



Modelling herinrichting Koningsdiep

Notitie modelaanpassingen SOBEK

projectnummer 493391
definitief
25 juni 2025

Modellering herinrichting Koningsdiep

Notitie modelaanpassingen SOBEK

projectnummer 493391
definitief

Auteurs



Opdrachtgever

Provincie Fryslân
Postbus 20120
8900 HM Leeuwarden

datum vrijgave	beschrijving revisie	goedkeuring	vrijgave
25 juni 2025	definitief		

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Gebiedsinrichting Koningsdiep	3
1.2	Doel	4
1.3	Onderzoeksvragen	4
1.4	Modelactualisatie	5
1.5	Leeswijzer	5
2	Basismodel	6
2.1	Modelgebied en -randen	7
2.2	Watergangen	7
2.3	Profielen watergangen	8
2.4	Stuwen	8
2.5	Duikers	8
2.6	Inlaten	8
2.7	Gemalen	9
2.8	Afwaterende eenheden	10
2.9	Berging op het maaiveld (s-curve en bergingstakjes)	11
2.10	Neerslag afvoermodel (RR)	14
2.10.1	Onverhard gebied	14
2.10.2	Berging (storage)	16
2.10.3	Infiltratie (infiltration)	16
2.10.4	Kwel (seepage)	16
2.10.5	Drainage	17
2.10.6	Verhard gebied	17
2.11	Meteorologie en neerslagbelasting	18
2.12	Uitvoerlocaties	18
3	Inrichtingsvarianten	19
3.1.1	Variant A1 versie 3	20
3.1.2	Variant A1 versie 4	23
4	Resultaten	26
4.1	Hydrologische effecten	26
4.1.1	Waterstanden	26
4.1.2	Afvoeren	32
4.1.3	Stroomsnelheid	33
4.2	Verkennde varianten	37
4.2.1	Begroeiingsgraad en afvoeroptimalisatie	37
4.2.2	Valkenburg bui	41
5	Conclusie en synthese	44

6	Bibliografie	46
	Bijlage 1 Uitvoerlocaties SOBEK	48
	Bijlage 2 Afmetingen kunstwerken	49
	Bijlage 3 Aandachtspunten ontwerp	50

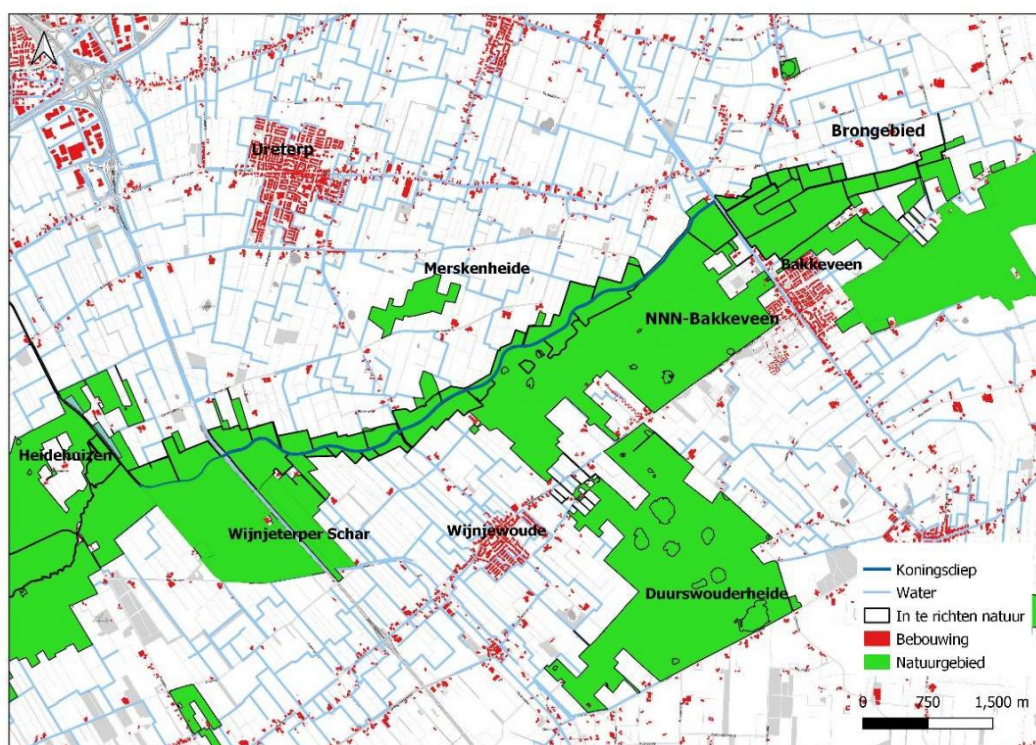
1 Inleiding

1.1 Gebiedsinrichting Koningsdiep

Een groot deel van het beekdal van het Koningsdiep is begrensd als NNN-gebied (Natuurnetwerk Nederland). Dit betekent dat deze gronden, hoewel nog niet overal als natuur ingericht, op termijn ingericht en beheerd moeten worden als natuur, conform de doelen van het NNN. De waterhuishoudkundige inrichting van het beekdal is hierbij een sleutelfactor: het watersysteem moet zodanig worden aangepast dat de natuurlijke ontwikkeling van het gebied mogelijk wordt.

Het projectgebied ligt rondom de beek Alddijp, ook wel bekend als Koningsdiep, Keningsdijp of Boarn(e). De provincie Fryslân werkt hier samen met de gebiedscommissie Koningsdiep, Wetterskip Fryslân, gemeente Opsterland, landbouw- en natuurorganisaties, grondeigenaren en bewoners aan de verdere gebiedsinrichting. Deze samenwerking is erop gericht om de doelen op het gebied van natuur, water en landschap op een samenhangende manier te realiseren.

Om een eerste indruk te geven van het gebied waar dit rapport op ingaat, is in figuur 1-1 een kaart opgenomen met de begrenzing van het beekdal en de geplande NNN-gebieden. Dit kaartbeeld helpt om de ruimtelijke context van het projectgebied duidelijk te maken.



Figuur 1-1 Overzicht begrenzing beekdal en het natuurgebied.

De herinrichting van het beekdal draagt niet alleen bij aan het realiseren van natuurdoelen, maar ook aan het behalen van wateropgaven volgens de Kaderrichtlijn Water. Daarnaast biedt het ruimte voor waterberging, wat belangrijk is in het kader van klimaatadaptatie en het vasthouden van water in het gebied.

1.2 Doel

Deze rapportage bevat een technische beschrijving van de hydrologische modellering met behulp van SOBEK. Met behulp van hydrologische modellen wordt inzicht verkregen in de effecten van verschillende inrichtingsvarianten op de waterhuishouding. Denk hierbij aan effecten op waterberging, afvoersnelheid van het oppervlaktewater en het gedrag van het grondwatersysteem.

Voor het watergebiedsplan Koningsdiep (oost) is in opdracht van Wetterskip Fryslân een SOBEK-model opgesteld. Dit model is gebruikt om oppervlaktewaterstanden en stroming door te rekenen voor meerdere inrichtingsvarianten. De modellering heeft als doel om de waterhuishoudkundige omstandigheden binnen het gebied te verbeteren, zodat deze beter aansluiten bij de gewenste inrichting en het functioneren van het watersysteem.

De in deze rapportage beschreven modellering is een vervolg op en aanvulling van een eerdere modellering, uitgevoerd en gerapporteerd door Antea Group in 2018 (Antea Group, 2018). Deze eerdere modellering vormde de basis voor het vaststellen van effecten van verschillende inrichtingsmaatregelen, met als doel het verbeteren van de waterhuishoudkundige condities. De huidige modellering bouwt hierop voort, waarbij nieuwe inzichten, aangepaste randvoorwaarden en aanvullende scenario's zijn verwerkt.

Deze rapportage heeft tot doel om een overzicht te geven van het huidige SOBEK-model, inclusief de doorgevoerde modelaanpassingen en om een effectbeschouwing te geven van de verschillende inrichtingsvarianten. Daarmee vormt dit rapport een technische onderlegger: het biedt inzicht in de werking van het model, de aannames die zijn gedaan en de manier waarop varianten zijn doorgerekend en geïnterpreteerd.

1.3 Onderzoeksvragen

Sinds de modellering in 2018 zijn nieuwe inzichten ontstaan, welke hebben geleid tot aanpassingen in het oorspronkelijke inrichtingsplan. De nieuwe berekeningen moeten aantonen dat met deze aanpassingen nog steeds wordt voldaan aan:

- De randvoorwaarden vanuit de omgeving met specifieke aandacht voor de effecten op landbouw blijven gehandhaafd.
- De oorspronkelijke doelen van het inrichtingsplan, namelijk:
 - het creëren van optimale grondwatercondities voor natuurontwikkeling binnen het beekdal;
 - het verbeteren van de grondwaterstanden in bestaande natuurgebieden;
 - het vertragen van de afvoer en verminderen van piekafvoeren.

Daarnaast wordt aanvullend inzicht gevraagd in de volgende aspecten ten opzichte van eerdere modelleringen:

- Habitatcondities voor vis, met nadruk op de invloed van stroomsnelheden;
- Effecten van vegetatieontwikkeling op het functioneren van het watersysteem;
- Gedrag van het systeem onder extreme neerslag (bovenmaatgevende buien);
- De mogelijkheden om de stuw bij Heidehuizen optimaal aan te sturen, gericht op:
 - een goede doorvoer naar de benedenloop;
 - het realiseren van gewenste waterstanden in Natura 2000-gebied Wijnjeterperschar;

- het borgen van omgevingsrandvoorwaarden, met name voor landbouw.

De interpretatie van modelresultaten en de beantwoording van bovenstaande onderzoeksvragen vallen buiten het bestek van deze technische rapportage. Deze aspecten worden behandeld in onder meer de milieueffectrapportage (m.e.r.) voor de Landinrichting Koningsdiep.

1.4 Modelactualisatie

Deze rapportage is een technische actualisatie van de modellering uit de rapportage van 2018. De herziening, vastgesteld in 2025, is gericht op leesbaarheid en herleidbaarheid. Ter ondersteuning zijn een logboek en documentmap toegevoegd aan de oplevering.

Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van 2018:

- Variant A1 versie 4: modelwijzigingen zijn beschreven in hoofdstuk 3;
- Bovenstroomse aanpassingen bij Beakendyk: Vastgelegd in het bijgevoegde logboek;
- Actualisatie bergingstakjes: Gebaseerd op maaiveldmodel 2024, toegelicht in de documentmap.

Tenzij anders vermeld gelden de wijzigingen van A1 versie 3 ook voor versie 4.

1.5 Leeswijzer

In deze rapportage zijn specifiek de volgende onderdelen opgenomen:

- Hoofdstuk 2: Beschrijving van het basismodel;
- Hoofdstuk 3: Beschrijving van de inrichtingsvarianten, inclusief belangrijkste modelaanpassingen en de vertaling naar SOBEK;
- Hoofdstuk 4: Effectbeschouwing van de inrichtingsvarianten. Hierin wordt ook aandacht besteed aan de kracht en beperkingen van de modellering.

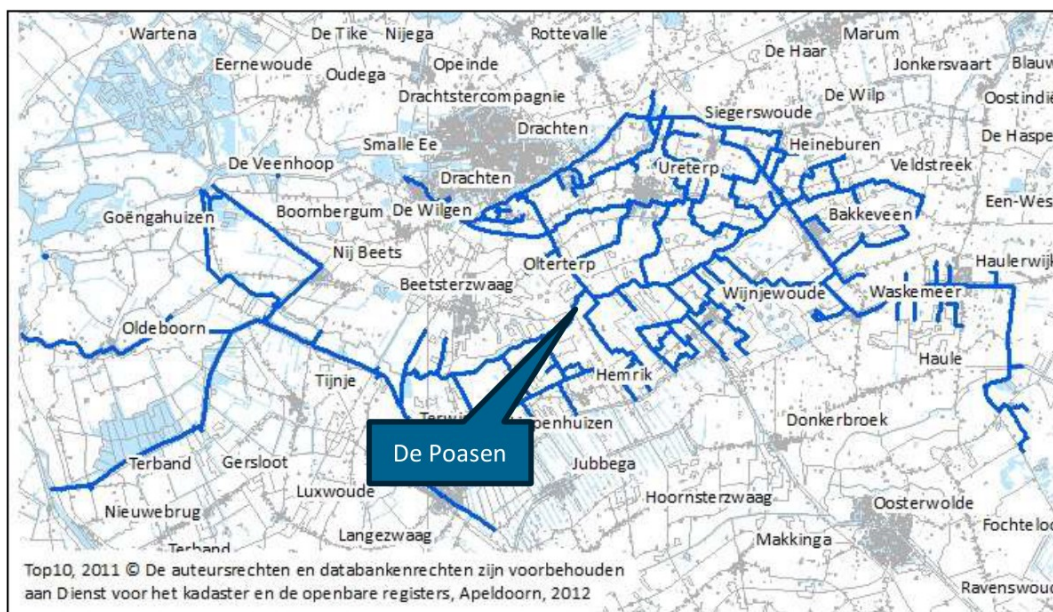
Er is voor gekozen om in deze rapportage slechts een beknopte selectie van de modelresultaten op te nemen. Het gaat hierbij om de belangrijkste uitkomsten die relevant zijn voor de beoordeling van de werking van het watersysteem en de verschillen tussen varianten. De volledige weergave van de resultaten is opgenomen in de resultaten-spreadsheets, die separaat zijn meegeleverd bij deze rapportage.

2 Basismodel

De modelberekeningen zijn uitgevoerd met het modelinstrumentarium SOBEK, versie 2.13, met de modules 1DFlow (hydraulisch/waterlopen) en RR (neerslagafvoer). Als basismodel is gebruik gemaakt van het SOBEK-model van het Koningsdiep, dat eerder door Antea Group in opdracht van Wetterskip Fryslân is opgesteld. Dit model omvat naast het stroomgebied van het Koningsdiep ook aangrenzende watersystemen, zoals de Drait aan de noordzijde en de boezem aan de westzijde. Het totale gebied waarin de inrichtingsmaatregelen zijn doorgerekend, is daarmee groter dan enkel het stroomgebied van het Koningsdiep. Voor gedetailleerde informatie over het basismodel wordt verwezen naar het rapport "SOBEK modellering Koningsdiep", revisie 01 van 24 februari 2014 (projectnummer Antea Group 259362). Een overzicht van het totale modelgebied is weergegeven in figuur 2-1.

Ten behoeve van de NBW-toetsing (Nationaal Bestuursakkoord Water) is het oorspronkelijke gekalibreerde model uitgebreid met de herinrichting van de Poasen. In dit gebied zijn recent maatregelen gerealiseerd, waaronder een meander, een bergingsgebied en een vispassage. Voorafgaand aan de NBW-toetsing is vastgesteld dat het aangepaste model de waterstanden realistisch weergeeft en goed aansluit op eerder gemeten gegevens. De verschillen tussen gemeten en berekende waarden bleven over het algemeen beperkt en waren verklaarbaar, onder andere door het gebruik van vaste peilen in het model, terwijl in de praktijk vaak wordt gewerkt met zomer- en winterpeilen. Ook konden modelranden op grotere afstand invloed hebben op de uitkomsten. Op basis van deze analyse is geconcludeerd dat het model geschikt is als basis voor de NBW-toetsing. De NBW-toetsing is beschreven in het rapport "NBW toetsing Koningsdiep Oost", revisie 00 van 6 april 2017 (projectnummer Antea Group 412345).

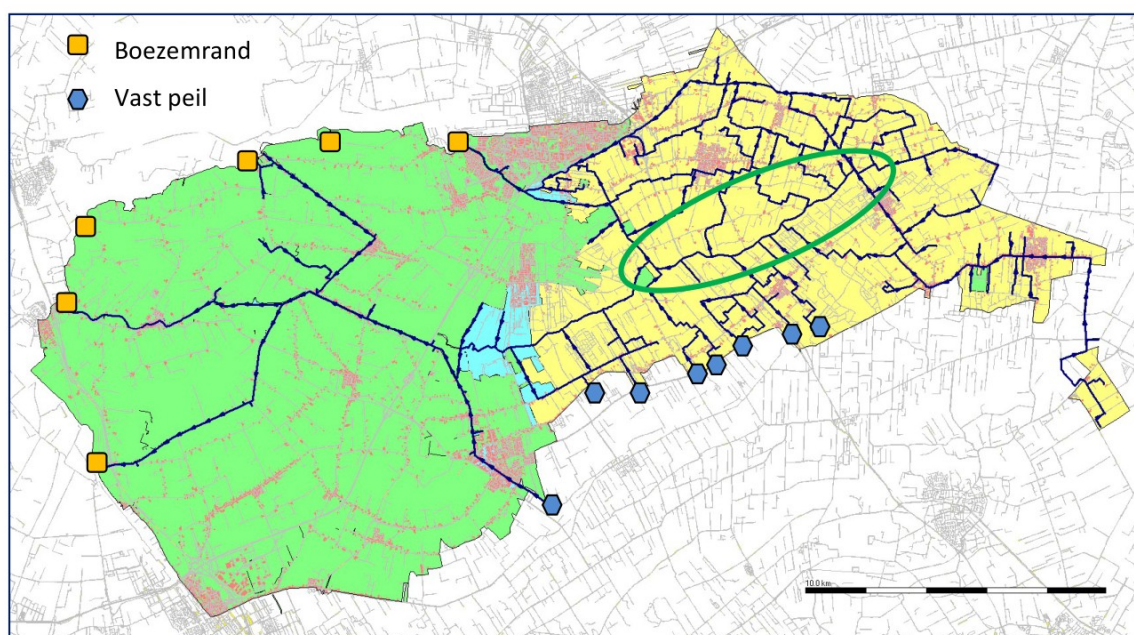
Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van het basismodel, inclusief de recente herinrichtingsmaatregelen rondom de Poasen.



Figuur 2-1 Overzicht SOBEK model Koningsdiep.

2.1 Modelgebied en -randen

De modelcontouren van het gebied en de locaties met randvoorwaarden zijn opgenomen in figuur 2-2. In het model zijn bovenstrooms en benedenstrooms modelranden opgenomen. De benedenstroomse rand betreft de boezem. Hier zijn gemeten waterstanden als rand in het model ingevoerd. De randen waar het model aansluit op de boezem liggen in het westen en noorden van het model gebied. Centraal in het zuiden zijn modelranden met een vast peil ingevoerd (Opsterlânse Kompanjonsfeart). Deze modelranden zijn puur voor wateraanvoer via de inlaatduikers in het model.



Figuur 2-2 Overzicht modelranden, de ligging van het Koningsdiep is groen omcirkeld.

2.2 Watergangen

In het basismodel zijn alleen de hoofdwatgangen van de vrij afwaterende gebieden en de boezem opgenomen. Van de poldergebieden die op de boezem afvoeren, is alleen het gemaal en het afvoerende oppervlak geschematiseerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het gebiedsdeel rechtstreeks voor het gemaal en de gestuwde delen binnen de polder. Voor de poldergebieden die rechtstreeks (via een gemaal) afvoeren naar de boezem is de berging opgeknipt in twee of meerdere delen. De berging in het laatste (laagste) peilvak voor het gemaal is direct aangesloten op het gemaal. Het overige deel van de polder voert via een fictieve stuw af naar het gemaal. Dit om de berging direct voor het gemaal niet te overschatten en het natuurlijk verhang in de watergang beter te schematiseren. Het complete watersysteem van deze polders is dus niet in het model opgenomen.

2.3 Profielen watergangen

In het model zijn voor zover beschikbaar de gemeten profielen van de watergangen ingevoerd. Wanneer er geen gemeten profielen beschikbaar zijn, dan is gebruik gemaakt van leggerprofielen. Voor het gehele gebied, met uitzondering van de Poasen, zijn per meetlocatie de profielen met slib en bagger gebruikt. Voor gebied rondom de Poasbrug zijn de gebaggerde profielen gebruikt.

2.4 Stuwen

De stuwen die in de hoofdwatergangen liggen zijn opgenomen in het model. Er is een onderscheid tussen geautomatiseerde stuwen en handmatig bediende stuwen. De handmatig bediende stuwen worden door middel van een zogenaamde “Time controller” op zomer- en winterpeil ingesteld.

In het model gaan de stuwen in een keer van zomerpeil naar winterpeil. Hierbij geldt voor de maanden oktober t/m maart het winterpeil en voor de maanden april t/m september het zomerpeil. In de praktijk vindt overgang van zomer naar winterpeil vaak geleidelijk in een aantal stappen plaats.

De geautomatiseerde stuwen worden door een “Interval controller” op het juiste peil ingesteld. Wanneer de minimale en maximale kruinhoogte bekend is, dan zijn deze ingevoerd. Als de gegevens niet beschikbaar zijn, is aangenomen dat de stuw kan zakken tot 0,4 m onder het laagste streefpeil en kan worden opgetrokken tot 0,2 m boven het hoogste streefpeil. De snelheid waarmee de klep van een geautomatiseerde stuw beweegt is beperkt. In het model is deze ingesteld op een maximum van 0,01 mm/s.

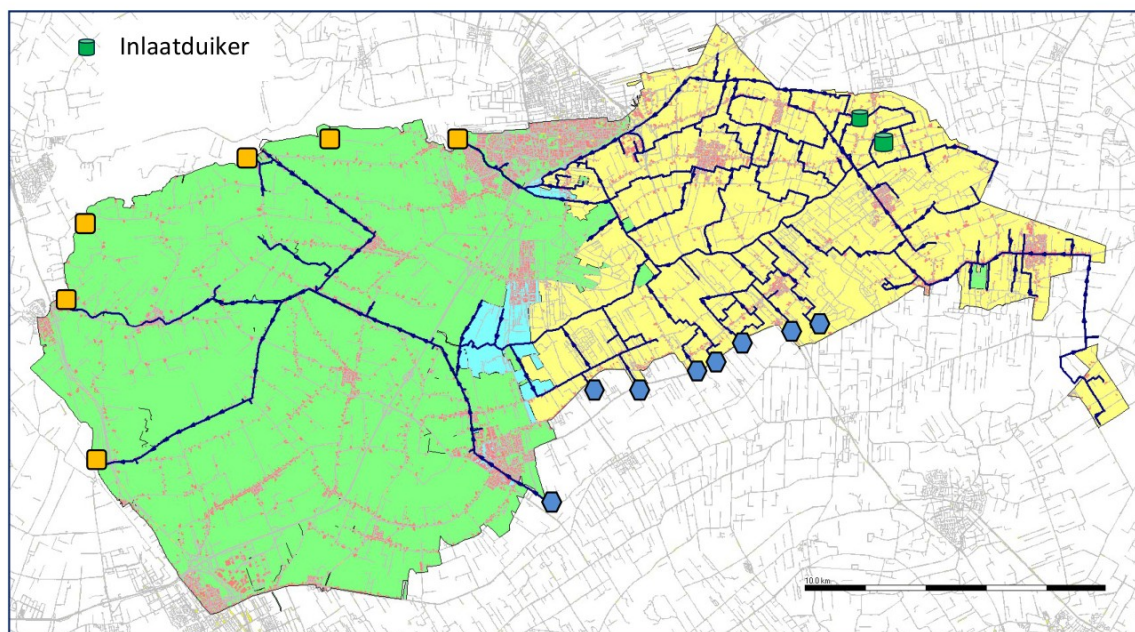
2.5 Duikers

De duikers die in de hoofdwatergangen liggen zijn in het model opgenomen. De afmetingen zijn conform legger en beheerregister. Als weerstand is Strikler (k_s) $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ aangehouden. Dit is een gemiddelde waarde voor een schone duiker. In de praktijk zal er wel enige variatie zijn doordat afmetingen, onderhoudstoestand en materialen variëren. Er is geen rekening gehouden met grond in de duikers.

2.6 Inlaten

In het model is een groot aantal inlaten opgenomen. Inlaat van water kan plaatsvinden vanuit onder andere de Opsterlânske Kompanjonsfeart. Op de plaatsen waar inlaat uit Opsterlânske Kompanjonsfeart plaatsvindt, is een rand opgenomen met een vast peil. De Opsterlânske Kompanjonsfeart zelf is dus niet in het model opgenomen. Deze modelrand bevindt zich aan de bovenstroomse kant van de inlaten. Hierdoor bepaalt de afmeting van de inlaatduiker en de stand van de schuif hoeveel water het model instroomt vanuit de modelrand.

De inlaten (duikers) gaan in het model open vanaf het moment dat het oppervlaktewaterpeil uitzakt beneden het streefpeil. Hierbij gaat de schuif geleidelijk verder open. Bij 0,2 m beneden streefpeil is de inlaat volledig geopend. De maximale opening is gelijk aan de diameter van de duiker. Twee inlaatduikers bovenstrooms van het Koningsdiep illustratief opgenomen in figuur 2-3.



Figuur 2-3 Overzicht modelranden, de twee inlaatduikers (KDU-S1720 en KDU-S1738) bovenstrooms van het bergingsgebied zijn met een groene cilinder aangeduid.

In het noorden en oosten van het gebied vindt ook inlaat plaats vanuit het Afvoerkanaal, de Fryskepeallenfeart en de Bakkeveensevaart. Deze worden op peil gehouden vanuit de boezem bij Drachten. De aanvoer verloopt via het Afvoerkanaal en de Fryskepeallenfeart naar de Bakkeveensevaart. Vanaf Drachten is hiervoor een serie opmalingen aanwezig.

Deze opmalingen zijn gecombineerd met een stuw voor afvoer. Het betreft de opmalingen Drachten-zuid, Ureterp Vallaat, Frieschepalen en Bakkeveen. De opmalingen gaan in het model aan op het moment dat de bovenstroomse waterstand 0,1 m lager is dan het stuwpeil en stopt wanneer de bovenstroomse waterstand 0,05 m lager is dan het stuwpeil. Dit om een rondpompeffect in het model te voorkomen.

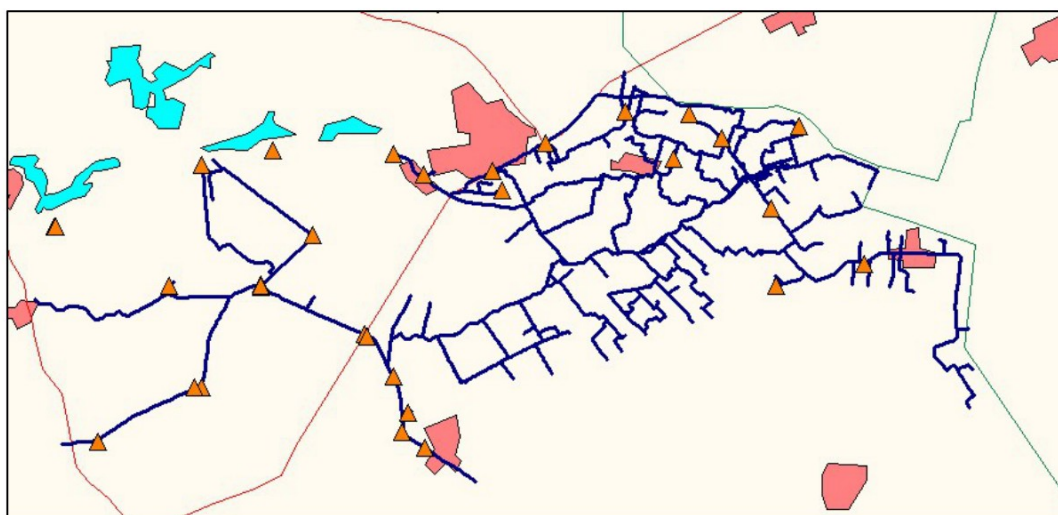
2.7 Gemalen

In het model zijn 30 poldergemalen en opmalingen opgenomen. Deze liggen vooral in het westelijk deel van het modelgebied en voeren water af naar de boezem. De bijbehorende polders zijn niet volledig in detail geschematiseerd; alleen het gemaal en het oppervlak dat hierop afwatert zijn opgenomen. Een overzicht hiervan is weergegeven in figuur 2-4.

Er is onderscheid gemaakt tussen het laagste deel van de polder, direct voor het gemaal, en het hogere deel dat via een fictieve stuw naar het gemaal afwatert. Deze schematisatie voorkomt dat de berging vlak voor het gemaal te groot wordt weergegeven. Enkele gemalen zijn voorzien van een locatieomschrijving, zoals opgenomen in tabel 2-1.

Tabel 2-1 Geselecteerde gemalen en opmalingen met locatieaanduiding. In deze tabel zijn de gemalen en opmalingen weergegeven waarvoor een specifieke naam of locatieaanduiding beschikbaar is.

ID	Naam
KGM_S11	Frieschepalen opmaling
KGM-B2344	Skarwei
KGM-B24	De Fiouwer Kriten
KGM-B52	De Mieden
KGIM-F7	De Drait
KGM-S10	Ureterpvalaat opmaling
KGM-S12	Bakkeveen opmaling
KGM-S22	Noordergemaal
KGM-S9	Drachten Zuid
KSGM-S3039	Gorredijk opmaling



Figuur 2-4 Deze figuur toont de ligging van de 30 opgenomen gemalen en opmalingen in het modelgebied. De gemalen zijn weergegeven met een oranje driehoek. De gemalen bevinden zich voornamelijk in het westelijke deel van het gebied en zijn gekoppeld aan polders die afwateren op de boezem.

2.8 Afwaterende eenheden

Om te bepalen welk gebiedsdeel en wat het oppervlak is dat afstroomt naar het oppervlaktewater zijn afwaterende eenheden gemaakt met behulp van GIS. De begrenzing van de afwaterende eenheden komt overeen met de grenzen van de peilvakken van het Wetterskip. Hierbij zijn de peilvakken veelal wel opgeknipt in kleinere delen. De reden voor het opknippen varieert. Aanleidingen om een peilvak of een afwaterende eenheid in kleinere delen te splitsen zijn o.a.:

- Een sterk verschil in de bodemopbouw;
- Wegen die het peilvak/afwaterende eenheid doorkruisen;

- Het hoogteverschil binnen een peilvak. Dit speelt met name in sterk hellende gebieden. Er is zo veel mogelijk uitgegaan van een maximaal verschil van 1 m tussen het 10% en 90% maaiveldniveau.

2.9 Berging op het maaiveld (s-curve en bergingstakjes)

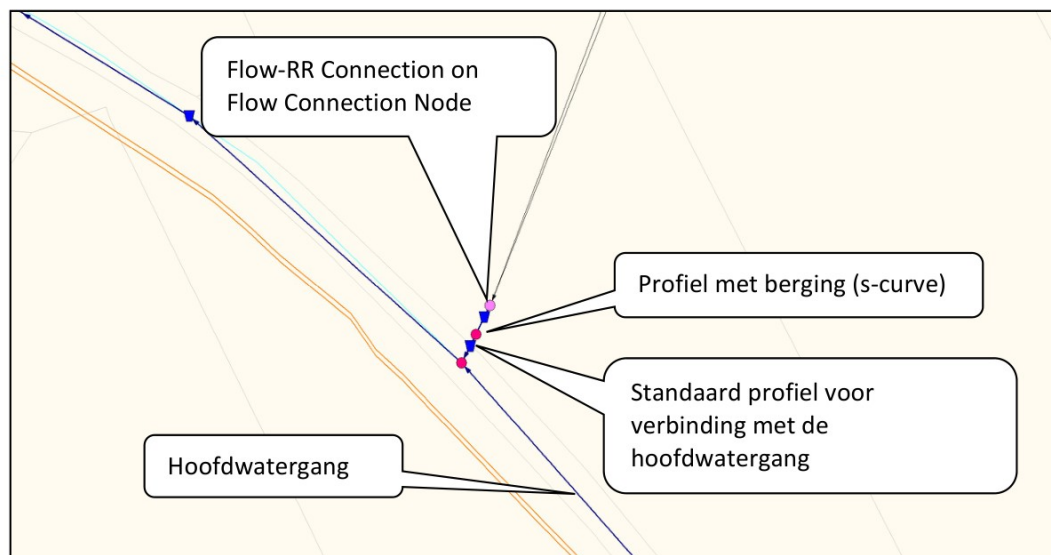
In extreme omstandigheden zal er bij hoge waterstanden waterberging op het maaiveld plaatsvinden. Daarnaast is het secundaire watersysteem (schouwsloten en kleinere slootjes) niet als netwerk in het stromingsmodel opgenomen. In het model is er voor gekozen om deze waterberging op maaiveld en in het secundaire watersysteem op te nemen in het hydraulische deel van het model en niet in de onverharde knoop van het neerslagafvoermodel.

Werking van bergingstakjes

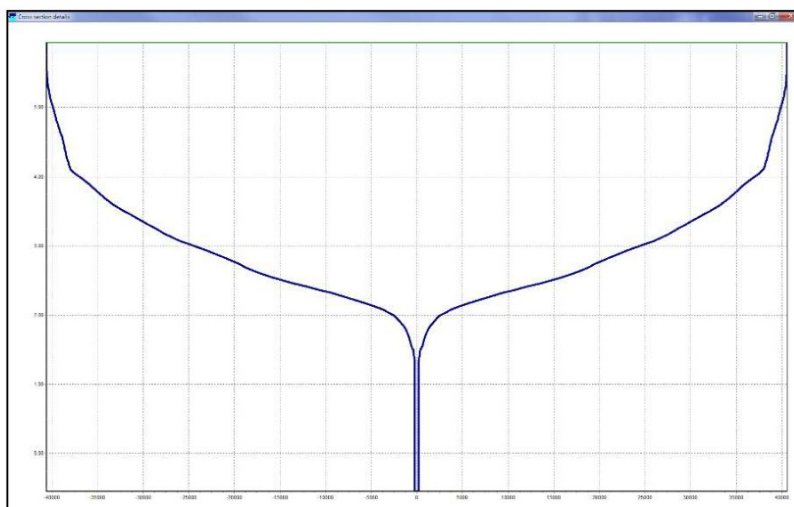
In het model is deze berging opgenomen via zogeheten bergingstakjes: korte fictieve verbindingen tussen het maaiveld en de hoofdwatgangen. Elk bergingstakje bestaat uit twee delen van elk tien meter:

- Het eerste deel bevat een dwarsprofiel (de zogeheten s-curve) dat representatief is voor de maaiveldbergingscapaciteit binnen een afwaterende eenheid;
- Het tweede deel heeft een standaardprofiel en vormt de hydraulische koppeling naar de hoofdwatgang.

Daarnaast vormen deze bergingstakjes ook de koppeling tussen het neerslagafvoermodel (RR) en het stromingsmodel (1D Flow). In figuur 2-5 staat de schematische weergave van het bergingstakje in SOBEK en in figuur 2-6 een voorbeeld van een bergingsprofiel.



Figuur 2-5 Voorbeeld van een bergingstakje in SOBEK.

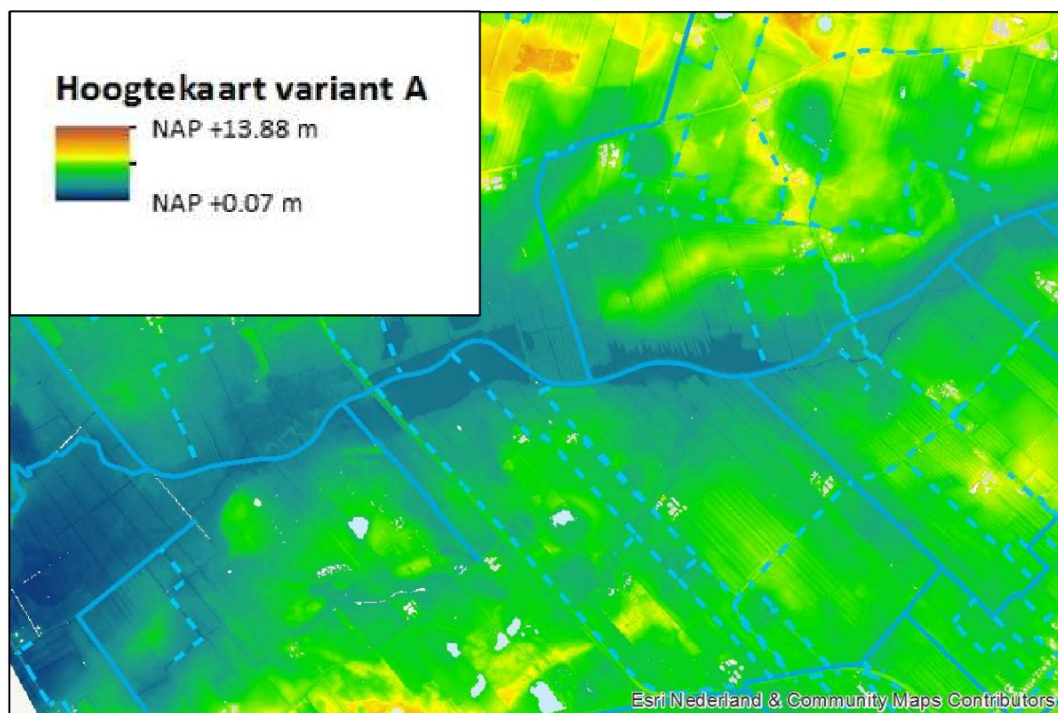


Figuur 2-6 Voorbeeld van een bergingsprofiel.

Herkomst en bewerking van maaiveldgegevens

Voor het bepalen van de berging op het maaiveld en in het secundaire watersysteem is gebruik gemaakt van de het beschikbaar gestelde maaiveldmodel. De hoofdwatgangen zijn hieruit verwijderd om te voorkomen dat deze berging dubbel wordt geteld. Bij het generen van de bergingstakjes is uitgegaan van een minimum percentage van 0,5% open water per afwaterende eenheid en een standaard toename van het openwater van 44% per meter tot de aansluiting op het AHN.

In SOBEK is deze nieuwe hoogtekaart verwerkt in de bergingstakjes. Een overzicht van de hoogtekaart staat in figuur 2-7. In deze figuur zijn de verlaagde delen duidelijk terug te zien.

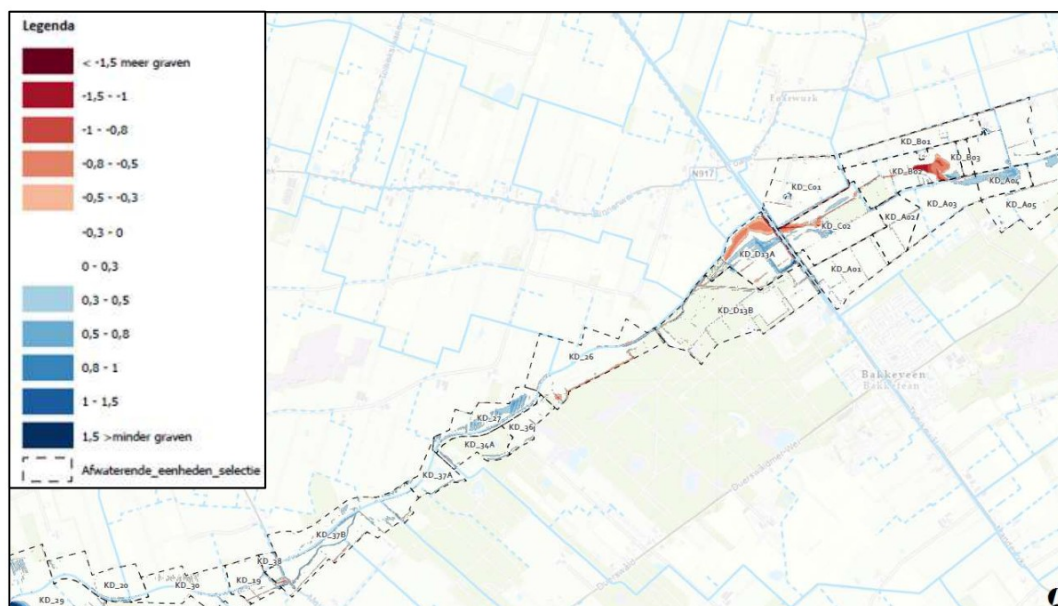


Figuur 2-7 Detail hoogtekaart, benedenstrooms.

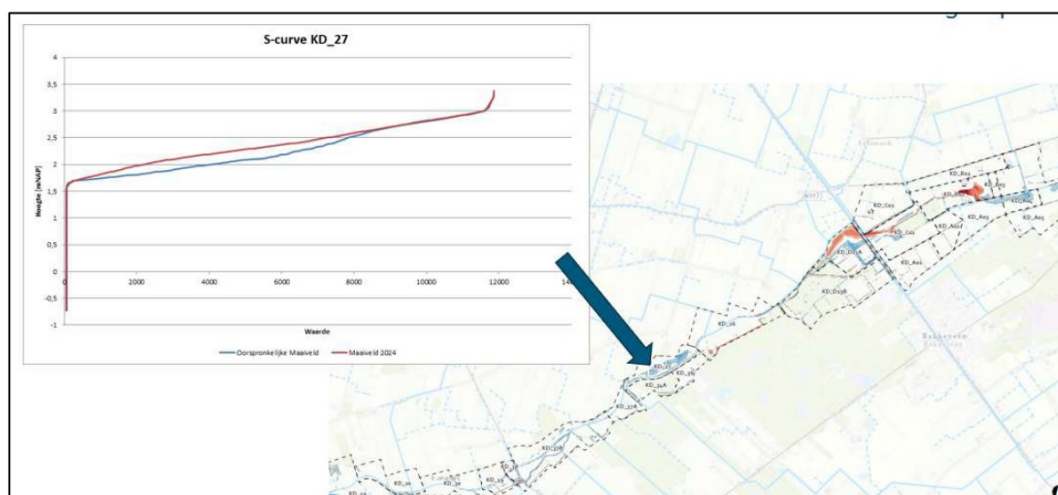
Aangepast maaiveld voor inrichtingsvarianten

Voor deze studie is door de provincie Fryslân een aangepaste hoogtekaart aangeleverd, waarin wijzigingen zijn opgenomen ten opzichte van het oorspronkelijke maaiveld. Op verschillende locaties binnen het projectgebied is het maaiveld verlaagd (afgraving) of verhoogd (ophoging), in het kader van de gebiedsinrichting. Deze wijzigingen zijn weergegeven in figuur 2-8.

Deze wijzigingen zijn verwerkt in het model door de aangepaste hoogtegegevens toe te passen in de bergingstakjes. Op deze manier worden de hydrologische effecten van de nieuwe maaiveldsituatie realistisch weergegeven in de berekeningen.



Figuur 2-8 Hoogteverschillen ten opzichte van het oorspronkelijke maaiveld. In de figuur zijn locaties weergegeven waar ophoging (blauw) of afgraving (rood) plaatsvindt.



Figuur 2-9 Weergave wijzigingen per afwaterende eenheid; verschil tussen het oorspronkelijke en nieuwe maaiveld is hier schematisch weergegeven.

2.10 Neerslag afvoermodel (RR)

Het neerslag afvoermodel is aan het stromingsmodel toegevoegd door per afwaterende eenheid een onverharde knoop en, indien nodig, een verharde knoop aan het bergingstakje toe te voegen.

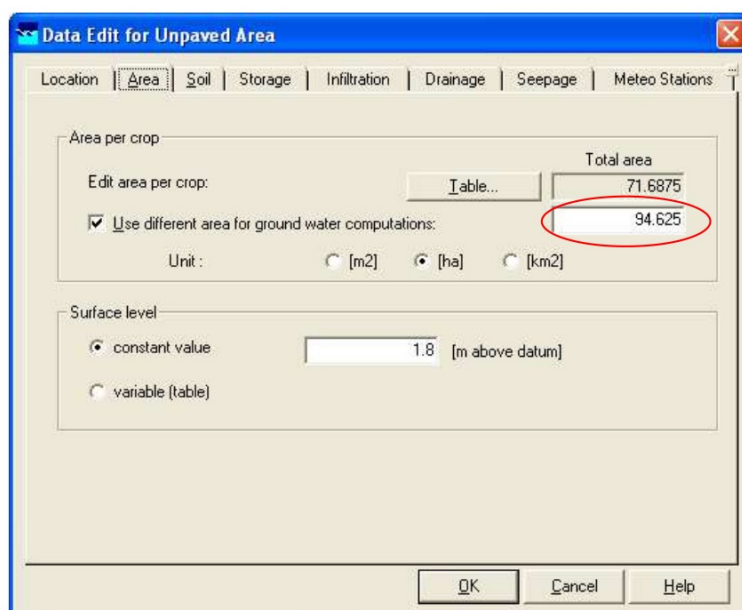
2.10.1 Onverhard gebied

In de onverharde knoop is per gewastype het oppervlak opgenomen op basis van het landgebruik (LGN6). In tabel 2-2 staat een overzicht van de gewastypen die in SOBEK worden onderscheiden.

Tabel 2-2 Overzicht gewastypen in SOBEK.

Gewas	Gewas	Gewas
Grass	non-arable land	pine forest
Corn	greenhouse area	nature
potatoes	orchard	fallow
sugarbeet	bulbous plants	vegetables
grain	foliage forest	flowers
miscellaneous		

Vaak is er bij een afwaterende eenheid ook een deel verhard gebied aanwezig. In de verharde knoop in SOBEK is geen grondwater(berging) aanwezig. In verband hiermee is dit grondwateroppervlak meegenomen in de onverharde knoop. In figuur 2-10 staat een voorbeeld. Het onverharde gebied is hier 71,7 ha groot, voor het grondwater is dit circa 23 ha meer, namelijk 94,6 ha. Er is in dit voorbeeld dus circa 23 ha verhard gebied aanwezig.



Figuur 2-10 Voorbeeld onverharde knoop met extra grondwateroppervlak.

De berging op het maaiveld wordt verwerkt in het "bergingstakje" van het stromingsmodel. De ingevoerde maaiveldhoogte in het RR model is daarom dusdanig hoog gekozen dat het waterpeil deze waarde enkel bij extreem zelfdame situaties (herhalingstijd > 100 jaar) bereikt. Op deze wijze wordt de berging niet dubbel meegenomen in het model. De maaiveldhoogte is vastgesteld op het 50%-maaiveldniveau van de afwaterende eenheid gebaseerd op het AHN2. In een aantal situatie is van het bovenstaande afgeweken. Dit betreft locaties waar het 50% maaiveldniveau minder dan 1 m boven het streefpeil ligt. Voor deze afwaterende eenheden is een maaiveldhoogte van 1 m boven het streefpeil ingevoerd.

2.10.2 Berging (storage)

De "*Initial storage*" en de "*Maximum storage*" geven aan hoeveel berging er op het maaiveld bij de start van de berekening beschikbaar is en wat de maximale beschikbare berging op het maaiveld is. De berging wordt aangegeven in mm. De initiële berging op het maaiveld is op 0 mm gezet en de maximale op 4 mm.

2.10.3 Infiltratie (infiltration)

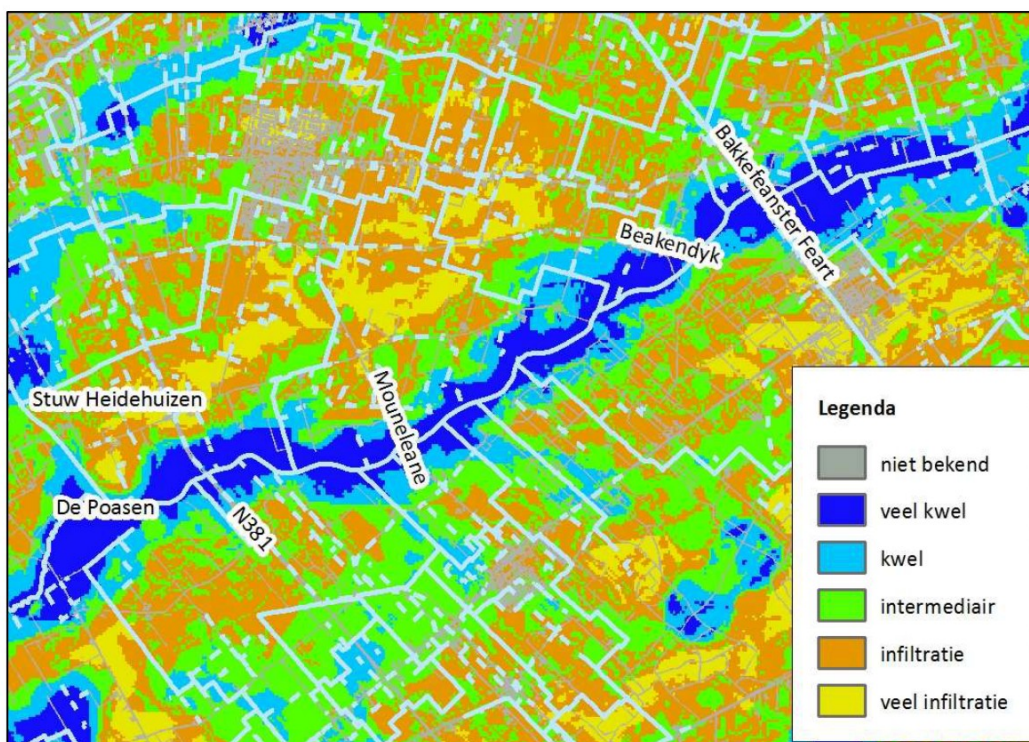
Bij "*infiltration cap*" is aangegeven wat de infiltratiecapaciteit van de bodem is. Voor zandgronden is een capaciteit van 20 mm/uur aangehouden en voor veengronden een waarde van 2,2 mm/uur. Dit is gebaseerd op literatuurwaarden voor de beide grondsoorten. In het gebied komt ook (ondiep) keileem voor, dit is meegenomen bij de drainage parameters.

2.10.4 Kwel (seepage)

De kwel in het model is gebaseerd op de kwel- en infiltratiekaart van de provincie (zie figuur 2-11). Op de kwelkaart zijn vijf klassen aangegeven. Deze zijn vertaald naar een gemiddelde waarde per afwateringseenheid voor kwel.

Tabel 2-3 Kwel per afwateringseenheid.

Klasse	Omschrijving	Gem. kwel (mm/dag)
1	Veel kwel	1,5
2	Kwel	0,75
3	Intermediair	0
4	Infiltratie	0,75
5	Veel infiltratie	1,5



Figuur 2-11 Kwel- en infiltratiekaart.

2.10.5 Drainage

De invoerparameters voor dit onderdeel zijn een uitkomst van de kalibratie van het basismodel. In het rapport "SOBEK modellering Koningsdiep", revisie 01 d.d. 24 februari 2014 staat de kalibratie uitgebreid beschreven.

Bij het "Drainage type" is gekozen voor "Ernst". In het model zijn per afwaterende eenheid twee of drie modellagen geschematiseerd. De bovenste laag is de snelle laag en de onderste is de trage laag. Het aantal lagen heeft te maken met de drooglegging bij het 10% laagste maaiveldniveau ten opzichte van het winterpeil. Daar waar de drooglegging minder is dan 0,85 m zijn twee lagen ingevoerd. Voor het overige deel van het model zijn drie lagen ingevoerd. Het uitgangspunt is dat de diepte van de bovenste drainagelaag minimaal 0,1 m boven het winterpeil ligt.

De top van de onderste laag is gebaseerd op de nieuwe (kei)leemkaart die in 2012 beschikbaar is gekomen. De top van de leemlaag is in meters ten opzichte van het maaiveld ingevoerd. Daar waar de drooglegging minder dan 0,85 m is, is de diepte bepaald op basis van het verschil tussen het 50% maaiveldniveau en de hoogte van het winterpeil plus 0,1 m. De hoogte van het 50% maaiveldniveau is hiervoor gebruikt, omdat dit het maaiveldniveau is dat bij "Surface level" is ingevoerd.

2.10.6 Verhard gebied

Het type riolering is overal in het model Mixed (gescheiden stelsel). Voor de riolering is de pompovercapaciteit (POC) op 0,7 mm/uur ingesteld en de berging in het riool maximaal 7 mm en initieel 0 mm. De waarden voor droogweerafvoer is niet gebruikt (waarde 0). Bij de grotere

stedelijke kernen voert het verhard oppervlak af naar een rioolwaterzuivering (WWTP). Op het moment dat de berging en pompovercapaciteit worden overschreden voert het verhard oppervlak van deze gebieden naar oppervlaktewater. Bij hevige neerslag zal er dus afvoer naar oppervlaktewater plaatsvinden. Het overige verharde gebied voert rechtstreeks af naar oppervlaktewater.

2.11 Meteorologie en neerslagbelasting

Voor de hydrologische modellering is gebruik gemaakt van historische neerslag- en verdampingsreeksen om het functioneren van het watersysteem onder verschillende meteorologische omstandigheden in beeld te brengen. De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor drie karakteristieke winterperiodes, die representatief zijn voor respectievelijk een maatgevende winter, een relatief natte winter en een gemiddelde winter.

Dezelfde reeksen zijn toegepast in zowel het basismodel (inclusief herinrichting Poasen) als bij de doorrekening van de inrichtingsvarianten in het vervolg van deze rapportage.

De geselecteerde periodes zijn:

- Winter 2001/2002 - Relatief natte winter, februari indicatief voor een herhalingstijd van ongeveer 1:10 jaar (T10);
- Winter 2011/2012 - Indicatief voor een situatie met herhalingstijd van circa 1:2 à 1:3 jaar (T2-T3);
- Winter 2015/2016 - Winter met gemiddelde neerslag, gebruikt als representatief 'gemiddeld jaar'.

Deze perioden zijn toegepast op verschillende modelvarianten, die in hoofdstuk 3 verder worden toegelicht. Zowel variant A1 versie 3 en variant A1 versie 4 zijn doorgerekend voor de drie bovengenoemde perioden. Daarnaast zijn een tweetal verkennende varianten doorgerekend voor de periode 2011/ 2012 en is in overleg met de provincie een Valkenburg bui doorgerekend met in het najaar van 2010 om het functioneren van het watersysteem bij extreme neerslag te beoordelen. Deze varianten zijn nader beschreven in hoofdstuk 3.1.2.

2.12 Uitvoerlocaties

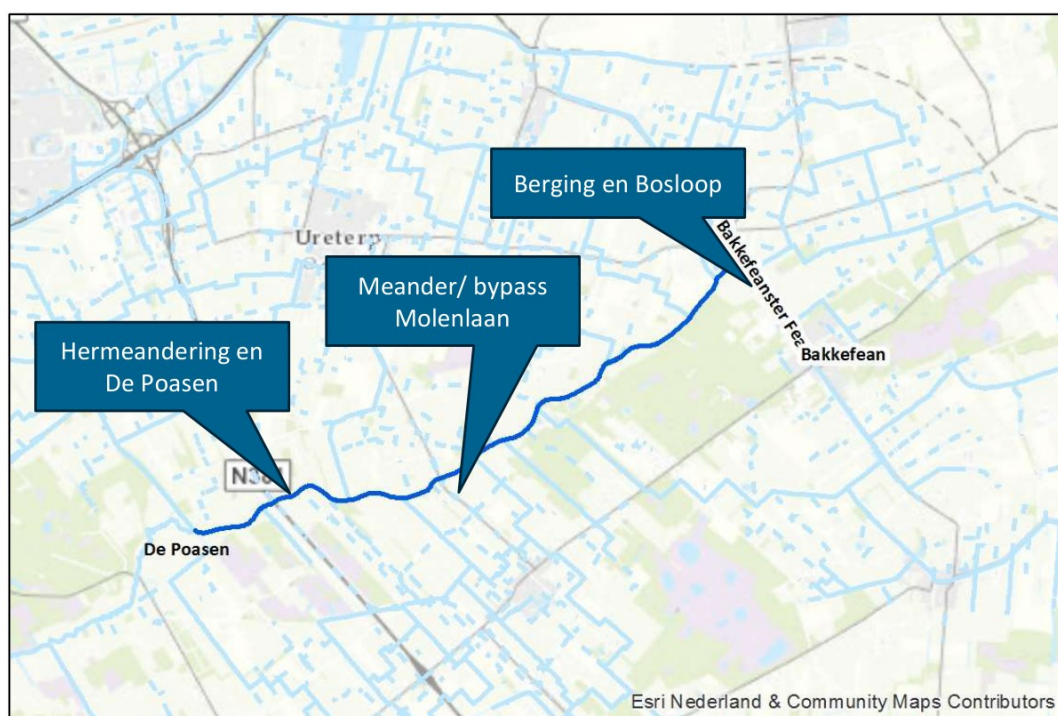
In het model zijn uitvoerlocaties opgenomen om resultaten zoals waterstanden, afvoeren en stroomsnelheden te verzamelen en te analyseren. De keuze voor deze locaties hangt samen met de onderzoeksvragen zoals geformuleerd in paragraaf 1.3. Bij het definiëren van aanvullende uitvoerlocaties is rekening gehouden met gebieden waar inzicht gewenst is in effecten op landbouw, natuurontwikkeling, habitatcondities voor vis en het functioneren van het systeem bij extreme neerslaggebeurtenissen.

De locaties waarop uitvoergegevens worden verzameld zijn opgenomen in bijlage 1.

3 Inrichtingsvarianten

In de eerdere studie uit 2018 zijn meerdere varianten beschreven. In de eerdere studie uit 2018 zijn meerdere varianten beschreven. In deze rapportage wordt alleen ingegaan op variant A1 versie 3, die toen is vastgesteld als voorlopig voorkeursalternatief, en het vervolg daarop: variant A1 versie 4.

Het plangebied omvat de bovenloop van het Koningsdiep (Alddijp) tussen de Bakkefeanster Feart en de Poasen. In de inrichtingsvariant vinden ingrepen plaats op meerdere locaties. Bij de Bakkefeanster Feart gaat het om de waterberging en de Bosloop. Verder benedenstrooms bij de kruising van de Molenlaan en de weg Mouneleane komt een meander. Nog verder stroomafwaarts tot aan de Poasen worden aanpassingen gedaan aan de hoofdwatgang. Figuur 3-1 toont waar deze wijzigingen zijn voorzien.

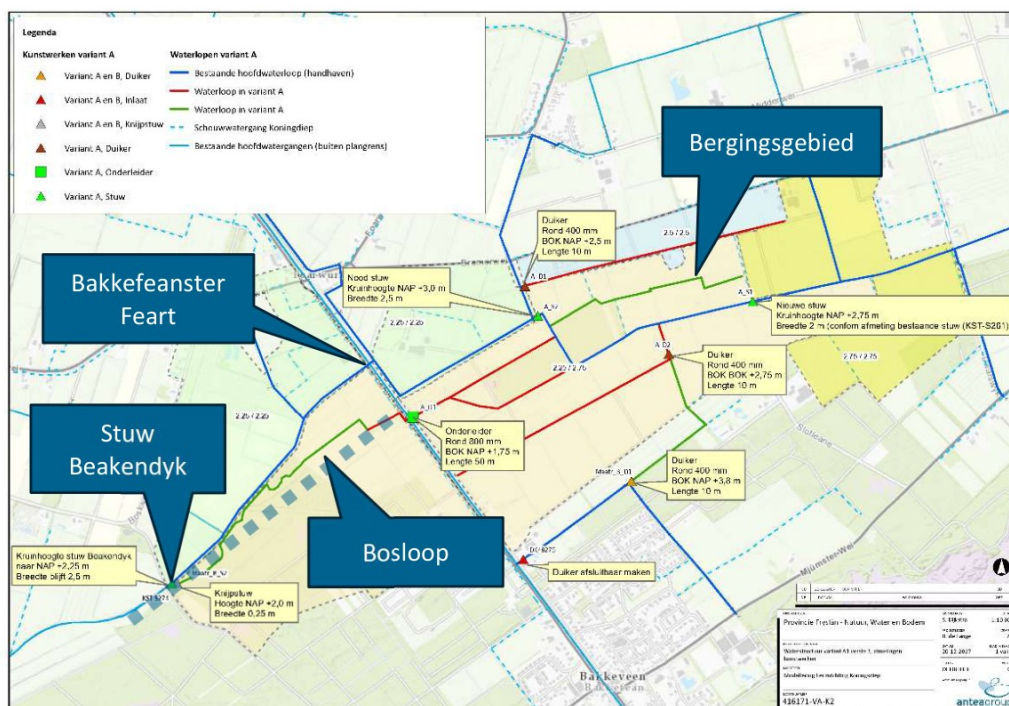


Figuur 3-1 Ligging bovenloop Koningsdiep (Alddijp).

3.1.1 Variant A1 versie 3

Berging en Bosloop

In de bovenloop wordt op meerdere locaties waterberging gerealiseerd, onder andere langs de Bakkefeanster Feart. Hier worden bergingsgebieden ingericht zodat de waterstanden in de winter hoger mogen zijn met ca. NAP +2,75 m en in de zomer kunnen dalen. De bergingsgebieden zijn verbonden via een onderleider onder de Bakkefeanster Feart. De afvoer van het bergingsgebied loopt via de Bosloop in de richting van stuw Beakendyk. Aan het einde van de Bosloop zorgt een knijpconstructie ervoor dat de gewenste waterstanden worden gerealiseerd en dat de waterberging water in het gebied vasthoudt. De knijpstuw in de Bosloop is hierbij gedimensioneerd met een breedte van 0,25 meter. De ligging van de Berging en Bosloop, is weergegeven in figuur 3-2. Deze bosloop is in een dwarsdoorsnede weergegeven in figuur 3-3.



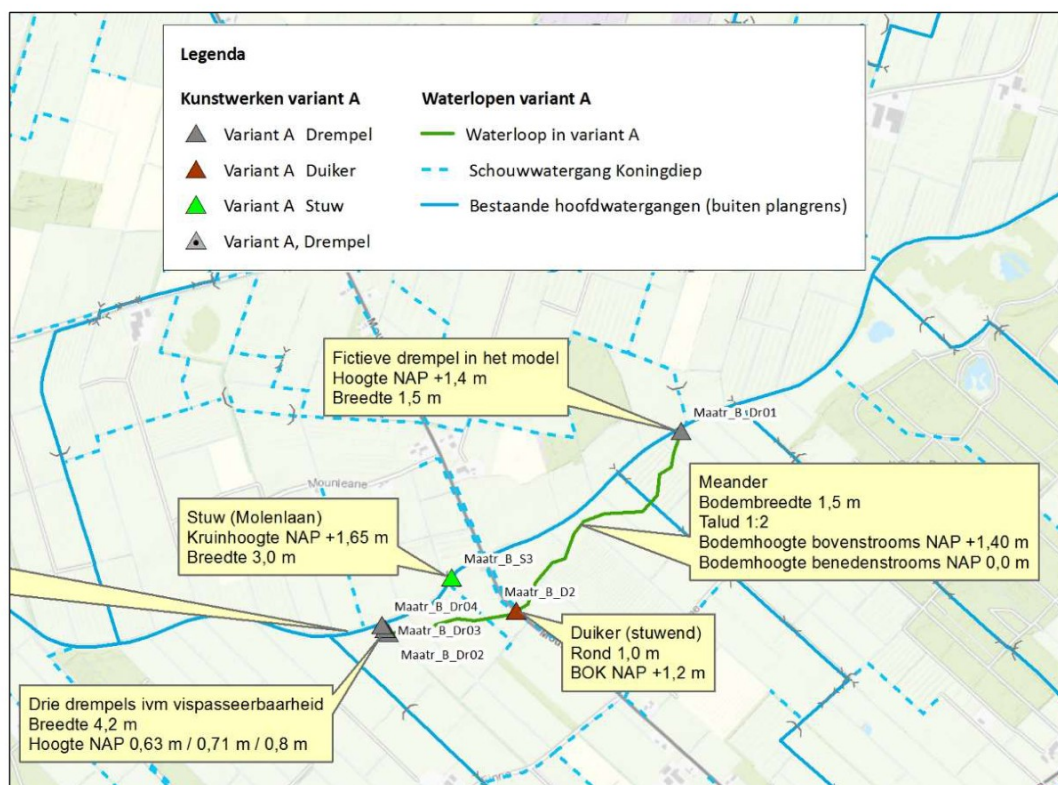
Figuur 3-2 Ligging Bosloop met wijzigingen, side view is (onderstaand) aangeduid met een blauwe stippellijn.



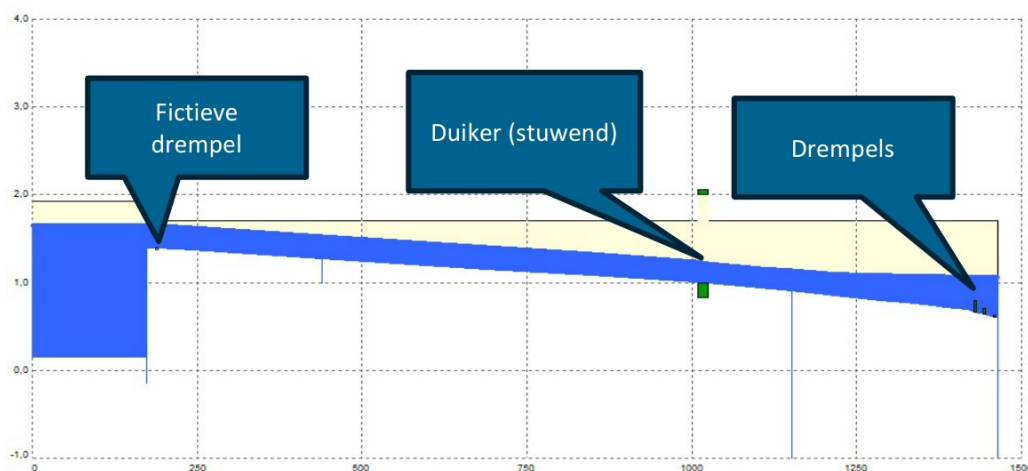
Figuur 3-3 Side view met waterstanden in juni 2011 ter plaatse van de Bosloop (variant A1 versie 4).

Meander/ bypass Molenlaan

Benedenstrooms ter hoogte van de stuw Molenlaan wordt een nieuwe meander in de vorm van een bypass gerealiseerd. In deze meander zijn drempels (vistrappen) aangebracht om het hoogteverschil naar peilgebied Heidehuizen ecologisch overbrugbaar te maken. De meander om de stuw bij de Molenlaan is uitgevoerd met een bodembreedte van 1,5 meter. De stuw bij de Molenlaan heeft een vaste kruinhoogte van NAP +1,65 meter. Nabij de Molenlaan is een meander in de vorm van een bypass gerealiseerd, waarvan de ligging is weergegeven in figuur 3-4 en de bijbehorende waterstanden in juni 2011 in figuur 3-5.



Figuur 3-4 Meander (groen) in de vorm van een bypass Molenlaan, ligging side view is (onderstaand) aangeduid met een groene lijn.



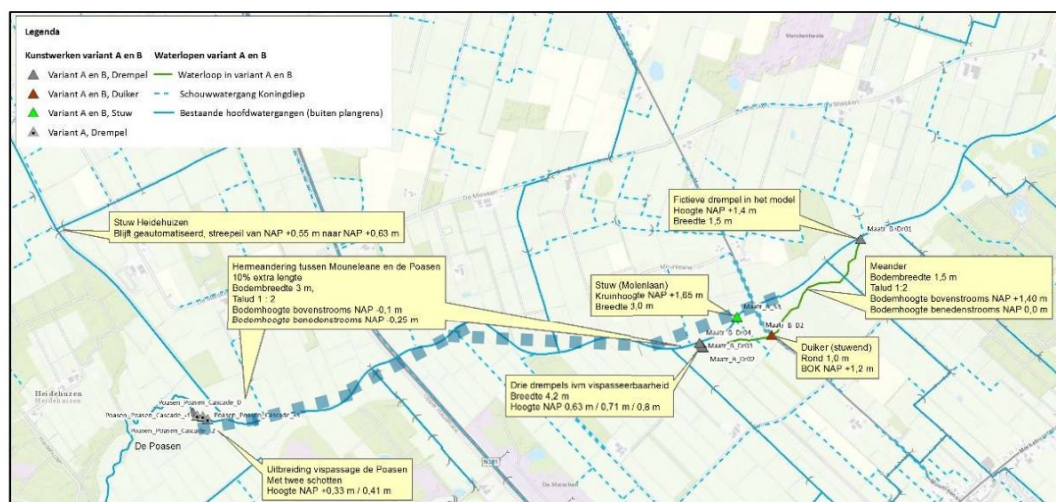
Figuur 3-5 Side view meander met berekende waterstanden in juni 2011 ter plaatse van de bypass Molenlaan (variant A1 versie 4).

Hermeandering en de Poasen

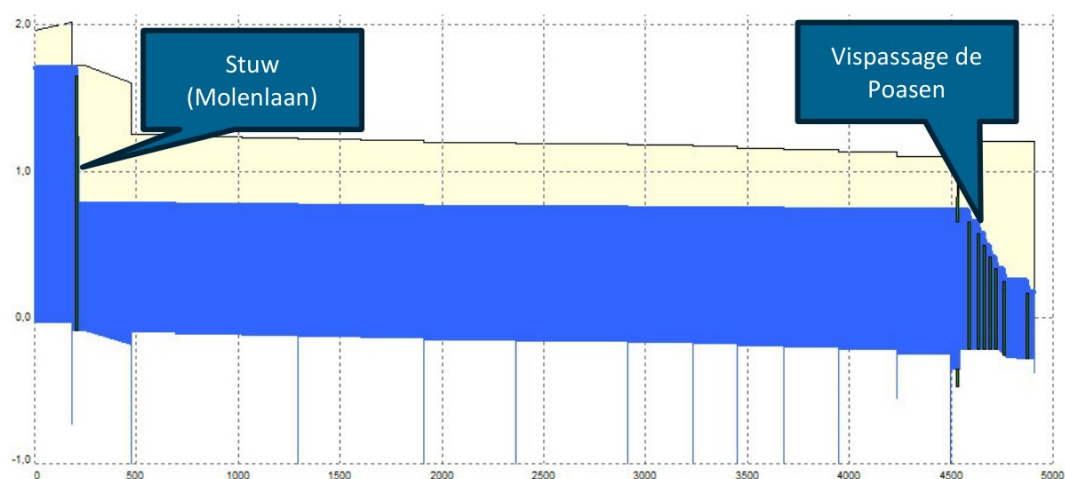
Verder is benedenstrooms in het plangebied de waterloop tussen Molenlaan en de Poasen verlengd. De hoofdwatgang tussen de nieuwe meander bij stuw Molenlaan en de Poasen met 10% extra lengte. De hoofdwatgang tussen stuw Molenlaan en de Poasen is weergegeven in figuur 3-6, met de bijbehorende berekende waterstanden in juni 2011 in figuur 3-7.

Tussen deze stuw en de aansluiting op De Poasen is de hoofdwatgang aangelegd met een bodembreedte van 3,0 meter. Het bodemverhang is klein. Bovenstrooms is de bodemhoogte NAP -0,10 m en benedenstrooms NAP -0,25 m.

De vispassage bij De Poasen is uitgebreid met twee schotten op NAP +0,33 meter en NAP +0,41 meter, om voldoende doorstroming en waterstandbehoud te realiseren tijdens droge perioden. Ook is het streefpeil bij de geautomatiseerde stuw Heidehuizen ingesteld op NAP +0,63 meter.



Figuur 3-6 Hoofdwatgang tussen stuw Molenlaan en de Poasen, ligging side view is (onderstaand) aangeduid met een blauwe stippellijn.



Figuur 3-7 Side view met berekende waterstanden in juni 2011 ter plaatse van de stuw Molenlaan en de Poasen (variant A1 versie 4).

3.1.2 Variant A1 versie 4

De variant A1 versie 4 is een doorwerking van variant A1 versie 3. Bij deze variant is de waterloop tussen de nieuwe meander bij stuw Molenlaan en de Poasen met 25% verlengd ten aanzien van versie 3 (zie figuur 3-6).

De wijzigingen ten opzichte van variant A1 versie 3 zijn:

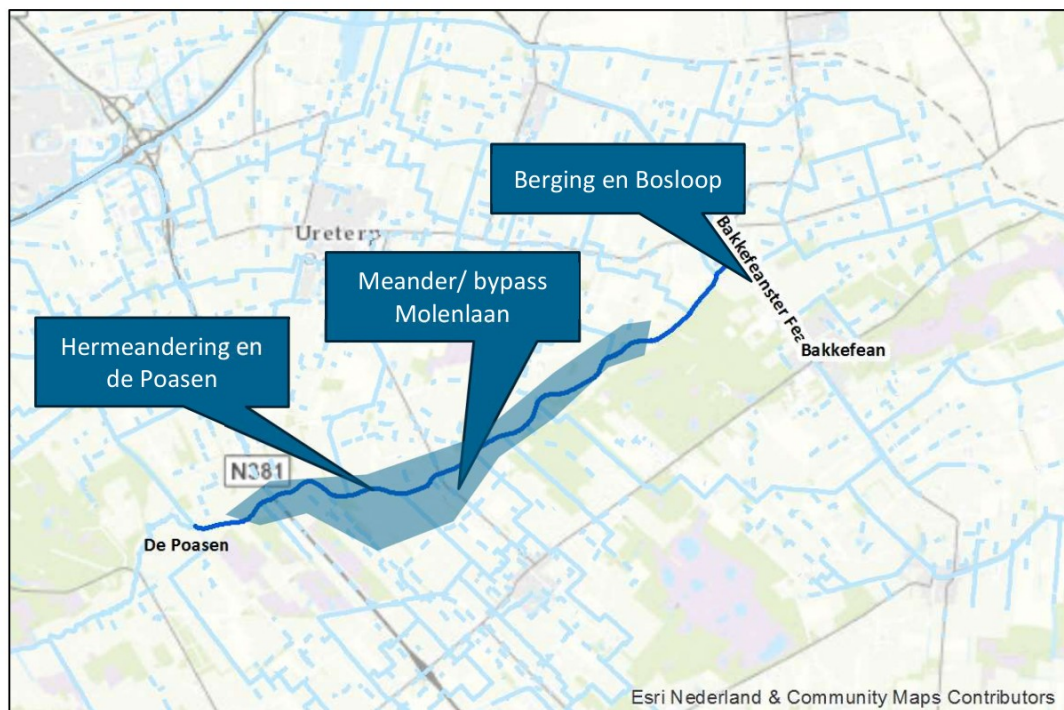
- Bovenstroomse wijzigingen waaronder:
 - Wijziging onderleider diameter duiker Bakkefeansterfaert naar 1.400 mm;
 - Verplaatsen stuw A_S1 westwaarts i.v.m. de aanleg van het “miuwmar”;
 - Realiseren van de nood overlaat ten westen van de schematisatie. Deze was voorheen oostelijk ingepast;
 - Graven van watergangen (zie logboek);
 - Herdimensionering van de bodemhoogte, en taluds van watergangen, het graven van watergangen en het verwijdering zuidelijke aantakking (zie logboek en resultaten);
 - Beakendyk staat op NAP 1,95 m en de Bosbeek passeert via vispassage de stuw.
- Gewijzigde meander Molenlaan en de Poasen met 25% tot een meanderende lengte. De totale lengte van het meanderende traject is hiermee 4.000 m;
- Geactualiseerde bergingstakjes op basis van het maaiveldmodel 2024, zie paragraaf 2.9;
- Uitbreiding vispassage de Poasen met vijf schotten (NAP +0,33 m, NAP +0,41 m, NAP +0,49, NAP +0,57 en NAP +0,65) (zonder uitbreiding zakken de waterstanden in het Koningsdiep te ver uit in droge perioden);
- Stuw Heidehuizen naar een streefpeil van NAP +0,75 m in plaats van NAP +0,63 m. Stuw blijft geautomatiseerd;
- De bodemligging ter plaatse van Meander/ bypass Molenlaan is aangepast naar een ondiepere ligging:
 - Nieuwe bodemdiepte verloopt van NAP +1,4 m naar NAP +1,0 m bij de stuwende duiker;
 - De stuwende duiker is verlaagd: Van onderzijde binnenkant NAP +1,2 m naar NAP +1,0 m;
 - Bodem benedenstrooms van de duiker tot aan de drempel is verlaagd: 10 cm onder het niveau van de drempel.

Naast variant A1 versie 4, zijn verschillende verkennende varianten doorgerekend om de effecten van wijzigingen in begroeiingsgraad, afvoeroptimalisatie en extreme neerslag (zoals de Valkenburg bui) te analyseren. Deze varianten worden in de onderstaande paragrafen beschreven.

3.1.2.1 Verkennende variant scenario begroeiingsgraad

Als uitgangspunt voor deze variant geldt de referentiejaar 2011/2012. In vergelijking met variant A1 versie 4 is besloten om de huidige vaste γ -waarde (begroeiingsgraad) volgens Bos en Bijkerk aan te passen. Deze waarde is gewijzigd naar een situatie met extra begroeiing, zoals beschreven door Vechtstromen (Vechtstromen, 2017).

Concreet is de begroeiingsgraad aangepast van 22,5 naar 15,0. Deze aanpassing geldt voor de blauw gearceerde watergangen en meander bij Heidehuizen en Mouneleane, zoals weergegeven in figuur 3-8).



Figuur 3-8 Ligging bovenloop Koningdiep (Alddijp) waarbij de begroeiingsgraad is gewijzigd naar een sterk begroeide situatie γ -waarde: 15,0 (blauw gemarkeerd).

3.1.2.2 Verkennende variant scenario begroeiingsgraad en afvoeroptimalisatie

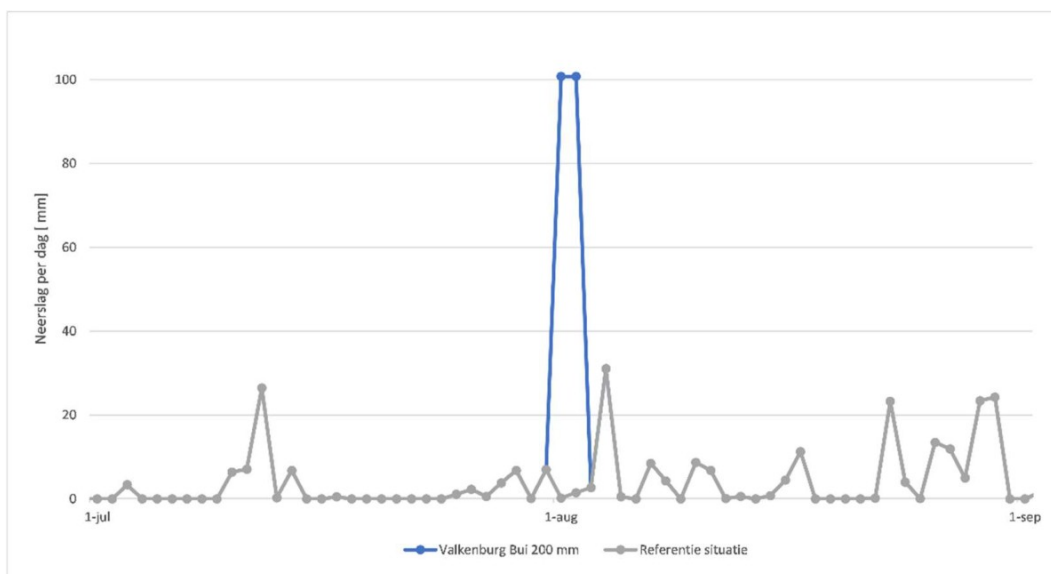
Deze berekening bouwt voort op de variant A1 versie 4 met een verhoogde begroeiingsgraad en richt zich op een verbeterde afvoer naar de Poasen. Hierbij wordt de stuw bij Heidehuizen afhankelijk gemaakt van de waterhoogte bij meetstation MM. De belangrijkste wijzigingen zijn de aanpassing van de sturing van de stuw bij Heidehuizen naar een streefpeil van NAP +0,9 m bij punt MM, gelegen bij Mouneleane benedenstrooms. Daarnaast zijn er twee extra uitvoerpunten toegevoegd op locaties K2 en R2, en is een meanderlengte van 200 meter toegevoegd bovenstrooms van uitvoerpunt K2.

3.1.2.3 Verkennende variant Valkenburg bui

Naast de eerder beschreven scenario's is een aanvullende verkennende berekening uitgevoerd waarbij de zogenoemde Valkenburgbui als uitgangspunt is genomen. Deze bui betreft een extreme neerslagsituatie met een totale hoeveelheid van circa 200 mm in korte tijd. Dit komt overeen met de waarnemingen zoals beschreven in de Analyse overstroming Valkenburg (Waterschap Limburg, 2021). Inleiding en visie op klimaatadaptatie (2018–2050) hieruit vormen de achtergrond: door klimaatverandering komen zulke buitensporige buien steeds vaker voor (2050 $\approx 3\times$, 2085 $\approx 6\times$ de huidige kans).

Er is bewust gekozen om deze bui te combineren met de uitgangspunten van de periode van het najaar 2010. Hoewel deze gebeurtenissen oorspronkelijk niet gelijktijdig plaatsvonden, biedt

deze samengestelde situatie inzicht in de systeemreactie onder zware neerslagbelasting. De opgelegde neerslag voor deze variant is weergegeven in figuur 3-9.



Figuur 3-9 Weergave neerslag per dag bij de Valkenburg bui, geprojecteerd op het najaar 2010. Te zien is dat er met de Valkenburg bui in totaal 200 mm valt op 1 en 2 augustus. Daarnaast is er sprake van een natuurlijke piek: in de laatste week van augustus 2010 is opgeteld 105,7 mm neerslag gevallen.

Voor de overige scenario's is gerekend met gestandaardiseerde of representatieve neerslagreeksen die meer gangbare omstandigheden weerspiegelen. De toepassing van de Valkenburgbui vormt daarmee een aanvullende stresstest binnen de analyse.

Effecten van de uitzonderlijke regenbui bij Valkenburg (juli 2021) zijn onderdeel van de Nederlandse klimaatstresstesten (DPRA), waarin gebieden elke zes jaar worden doorgerekend op extreme neerslag.

4 Resultaten

Dit hoofdstuk presenteert de belangrijkste resultaten van de hydrologische modelberekeningen. De effecten van de verschillende varianten op waterstanden, afvoer en stroomsnelheden zijn voor meerdere situaties doorgerekend en geanalyseerd. Voor de leesbaarheid zijn alleen representatieve, samengestelde grafieken opgenomen. De volledige dataset is beschikbaar in de bijbehorende Excel-bestanden. In de volgende paragrafen worden de resultaten en de verschillen tussen de varianten verder geduid en samengevat.

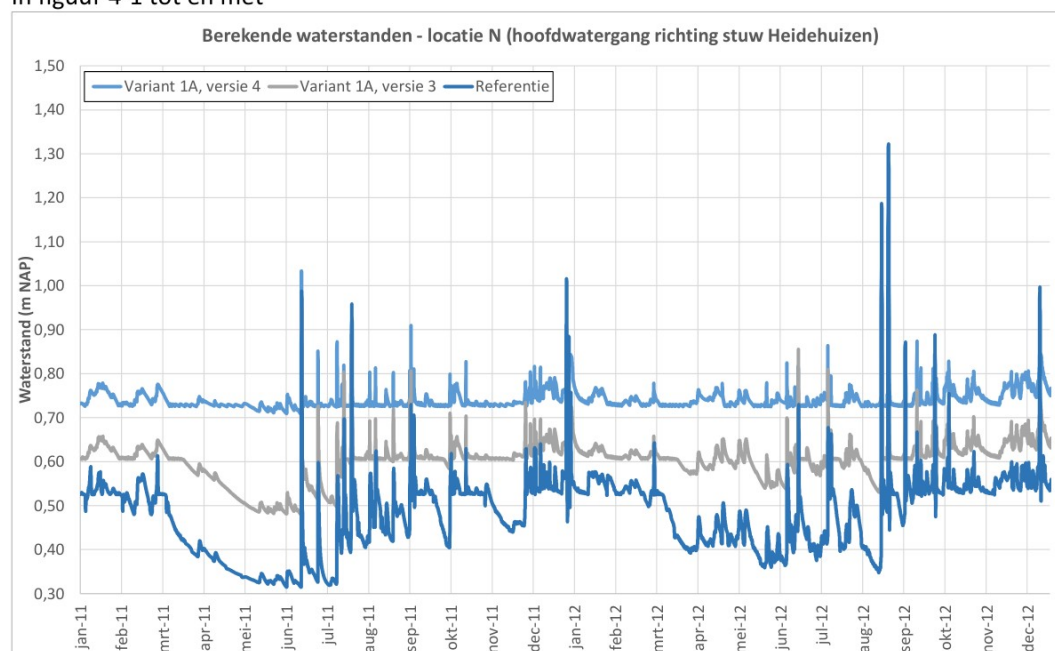
Bij de analyse wordt onderscheid gemaakt tussen de hydrologische effecten waarbij variant A1 versie 4 op hoofdlijnen wordt vergeleken met de referentiesituatie en variant A1 versie 3. Daarnaast wordt specifiek ingegaan op lokale stroomsnelheden. Tot slot zijn de effecten van twee verkennende varianten beknopt beschreven om inzicht te geven in het functioneren van het systeem onder gewijzigde omstandigheden.

4.1 Hydrologische effecten

Het aantal varianten heeft een grote hoeveelheid aan resultaten opgeleverd. Om het overzicht te bewaren staan in deze paragraaf de belangrijkste bevindingen samengevat. Hierbij ligt de focus op variant A1 versie 4.

4.1.1 Waterstanden

In figuur 4-1 tot en met

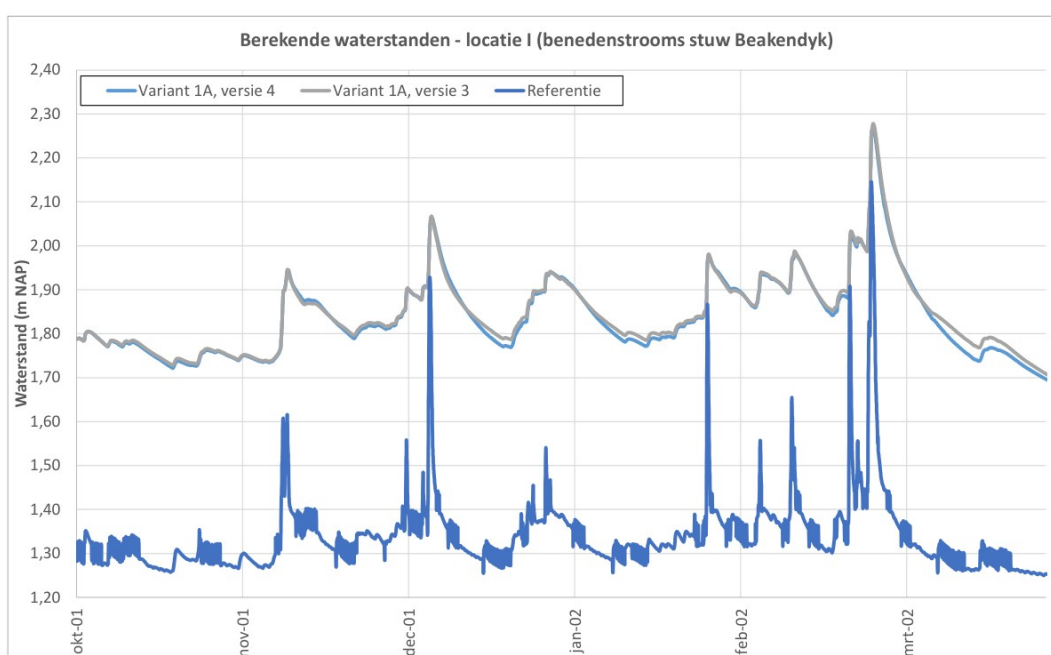


figuur 4-4 worden de berekende waterstanden vergeleken voor drie representatieve locaties: locatie I (benedenstrooms stuw Beakendyk, gebied Berging en Bosloop), locatie L (benedenstrooms stuw Molenlaan, gebied Meander/ Bypass Molenlaan) en locatie N (tussen de Poasen en stuw Heidehuizen, gebied Hermeandering en de Poasen). De grafieken tonen de

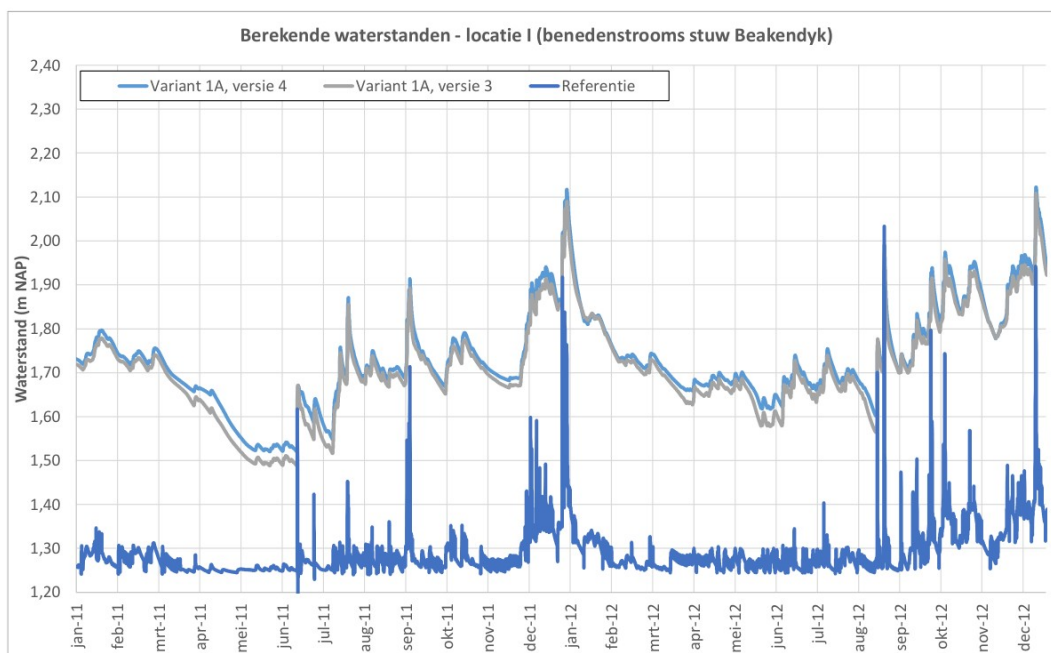
waterstanden voor variant A1 versie 4 ten opzichte van variant A1 versie 3 en de referentiesituatie.

In de figuren is te zien dat benedenstrooms van stuw Beakendyk de waterstanden bij variant A1 versie 4 structureel hoger liggen dan in de referentiesituatie. Ook is er sprake van een dynamischer verloop van de waterstanden. Deze hogere waterstanden worden veroorzaakt door de uitgevoerde inrichtingsmaatregelen. Wel liggen de waterstanden vergelijkbaar met variant A1 versie 3.

Verder valt op dat in extreme situaties de piekwaterstand in de referentiesituatie de waterstand bij variant A1 versie 4 benadert. Een enkele keer is de piekwaterstand in de referentiesituatie zelfs hoger.



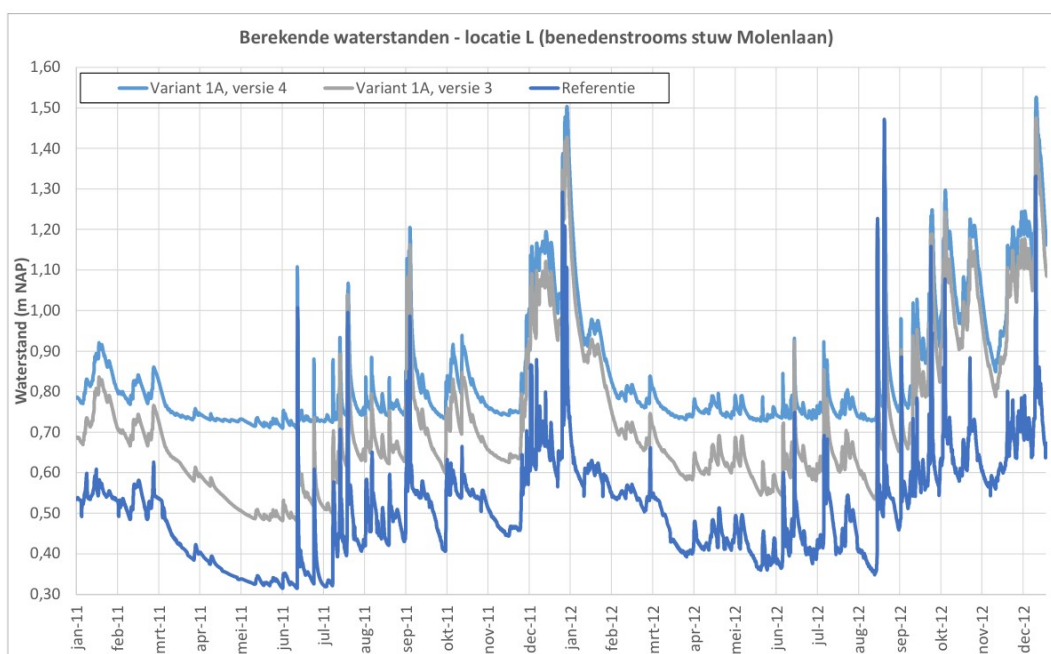
Figuur 4-1 Berekende waterstand locatie I, winter 2001-2002, variant A1 versie 3, variant A1 versie 4 en referentie.



Figuur 4-2 Berekende waterstand locatie I, 2011-2012, variant A1 versie 3, variant A1 versie 4 en referentie.

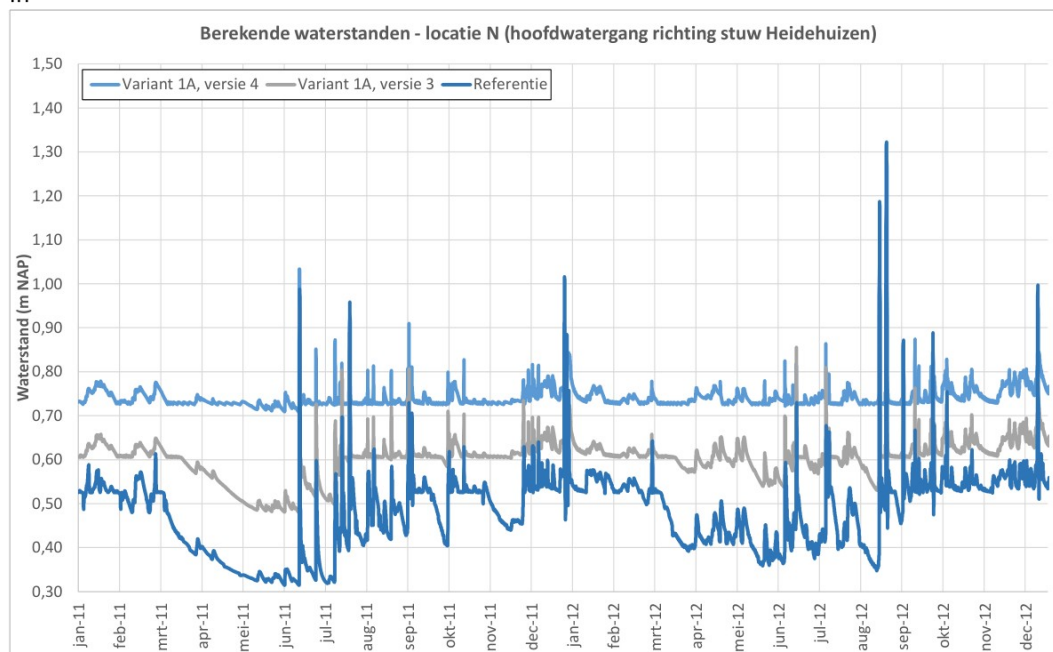
In figuur 4-3 (locatie L, benedenstrooms van stuw Molenlaan) is te zien dat benedenstrooms van stuw Molenlaan de berekende waterstand bij variant A1 versie 4 hoger dan variant A1 versie 3 en de referentiesituatie ligt. De hogere waterstand ten opzichte van de referentiesituatie komt door de inrichtingsmaatregelen. De geautomatiseerde stuw Heidehuizen heeft een streefpeil van NAP +0,75 m gekregen i.p.v. NAP +0,55 m en er vindt hermeandering plaats tussen stuw Molenlaan en de Poasen.

Het verhogen van het streefpeil van stuw Heidehuizen bij variant A1 versie 4 heeft gevolgen voor de afvoer via de Poasen. Wanneer er hier geen maatregelen worden genomen, zal de afvoer via de Poasen toenemen en kan in droge perioden de waterstand in peilgebied Heidehuizen tot ver onder het stuwpeil uitzakken. In de huidige situatie heeft het meest bovenstroomse schot van de vistrap in de Poasen namelijk een hoogte van NAP +0,25 m. Om de waterstand niet te ver uit te laten zakken, zijn bij de vistrap in de Poasen bij variant A1 versie 4 aanvullende schotten nodig. Het hoogste schot komt hier op NAP +0,65 m.



Figuur 4-3 Berekende waterstand locatie L, 2011-2012, variant A1 versie 3, variant A1 versie 4 en referentie.

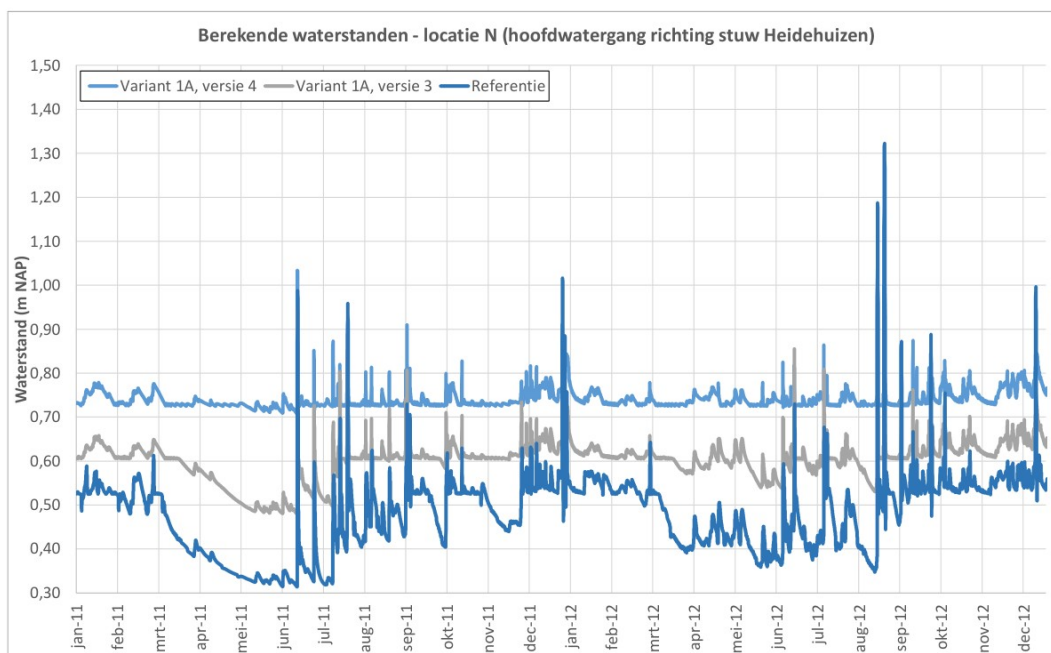
In



figuur 4-4 (tussen stuw Heidehuizen en Poasen) staat de berekende waterstand in de watgang naar stuw Heidehuizen. Ook voor deze variant ligt de berekende waterstand bij variant A1 versie 4 hoger dan de referentie en variant A1 versie 3. Te zien is dat op deze locatie de dynamiek in de waterstanden bij variant A1 versie 4 het kleinst is.

Variant A1 versie 4 laat structureel de hoogste waterstanden zien. Dit komt doordat stuw Heidehuizen vast staat ingesteld op NAP +0,75 m in plaats van NAP +0,63 m en door de aanvullende schotten bij de vistrap in de Poasen. Deze initieel hogere waterstand zorgt ervoor dat de pieken ter plaatse van stuw Molenlaan lokaal 3-5 cm hoger zijn dan variant A1 versie 3.

Uit deze resultaten volgt dat de referentiesituatie structureel hogere piekwaterstanden laat zien dan de inrichtingsvarianten. Bij piekwaterstanden blijken de waterstanden in de referentiesituatie hoger te liggen dan bij variant A1 versie 4. In sommige gevallen overstijgen de piekwaterstanden zelfs die van variant A1 versie 3.

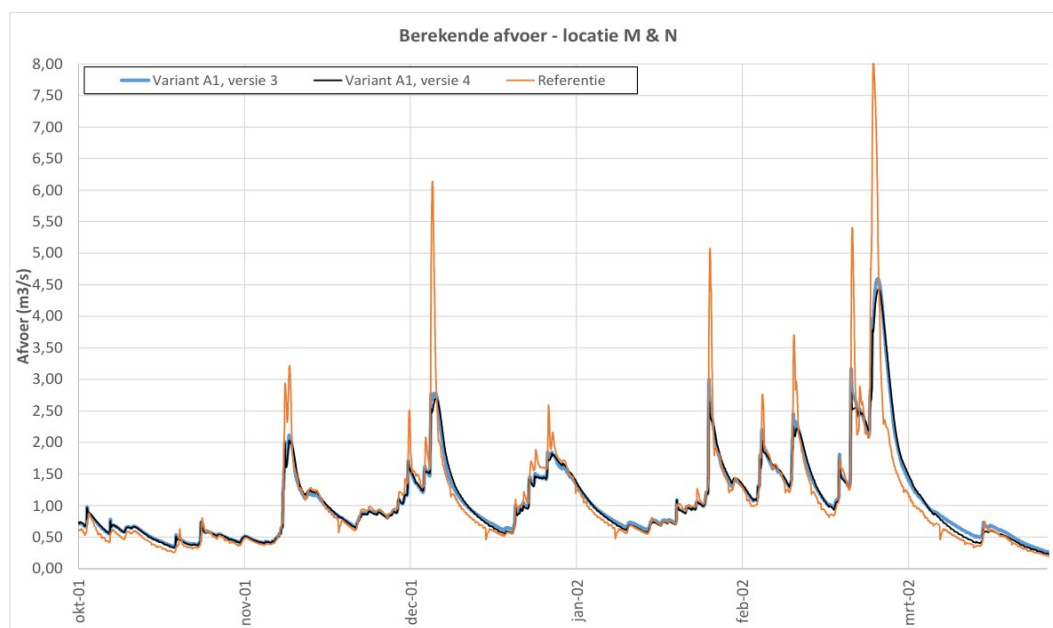


Figuur 4-4 Berekende waterstand locatie N, 2011-2012, variant A1 versie 3, variant A1 versie 4 en referentie.

Samenvattend leidt de herinrichting ertoe dat piekwaterstanden bovenstrooms bij Berging en Bosloop afnemen, terwijl ze benedenstrooms juist toenemen. Dit is het gevolg van specifieke maatregelen zoals hermeandering, aanpassing van stuwinstellingen en uitbreiding van vispassages.

4.1.2 Afvoeren

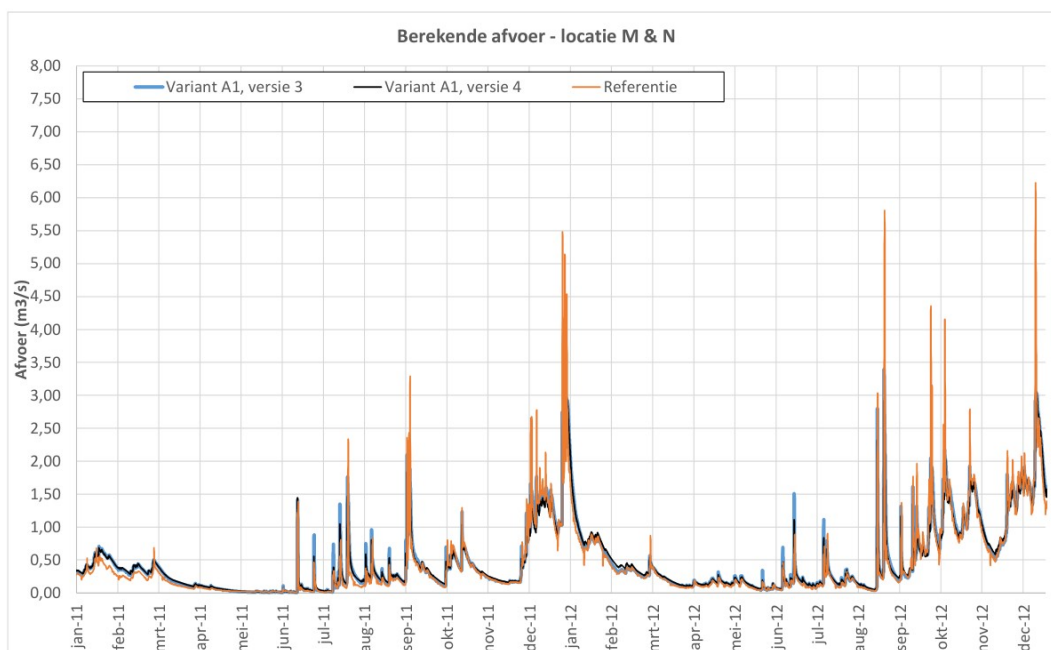
In figuur 4-5 en figuur 4-6 staat de berekende afvoer van de locaties M en N opgeteld. Het betreft gecombineerde grafieken met hierin de waterstand bij variant A1 versie 4, variant A1 versie 3 en de referentiesituatie. Locatie M is de afvoer richting de Poasen en locatie N is afvoer in de hoofdwatgang tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.



Figuur 4-5 Berekende afvoer M+N, winter 2001-2002, variant A1 versie 3, variant A1 versie 4 en referentie.

In figuur 4-5 is te zien dat de afvoer bij variant A1 versie 4 en A1 versie 3 vergelijkbaar is. Dit geldt voor zowel de afvoerdynamiek als de hoogte van de afvoer. Als naar de referentiesituatie wordt gekeken dan valt op dat de piekafvoer in de referentiesituatie veel groter is dan bij de beide inrichtingsvarianten. Het blijkt dus dat door de inrichting de afvoer in pieksituatie kleiner wordt. Dit komt doordat er meer water wordt vastgehouden en geborgen na herinrichting van het watersysteem. Het vasthouden en bergen van water zal benedenstroomse gelegen gebieden in extreme neerslag situaties dus ontlasten.

In figuur 4-6 is voor de jaren 2011-2012 hetzelfde beeld te zien als in de hiervoor besproken winter van 2001-2002. Bij de lagere afvoeren zijn de verschillen tussen alle drie de varianten minimaal. In pieksituatie is de afvoer in de referentiesituatie veel hoger.



Figuur 4-6 Berekende afvoer locatie M+N, 2011-2012, variant A1 versie 3, variant A1 versie 4 en referentie.

Het watersysteem na inrichting kent een kleinere piekafvoer dan de referentiesituatie, wat wijst op een robuuster systeem bij extreme neerslag.

4.1.3 Stroomsnelheid

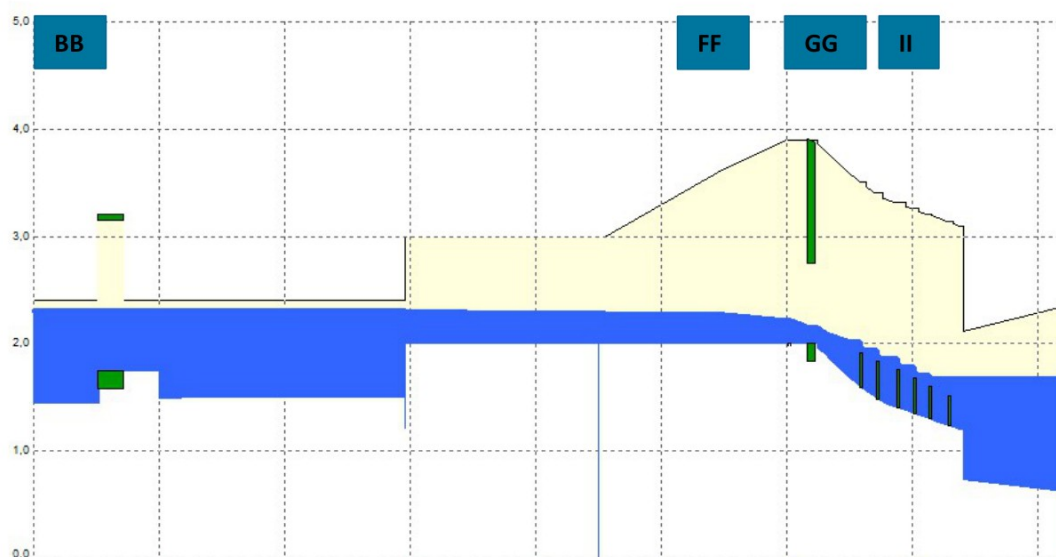
Voor de beoordeling van de maatregelen is gekeken naar de stroomsnelheden bij maatregellocaties. Dit is van belang voor ecologische functies zoals vispasseerbaarheid en vegetatieontwikkeling. De analyse is uitgevoerd voor variant A1 versie 4, op basis van modelberekeningen in SOBEK. Er zijn meetpunten geselecteerd bij de locaties met maatregelen, met aanvullende punten boven- en benedenstrooms. De beoordeling richt zich op gemiddelde omstandigheden.

De analyse richt zich op drie gebieden:

1. Berging en Bosloop
2. Meander / Bypass Molenlaan
3. Hermeandering en de Poasen

Berging en Bosloop

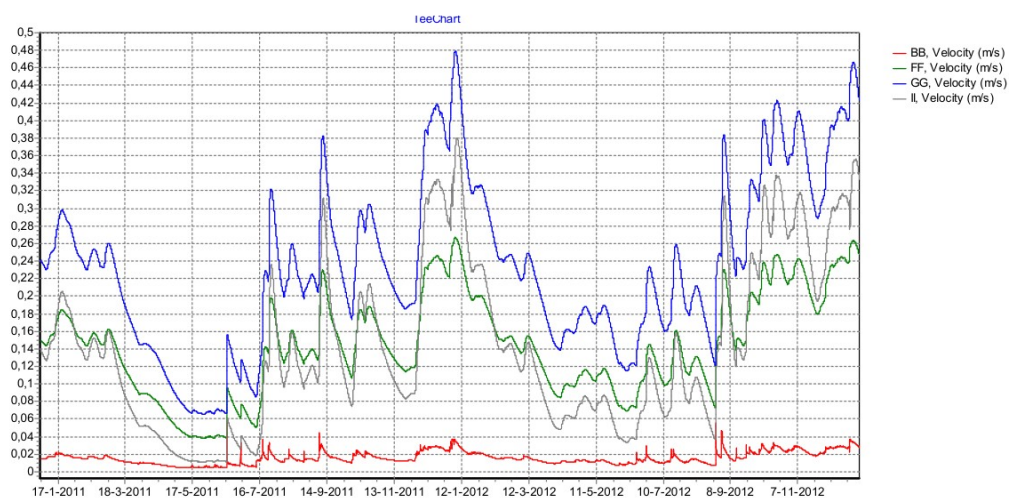
In figuur 4-7 is de ligging van de meetpunten in het profiel opgenomen. De bijbehorende stroomsnelheden zijn weergegeven in figuur 4-8.



Figuur 4-7 Side view met berekende waterstanden ter plaatse van de Bosloop, juni 2011 met aanduiding van uitvoerlocaties.

In het bergingsgebied (locatie BB) zijn de stroomsnelheden zeer laag. Onder normale omstandigheden blijven deze onder 0,05 m/s, wat past bij de brede profielvorm en het buffervermogen van dit deel van het systeem. Deze lage snelheden zijn wenselijk in verband met waterberging, maar ecologisch minder interessant. Stroming is hier in droge perioden nauwelijks aanwezig.

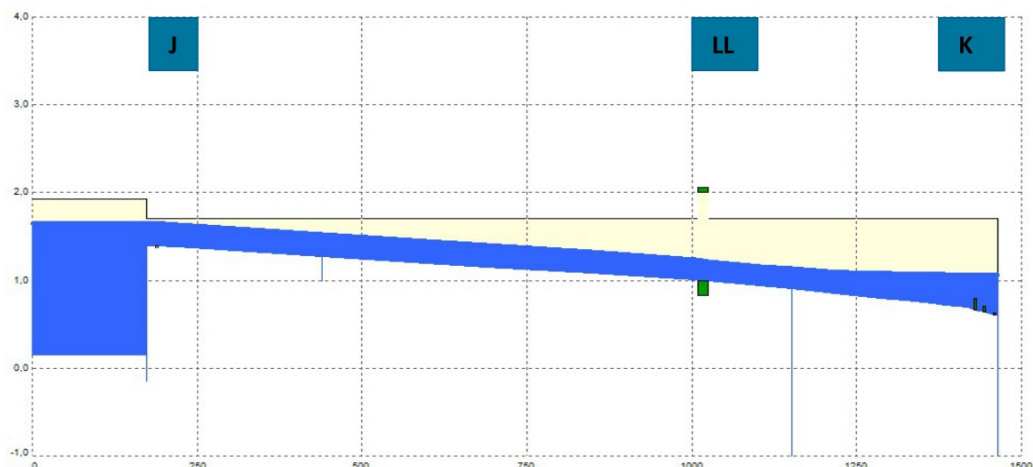
Stroomafwaarts, in de Bosloop (locatie FF), neemt de stroomsnelheid toe. Hier worden waarden van circa 0,05-0,20 m/s gemeten. Richting de vispassages (locaties GG en II) neemt de snelheid lokaal verder toe. Deze ligt daar onder normale omstandigheden tussen 0,10-0,30 m/s.



Figuur 4-8 Berekende stroomsnelheden ter plaatse van de bosloop, variant A1 versie 4.

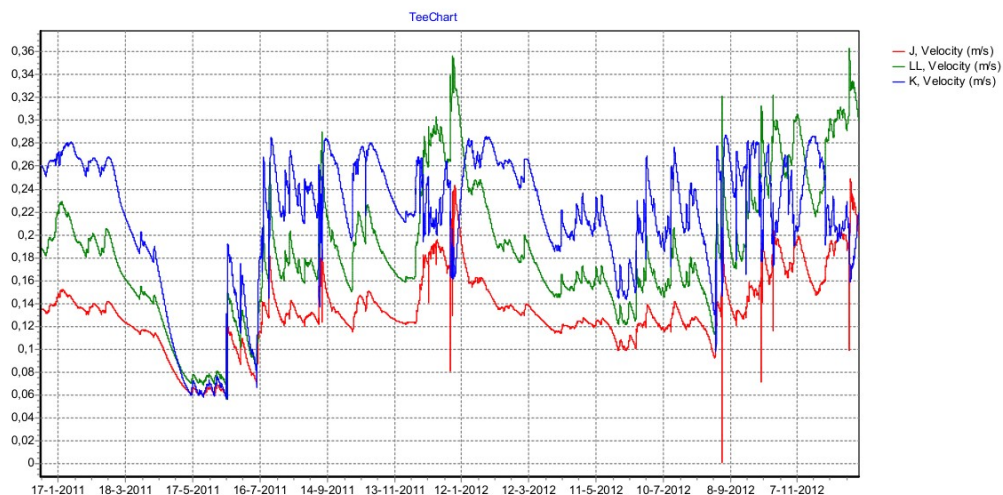
Meander/ bypass Molenlaan

In figuur 4-9 is de ligging van de meetpunten in het profiel opgenomen. De bijbehorende stroomsnelheden zijn weergegeven in figuur 4-10.



Figuur 4-9 Side view met berekende waterstanden ter plaatse van de Meander/ bypass Molenlaan, juni 2011 met aanduiding van uitvoerlocaties.

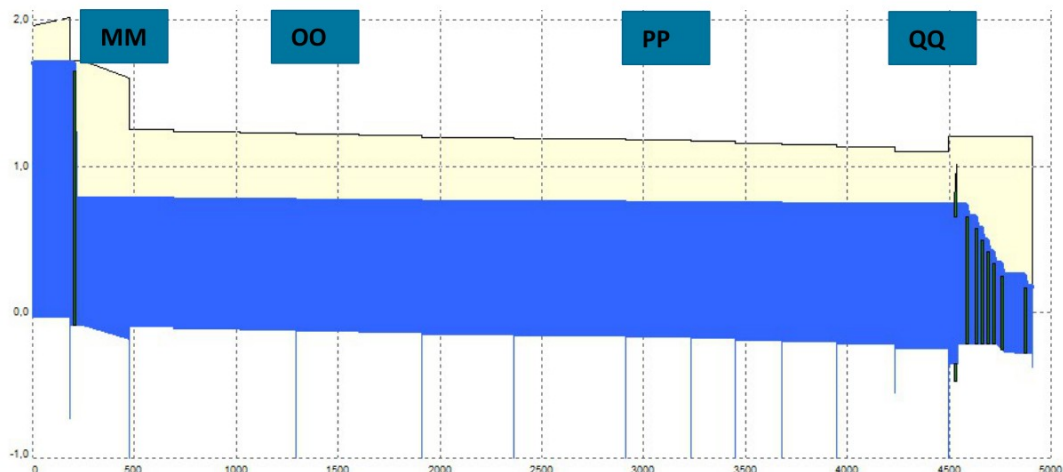
Bij de inlaat van de meander (locatie J) ligt de stroomsnelheid rond 0,10 m/s, wat past bij het profiel. Bovenstrooms van de vispassage (locatie LL en K) zijn de snelheden groter met gemiddeld rond 0,20 en 0,25 m/s. Dit is in overeenstemming met de hogere waterstanden die hier lokaal in figuur 4-9 zichtbaar zijn.



Figuur 4-10 Berekende stroomsnelheden ter plaatse van de Meander/ bypass Molenlaan, variant A1 versie 4.

Hermeandering en de Poasen

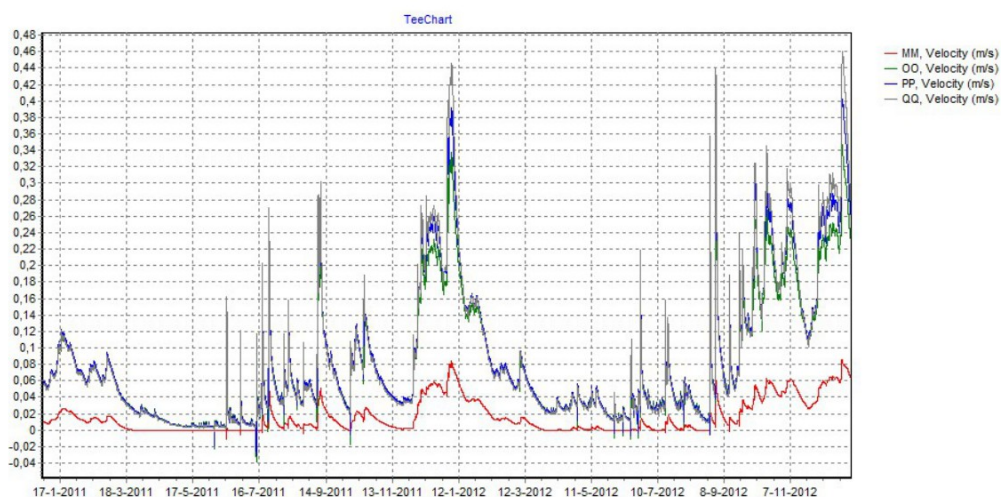
De ligging van de meetpunten is weergegeven in figuur 4-11. De bijbehorende stroomsnelheden zijn weergegeven in figuur 4-12.



Figuur 4-11 Side view met berekende waterstanden ter plaatse van de stuw Molenlaan en de Poasen, juni 2011 met aanduiding van uitvoerlocaties.

Bij Mouneleane (locatie MM), net benedenstrooms van de stuw, zijn de stroomsnelheden onder normale omstandigheden laag. Dit komt door het verhoogde streefpeil en de bijbehorende opstuwing in dit deel van het systeem. De snelheid blijft hier onder de 0,10 m/s.

Verder stroomafwaarts, bij de meetpunten OO, PP en QQ, liggen de snelheden iets hoger, gemiddeld tussen 0,05 en 0,15 m/s. De verschillen tussen deze locaties zijn klein. Dit komt overeen met het gelijkmatige dwarsprofiel en de stabiele afvoer in het hermeanderde traject tussen de stuw en de Poasen.



Figuur 4-12 Berekende stroomsnelheden ter plaatse van de stuw Molenlaan - de Poasen, variant A1 versie 4.

De analyse van de stroomsnelheden rond de maatregellocaties laat zien dat het systeem onder normale afvoercondities functioneert binnen hydraulisch en ecologisch aanvaardbare grenzen. Alleen bij lage waterstanden en in ondiepe delen kunnen tijdelijk stagnaties optreden.

4.2 Verkennende varianten

4.2.1 Begroeiingsgraad en afvoeroptimalisatie

Twee verkennende varianten zijn doorgerekend op basis van het referentiejaar 2011/2012, als uitbreiding op variant A1 versie 4. Ze zijn bedoeld om inzicht te verkrijgen in de robuustheid van het systeem onder alternatieve beheer- en klimaatomstandigheden. Het gaat om de volgende varianten:

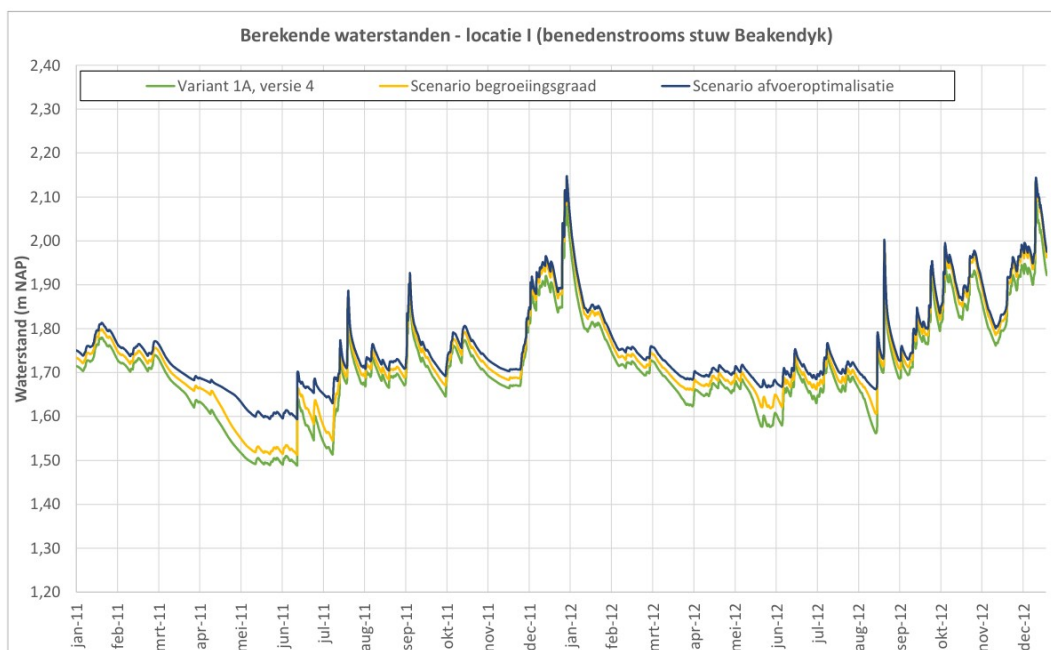
- Scenario begroeiingsgraad:
Verhoogde vegetatie in de watergangen (zie figuur 3-8). Deze aanpassing is toegepast op trajecten bij Heidehuizen en Mouneleane.
- Scenario begroeiingsgraad + afvoeroptimalisatie:
Zelfde vegetatie als scenario begroeiingsgraad, plus dynamische sturing van stuw Heidehuizen op peilmeetpunt MM, met verhoogd streefpeil (NAP +0,90 m).

In figuur 4-13 is te zien dat bij locatie I de waterstand bij beide verkennende varianten hoger ligt dan bij variant A1 versie 4. Deze verhoging wordt grotendeels veroorzaakt door de aangepaste begroeiingsgraad, die leidt tot meer weerstand in de afvoer.

Voor het scenario begroeiingsgraad is tijdens piekmomenten een verhoging zichtbaar van ongeveer 5 cm ten opzichte van A1 versie 4. Bij het scenario afvoeroptimalisatie is deze toename groter, met een verschil van ongeveer 12 cm, wat het gevolg is van het verhoogde streefpeil van de stuw bij Heidehuizen.

In beide scenario's ligt de waterstand tijdens neerslagpieken hoger dan in de basisvariant. De resultaten laten zien dat het systeem door de toename in vegetatie gevoeliger wordt voor piekbuien.

In tegenstelling tot wat verwacht zou kunnen worden, is bij deze locatie geen duidelijke indicatie van extra afvoer onder het scenario afvoeroptimalisatie. De waterstanden liggen in dit scenario zelfs hoger dan bij enkel verhoogde begroeiing. Dit betekent dat de verhoogde sturing nauwelijks effect sorteert op deze locatie. De invloed van de extra begroeiing is dus dominant, en de toegevoegde regelmogelijkheden hebben hier weinig tot geen dempend effect.



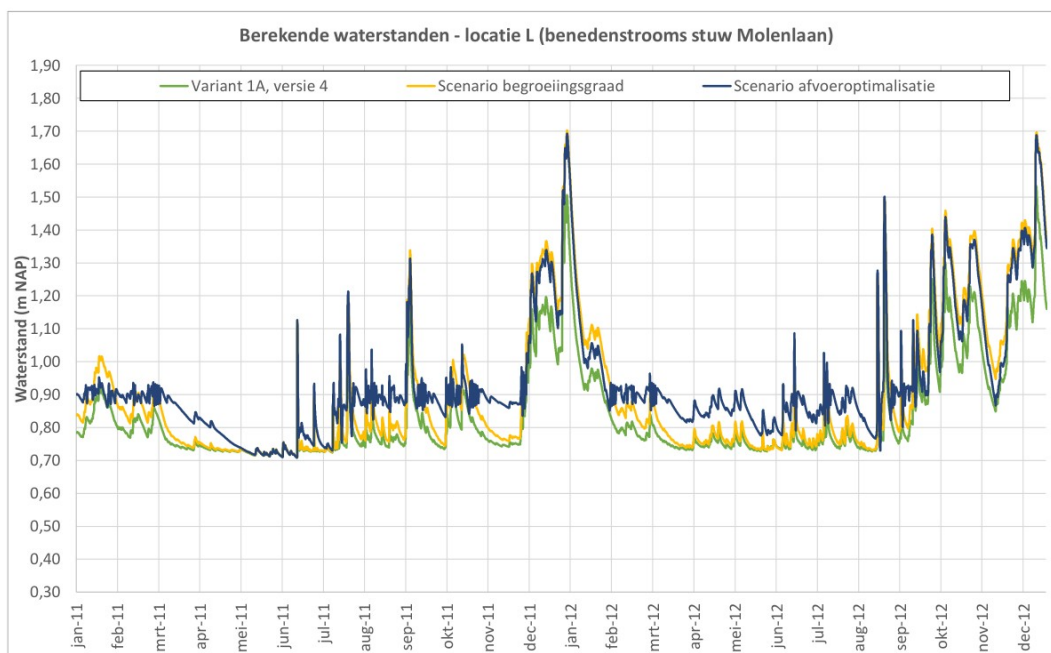
Figuur 4-13 Berekende waterstand locatie I, 2011-2012, variant A1 versie 4, Scenario begroeiingsgraad en Scenario afvoeroptimalisatie.

Figuur 4-14 toont dat de waterstanden benedenstrooms van stuw Molenlaan bij beide verkennende varianten hoger zijn dan bij variant A1 versie 4. Bij het scenario begroeiingsgraad komt dit door de extra vegetatie, wat zorgt voor meer afvoerweerstand. In het scenario afvoeroptimalisatie speelt daarnaast het verhoogde streefpeil van stuw Heidehuizen (NAP +0,90 m) een duidelijke rol. Beide aanpassingen leiden tot hogere waterstanden in dit deel van het systeem.

De lagere γ -waarde in beide verkennende varianten zorgt voor meer weerstand in de afvoer. Hierdoor lopen de waterstanden op. Tijdens winterpieken zijn de verschillen het grootst. Ten opzichte van variant A1 versie 4 stijgt de waterstand met maximaal circa 20 cm.

Dit effect treedt op bij beide scenario's, maar is het sterkst bij afvoeroptimalisatie. Daar draagt het hogere streefpeil van de stuw bij aan extra ophoping van water.

De aangepaste stuwsturing heeft ook op deze locatie nauwelijks effect. Er is geen duidelijke afname van de waterstand of spreiding van de pieken zichtbaar. De invloed van de begroeiing is hier bepalend.



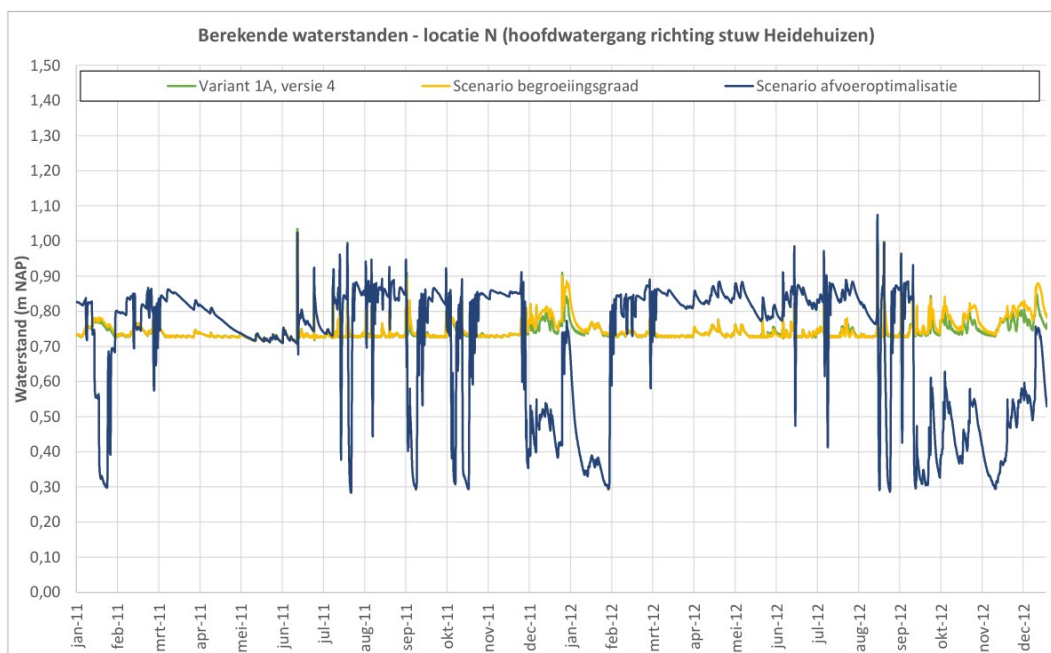
Figuur 4-14 Berekende waterstand locatie L, 2011-2012, variant A1 versie 4, Scenario begroeiingsgraad en Scenario afvoeroptimalisatie.

Figuur 4-15 toont de berekende waterstanden bij locatie N, verder benedenstrooms in het systeem. Ook hier zijn de waterstanden bij het scenario begroeiingsgraad duidelijk hoger dan bij variant A1 versie 4, als gevolg van de verhoogde weerstand in de watergang.

Bij het scenario afvoeroptimalisatie is een ander patroon zichtbaar. De waterstanden zijn hier sterk wisselend. Op sommige momenten stijgt het peil tot ruim boven NAP +0,90 m, gevolgd door een plotselinge daling. Dit wijst erop dat het systeem traag reageert op snelle afvoerpieken.

De stuw stuurt in deze variant op een vast peil van NAP +0,90 m, maar als het peil bij het meetpunt te hoog wordt, zakt de stuw volledig. Daardoor ontstaat een korte periode met snelle afvoer, waarna het systeem tijdelijk leegloopt.

Dit zorgt voor een schommelend verloop van de waterstand. De resultaten laten zien dat de afvoer capaciteit in dit deel van het systeem onvoldoende is om grotere pieken direct op te vangen. Hierdoor ontstaat een vertraagde respons en grotere variatie in waterstanden.



Figuur 4-15 Berekende waterstand locatie N, 2011-2012, variant A1 versie 4, Scenario begroeiingsgraad en Scenario afvoeroptimalisatie.

De verkennende varianten laten zien dat toename van vegetatie in de watergangen een duidelijk effect heeft op de waterstanden, met name bij piekafvoeren. De sturing van stuw Heidehuizen volgens het scenario afvoeroptimalisatie blijkt hierbij nauwelijks in staat om pieken effectief te dempen. De resultaten tonen dat vegetatiedichtheid een bepalende factor is voor de hydraulische respons van het systeem.

4.2.2 Valkenburg bui

Daarnaast is er ook een aanvullende variant doorgerekend waarbij expliciet het effect van de Valkenburgbui is geanalyseerd. Deze gebeurtenis was extreem zeldzaam en dient als testcase voor het watersysteem.

Afvoeren

Deze paragraaf vergelijkt de model-berekende piekafvoeren in het Koningsdiep voor de Valkenburgbui met een 10-jaarsontwerpbeurt (T10). Tabel 4-1 toont de berekende maximale afvoeren (m³/s) bij de belangrijkste knooppunten.

De maximale afvoeren in het Koningsdiep-systeem nemen toe door de Valkenburgbui op verschillende locaties. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Locaties H/I (benedenstroomse peilvakken): bij Valkenburgbui 1,83 m³/s, tegenover 1,47-1,49 m³/s in T10-situatie. Het verschil is +0,34 - +0,36 m³/s (ruim 20% hoger). Dit wijst op sterkere toestroming naar de benedenloop.
- Locatie M (richting Poasen): Valkenburgbui 0,56 m³/s t.o.v. T10-situatie 0,27 m³/s. De afvoer is verdubbeld (+0,29 m³/s), wat het relatief grootste verschil toont.
- Locatie N (hoofdwaterring bij stuw Heidehuizen): Valkenburgbui 4,74 m³/s t.o.v. T10-situatie 4,18 m³/s, een toename van +0,56 m³/s. Dit is het hoogste piekdebiet in het systeem.
- Overige locaties: J/K/ L verschillen nauwelijks of gelijk gebleven; bij de zijtak (Bosloop D/E) is de toename minimaal (+0,05 - +0,04 m³/s).

Tabel 4-1 Maximale afvoeren in het Koningsdiep-systeem (m³/s), Valkenburgbui 2021 versus T10-scenario.

Locatie (code)	Naam	Debiet Valkenburgbui (m ³ /s)	Debiet T10-scenario (m ³ /s)
A	Bovenstrooms peilvak	0,47	0,58
C	Benedenstrooms peilvak	0,77	0,63
D	Sloot naar Bosloop	0,66	0,61
E	Bosloop	0,65	0,61
F	Peilvak	0,11	0,10
G	Peilvak	0,03	0,01
H	Bovenstrooms stuw Beakendyk	1,83	1,47
I	Benedenstrooms stuw Beakendyk	1,83	1,49
J	Bovenstrooms in de nieuwe meander	0,81	0,81
K	Benedenstrooms in de nieuwe meander	1,19	1,19
L	Benedenstroomsstuw Molenlaan	2,19	2,20
M	Richting Poasen	0,56	0,27
N	Hoofdwaterring stuw Heidehuizen	4,74	4,18

Bovenstaande toont dat vooral stroomafwaartse secties (H, I, M, N) duidelijk hogere debieten zien. De piekdebiettoename bij N en M duidt op extra piekbelasting in het onderste deel van het stelsel. In absolute zin blijft het debiet met 4,7 m³/s (bij N) echter vergelijkbaar met de T10-waarde.

Waterstanden

Hoewel de afvoeren hoger zijn, leidt dit slechts tot beperkte extra hoogwaterstanden (zie Tabel 4-2). Onder de Valkenburgbui stijgt de waterstand op locatie A naar NAP +3,32 m (tegen NAP + 3,29 m bij T10), een verschil van 3 cm. Ook bij andere punten is het verschil klein: locatie N stijgt met 0,12 m (NAP + 1,02 m t.o.v. NAP + 0,90 m). In het Koningsdiep blijven de verschillen onder de 15 cm.

Tabel 4-2 Maximale waterstanden (m + NAP) bij Valkenburgbui 2021, vergeleken met T10-scenario.

Locatie (code)	Naam	Waterstand Valkenburgbui (m NAP)	Waterstand T10-scenario (m NAP)
A	Bovenstrooms peilvak	3,32	3,29
C	Benedenstrooms peilvak	3,03	3,01
D	Sloot naar Bosloop	3,01	2,99
E	Bosloop	3,01	2,99
F	Peilvak	3,25	3,12
G	Peilvak	3,04	3,01
H	Bovenstrooms stuw Beakendyk	2,52	2,45
I	Benedenstrooms stuw Beakendyk	2,28	2,27
J	Bovenstrooms in de nieuwe meander	2,22	2,22
K	Benedenstrooms in de nieuwe meander	1,81	1,77
L	Benedenstroomsstuw Molenlaan	1,81	1,77
M	Richting Poasen	0,97	0,89
N	Hoofdwaterring stuw Heidehuizen	1,02	0,90

Uit de gesimuleerde resultaten blijkt dat de effecten van de Valkenburgbui op het watersysteem Koningsdiep beperkt lijken binnen de huidige modelaannames. Hoewel er lokale debiettoenames optreden, blijven de waterstanden in het model binnen acceptabele grenzen. Het is hierbij belangrijk om te benadrukken dat het model niet is afgesteld op infrastructureel falen of werkelijke knelpunten onder extreme omstandigheden.

Aandachtspunten zijn:

- *Verhoogde belasting bij stuw Heidehuizen*
Het piekdebiet bij stuw Heidehuizen neemt toe van 4,18 m³/s (T10-situatie) naar 4,74 m³/s tijdens de Valkenburgbui, een stijging van circa 13%. Hoewel de gesimuleerde waterstanden binnen ontwerpwaarden blijven zal in de praktijk significant hogere opstuwing optreden.
- *Knelpunten benedenstrooms richting Poasen*
Bij locatie M wordt een significante debiettoename vastgesteld, met een verdubbeling van het debiet van 0,27 m³/s naar 0,56 m³/s. Dit kan lokaal leiden tot doorvoer capaciteitsproblemen.

Op basis van de uitgevoerde analyse functioneert het watersysteem van het Koningsdiep bij extreme neerslag, zoals de Valkenburgbui robuust. In de huidige situatie worden hoge debieten

goed verwerkt. Wel zijn er onzekerheden, bijvoorbeeld doordat mogelijk falen van stuw en duikers beperkt in het model is meegenomen. Hierdoor blijft het onzeker of het systeem onder alle omstandigheden voldoende blijft presteren.

5 Conclusie en synthese

Uit de uitgevoerde modelberekeningen volgt dat de herziene inrichtingsmaatregelen (variant A1 versie 4) bijdragen aan een robuuster watersysteem, dat beter in staat is piekafvoeren op te vangen en af te vlakken. Ten opzichte van de referentiesituatie en eerdere variant A1 versie 3 resulteert het vernieuwde ontwerp lokaal in hogere waterstanden. Dit effect is vooral zichtbaar benedenstrooms van stuw Beakendyk en stuw Heidehuizen. Tegelijkertijd zorgt de herinrichting ervoor dat piekgevoeligheid bovenstrooms, zoals bij de Berging en Bosloop vermindert

De oorspronkelijke doelen van het inrichtingsplan worden door deze aanpassingen gehaald:

- *Optimale grondwatercondities voor natuurontwikkeling*
Het aangepaste streefpeil van stuw Heidehuizen (NAP +0,75 m) en de verlenging van watergangen creëren stabielere en hogere grondwaterstanden in het beekdal, wat gunstig is voor natuurontwikkeling.
- *Verbeteren grondwaterstanden in bestaande natuurgebieden*
De verhoogde waterstanden, met name in het gebied rond Wijnjeterperschar, dragen bij aan het realiseren van gewenste hydrologische condities voor bestaande natuurgebieden.
- *Vertragen en verminderen piekafvoeren*
De resultaten bevestigen dat er bovenstrooms, vooral rondom de bergingsgebieden bij Bakkefeanster Feart, minder piekafvoer optreedt door extra waterberging. Dit zorgt voor een robuuster systeem onder extreme omstandigheden.

Daarnaast geven de resultaten extra inzicht in specifieke aspecten:

- *Stroomsnelheden en vispasseerbaarheid*
De stroomsnelheden op maatregellocaties liggen binnen ecologisch gunstige grenzen (0,1-0,4 m/s). Alleen bij piekafvoeren en op korte afstand van de vistrap treden lokaal kortdurende hogere waarden op. In droge perioden kan stagnatie optreden, vooral bij geringe waterdiepte. Dit vraagt om aandacht in ontwerp en beheer.
- *Vegetatieontwikkeling*
Extra begroeiing leidt lokaal tot hogere waterstanden (tot 20 cm). Uit de verkennende varianten blijkt dat stuwsuring deze effecten nauwelijks dempt, waarmee vegetatieontwikkeling een bepalende en onzekere factor vormt voor de hydrauliek. Actief beheer is daarom noodzakelijk.
- *Extreme neerslagcondities*
De verkennende varianten laten zien dat het aangepaste watersysteem ook bij extreme neerslag robuuster functioneert dan de referentiesituatie. Het systeem kan piekbelasting beter verwerken, al blijven benedenstroomse locaties gevoelig voor verhoogde pieken.
- *Sturing stuw Heidehuizen*
Uit de verkennende variant blijkt dat dynamische sturing van stuw Heidehuizen beperkt effect heeft op de afvlakking van pieken. De sturing draagt nauwelijks bij aan betere afvoer of demping van effecten op landbouw en natuur. Het vaste hogere peil blijkt effectiever voor het creëren van gewenste natuurcondities. Wel is hierbij aandacht nodig voor lokale effecten op landbouw, vooral in droge perioden.

Onzekerheden en aandachtspunten

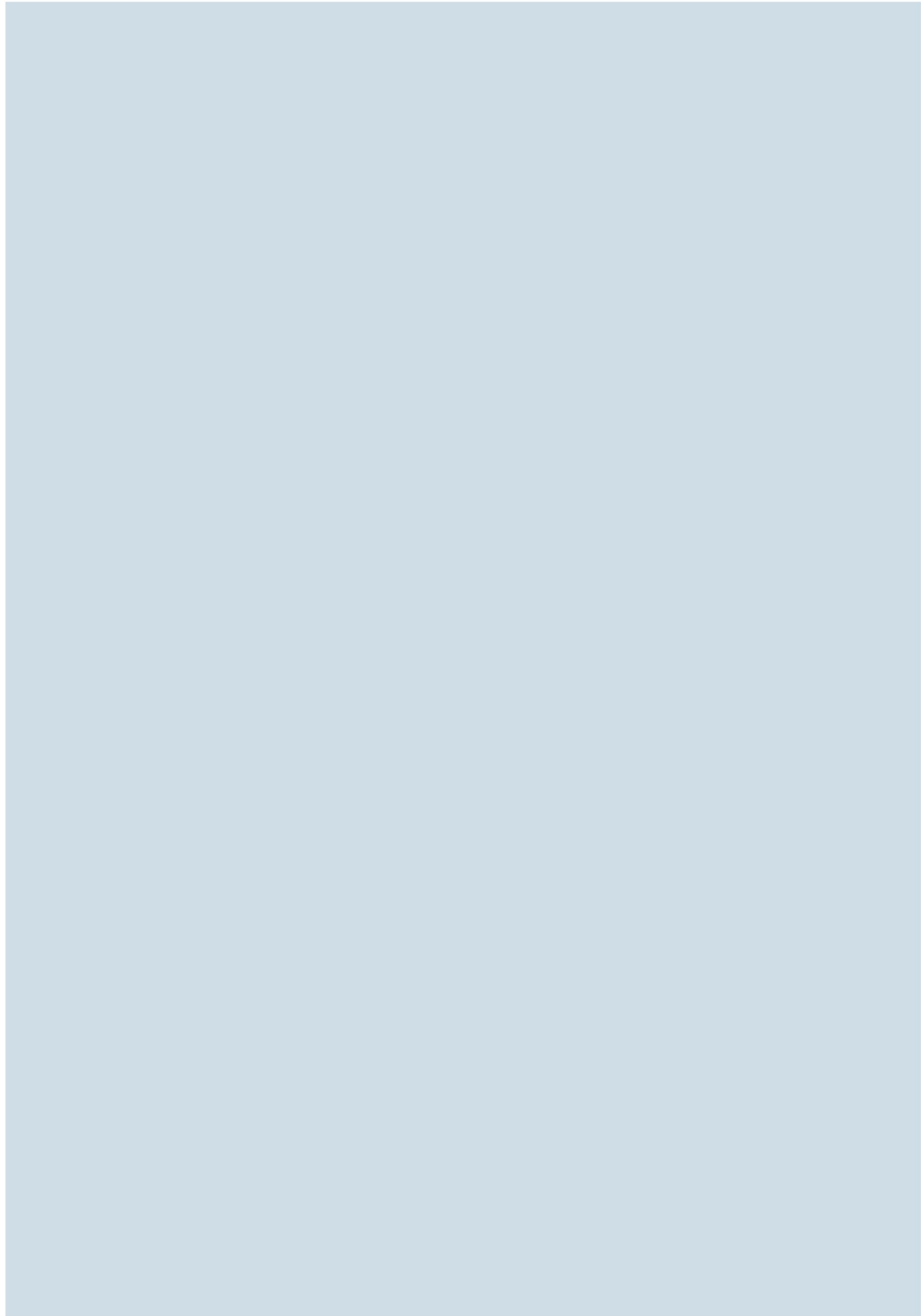
- Een bandbreedte in de modellering betreft de begroeiingsgraad en stromingsweerstand. De huidige berekeningen zijn uitgevoerd voor een licht begroeide situatie (γ -waarde 22,5). De gevoeligheidsanalyse toont echter aan dat een sterk begroeide situatie (γ -waarde 15,0) significante verhogingen van waterstanden kan veroorzaken. Hiermee is gekwantificeerd dat de onzekerheidsmarge van waterstanden door vegetatieontwikkeling in pieksituaties tussen de 5 cm en 20 cm ligt.

Samenvattend

- De herziene inrichtingsmaatregelen (variant A1 versie 4) voldoen aan de oorspronkelijke doelstellingen.
- Vegetatieontwikkeling heeft een dominant effect op de waterstanden en vormt een belangrijke onzekerheidsfactor.
- Dynamische stuwsturing levert nauwelijks extra voordelen op; vaste verhoogde peilen zijn effectiever.
- De stroomsnelheden blijven binnen ecologische grenzen. Bij piekafvoeren en op korte afstand van de vistrap treden lokaal kortdurende hogere waarden op.

6 Bibliografie

Antea Group. (2018). *Modellering herinrichting Koningsdiep - Notitie modelaanpassingen SOBEK*.
Vechtstromen. (2017). *Hydrologische uitgangspunten voor het ontwerp Reggedal Enter*.
Waterschap Limburg. (2021). *Analyse overstroming Valkenburg*.



Bijlage 1 Uitvoerlocaties SOBEK

Deze bijlage bevat een weergave van de uitvoerlocaties modelresultaten. De oorspronkelijke uitvoerlocaties zijn aangeduid met een enkele letter, terwijl de nieuwe locaties herkenbaar zijn aan een dubbele letter. De ligging van alle uitvoerlocaties is in deze bijlage weergegeven.

Tabel b-1 Uitvoerlocaties oorspronkelijk.

Locatie (code)	Naam
A	Bovenstrooms peilvak
C	Benedenstrooms peilvak
D	Sloot naar Bosloop
E	Bosloop
F	Peilvak
G	Peilvak
H	Bovenstrooms stuw Beakendyk
I	Benedenstrooms stuw Beakendyk
J	Bovenstrooms in de nieuwe meander
K	Benedenstrooms in de nieuwe meander
L	Benedenstroomsstuw Molenlaan
M	Richting Poasen
N	Hoofdwaterring stuw Heidehuizen

Tabel b-2 Uitvoerlocaties aanvullend.

Locatie (code)	Naam	Locatie (code)	Naam
AA	Bovenstrooms landbouwpeilvak	NN	Muzebiterspaad
BB	Bergingsgebied oost	OO	N381
CC	Watergang de Jong	PP	Wijnjeterperschar
DD	Bergingsgebied West	QQ	Ingang Poasen
EE	Beakendyk Bovenstrooms	RR	Stuw Heidehuizen
FF	BosBeek	SS	Afvoer heawei
GG	Bekkenpassage 2	TT	Poasbrege
HH	Bekkenpassage 1	UU	Lippenhuisterbrug
II	Bekkenpassage 3	VV	Sweachsterwei
JJ	Beakendyk benedenstrooms	WW	Schipsloot
KK	Mouneleane Bovenstrooms	XX	Duiker A7
LL	Bypass midden	YY	Gorredijk
MM	Mouneleane benedenstrooms	ZZ	Rollbrege



Legenda

★

Uitvoerlocaties

—

Nieuwe waterloop

C1	16-5-2025	DEFINITIEF	SD
NR	DATUM	WIJZIGING	GET.

OPDRACHTGEVER

Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem

PROJECTLEIDER

PROJECTOMSCHRIJVING

Modellering herinrichting Koningsdiep

DATUM

16-5-2025

KAARTTITEL

Overzicht uitvoerlocaties SOBEK variant A

KAARTNUMMER

Aanvullende uitvoerlocaties A1-v4

GIS SPECIALIST

PROJECTLEIDER

DATUM

16-5-2025

STATUS

DEFINITIEF

www.anteagroup.nl

SCHAAL

1:25.000

FORMAAT

A3

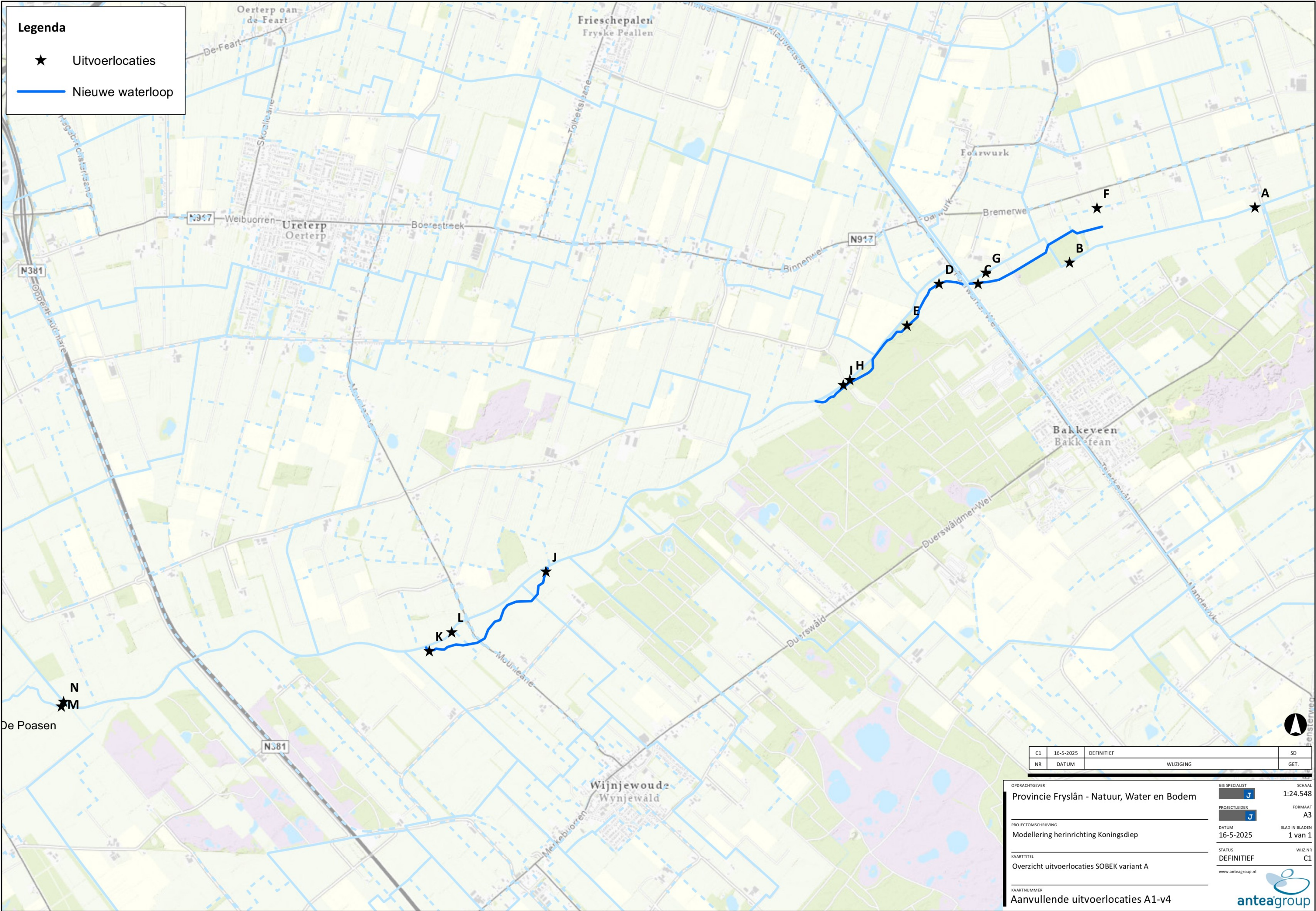
BLAD IN BLADEN

1 van 1

WIJZ.NR

C1

anteagroup



Bijlage 2 Afmetingen kunstwerken

De bijlage bevat gegevens over de afmetingen en eigenschappen van nieuwe kunstwerken binnen variant A van de waterstructuur. De volgende kenmerken zijn opgenomen:

- Duikers en onderleiders: Specificaties zoals streefpeil, bodemhoogte (BOK), diameter en lengte van de duikers.
- Drempels: Hoogte en breedte van drempels in de meanders en cascades.
- Stuwen: Afmetingen van nieuwe en aangepaste stuwen, inclusief streefpeilen en breedtes. Enkele stuwen dienen als noodstuwen of knijpstuwen om waterbeheer binnen de peilgebieden te reguleren.

Afmetingen nieuwe kunstwerken variant A1 versie 4 waterstructuur

Duikers en onderleiders

Sobek_ID	Omschrijving	Inrichtings-variant		BOK	BOK	Diameter	Lengte	Opmerking
				(m NAP)	(m NAP)	(m)	(m)	
A_01	Onderleider onder de Bakkeveensevaart	A1 versie 4		1,75	1,75	1,4	50	Afmetingen hetzelfde als bij variant B. De onderleider ligt nu iets noordelijker. Het idee is dat de duiker in de zomer (deels) droog komt te staan, zodat deze ook als faunaduiker kan functioneren. De onderleider mag daarom niet te diep liggen. De bovenkant van de onderleider komt ongeveer op gelijke hoogte als de bodem van de Bakkfeanstervaart. Dit is een aandachtspunt voor de aanleg. Gezien de lengte van de duiker is het de vraag of de onderleider niet te donker is voor een faunaduiker.
A_D1	Stuwende duiker	A1 versie 4		2,5	2,5	0,4	10	BOK conform projectvoorstel provincie. Afwaterend oppervlak 16 ha, daarom een minimale afmeting van rond 400 mm aangehouden.
A_D2	Stuwende duiker	A1 versie 4		2,75	2,75	0,4	10	BOK conform projectvoorstel provincie. Duiker heeft een beperkt afwaterend oppervlak, daarom een minimale afmeting van rond 400 mm aangehouden. De duiker stuwd de waterstand in het zuidelijk deel van peilgebied op.
Duiker 318	Duiker Bosloop bovenstrooms vanuit vispassage	A1 versie 4		2,0	2,0	B: 1,25 H: 0,75	16	Dimensies vastgesteld op basis van overleg provincie op 28 augustus 2024.
Maatr_B_D2	Stuwende duiker bypass meander	A1 versie 4		1,0	1,0	1,0	15	Drempel op 1,0 m NAP op basis van het digitaal overleg op 8 mei 2025 met het wetterskip en de provincie.

Drempels

Sobek_ID	Omschrijving	Inrichtings-variant		Hoogte	Breedte			Opmerking
				(m NAP)	(m)			
Beakendyk_Cascade_0	Drempel benedenstrooms in de Bosloop	A1 versie 4		1,52				Visdrempels op basis van het digitaal overleg op 26 augustus 2024 met de provincie. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Beakendyk_Cascade_-1	Drempel benedenstrooms in de Bosloop	A1 versie 4		1,60				Visdrempels op basis van het digitaal overleg op 26 augustus 2024 met de provincie. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Beakendyk_Cascade_-2	Drempel benedenstrooms in de Bosloop	A1 versie 4		1,68				Visdrempels op basis van het digitaal overleg op 26 augustus 2024 met de provincie. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Beakendyk_Cascade_-3	Drempel benedenstrooms in de Bosloop	A1 versie 4		1,76				Visdrempels op basis van het digitaal overleg op 26 augustus 2024 met de provincie. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Beakendyk_Cascade_-4	Drempel benedenstrooms in de Bosloop	A1 versie 4		1,84				Visdrempels op basis van het digitaal overleg op 26 augustus 2024 met de provincie. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Beakendyk_Cascade_-5	Drempel benedenstrooms in de Bosloop	A1 versie 4		1,92				Visdrempels op basis van het digitaal overleg op 26 augustus 2024 met de provincie. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Maatr_B_Dr01	Drempel bovenstrooms meander Mouneleane	A1 versie 4		1,40	1,50			
Maatr_B_Dr02	Drempel benedenstrooms meander Mouneleane	A1 versie 4		0,80	4,2			Drempel in de meander Mouneleane op basis van het overleg op 19 juli 2017 bij de provincie. Bodembreedte meander 1 m bij NAP 0 m. Bij een talud van 1:2 is de breedte van de drempel bij een hoogte van NAP 0,8 m dan 4,2 m.
Maatr_B_Dr03	Drempel benedenstrooms meander Mouneleane	A1 versie 4		0,71	4,2			Extra drempel in de meander Mouneleane ivm de vispasseerbaarheid
Maatr_B_Dr04	Drempel benedenstrooms meander Mouneleane	A1 versie 4		0,63	4,2			Extra drempel in de meander Mouneleane ivm de vispasseerbaarheid
Poasen_Cascade_0	Drempel bovenstrooms in de Poasen	A1 versie 4		0,33				Extra trap/schot ivm uitzakken waterstand peilvak Heidehuizen. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Poasen_Cascade_-1	Drempel bovenstrooms in de Poasen	A1 versie 4		0,41				Extra trap/schot ivm uitzakken waterstand peilvak Heidehuizen. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Poasen_Cascade_-2	Drempel bovenstrooms in de Poasen	A1 versie 4		0,49				Extra trap/schot ivm uitzakken waterstand peilvak Heidehuizen. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Poasen_Cascade_-3	Drempel bovenstrooms in de Poasen	A1 versie 4		0,57				Extra trap/schot ivm uitzakken waterstand peilvak Heidehuizen. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen
Poasen_Cascade_-4	Drempel bovenstrooms in de Poasen	A1 versie 4		0,65				Extra trap/schot ivm uitzakken waterstand peilvak Heidehuizen. Afmetingen conform Cascade 1 de Poasen

Stuwen								
Sobek_ID	Omschrijving	Inrichtings-variant		Hoogte	Breedte			Opmerking
				(m NAP)	(m)			
A_S1	Nieuwe stuw t.b.v. peilvak NAP 2,75 m	A1 versie 4		2,75	2,00			Breedte conform bestaande stuw KST-S261 (ligt iets oostelijker dan de nieuwe stuw)
Stuw 308	Nieuwe stuw t.b.v. uitstroom berging Beakendyk bovenstrooms	A1 versie 4		3,20	1,00			Noodstuw waarbij hogere waterstanden de afvoer via het reeds bestaande watersysteem plaats kan vinden.
A_S2	Noodstuw tussen Beakendyk en Bosloop NAP 3,00 m.	A1 versie 4		3,00	2,50			Noodstuw waarbij hogere waterstanden de afvoer via het reeds bestaande watersysteem plaats kan vinden.
Maatr_B_S2	Stuw bij Beakendyk (benedenstrooms in de bosloop)	A1 versie 4		2,00	0,50			knijp 2,00 m+ NAP, op basis van iteraties en combinatie vispassage aangepast van een breedte van 0,15 m naar 0,50 m
KST-S274	Stuw Beakendyk	A1 versie 4		1,95	2,50			Kruinhoogte aangepast naar NAP 1,95 m (niet geautomatiseerd)
Maatr_B_S3	Stuw bij Molenlaan	A1 versie 4		1,65	3,00			Stuw 1,65 m+ NAP, initieel een breedte van 3 m aangehouden, conform afmeting bestaande stuw KST-S354
KST-S377	Stuw Heidhuizen	A1 versie 4		0,75	4,50			Bij variant A2 is de drempel van stuw Heidehuizen NAP+ 0,80 m in plaats van NAP +0,55 m. Daarnaast is de stuw niet meer geautomatiseerd. (Bij variant A1 is de stuw ongewijzigd dus geautomatiseerde met een streefpeil van NAP +0,55 m. Bij variant A1 wordt een hogere waterstand gerealiseerd door een kleiner profiel en hermeandering (10% langere watergang).

Bijlage 3 Aandachtspunten ontwerp

Deze bijlage benoemt de aandachtspunten die relevant zijn bij het ontwerp, op basis van modelresultaten en gemaakte ontwerpkeuzes.

Model

- *Inlaten*
Het SOBEK model is met name gekalibreerd op natte (extreme) perioden. In drogere perioden wordt in de praktijk veelal water ingelaten vanuit de Opsterlânske Kompanjonsfeart, het Afvoerkanaal, de Fryskepeallenfeart en de Bakkeveensevaart. De sturing hiervan gebeurt handmatig en is niet (eenvoudig) in een modelschematisatie op te nemen. Het model is hierdoor onder natte omstandigheden betrouwbaarder dan in droge perioden waarbij het inlaten van water nodig is.
- *Meestromende oevers*
In het model zijn alleen de hoofdwatgangen tot aan de insteek van de oevers meegenomen; een bredere maaiveldzone aan weerszijden ontbreekt. De berging op het maaiveld is elders in het model verwerkt. In de praktijk leidt overstroming tot een beperkte toename van de afvoercapaciteit, afhankelijk van de breedte van de geïnundeerde zone. Doordat de oevers niet in het profiel zijn opgenomen, berekent het model in extreme situaties hogere waterstanden (worst case). Het volledig meenemen van het beekdal in het 1D Flow-model is lastig, mede door aanwezige obstakels zoals wegen. Het meenemen van meestromende oevers is vooral relevant in het peilgebied van stuw Heidehuizen, waar het beekdal breder is dan bovenstrooms van stuw Molenlaan.

Ontwerp

- *Knijpconstructie Bosloop*
In het model heeft de knijpconstructie een hoogte van NAP +2,0 m. In de praktijk kan een dergelijke overstort een knelpunt vormen, bijvoorbeeld door ophoping van drijfvuil. Ten opzichte van eerdere ontwerpen is de constructie verbreed en verder praktisch uitgewerkt.
De knijpconstructie hangt nauw samen met het peil van stuw Beakendyk. Bij variant A1 versie 3 is gerekend met een breedte van 0,25 m, bij versie 4 is deze vergroot naar 0,50 m op basis van de toelaatbare waterstanden in het bergingsgebied.
- *Stuw Beakendyk*
In variant A1 versie 3 stond het peil van stuw Beakendyk op NAP +2,25 m, in versie 4 op NAP +1,95 m. Deze verhoging werkt door op de waterstanden in de Bosloop en het bergingsgebied, waardoor in droge perioden het water minder snel uit het gebied zakt. Er bestaat dus een duidelijke wisselwerking tussen het peil van stuw Beakendyk en de breedte van de knijpconstructie.
- *Meander Mouneleane*
Uitgangspunt is een beek die beschadwd is door een bosstrook van minimaal 20 meter breed. Zonder beschadwing groeit de beek te snel dicht.
- *Peilgebied stuw Heidehuizen*
In variant A1 versie 4 is het profiel van de watergang tussen de Poasen en stuw Heidehuizen met 25% verlengd ten opzichte van versie 3. Ook het profiel tussen de nieuwe meander Mouneleane en de Poasen is aangepast. De inrichting van het peilgebied bij stuw Heidehuizen vraagt om verdere uitwerking en detaillering.

Datum	Actie
november 2017	- Maatregelen_variant_B_totaal_model Het model van variant B als basismodel gebruikt voor het modelleren van variant A1 en A2
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_met_bergingsprofielen_variant_B - Case met aanpassingen van variant A maar nog met de bergingsprofielen van variant B. - Maatregelen variant A ingebouwd (waterlopen en kunstwerken) Dit zijn o.a.: Stuw Beakendyk naar NAP +2,25 m Gebied met berging NAP 2,25/2,75 m ook ten oosten Bakkeveensevaart Beperkt afgraven in gebied Haisma Afgraven lagere delen peilvak Heidehuizen Hoger stuwpeil Heidehuizen (NAP +0,8 m) met een vast overstort Op de onderstaande figuren staan de aanpassingen weergegeven
	The map displays the proposed water infrastructure for Variant A compared to Variant B. Key features include: Legend: Kunstwerken variant A: Variant A en B, Duiker; Variant A en B, Inlaat; Variant A en B, Knijpstuw; Variant A, Duiker; Variant A, Onderleider; Variant A, Stuw. Waterlopen variant A: Bestaande hoofdwaterloop (handhaven); Waterloop in variant A; Waterloop in variant A en B; Schouwwatergang Koningdiep; Bestaande hoofdwatergangen (buiten plangrens). Peilvakken variant A: 2.75, 2.75; 2.5, 2.5; 2.25, 2.75; 2.25, 2.25. Key Infrastructure Elements: - Nood stuw hetzelfde als variant B: Kruinhoogte NAP +3,0 m, Breedte 2,5 m. - Onderleider hetzelfde als variant B: Rond 800 mm, BOK NAP +1,75 m, Lengte 50 m. - Knijpstuw hetzelfde als bij variant B: Hoogte NAP +2,0 m, Breedte 0,15 m. - Kruinhoogte stuw Beakendyk naar NAP +2,25 m, Breedte blijft 2,5 m. - Duiker 400 mm Rond 400 mm, BOK NAP +2,5 m, Lengte 10 m. - Nieuwe stuw: Kruinhoogte NAP +2,75 m, Breedte 2 m (conform afmeting bestaande stuw (KST-S261)). - Duiker 400 mm Rond 400 mm, BOK +2,75 m, Lengte 10 m. - Duiker hetzelfde al bij variant B: Rond 400 mm, BOK NAP +3,8 m, Lengte 10 m. - Duiker hetzelfde als bij variant B. Map Details: The map shows the area around Bakkeveen, including roads like Middelwei, Slotseane, and Müllsterwei. It also indicates existing infrastructure like KST-S274 and Maatr_8_S2. Metadata: - Project: Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem - Projecttitel: Waterstructuur variant A, afmetingen kunstwerken - Status: DEFINITIEF - Scale: 1:10 000 - Date: 17-11-2017 - Author: antea group

Legenda

Kunstwerken variant A

- Variant A en B, Duiker
- Variant A en B, Inlaat
- Variant A en B, Knijpstuw
- Variant A, Duiker
- Variant A, Onderleider
- Variant A, Stuw

Waterlopen variant A

- Bestaande hoofdwaterloop (handhaven)
- Waterloop in variant A
- Waterloop in variant A en B
- Schouwwatergang Koningdiep
- Bestaande hoofdwatergangen (buiten plangrens)

Peilvakken variant A

- 2.75, 2.75
- 2.5, 2.5
- 2.25, 2.75
- 2.25, 2.25

Map Labels:

- Bestaande hoofdwatergang handhaven
- Minimale afmeting hanteren Bodembreedte 0,5 m Talud 1:1.5 Bodemhoogte NAP +1,50 m
- Waterloop naar de nieuwe onderleider Bodembreedte 2 m Talud 1:8 Bodemhoogte NAP +1,50 m
- Afmetingen watergang naar de bosloop hetzelfde als variant B
- Afmetinge bosloop hetzelfde als variant B
- Bestaande hoofdwatergang handhaven?
- Afmeting hetzelfde als variant B
- Bestaande hoofdwatergang handhaven
- Afmeting hetzelfde als Variant B
- Minimale afmeting hanteren Bodembreedte 0,5 m Talud 1:1.5 Waterdiepte 0,6 m bij NAP 2,75 m Bodemhoogte NAP +2,15 m
- Afwaterend oppervlak ca 16 ha Minimale afmeting gehanteerd Bodembreedte 0,5 m Talud 1:1.5 Waterdiepte 0,6 m bij streefpeil Bodemhoogte NAP +1,9 m

Map Features:

- Bestaande hoofdwatergang handhaven
- Waterloop in variant A
- Waterloop in variant A en B
- Schouwwatergang Koningdiep
- Bestaande hoofdwatergangen (buiten plangrens)
- Bestaande hoofdwatergang handhaven
- Afmeting hetzelfde als variant B
- Bestaande hoofdwatergang handhaven
- Afmeting hetzelfde als Variant B
- Minimale afmeting hanteren Bodembreedte 0,5 m Talud 1:1.5 Waterdiepte 0,6 m bij NAP 2,75 m Bodemhoogte NAP +2,15 m
- Afwaterend oppervlak ca 16 ha Minimale afmeting gehanteerd Bodembreedte 0,5 m Talud 1:1.5 Waterdiepte 0,6 m bij streefpeil Bodemhoogte NAP +1,9 m

Map Metadata:

CD	NR	DATUM	DEFINITIEF	WILZIJNING	SD	OET
17-11-2017						

Projectgegevens

Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem

PROJECTOMSCHRIJVING

Waterstructuur variant A, afmetingen waterlopen

KAARTTITEL

Modelleren herinrichting Koningdiep

KAARTNUMMER

416171-VA-W1

Projectgegevens

Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem

PROJECTOMSCHRIJVING

Waterstructuur variant A, afmetingen waterlopen

KAARTTITEL

Modelleren herinrichting Koningdiep

KAARTNUMMER

416171-VA-W1

Projectgegevens

Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem

PROJECTOMSCHRIJVING

Waterstructuur variant A, afmetingen waterlopen

KAARTTITEL

Modelleren herinrichting Koningdiep

KAARTNUMMER

416171-VA-W1

Datum Actie

Legenda

- Kunstwerken variant A en B**
 - Variant A en B, Drempel
 - Variant A en B, Duiker
 - Variant A en B, Stuw
 - Variant A, Drempel
- Waterlopen variant A en B**
 - Waterloop in variant A en B
 - Schouwwatergang Koningdiep
 - Bestaande hoofdwatergangen (buiten plangrens)

Stuw Heidehuizen
 Variant A1, geautomatiseerd, streepeil NAP +0,55 m
 Variant A2, vaste overstort hoogte, NAP +0,80 m
 Variant B, geautomatiseerd, streepeil NAP +0,55 m

Watergang tussen de Poasen en stuw Heidehuizen
 Variant A1, watergang 10% langer, bodembreedte 2m
 Variant A2, bestaand profiel
 Variant B, bestaand profiel

Fictieve drempel in het model
 Hoogte NAP +1,4 m
 Breedte 1,0 m
 (Variant A en B)

Meander
 Bodembreedte 1,0 m
 Talud 1:2
 Bodemhoogte bovenstrooms NAP +1,40 m
 Bodemhoogte benedenstrooms NAP 0,0 m

Stuw (Molenlaan)
 Kruinhoogte NAP +1,7 m
 Breedte 3,0 m
 (Variant A en B)

Drie drempels ivm vispasseerbaarheid
 Breedte 4,2 m
 Hoogte NAP 0,63 m / 0,71 m / 0,8 m
 (Variant A en B)

Uitbreiding vispassage de Poasen
 Variant A vier schotten
 Hoogte NAP +0,33 m / 0,41 m / 0,49 m / 0,57 m
 Variant B één schot
 Hoogte NAP +0,33 m
 Vorm/afmeting conform bestaande vispassage

Duiker (stuwend)
 Rond 1,0 m
 BOK NAP +1,2 m
 (Variant A en B)

CO	NR	DATE	DEFINITIEF	WUZZIINGO	SD
		20-11-2017			

Opgesteld door: Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem

Projectomschrijving: Waterstructuur variant A en B, afmetingen kunstwerken en waterlopen benedenloop

Status: DEFINITIEF

Kaartnummer: 416171-VAB-K1

Schaal: 1:15 000

Formaat: A3

Datum: 20-11-2017

Blaad nr: 1 van 1

Wijz nr: CD

Antea Group

Modellogboek

Datum	Actie
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_model_tbv_catchmentbuilder
	- Modeluitsnede gemaakt met alleen de waterlopen en kunstwerken van het plangebied. Het overige deel van het 1dFlow model en het totale RR-model verwijderd. Het model als backbone gebruikt voor het genereren van de bergingstakjes t.b.v. variant. Hierbij is gebruik gemaakt van de door de provincie aangeleverde hoogtekaart van variant A.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_met_bergingsprofielen_variant_A
	- Maatregelen fase 1, variant A waterstructuur, zonder meanders Heidehuizen. Case ten behoeve van Catchmentbuilder voor het maken van de bergingsprofielen van variant A. Case met aanpassingen van variant A en de bergingsprofielen van variant A.
	- Totaalmodel variant A2 waarin de door Catchment gegenereerde bergingsprofielen zijn geïmporteerd. Voor variant A1 en A2 zijn dezelfde bergingsprofielen aangehouden. In peilvak heidehuizen is dit niet geheel correct omdat bij variant A1 het profiel van het Koningsdiep smaller is en de beek 10% langer wordt. Het effect op de berging zal echter marginaal zijn.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_hydrologisch_jaar_2011/2012_init
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities jaarrond berekening, doorgerekende periode september t/m december 2010. Variant A2, stuw Heidehuizen vast op NAP +0,80 m, geen meanders in peilvak Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_winter_2001/2002_init
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities berekening winter 2001/2002, doorgerekende periode juni t/m september 2001. Variant A2, stuw Heidehuizen vast op NAP +0,80 m, geen meanders in peilvak Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_hydrologisch_jaar_2015/2016_init
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities jaarrond berekening 2015/2016, doorgerekende periode september t/m december 2014. Variant A2, stuw Heidehuizen vast op NAP +0,80 m, geen meanders in peilvak Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_hydrologisch_jaar_2011/2012
	- 'Jaarrond berekening, 2011/2012. Variant A2, stuw Heidehuizen vast op NAP +0,80 m, geen meanders in peilvak Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_winter_2001/2002
	- 'Winter, 2001/2002 (oktober 2001 t/m maart 2002). Variant A2, stuw Heidehuizen vast op NAP +0,80 m, geen meanders in peilvak Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A2_ZMHH_hydrologisch_jaar_2015/2016
	- 'Jaarrond berekening, 2015/2016. Variant A2, stuw Heidehuizen vast op NAP +0,80 m, geen meanders in peilvak Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_hydrologisch_jaar_2011/2012_init
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities jaarrond berekening, doorgerekende periode september t/m december 2010. Variant A1.
	- Het model van variant A1 is bovenstrooms gelijk aan het model van variant A2. Benedenstrooms tussen de Poasen en stuw Heidehuizen is het profiel versmald en de loop met 10% verlengd via de optie "Userlength reach". De daadwerkelijke ligging van de meanders is nog niet bekend. De lengte van de waterloop (reach) is daarom in SOBEK handmatig verlengd. Voor de afmeting en locatie zie voorgaande figuur. Stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie, geautomatiseerd met een streefpeil van NAP +0,55 m. Aanpassingen conform verslag nummer 20171018, d.d. 18 oktober 2017, punt 4, Scenario A.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_init
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities berekening winter 2001/2002, doorgerekende periode juni t/m september 2001. Variant A1, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Meanders tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_hydrologisch_jaar_2015/2016_init
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities jaarrond berekening 2015/2016, doorgerekende periode september t/m december 2014. Variant A1, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Fictieve meandering tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_hydrologisch_jaar_2011/2012
	- Jaarrond berekening 2011/2012. Variant A1, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Fictieve meandering tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002
	- Winter 2011/2012 (oktober 2001 t/m maart 2002). Variant A1, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Fictieve meandering tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_hydrologisch_jaar_2015/2016
	- Jaarrond berekening 2015/2016. Variant A1, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Fictieve meandering tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.

Datum	Actie
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_init_rev01 - Case t.b.v. bepalen initiële condities berekening winter 2001/2002, doorgerekende periode juni t/m september 2001. Variant A1, revisie 01, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Fictieve meandering tussen stuw Molenlaan en de Poasen - Aanpassing van variant A1. Na oplevering van de resultaten bleek dat de meandering en het smallere profiel niet tussen de Poasen en stuw Heidehuizen moest liggen (conform verslag 20171018, dd 18 oktober 2017). Door [REDACTED] van de provincie is aangegeven dat het smallere profiel en de 10% lengte toename tussen stuw Molenlaan en de Poasen moet komen te liggen. - Benedenstrooms tussen stuw Molenlaan (vanaf de nieuwe meander) en de Poasen is het profiel versmald en de loop met 10% verlengd via de optie "Userlength reach". De daadwerkelijke ligging van de meanders is nog niet bekend. De lengte van de waterloop (reach) is daarom in SOBEK handmatig verlengd. De waterloop heeft een bodembreedte van 2 m gekregen en taluds van 1:2. Het bodemverhang loopt af van NAP -0,1 m bovenstrooms naar NAP -0,15 m benedenstrooms bij de Poasen
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_rev01 - Winter 2011/2002 (oktober 2001 t/m maart 2002). Variant A1, stuw Heidehuizen gelijk aan de huidige situatie. Meanders tussen de Poasen en stuw Heidehuizen.
	Test_knijpstuw_0.25_m_breed_drempel_NAP_2_m_winter_2001-2002 - Met een klein testmodel controle/ontwerp berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van de dimensies van de knijpstuw. Bovenstrooms is de berekende afvoer van de winter 2001-2002 uit het totale model van variant A als rand toegevoegd en benedenstrooms een vaste waterstand van NAP 2,25 m. Breedte van de knijpstuw 0,2 m.

Datum	Actie
	Test_knijpstuw_0.2_m_breed_drempel_NAP_2,_m_winter_2001-2002
-	Met een klein testmodel controle/ontwerp berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van de dimensies van de knijpstuw. Bovenstrooms is de berekende afvoer van de winter 2001-2002 uit het totale model van variant A als rand toegevoegd en benedenstrooms een vaste waterstand van NAP 2,25 m. Breedte van de knijpstuw 0,2 m.
	Test_knijpstuw_0.25_m_breed_drempel_NAP_2,_m_2011-2012
-	Met een klein testmodel controle/ontwerp berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van de dimensies van de knijpstuw. Bovenstrooms is de berekende afvoer van de 2011-2012 uit het totale model van variant A als rand toegevoegd en benedenstrooms een vaste waterstand van NAP 2,25 m. Breedte van de knijpstuw 0,25 m.
	Test_knijpstuw_0.2_m_breed_drempel_NAP_2,_m_2011-2012
-	Met een klein testmodel controle/ontwerp berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van de dimensies van de knijpstuw. Bovenstrooms is de berekende afvoer van de 2011-2012 uit het totale model van variant A als rand toegevoegd en benedenstrooms een vaste waterstand van NAP 2,25 m. Breedte van de knijpstuw 0,20 m.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_init_rev02(A1-versie3)
-	Nieuwe case aangemaakt op basis van case "Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_init_rev01"
-	Case t.b.v. bepalen initiële condities berekening winter 2001/2002, doorgerekende periode juni t/m september 2001. Variant A1,model revisie 02, inrichtingsvariant A1, versie 3.
-	Case met een fictieve meandering tussen stuw Molenlaan en de Poasen. Benedenstrooms tussen stuw Molenlaan (vanaf de nieuwe meander) en de Poasen is het profiel versmald en de loop met 10% verlengd via de optie "Userlength reach". De daadwerkelijke ligging van de meanders is nog niet bekend. De lengte van de waterloop (reach) is daarom in SOBEK handmatig verlengd.
-	Aanpassing tov eerdere variant A1 versie 2, modelrevisie 01 Breedte knijpstuw Bosbeek van 0,15 m naar 0,25 m Bodembreedte nieuwe meander Mouneleane van 1,0 m naar 1,5 m Stuw Molenlaan vaste overstorthoogte van NAP 1,70 m naar NAP 1,65 m Bodembreedte van de meander tussen Mouneleane en de Poasen van 2 naar 3 m. Taluds zijn ongewijzigd 1:2. Het bodemverhang loopt af van NAP -0,1 m bovenstrooms naar NAP -0,15 m benedenstrooms bij de Poasen Stuw Heidehuizen van NAP +0,55 m naar NAP +0,63 m (blijft geautomatiseerd) Twee extra schotten bij de vistrap bovenstrooms van de Poasen (drempelhoogtes NAP +0,33 m en NAP +0,41 m) Op de volgende figuren staan de aanpassingen weergegeven.

Datum **Actie**

Legenda

Kunstwerken variant A	Waterlopen variant A	Peilvakken variant A
Variant A en B, Duiker	Bestaande hoofdwaterloop (handhaven)	2.75, 2.75
Variant A en B, Inlaat	Waterloop in variant A	2.5, 2.5
Variant A en B, Knijpstuw	Waterloop in variant A en B	2.25, 2.75
Variant A, Duiker	Schouwwatergang Koningdiep	2.25, 2.25
Variant A, Onderleider	Bestaande hoofdwatergangen (buiten plangrens)	
Variant A, Stuw		

Map Labels:

- Nood stuw: Kruinhoogte NAP +3,0 m, Breedte 2,5 m
- Onderleider: Rond 800 mm, BOK NAP +1,75 m, Lengte 50 m
- Duiker: Rond 400 mm, BOK NAP +2,5 m, Lengte 10 m
- Duiker: Rond 400 mm, BOK BOK +2,75 m, Lengte 10 m
- Duiker: Rond 400 mm, BOK NAP +3,8 m, Lengte 10 m
- Duiker afsluitbaar maken
- Kruinhoogte stuw Beakendyk naar NAP +2,25 m, Breedte blijft 2,5 m
- Knijpstuw: Hoogte NAP +2,0 m, Breedte 0,25 m
- Maatr_B_S2
- Maatr_B_D1
- DK/8275
- A_D1
- A_S1
- A_D2
- A_S2
- A_01
- 2.75 / 2.75
- 2.25 / 2.25
- 2.25 / 2.75
- 2.5 / 2.5

Scale and Orientation:

Schaal: 1:10 000
 Formaat: A3
 Blad in reeks: 1 van 1
 Status: DEFINITIEF
 Kaartnummer: 416171-VA-K2

Legenda

Kunswerken variant A en B

- Variant A en B, Drempel
- Variant A en B, Duiker
- Variant A en B, Stuw
- Variant A, Drempel

Waterlopen variant A en B

- Waterloop in variant A en B
- Schouwwatergang Koningdiep
- Bestaande hoofdwatergangen (buiten plangrens)

Stuw Heidehuizen
Blijft geautomatiseerd, streepeil van NAP +0,55 m naar NAP +0,63 m

Hermeandering tussen Mounleane en de Poasen
10% extra lengte
Bodembreedte 3 m,
Talud 1:2
Bodemhoogte bovenstrooms NAP -0,1 m
Bodemhoogte benedenstrooms NAP -0,25 m

Stuw (Molenlaan)
Kruinhoogte NAP +1,65 m
Breedte 3,0 m

Drie drempels ivm vispasseerbaarheid
Breedte 4,2 m
Hoogte NAP 0,63 m / 0,71 m / 0,8 m

Meander
Bodembreedte 1,5 m
Talud 1:2
Bodemhoogte bovenstrooms NAP +1,40 m
Bodemhoogte benedenstrooms NAP 0,0 m

Duiker (stuwend)
Rond 1,0 m
BOK NAP +1,2 m

Fictieve drempel in het model
Hoogte NAP +1,4 m
Breedte 1,5 m

Uitbreiding vispassage de Poasen
Met twee schotten
Hoogte NAP +0,33 m / 0,41 m

Provincie Fryslân - Natuur, Water en Bodem

Waterstructuur variant A1 versie 3, afmetingen kunstwerken en waterlopen benedenloop (Mounleane - de Poasen)

Modelleringsherinrichting Koningdiep

416171-VA-K3

antagroup

Modellogboek

Datum	Actie
	R:\00415000\00415171\05\JA-CONDIS\Kaarten\2017\1102-415171-VA-43-01\structuur_variant_A1_versie_3_afmetingen_waterlopen_tunstwerken_Mouneleane-Meidehuizen.mxd
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2011/2012_init_rev02(A1-versie3)
	- Nieuwe case aangemaakt op basis van case "Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_init_rev02(A1-versie3)"
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities berekening jaarrond 2011/2012, doorgerekende periode september t/m december 2011. Variant A1, model revisie 02, inrichtingsvariant A1, versie 3.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2015/2016_init_rev02(A1-versie3)
	- Nieuwe case aangemaakt op basis van case "Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_init_rev02(A1-versie3)"
	- Case t.b.v. bepalen initiële condities berekening jaarrond 2015/2016, doorgerekende periode september t/m december 2014. Variant A1, model revisie 02, inrichtingsvariant A1, versie 3.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_rev02(A1-versie3)'
	- Bberekening winter 2001/2002 (oktober 2001 t/m maart 2002). Variant A1 versie 2.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2011/2012_rev02(A1-versie3)
	- Jaarrond berekening 2011/2012. Variant A1 versie 2.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2015/2016_rev02(A1-versie3)
	- Jaarrond berekening 2015/2016. Variant A1 versie 2.
augustus 2024	Maatregelen_variant_A1_MMHH_winter_2001/2002_rev02(A1-versie4)
	- Verwijdering en aanpassing watergangen en duikers: Verbindingen tussen KD_Nieuw_19_s1, KD_Nieuw_19_2, KD_Nieuw_19_s2, KD_Nieuw_19_3 zijn verwijderd middels “delete reach”. Lokale demping van watergangen en herstel van verbindingen met kleinere profielen naar slenk en hoofdwatersysteem. Hiermee komt duiker Maatr_B D1 komt te vervallen.
	- Herstel en aanpassing afvoer: Afvoer van afwaterende eenheden zoals GPG-S73_01 t/m 03 en KD_A01 en KD_A02 is teruggedraaid naar de referentiesituatie. Aanpassingen waaronder terugzetting naar referentieconfiguratie en aanpassing meetlocaties voor sturing.
	- Wijzigingen in infrastructuur:
	- Onderleider Bakkefeensterfeart vergroot van 800 mm naar diameter 1400 mm.
	- Verplaatsing stuw A_S1 naar locatie benedenstrooms van het meer met nieuwe aantakking via A2-watergang.
	- Nieuwe meander tussen stuw Molenlaan en de Poasen met 25% verlengde lengte totaal ca. 4.000 m.
	- Uitbreiding vispassage Poasen ter voorkoming van te lage waterstanden in droge perioden.
	- Realisatie vispassage Beakendyk met drempels benedenstrooms in de Bosloop.
	- Stuw Heidehuizen aangepast naar een streefpeil NAP +0,75 m (voorheen +0,63 m).
	- Bodemligging ter plaatse van Meander/ bypass Molenlaan aangepast naar ondiepere ligging met diverse verlagingen nabij stuwende duiker
	- Overige aanpassingen
	- Realisatie noodoverlaat ten westen van de schematisatie.
	- Herdimensionering bodemhoogtes en taluds.
	- Stuw Beakendyk op 1,95 m NAP
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2011/2012_rev02(A1-versie4)
	- Jaarrond berekening 2011/2012. Variant A1 versie 4.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2015/2016_rev02(A1-versie4)
	- Jaarrond berekening 2015/2016. Variant A1 versie 2.
november 2024	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2011/2012_rev02(A1-versie4) B1
	- Verkennende variant 1: Begroeiingsgraad
	- Aanpassing begroeiingsgraad van 22,5 naar 15,0, volgens nieuw inzicht (Vechtstromen, 2017).
	- Geldt voor blauw gearceerde watergangen en meander bij Heidehuizen en Mouneleane.
	- Doel: effect van extra begroeiing op waterafvoer en systeemgedrag inzichtelijk maken.
	Maatregelen_variant_A1_MMHH_2011/2012_rev02(A1-versie4) B2
	- Verkennende variant 2: Begroeiingsgraad + Afvoeroptimalisatie

Modellogboek

[illegible]

Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

J Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen