt dat binnen de referentiesituatie inundatie optreedt op verschillende locaties. Deze komen grotendeels overeen met de inundatiegebieden die ook bij de T100-bui zijn berekend (zie §4.1.1), zij het met geringere waterdiepten.

In het terrein tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal (1) wordt in de referentiesituatie circa 3.800 m³ water geborgen. Dit gebied vervult bij een T10-bui een dubbele functie: enerzijds dient het als compensatie voor toegenomen verhard oppervlak, anderzijds functioneert het als regionale berging. In de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant is dit gebied echter niet formeel aangewezen als regionaal waterbergingsgebied.

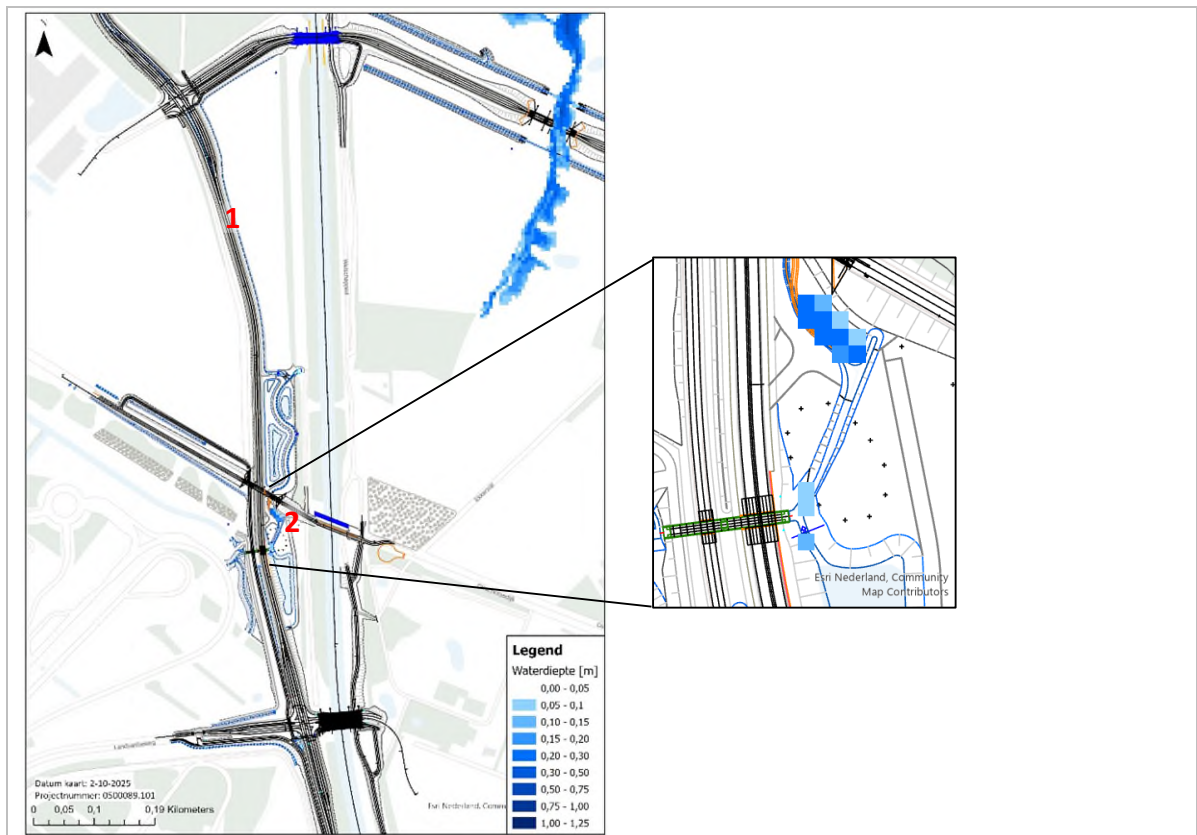
Daarnaast treedt inundatie op in delen van de meander (2). Deze vindt voornamelijk plaats binnen het onderhoudspad; er is geen sprake van inundatie op maaiveld. Ook in het gebied ten noorden van de Landsardseweg en ten westen van de Spottersweg treedt inundatie op (3). Het ruimtelijke patroon komt overeen met dat van de T100-bui, maar de berekende waterdiepten zijn geringer.



Figuur 4-3 Berekend maximale inundatie bij een T10-bui

De locaties waar volgens het referentiemodel bij een T1-neerslaggebeurtenis (huidig klimaat) inundaties optreden, zijn weergegeven in Figuur 4-4. Voor dit scenario zijn geen aanvullende inundatiegebieden opgenomen in de Omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant.

Uit de resultaten blijkt dat tijdens een T1-bui geen inundatie optreedt in het terrein tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal (1). Wel stroomt, net als bij de andere scenario's, water vanuit de Ekkersrijt de bermloot in. Binnen het meandergebied treedt beperkte inundatie op (2), voornamelijk binnen de onderhoudspaden. Er is geen inundatie op maaiveld berekend.



Figuur 4-4 Berekend maximale inundatie bij een T1-bui

4.1.3 Conclusie

De berekende waterstanden en het inundatiebeeld sluiten aan bij de verwachtingen. Opvallend is de hoek tussen Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal. Hier vindt inundatie plaats, terwijl dit gebied niet is aangewezen als regionaal waterbergingsgebied en/of reserveringsgebied voor waterberging.

4.2 Basisscenario: uitbreiden wegstructuur BIC Noord

4.2.1 Scenario T100

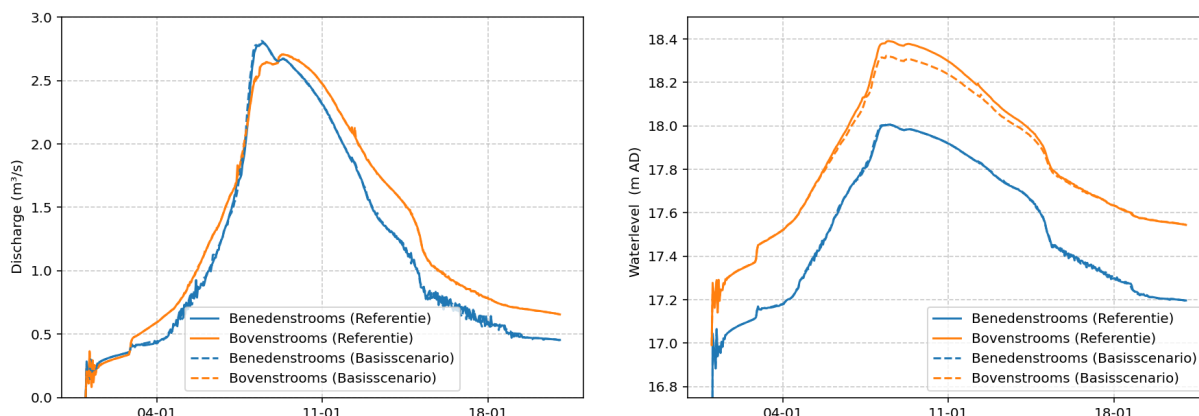
Afvoergolf en waterstanden

Uit de berekeningen blijkt dat tijdens piekmomenten de waterstand bovenstrooms met circa 9 cm afneemt ten opzichte van de huidige situatie. Ter hoogte van de sifon onder het Beatrixkanaal zijn geen significante veranderingen vastgesteld. Een samenvatting van de maximaal optredende waterstanden is opgenomen in Tabel 4-3.

Tabel 4-3 Maximale waterstanden bij een neerslaggebeurtenis met een herhalingsijd van eens in de 100 jaar

Locatie	ID node	Piekwaterstand (m NAP)	Verskil tussen basis scenario en referentie scenario
Bovenstrooms (Landsardseweg)	FXCLCONN4680	NAP +18,31 m	-9 cm
Benedenstrooms (Beatrixkanaal)	FXCLCalc_riv_ER1_11_75	NAP +18,01 m	0 cm

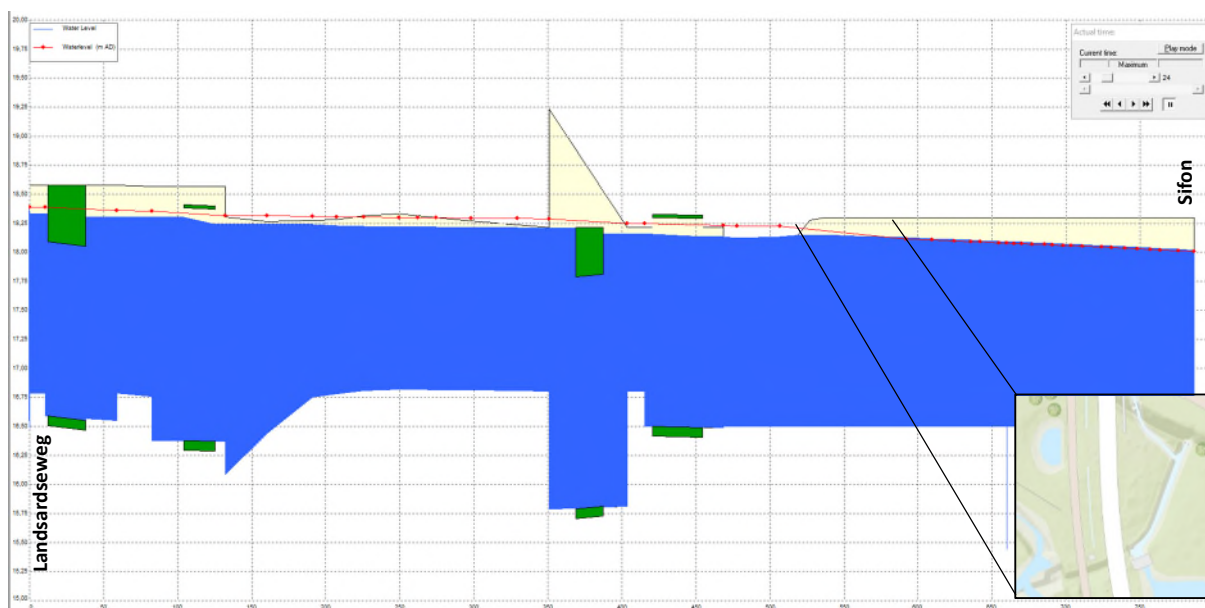
Afvoergolf bij T=100 situatie



Figuur 4-5: Debieten (links) en waterstanden (rechts) bij een T100-bui voor het referentiescenario en het basisscenario.

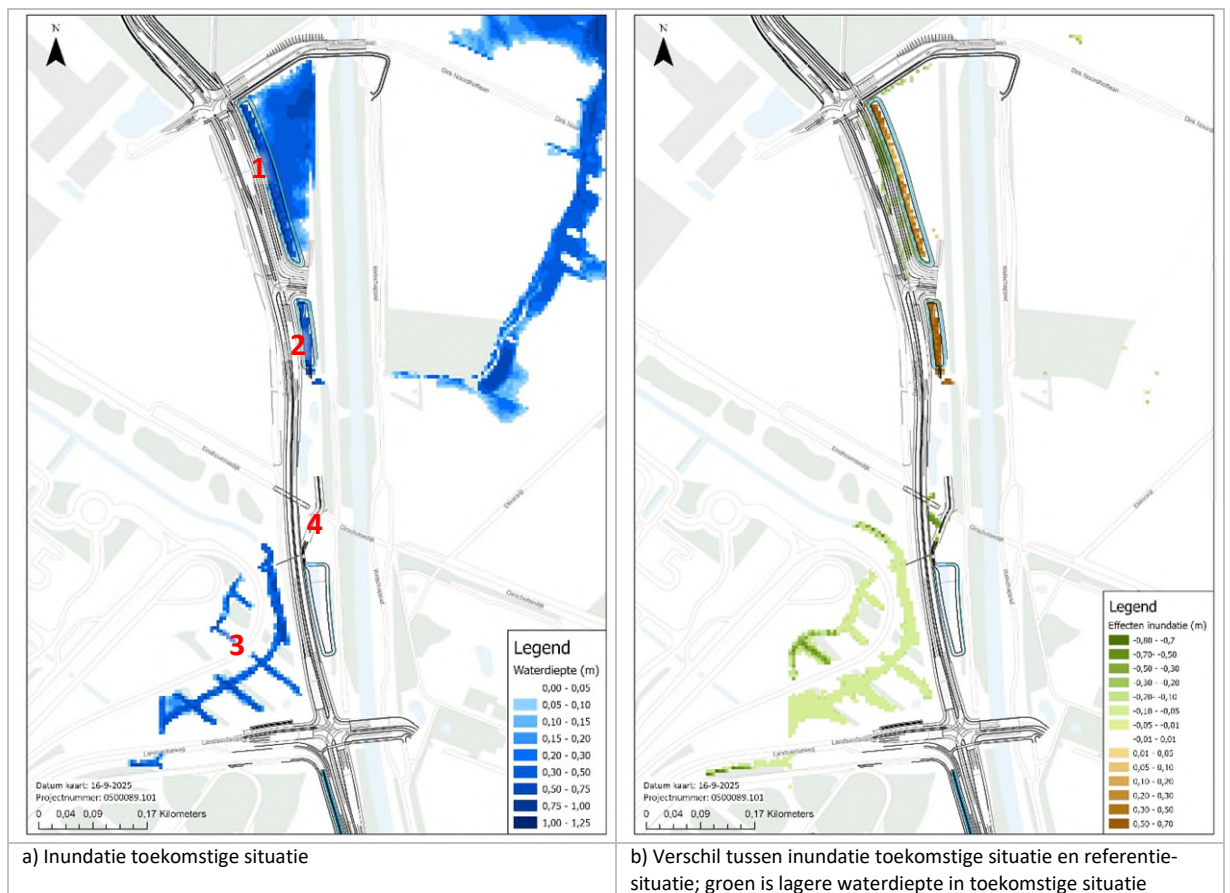
Lengteprofiel

In Figuur 4-4 is het lengteprofiel weergegeven van de berekende maximale waterstanden tussen de Landsardseweg en de sifon onder het Beatrixkanaal. Hierbij zijn zowel de referentiesituatie (rode lijn) als het basisscenario (blauwe vlak) weergegeven. Tussen de sifon onder het Beatrixkanaal en de Oirschotsedijk zit er geen verschil in waterstanden tussen de referentiesituatie en het basisscenario. Ter plaatse van de Oirschotsedijk is in de referentiesituatie sprake van een vernauwing in het doorstroomprofiel, dit zorgt voor enige opstuwing. In het basisscenario wordt de Ekkersrijt hier verlegd met een ruimer doorstroomprofiel. Door deze aanpassing neemt de opstuwing af en verbetert de doorstroming, dit leidt tot minder opstuwing.

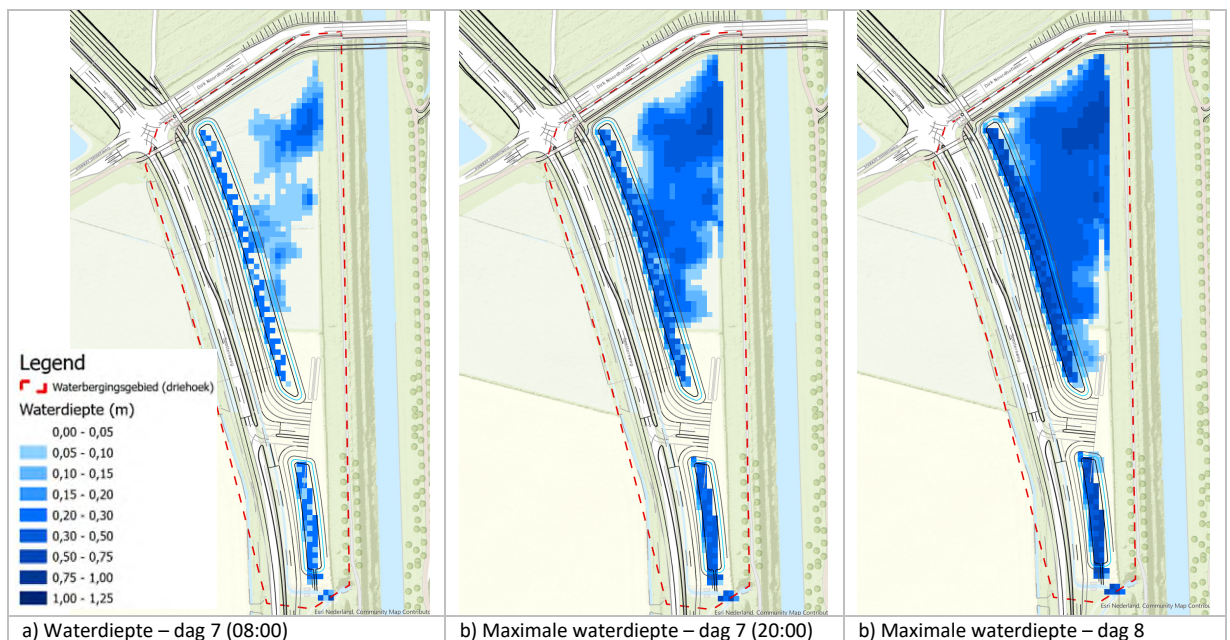


Figuur 4-6 Lengteprofiel van de waterpeilen in de toekomstige situatie (blauw vlak) ten opzichte van de referentiesituatie (rode lijn), gemeten over het traject tussen de Landsardseweg en de sifon onder het Beatrixkanaal.

Om de dubbele functie van het gebied tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal te behouden, is in het ontwerp een duiker met een diameter van 500 mm opgenomen. Deze duiker maakt het mogelijk dat bij hoog water in de Ekkersrijt ook het noordelijk deel van de berging ingezet kan worden. Uit de modelberekeningen blijkt dat tijdens de eerste dagen van de neerslaggebeurtenis de stuw de versnelde afvoer vanaf het verhard oppervlak tijdelijk vasthoudt. Tijdens deze fase kan infiltratie plaatsvinden in de bergingsvoorziening. Wanneer het waterpeil in de Ekkersrijt boven de stuwkruin uitkomt, stroomt er water vanuit de Ekkersrijt naar de waterbergingsvoorzieningen. Door de beperkte diameter van de duiker (rond 500 mm) ontstaat er enige opstuwing van ca. 5 cm ter plaatse van de duiker.



Figuur 4-8 Berekend maximale inundatie bij een T100-bui (links) en verwachte effecten op waterdiepte (rechts)



Figuur 4-9 Inundatiegebieden in het terrein tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal.

Conclusie

Het voorgestelde ontwerp heeft in het traject tussen de sifon en de geplande fietsbrug (omgeving van Oirschotsdijk) een neutraal effect op de waterstanden. Stroomopwaarts van de fietsbrug zorgt de voorgestelde herinrichting van de Ekkersrijt voor een lichte verlaging van de waterstanden van ca. 9 cm ten opzichte van de huidige situatie, wat als een gunstig effect wordt beschouwd.

Op basis van de uitgevoerde berekeningen wordt geconcludeerd dat het VO-ontwerp geen verslechtering van de waterhuishouding veroorzaakt tijdens een neerslaggebeurtenis met een herhalingstijd van 100 jaar (T100). Daarmee voldoet het ontwerp aan de gestelde randvoorwaarden en draagt het bij aan een robuuste en toekomstbestendige waterhuishouding in het plangebied.

Hoewel aanvullende mitigerende maatregelen vanuit hydrologie niet noodzakelijk zijn, biedt het ontwerp wel ruimte om de bergingscapaciteit verder te vergroten. In hoofdstuk 5 zijn optimalisatievoorstellen gedaan die bijdragen aan een verdere vergroting van de bergingscapaciteit.

4.2.2 Scenario T10 en T1

Afvoergolf en waterstanden

Uit de berekeningen blijkt dat tijdens de piekmomenten van de neerslaggebeurtenissen de waterstand bovenstrooms ter hoogte van de Landsardseweg afneemt ten opzichte van de huidige situatie. Ter hoogte van de sifon onder het Beatrixkanaal zijn geen significante veranderingen in waterstanden vastgesteld.

Een samenvatting van de maximaal berekende waterstanden per neerslaggebeurtenis is opgenomen in Tabel 4-4.

Tabel 4-4 Maximale waterstanden bij een neerslaggebeurtenis met een herhalingstijd van eens in de 10 jaar en eens in de 1 jaar

Locatie	ID node	T10-bui		T1-bui	
		Piekwaterstand (m NAP)	Vershil tussen basis scenario en referentie scenario	Piekwaterstand (m NAP)	Vershil tussen basis scenario en referentie scenario
Bovenstrooms (Landsardseweg)	FXCLCONN4680	NAP +18,17 m	-4 cm	NAP +17,97 m	-3 cm
Benedenstrooms (Beatrixkanaal)	FXCLCalc_riv_ER1_1_75	NAP +17,87 m	0 cm	NAP +17,76 m	0 cm

Zoals beschreven in §4.2.1 sectie “lengteprofiel” is in de referentiesituatie ter plaatse van de Oirschotsedijk sprake van een vernauwing in het doorstroomprofiel. Deze vernauwing veroorzaakt een lichte opstuwung in de Ekkersrijt. In het basisscenario wordt de Ekkersrijt in dit traject verlegd en voorzien van een ruimer doorstroomprofiel. Deze aanpassing zorgt in beide scenario’s (T10 en T1) voor een verbeterde doorstroming, waardoor de opstuwung afneemt en de waterstanden dalen.

Waterberging bij Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal

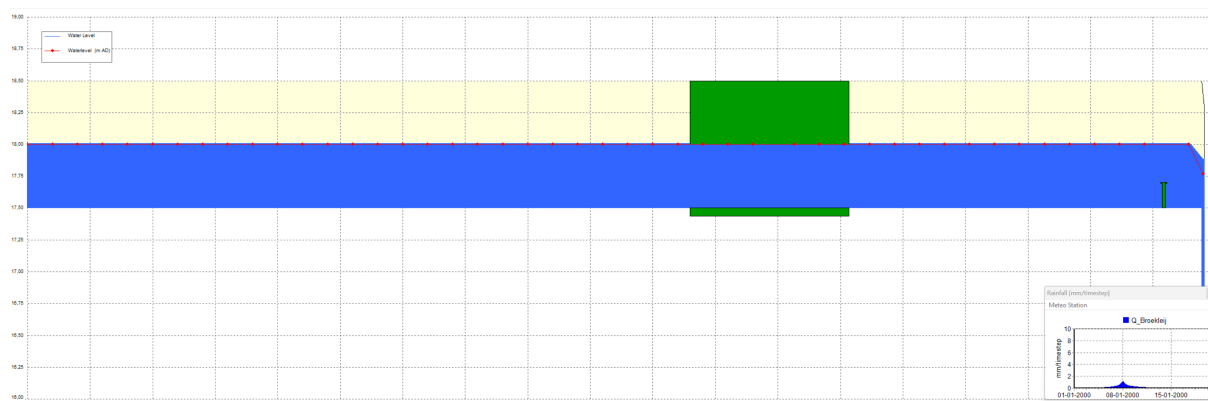
Uit de modelberekeningen blijkt dat tijdens de eerste dagen van de neerslaggebeurtenis de stuw de versnelde afvoer van het verhard oppervlak tijdelijk vasthoudt binnen de voorgestelde waterbergingsvoorzieningen.

Wanneer het waterpeil in de Ekkersrijt boven de stuwkruin uitkomt, stroomt er water vanuit de Ekkersrijt naar de waterbergingsvoorzieningen.

In beide scenario’s (T10 en T1) is zichtbaar dat de duiker met een diameter van circa 500 mm relatief klein is, waardoor enige opstuwung optreedt. De duiker staat in beide gevallen volledig onder water, waardoor in de noordelijke en zuidelijke delen van het bergingsgebied een gelijk peil ontstaat van ongeveer NAP +18,00 m. Ondanks de beperkte diameter heeft de duiker voldoende capaciteit om het noordelijk deel tijdig in te zetten als waterberging.

Het lengteprofiel van de berekende waterstanden bij een T10- en T1-neerslaggebeurtenis is weergegeven in Figuur 4-7. De blauwe vlak toont de berekende waterstanden bij een T10- neerslaggebeurtenis en de rode lijn geeft de resultaten bij een T1- neerslaggebeurtenis. Uit het lengteprofiel blijkt dat er geen significant verschil is tussen de berekende waterstanden in beide scenario’s. Het grootste verschil betreft het ruimtebeslag en de diepte van het inundatiegebied.





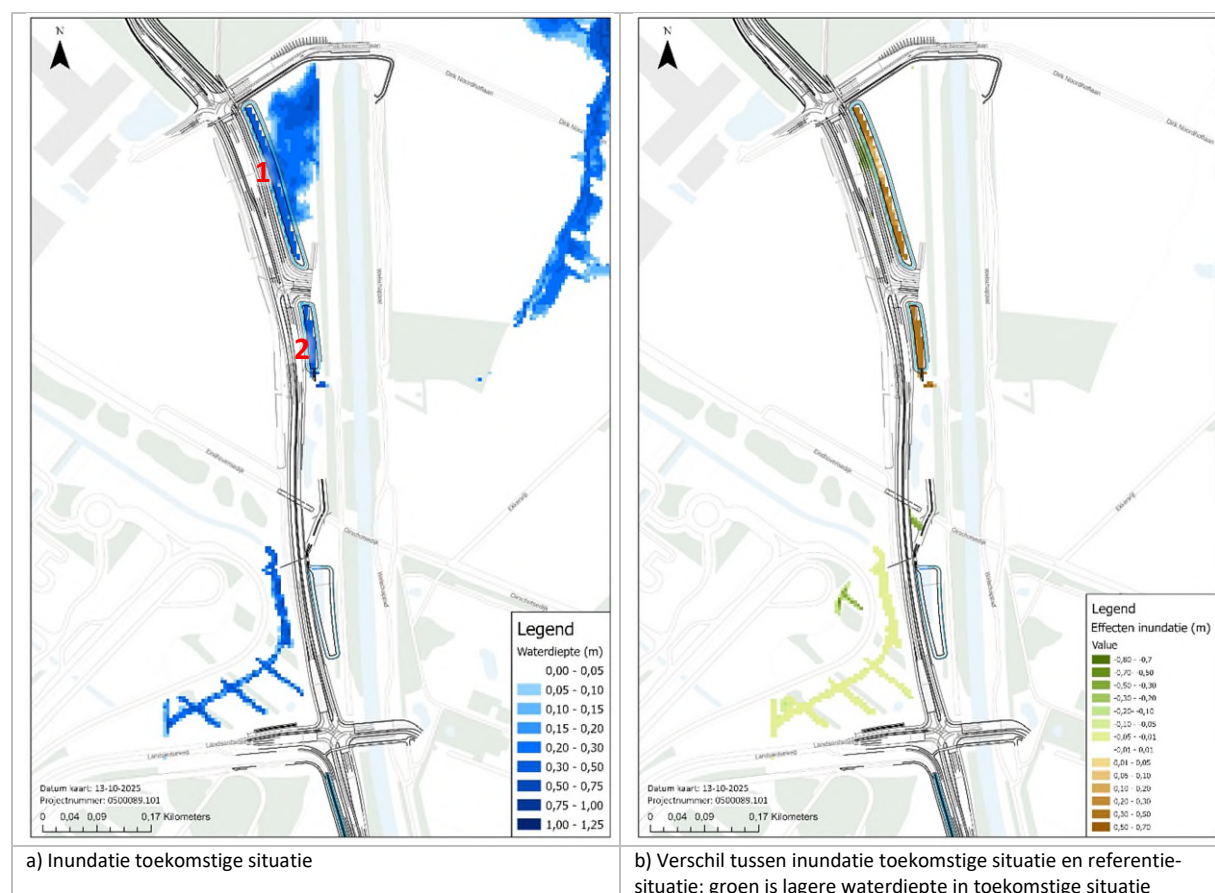
Figuur 4-10 Lengteprofiel van de berekende waterstanden langs het voorgestelde waterbergingsgebied bij T10 (blauw vlak) ten opzichte van de berekende waterstanden bij T1 (rode lijn).

Inundatie

De locaties waar bij het basisscenario bij een T10-neerslaggebeurtenis (huidig klimaat) inundaties optreden, zijn weergegeven in Figuur 4-11. De linkerfiguur toont de maximale inundatiediepte, terwijl de rechterfiguur het verschil in waterstanden weergeeft tussen het basisscenario en de referentiesituatie.

De berekende inundatiegebieden komen in hoofdlijnen overeen met de resultaten van de T100 scenario. De belangrijkste afwijking betreft de lagere berekende waterdiepten bij een T10, wat in lijn is met de verwachte kleinere neerslagintensiteit.

Binnen het zogenoemde driehoekgebied is in het basisscenario een bergingscapaciteit van circa 3.800 m³ beschikbaar bij een T10-situatie. Door de aanleg van de voorgestelde waterbergingsvoorzieningen neemt de totale capaciteit toe met ongeveer 1.100 m³. Deze extra berging is noodzakelijk als compensatie voor de toename van verhard oppervlak in het plangebied.



Figuur 4-11 Berekend maximale inundatie bij een T10-bui (links) en verwachte effecten op waterdiepte (rechts)

De locaties waar bij het basisscenario bij een T1-neerslaggebeurtenis (huidig klimaat) inundaties optreden, zijn weergegeven in Figuur 4-12. In de referentie situatie treedt bij T1 geen inundatie op. Uit de modelberekening blijkt echter dat in het basisscenario inundatie optreedt in het gebied tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal.

Binnen de waterbergingsvoorzieningen wordt een maximale waterdiepte van circa 0,30 m berekend, terwijl in het laagste deel van het inundatiegebied een maximale diepte van circa 0,40 m wordt bereikt. Deze berekeningen zijn uitgevoerd op basis van het huidige maaiveld, zonder aanpassingen in hoogte of inrichting.

In de overige delen van het onderzoeksgebied treedt geen inundatie op bij een T1-neerslaggebeurtenis. Dit betekent dat er in vergelijking met de referentiesituatie geen merkbare verandering optreedt buiten het waterbergingsgebied.



a) Inundatie toekomstige situatie

Figuur 4-12 Berekend maximale inundatie bij een T1-bui.

4.2.3 Conclusie

De voorgestelde aanpassingen in het watersysteem bestaan hoofdzakelijk uit het verleggen van de watergang, het verruimen van de Ekkersrijt ter hoogte van de Oirschotsedijk en het aanpassen van het bergingsregime in het gebied tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal.

Uit de modelberekeningen blijkt dat het VO-ontwerp bij zowel extreme neerslaggebeurtenissen (T10 en T100) als bij een maatgevende afvoer (T1) een neutraal tot gunstig effect heeft op de waterhuishouding. Deze verbetering is voornamelijk toe te schrijven aan het ruimere doorstroomprofiel bij de Oirschotsedijk, waardoor de opstuwing afneemt en de doorstroming wordt verbeterd.

De voorgestelde waterbergingsvoorzieningen tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal functioneren conform verwachting. De stuw houdt tijdelijk afvoer vast, waarna overtollig water wordt afgevoerd zodra het waterpeil in de Ekkersrijt boven de stuwkruin uitkomt. De toegepaste duiker, met een diameter van circa 500 mm, veroorzaakt een lichte opstuwing, maar heeft voldoende doorstroomcapaciteit om het noordelijk deel van het bergingsgebied effectief in te zetten.

Op basis van de uitgevoerde analyses zijn geen risico's op grootschalige inundatie of negatieve effecten op de waterhuishouding vastgesteld. De resultaten bevestigen dat het aangepaste systeem voldoende robuust is om neerslaggebeurtenissen met een herhalingsijd van één en tien jaar adequaat te verwerken.



5. Optimalisatie ontwerp

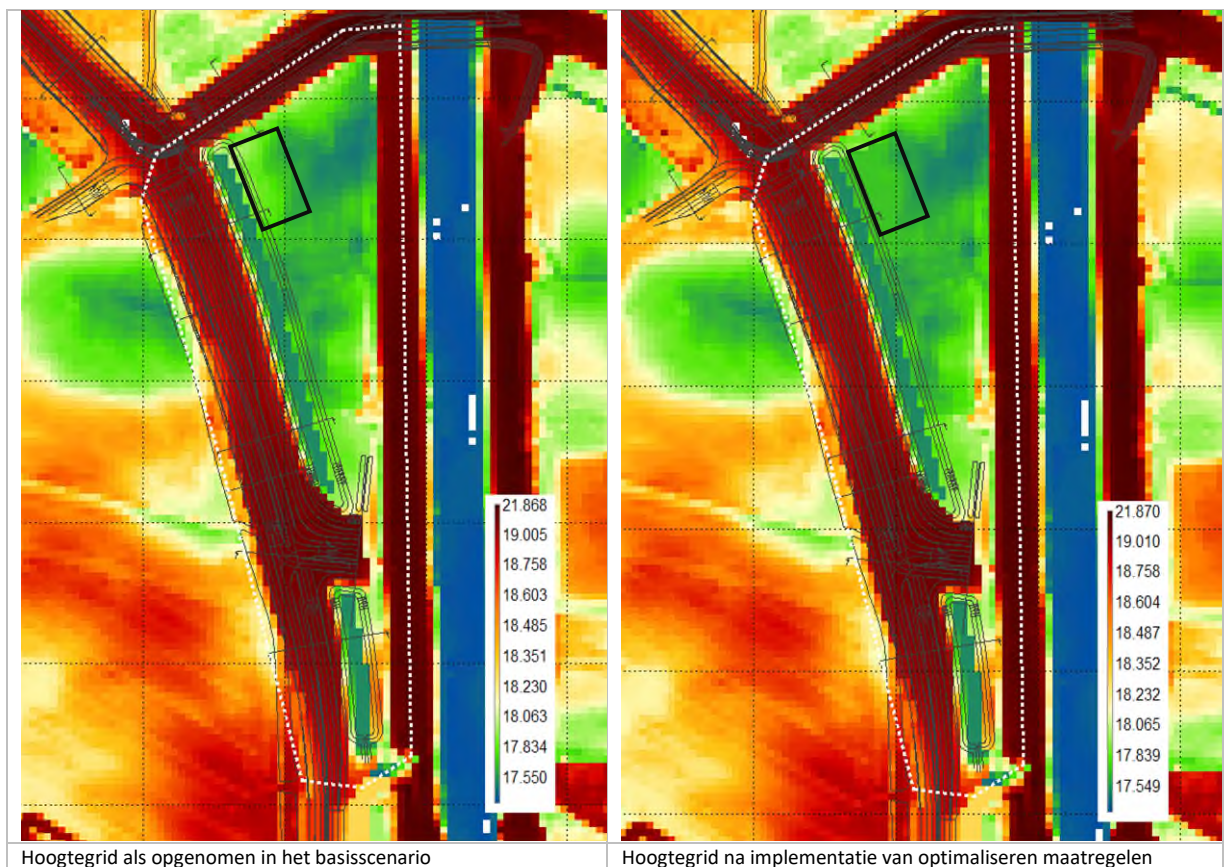
Het voorgestelde VO-ontwerp heeft een neutraal tot positief effect op de Ekkersrijt. Daarnaast zijn er in het gebied tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal mogelijkheden voor verdere optimalisatie van het ontwerp en extra berging. In dit hoofdstuk zijn maatregelen beschreven die kunnen worden toegepast om het ontwerp te verbeteren.

5.1 Optimalisatie driehoek

Zoals beschreven in §4.2 ligt het maaiveld in het noordelijk deel van de waterbergingsvoorziening relatief hoger dan het omliggende terrein. Daarnaast heeft de voorgestelde wadi een bodemhoogte van NAP +17,50 m, dit is circa 0,30 m hoger dan de bestaande bermsloot. Hierdoor gaat een deel van de potentiële bergingscapaciteit verloren. Om extra waterberging te realiseren, zowel voor regionale waterberging als ter compensatie van de toename in verhard oppervlak, zijn de volgende optimalisatiemaatregelen voorgesteld:

- het verdiepen van de waterbergingsvoorzieningen tot NAP +17,20 m;
- het behouden van de stuw met een vergelijkbare kruinhoogte als in de referentiesituatie (NAP +17,50 m);
- het verflauwen van het maaiveld direct ten zuiden van de Spottersweg en naast de waterbergingsvoorziening tot een gemiddelde hoogte van NAP +17,70 m (zie Figuur 4-5);
- de aanleg van een duiker met een diameter van 1.000 mm tussen beide bergingsvoorzieningen, om de waterafvoer en onderlinge uitwisseling te verbeteren.

Om het maximale potentieel van deze optimaliserende maatregelen te beoordelen, zijn ze geïmplementeerd en getest voor een T100-neerslaggebeurtenis (huidige klimaat).

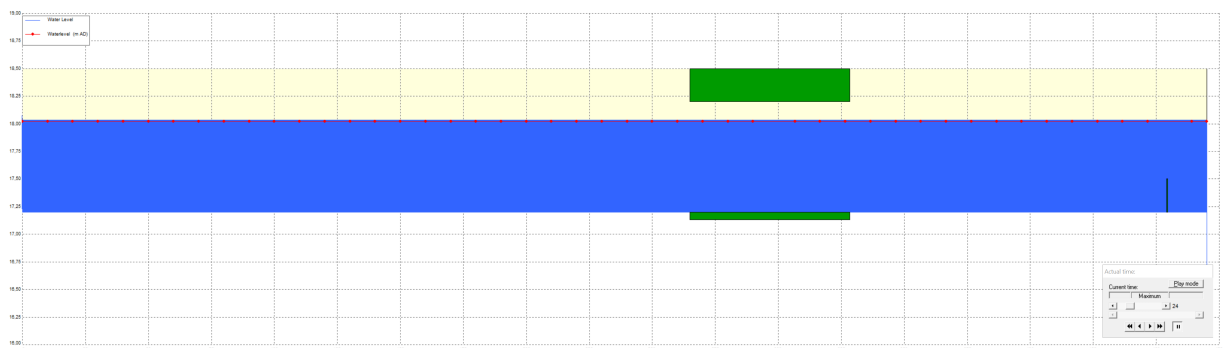


Figuur 5-1 Overzicht van hoogtegrid voor en na de implementatie van optimalisatie maatregelen. Het aangepaste gebied is aangegeven met een zwart kader.

De modelberekeningen tonen aan dat deze maatregelen geen negatieve invloed hebben op de waterstanden in de Ekkersrijt. Het functioneren van het watersysteem blijft daarmee gelijk aan de referentiesituatie. Door de optimalisatie neemt de bergingscapaciteit in de driehoek toe tot circa 8.200 m³, wat neerkomt op een extra berging van ongeveer 200 m³ ten opzichte van het basisscenario en circa 1.200 m³ ten opzichte van de referentiesituatie.

Verder zorgt het toepassen van een duiker van 1.000 mm voor een vermindering van opstuwingeffecten bij de instroom van water vanuit de Ekkersrijt richting de bergingsvoorzieningen. Uit de modelberekeningen blijkt dat de duiker tijdens piekmomenten voor circa 2/3 gevuld raakt, waarmee voldoende capaciteit aanwezig is om de waterafvoer gecontroleerd te laten verlopen. Daarnaast is een duiker van 1.000 mm minder gevoelig voor onderhoud.

Het effect van de maatregelen op de waterstanden is marginaal. Het doel van deze maatregelen is voornamelijk om een robuustere inrichting van de waterberging te creëren.



Figuur 5-2 Lengteprofiel waterpeilen in de voorgestelde bergende maatregelen (T100-bui). De uitkomsten van de implementatie van optimalisatiemaatregelen zijn weergegeven in blauw, terwijl de resultaten van het basisscenario in rood zijn aangeduid.

5.2 Maximale berging in driehoek

De driehoek vervult een dubbelfunctie op het gebied van waterberging: enerzijds voor afstromend wegwater, anderzijds voor berging vanuit de Ekkersrijt. Mogelijk komt hier in de toekomst een derde functie bij, namelijk berging vanuit Westfield. Hoewel deze laatste functie nog onzeker is, dient bij de inrichting en maakbaarheid van het ontwerp wel rekening gehouden te worden met voldoende (potentiële) bergingscapaciteit.

Om de maximale haalbare berging te bepalen, is ervan uitgegaan dat maximaal kan worden ontgraven tot de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). De GHG ter plaatse is nog niet scherp in beeld; de dichtstbijzijnde peilbuis ligt circa 500 meter ten zuiden van de locatie. De hoogst gemeten grondwaterstand in deze peilbuis bedraagt NAP +17,01 m (gemeten in 2024, tijdens een zeer natte periode). Indien deze waarde als inschatting voor de GHG wordt gehanteerd kan er circa 1 meter water worden geborgen. Uitgaande van het maximale peil in de Ekkersrijt tijdens een T=100 situatie van NAP +18,01 m.

Bij volledige ontgraving van de driehoek, rekening houdend met taluds, resulteert dit in een bergingsvolume van circa **17.000 m³**. Dit volume dekt de gezamenlijke bergingsbehoefte:

- circa **3.000 m³** voor afstromend wegwater,
- circa **7.000 m³** voor berging vanuit de Ekkersrijt (zoals onderbouwd in deze studie),
- en een potentiële claim van **7.000 m³** vanuit Westfield.

De potentieel beschikbare bergingscapaciteit sluit daarmee aan op de behoefte. Bovendien is er nog ruimte voor optimalisatie, aangezien de gehanteerde GHG van NAP +17,01 m een conservatieve benadering is. Het plaatsen van een peilbuis binnen de driehoek wordt aanbevolen om de lokale grondwaterstand nauwkeuriger te bepalen en de ontwerpkeuzes verder te onderbouwen.

6. Conclusies en aanbevelingen

Het hydrologisch onderzoek van de herinrichting van de wegenstructuur in het gebied Ekkersrijt laat zien dat de voorgestelde aanpassingen een neutraal tot positief effect hebben op de waterhuishouding. Uit de modelberekeningen blijkt dat de waterstanden tijdens een extreme neerslaggebeurtenis met een herhalingstijd van 100 jaar (T100) circa 9 centimeter afnemen. Dit effect is tevens (maar in mindere mate) zichtbaar bij scenario's T10 en T1 en wordt hoofdzakelijk toegeschreven aan een verbeterde doorstroming van de Ekkersrijt, gecombineerd met de realisatie van een dubbelzijdig onderhoudspad.

Op basis van de huidige inzichten wordt geconcludeerd dat het ontwerp ruimtelijk goed inpasbaar is, mits de instroom vanuit de Ekkersrijt naar de driehoek tijdig kan plaatsvinden. Dit betreft een nadere uitwerking in het detailontwerp.

Het onderzoek bevestigt de dubbelfunctie van het terrein tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal. Dit gebied vervult in de huidige situatie een rol als waterberging voor zowel ter compensatie van toename verharding als voor regionale berging. Daarnaast voert het deels de hemelwaterafvoer (HWA) van de huidige infrastructuur hier af. In de toekomstige situatie blijft deze functie behouden en wordt het gebied tevens ingezet om de extra wateropgave als gevolg van de uitbreiding van de wegstructuur en de ontwikkeling van Westfields op te vangen. Zowel in de referentiesituatie als in het basisscenario treedt hier periodiek inundatie op door instroom vanuit de Ekkersrijt.

De analyse van de inundatiegebieden laat zien dat deze grotendeels overeenkomen met de huidige situatie. De belangrijkste verandering treedt op in het gebied tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal, waar de bergingscapaciteit toeneemt en ook bij maatgevende afvoer (T1) inundatie optreedt.

Wel is vastgesteld dat de huidige berekende overstroomgebieden op enkele punten afwijken van de door de Provincie Noord-Brabant in de Omgevingsverordening aangewezen regionale waterbergings- en reserveringsgebieden. Bij de verdere optimalisatie van het ontwerp verdient het daarom aanbeveling om deze verschillen expliciet af te stemmen met het waterschap en de provincie, zodat zowel de lokale als de regionale wateropgaven op elkaar worden afgestemd. Het is essentieel om het terrein tussen de Spottersweg, Dirk Noordhoflaan en het Beatrixkanaal als regionaal waterbergingsgebied en als reserveringsgebied voor waterberging te nemen in het beleid.

Driehoek

De driehoek blijkt een strategisch belangrijk gebied voor waterberging, met een dubbelfunctie voor zowel afstromend wegwater als voor instromend water uit de Ekkersrijt. In de toekomst kan hier mogelijk een derde functie aan worden toegevoegd door de opvang van water afkomstig van Westfields. Hoewel deze functie nog onzeker is, laat de analyse zien dat de potentiële bergingscapaciteit van de driehoek toereikend is om aan de gezamenlijke wateropgaven te voldoen.

Bij volledige ontgraving tot aan de GHG (NAP +17,01 m) kan een bergingsvolume van circa 17.000 m³ worden gerealiseerd (ca. 2,4x keer de huidige bergingscapaciteit). Dit volume is voldoende om de huidige opgaven en een potentiële toekomstige claim vanuit Westfields op te vangen.

Omdat de gehanteerde grondwaterstand gebaseerd is op een peilbuis op 500 meter afstand en een conservatieve inschatting vormt, wordt aanbevolen om een peilbuis binnen de driehoek te plaatsen. Dit maakt het mogelijk om de lokale grondwaterstand nauwkeuriger vast te stellen en het ontwerp verder te onderbouwen en te optimaliseren.

Optimalisatie aan ontwerp

Reken houden met de verschillende functies van de driehoek en om een UO-ontwerp van de uitbreiden van de weg te afronden het is aanbevolen om verder te bepalen de benodigde diameter van de voorgestelde duiker tussen de bergingsvoorzieningen. Ook de kruinhoogte van de stuw moet worden geoptimaliseerd zodat de verschillende functies van het gebied voor de scenario's T1, T10 en T100 gegarandeerd kunnen worden. Eventueel kan ook de onderhoudspad van de Ekkersrijt een de herinrichting optimaliseren.



7. Bibliografie

1. **Haskoning.** *Oppervlaktewatermodellering Ekkersrijt BIC-Noord - Technisch achtergronddocument.* 2025.
2. **Antea Group.** *Wateropgave Infra BIC-noord - Bepaling en invulling van de wateropgave.* 2025.
3. **gemeente Eindhoven.** *Waterhuishouding wegenstructuur Eindhoven noordwest.* 2020.
4. **Antea Group.** *Weging van het Waterbelang - BIC-noord, inclusief wegenstructuur.* 2025.



Bijlagen



Bijlage 1 Ruwheid koppeltabel

VALUE	Omschrijving	Ruwheidswaarde (winter) Nikuradse
1	Grasland	0,50
2	Mais	0,20
3	Aardappelen	0,20
4	Bieten	0,40
5	Granen	0,40
6	Overige Landbouwgewassen	0,20
8	Glastuinbouw	5,00
9	Boomgaard	5,00
10	Bollen	0,40
11	Loofbos	0,50
12	Naaldbos	0,50
16	Zoet Water	0,15
17	Zout Water	0,15
18	Stedelijk bebouwd gebied	10,00
19	Bebouwing in buitengebied	10,00
20	Bos in primair bebouwd gebied	0,50
22	Bos in secundair bebouwd gebied	0,50
23	Gras in primair bebouwd gebied	0,50
24	Kale grond in bebouwd gebied	0,40
25	Hoofdwegen en spoorwegen	1,00
26	Bebouwing in buitengebied	10,00
27	Overig grondgebruik in buitengebied	0,50
28	Gras in secundair bebouwd gebied	0,50
29	Zonneparken	0,50
30	Kwelders	1,00
31	Open zand in kustgebied	1,00
32	Duinen met lage vegetatie	1,00
33	Duinen met hoge vegetatie	1,00
34	Duinheide	1,00
35	Open stuifzand	0,10



Hydrologisch onderzoek Ekkersrijt Infra Bic-Noord

Oppervlaktewatermodellering

projectnummer 0500089.102

20 oktober 2025 revisie 01

Gemeente Eindhoven

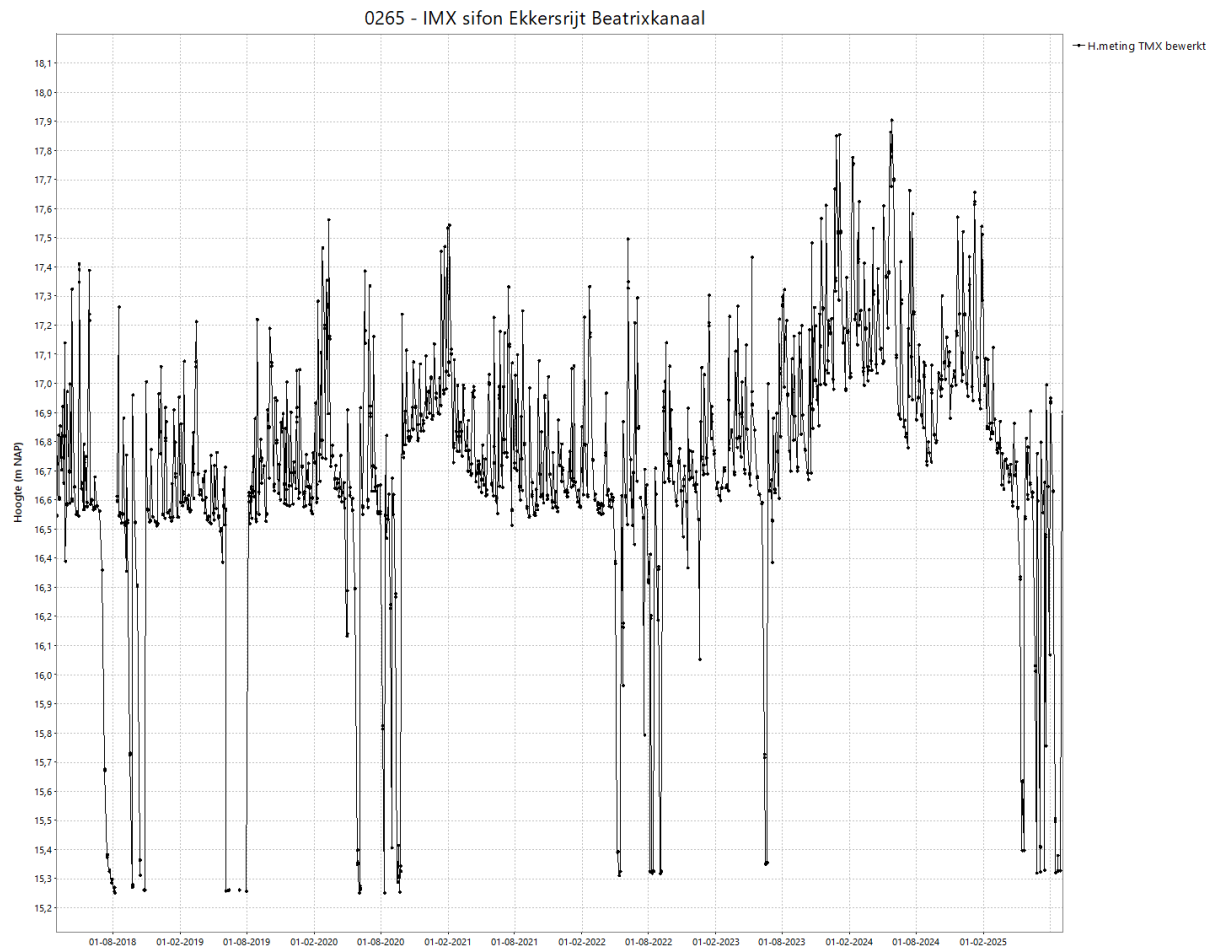
36	Heide	1,00
37	Matig vergraste heide	1,00
38	Sterk vergraste heide	1,00
39	Hoogveen	1,00
40	Bos in hoogveengebied	5,00
41	Overige moerasvegetatie	0,50
42	Rietvegetatie	0,50
43	Bos in moerasgebied	0,50
45	Natuurlijk beheerde agrarische graslanden	0,50
46	Gras in het kustgebied	0,40
47	Overige gras	0,50
61	Boomkwekerijen	5,00
251	Hoofdinfrastructuur en spoorbaanlichamen	1,00
252	Halfverharde wegen, infrastructuur langzaam verkeer en overige infrastructuur	1,00
253	Smalle wegen	1,00
323	Overige struikvegetatie	0,50
332	Struikvegetatie in moerasgebied (hoog)	0,50
333	Overige struikvegetatie (hoog)	0,50

Bron: Leidraad voor het maken van overstromingssimulaties. Deltares. d.d. 16 september 2024

Oppervlaktewatermodellering Ekkersrijt BIC-Noord. Haskoning. d.d 06 juni 2025



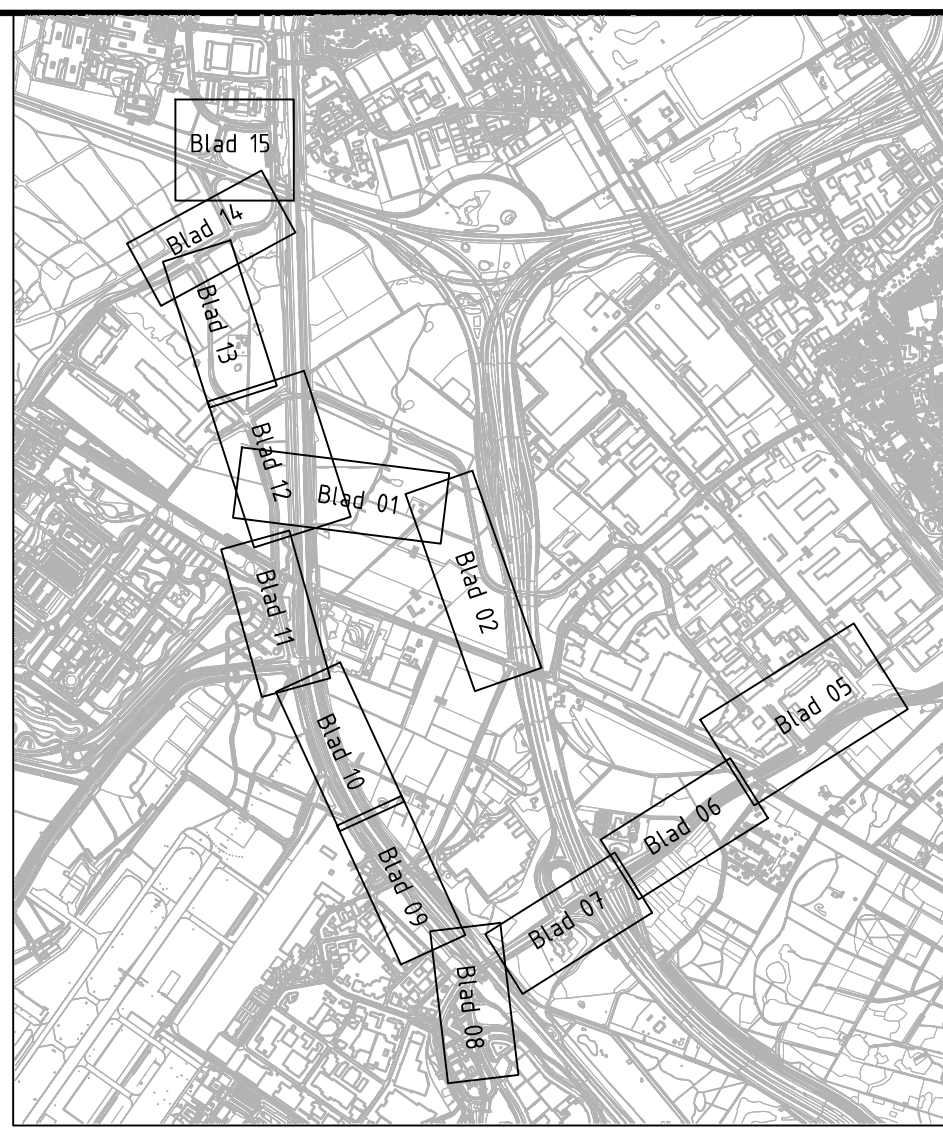
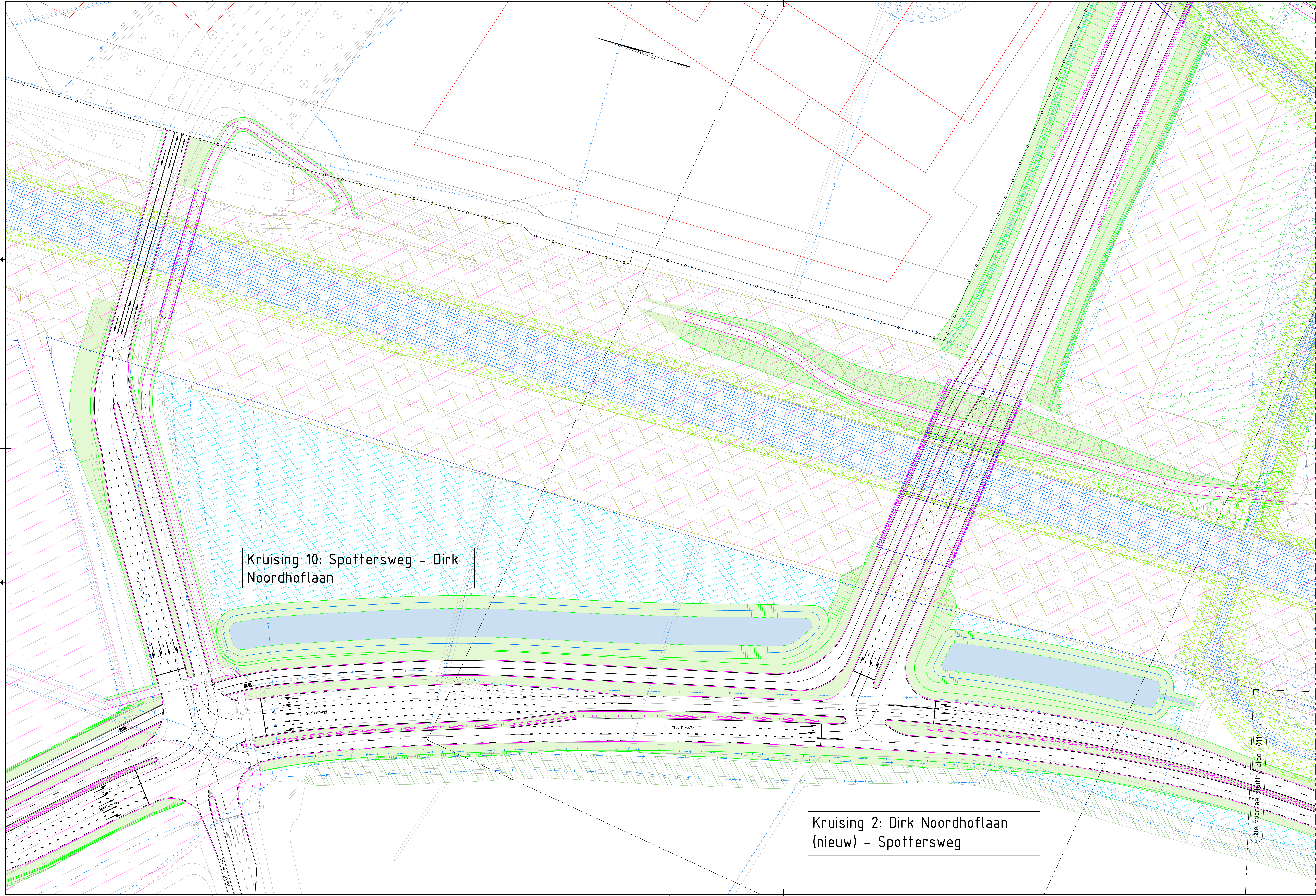
Bijlage 2 Meetreeks bovenstrooms Beatrixkanaal



Figuur a. Meetreeks van het monitoringspunt net bovenstrooms de sifon van de Ekkersrijt onder het kanaal door (bron: Waterschap de Dommel)

Bijlage 3 Tekeningen VO-ontwerp





Verklaring

- Bestaande situatie
- Kadastrale grens
 - Bestaande situatie - BGT
 - LWW 2023 A-waterring
 - LWW 2023 A-waterring vrije ruimte
 - LWW 2023 B-waterring
 - Bescherm gebied, afleefgebied en beekdal
 - Regionale waterberging
 - Contour restverontreiniging
 - NBB contour
 - Contour landschappelijke structuur "Zonneduw"
- Nieuwe situatie
- Voorlopig ontwerp
 - Waterberginglocatie
 - O Begrenzing ASH, terrein
 - Contouren bebouwing ASH
 - Zoekgebied uitbreiding waterberging
 - Vervallen waterberging
 - Compensatiegebied NBB
- Andere ontwerpen
- Ontwerp uitbreiding ASH (innovatie)

CONTROLE		
TEKENAAR	CONTROLEUR	PROJECTLEIDER

C1.0	11-07-2023	CONCEPT	Wijziging	INB
Nr	Datum			Tek

Opdrachtgever Gemeente Eindhoven	Tekenaar L. van Gilsen Brouwers	Schaal 1:500
Projectomschrijving Wegenstructuur BIC Noord	Projectleider P. Vos	Formaat A0 (841x1470)
Tekeningsoomschrijving Voorlopig Ontwerp Plus Waterhuishouding H2O variant 1	Status CONCEPT	Wijziging C1.0
Tekeningnummer 0500089_102-AGP-VO+ BIC-TK-WH-0112	www.anteagroup.nl	



Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1800 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ Oosterhout
Postbus 40
4900 AA Oosterhout

Copyright ©

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@antegroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlelen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl