

Toets Grote Rivieren 2023

Technische rapportage



RWS ON



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Toets Grote Rivieren 2023



Technische rapportage

Eindrapport

Auteurs

Freek Huthoff
Kris van den Berg
Joana Vieira da Silva
Andries Paarlberg

PR4677.10
december 2022

Samenvatting

Dit is het Technische Rapport van de Toets Grote Rivieren (TGR) 2023. In de TGR wordt vanuit het perspectief hoogwaterveiligheid bepaald in hoeverre de actuele veldsituatie van het rivierbed voldoet aan de norm, oftewel aan het geldende interventieniveau zoals vastgelegd in de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet schrijft voor dat de TGR elke twaalf jaar dient te worden uitgevoerd. In 2010 was de eerste ronde van de TGR en voor 2022 is de tweede ronde aan de beurt. De TGR heeft betrekking op Rijn en Maas, inclusief de stroomvoerende delen van de Rijn-Maasmonding en het Zwarte Water.

Voordat de TGR wordt uitgevoerd is eerst de actuele veldsituatie voor uiterwaardvegetatie en rivierbodem samengesteld. Hiervoor is gebruik gemaakt van recente satellietbeelden en van gegevens van bekende veranderingen of afwijkingen in het rivierengebied. De gehanteerde methodiek van de actualisatie is in dit rapport beschreven. Vervolgens is de daadwerkelijke TGR uitgevoerd: de opgestelde actuele veldsituatie is getoetst aan de huidige legger.

De TGR bevat een geografische en een hydraulische analyse. In de geografische analyse is inzichtelijk gemaakt waar en hoe groot de afwijkingen zijn in normatieve vegetatieruwheid en ligging van de bodem. Het blijkt dat in de Vegetatielegger (norm) ongeveer 95% op orde is (ruwheid) in relatie tot de actuele veldsituatie en dat ca. 5% te glad is¹. In de hydraulische analyse is vervolgens berekend hoe groot de impact van deze afwijkingen is op hoogwaterstanden. Het blijkt dat overschrijdingen van de Vegetatielegger kunnen leiden tot verhogingen van de hoogwaterstand tot ca. 10 cm.

In een aanvullende analyse is beschouwd in welke mate verschillende soorten afwijkingen hebben bijgedragen aan deze verschillen in hoogwaterstanden. Daarbij is gekeken naar veranderingen in het rivierengebied en naar wijzigingen in het modelinstrumentarium. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Het effect van 15 jaar vegetatieontwikkeling zorgt voor verhoging van de waterstanden oplopend tot ca. 10 cm.
- De invoering van de Vegetatielegger zorgt voor verhoging van de waterstanden van maximaal 5-8 cm.
- Ontwikkelingen na invoering van de Vegetatielegger (o.a. aanpassing in vegetatieclassificaties en effect van project Stroomlijn) geven een verlaging van de waterstanden.

Grofweg kan gesteld worden dat de 10 cm verhoging in hoogwaterstanden het gevolg is van verruwingen in vegetatie in het riviergebied ten opzichte van de norm. Deze waterstandverhoging resulteert op de Rijntakken globaal gezien in een verlaging van het veiligheidsniveau van 1/1250jaar naar 1/1000jaar. Ter compensatie zijn in de geïdentificeerde te ruwe gebieden onderhoudsmaatregelen nodig.

¹ "Te glad" in de Vegetatielegger betekent dat de actuele veldsituatie ter plekke ruwer is. Wij beschouwen dat "een overschrijding van de norm". Aanpassing van de legger zou waterstandverhoging opleveren.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Toets Grote Rivieren	7
1.2	Doelstelling en projectscope	9
1.3	Fasering van het project	9
1.4	Leeswijzer	10
2	Uitgangspunten en beschouwde varianten	11
2.1	Beschouwde varianten voor Rijn en Maas	11
2.2	Aangepaste aanpak voor de Rijn-Maasmonding	14
2.3	Aangepaste aanpak voor het Zwarte Water	15
2.4	Correctie op waterstanden ten behoeve van afvoerverschuiving	15
2.5	Gebruikte gegevens	16
3	Stap 1: Samenstellen actuele veldsituatie vegetatie en bodem	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Actualisatie van vegetatie	17
3.3	Actualisaties van bodem	32
4	Stap 2: Toetsen actuele veldsituatie aan huidige legger	33
4.1	Inleiding	33
4.2	Geografische analyse	34
4.3	Hydraulische analyse	46
5	Stap 3: Ontwikkelingen ten opzichte van de huidige vegetatie- en bodemreferentie	64
5.1	Inleiding	64
5.2	Geografische analyse bodem	65
5.3	Hydraulische analyse	72
6	Samenvatting van belangrijkste resultaten	85
6.1	Conclusies	85
6.2	Discussie	87
6.3	Aanbevelingen	88
7	Referenties	89

	Bijlagen	91
A	Maatregel lijsten voor de Baseline varianten	93
B	Vertaaltabel van handboek- naar Vegetatieleggerklassen	102
C	Tabellen mengklassen	103
D	Effect van de actualisatie van vegetatie inclusief ter plekke van vergunningen	106

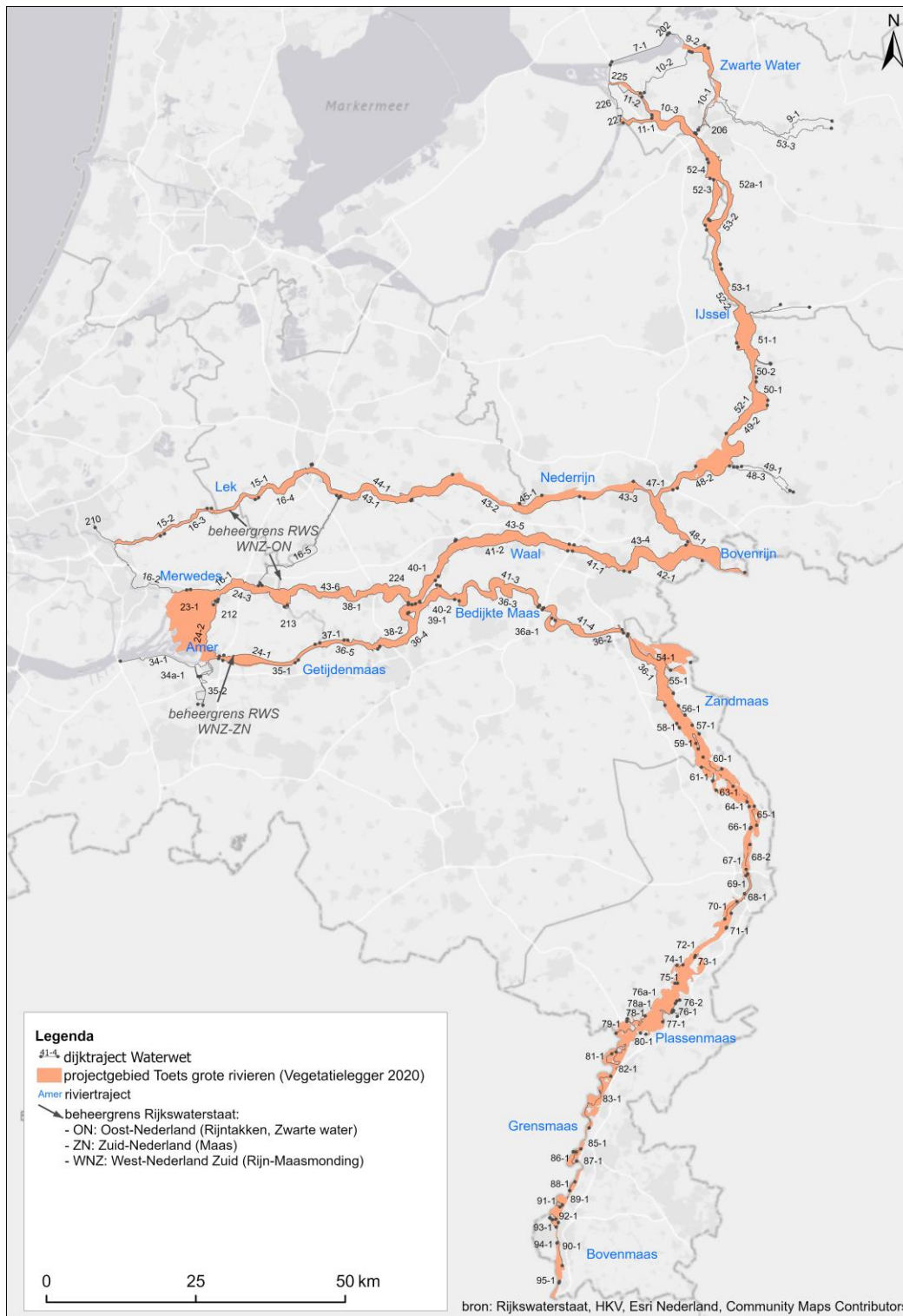
1 Inleiding

1.1 Toets Grote Rivieren

De Waterwet voorziet in een twaalfjaarlijkse beoordeling van het rivierbed (zie Waterwet artikel 2.12, lid 2). Rijkswaterstaat is beheerder van de grote rivieren en daarom verantwoordelijk voor het uitvoeren van deze beoordeling.

In de beoordeling van het rivierbed, de zogenaamde 'Toets Grote Rivieren' (TGR), wordt vanuit het perspectief hoogwaterveiligheid bepaald in hoeverre de actuele veldsituatie van het rivierbed op de peildatum (31-12-2022) voldoet aan het geldende interventieniveau uit de Legger Rijkswaterstaatswerken (in het kort: "legger"). Bij afwijkingen maakt de beheerder inzichtelijk wat de impact hiervan is op de waterstanden bij extreem hoge rivierafvoeren. Het achterliggende doel van de toetsing is om aan te tonen dat gebiedsveranderingen niet leiden tot een hogere belasting van de waterkering.

In 2010 was de eerste ronde van de Toets Grote Rivieren (Rijkswaterstaat, 2010), en voor 2022 is de tweede ronde aan de beurt. Deze toets heeft betrekking op Rijn en Maas en de stroomvoerende delen van de Rijn-Maasmonding en het Zwarte Water. Figuur 1 geeft de begrenzing van het projectgebied aan.



Figuur 1. Begrenzing projectgebied Toets Grote Rivieren 2023.

Zoals beschreven in het draaiboek voor de Toets Grote Rivieren 2023 (Rijkswaterstaat 2020) schrijft de Waterwet voor om de actuele veldsituatie te toetsen aan de geldende interventieniveaus uit de legger. Bij overschrijding van interventieniveaus wordt het effect op de waterstand in beeld gebracht. Als vanuit de legger geen interventieniveau is vastgelegd, is de beheertaak van

Rijkswaterstaat beperkt. In die gevallen worden de veranderingen ten opzichte van de vegetatie- en bodemreferentie van het model van WBI 2017 in beeld gebracht.

Dit rapport beschrijft de technische analyses die ten behoeve van de tweede ronde voor de Toets Grote Rivieren zijn uitgevoerd. Deze hebben voor een groot deel betrekking op bodem- en vegetatieveranderingen in het winterbed (bodemplugging in het zomerbed wordt ook meegenomen). In een aparte "Hoofdrapportage" (Rijkswaterstaat, 2022) zijn de belangrijkste handelingen en resultaten op een toegankelijke manier samengevat.

1.2 Doelstelling en projectscope

Het doel van dit project is het tijdig en adequaat uitvoeren van en rapporteren over de Toets Grote Rivieren 2023 die betrekking heeft op de Legger Rijkswaterstaatswerken 2020 (technische analyses). In deze technische rapportage is beschreven welke technische handelingen zijn verricht voor de toets van de legger.

1.3 Fasering van het project

Dit project bestaat uit de volgende stappen:

1. Samenstellen van de actuele veldsituatie voor uiterwaardvegetatie en rivierbodembodem
2. Toetsen van de actuele veldsituatie aan de huidige legger
3. Beschrijven van overige ontwikkelingen ten opzichte van de vegetatie- en bodemreferentie van het WBI 2017

1. Samenstellen actuele veldsituatie vegetatie en bodembodem

Op basis van de door RWS beschikbaar gestelde gegevens is in deze stap zowel voor de vegetatie als voor de bodembodem een actuele veldsituatie samengesteld die representatief is voor de peildatum van de Toets Grote Rivieren. De Toets bestaat uit een vergelijking van de [actuele veldsituatie](#) met de [interventieniveaus uit de legger](#). De interventieniveaus voor de vegetatieklasse zijn vastgelegd in de Legger Rijkswaterstaatswerken 2020, in de zogenaamde Vegetatielegger. Voor de bodembodem zijn in de Legger Rijkswaterstaatswerken 2020 geen interventieniveaus vastgesteld in relatie tot de functie hoogwaterveiligheid. Als bodemreferentie wordt daarom de bodembodem uit het WBI 2017 gebruikt. Zowel de Vegetatielegger als de bodemreferentie zijn voor deze opdracht beschikbaar gesteld door RWS.

2. Toetsen actuele veldsituatie aan de huidige legger

Na het vaststellen van de actuele veldsituatie uit stap 1 volgt de toetsing. Die toetsing bestaat in eerste instantie uit een [geografische vergelijking](#) van de actuele veldsituatie en de interventieniveaus uit de legger. Deze vergelijking maakt inzichtelijk waar de verschillen in vegetatie en bodembodem liggen. Vervolgens is ook een [hydraulische analyse](#) uitgevoerd om de verschillen in het veld te duiden in termen van effect op hoogwaterstanden.

3. Beschrijven overige ontwikkelingen ten opzichte van de vegetatie- en bodemreferentie van het WBI 2017

In de huidige vegetatie- en bodemreferentie van het WBI 2017 is de huidige/vigerende legger niet opgenomen. Voor de vegetatie is destijds de vegetatiekaart uit 1997 opgenomen als benadering voor het interventieniveau. In stap 3 van dit project wordt inzichtelijk gemaakt wat de verschillen zijn tussen de vegetatiekaart uit 1997 en de huidige Vegetatielegger. De bodembodem in de

hoogwaterreferentie van WBI 2017 is samengesteld op basis van de actuele veldsituatie uit 2014, aangevuld met meerdere geplande ontwikkelingen in het rivierengebied (met name afkomstig uit programma Ruimte voor de Rivier). Voor de bodem zijn geen interventiewaarden in de Legger Rijkswaterstaatswerken 2020 opgenomen. Daarom kan in dit geval voor de bodem worden volstaan met het in beeld brengen van de waterstandsverschillen tussen de hoogwaterreferentie (WBI 2017) en het huidige (actuele) model.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten van de studie, inclusief de gebruikte databronnen en een beschrijving van de beschouwde varianten. De technisch-inhoudelijke stappen staan beschreven in de daaropvolgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 3 (stap 1): beschrijving van de actuele situatie vegetatie en bodem;
- Hoofdstuk 4 (stap 2): toetsing aan de vigerende legger via een geografische analyse en een hydraulische analyse;
- Hoofdstuk 5 (stap 3): aanvullende analyse ten behoeve van hoogwaterveiligheidsbeschouwingen.

Ter ondersteuning van deze rapportage zijn de belangrijkste onderliggende data ook opgenomen in een webviewer. In de webviewer kan worden ingezoomd op details van de verschillende datalagen en op de resulterende effecten.

De webviewer is te vinden op:

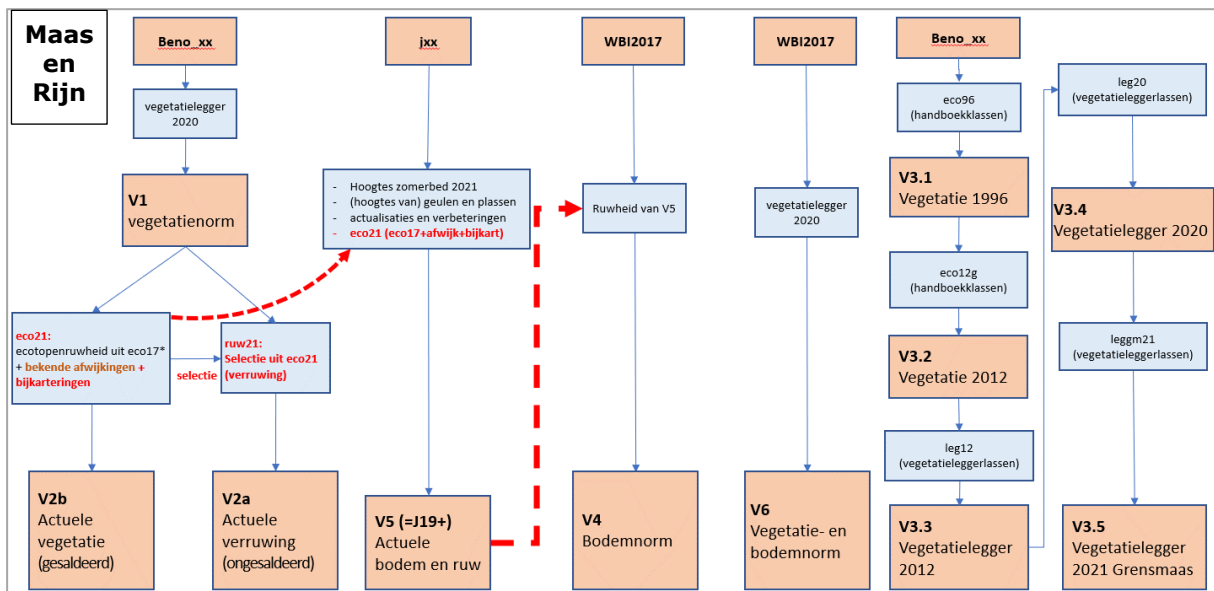
https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/Index.html?viewer=Toets_Grote_Rivieren.Webviewer#

Toegang tot webviewer kan via RWS worden opgevraagd.

2 Uitgangspunten en beschouwde varianten

2.1 Beschouwde varianten voor Rijn en Maas

Op basis van door Rijkswaterstaat beschikbaar gestelde gegevens is voor zowel de vegetatie als voor de bodem een actuele veldsituatie samengesteld die representatief is voor de peildatum (31-12-2022) van de Toets Grote Rivieren (Stap 1: Samenstellen van de actuele veldsituatie voor uiterwaardvegetatie en rivierbodem). Voor elke veldsituatie is een Baseline-variant samengesteld.² Hierbij maken wij onderscheid tussen varianten die betrekking hebben op de actuele situatie en varianten die dienen als norm of als referentie. Figuur 2 geeft een volledig overzicht van de samenhang tussen de verschillende varianten die in de toetsing een rol spelen.



Figuur 2. Samenhang tussen de verschillende varianten voor de Rijn en Maas.

De varianten die dienen als norm of referentie zijn:

- variant V1: Vegetatienorm (legger 2020)
- variant V4: Bodemreferentie (WBI 2017), actuele vegetatie
- variant V6: Vegetatienorm (legger 2020) en bodemreferentie (WBI 2017)

Vervolgens zijn op deze varianten actualisaties doorgevoerd, waarmee getoetst kan worden in hoeverre aan de legger voldaan wordt en of er andere belangrijke verschillen zijn opgetreden (Stap 2: Toetsen actuele veldsituatie aan huidige legger).

De geactualiseerde varianten zijn:

- variant V2a: Actuele verruwingen (ongesaldeerd)
- variant V2b: Actuele vegetatie (gesaldeerd)

² De Baseline-varianten zijn voor de geografische analyse niet nodig, maar wel voor de hydraulische analyses en daarom overal toegepast.

Varianten V2a en V2b hebben betrekking op respectievelijk de “ongesaldeerde” en “gesaldeerde” vegetatieverschillen ten opzichte van de norm. Ongesaldeerd (V2a) betekent dat in de actuele situatie alleen de vegetatieverschillen zijn opgenomen waarbij een verruwing is opgetreden ten opzichte van de norm. Deze variant geeft in relatie tot variant V1 een indicatie van de maximaal te verwachten waterstandverhoging ten gevolge van geactualiseerde vegetatie. In de gesaldeerde variant (V2b) zijn alle vegetatieverschillen opgenomen, dus zowel de verruwingen alsook de gebieden die actueel een ruwheid hebben die gladder is dan de legger. Deze variant geeft de urgentie van het door V2a geschetste probleem weer, omdat naar verwachting de vegetatie in de gladdere gebieden zich na verloop van tijd zal ontwikkelen richting de norm uit de legger.

Samenvattend, ten behoeve van Toets Grote Rivieren 2023 zijn de volgende situaties met elkaar vergeleken:

Effect vegetatie:

- V2a-V1: Toets aan de norm. Dit geeft het effect van actuele afwijkingen ten opzichte van de norm (alleen verruwingen, ongesaldeerd). De varianten hebben dezelfde bodem.
- V2b-V1: Analyse van het actuele veiligheidsbeeld. Dit geeft het effect van actuele verschillen in vegetatie ten opzichte van de norm (verruwing en vergladding, gesaldeerd). De varianten hebben dezelfde bodem.

Vervolgens, in Stap 3 - Ontwikkelingen ten opzichte van de huidige (WBI 2017) vegetatie- en bodemreferentie, zijn aanvullende varianten opgebouwd ten behoeve van nadere duiding van de hierboven genoemde effecten. In het bijzonder is daarbij gekeken hoe in het modelinstrumentarium van Rijkswaterstaat in afgelopen jaren vegetatieruwheden zijn gewijzigd (dus naar de ontwikkeling op weg naar variant V1).

De varianten die in deze stap zijn opgebouwd zijn:

Variant met geactualiseerde bodem:

- variant V5: Actuele bodem en actuele vegetatie (gesaldeerd)

Varianten met wijzigingen in vegetatiebeschrijving:

- variant V3.1: Vegetatie 1996
- variant V3.2: Vegetatie 2012
- variant V3.3: Vegetatielegger 2012 (niet voor Rijn-Maasmonding)
- variant V3.4: Vegetatielegger 2020
- variant V3.5: ontwerp-Vegetatielegger 2021 Grensmaas (alleen Maas)

Variant V3.5 betreft aanpassingen in de Grensmaas, en is dus niet uitgevoerd voor de Rijn. In 2012 was er voor een groot deel van de Rijn-Maasmonding geen Vegetatielegger er daarom is er geen Variant V3.3 (Vegetatielegger 2012) voor de Rijn-Maasmonding gemaakt.

De volgende situaties zijn met elkaar vergeleken:

Effect bodem:

- V5-V4: Dit geeft het effect van de actuele bodem ten opzichte van de referentiebodem.

Effect vegetatie en bodem samen:

- V5-V6: Dit geeft het effect van de gezamenlijke actualisatie in vegetatie en bodem ten opzichte van de vegetatienorm en de referentiebodem.

Effecten vegetatie ontwikkelingen:

- V3.2-V3.1: Effect 15 jaar vegetatieontwikkelingen tussen 1996 en 2012
- V3.3-V3.2: Effect van invoering Vegetatielegger (wijziging in vegetatieklassen), voor Rijn en Maas.

- V3.4-V3.2: Effect van invoering Vegetatielegger (wijziging in vegetatieklassen), voor de Rijn-Maasmonding;
- V3.4-V3.3: Effect van lokale aanpassingen van de vegetatienorm na invoering Vegetatielegger, voor Rijn en Maas.
- V3.5-V3.4: Effecten ontwerp-Vegetatielegger 2021 ter plaatse van de Grensmaas.

De geografische analyse voeren we uit op beschikbare de Baselinedatabase (zie ook Figuur 2):

- actuele schematisaties (*jxx*).
- beleidsschematisaties (*benoxx*).
- WBI 2017, huidige referentie wettelijk beoordeling instrumentarium (*hr2017*).

De *jxx* schematisaties geven de veldsituatie van jaar *xx* weer. BenOxx modelschematisaties ("Beheer en Onderhoud", voor vergunningverlening) beschrijven een verwachte gebiedsschematisatie in de toekomst. Hierin worden alle rivierkundig relevante ingrepen die vergund zijn en definitief besloten planstudies ook meegenomen in de gebiedsschematisatie. De *hr2017* is een BenO-schematisatie die gemaakt is voor het Wettelijk Beoordeling Instrumentarium 2017 (WBI 2017).

Voor de Rijn zijn in het voorbereidend onderzoek al de benodigde schematisaties opgebouwd. Dit zijn de gebruikte Rijn-schematisaties (zie beschrijving van de schematisaties in Arcadis, 2021a):

- Vegetatie 1996: eco97-hb20
- Vegetatie 2012: eco12-hb20
- Vegetatielegger 2012: vleg12-leg05
- Vegetatielegger 2020: vleg20-leg05

Ten behoeve van de analyse van de overige ontwikkelingen ten opzichte van de huidige hoogwaterreferentie zijn voor de Maas en Rijn-Maasmonding nieuwe Baseline-schematisaties opgebouwd.

In Bijlage A is de opbouw van de varianten uitgebreid uiteengezet middels de maatregellijsten voor elke variant. Omdat verschillende schematisaties gebruikt worden als basis, zijn de ruwheden buiten het leggergebied gelijkgetrokken in alle varianten, zodat in de hydraulische analyse alleen waterstandsverschillen ten gevolge van aanpassingen binnen het leggergebied in beeld komen. Gebieden in Duitsland, 6.16 gebieden³, de bandijk, en binnendijs gebieden vallen buiten het leggergebied. Ook zijn de gebieden waarvoor vergunningen zijn uitgegeven niet meegenomen in de hoofdanalyse: het geïsoleerd effect van de vergunningen is apart geanalyseerd (Bijlage D). Verder zijn er een paar correcties uitgevoerd op de schematisaties:

- Individuele bomen zijn geen onderdeel van de legger, daarom zijn de Baseline-features 'bomen' en 'lanen' verwijderd uit de schematisatie.
- Smalle heggen (< 5m breed) worden in de legger niet opgenomen in het vlakkenbestand, maar als lijn. Voor de vereenvoudiging van de geografische analyse zijn deze lijnelementen via een buffer van 2,5 m omgezet naar vlakken, met als vegetatieruwheidklasse 'struweel'.⁴
- Gebieden met plassen binnen het gebied van de legger liggen vast (zoals opgenomen in het Baseline-feature "plassen") en vormen geen onderdeel van de toets. Deze zijn verwijderd en niet opgenomen in de schematisaties. Dit betekent dat ter plekke van de plassen de informatie van de legger is opgenomen.

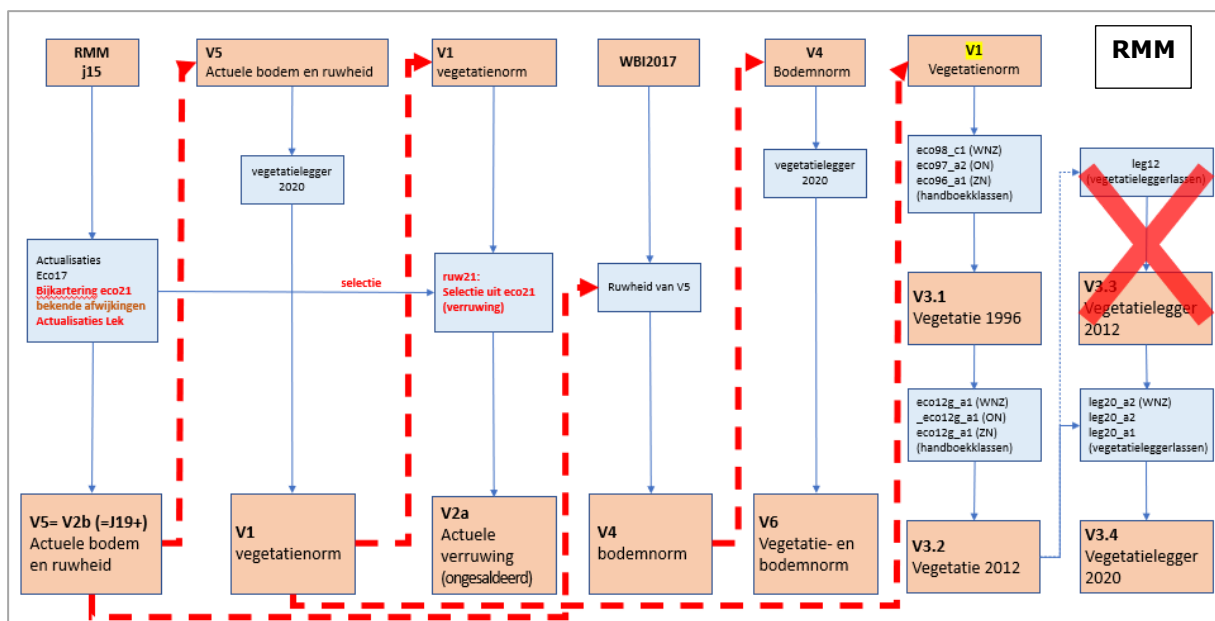
³ Gebieden waar paragraaf 6 van hoofdstuk 6 van het Waterbesluit niet van toepassing is (Bijlage bij artikel 6.16 van het Waterbesluit)

⁴ Het effect van een ruwheidsvlak van minder dan 2,5 m zal nauwelijks zichtbaar zijn in de hydraulische berekeningen.

- In alle schematisaties gebruiken wij de Vegetatieleggerklassen. De ecotopen (2017 en 2021) zijn daarom geconverteerd van handboek- naar Vegetatieleggerklassen. Bijlage B geeft de hiervoor gebruikte vertaaltabel.

2.2 Aangepaste aanpak voor de Rijn-Maasmonding

Zoals genoemd valt een deel van het projectgebied van de Toets Grote Rivieren in de Rijn-Maasmonding (RMM). De varianten van de Rijn-Maasmonding zijn echter op een andere wijze opgebouwd dan voor de Rijntakken en de Maas. Er is geen recent beheer en onderhoud (“beno”) model beschikbaar voor de Rijn-Maasmonding en daarom is hiervoor een nieuw referentiemodel opgebouwd. Ten opzichte van dit nieuw opgebouwde model liggen er geen verdere bodemactualisaties voor en daarom is voor de Rijn-Maasmonding variant V5 overbodig (deze is gelijk aan V2b). Figuur 3 geeft een overzicht van de beschouwde varianten voor de RMM.



Figuur 3. Samenhang tussen de verschillende varianten. Rijn-Maasmonding (RMM).

2.3 Aangepaste aanpak voor het Zwarte Water

Voor het Zwarte Water is de aanpak ook aangepast: bij het actualiseren van de vegetatiekaart (paragraaf 3.2) in dit gebied zijn relatief weinig gebieden aangepast en het betrof daarbij de vooral verlagingen van de ruwheid. Omdat er relatief weinig verruwingen optreden in het Zwarte Water, is er besloten geen hydraulische analyse voor het Zwarte Water te doen.

2.4 Correctie op waterstanden ten behoeve van afvoerverschuiving

Voor de hydraulische analyse van de Rijntakken gebruiken we een WAQUA-model van de volledige Rijntakken in Nederland, inclusief de splitsingspunten (Pannerdensch Kop en IJsselkop). Doordat er tussen varianten waterstandeffecten optreden kan dit ook invloed hebben op de afvoerverdeling bij de splitsingspunten. Ondanks dat er in het WAQUA model actief wordt gestuurd op handhaving van de beleidsmatige afvoerverdeling voor een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith, kunnen er over de verschillende riviertakken toch afvoerverschuivingen plaatsvinden. Het is niet de bedoeling dat deze afvoerverschuiving de interpretatie van resultaten op een specifieke locatie in een tak beïnvloedt (onduidelijk of de effecten het resultaat zijn van afvoerverschuivingen of van de aanpassingen in de vegetatie/bodem). In de hydraulische analyse is daarom een correctie toegepast op de berekende waterstanden bij een afvoer van 16.000 m³/s om afvoerverschuivingen recht te trekken. Voor 13.000 m³/s is er geen afvoerverdeling vastgesteld en dus geen correctie toegepast.

Voor de correctie als gevolg van een afvoerverschuiving is per locatie in de riviertak bekeken hoeveel mm waterstand effect ontstaat per m³/s afvoerverandering. Vervolgens is op basis van de modelmatige afvoerverschuiving een correctie over de berekende waterstanden in de as van de rivier uitgevoerd⁵. De onderstaande tabellen geven een overzicht van de modelmatige afvoerveranderingen:

- Tabel 1: voor de berekeningen na actualisatie van vegetatie (V2a en V2b)
- Tabel 2: voor de berekeningen met aanvullende vegetatiebeschouwingen (V3.1-V3.5)
- Tabel 3: voor de berekeningen na actualisatie van bodem en vegetatie (V5 en V6)

Afvoer [m ³ /s]	Vegetatienorm		Actuele vegetatie		Actuele verruwing	
	13.000	16.000	13.000	16.000	13.000	16.000
Waal	8.281	10.163	8.270	10.165	8.274	10.162
Pan. Kanaal	4.718	5.826	4.729	5.826	4.726	5.845
Nederrijn	2.774	3.354	2.774	3.345	2.757	3.325
IJssel	1.949	2.489	1.960	2.495	1.973	2.515
Verschillen in afvoer t.o.v. vegetatienorm [m ³ /s]						
Waal			-11	3	-7	0
Pan. Kanaal			11	0	8	18
Nederrijn			-1	-8	-17	-29
IJssel			11	5	25	26

Tabel 1. Modelmatige invloed van actualisatie van vegetatie op afvoerverdeling in de Rijntakken.

⁵ NB: deze correctie is uitgevoerd door RWS, en is niet gedaan op de vlakdekkende waterstanden zoals opgenomen in de webviewer van dit project.

Afvoer [m ³ /s]	Vegetatie 1996/97	Vegetatie 2012	Vegetatielegger 2012	Vegetatielegger 2020
	16.000	16.000	16.000	16.000
Waal	10.167	10.162	10.162	10.161
Pan. Kanaal	5.838	5.830	5.837	5.837
Nederrijn	3.389	3.335	3.323	3.368
IJssel	2.452	2.502	2.514	2.473
Verschillen in afvoer [m ³ /s]				
		15 jaar vegetatie-ontwikkeling	Invoering Vegetatielegger	Ontwikkelingen na invoering Vegetatielegger
Waal		-5	0	-1
Pan. Kanaal		-8	7	1
Nederrijn		-54	-12	45
IJssel		50	12	-42

Tabel 2. Modelmatige invloed van vegetatieontwikkelingen op afvoerverdeling in de Rijntakken.

Afvoer [m ³ /s]	Bodemnorm		Actuele bodem		Vegetatie- en bodemnorm	
	13.000	16.000	13.000	16.000	13.000	16.000
Waal	8.380	10.162	8.308	10.165	8.416	10.168
Pan. Kanaal	4.623	5.833	4.693	5.832	4.589	5.834
Nederrijn	2.717	3.350	2.753	3.346	2.702	3.351
IJssel	1.910	2.488	1.945	2.494	1.891	2.489
Verschillen in afvoer [m ³ /s]						
	Effect bodem				Effect bodem en vegetatie	
Waal			-73	3	-109	-3
Pan. Kanaal			71	-2	104	-3
Nederrijn			36	-4	51	-5
IJssel			35	6	54	5

Tabel 3. Modelmatige invloed van actualisatie van vegetatie en bodem op afvoerverdeling in de Rijntakken.

2.5 Gebruikte gegevens

De gebruikte gegevens zijn afkomstig uit het rivierkundige modelinstrumentarium dat in beheer is bij Rijkswaterstaat. Het betreft vigerende modelschematisaties en onderliggende basisdata.

Hieronder volgt een overzicht van de gebruikte gegevens:

- 1) Brongegevens vegetatie (geleverd door Rijkswaterstaat)
 - a) Jaarkaarten 2015 – 2021 uit vegetatiemonitor
 - b) Vegetatielegger 2020
- 2) Modelschematisaties (geleverd door Helpdesk Water):
 - a) Maas: j21_5-v1, hr2017_5-v2, beno17_5-v1
 - b) Rijn: j19_5-v1, hr2017-v2, beno18_5-v1
 - c) Rijn-Maasmonding: j15_5-v2, hr2017_5-v2, beno15_5-v2
 - d) Zwarte Water (Ym_IJVD_OV): j16_5-v1, hr2017_5-v4, beno15_5-v1
- 3) Diverse maatregelen en andere GIS-informatie om de varianten op te bouwen (geleverd door Rijkswaterstaat):
 - a) Uitgegeven vergunningen (vegetatie-component)
 - b) Bekende vegetatieve afwijkingen van de vegetatiemonitor (geleverd door Rijkswaterstaat)
- 4) Gebruikte Baselineversie: 5.3.4

3 Stap 1: Samenstellen actuele veldsituatie vegetatie en bodem

3.1 Inleiding

De Toets Grote Rivieren bestaat uit een vergelijking van de actuele veldsituatie met de interventieniveaus uit de legger. Voor de actuele veldsituatie vegetatie wordt de ecotopenkaart 2017 bijgekarteerd op basis van zogenaamde "vegetatiejaarkarten". De methodiek is beschreven in paragraaf 3.2. De actualisatie van de veldsituatie bodem is beschreven in paragraaf 3.3.

3.2 Actualisatie van vegetatie

In de Toets Grote Rivieren wordt de normatieve toestand, zoals opgenomen in de Vegetatielegger 2020, vergeleken met de actuele veldsituatie van de vegetatie. De ecotopenkaart wordt iedere zes jaar geactualiseerd. De meest recente ecotopenkaart is van 2017. De volgende ecotopenkaart komt daarmee pas beschikbaar ná de Toets Grote Rivieren. Daarom is een methode toegepast voor het verkrijgen van de actuele veldsituatie van de vegetatie. Wij gebruiken hiervoor als uitgangspunt de vegetatie-jaarkarten uit de Vegetatiemonitor (<https://vegetatiemonitor.netlify.app>). De vegetatiemonitor is in opdracht van Rijkswaterstaat ontwikkeld door Deltares als instrument voor het monitoren van de vegetatieontwikkeling in uiterwaarden. Hierin zijn jaarlijkse satellietbeelden geclassificeerd naar leggerklassen, waarbij een jaarkart een vegetatiebeeld is dat representatief is voor de start van het hoogwaterseizoen op 1 november van het desbetreffende jaar (Deltares, 2019)⁶. De zes vegetatieklassen van de jaarkarten zijn overeenkomstig met de klassen in de Vegetatielegger en staan weergegeven in Tabel 1.

Een specifiek aandachtspunt bij de Vegetatiemonitor is dat onbegroeide gebieden zijn geclassificeerd als vegetatieklasse 'bebouwd/verhard'. In de Vegetatielegger zijn delen van de onbegroeide gebieden aan klasse 'gras en akker' toegekend (onbegroeide akkers). Dit aspect geven wij specifiek aandacht in de validatie van de belangrijkste bij te karteren gebieden.

⁶ Er zijn geen jaarkarten voor zomervegetatie beschikbaar.

Vegetatieklasse jaarkaart	Code jaarkaart
Water	1
Bebouwd/verhard	2
Gras en akker	3
Riet en ruigte	4
Bos	5
Struweel	6

Tabel 4. Vegetatieklassen van de jaarkaarten uit de Vegetatiemonitor.

Startpunt voor het verkrijgen van de actuele vegetatie-veldsituatie is de ecotopenkaart 2017. Deze wordt geactualiseerd (bijgekarteerd) op basis van verschillen tussen vegetatie-jaarkaarten uit 2017 en 2021 (afkomstig uit de Vegetatiemonitor)⁷. Arcadis (2021) heeft hiervoor een methode voorgesteld, die ook in dit onderzoek is gebruikt en verder uitgewerkt. De afzonderlijke stappen zijn beschreven in paragrafen 3.2.1 tot en met 3.2.3. Paragraaf 3.2.4 beschrijft het resultaat van de vegetatie-actualisatie.

3.2.1 Corrigeren van vegetatie-jaarkaarten

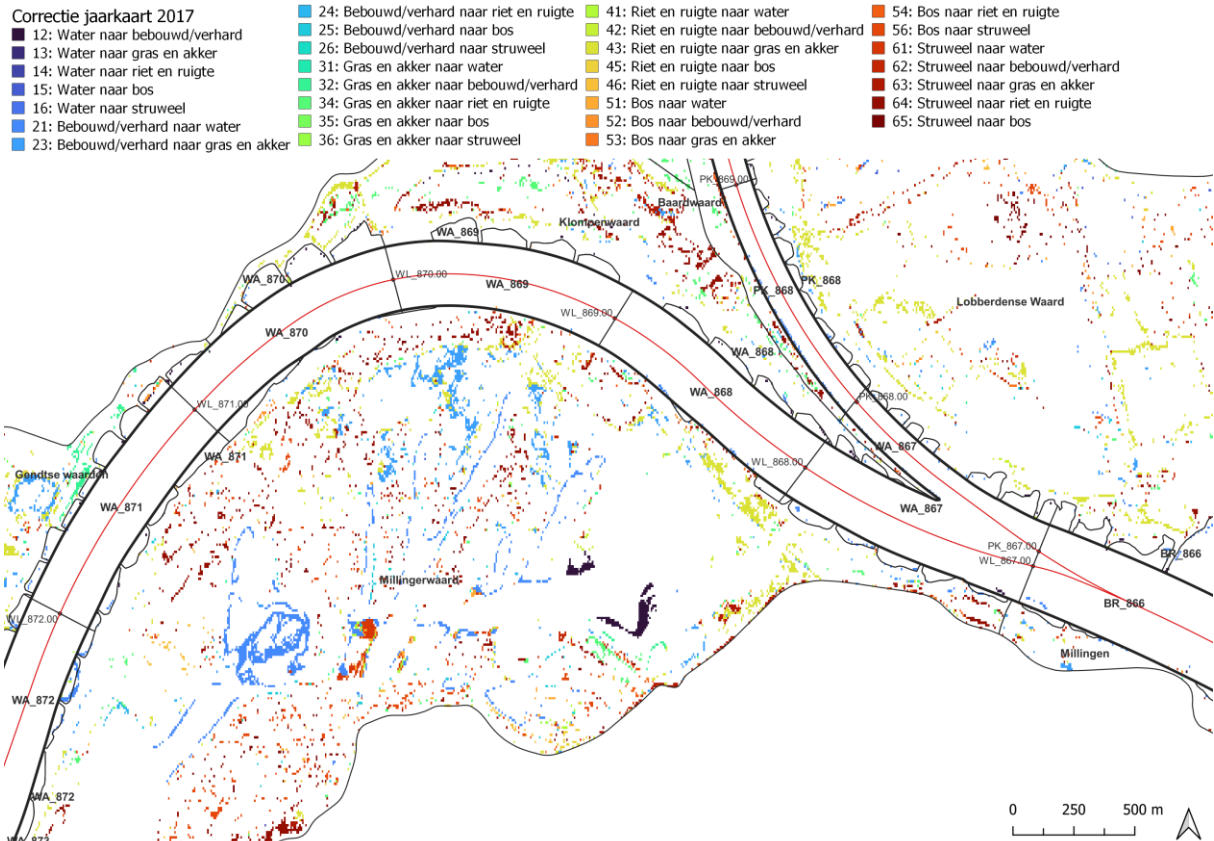
Voor het bepalen van de nodige actualisaties in de Vegetatielegger vergelijken wij de vegetatiejaarkaart uit 2017 met de jaarkaart uit 2021. De jaarkaart 2017 is echter relatief onnauwkeurig bevonden (zie ook Arcadis, 2021), waardoor er correcties worden toegepast om de nauwkeurigheid van de verschilanalyse te vergroten. Ook in de jaarkaart van 2021 voeren wij vergelijkbare correcties door.

De volgende stappen zijn genomen om tot gecorrigeerde jaarkaarten te komen:

Stap 1: Correctie jaarkaart 2017 met omliggende jaren

De jaarkaart van 2017 is gecorrigeerd met data uit omliggende jaren, om onrealistische overgangen tussen vegetatieklassen in opeenvolgende jaren zoveel mogelijk te verwijderen. De jaarkaarten 2016 tot en met 2021 zijn gemaakt met een algoritme dat is gebaseerd op Sentinel2-satellietbeelden, waarbij de vegetatie direct wordt geclassificeerd volgens de klassen van de Vegetatielegger (Deltares, 2018). De Sentinel2-satelliet was echter pas beschikbaar vanaf juni 2015, waardoor deze niet het gehele jaar 2015 heeft kunnen classificeren. Voor de correctie van de jaarkaart uit 2017 beschouwen we daarom de jaarkaarten van 2016, 2018 en 2019. Voor iedere rastercel (van circa 6 m breed en 10 m lang) in de jaarkaart van 2017 bekijken wij welke vegetatie hier geclassificeerd was in 2016, 2018 en 2019. Als in elk van deze drie jaren een gelijke vegetatieklasse (leggerklasse) is gedetecteerd en deze komt niet overeen met de vegetatie in 2017 (Figuur 4), dan wordt dit in de jaarkaart van 2017 aangepast naar de waarde uit de omliggende jaren. Deze correctie met omliggende jaren wordt niet uitgevoerd voor de jaarkaart van 2021, omdat er geen nieuwere jaarkaarten beschikbaar zijn.

⁷ Peildatum van de TGR is 31-12-2022. Dit betekent de tot dan toe best beschikbare data is gebruikt en dat de toets *representatief* is voor de peildatum.



Figuur 4. Verschil in vegetatieklassen tussen de jaarkaart van 2017 en de gemeenschappelijke classificatie uit de jaarkaarten 2016, 2018 en 2019. De cijfers staan voor verschillklassen, waarbij het eerste getal staat voor het oorspronkelijke vegetatietype in de jaarkaart 2017 en het tweede getal voor de gemeenschappelijke classificatie uit de omliggende jaren.

Stap 2: Gat en (no data punten) worden opgevuld met laatst bekende informatie.

In zowel de jaarkaart 2017 als in de jaarkaart 2021 bestaan "gaten" als gevolg van het ontbreken van data op deze locaties. Om vlakdekkende kaarten te creëren zijn deze gaten opgevuld met laatst bekende data uit voorgaande jaarkaarten. Voor 2021 gelden hiervoor de jaarkaarten uit 2020, 2019, 2018, 2017, 2016 en 2015. Voor de jaarkaart 2017 zijn dit enkel 2016 en 2015. In tegenstelling tot de rest van deze studie is de jaarkaart 2015 hier wel meegenomen om een vlakdekkende kaart te creëren. Indien kleine gaten (1 tot 4 rastercellen) worden opgevuld met een classificatie die anders is dan in de omliggende gebieden dan wordt deze weggefilterd door het meerderheidsfilter in de volgende stap.

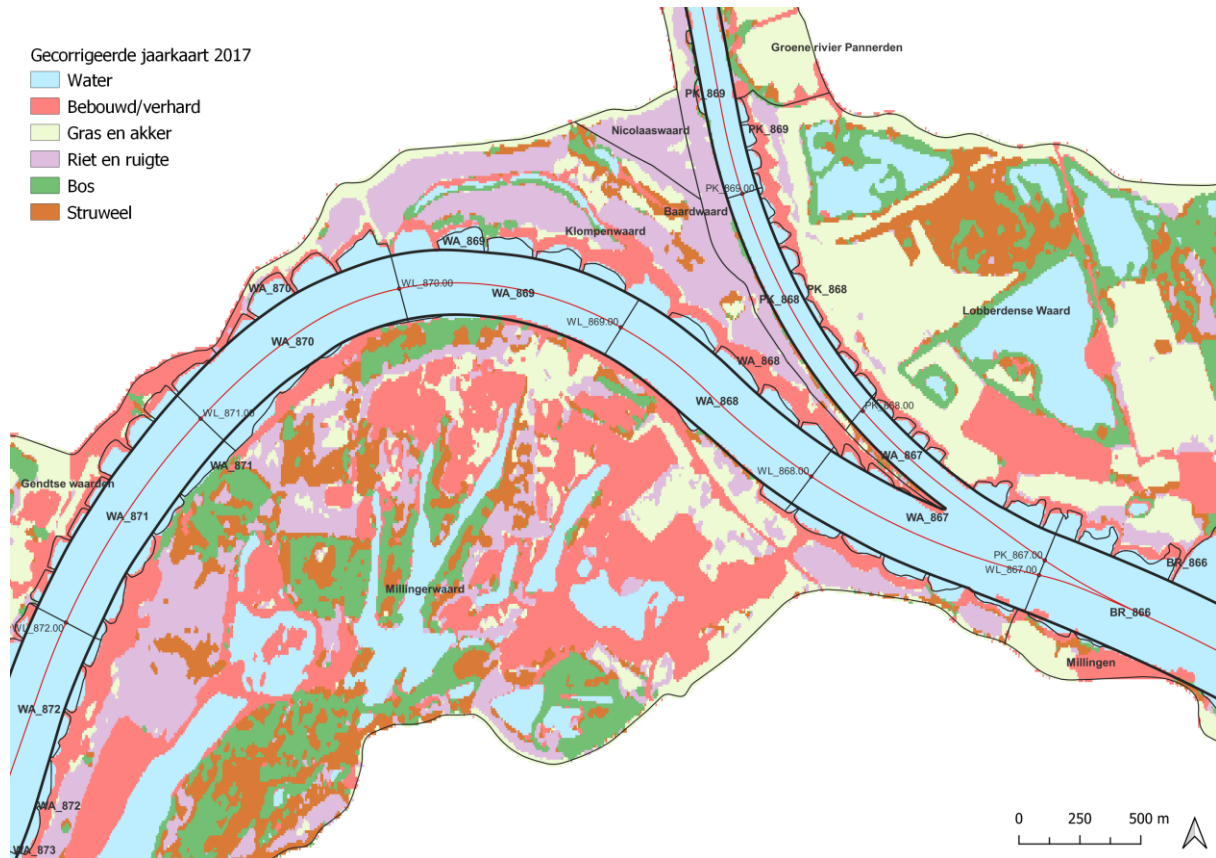
Stap 3: Toepassen majority filter om resultaat te smoothen

Arcadis (2021) adviseert het gebruik van een majority filter om grootschalige ruwheidsveranderingen beter te detecteren. Hierbij wordt iedere cel vervangen door de waarde die het meeste voorkomt in de acht omliggende cellen plus de cel zelf. Dit heeft als gevolg dat de vlakken uniformer worden en hierdoor een beter beeld geven van grootschalige ruwheidsveranderingen.

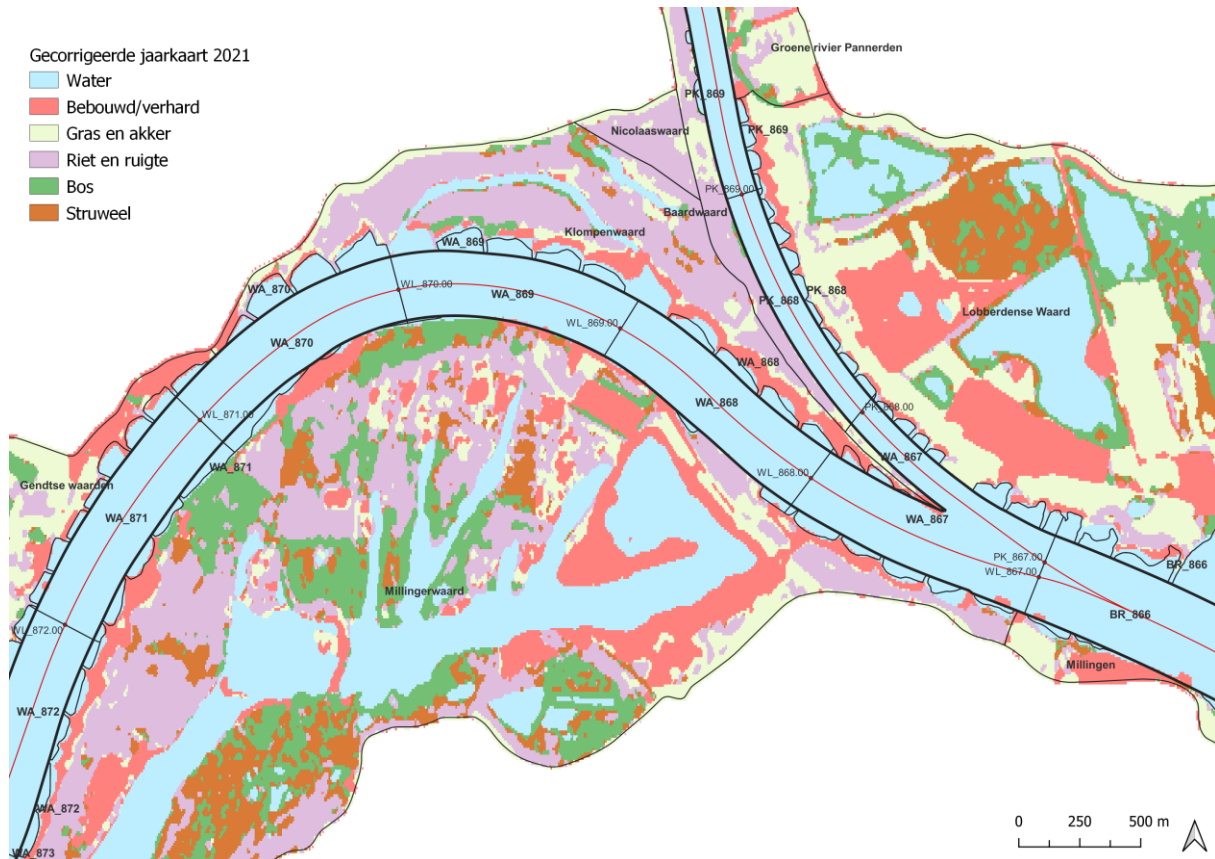
Stap 4: Opvullen gaten als gevolg van de majority filter

Wanneer er in de majority filter een "gelijkspel" is tussen meerdere waarden (twee of meer waarden komen even vaak voor rondom een cel), wordt de cel leeggelaten. In deze stap worden de leeggelaten cellen vervangen door de waarde van de cel vóór het toepassen van het filter. Het resultaat van Stappen 3 en 4 is een uniformere, vlakdekkende jaarkaart van zowel 2017 als 2021.

Een voorbeeld van deze jaar kaarten voor de Millingerwaard zijn hieronder weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6.



Figuur 5. Veldsituatie in 2017 na correctie met omliggende jaren en een meerderheidsfilter.



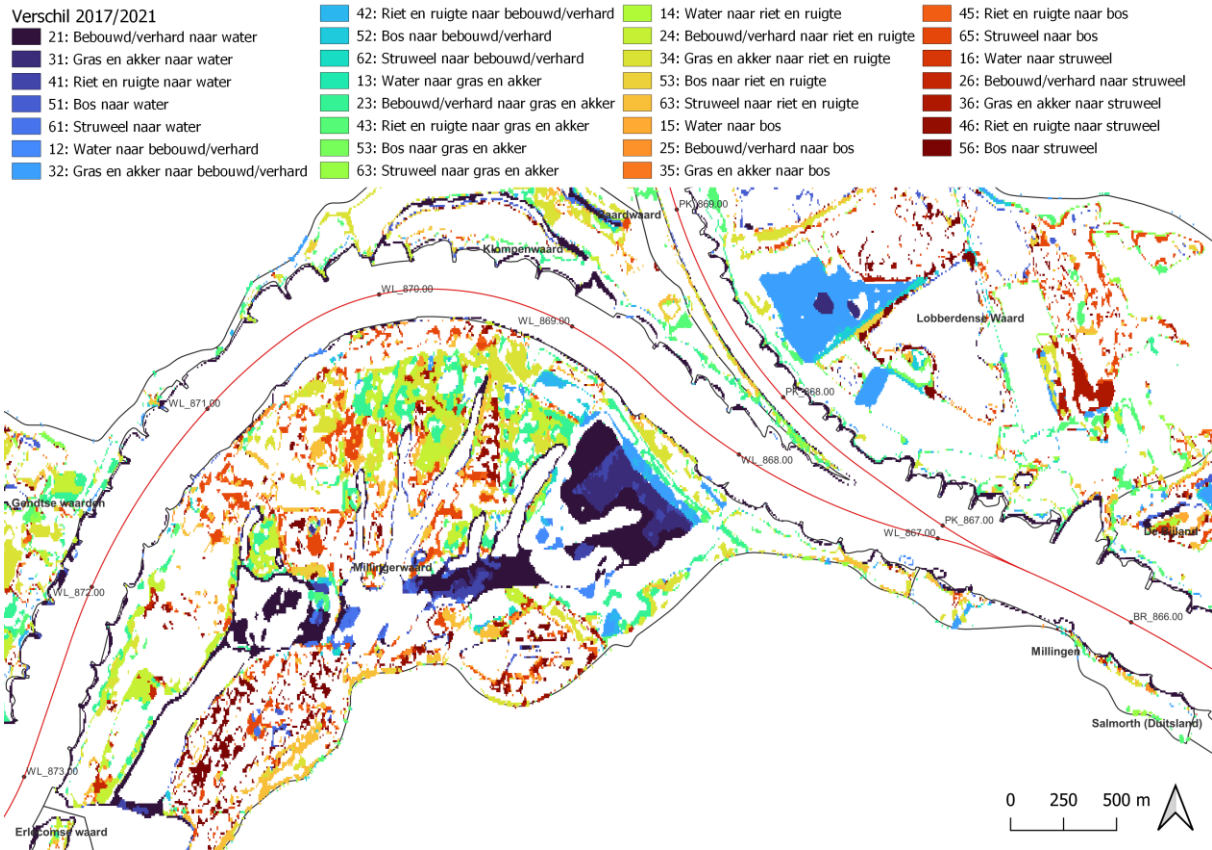
Figuur 6. Veldsituatie in 2021 na correctie met een meerderheidsfilter.

3.2.2 Verschilkaarten vegetatie

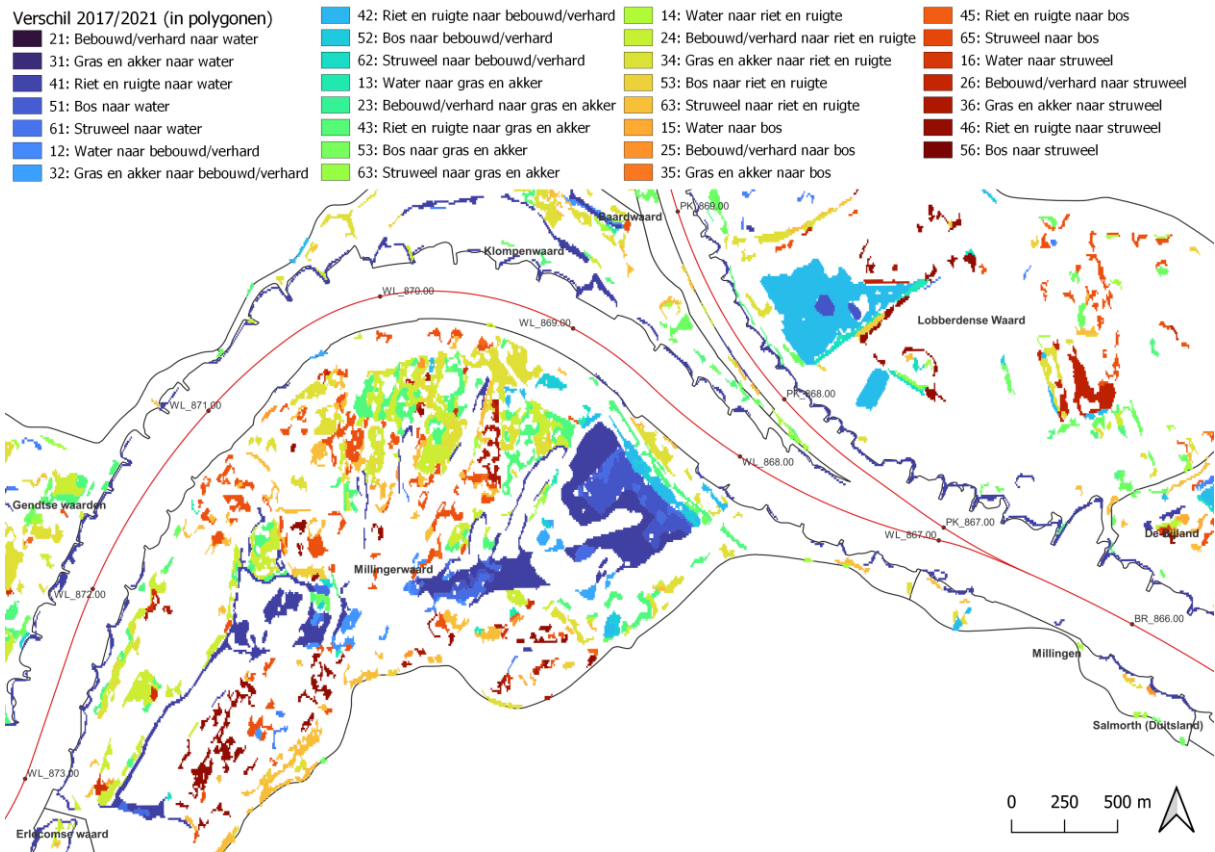
De gecorrigeerde jaarkaarten 2017 en 2021 worden met elkaar vergeleken om grootschalige verschillen in vegetatieklassen te detecteren en de bij te karteren gebieden in kaart te brengen⁸. Deze vergelijking vindt plaats op twee niveaus: pixelniveau en polygoonniveau. De stap van pixels naar polygoonen is nodig voor de bijkartering, die op polygoonniveau plaatsvindt. Een bijkartering op basis van losse pixels zou een te versnipperd beeld opleveren.

In de vertaling van pixelniveau naar polygoonniveau is een filter toegepast dat een polygoon definieert wanneer minimaal 10 aaneengesloten cellen eenzelfde waarde hebben. Dit betekent dat er minimaal 10 pixels met eenzelfde waarde zich naast elkaar moeten bevinden om een polygoon te vormen. De informatie van de geïsoleerde pixels wordt niet meegenomen als verschillen (en dus niet bijgekarteerd). Polygoonen met oppervlaktes < 500 m² worden vervolgens verwijderd uit de verschilkaarten (hier wordt de oorspronkelijke vegetatie niet aangepast), omdat deze vanwege hun kleine omvang beperkte invloed hebben op de stromingscondities in het winterbed. Dit sluit aan op de regel van de Vegetatielegger dat afzonderlijke gebieden voor maximaal 500 m² mogen afwijken van de Vegetatielegger. Een voorbeeld van de verschilkaarten op pixelniveau en op polygoonniveau zijn hieronder weergegeven in Figuur 7 en Figuur 8.

⁸ In dit rapport verstaan we bijkartering als vervangen van gebieden met aangepaste vegetatie op basis van de recente vegetatie-kaarten. Het betreft dus een plaatselijke actualisatie van de kaart, en niet een uitbreiding van het gebied.



Figuur 7. Verschilkaart op pixelniveau tussen de gecorrigeerde jaarkaarten 2017 en 2021. De cijfers staan voor verschillklassen, waarbij het eerste getal staat voor het oorspronkelijke vegetatietype in de jaarkaart 2017 en het tweede getal voor het vegetatietype in de jaarkaart 2021.



Figuur 8. Verschilkaart op polygoonniveau tussen de gecorrigeerde jaarkaarten 2017 en 2021. De cijfers staan voor verschillklassen, waarbij het eerste getal staat voor het oorspronkelijke vegetatietype in de jaarkaart 2017 en het tweede getal voor het vegetatietype in de jaarkaart 2021. Ieder polygoon bestaat uit minimaal 10 aaneengesloten cellen met eenzelfde waarde (filter = 10).

De verschilkaart op polygoonniveau is de basis voor bijkarteren (actualiseren) van de vegetatie uit de legger. Er dient echter eerst nog een controle uitgevoerd te worden op de in kaart gebrachte verschilpolygoon (uit Figuur 8). In Arcadis (2021) is geconstateerd dat de vegetatiemonitor goed onderscheid kan maken tussen gras en akker (3) en bos (5) of struweel (6), en dat een overgang tussen deze klassen als betrouwbaar kan worden beschouwd. Deze vegetatieverandering zou daarom zonder verdere controle kunnen worden bijgekarteerd. Daar tegenover staat dat een verandering van bos (5) naar struweel (6) in de praktijk onrealistisch is en zeer waarschijnlijk een foutieve classificatie betreft. Deze veranderingen worden daarom niet meegenomen in de bijkartering. Voor de overige overgangen is in Arcadis (2021) een visuele controle aan de hand van luchtfoto's aanbevolen. Na een eerste visuele check is er besloten alsnog alle polygoon te controleren alvorens deze bij te karteren. Dit omdat ook de goed te onderscheiden vegetatieveranderingen meerdere afwijkingen vertoonden. Een dergelijke visuele controle is echter te omvangrijk voor alle geïdentificeerde verschilpolygoon. Wij gebruiken daarom een prioriteringsmethodiek om gebieden te selecteren voor controle (en dan eventueel mee te nemen in de bijkartering).

3.2.3 Methodiek voor prioriteren van bijkarteren

Alvorens de prioritering te bepalen, zijn allereerst de volgende gebieden uit de verschilkaart verwijderd:

- Gebieden die buiten de Vegetatielegger 2020 vallen. Deze gebieden worden niet bijgekarteerd en hoeven daarom niet meegenomen te worden in de vergelijking tussen de gecorrigeerde jaarkaarten 2017 en 2021.
- Bekende afwijkingen uit de vegetatiemonitor, zoals vastgesteld door Team Uiterwaarden (deze gebieden worden bijgekarteerd, los van onze prioritering).
- Gebieden met uitgegeven vergunningen. Hiervan zijn de nieuwe, geplande ruwheden bekend die in de varianten worden meegenomen via bestaande Baselinemaatregelen en hoeven daarom niet te worden bijgekarteerd.
- Gebieden binnen het plassenbestand uit het meest recente rivierkundige model (vigerende 'beno': Rijn: beno18, Maas: beno17, RMM: beno15). Deze worden als betrouwbaar verondersteld en worden meegenomen in de bijkartering.

Na het verwijderen van bovengenoemde gebieden (gebieden die niet-relevant zijn voor de visuele controle prioritering) is in de verschilkaart het oppervlak per polygoon opnieuw berekend. Polygonen met een oppervlak kleiner dan 500 m² zijn verwijderd (conform Arcadis, 2021). Vervolgens gebeurt de prioritering op basis van een gewogen vermenigvuldiging van drie factoren:

1. de polygoongrootte;
2. de verandering van Chézy-ruwheid;
3. de specifieke afvoer (stroomvoering per eenheid breedte, ofwel waterdiepte x stroomsnelheid).

De achterliggende gedachte van deze prioriteringsfunctie is dat de hydraulisch meest belangrijke polygonen worden geselecteerd. In tegenstelling tot de methodiek in Arcadis (2021) wordt in onze prioritering de Chézy coëfficiënt gebruikt in plaats van de Nikuradse ruwheid. De Chézy ruwheid werkt lineair door naar plaatselijke afvoer, en is dus op vergelijkbare manier van invloed op waterstanden als de andere twee wegingsfactoren (polygoongrootte en specifieke afvoer).

De specifieke afvoer (q, in eenheid m²/s) is per polygoon berekend op basis van WAQUA-uitvoer. Hiervoor zijn de volgende berekeningen gebruikt (brongegevens uit Helpdesk Water):

- Rijn: beno18_5-v1; rooster rij40m_5-v6.rgf; stationaire afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith
- Maas: beno17_5-v1; rooster maas40m_5-v3.rgf; stationaire afvoer van 4.122 m³/s bij Eijsden

De Chézy ruwheidswaarden zijn berekend bij een waterdiepte van 4 m uitgaande van de corresponderende Nikuradse ruwheid (conform Arcadis, 2021), via:

$$C = 18 \log_{10} \frac{12H}{k}$$

Hier is C de Chézy coëfficiënt (m^{1/2}/s), k de Nikuradse waarde (m) en H de waterdiepte (m), waarvoor een standaard waterdiepte van 4 m is aangehouden. De waarden voor de mengklassen zijn gebaseerd op een gewogen gemiddelde van de relevante homogene vegetatietypen. Zie Tabel 5 voor de gebruikte k-waarden (afkomstig uit Arcadis, 2021) en de berekende Chézy waarden. In de tabel zijn de ruwheidswaarden van de vegetatieklassen die gedefinieerd zijn in de legger weergegeven:

- Zes homogene klassen: water, bebouwd/verhard, gras en akker, riet en ruigte, bos en struweel, en

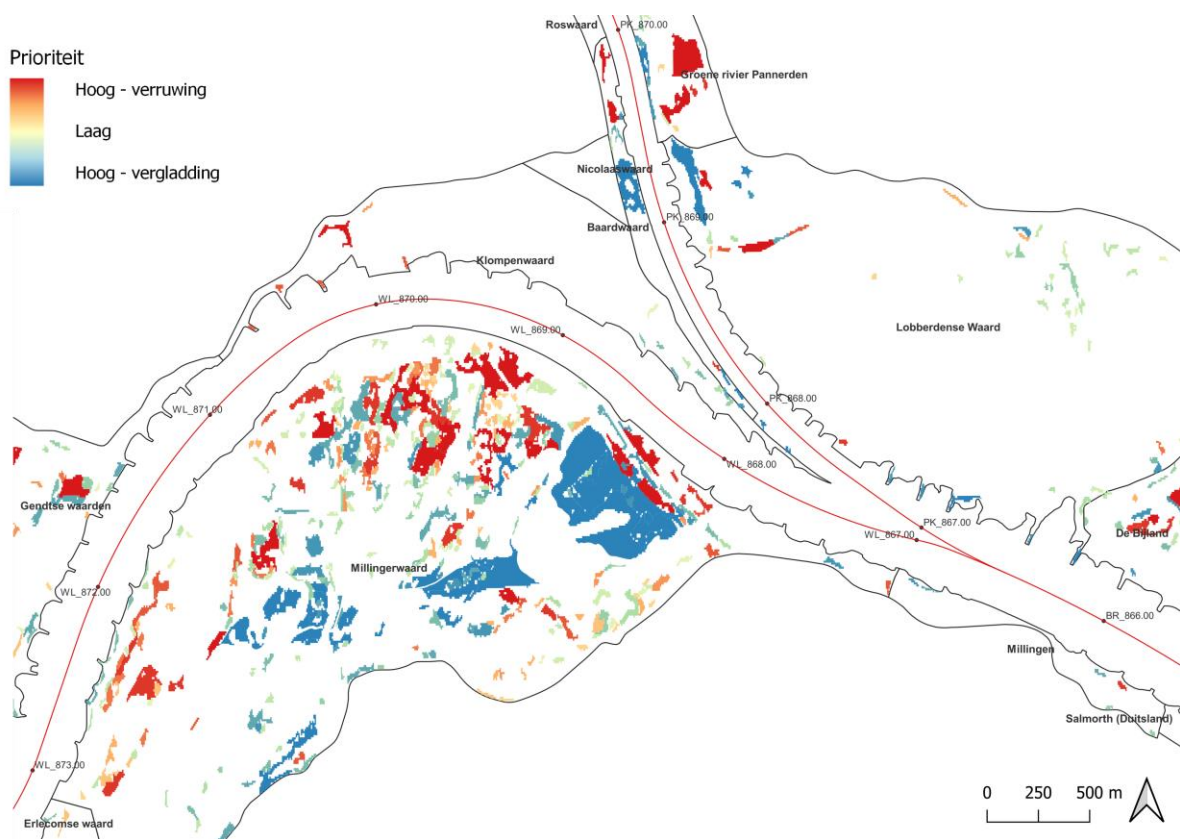
- Drie mengklassen: 90/10, 70/30 en 50/50. Mengklassen zijn een alternatieve weergave van de bestaande situatie van natuurgebieden. Ze zijn opgebouwd in percentages ruwe begroeiing en gladde begroeiing en bieden flexibiliteit voor het onderhoud van natuurgebieden (Rijkswaterstaat, 2014).

Leggerklasse	Ruwheidswaarde bij 4 m waterdiepte	
	'k' Nikuradse [m]	'C' Chézy [m ^{1/2} /s]
Water	0,15	45,1
Bebouwd/verhard	0,6	34,3
Gras en akker	0,28	40,2
Riet en ruigte	3,44	20,6
Bos	10,98	11,5
Struweel	26,64	4,6
Mengklasse 90/10 (80% gras en akker + 20% struweel)	5,55	16,9
Mengklasse 70/30 (30% gras en akker + 30% riet en ruigte + 40% struweel)	11,77	11,0
Mengklasse 50/50 (10% gras en akker + 30% riet en ruigte + 60% struweel)	17,04	8,1

Tabel 5. Nikuradse en Chézy ruwheidswaarden per vegetatietype.

De overgangen tussen vegetatieklassen (uit Figuur 8) zijn vertaald naar veranderingen in Chézy waarden. De Chézy-veranderingen zijn meegenomen in de prioriteringsformule op een manier dat een Chézy-afname (verruwing) juist doorwerkt naar een positief verschil en een Chézy-toename (vergladding) doorwerkt naar een negatief verschil. Op die manier toont de uiteindelijke prioriteringsformule in positieve waarden alle belangrijkste gebieden waar verruwing optreedt en in negatieve waarden alle belangrijkste gebieden waar vergladding optreedt. Een voorbeeld van de resulterende prioriteringswaarden is weergegeven in Figuur 9.

De vermenigvuldiging van de drie factoren 'polygoongrootte', 'ruwheidsverschil (Chézy)' en 'stroomvoering per eenheid breedte' geeft maximale prioriteringswaarden tot ongeveer ±25.000. Het blijkt echter dat in de meeste polygonen de waarden liggen tussen 100 en 1000.



Figuur 9. Voorbeeld van prioriteitswaarden in de Millingerwaard gebaseerd op polygoongrootte, mate van stroomvoering en verruwings- en vergladdingswaarden (verschil in Chézy).

3.2.4 Resultaten

Op basis van voorgaande stappen is onderscheid gemaakt in de mate van zekerheid waarin een vegetatieverandering heeft plaatsgevonden. Er zijn op basis van eerder genoemde prioritering voor de Maas en Rijn in totaal 3200 polygoonen visueel gecontroleerd en uitgesplitst naar goedgekeurde en afgekeurde polygoonen (Tabel 6 en Tabel 7). De visuele controle verhoogt hiermee de zekerheid waarin een vegetatieverandering heeft plaatsgevonden en laat alle foutieve en sterk onzekere vegetatietypen uit de jaar kaarten van de Vegetatiemonitor buiten beschouwing.

De volgende keuzes zijn gemaakt met betrekking tot de onzekere en/of mogelijk her te classificeren polygoonen:

- Alle polygoonen die zijn gewaardeerd als foutieve classificatie worden niet meegenomen in de bijkartering;
- Alle polygoonen die zijn gewaardeerd als 'goed' of 'onzeker' worden meegenomen in de bijkartering. Met twee uitzonderingen:
 - De "onzekere polygoonen" met als nieuw vegetatietype 'water' (1). In deze gevallen blijft het oorspronkelijke vegetatietype gehandhaafd (dus niet bijkarteren), omdat de gedetecteerde vegetatieovergang het gevolg lijkt van een verschil in waterstand tussen beschouwde situaties.
 - Alle polygoonen met als nieuwe vegetatietype 'bebouwd/verhard' die als onzeker zijn bestempeld, zijn geherclassificeerd als gras. In de luchtfoto's was zichtbaar dat het hier om zandige gronden met eventueel een lage dekkinggraad aan gras gaat. In de Vegetatiemonitor worden zandige vlaktes toebedeeld aan de categorie 'bebouwd/verhard',

terwijl deze in de legger onder 'gras en akker' vallen. Een herclassificatie naar grasland zorgt hierdoor voor een consistentere aanpak.

- Bij de gedetecteerde overgangen naar ruwere vegetatietypen (Tabel 7) bleek in de visuele controle dat het vaak een overgang naar gras betrof. De betreffende polygonen zijn in de bijkartering als 'gras' opgenomen (zie extra kolom in Tabel 7).

Vegetatie-verandering	Aantal gecontroleerde polygonen				Percentages				
	Goed	Onzeker	Fout	Totaal	Goed	Onzeker	Fout	Totaal	
21	Bebouwd > water	159	88	12	259	61%	34%	5%	100%
23	Bebouwd > gras	127	33	38	198	64%	17%	19%	100%
31	Gras > water	45	9	1	55	82%	16%	2%	100%
41	Riet/ruigte > water	46	18	0	64	72%	28%	0%	100%
42	Riet/ruigte > bebouwd	4	33	24	61	7%	54%	39%	100%
43	Riet/ruigte > gras	415	88	91	594	70%	15%	15%	100%
51	Bos > water	26	14	9	49	53%	29%	18%	100%
52	Bos > bebouwd	6	9	14	29	21%	31%	48%	100%
53	Bos > gras	51	8	15	74	69%	11%	20%	100%
54	Bos > riet/ruigte	3	4	23	30	10%	13%	77%	100%
61	Struweel > water	24	8	0	32	75%	25%	0%	100%
62	Struweel > bebouwd	2	9	6	17	12%	53%	35%	100%
63	Struweel > gras	62	10	18	90	69%	11%	20%	100%
64	Struweel > riet/ruigte	11	25	98	134	8%	19%	73%	100%
65	Struweel > bos	4	1	8	13	31%	8%	62%	100%
Totaal		985	357	357	1700				

Tabel 6. Gecontroleerde polygonen waarbij een overgang plaatsvindt van ruw naar minder ruw vegetatietype, uitgesplitst naar goedgekeurde, afgekeurde en onzekere polygonen in zowel absolute als relatieve getallen.

Vegetatie-verandering	Aantal gecontroleerde polygoenen					Percentages				
	Goed	Onzeker	Fout	Voorstel herclassificatie gras	Totaal	Goed	Onzeker	Fout	Voorstel herclassificatie gras	
12	Water > bebouwd	1	0	3	4	8	13%	0%	38%	50%
13	Water > gras	3	0	0	0	3	100%	0%	0%	0%
14	Water > riet/ruigte	12	0	3	3	18	67%	0%	17%	17%
15	Water > bos	0	0	8	1	9	0%	0%	89%	11%
16	Water > struweel	0	0	2	2	4	0%	0%	50%	50%
24	Bebouwd > riet/ruigte	61	1	26	111	199	31%	1%	13%	56%
25	Bebouwd > bos	1	4	5	17	27	4%	15%	19%	63%
26	Bebouwd > struweel	1	2	4	4	11	9%	18%	36%	36%
32	Gras > bebouwd	14	3	140	1	158	9%	2%	89%	1%
34	Gras > riet/ruigte	178	9	822	1	1010	18%	1%	81%	0%
45	Riet/ruigte > bos	3	0	8	0	11	27%	0%	73%	0%
46	Riet/ruigte > struweel	13	0	28	1	42	31%	0%	67%	2%
Totaal		287	19	1049	145	1500				

Tabel 7. Gecontroleerde polygoenen waarbij een overgang naar ruwer vegetatietype plaatsvindt, uitgesplitst naar goedgekeurde, afgekeurde en onzekere polygoenen in zowel absolute als relatieve getallen.

De visuele controle van polygoenen uit Tabel 6 en Tabel 7 betreft de Rijn en de Maas. Vervolgens is deze analyse ook uitgevoerd voor in totaal 242 polygoenen in de uiterwaarden van het Zwarte Water (zie Tabel 8 en Tabel 9). Voor de prioritering van deze polygoenen was geen weging op basis van specifieke afvoer mogelijk, maar zijn alleen de grootte van het gebied en de Chézy-verandering meegewogen. Het blijkt dat na visuele controle uiteindelijk 84 van 242 polygoenen zijn goedgekeurd. Overeenkomstig met de Rijn en de Maas zijn ook hier met name polygoenen die een verandering naar riet en ruigte aangeven foutief geëclassificeerd. Het grootste gedeelte van de gecontroleerde polygoenen laat een vergladdende vegetatie-overgang zien en de mate waarin er verruwingen optreden in het Zwarte Water is relatief beperkt.

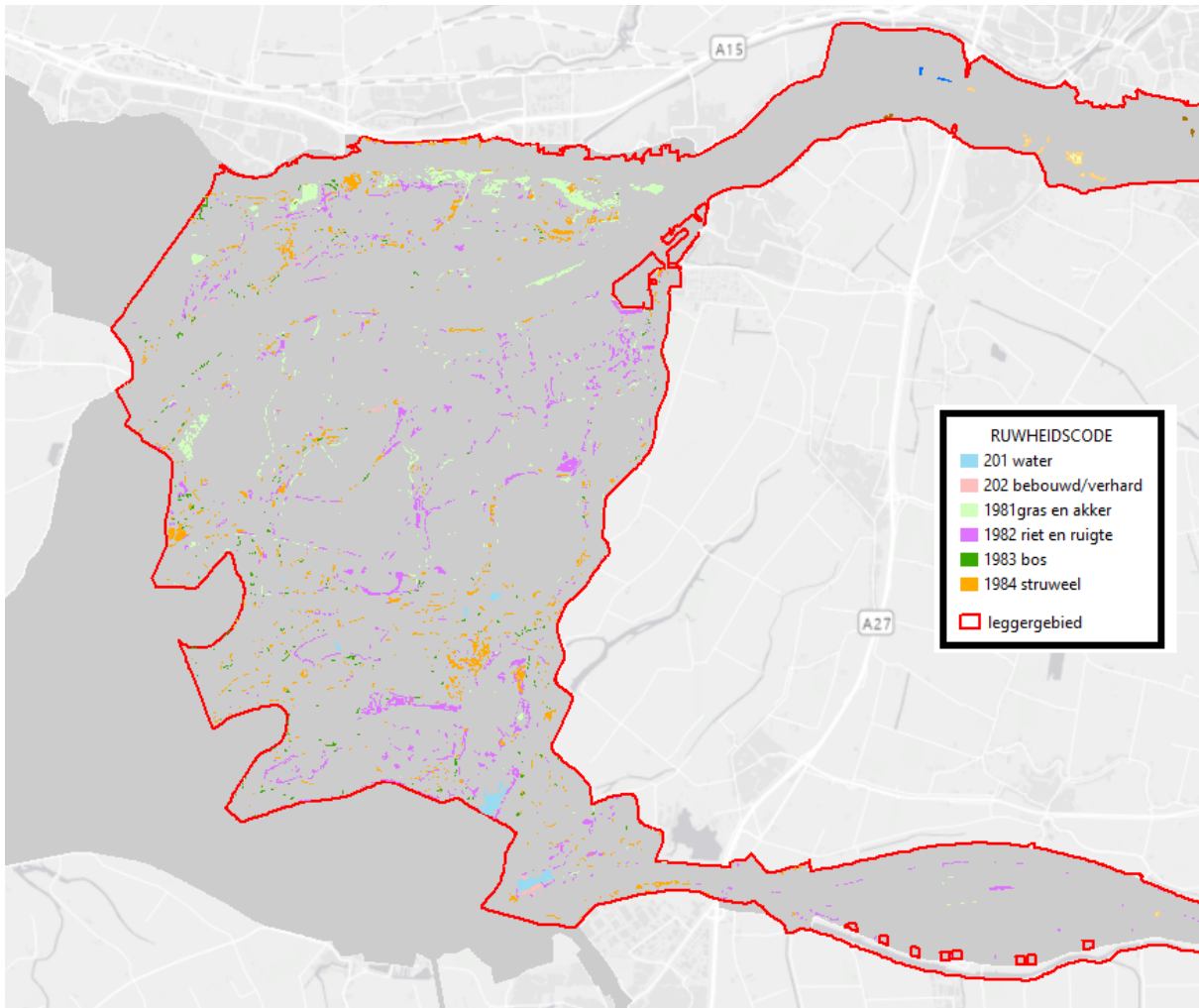
Vegetatie-verandering	Absolute getallen				Percentages				
	Goed	Onzeker	Fout	Totaal	Goed	Onzeker	Fout	Totaal	
14	Water > riet/ruigte	0	1	2	3	0%	33%	67%	100%
24	Bebouwd > riet/ruigte	0	1	5	6	0%	17%	83%	100%
25	Bebouwd > bos	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
32	Gras > verhard	0	0	1	1	0%	0%	100%	100%
34	Gras > riet/ruigte	23	13	74	110	21%	12%	67%	100%
36	Riet/ruigte > struweel	1	0	2	3	33%	0%	67%	100%
Totaal		24	15	85	124				

Tabel 8. Gecontroleerde, verruwende polygoenen voor het Zwarte Water, uitgesplitst naar goedgekeurde, afgekeurde en onzekere polygoenen in zowel absolute als relatieve getallen.

Vegetatie-verandering	Absolute getallen				Percentages			
	Goed	Onzeker	Fout	Totaal	Goed	Onzeker	Fout	Totaal
23 Bebouwd > gras	2	0	1	3	67%	0%	33%	100%
43 Riet/ruigte > gras	38	9	22	69	55%	13%	32%	100%
54 Bos > riet/ruigte	1	1	1	3	33%	33%	33%	100%
63 Struweel > gras	11	3	2	16	69%	19%	13%	100%
64 Struweel > riet/ruigte	8	2	15	25	32%	8%	60%	100%
65 Struweel > bos	0	1	1	2	0%	50%	50%	100%
Totaal	60	16	42	118				

Tabel 9. Gecontroleerde, vergladdende polygonen voor het Zwarte Water, uitgesplitst naar goedgekeurde, afgekeurde en onzekere polygonen in zowel absolute als relatieve getallen.

Voor het deel van het leggergebied in de Rijn-Maasmonding zijn er geen jaarkarten beschikbaar voor de jaren 2015 tot en met 2019. Er is daarom een alternatieve methode gebruikt om de bij te karteren gebieden te selecteren: de vegetatie-jaarkart van 2021 uit de Vegetatiemonitor is vergeleken met de ecotopenkaarten van 2018 (RMM) en 2017 (Maas en Rijn). Op de gedetecteerde verschillen is vervolgens de methode van majority filter toegepast. Vervolgens heeft Rijkswaterstaat op basis van een luchtfoto een selectie gemaakt van de bij te karteren gebieden. Het resultaat is te zien in Figuur 10.



Figuur 10. Actuele vegetatie Rijn-Maasmondung. Weergegeven zijn de bijgekarteerde gebieden en de geactualiseerde ruwheidscode.

Tabel 10 geeft een overzicht van de totale bijgekarteerde oppervlaktes (ten opzichte van de ecotopenkaart van 2017 voor de beheergebieden RWS-ON en RWS-ZN en ecotopenkaart 2018 voor RWS-WNZ), verdeeld in type veranderingen en per RWS-dienst. Zoals in de tabel is weergegeven is tussen 1,6 à 2,6 % van het gebied verglad. Er zijn minder verruwingen toegevoegd: tussen 0,5 à 2,4 %.

Vegetatie-verandering [ha]		RWS-dienst		
Vergladdingen		ON	ZN	WNZ
21	Bebouwd > water	75	52	0
23	Bebouwd > gras	242	157	1
31	Gras > water	22	82	0
41	Riet/ruigte > water	9	8	20
42	Riet/ruigte > bebouwd	4	10	9
43	Riet/ruigte > gras	116	129	96
51	Bos > water	3	1	1
52	Bos > bebouwd	1	4	1
53	Bos > gras	13	7	4
54	Bos > riet/ruigte	1	4	12
61	Struweel > water	3	1	1
62	Struweel > bebouwd	1	0	0
63	Struweel > gras	13	3	2
64	Struweel > riet/ruigte	9	3	23
65	Struweel > bos	5	0	19
Verruwingen		ON	ZN	WNZ
12	Water > bebouwd	0	1	0
13	Water > gras	0	10	0
14	Water > riet/ruigte	1	2	0
15	Water > bos	0	0	0
16	Water > struweel	0	0	0
24	Bebouwd > riet/ruigte	70	41	0
25	Bebouwd > bos	3	2	0
26	Bebouwd > struweel	1	0	0
32	Gras > bebouwd	10	35	0
34	Gras > riet/ruigte	65	26	137
45	Riet/ruigte > bos	0	4	6
46	Riet/ruigte > struweel	2	8	37
Totaal vergladdingen		517 ha (1,6 %)	461 ha (1,7 %)	190 ha (2,6 %)
Totaal verruwingen		151 ha (0,5 %)	130 ha (0,5 %)	179 ha (2,4 %)
Totaaloppervlakte legger per beheergebied RWS-dienst		31.553	24.596	7.423

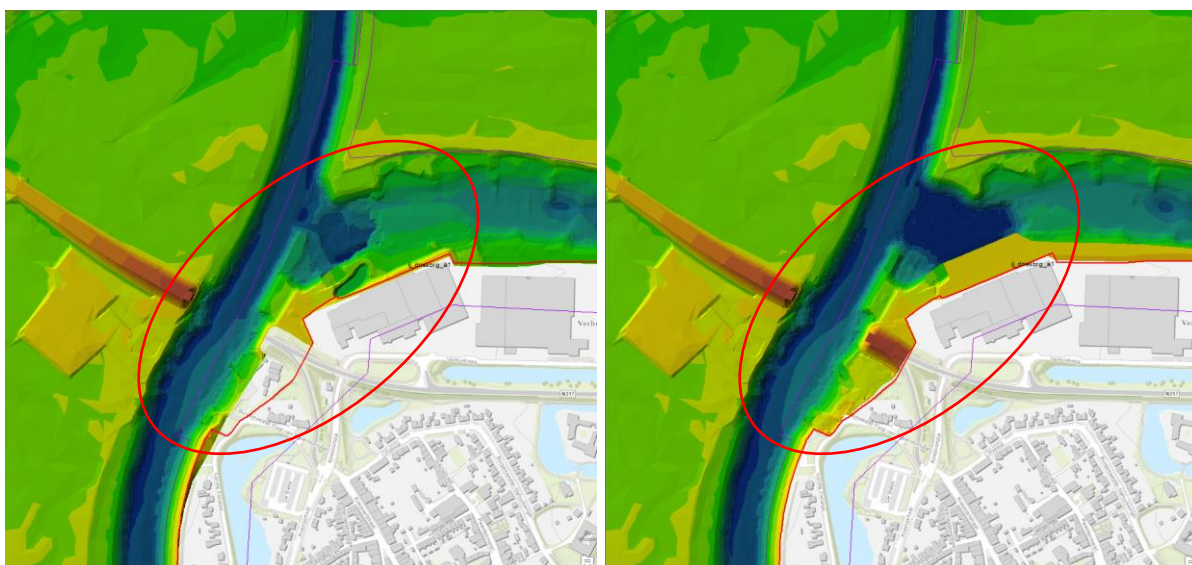
Tabel 10. Overzicht van de bijgekarteerde gebieden per RWS-dienst. Percentages zijn t.o.v. van het totaaloppervlakte van de legger per RWS-dienst.

3.3 Actualisaties van bodem

De actualisatie van de bodem in het rivierengebied betreft de volgende ontwikkelingen:

1. Autonome ontwikkeling rivierbed zoals bodemerosie zomerbed, aanzanding nevengeulen en strangen;
2. Geplande nieuwe maatregelen/ingrepen/projecten in het rivierbed;
3. Gerealiseerde vergunningen door RWS afgegeven aan derden;
4. Verbeteringen van het basismodel.

De meeste recente jxx schematisaties geven de meest recente gemodelleerde bodemsituatie weer; de actuele situatie moet door aanvullende informatie benaderd worden. Voor de Rijn is dat j19, voor de Maas j21 en voor RMM j15. Voor deze analyse zijn er nog extra actualisaties toegevoegd. Deze extra actualisaties zijn door Rijkswaterstaat toegeleverd als Baselinemaatregelen, zie het overzicht in Bijlage A⁹. Figuur 11 geeft een voorbeeld van een actualisatie bij de IJssel (Doesburg).



Figuur 11. Voorbeeld van actualisatie van de bodem bij Doesburg (links J19-model, rechts na actualisatie (V5)).

Ook zijn nog aanpassingen gemaakt in de bestanden met de ruwheidscodes-definitie:

- Toevoegen van de Vegetatielegger-codes in model hr2017 (varianten V4 Bodemnorm en V6 Vegetatie-en bodemnorm).
- Zomerbedruwheden van varianten V4 Bodemnorm en V6 Vegetatie-en bodemnorm zijn gelijk gemaakt aan de ruwheden van model jxx (variant V5)

⁹ Deze extra actualisatie geeft een actueel beeld op de peildatum. Dit actuele beeld is ook de basis voor het BOI2023. BOI2023 is uiteraard wel een BenO-model, dus op de actuele toestand zit nog een toekomstprojectie voor BOI.

4 Stap 2: Toetsen actuele veldsituatie aan huidige legger

4.1 Inleiding

Na opstellen van de actuele veldsituatie volgt hier een geografische en een hydraulische analyse. De geografische analyse maakt inzichtelijk waar ten opzichte van de legger de belangrijkste verschillen in vegetatie liggen. Vervolgens duiden wij de geografische verschillen in een hydraulische analyse. Hierin maken we onderscheid tussen "opstuwende gebieden" (ongesaldeerd: alleen toename ruwheid en in waterstand) en "alle relevante gebieden" (gesaldeerd: toe- en afname in ruwheid en waterstand).

De hier gebruikte varianten in de geografische en de hydraulische analyse zijn (zie ook toelichting in hoofdstuk 2):

- variant V1: Vegetatienorm (legger 2020)
- variant V2a: alleen ruwere gebieden ten opzichte van de legger (ongesaldeerd)
- variant V2b: alle ruwere en gladdere gebieden ten opzichte van de legger (gesaldeerd)

Op basis van deze varianten worden de volgende effecten beschouwd:

- Verschil tussen V2a en V1: Toets aan de norm
 - Dit geeft het effect van actuele afwijkingen ten opzichte van de norm en betreft alleen "ongesaldeerde" vegetatieovergangen, dus alleen waarbij verruwingen zijn opgetreden.
 - Ook wordt voor de mengklassen in de Vegetatielegger apart beschouwd of per uiterwaard aan de voorgeschreven criteria voor mengklassen is voldaan (zie Tabel 14 in paragraaf 4.2.2).
- Verschil tussen V2b en V1: Analyse van het actuele veiligheidsbeeld
 - Dit geeft het effect van actuele verschillen in vegetatie ten opzichte van de norm, waarbij ook gebieden met gladdere vegetatietypen zijn meegenomen ("gesaldeerd": verruwing en vergladding). Het effect ten opzichte van de eerdere "toets aan de norm" geeft de urgentie aan van de huidige vegetatietoestand. Het is namelijk te verwachten dat deze gladdere gebieden een natuurlijke neiging hebben tot verruwing en zullen ontwikkelen naar het interventieniveau uit de legger.

Bij het toetsen van de actuele veldsituatie aan de norm is de vegetatie ter plekke van de vergunde gebieden niet meegenomen in de analyse: de vegetatie van de vergunningen is meegenomen in de twee varianten die met elkaar vergeleken worden en dus gelijk in beide situaties (Variant V1 en variant V2b). Om toch een indruk te krijgen van het "geïsoleerde" effect van de vergunningen is er een aanvullende analyse gedaan. Deze is in Bijlage D opgenomen.

4.2 Geografische analyse

4.2.1 Vegetatie actualisaties

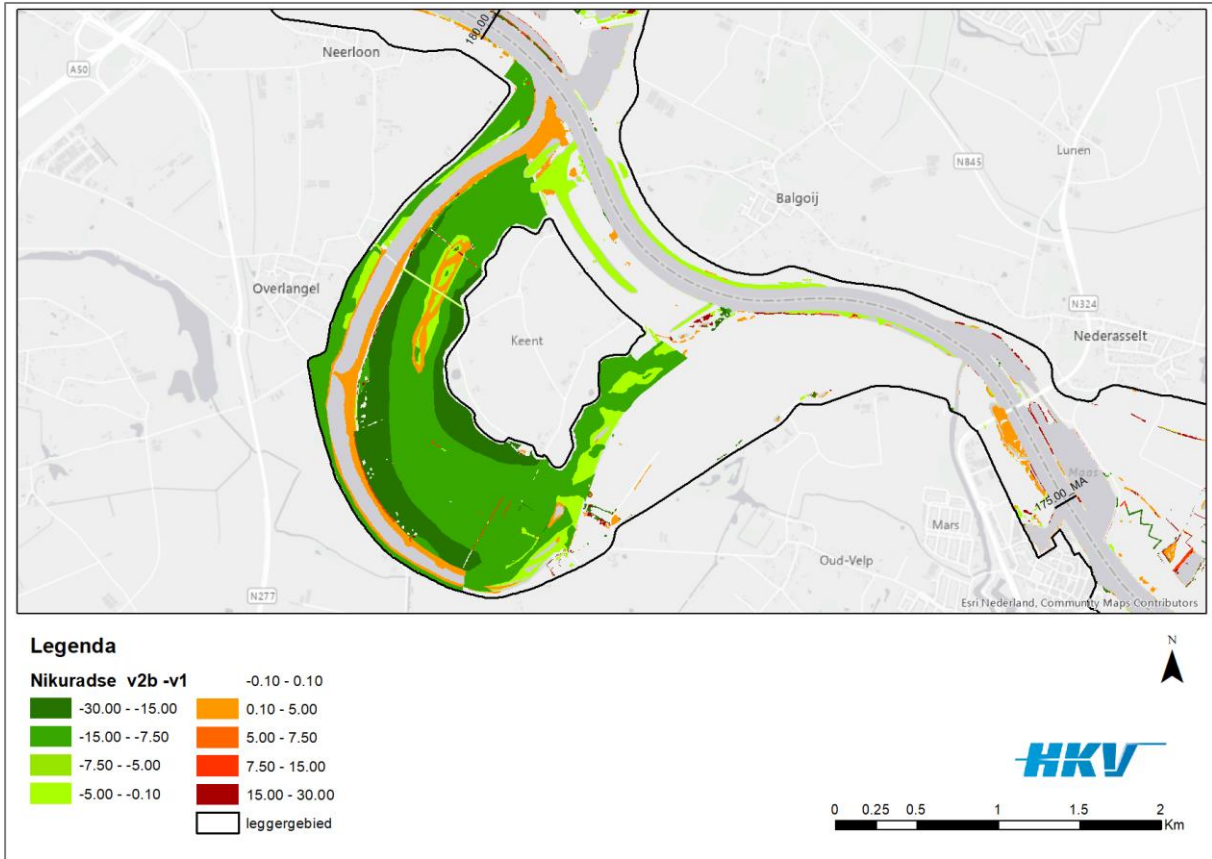
De geografische analyse van de vegetatie maakt inzichtelijk waar ten opzichte van de legger de belangrijkste verschillen in vegetatie liggen. Deze analyse is gemaakt “gesaldeerd” en “ongesaldeerd” op polygoonniveau (ruimtelijke verdeling van verschillen) en op geaggregeerd niveau (totale hoeveelheden in vegetatie-overgangen).

Analyse op polygoonniveau

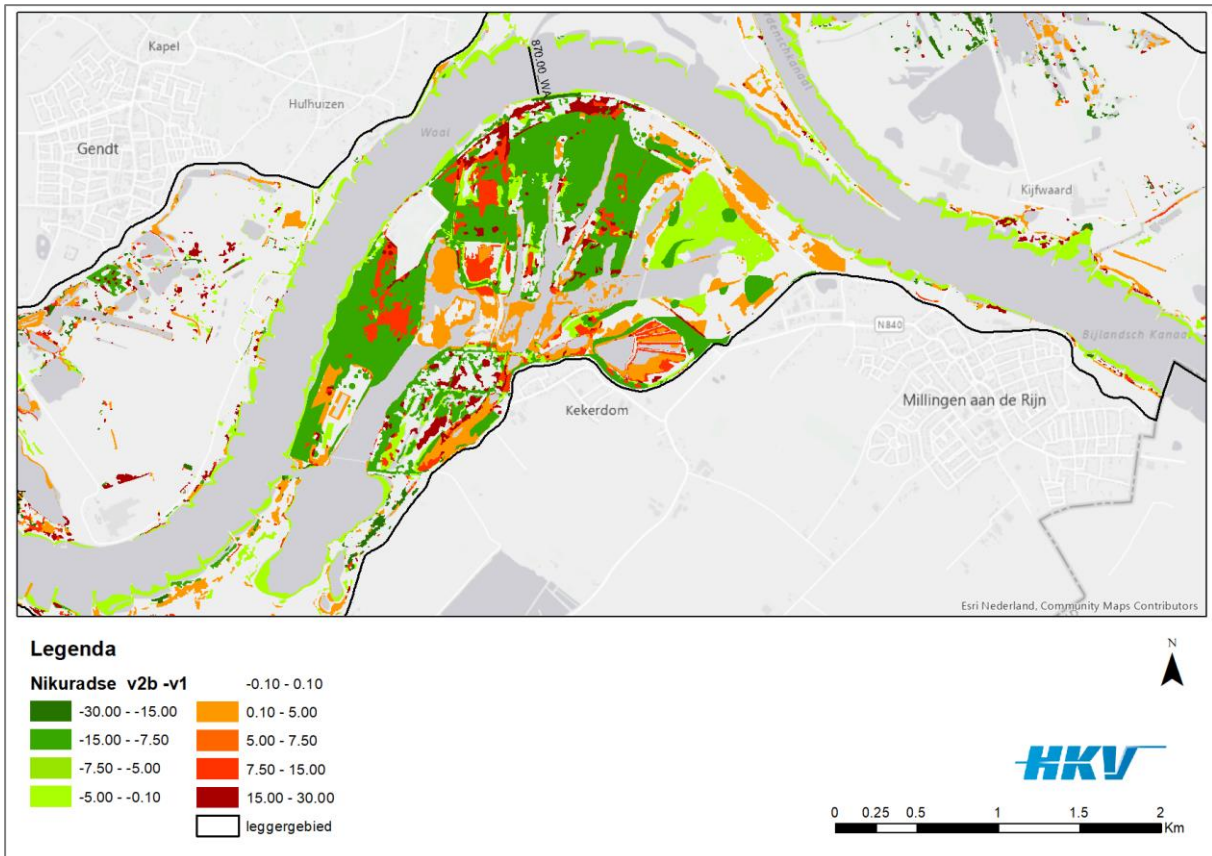
Op polygoonniveau (per vlak in de legger) is het verschil in effectieve ruwheid tussen actuele veldsituatie (V2b) en de legger (V1) bepaald. Voor de effectieve ruwheid gaan we uit van de Nikuradse k-waarde uit Tabel 5. Ook de vegetatie-mengklassen uit de legger zijn hier beschouwd als een op zichzelf staande vegetatieklasse met een homogene effectieve ruwheid per polygoon. Het ruwheidsverschil geeft in een oogopslag weer, per polygoon in de legger, hoeveel de ruwheid van de actuele veldsituatie afwijkt van de legger. De verschillen zijn bepaald voor het hele leggergebied en vervolgens opgenomen in een webviewer¹⁰. In Figuur 12, Figuur 13 en Figuur 14 zijn drie voorbeelden getoond van het ruwheidseffect doordat de actuele vegetatie anders is dan de norm (respectievelijk voor een gebied langs de Maas, langs de Rijn en langs de Rijn-Maasmonding). Verminderingen van de ruwheid in de actuele veldsituatie ten opzichte van de norm zijn getoond in groen en verhogingen van de ruwheden in oranje-rood¹¹.

¹⁰ Webviewer: https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/Index.html?viewer=Toets_Grote_Rivieren.Webviewer#

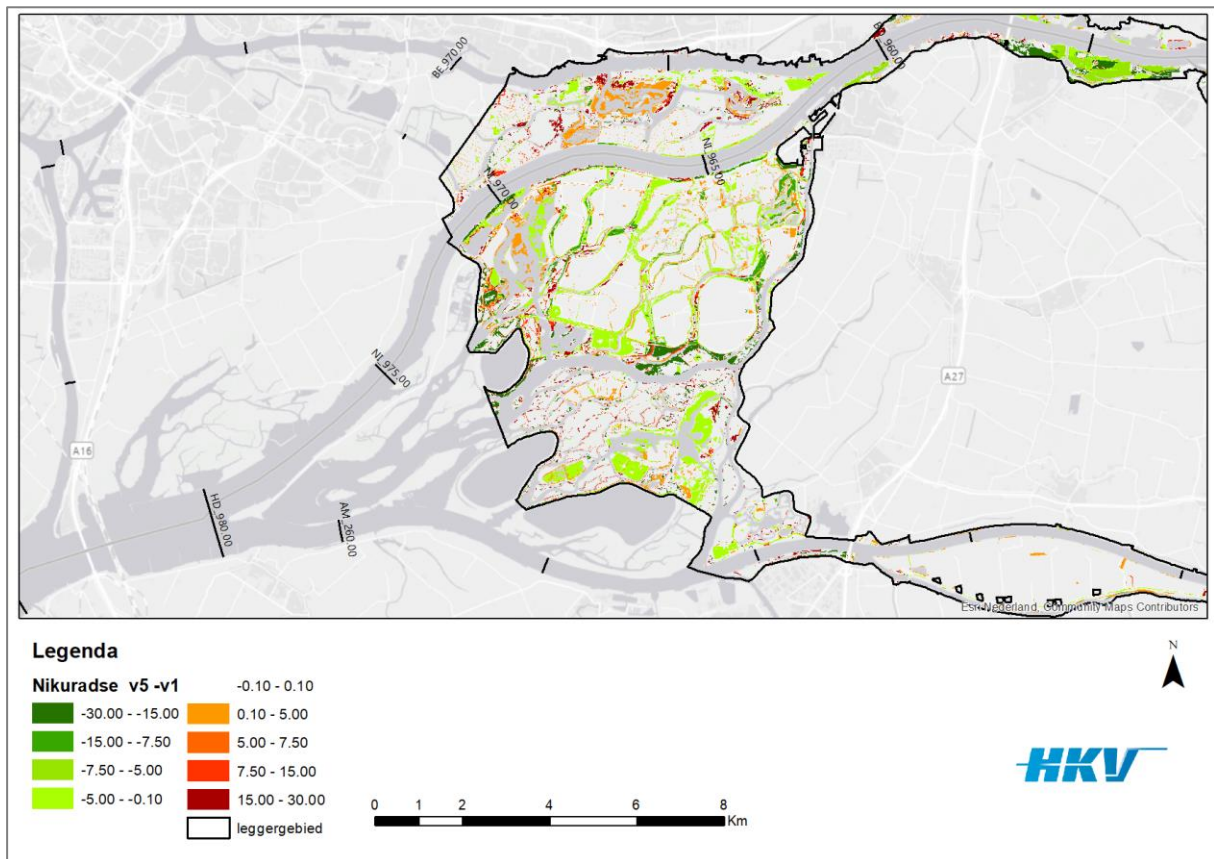
¹¹ Geactualiseerde gebieden zijn allemaal minimaal 500 m². Echter, de geactualiseerde ecotopenkaart ten opzichte van de legger kan verschilpolygonen kleiner dan 500 m² opleveren. Om de figuren en viewer leesbaar te houden zijn alleen de gebieden met een oppervlakte groter of gelijk aan 500 m² getoond.



Figuur 12. Verschillen in ruwheid actuele vegetatie t.o.v. norm. Voorbeeld van de omgeving van Keent (langs de Maas).



Figuur 13. Verschillen in ruwheid actuele vegetatie t.o.v. norm. Voorbeeld van de Millingerwaard (Waal).



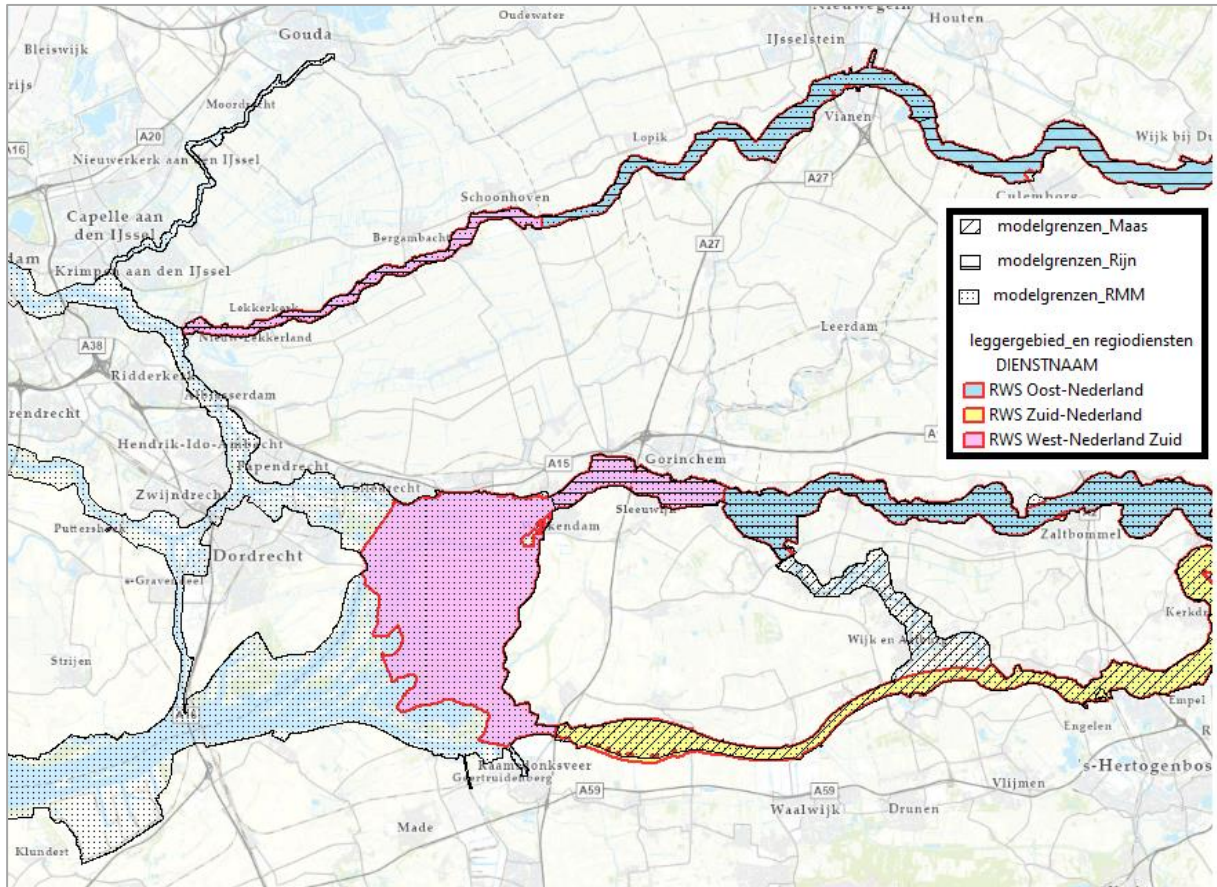
Figuur 14. Verschillen in ruwheid actuele vegetatie t.o.v. norm. Voorbeeld van de Biesbosch en Noordwaard (RMM).

Analyse op geaggregeerd niveau

In de geaggregeerde geografische analyse beschouwen we verschillen in vegetatie in termen van arealen. De in dit project gebruikte hydraulische modellen van RWS volgen niet exact de grenzen van de verschillende dienstgebieden (zie Figuur 15). Om overlap of dubbeltellingen te voorkomen is de geografische analyse gebaseerd op de begrenzingen van dienstgebieden. De totale arealen van de legger binnen de verschillende (beheer)dienstgebieden van RWS zijn:

- RWS-ON: 31.553 ha
- RWS-ZN: 27.596 ha
- RWS-WNZ: 7.423 ha

De bovengenoemde getallen betreffen alleen het winterbeddeel van het gebied van de legger en zijn dus exclusief het zomerbed van de rivieren en de kribvakken.



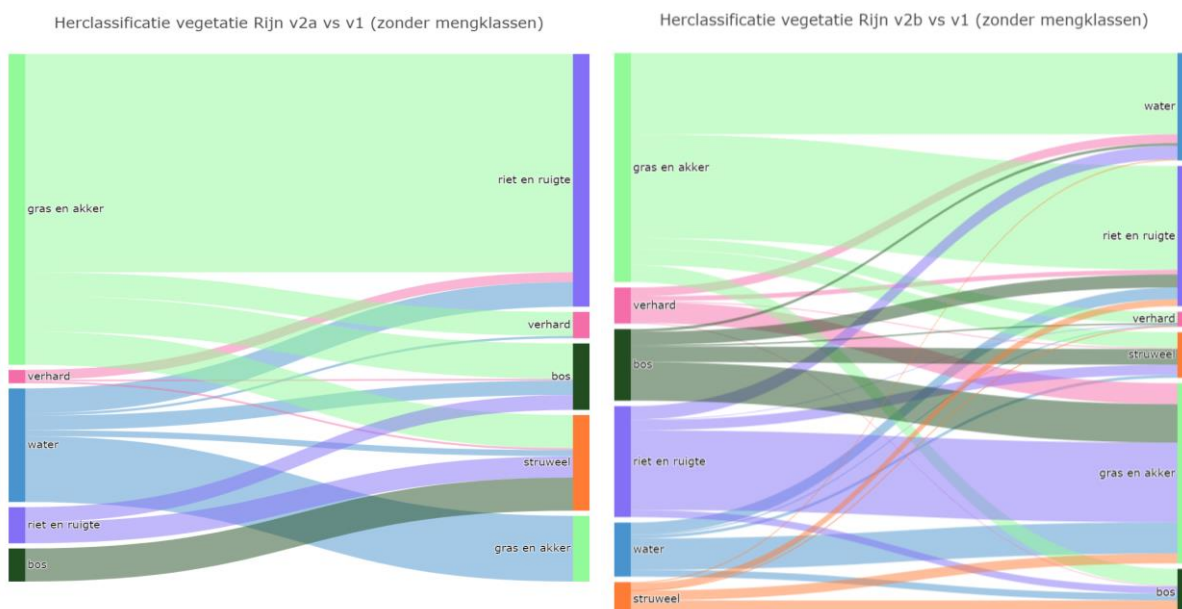
Figuur 15. Leggergebied binnen de verschillende dienstgebieden van RWS en de modelgrenzen.

In Figuur 16 en Figuur 17 zijn de arealen vegetatieverschillen in de uiterwaarden van de modellen van de Rijn en van de Maas weergegeven in een spaghetti-diagram voor de ongesaldeerde en de gesaldeerde varianten (V2a en V2b respectievelijk). Het betreft hier de arealen in vegetatie(type)-verschillen ten opzichte van de norm; gelijk gebleven vegetatietypen zijn niet meegenomen in deze analyse. Figuur 18 geeft hetzelfde overzicht voor het model van RMM (variant V2a en variant V5). Tabel 11, Tabel 12 en Tabel 13 tonen de verschillen in oppervlaktes en per RWS-dienst (geen doublures bij RMM-gebied). In deze tabellen zijn de overgangen in mengklassen ook opgenomen. In Figuur 16 en Figuur 18 zijn de mengklassen buiten beschouwing gelaten, omdat het in deze overgangen geen vegetatieveranderingen maar een uitsplitsing naar homogene vegetatietypen betreft. In Figuur 17 (voor de Maas) is te zien dat er in variant V2b een klein deel mengklasse 70/30 voorkomt. Dit is het gevolg van bekende afwijkingen (aangeleverd door Rijkswaterstaat) die zijn meegenomen in de actualisatie van de veldsituatie.

Over het algemeen tonen Figuur 16 en Figuur 17 vergelijkbare trends voor de Rijn en de Maas. Het blijkt dat verruwingen voor een groot deel voortkomen uit overgangen van "water" en "gras en akker" naar ruwere vegetatietypen "riet en ruigte", "struweel" en "bos". Dit was te verwachten omdat water en gras/akker de meest gladde vegetatietypen zijn met relatief grote aaneengesloten arealen.

Uit Figuur 16, Figuur 17 en Figuur 18 blijkt dat zowel voor de Maas, de Rijn en de Rijn-Maasmonding de grootste verschillen optreden bij vegetatietype 'gras en akker' en ook dat de arealen van 'gras en akker' kleiner zijn in de actuele situatie. Dit geeft een eerste indicatie dat de uiterwaarden zijn verruwd ten opzichte van de norm. Figuur 19 toont de invloed op de

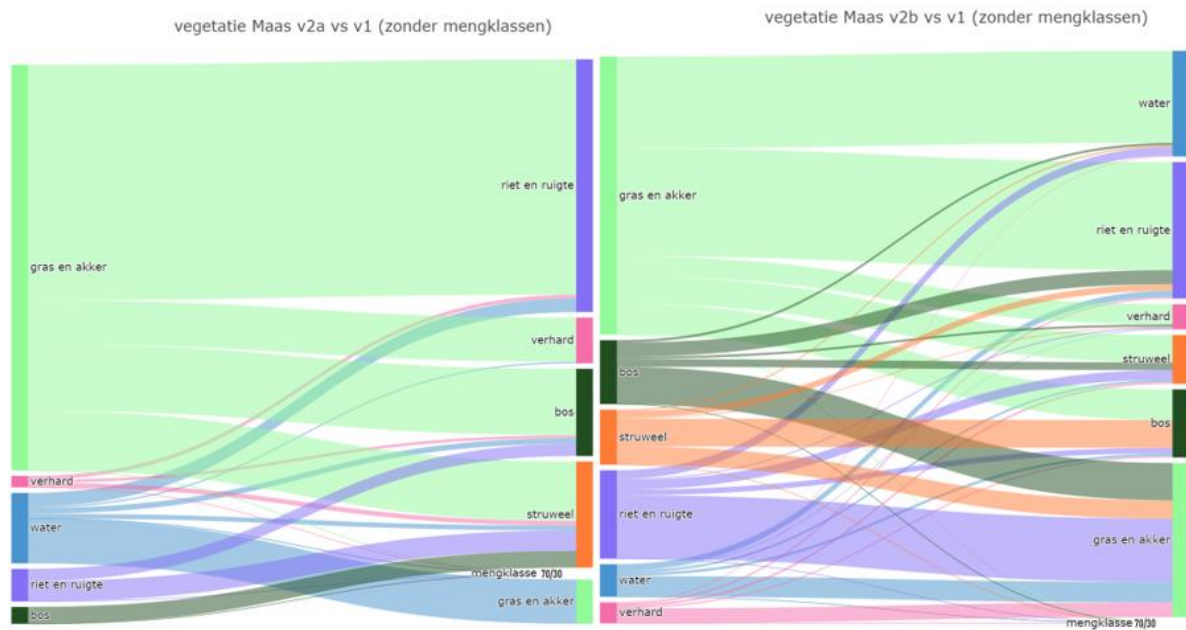
ruwheidsverdeling als gevolg van deze vegetatie(type)-verschillen, dit keer inclusief de uitsplitsing van mengklassen. De brongegevens voor dit figuur zijn vegetatie veranderingen per beheerdienst. Door de uitsplitsing van mengklassen is het areaal 'gras en akker' op de Rijn en de Rijn-Maasmonding nu toegenomen ten opzichte van de norm. Polygonen waarvan de vegetatietype hetzelfde is gebleven zijn niet meegenomen in deze figuur.



Figuur 16. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van de Rijn voor de varianten V2a (ongesaldeerd, links) en V2b (gesaldeerd, rechts) ten opzichte van de norm (variant V1, op de linker as).

Aanpassingen in vegetatietypes [ha]								
Vegetatietype in legger (V1)			Vegetatietype actuele situatie (V2a en V2b)					
Type	Totaal aanpassingen	Waarvan verruwd	Water	Gras en akker	Verhard	Riet en ruigte	Bos	Struweel
Water	349	349		207	5	73	45	19
Gras en akker	1.503	972	531		70	689	110	103
Verhard	229	38	58	133		27	5	6
Riet en ruigte	705	98	86	518	3		42	56
Bos	451	88	17	256	8	82		88
Struweel	175	0	7	55	2	35	76	
Mengklasse 90/10	424	17	15	353	1	38	11	6
Mengklasse 70/30	441	30	11	255	1	99	45	30
Mengklasse 50/50	62	6	0	48	0	1	7	6
Totaal aanpassingen	4.339	-	725	1.825	90	1.044	341	314
Totaal verruwingen	-	1.598	-	207	75	789	213	314
Totaaloppervlakte beheergebied RWS ON	31.553							

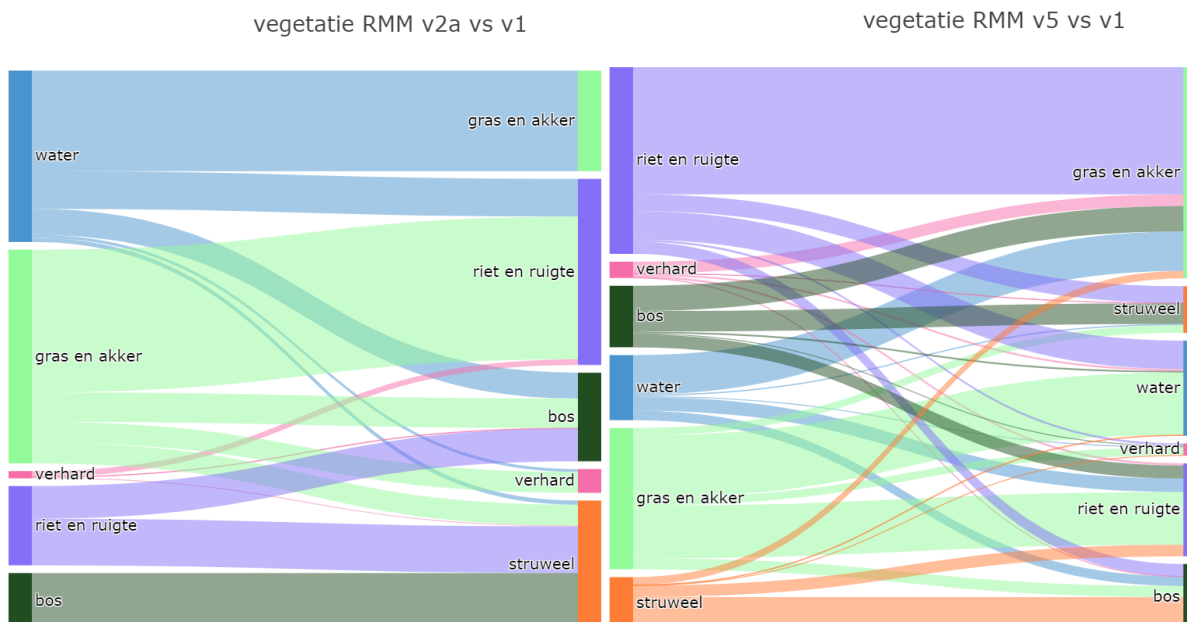
Tabel 11. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van RWS-ON (Rijn), met de vegetatietypen van de norm uitgesplitst naar de actuele vegetatietypen. In rood: de toename van ruwheden (verschillen in de ongesaldeerde variant).



Figuur 17. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van de Maas voor de varianten V2a (ongesaldeerd, links) en V2b (gesaldeerd, rechts) ten opzichte van de norm (variant V1, op de linker as).

Aanpassingen in vegetatietypes [ha]									
Vegetatietype in legger (V1)			Vegetatietype actuele situatie (V2a en V2b)						
Type	Totaal aanpassingen	Waarvan verruwd	Water	Gras en akker	Verhard	Riet en ruigte	Bos	Struweel	Mengklasse 70/30
Water	174	174		109	4	34	14	12	1
Gras en akker	1.491	1.001	491		109	580	164	147	1
Verhard	112	28	4	80		9	7	12	0
Riet en ruigte	472	80	47	338	6		30	50	0
Bos	345	41	14	203	12	75		41	0
Struweel	294	0	8	98	5	35	149		0
Mengklasse 90/10	163	9	2	123	0	29	4	5	0
Mengklasse 70/30	256	5	2	201	0	26	23	5	
Mengklasse 50/50	74	5	0	26	0	13	24	5	5
Totaal aanpassingen	3.381	-	568	1.178	136	801	415	277	7
Totaal verruwingen	-	1.343	-	109	113	623	219	277	2
Totaaloppervlakte beheergebied RWS ZN	27.596								

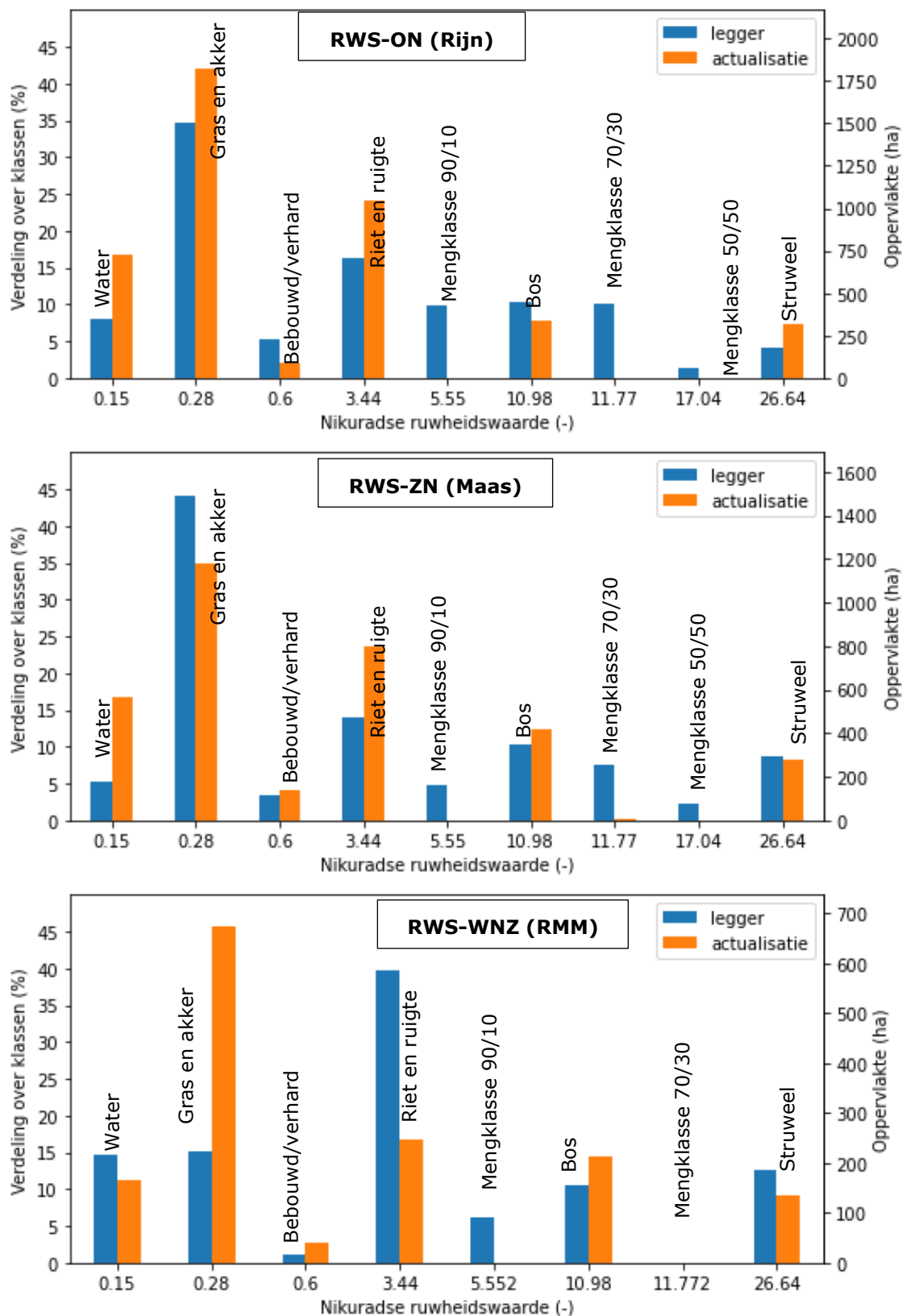
Tabel 12. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van RWS-ZN (Maas), met de vegetatietypen van de norm uitgesplitst naar de actuele vegetatietypen. In rood: de toename van ruwheden (verschillen in de ongesaldeerde variant).



Figuur 18. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van de Rijn-Maas monding voor de varianten V2a (ongesaldeerd, links) en V5 (gesaldeerd, rechts) ten opzichte van de norm (variant V1, op de linker as).

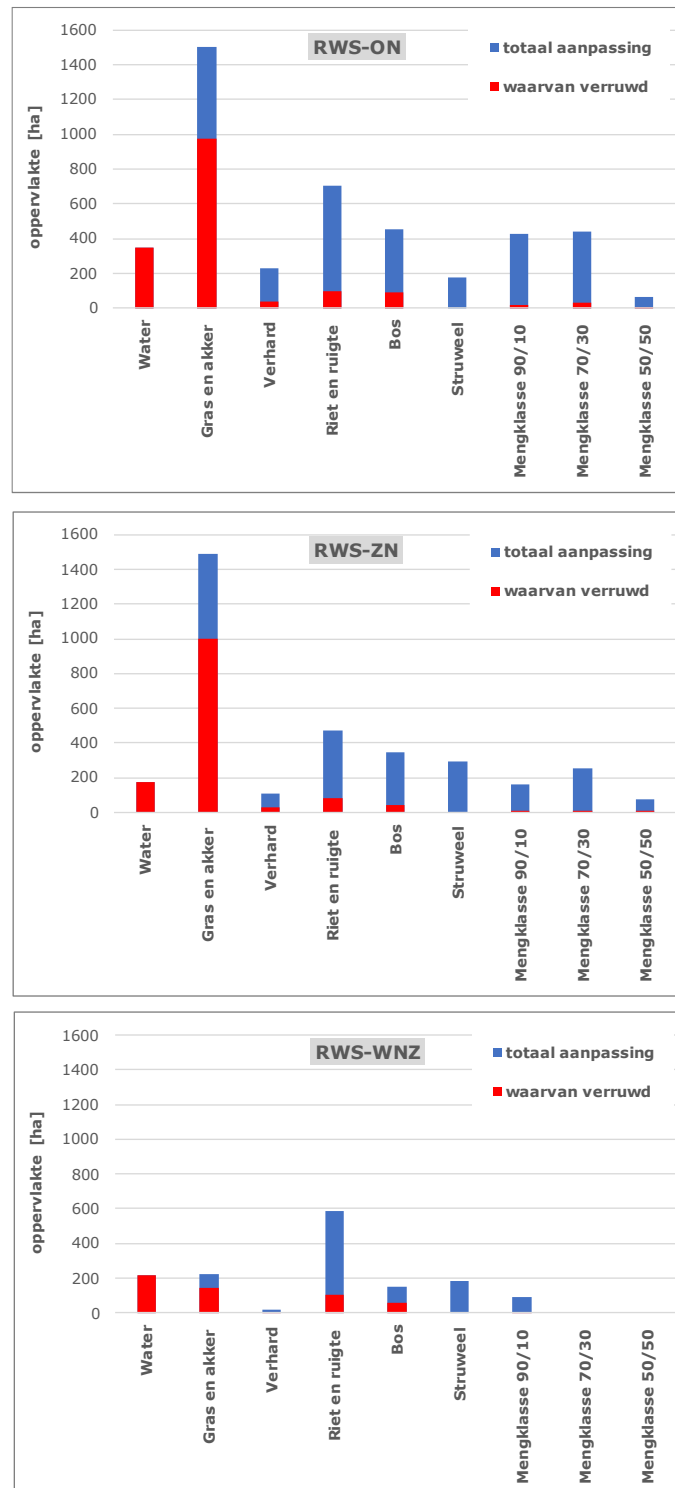
Aanpassingen in vegetatietypes [ha]								
Vegetatietype in legger (V1)			Vegetatietype actuele situatie (V2a en V5)					
Type	Totaal aanpassingen	Waarvan verruwd	Water	Gras en akker	Verhard	Riet en ruigte	Bos	Struweel
Water	217	217		124	3	52	34	4
Gras en akker	224	143	80		24	98	13	8
Verhard	17	3	1	13		3	0	0
Riet en ruigte	586	106	75	396	9		41	65
Bos	154	58	5	44	3	44		58
Struweel	185	0	1	19	1	39	125	
Mengklasse 90/10	91	1	0	79	0	11	1	0
Mengklasse 70/30	0	0	0	0	0	0	0	0
Mengklasse 50/50	0	0	0	0	0	0	0	0
Totaal aanpassingen	1.474	-	162	675	40	247	214	135
Totaal verruwingen	-	528	-	124	27	153	89	135
Totaaloppervlakte beheergebied RWS WNZ	7.423							

Tabel 13. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van RWS-WNZ (Rijn-Maasmonding), met de vegetatietypen van de norm uitgesplitst naar de actuele vegetatietypen. In rood: de toename van ruwheden (verschillen in de ongesaldeerde variant).



Figuur 19. De ruheidsverdeling bij RWS-ON (Rijn, boven), RWS-ZN (Maas, midden) en RWS-WNZ (Rijn-Maas Monding, onder) voor de actuele situatie (variant V2b, gesaldeerd; variant V5 voor RMM) en de legger (variant V1). Let op dat enkel de veranderde vegetatie-oppervlaktes hierin zijn meegenomen. Het totale oppervlakte (100%) komt hierdoor overeen met de totale oppervlakte aan veranderde vegetatie in de uiterwaarden.

Figuur 20 toont de verschillen in ruwheid (in hectaren) van de actuele situatie ten opzichte van de legger. In de figuur wordt onderscheid gemaakt tussen de totale aangepaste oppervlakten (hele balk, blauw+rood) en alleen de verruwingen (in rood). In de figuur kunnen we bijvoorbeeld zien dat afwijkingen in de legger bij 'riet en ruigte' maar voor een kleine deel verruwingen opleveren. De grootste verruwingen treden op bij afwijkingen in water en 'gras en akker'.



Figuur 20. Verschillen tussen de ruwheid in actuele situatie en de legger. Kolom 2 en 3 uit Tabel 11, Tabel 12 en Tabel 13. In rood zijn de verruwingen weergegeven.

4.2.2 Mengklassen

De Vegetatielegger bevat drie typen vegetatie-mengklassen, terwijl de actuele veldsituatie is gebaseerd op de vegetatiejaarkaart uit 2017 (aangevuld met bijkarteringen), waar geen mengklassen in zitten¹². In de vergelijking tussen de actuele veldsituatie en de Vegetatielegger kan nu gekeken worden of de mengklassen nog voldoen aan de gestelde criteria voor mengklassen, zie de criteria in Tabel 14. Deze analyse is gedaan op uiterwaardniveau¹³, waarbij per uiterwaard wordt bekeken of de arealen per mengklasse nog aan de gestelde criteria voldoen. Een voorbeeld van de analyse is weergegeven in Tabel 15: in uiterwaard de Lithse Ham blijkt het gesommeerde areaal van 'mengklasse 70/30' voor meer dan 30% uit gras en akker te bestaan (63%) en voor minder dan 40% uit bos en struweel (28%). De mengklasse 70/30 voldoet hier dus aan het criterium uit Tabel 14. De volledige tabellen met mengklassen uit de vegetatienorm uitgesplitst naar nieuwe vegetatietypen staan in Bijlage C. Een voorbeeld van de ruimtelijke weergave van de toets, waar in de vorm van een kaart per uiterwaard is weergegeven of de aanwezige mengklassen voldoen aan de gestelde criteria, is weergegeven in Figuur 21.

Mengklasse	Gras en akker	Riet en ruigte	Bos	Struweel
90/10	Minimaal 80%	Maximaal 20%		
70/30	Minimaal 30%	Onbepaald	Maximaal 40%	
50/50	Minimaal 10%	Onbepaald	Maximaal 60%	

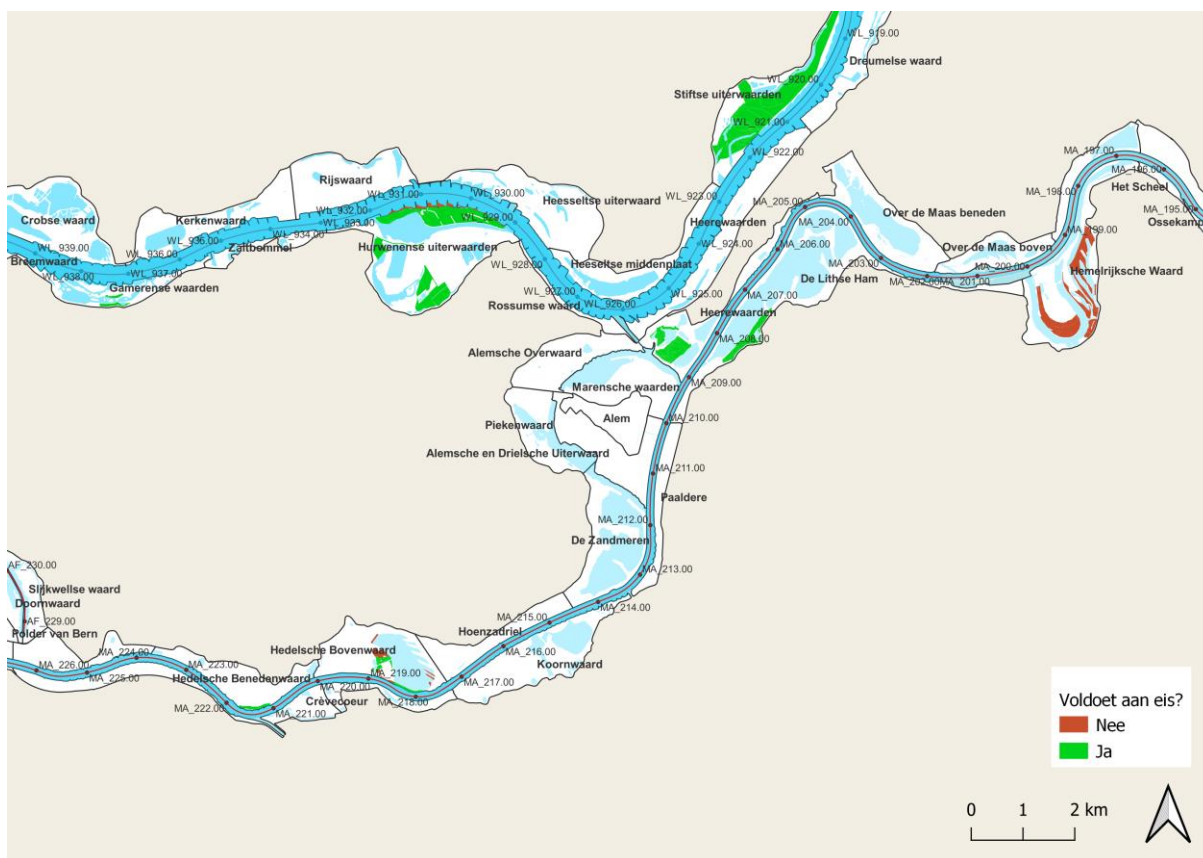
Tabel 14. Criteria voor toetsing van mengklassen. Gebaseerd op de toelichting op de Vegetatielegger (Rijkswaterstaat, 2014).

Uiterwaard	Mengklasse	Totaal oppervlak [m ²]	Water	Verhard	Gras en akker	Riet en ruigte	Bos	Struweel	Voldoet?
De Lithse Ham	1997 (70/30)	155.558	0%	0%	63%	8%	26%	2%	Ja
Heerewaarden	1997 (70/30)	181.212	0%	0%	54%	15%	26%	6%	Ja
	1998 (50/50)	65.953	0%	0%	30%	17%	51%	2%	Ja
Hedelsche Benedenwaard	1996 (90/10)	27.569	0%	0%	98%	0%	0%	2%	Ja
Op den Bosch	1996 (90/10)	48.666	4%	0%	73%	16%	2%	4%	Nee
Reuver	1996 (90/10)	64.213	4%	0%	68%	20%	5%	2%	Nee

Tabel 15. Voorbeeld van de analyse van de mengklassen, waarbij de mengklassen uit de vegetatienorm is uitgesplitst naar nieuwe vegetatietypen (in variant V2b).

¹² Een mengklasse is geschikt om een interventieniveau te beschrijven, maar niet om de actuele situatie te beschrijven waarvoor per pixel een homogene klasse nodig is.

¹³ Sommige polygonen zijn zeer klein. Daarom is ervoor gekozen om deze analyse op uiterwaardniveau te doen.



Figuur 21. Ruimtelijk voorbeeld van de geografische analyse van de mengklassen, waarbij per uiterwaard is bekeken of de mengklassen nog voldoen aan de criteria.

In het ZN-beheergebied (Maas) zijn 34 gebieden met mengklassen geanalyseerd (een uiterwaard is gesplitst in mengklassen, zie Tabel 9 in Bijlage C). Het blijkt dat 14 van deze mengklassegebieden niet aan de criteria voldoen. Dit komt overeen met 25% van het areaal (518 ha) van de mengklassen in de Maas. De overige 20 gebieden (75% van het areaal mengklassen, 388 ha) voldoen wel aan de criteria voor toetsing.

Van de 61 gebieden in de uiterwaarden van het ON-beheergebied (Rijn) zijn er 19 afgekeurd, terwijl er 42 voldoen aan de criteria van de mengklasse (Tabel 10 in Bijlage C). Dit komt overeen met, respectievelijk, 13% oppervlakte afgekeurd (121 ha) en 87% goedgekeurd (830 ha) van het totale areaal aan veranderde mengklassen.

In het beheergebied van WNZ (Rijn-Maas Monding) zijn 6 gebieden met mengklassen geanalyseerd (zie Tabel 19 in Bijlage C). Het blijkt dat 1 van deze mengklassegebieden niet aan de criteria voldoen. Dit komt overeen met 0,5% (0,4 ha) van het totale, veranderde areaal van de mengklassen in de Rijn-Maas Monding. De overige 5 gebieden (99,5% van het areaal mengklassen, 94 ha) voldoen wel aan de criteria voor toetsing.

Deze resultaten staan samengevat in Tabel 16. Wanneer een mengklasse niet voldoet, komen er over het algemeen meer verruwendere vegetatiesoorten in voor dan is toegestaan. Deze gebieden leiden daardoor tot een verruwing ten opzichte van de legger. Deze verruwingen zijn niet meegenomen in paragraaf 4.2.1, waardoor deze gebieden zorgen tot een extra verruwing ten opzichte van de resultaten in voorgaande paragraaf.

Mengklassen	RWS-ZN		RWS-ON		RWS-WNZ	
	[ha]	%	[ha]	%	[ha]	%
Totaal oppervlakte die niet voldoet aan criterium mengklasse	131	25	121	13	0,4	0,5
Totaal oppervlakte van mengklassen	518	-	951	-	94	-

Tabel 16. Totale areaal van mengklassen die niet voldoen aan criterium mengklasse.

4.3 Hydraulische analyse

4.3.1 Randvoorwaarden

De geografische analyse maakt inzichtelijk waar ten opzichte van de legger de belangrijkste verschillen in vegetatie liggen. In een hydraulische analyse bekijken wij hoe deze vegetatieverschillen doorwerken naar waterstandsverschillen. Voor het bepalen van de waterstandseffecten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd (zie Tabel 17 en Tabel 18 voor de gebruikte randvoorwaarden):

1. Effecten zijn bepaald met WAQUA-berekeningen. Waar mogelijk worden de modelberekeningen uitgevoerd met de randvoorwaarden van WBI 2017;
2. Voor de Rijntakken zijn stationaire berekeningen uitgevoerd, met actieve sturing op de beleidsmatige afvoerverdeling bij 16.000 m³/s bij Lobith;
3. Voor de Maas zijn er dynamische berekeningen uitgevoerd (afvoer bij Eijsden);
4. Voor de overgangsgebieden in de Rijn-Maasmonding is een selectie gemaakt van vier relevante stochastcombinaties voor de berekeningen (met open keringen);
5. Voor het Zwarte Water zijn er in het kader van Toets Grote Rivieren geen berekeningen gemaakt door de geringe vegetatieveranderingen.

Watersysteem	Herhalingstijd (benaderingen) [jaar]	Afvoerniveau [m ³ /s]	Type berekening
Rijntakken	≈ 10.000	16.000	Stationair
	≈ 100	13.000	
Maas (Maasvallei en Bedijkte Maas)	≈ 3.000	4.118	Dynamisch
	≈ 100	3.224	
Rijn-Maasmonding	Zie Tabel 18		
Zwarte Water	Geen berekeningen		

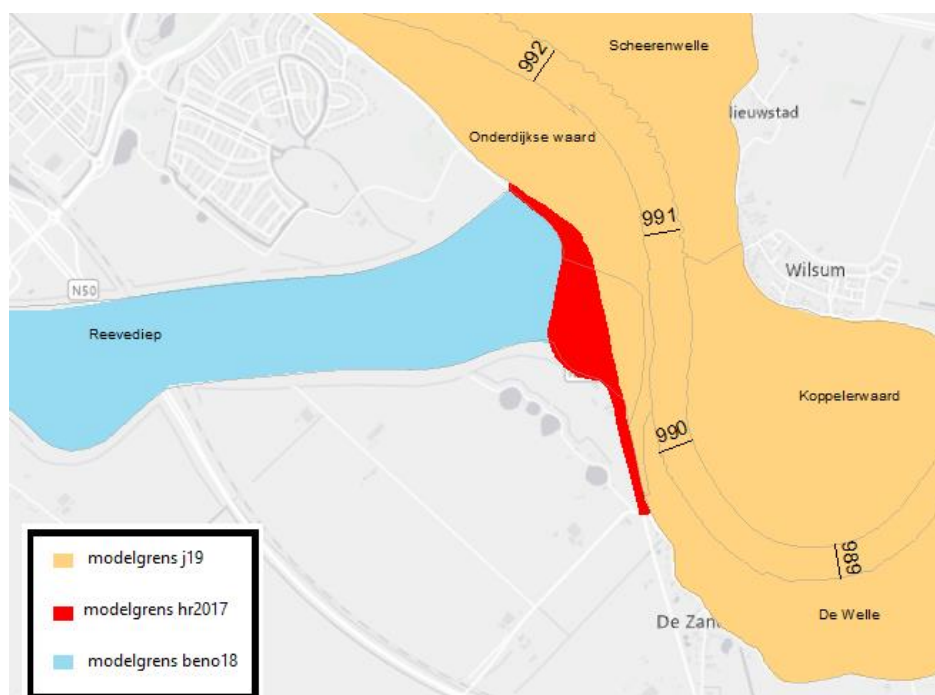
Tabel 17. Randvoorwaarden van de berekeningen voor de Rijn en Maas.

Water-systeem	nr. ber.	Zee-waterstand [m+NAP]	Afvoer [m ³ /s]				Wind	
			Bovenrijn	Lek	Waal	Maas	Snelheid	Richting
Rijn-Maasmonding	1	2,5	8.000	1.413	5.324	1.750	16	WNW (292,5°)
	2	2,25	12.000	2.503	7.755	2.754	14	W (270°)
	3	2	15.000	3.144	9.571	3.515	14,5	W (270°)
	4	1,75	16.000	3.350	10.168	3.774	14,2	WZW (247,5°)

Tabel 18. Randvoorwaarden van de 4 stochastcombinaties van de berekeningen voor de Rijn-Maasmonding.

Gebied van project Reevediep (Rijntakken, IJssel) vraagt om extra aandacht bij de interpretatie van de hydraulische resultaten. In de basismodellen van Rijkswaterstaat geldt (zie ook Figuur 22):

1. Project Reevediep is tot en met fase 2 opgenomen in de schematisatie **beno18** met een inlaat op 1,5 m+NAP (varianten vegetatienorm, actuele vegetatie en actuele verruwing). Bij een analyse van de resultaten van de WAQUA-berekeningen zien we de volgende werking van de "bypass":
 - a. Onttrekking van 589 m³/s bij 16.000 m³/s Bovenrijn afvoer
 - b. Onttrekking van 318 m³/s bij 13.000 m³/s Bovenrijn afvoer
2. Reevediep valt buiten de modelgrens van de schematisatie **hr2017**, maar is opgenomen in de randvoorwaarden als een onttrekking van 340 m³/s bij 16.000 m³/s Bovenrijn afvoer. Dit was de schematisatie van fase 1 van het Reevediep. Voor de situatie met 13.000 m³/s is er geen onttrekking, omdat bij fase 1 van het Reevediep de bypass niet wordt ingezet bij een afvoer van 13.000 m³/s.
3. Reevediep valt buiten de modelgrenzen van schematisatie **j19** en is daar ook niet opgenomen als onttrekking. Dit is conform de actuele situatie.



Figuur 22. Modelgrenzen en opname van het Reevediep in drie gebruikte basismodellen van RWS.

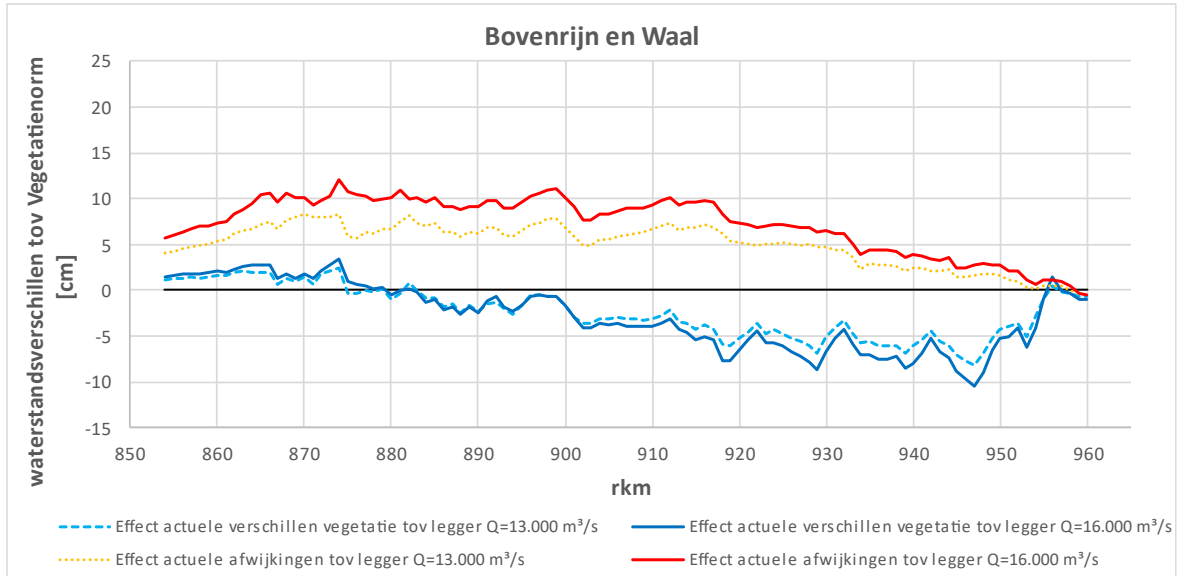
4.3.2 Resultaten

Ten behoeve van het toetsen van de actuele vegetatie aan de huidige legger zijn de volgende situaties met elkaar vergeleken:

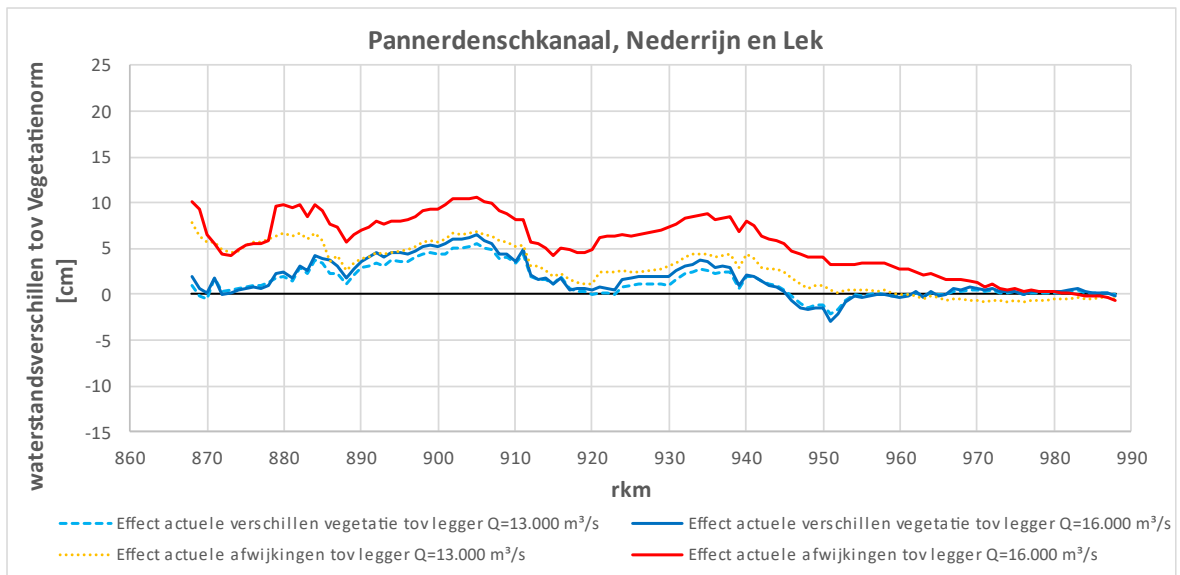
- V2a-V1: toets aan de norm: effect actuele afwijkingen t.o.v. norm (ongesaldeerd)
- V2b-V1 (Rijn en Maas); V5-V1(Rijn-Maasmonding): analyse van actuele veiligheidsbeeld: effect actuele verschillen vegetatie t.o.v. norm (verruwing en vergladding, gesaldeerd)

De volgende figuren (Figuur 23 tot en met Figuur 32) laten het effect van de actuele vegetatie (gesaldeerd, in de grafieken aangegeven met de blauwe lijnen "Effect actuele verschillen tov legger") en actuele verruwing (ongesaldeerd, in de grafieken aangegeven met de rode en oranje lijnen "Effect actuele afwijkingen tov legger") zien. Voor de Rijntakken en de Maas (Figuur 23 – Figuur 26) constateren we het volgende:

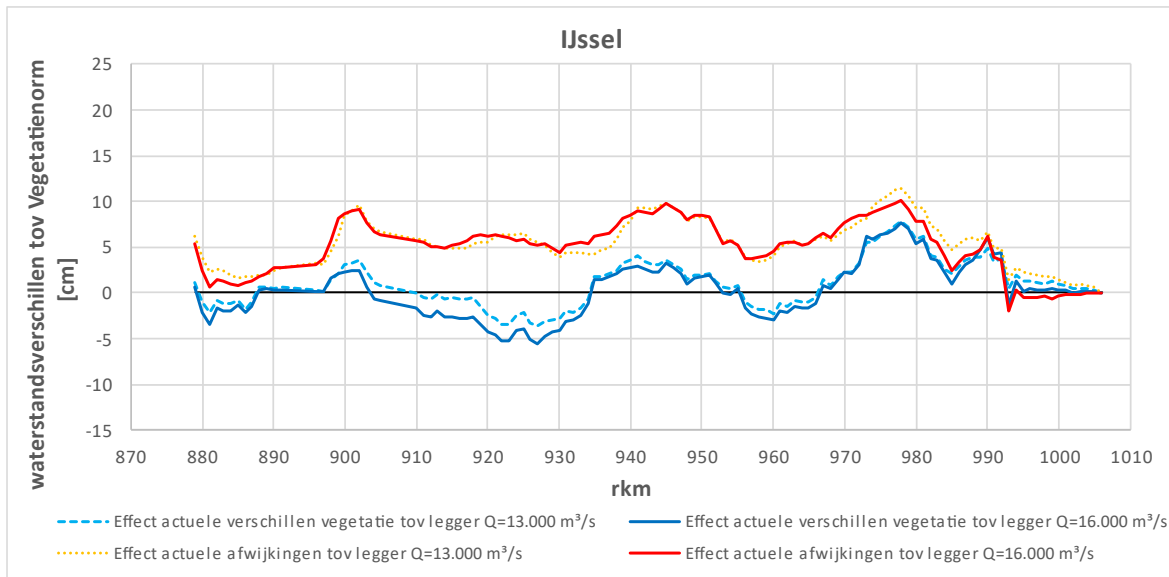
- De waterstandsverhogingen ten gevolge van de gebieden die niet voldoen aan de legger (ongesaldeerde vegetatieverschillen) zijn:
 - Tussen 5 en 10 cm in de Bovenrijn, Pannerdensch Kanaal, Waal, IJssel en Nederrijn-Lek.
 - Tussen 5 en 10 cm in de Maas. In het bovenstroomse deel van de Maas (Grensmaas, Plassenmaas en deel van Zandmaas) zijn de waterstandeffecten plaatselijk groter, met pieken tussen 10 en 15 cm. In de benedenstroomse deel van de Maas zijn er ook verlagingen van de waterstanden te zien, die waarschijnlijk door een andere werking van ingrepen of retentiegebieden te verklaren zijn.
- De waterstandsverschillen ten gevolge van de actuele vegetatie (gesaldeerd) zijn:
 - Tussen 0 en +3 cm in de Bovenrijn
 - Tussen -5 en +5 cm in de IJssel
 - Tussen -10 en 0 cm in de Waal
 - Tussen 0 en +5 cm in het Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en Lek. In het benedenstroomse deel van de Lek zijn er nauwelijks verschillen in de waterstanden te zien.
 - Tussen -5 en +5 cm in de Maas, met in het bovenstroomse deel van de Maas uitschieters tussen +5 en +12 cm.
- In het algemeen toont voor de Rijntakken het effect bij 13.000 m³/s hetzelfde patroon als bij 16.000 m³/s. Hier zijn de effecten over het algemeen 1 tot 3 cm kleiner. Ook bij de Maas is het effect bij 3.224 m³/s vergelijkbaar met die van 4.118 m³/s waarbij de uitschieter rond rkm 45 rond 20 cm is.



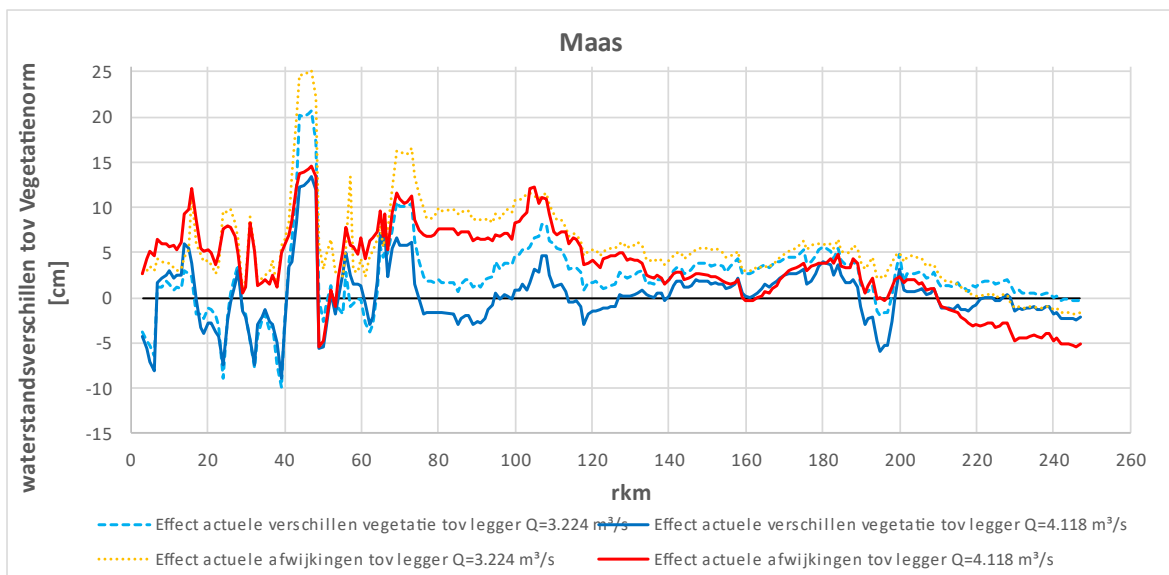
Figuur 23. Waterstandsverschillen Bovenrijn en Waal: Effect actuele verschillen (gesaldeerd) en afwijkingen (ongesaldeerd) vegetatie t.o.v. legger.



Figuur 24. Waterstandsverschillen Pannerdensch kanaal, Nederrijn en Lek: Effect actuele verschillen (gesaldeerd) en afwijkingen (ongesaldeerd) t.o.v. legger.



Figuur 25. Waterstandsverschillen IJssel: Effect actuele verschillen (gesaldeerd) en afwijkingen (ongesaldeerd) vegetatie t.o.v. legger.



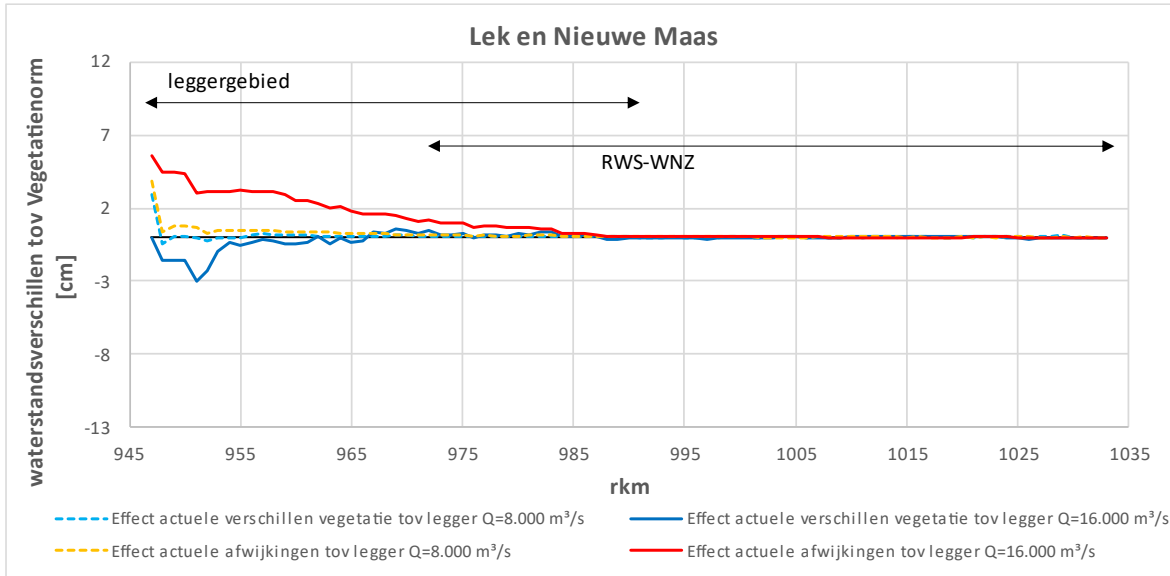
Figuur 26. Waterstandsverschillen Maas: Effect actuele verschillen (gesaldeerd) en afwijkingen (ongesaldeerd) vegetatie t.o.v. legger.

Voor de Rijn-Maasmonding zijn vier combinaties van hydraulische randvoorwaarden doorgerekend: Rijnafvoeren van 8.000, 12.000, 15.000 en 16.000 m³/s zijn gecombineerd met verschillende benedenstroomse stormcondities. De resultaten voor de Lek en Nieuw Maas staan in Figuur 27 en Figuur 28. Voor de Merwedde en de oude Maas staan de resultaten in Figuur 29 en Figuur 30. De resultaten voor de Bergsche Maas en de Amer staan in Figuur 31 en Figuur 32.

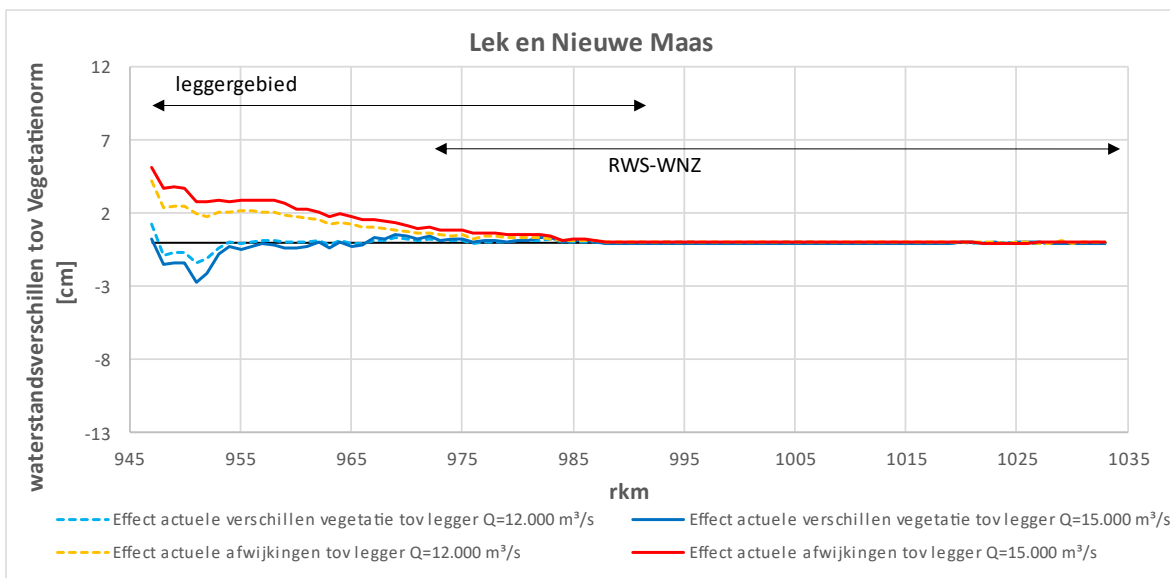
Wij constateren de volgende effecten:

- De waterstandsverhogingen ten gevolge van de gebieden die niet voldoen aan de legger (ongesaldeerde vegetatieverschillen) in het beheergebied van RWS-WNZ zijn in alle riviertakken maximaal 2,5 cm (in het bovenstroomse deel van het beheergebied).
- De waterstandsverschillen in het beheergebied van RWS-WNZ ten gevolge van de actuele vegetatie (gesaldeerd) zijn iets lager: maximaal 2,0 cm.

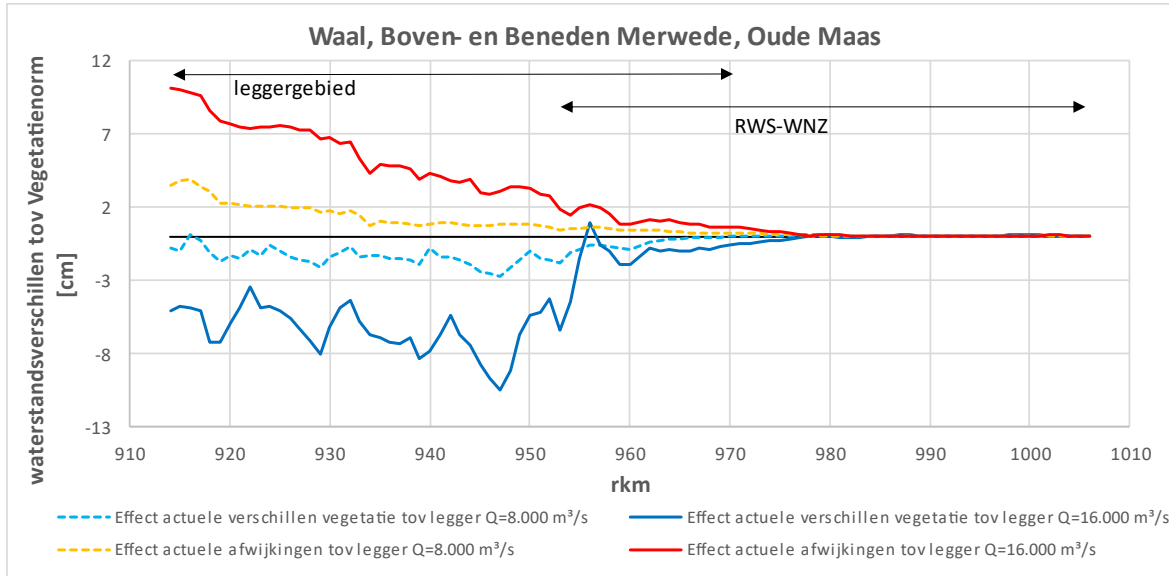
- Buiten het leggergebied zijn er geen vegetatieveranderingen opgelegd en zien we ook dus geen waterstandsverschillen.



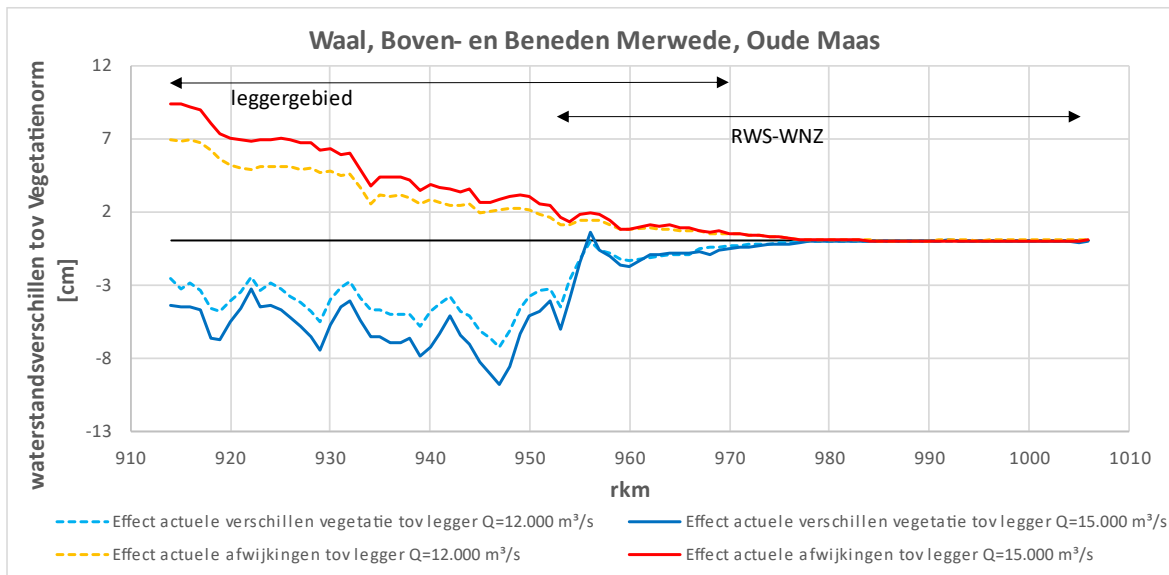
Figuur 27. Waterstandsverschillen Lek en Nieuwe Maas: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 18).



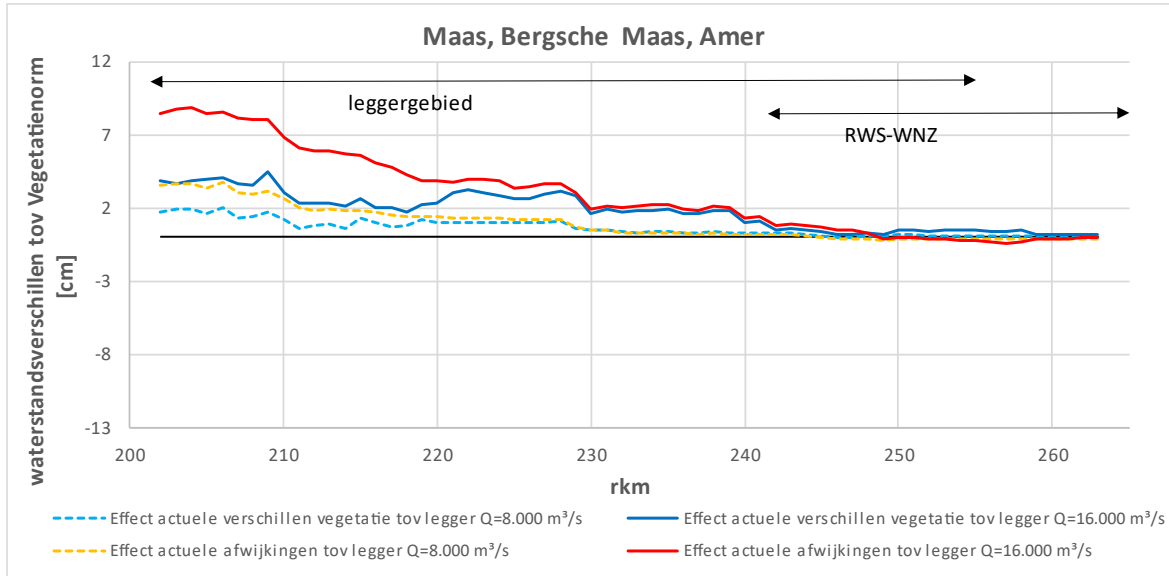
Figuur 28. Waterstandsverschillen Lek en Nieuwe Maas: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).



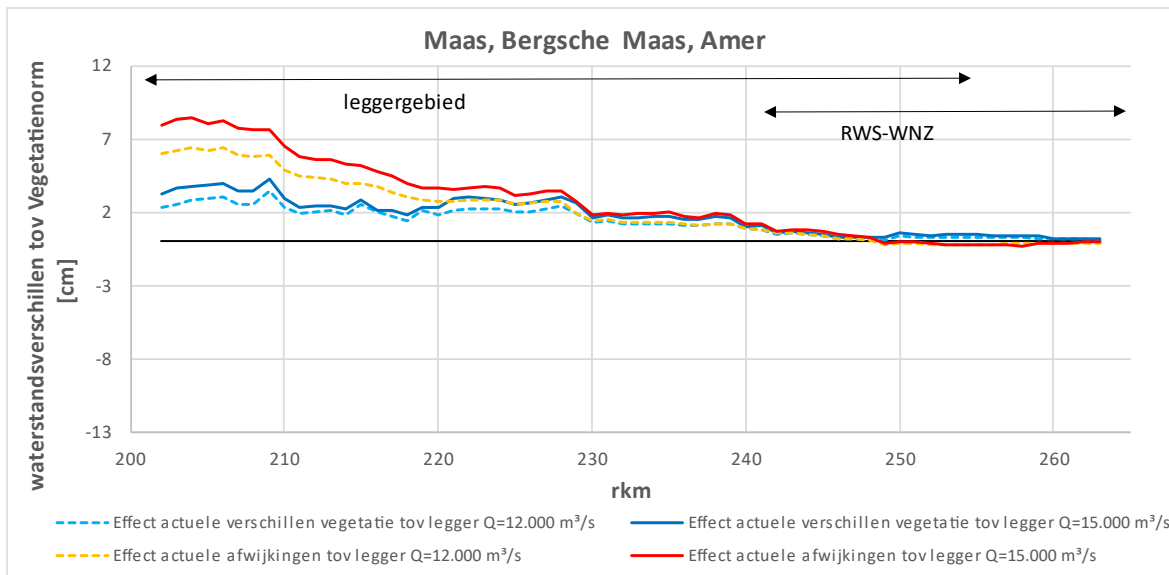
Figuur 29. Waterstandsverschillen Waal, Boven- en Beneden Merwede, Oude Maas: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 30. Waterstandsverschillen Waal, Boven- en Beneden Merwede, Oude Maas: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 31. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



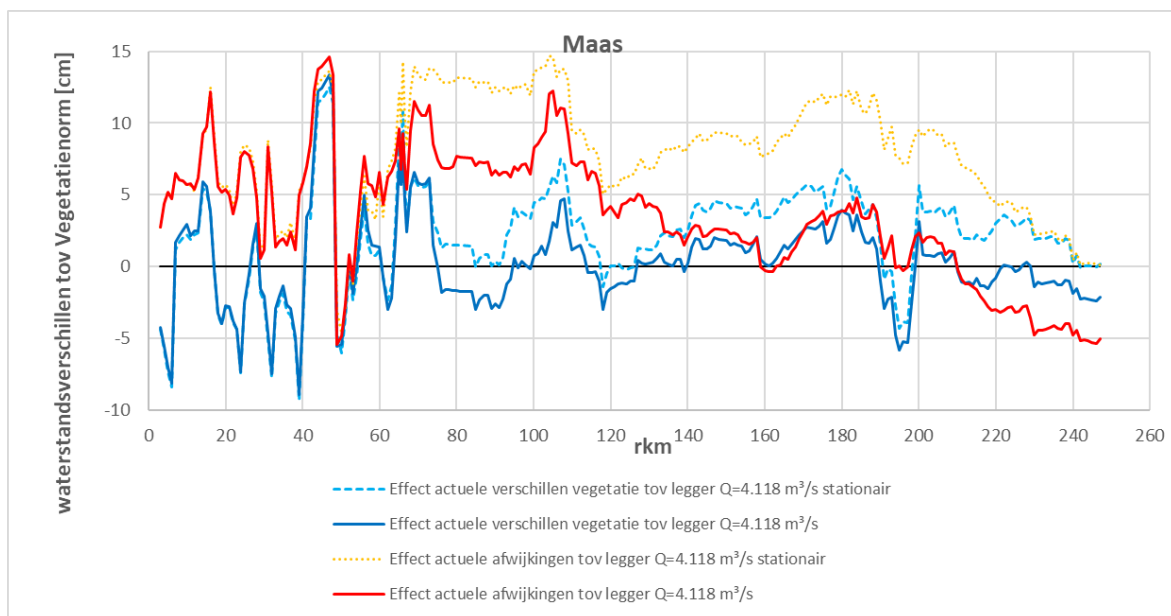
Figuur 32. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).

4.3.3 Evaluatie bij selectie van gebieden

In deze paragraaf wordt voor alle watersystemen een nadere duiding gegeven aan waterstandsverschillen via een ruimtelijke analyse voor een aantal voorbeeldtrajecten. Steekproefsgewijs is hiervoor een aantal trajecten gekozen voor een nadere beschouwing, met als doel om beter inzicht te geven in de betrouwbaarheid van de berekende waterstandeffecten en om enkele oorzaken van de waterstandeffecten aan te wijzen. De gekozen trajecten dienen ter illustratie, en niet om voor alle waterstandeffecten in het rivierengebied de volledige set aan oorzaken in beeld te brengen. De gekozen voorbeeldtrajecten zijn:

- Maas (afvoer $Q = 4.118 \text{ m}^3/\text{s}$):
 - Km 48 Illikhoven;
 - Km 105 Venlo;
 - Km 155 Lob van Genneep.

- Voor de Maas zijn de berekeningen die zijn gebruikt in de toets uitgevoerd met golfrandvoorwaarden. Om de waterstandsverschillen (nog) beter te kunnen duiden zijn voor de Maas aanvullend ook berekeningen met een stationaire afvoer uitgevoerd ($Q = 4.118 \text{ m}^3/\text{s}$). Figuur 33 toont ter illustratie het verschil in (maximale) waterstand in de as van de rivier voor de dynamische en stationaire berekeningen, zowel voor actuele verschillen en afwijkingen ten opzichte van de legger.
- Rijn (afvoer $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$):
 - Km 865 rechts Bovenrijn: Lobberdense waard/Oevergeul;
 - Km 906 Waal;
 - Km 888-895 Nederrijn;
 - Km 900 IJssel.
- Rijn-Maasmonding (afvoer $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$, inclusief wind, zie Tabel 8):
 - Biesbosch, Noordwaard en Sliedrechtse Biesbosch



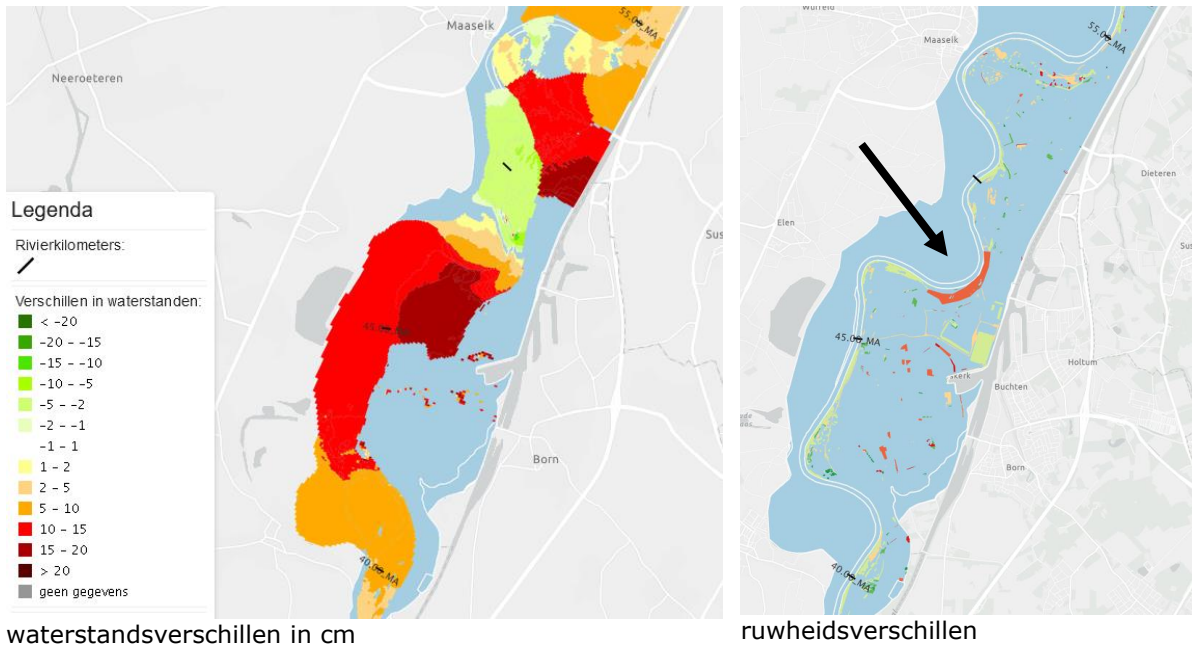
Figuur 33. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect actuele verschillen en afwijkingen vegetatie t.o.v. legger. Dynamisch (volle lijnen) vs stationair (gestreepte lijnen).

We analyseren hieronder steeds alleen het effect van verruwing (ongesaldeerd), tenzij er een groot verschil is tussen het gesaldeerde en ongesaldeerde effect.

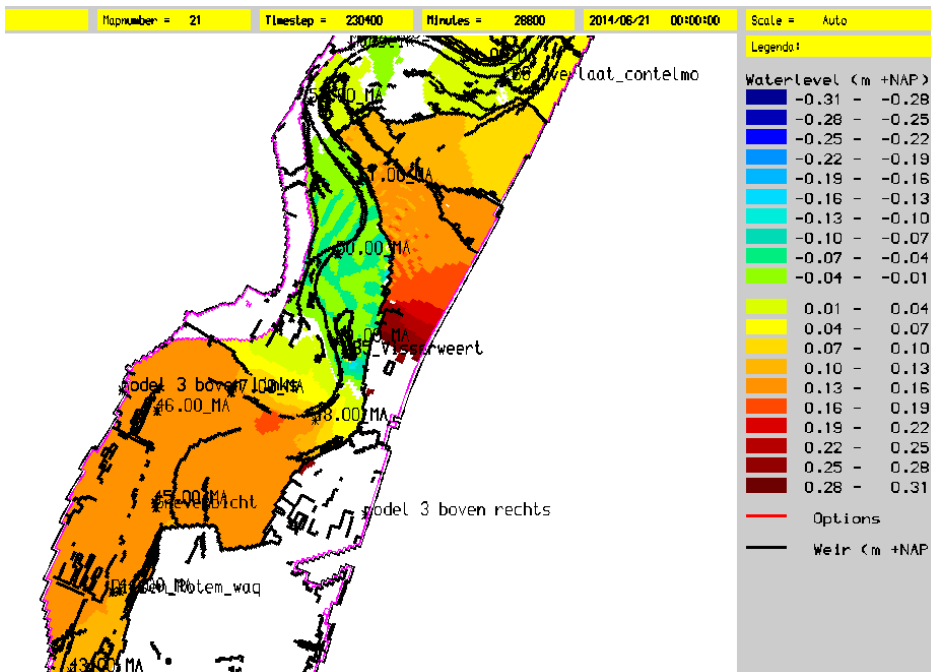
Maas, km 48 Illikhoven

Figuur 34 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de Maas bij Illikhoven. De (relatieve) opstuwing ontstaat door een wilgenbos bij Illikhoven (zwarte pijl). Dit verschil is bij het gesaldeerde waterstandseffect ook aanwezig (niet getoond). Benedenstrooms van het wilgenbos is op de rechteroever ook waterstandsverhoging te zien binnendijks Roosteren. Deze waterstandsverhoging is goed te verklaren aan de hand van een berekening met stationaire afvoer. Figuur 35 laat zien dat het waterstandseffect in dit gebied rond Illikhoven in de stationaire berekening ($Q=4.118 \text{ m}^3/\text{s}$) vergelijkbaar is met het effect berekend met een dynamische golf (Figuur 34). Figuur 36 en Figuur 37 geven de absolute waterstand en de stroombanen voor respectievelijk de normsituatie (v1) en afwijkingen van de legger (v2a). Door het wilgenbos verhoogt de waterstand iets ten opzichte van de normsituatie, waardoor er (meer) water over de kade naar binnendijks Roosteren stroomt. Dit resulteert in een verhoging van de waterstand binnendijks Roosteren, en gaat gepaard met een (relatieve) verlaging van de waterstand in de as

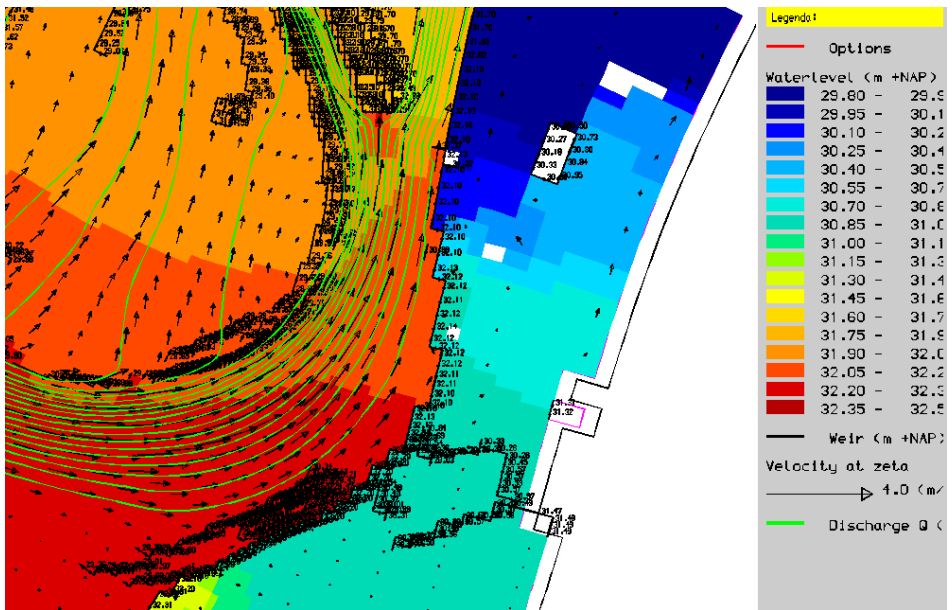
van de rivier en de linker oever. Samengevat treedt er een herverdeling van water op, doordat een kade door de verruwing overstromt, terwijl dat in de normsituatie (legger) niet/minder gebeurt.



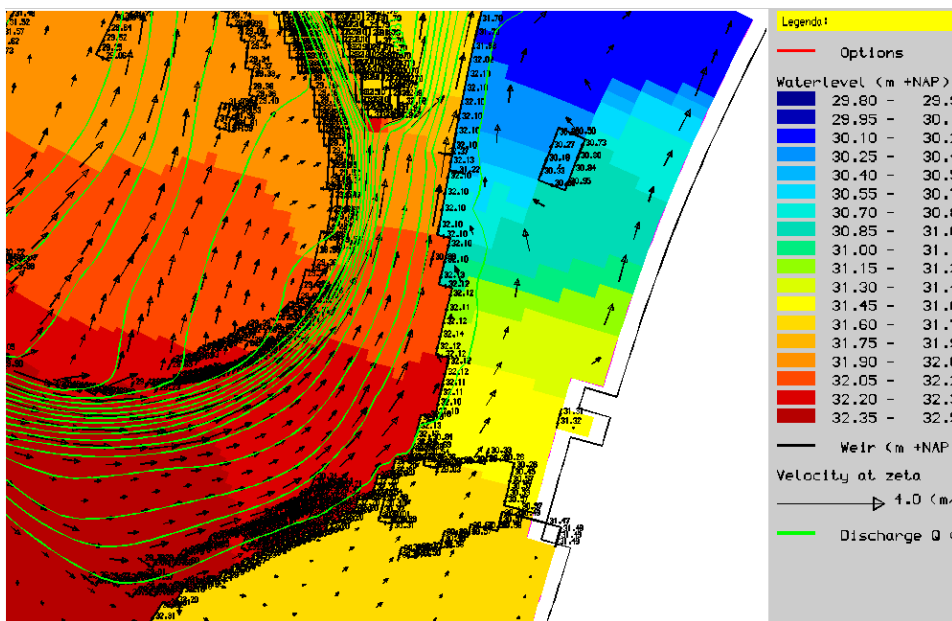
Figuur 34. Verschil in maximale waterstand (geel en rood verhoging) uit de dynamische berekening v2a (links)- en het ruwheidverschil in de Maas bij Illikhoven.



Figuur 35. Verschil in waterstand uit stationaire berekening ($4.118 \text{ m}^3/\text{s}$) in de Maas bij Illikhoven.



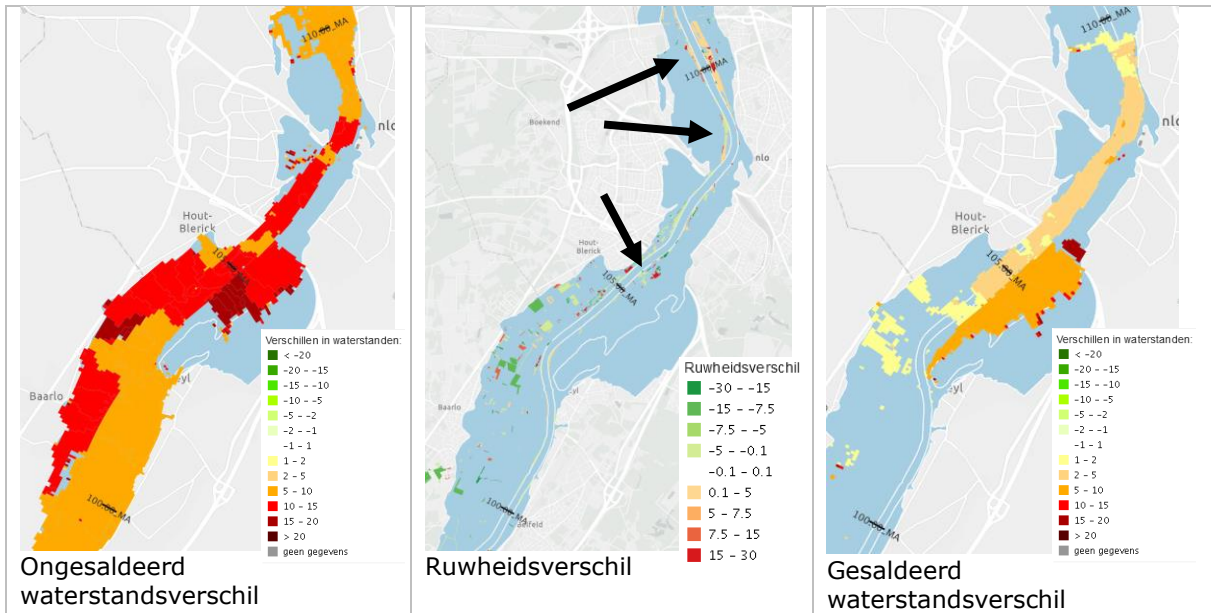
Figuur 36. Absolute waterstand stationaire 4.118 m³/s bij vegetatienorm (v1_s), Maas km 48 bij Illikhoven. Groene lijnen zijn afvoerpotentiaallijnen. Zwarte lijnen zijn overlaten in de berekening (getal geeft de kruinhoogte).



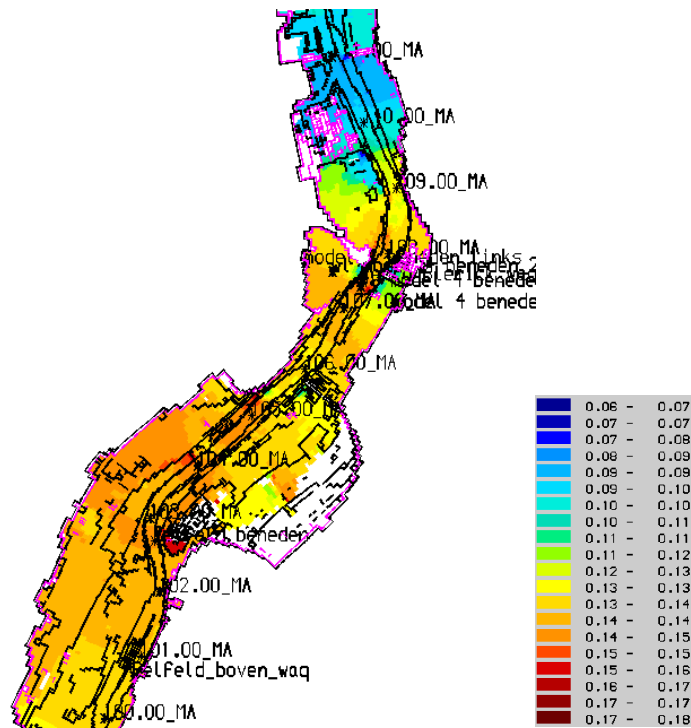
Figuur 37. Absolute waterstand stationaire 4.118 m³/s bij afwijkingen van legger (v2a_s), Maas km 48 bij Illikhoven. Groene lijnen zijn afvoerpotentiaallijnen. Zwarte lijnen zijn overlaten in de berekening (getal geeft de kruinhoogte).

Maas, km 105 Venlo

Figuur 39 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de Maas bij Venlo. Zowel ongesaldeerd, als gesaldeerd is hier een opstuwend effect zichtbaar. De opstuwning bouwt zich op vanaf km 110 in bovenstroomse richting. In de middelste figuur zijn gebieden met ruwheidsverhogingen te zien (zwarte pijlen). Door de relatief smalle rivier werken deze verschillen sterk door in de waterstand. De berekeningen met stationaire afvoer laten een vergelijkbaar beeld zien: opstuwning die zich opbouwt vanaf km 110 in bovenstroomse richting. Er zijn wel wat verschillen met de dynamische (golf)berekening. Dit komt doordat gebieden op een ander moment instromen en/of leegstromen, of een resultaat zijn van golfdemping.



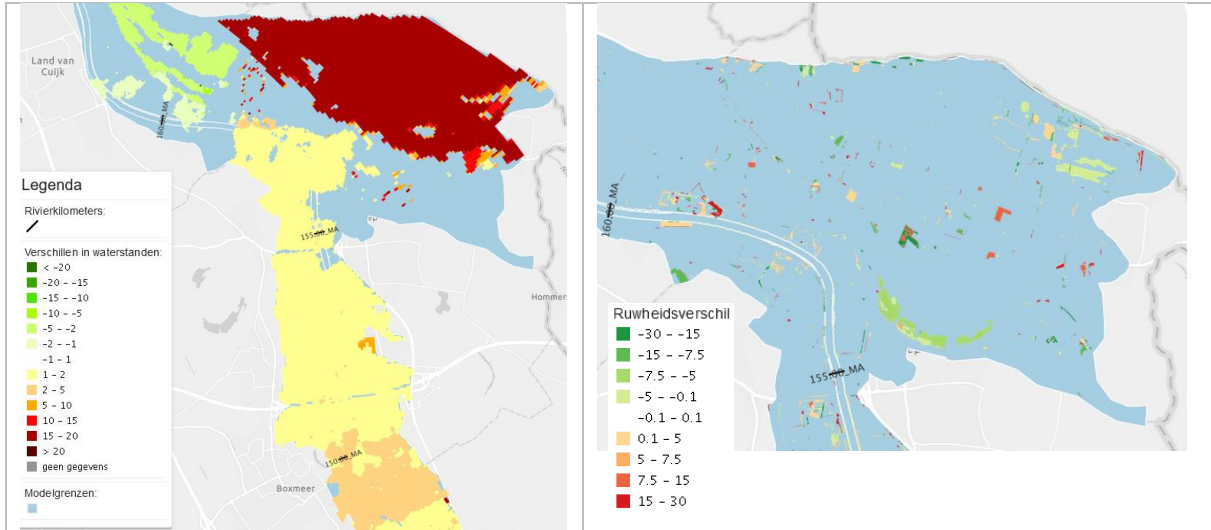
Figuur 38. Verschil in maximale waterstand (geel en rood verhoging) uit de dynamische berekening v2a (links) en v2b (rechts) en het ruwheidsverschil (midden) in de Maas bij Venlo.



Figuur 39. Verschil in waterstand (verhogingen) bij afwijkingen ten opzichte van de legger uit stationaire berekening (v2a_s minus v1_s) in de Maas bij Venlo. Zwarte lijnen zijn overlaten.

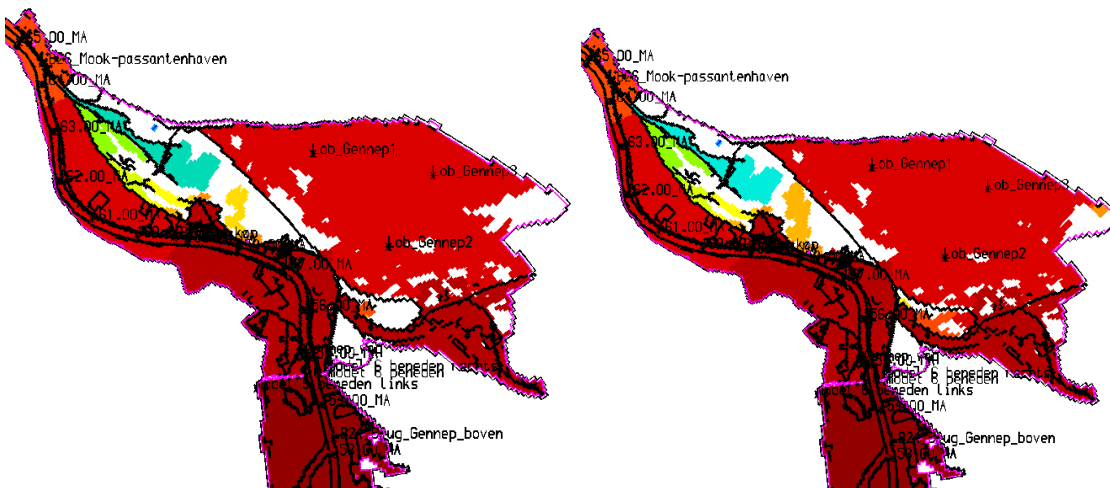
Maas, km 155 Lob van Genneep

Figuur 40 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de Maas bij de Lob van Genneep. Er zijn binnen de Lob afwijkingen in ruwheid ten opzichte van de legger; dit zijn met name vergladdingen. Merk op dat deze ruwheidsverschillen geen effect op de waterstand zullen hebben, omdat het gebied bergend is.

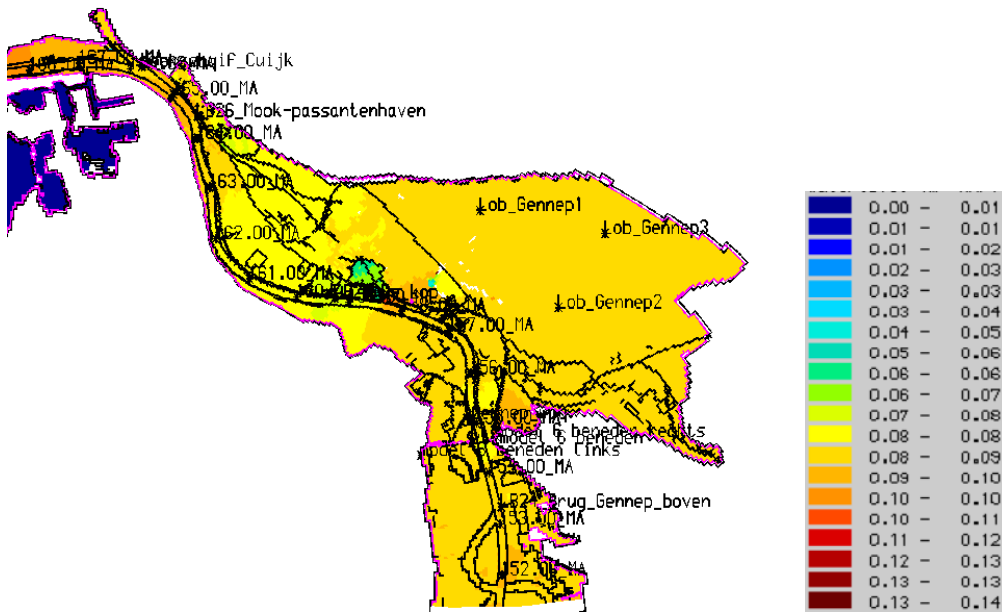


Figuur 40. Waterstandsverschil Maas bij Lob van Genneep (links) en ruwheidsverschil (rechts).

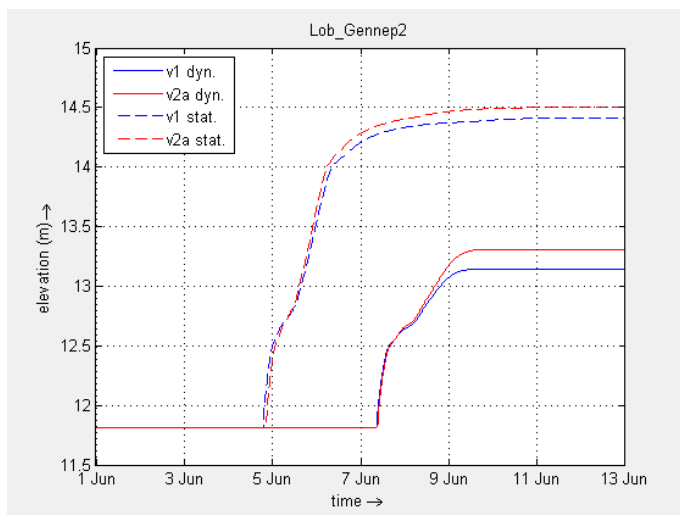
In zowel de referentie (v1, de normsituatie) als in de geactualiseerde variant (v2a, ongesaldeerd) is er instroming van het retentiegebied (zie Figuur 41). Door een ander verloop van de afvoergolf (demping) en resulterende waterstanden gebeurt de instroming op een iets ander moment. Daardoor ontstaat ook een verschil in waterstand in de Lob van Genneep. In een dynamische golfberekening resulteert dit in een verschil in waterstand in de Lob van Genneep tussen 15 en 20 cm. In een stationaire berekening is dit verschil iets kleiner, ongeveer 9 cm. Dit verschil ontstaat doordat in een (voldoende lange) stationaire berekening het retentiegebied in beide berekeningen geheel volstroomt en het waterstandsverschil dus overeenkomt met het verschil dat ontstaat vanaf benedenstrooms. In een dynamische berekening hangt het samen met het verschil in vulling van het retentiegebied en daarbij horende verschil in maximale waterstand (zie Figuur 43).



Figuur 41. Absolute waterstand voor de referentie (norm, V1) en afwijkingen ten opzichte van de legger (V2a, ongesaldeerd). In beide gevallen stroomt de Lob van Genneep in ongeveer gelijke mate in.



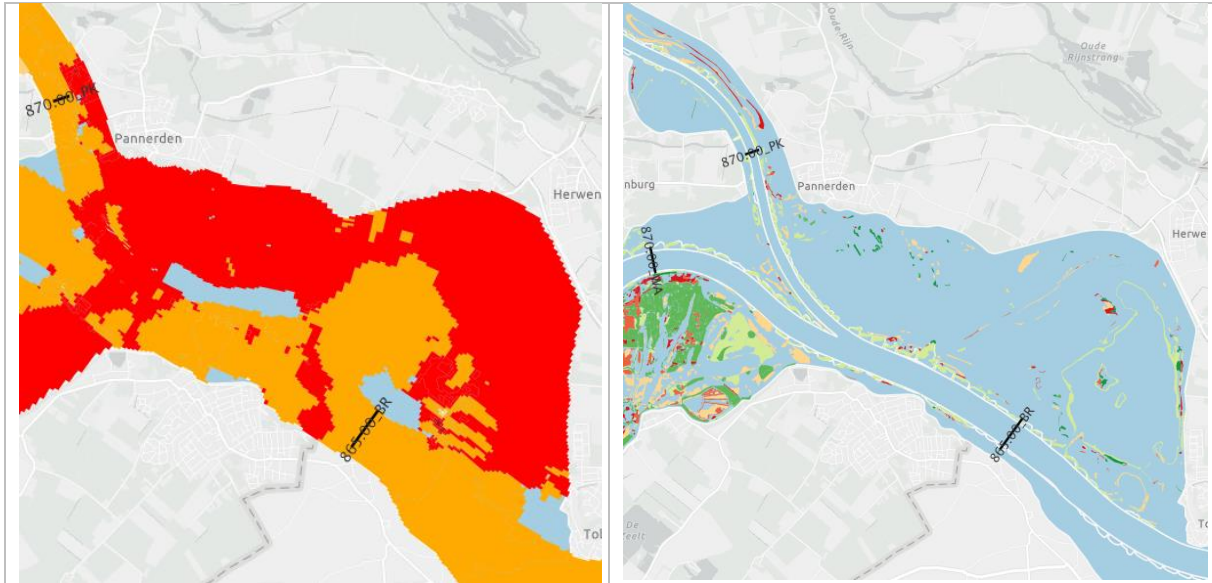
Figuur 42. Waterstandsverschil bij Lob van Genneep in stationaire berekening (4.118 m³/s).



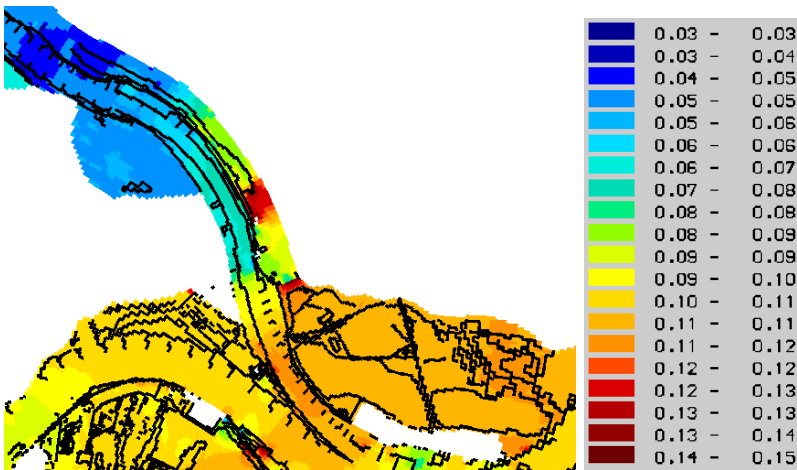
Figuur 43. Waterstandsverloop in Lob van Genneep bij een afvoer van 4.118 m³/s voor met een dynamische golfberekening (dyn., getrokken lijnen) en stationaire berekening (stat., gestreepte lijnen). Blauw = V1 = normsituatie, rood = V2a = afwijkingen ten opzichte van legger.

Rijntakken, Bovenrijn, km 865: Lobberdense waard/Oevergeul/Rijnwaardensche Uiterwaarden

Figuur 44 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de Bovenrijn bij de Rijnwaardensche Uiterwaarden. De corresponderende 1D figuren (Figuur 23) wijken hiervan iets af omdat de 1D resultaten zijn gecorrigeerd voor in stand houden van de afvoerverdeling. Deze correctie is niet toegepast in de 2D resultaten. De resultaten zijn echter vergelijkbaar. Op de kleurschaal van de webviewer is de oorzaak van het waterstandsverschil niet goed te achterhalen (Figuur 44, links). Figuur 45 geeft een gedetailleerder beeld (uit waqview). Ter hoogte van de Groene Rivier (Pannerdensch Kanaal) ontstaat door lokale verruwing (Figuur 44, rechts) een opstuwing; deze opstuwing is net benedenstrooms van het Regelwerk Pannerden nog steeds (deels) aanwezig. Dit effect werkt (versterkt) door naar bovenstrooms van het Regelwerk, als gevolg van een gewijzigde afvoer over het Regelwerk.



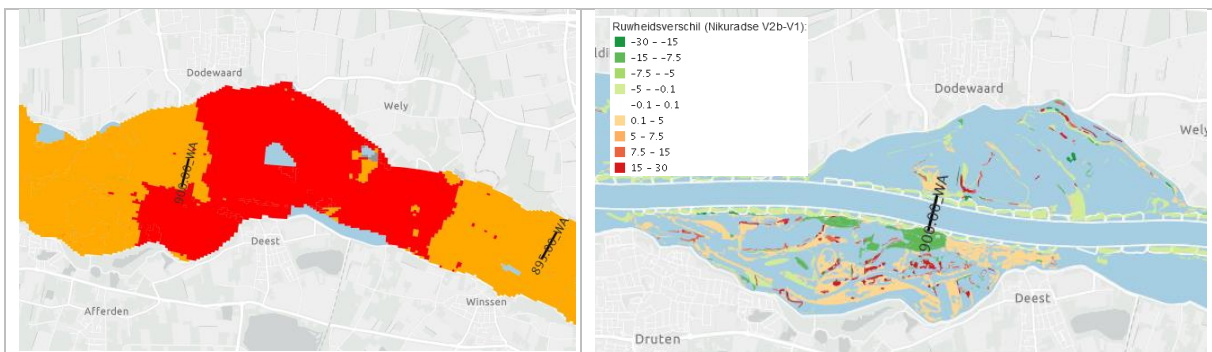
Figuur 44. Waterstand- en ruwheidsverschil Rijntakken bij Rijnwaardensche Uiterwaarden.



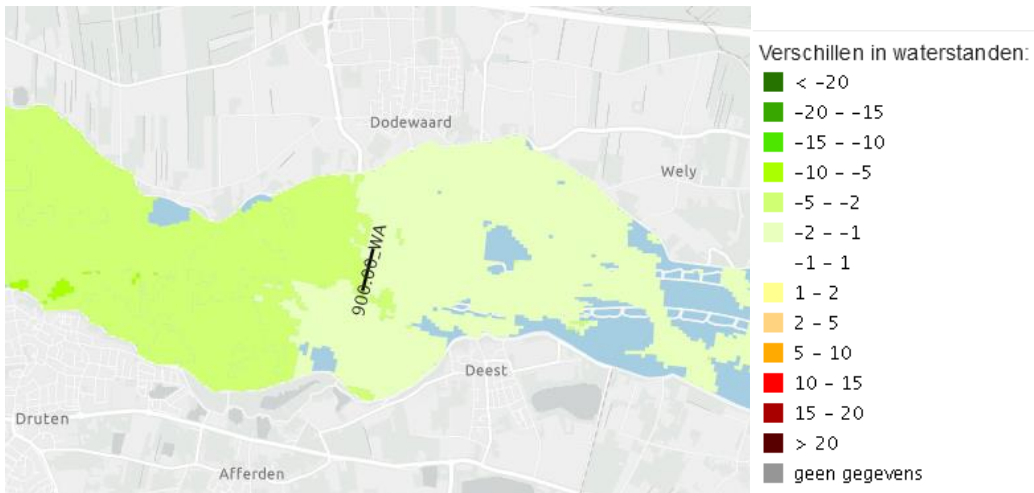
Figuur 45. Waterstandsverschil splitsingspunt Pannerdensche Kop. Legenda geeft waterstandsverschil (V2a - V1); dus opstuwend effect van 3-15 cm.

Rijntakken, Waal, km 906: Afferdense en Deestse Waarden

Figuur 46 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de Waal bij de Afferdense en Deestse Waarden. De opstuwung ter plaatse wordt hier veroorzaakt door verruwing in de Afferdense en Deestse Waarden. Ook bij gesaldeerd ruwheid is dit effect zichtbaar (zie Figuur 46); het waterstandseffect gaat daar terug naar 0 (ofwel: minder waterstandsverlaging door verruwing).



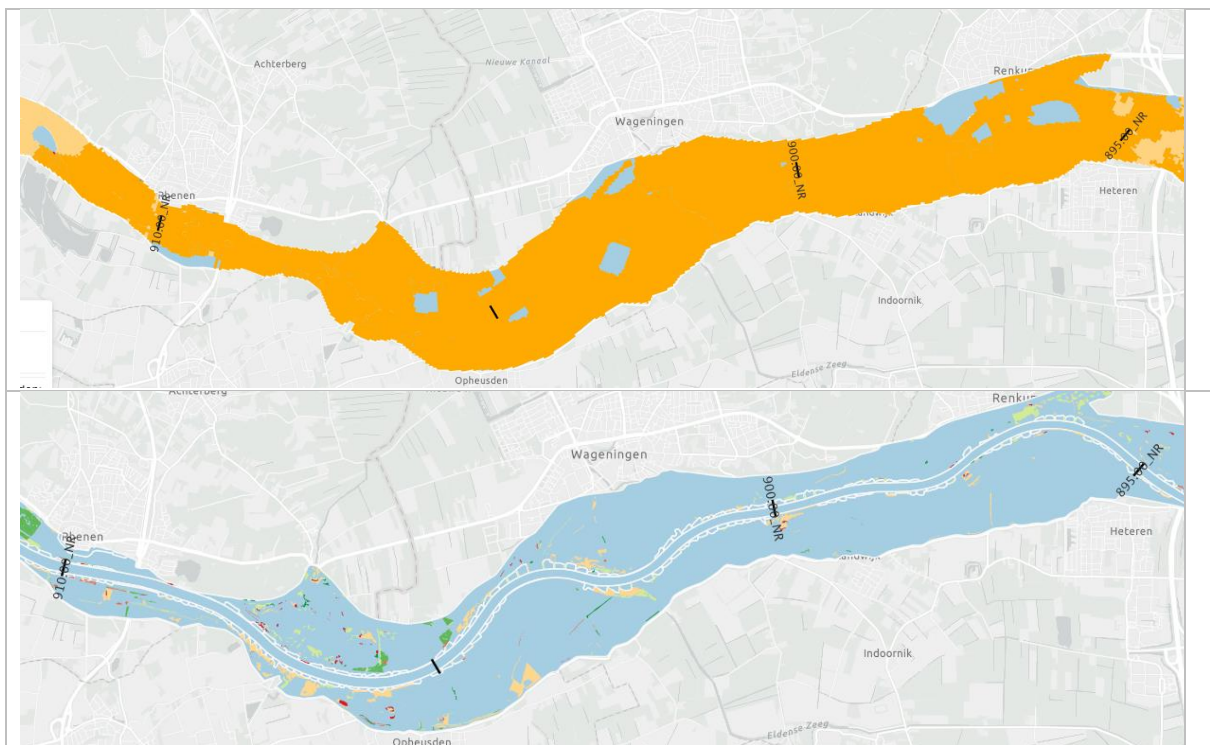
Figuur 46. Waterstandsverschil Waal km 906, ongesaldeerd (V2a vs V1) (links) en ruwheidsverschil (rechts).



Figuur 47. Waterstandsverschil Waal km 906, gesaldeerd (V2b vs V1).

Rijntakken, Nederrijn-Lek, km 888-895

Figuur 48 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de Nederrijn-Lek rond Wageningen. In Figuur 24 (effect in rivieras) is te zien dat het waterstandsverschil zich opbouwt ter hoogte van km ~912 vanuit de Tollewaard (zie Figuur 49) en langzaam uitdempt in bovenstroomse richting.



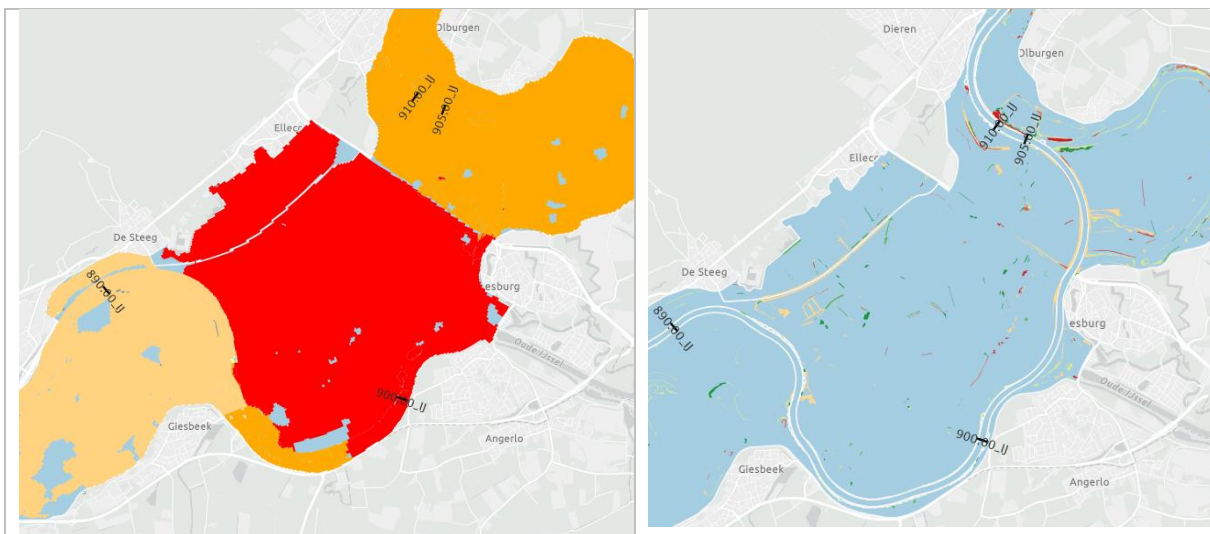
Figuur 48. Waterstandsverschil (boven) en ruwheidsverschil (onder) Nederrijn-Lek km 888-895.



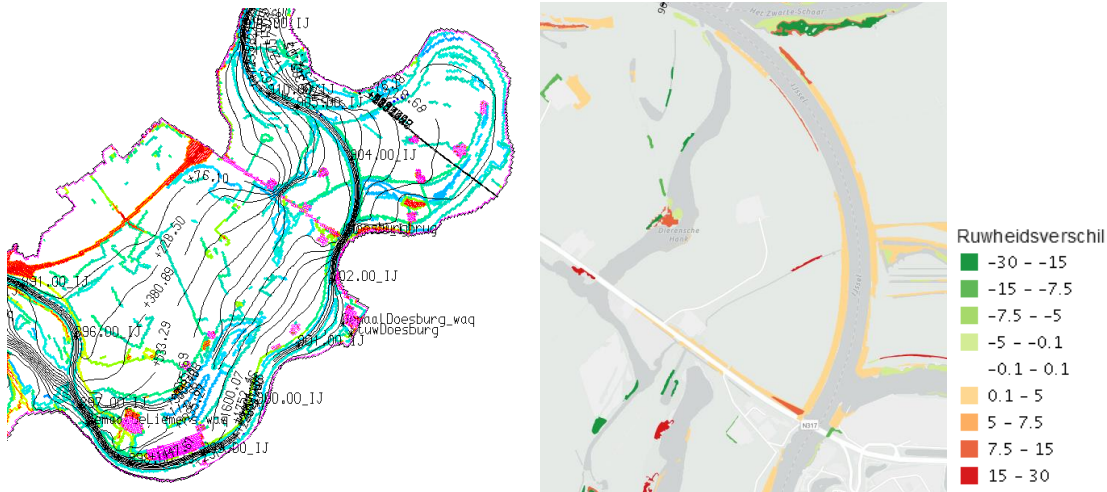
Figuur 49. Nederrijn-Lek km 888-895, detail situatie benedenstrooms van km 910.

Rijntakken, IJssel km 900

Figuur 50 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil op de IJssel bij Doesburg. De brug bij Doesburg is op twee locaties doorstroombaar: ter plaatse van de hoofdgeul en ter hoogte van een nevengeul in de linker uiterwaard (zie Figuur 51). Ter plaatse van de nevengeul is geen verruwing zichtbaar. Het opstuwende effect ontstaat door verruwing vanuit de oeverzones benedenstrooms van de brug bij Doesburg (dit is een lokale flessenhals).



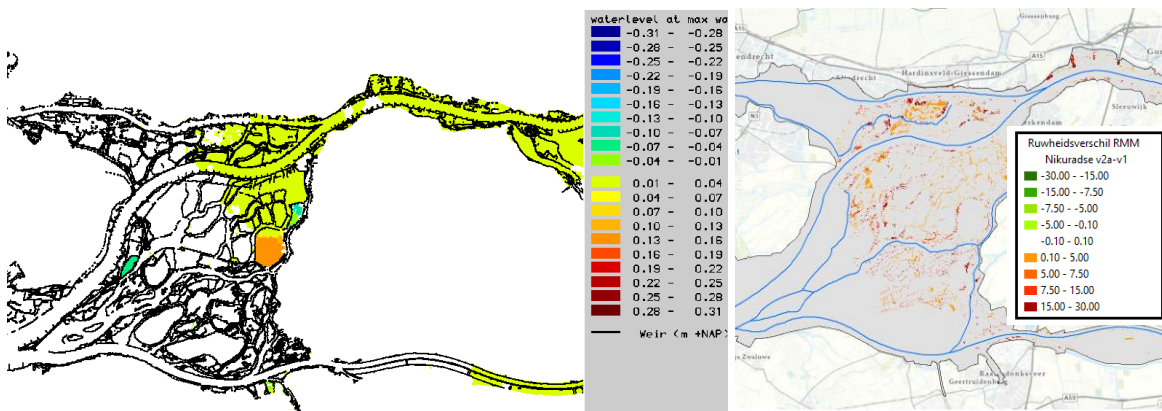
Figuur 50. Waterstandsverschil (links) en ruwheidsverschil (rechts) IJssel km 900 bij Doesburg.



Figuur 51. IJssel km 900; twee doorstroomopeningen brug (links) en lokale verruwing (rechts).

Rijn-Maasmonding, Biesbosch, Noordwaard en Sliedrechtse Biesbosch

Figuur 52 toont het waterstandsverschil en ruwheidsverschil bij de Biesbosch/Noordwaard. Er is alleen een ruwheidsverschil in het leggergebied (rode contour in Figuur 10). Wind en waterstandsfluctuatie vanuit zee hebben hier geen invloed: de rivierafvoeren zijn stationair. Dit is terug te zien in het waterstandseffect. Er zijn in het gebied in/rond de Biesbosch veel verruwingen (ten opzichte van de legger) te zien. Dit uit zich in een (lichte) waterstandsverhoging in vooral de Merwede. In een enkel 'omdiijkt' gebied komt iets meer water te staan, maar dit is eerder een modelartefact dan iets wat in werkelijkheid relevant zal zijn.



Figuur 52. Waterstandsverschil in m (links) en Nikuradse-ruwheidsverschil in m (rechts) rond de Biesbosch/Noordwaard.

5 Stap 3: Ontwikkelingen ten opzichte van de huidige vegetatie- en bodemreferentie

5.1 Inleiding

In stap 3 zijn aanvullende varianten opgebouwd ten behoeve van een nadere duiding van de ontwikkelingen die voorafgegaan zijn aan de varianten uit stap 2. Hiervoor is een geografische en hydraulische analyse van de ontwikkelingen in vegetatie gedaan (ontwikkelingen op weg naar variant V1).

Vervolgens worden stapsgewijs de afwijkingen van de normatieve toestand van de vegetatie in beeld gebracht. Op basis van een voorbereidend onderzoek voor de Rijntakken (Arcadis, 2021b) is besloten om drie aanvullende vegetatie-beschouwingen op te nemen:

1. Effecten 15 jaar vegetatieontwikkeling: vergelijking effect van ecotopenkaarten 1997 en 2012.
2. Invoering Vegetatielegger: Vergelijking Ecotopenkaart 2012 (20x20m) en de Vegetatielegger 2014 (5x5m)¹⁴. Hierbij worden alle veranderingen in de methode (fijnere kartering, nieuwe leggerklassen) samen beschouwd.
3. Ontwikkelingen na invoering Vegetatielegger: vergelijking tussen de Vegetatielegger 2014 en 2020. In deze periode zijn allerlei projecten uitgevoerd (Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW) en zijn fouten en onduidelijkheden in de Vegetatielegger hersteld. Effecten van het ontwerp Vegetatielegger 2021 (Grensmaas). Voor de toets aan de huidige legger is de Vegetatielegger van 2020 gebruikt, omdat die vigerend is. Omdat de Grensmaas niet goed in de Vegetatielegger 2020 is opgenomen, is de ontwerp-legger 2021 toegevoegd aan de analyse met overige ontwikkelingen.

De varianten die in deze stap zijn opgebouwd zijn (zie Figuur 2):

Variant met geactualiseerde bodem:

- variant V5: Actuele bodem en actuele vegetatie (gesaldeerd)

Varianten met wijzigingen in vegetatiebeschrijving zijn:

- variant V3.1: Vegetatie 1996
- variant V3.2: Vegetatie 2012
- variant V3.3: Vegetatielegger 2012 (niet voor Rijn-Maasmonding)
- variant V3.4: Vegetatielegger 2020
- variant V3.5: Vegetatielegger 2021 Grensmaas (alleen Maas)

¹⁴ Eerste Vegetatielegger dateert van 2014, met data uit 2012

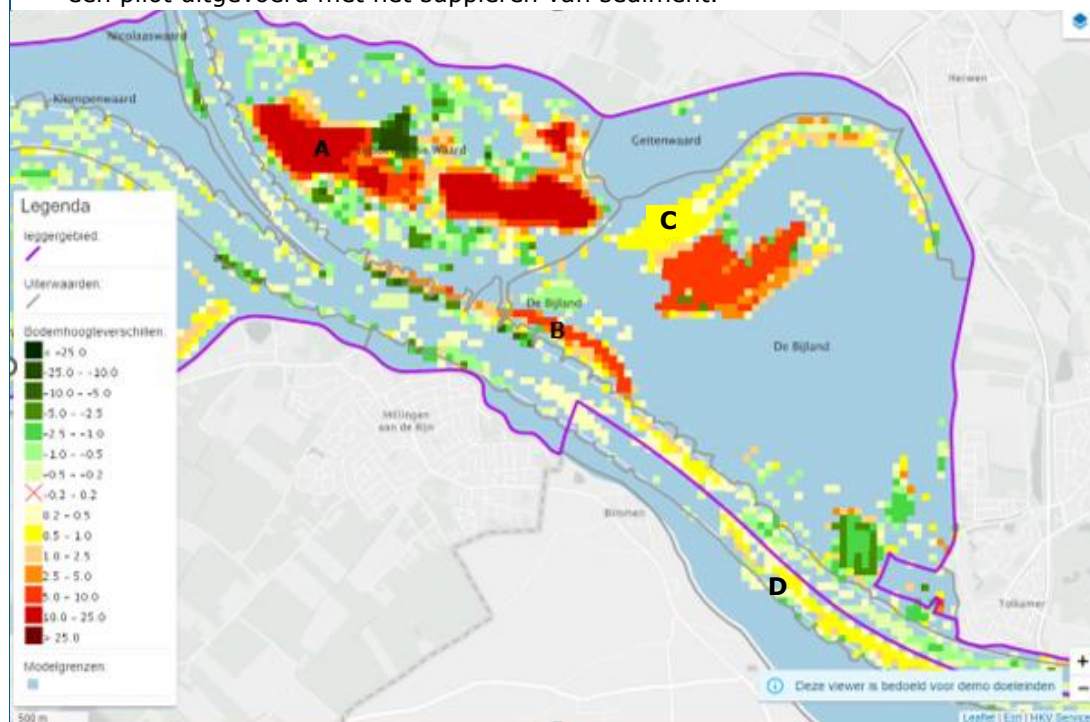
5.2 Geografische analyse bodem

De geografische analyse voor de bodem is uitgevoerd op basis van de bodemhoogtes van de varianten V5 (actuele bodem) en V4 (bodembreferentie¹⁵). De bodems zijn geconverteerd naar rasters van 50x50m en vervolgens zijn de verschillen in beeld gebracht (actuele minus referentie). In de webviewer¹⁶ worden de verschillen in bodemhoogtes getoond per watersysteem. In de volgende figuren zijn voorbeelden getoond van de verschillen in bodem ten opzichte van de gebruikte "norm" (een echte bodem norm is er immers niet: nl. WBI 2017 bodem). In de figuren en viewer worden alleen de gebieden met verschillen groter of gelijk aan 20 cm getoond. Verschillen in zomerkades en bandijken komen met deze methode niet tot uiting, omdat deze in Baseline niet in de bodemhoogte zijn opgenomen.

Gebied 1: Lobberdense waard/ Oevergeul

Toelichting:

- Lobberdense waard: zandwinproject i.c.m. hoogwaterbescherming en ontwikkeling natuur en recreatie. Het vergunde plan is opgenomen in het WBI 2017, maar het project is nog niet uitgevoerd.
- Oevergeul Bovenrijn: dit was een van de RvdR-projecten die is opgenomen in het WBI 2017. Inmiddels is besloten om dit project niet uit te voeren. Als alternatief is kribverlaging op het Pannerdensch kanaal uitgevoerd.
- Actualisatie Oude Waal: Geactualiseerde bodemligging van de Oude Waal in de Geitenwaard opgenomen in het actuele model, in het WBI2017 zat nog een verouderde bodemligging.
- Suppletie Bovenrijn: ter bestrijding van de bodemerrosie is in het Duitse deel van de Bovenrijn een pilot uitgevoerd met het suppleren van sediment.



Figuur 53. Verschil actuele bodem t.o.v. norm (m) bij Lobberdense waard/ Oevergeul.

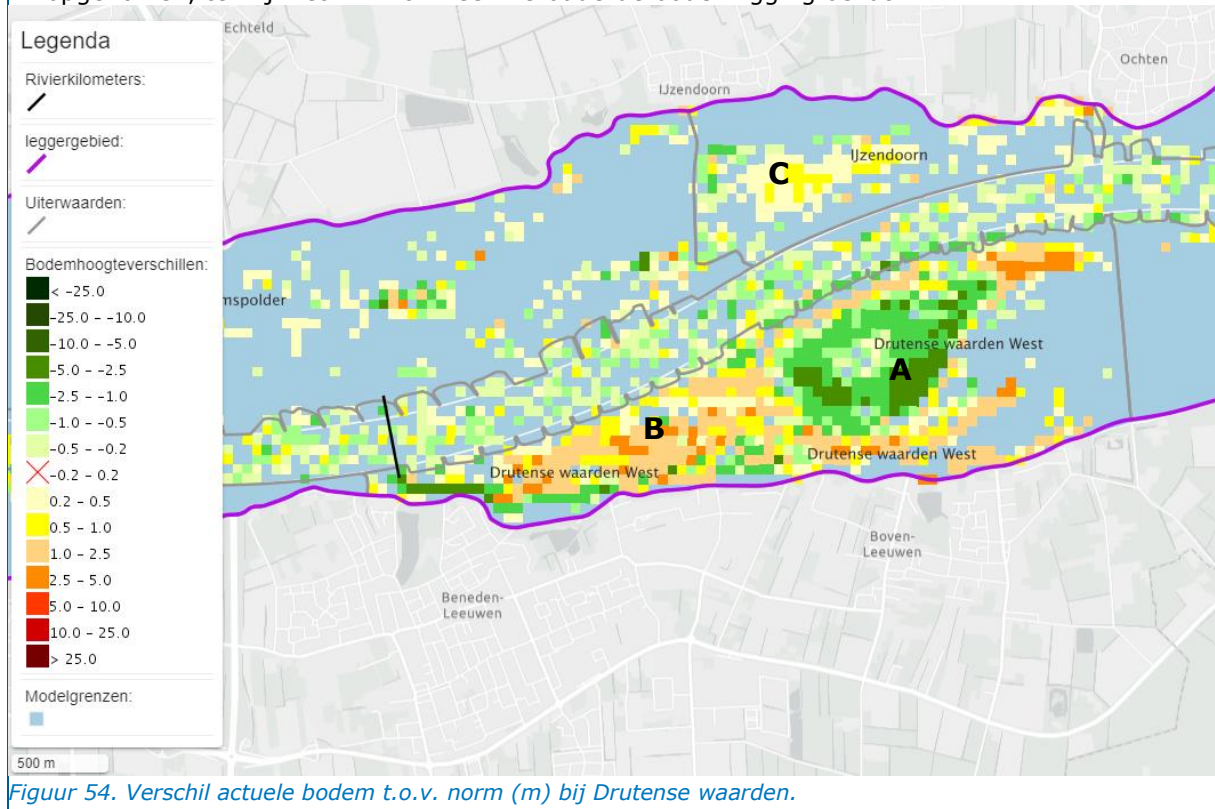
¹⁵ Bodembreferentie is hier de WBI 2017, een echte bodemnorm bestaat niet

¹⁶ https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/Index.html?viewer=Toets_Grote_Rivieren.Webviewer#

Gebied 2: Drutense waarden (Waal)

Toelichting:

- A. In dit gebied (Kaliwaal) wordt een zandwinplas verondiept. In WBI2017 is de vergunde eindsituatie (=ondiep) opgenomen. In werkelijkheid is dit project nog in uitvoering.
- B. Dit betreft een natuurontwikkelingsproject waarin meerdere geulen worden aangelegd. In WBI2017 is de vergunde eindsituatie opgenomen. In werkelijkheid is dit project nog in uitvoering.
- C. Voor de overnachtingshaven IJzendoorn is na een recente peiling een nieuwe bodemligging opgenomen, terwijl het WBI2017 een verouderde bodemligging bevat.

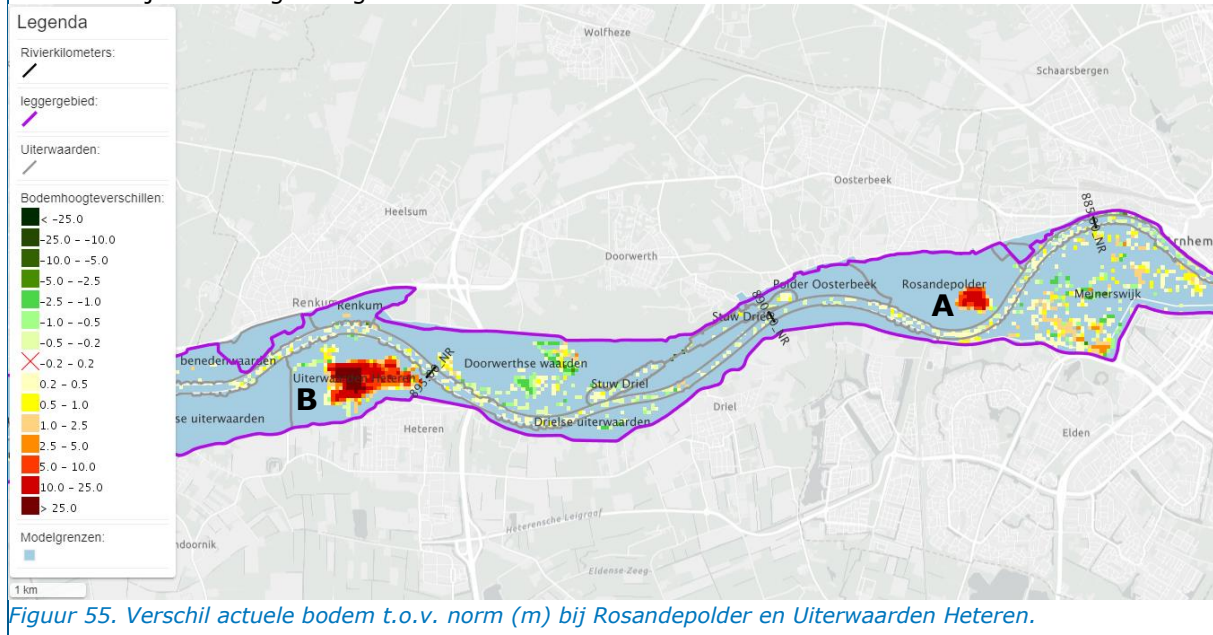


Figuur 54. Verschil actuele bodem t.o.v. norm (m) bij Drutense waarden.

Gebied 3: Rosandepolder en Uiterwaarden Heteren (NR-Lek)

Toelichting:

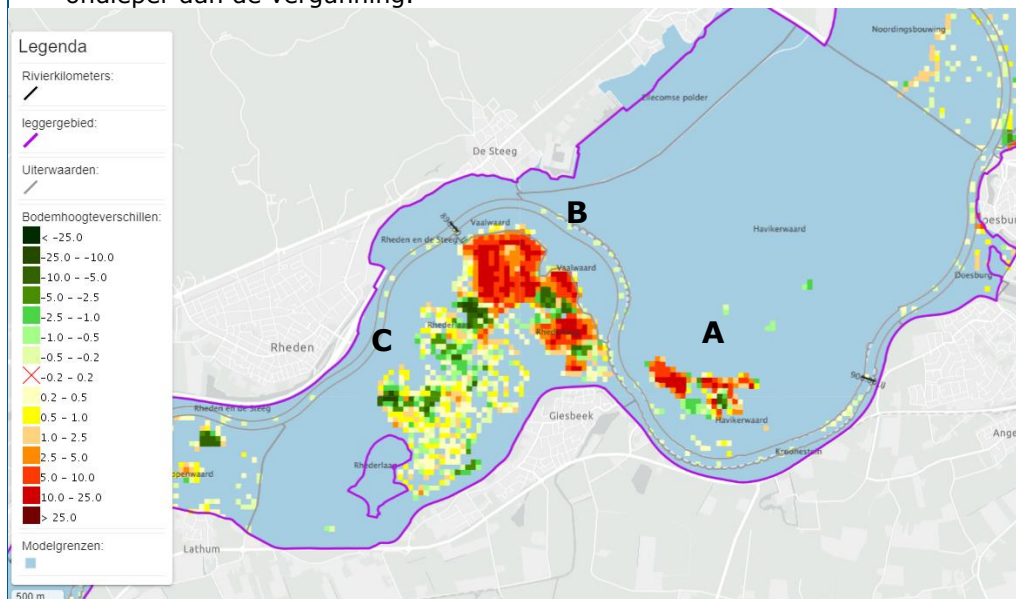
- A. Dit betreft de plas in de Rosandepolder. Deze is verondiept met een vergunning in het kader van natuurontwikkeling. In WBI2017 zat nog de oorspronkelijk diepere bodemligging, terwijl in het actuele model de verondiepte ligging is opgenomen.
- B. Dit is een grote ontzanding bij Randwijk. In WBI2017 is de eindsituatie van de vergunning opgenomen. In het actuele model is de vergraving niet opgenomen, terwijl deze in werkelijkheid al wel bijna volledig is uitgevoerd. Hier is het actuele model dus verouderd.



Gebied 4: Rhederlaag en Havikerwaard (IJssel)

Toelichting:

- A. Dit is het project Havikerwaard Zuid. Hier heeft een initiatiefnemer een vergunning om natuur te ontwikkelen. In WBI2017 is de vergunde eindsituatie opgenomen, in werkelijkheid is het project nog in uitvoering.
- B. Dit is een deel van de ontgrondingsvergunning Rhederlaag. In WBI2017 is de vergunde eindsituatie opgenomen. In de tussentijd zijn de plannen gewijzigd en wordt er minder verondiept.
- C. In dit deel van de Rhederlaag is in WBI2017 een vergunde situatie opgenomen, en in de actuele situatie een peiling. Deze ligt op enkele plekken wat dieper en op andere plekken wat ondieper dan de vergunning.

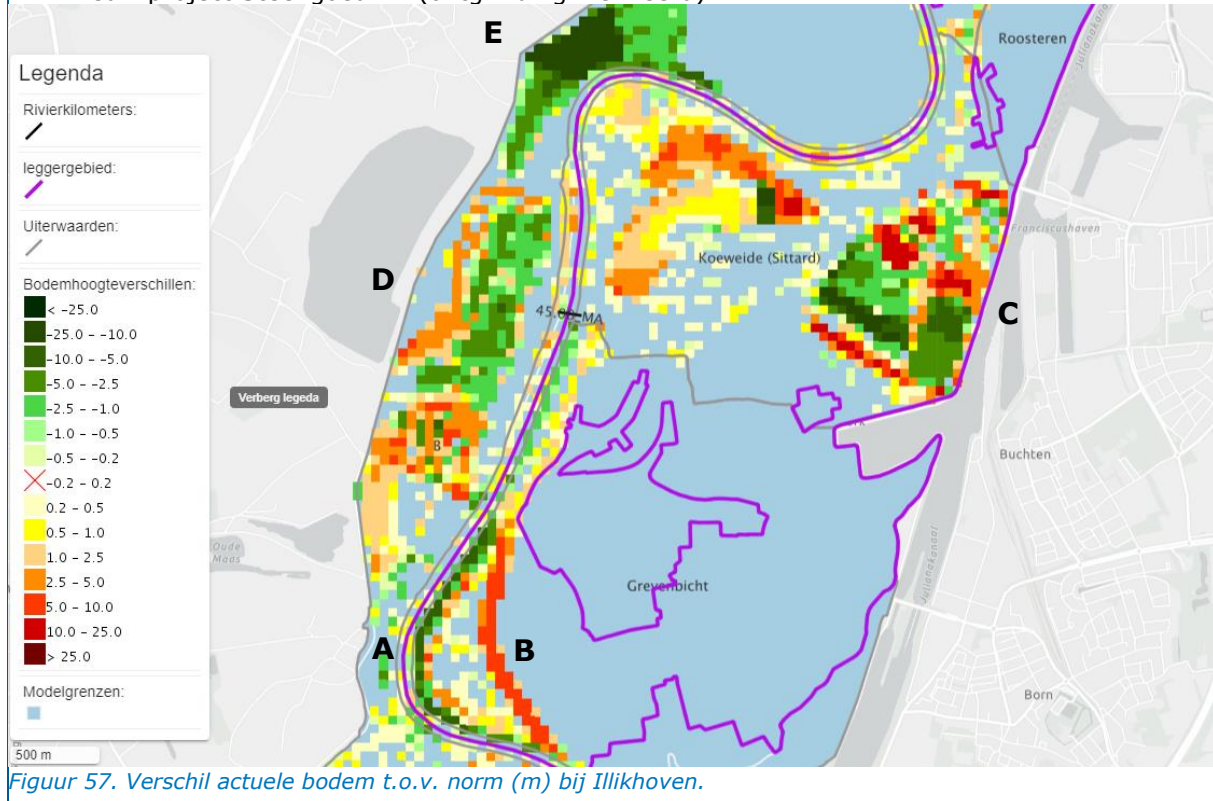


Figuur 56. Verschil actuele bodem t.o.v. norm (m) bij Rhederlaag en Havikerwaard.

Gebied 5: Illikhoven

Toelichting:

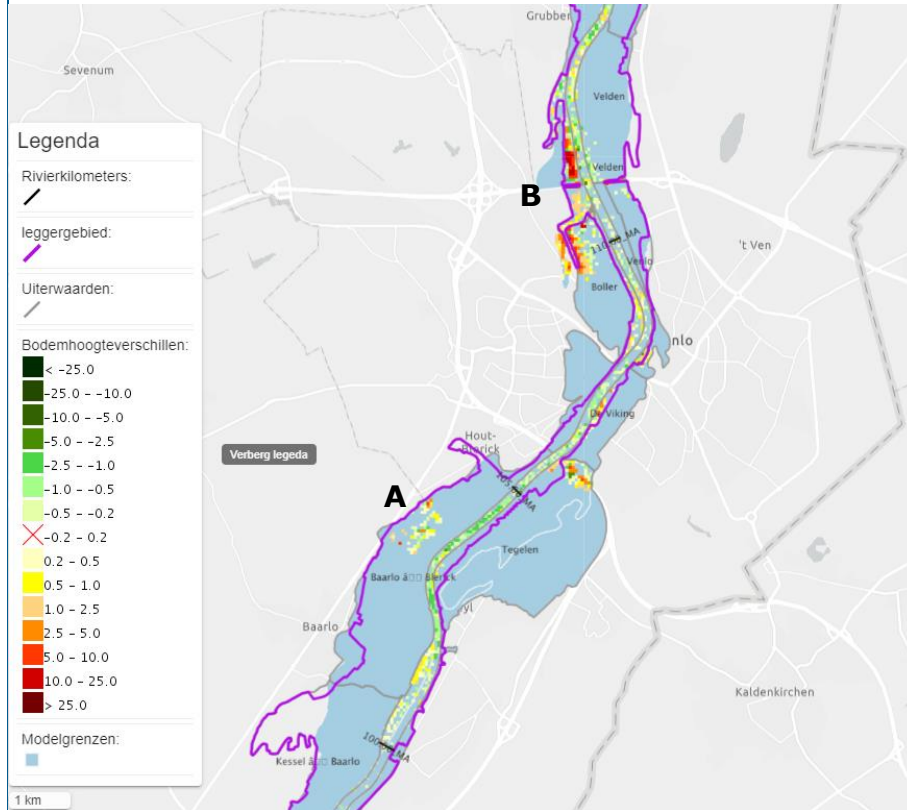
- A. Nieuw ontwerp Grevenbicht met stroomgeul verbredening
- B. Oude ontwerp Grevenbicht met nevengeul is vervangen door A)
- C. Tijdelijke situatie binnendijkse werkhaven Consortium Grensmaas
- D. As-built situatie Boeien-Veurzen (Vlaamse ingreep)
- E. Nieuw project Steengoed BV (ontgrinding Elerweerd)



Gebied 6: Venlo

Toelichting:

- A. Ingrep wegbaggeren Ondieptes Venlo (Maaswerken)
- B. Verbeterde schematisatie Venlo Trade Port en Centrale Zandverwerkingsinstallatie (CVI) Raaieind

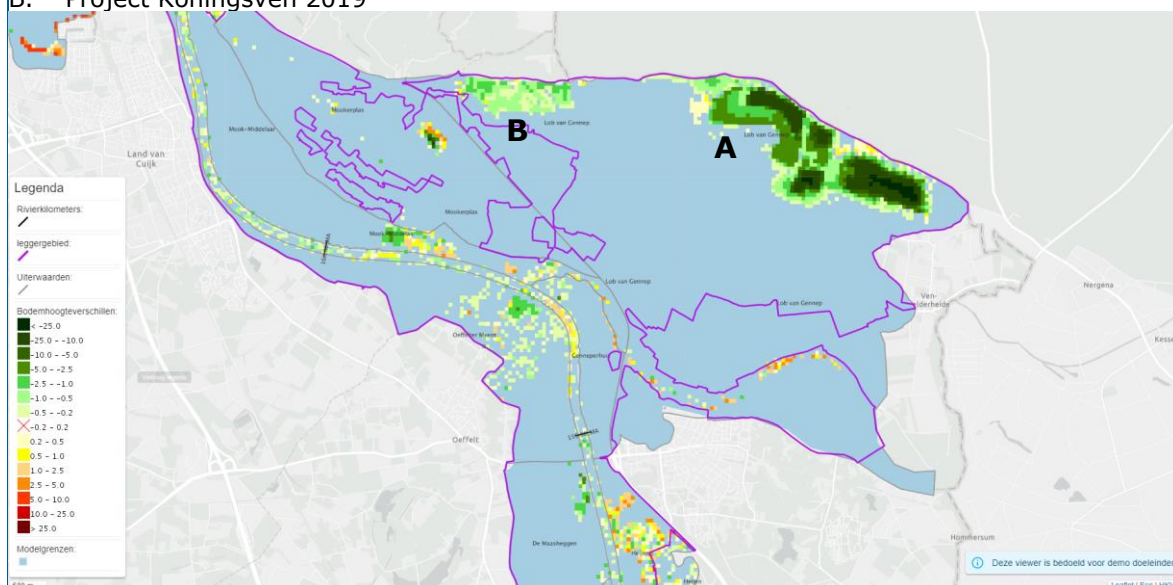


Figuur 58. Verschil actuele bodem t.o.v. norm (m) bij Venlo.

Gebied 7: Lob van Gennepe

Toelichting:

- A. Nieuwe ingreep Ontzanding Koningsven
- B. Project Koningsven 2019

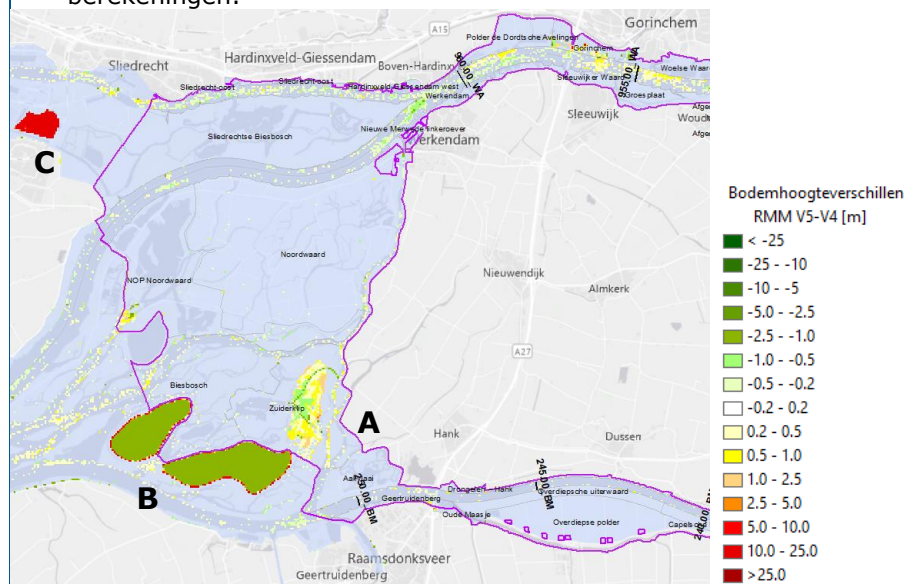


Figuur 59. Verschil actuele bodem t.o.v. norm (m) bij Lob van Gennepe.

Gebied 8: Biesbosch, Noordwaard en Sliedrechtse Biesbosch

Toelichting:

- A. Doorsteek Moordplaat-Steurgat: actualisatiemaatregel rmm_steurp_a1
- B. Plassen Honderd en Dertig en de Gijster (buiten leggergebied). Er is geen maatregel geweest in deze twee gebieden, in beide situaties is de hoogte van de plassen aangegeven met een breuklijn (geen peilingen aanwezig). Plassen zijn in variant met actuele bodem -16 m+NAP en in variant met bodemreferentie -15 m+NAP diep.
- C. Spaarbekken de Grote Rug (buiten leggergebied). Er is geen maatregel geweest in dit gebied. Er zijn in beide varianten geen peilingen aanwezig. In variant met bodemreferentie worden de hoogtes van de plas gegeven door een breuklijn met -15 m+NAP hoogte. In variant met actuele bodem ontbreekt een breuklijn en heeft de plas de hoogtes van de oever gekregen (2,5 m+NAP). Door dat Spaarbekken de Grote Rug (drinkwatervoorzieningen) door een kade of hoge grond omcirkeld is, zal deze verschil in de bodemhoogtes weinig invloed op WAQUA-berekeningen.



Figuur 60. Verschil actuele bodem t.o.v. norm (m) bij Biesbosch, Noordwaard en Sliedrechtse Biesbosch.

De verschillen tussen de actuele bodem en de bodemreferentie zijn veroorzaakt door een complex van ontwikkelingen zoals:

1. **Autonome ontwikkeling rivierbed** door incidentele en/of structurele erosie- of sedimentatieprocessen. Voorbeelden:
 - bodemerosie zomerbed
 - aanzanding nevengeulen en strangen
 - onderhoud baggerwerk
2. **Geplande maatregelen in het rivierbed:** In de bodemreferentie is destijds ten behoeve van het WBI een hele set planmaatregelen meegenomen van o.a. Ruimte voor de Rivier en Maaswerken. De meeste van deze plannen zijn uitgevoerd conform plan, en op die locaties zijn de bodemverschillen klein. Een deel van de maatregelen zijn anders en/of (nog) niet uitgevoerd, en hierbij kunnen de verschillen behoorlijk oplopen. Voorbeelden zijn:
 - Uitvoering conform plan: Spiegelwaal, RvdR Deventer, Heesselt.
 - Uitvoering nog niet gereed: Reevediep, Lobberdense waarden

- Uitvoering anders: Langsdammen Midden Waal in plaats van kribverlaging. Oevergeul Bovenrijn is geschraapt, en kribverlaging Pannerdens kanaal is daarvoor in de plaats gekomen.
3. **Ongeplande maatregelen in het rivierbed:** Bij het opstellen van de bodemreferentie ten behoeve van het WBI zijn planmaatregelen meegenomen die op dat moment voldoende status hadden. Het kan voorkomen dat er intussen nieuwe plannen zijn gemaakt én uitgevoerd. Voorbeelden zijn:
- suppletie Bovenrijn
 - geul Hurwenen
4. **Vergunningen derden:** Op verschillende plekken hebben derden een vergunning voor bijvoorbeeld het ophogen van het terrein. In de bodemreferentie is op die plekken de vergunde hoogte opgenomen, en in het actuele model is de actuele hoogte opgenomen. Voorbeeld:
- Verondieping plas Ingense waard. Verondieping deels gerealiseerd, compenserende kade nog niet gerealiseerd.
5. **Verbeteringen basismodel:** De vier bovenstaande verschillen zijn voorbeelden van veranderingen die in de toetsperiode zijn opgetreden. Er is nog een vijfde bron van verschillen, en die ligt in het verbeteren van het basismodel. In het referentiemodel zaten gebreken die inmiddels zijn verbeterd. Voorbeelden zijn:
- Velper- en Koppenwaard, IJssel rkm 885, aanpassingen kades en maaiveld linker- en rechteroever.
 - Ook zijn bodemliggingen van plassen ingemeten en gecorrigeerd.

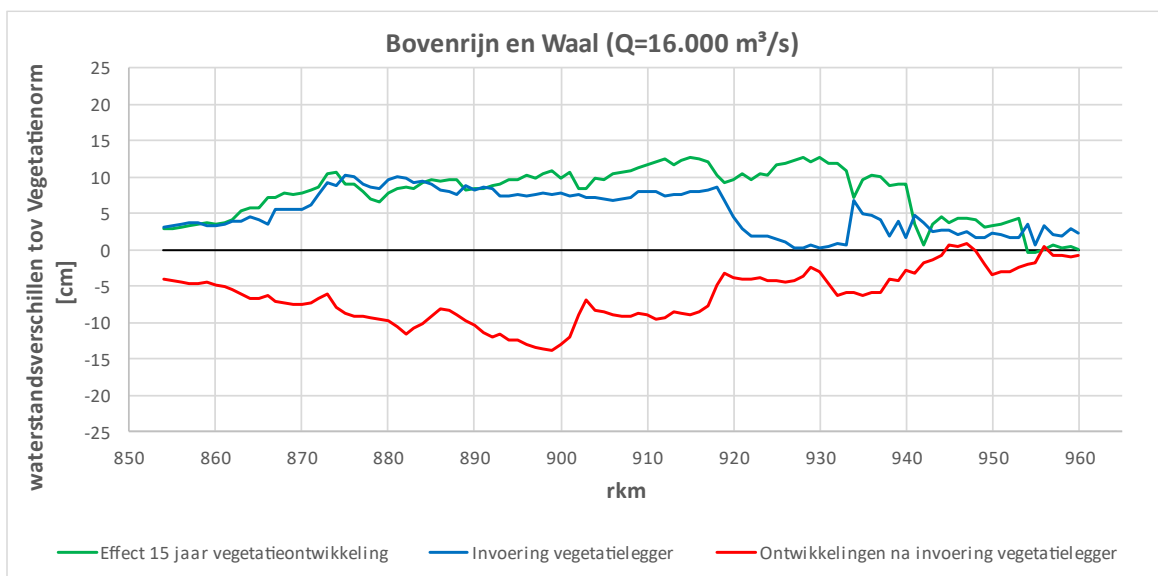
5.3 Hydraulische analyse

5.3.1 Vegetatie

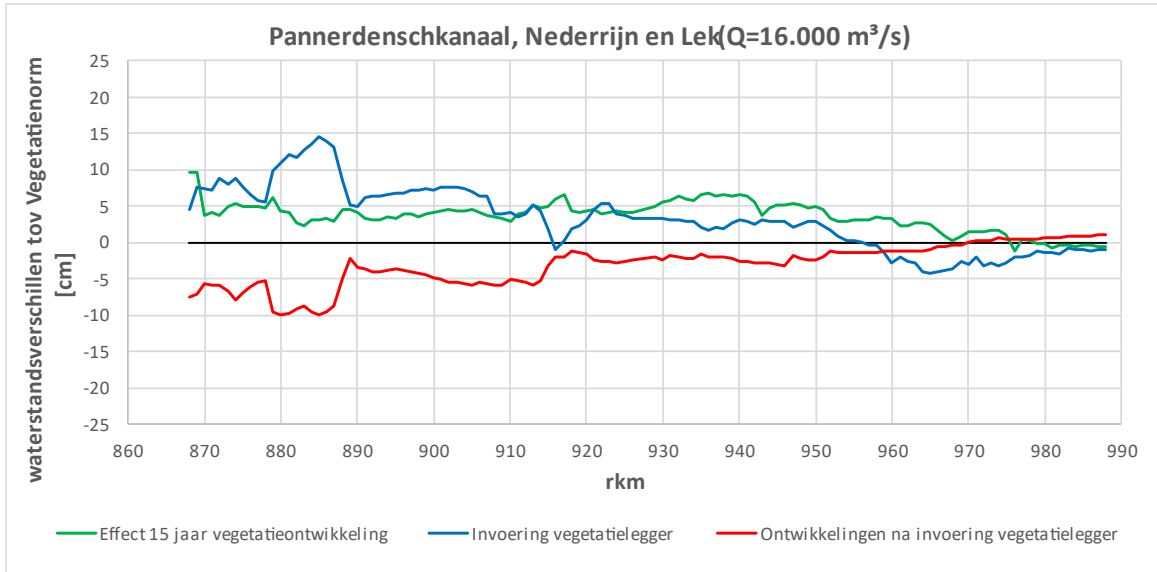
De volgende figuren (Figuur 61 t/m Figuur 64) laten het effect van de vegetatieontwikkeling zien zoals beschreven in paragraaf 5.1. We constateren het volgende:

- Effect van 15 jaar vegetatieontwikkeling zorgt voor verhoging van de waterstanden oplopend tot ca. 10 cm. Op verschillende riviertrajecten geldt:
 - Verhoging van waterstanden in de Bovenrijn en Waal van ca. 10 cm (Figuur 61).
 - Verhoging van waterstanden in het Pannerdensch kanaal, Nederrijn, Lek en IJssel van ca. 5 cm (Figuur 62 en Figuur 63).
 - Op de Maas bovenstrooms van rivierkm 120 verhoging van ca. 10 cm (Figuur 64). Benedenstrooms van rivierkm 120 alleen zeer lokale effecten van enkele cm.
 - Verhoging van de waterstanden in het beheergebied van RWS-WNZ (Rijn-Maasmonding, Figuur 65 tot en met Figuur 70):
 - Maximaal 3 cm in de Merwedede en in de Bergsche Maas
 - Tussen 0 en 3 cm in de Amer
 - Afwezig in de Lek, Nieuwe Maas en de Oude Maas
- Invoering van Vegetatielegger: zorgt voor verhoging van de waterstanden van maximaal 5-8 cm. In de Rijn-Maasmonding geeft dit lokaal ook waterstandsverlagingen.
 - Verhoging van waterstanden in de Bovenrijn en Waal van ca. 10 cm (Figuur 61).
 - Verhoging van waterstanden in het Pannerdensch kanaal, Nederrijn, Lek en IJssel van ca. 5 cm (Figuur 62), met een uitschieter op de Nederrijn tussen rivierkm 880 en 890 naar 15 cm.
 - Verhoging van de waterstanden op de IJssel tussen 3 en 10 cm (Figuur 63).

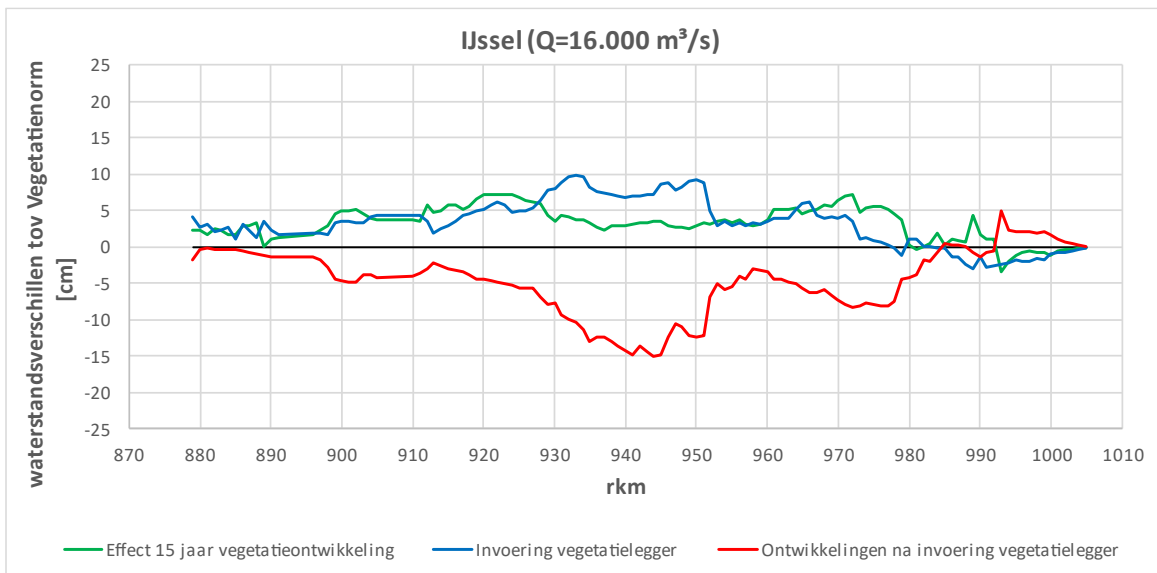
- Op de Maas tussen rivierkm 80 en 140 verhoging tussen 5 en 10 cm (Figuur 64).
- De voorgenomen invoering van de ontwerp van Vegetatielegger 2021 op de Grensmaas geeft lokale verhogingen van maximaal 12 cm en verlagingen van ca 10 cm (bij km 40).
- Verschillen in waterstanden in het beheergebied van RWS-WNZ (Rijn-Maasmonding, Figuur 65 tot en met Figuur 70): tussen 0 en -2 cm
- **Ontwikkelingen na invoering van de Vegetatielegger:** Over het algemeen verlaging van de waterstanden in de Bovenrijn, Pannerdens kanaal, Waal en IJssel. In de Maas zien we lokale verhogingen van 20 cm rond km 30. De update van de Vegetatielegger betreft het aanpassen van de norm door bijvoorbeeld het omzetten (terugzetten) van mengklassen naar homogene klassen of het verwerken van projectplannen Waterwet in de legger en het eindresultaat van Stroomlijn.
 - Verschillen (verlaging) van waterstanden in de Bovenrijn en Waal tussen -5 en -14 cm (Figuur 61).
 - Verschillen (verlaging) van waterstanden in het Pannerdensch kanaal en Nederrijn, tussen -3 en -10 cm (Figuur 62).
 - Op de IJssel tussen rivierkm 920 en 980 verschillen (verlaging) van waterstanden tussen -5 en -15 cm (Figuur 63).
 - Op de Maas nabij rivierkm 30 ontstaat een lokale piek met waterstandverhoging van ca. 20 cm. Op andere Maastrajecten is er vrijwel geen waterstandeffect.



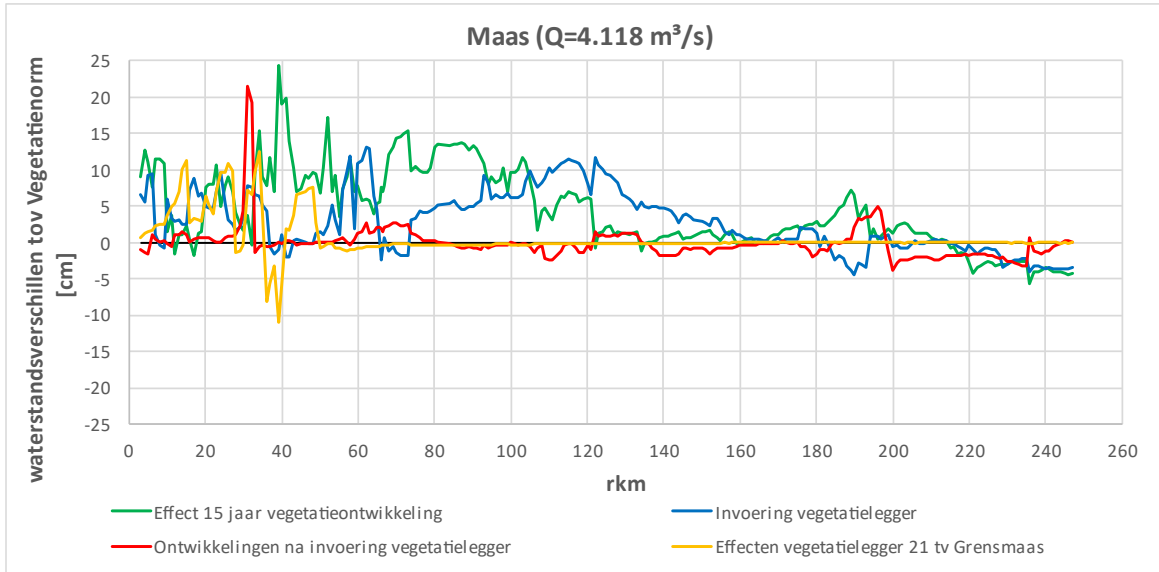
Figuur 61. Waterstandsverschillen Bovenrijn en Waal: Effect vegetatieontwikkelingen.



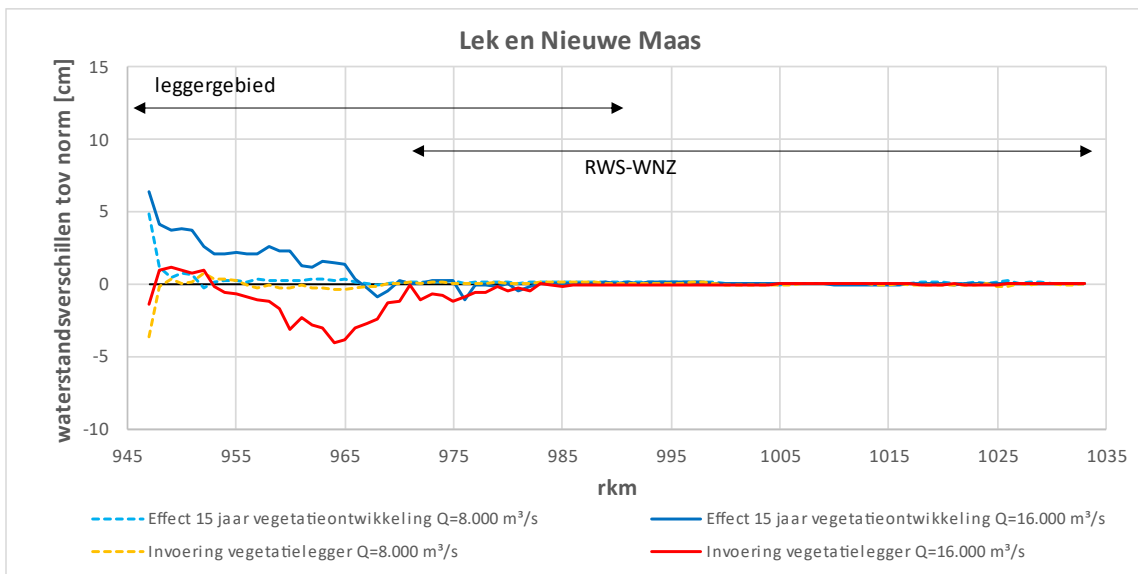
Figuur 62. Waterstandsverschillen Pannerdensch kanaal, Nederrijn en Lek: Effect vegetatieontwikkelingen.



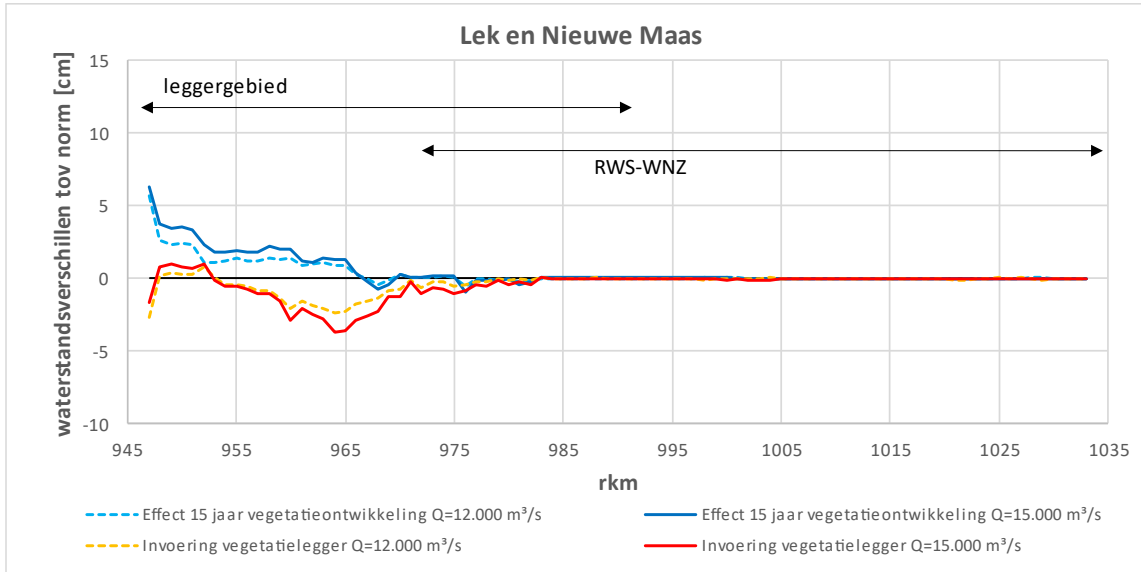
Figuur 63. Waterstandsverschillen IJssel: Effect vegetatieontwikkelingen.



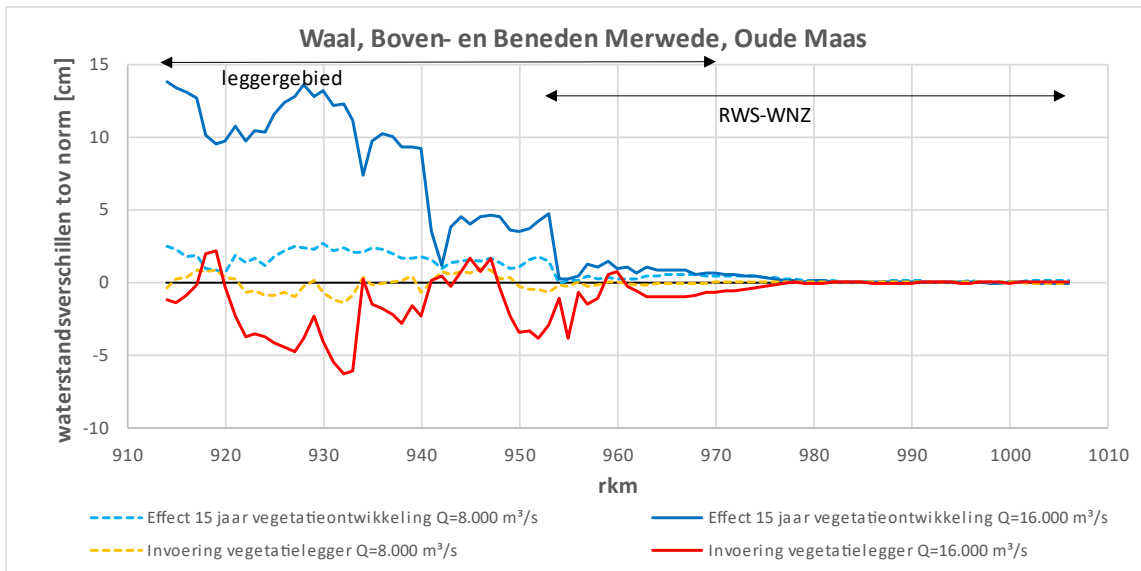
Figuur 64. Waterstandsverschillen Maas (dynamische berekening met hoogwater-afvoergolf): Effect vegetatieontwikkelingen.



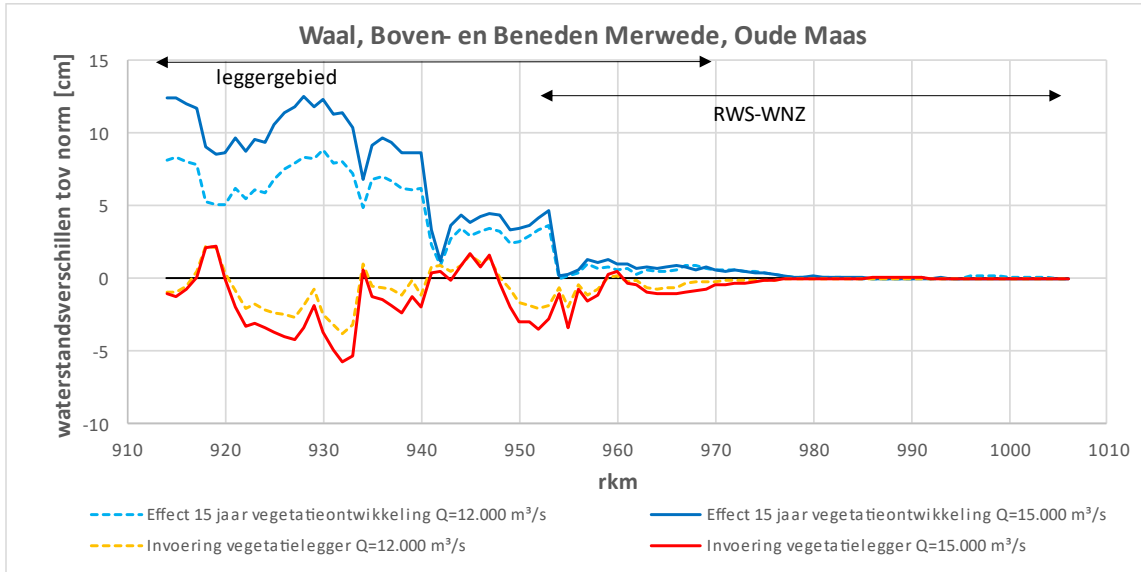
Figuur 65. Waterstandsverschillen Lek en Nieuwe Maas: Effect vegetatieontwikkelingen. Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



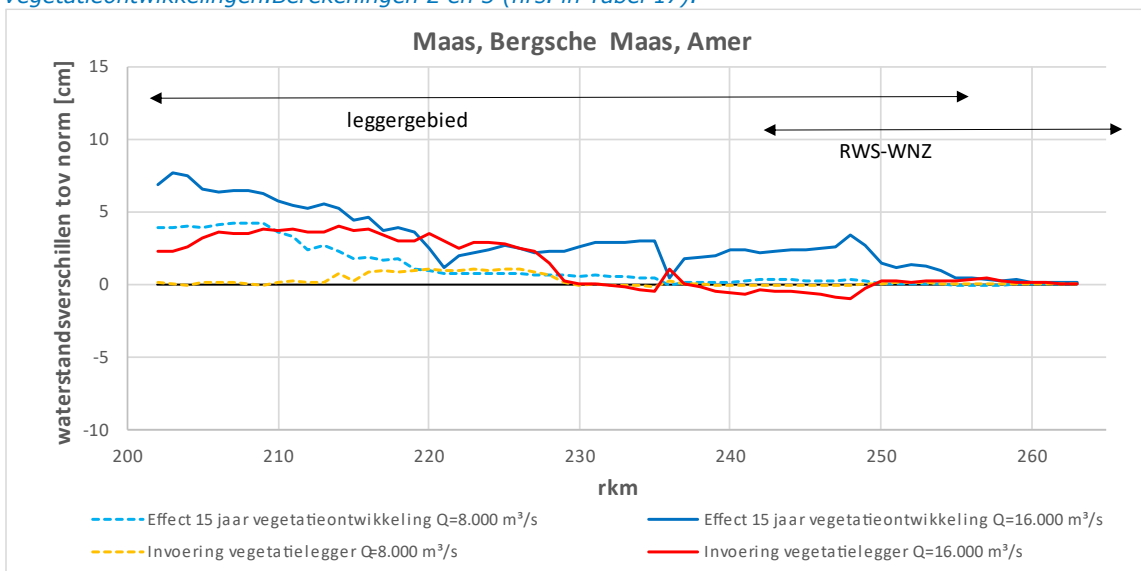
Figuur 66. Waterstandsverschillen Lek en Nieuwe Maas: Effect vegetatieontwikkelingen. Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).



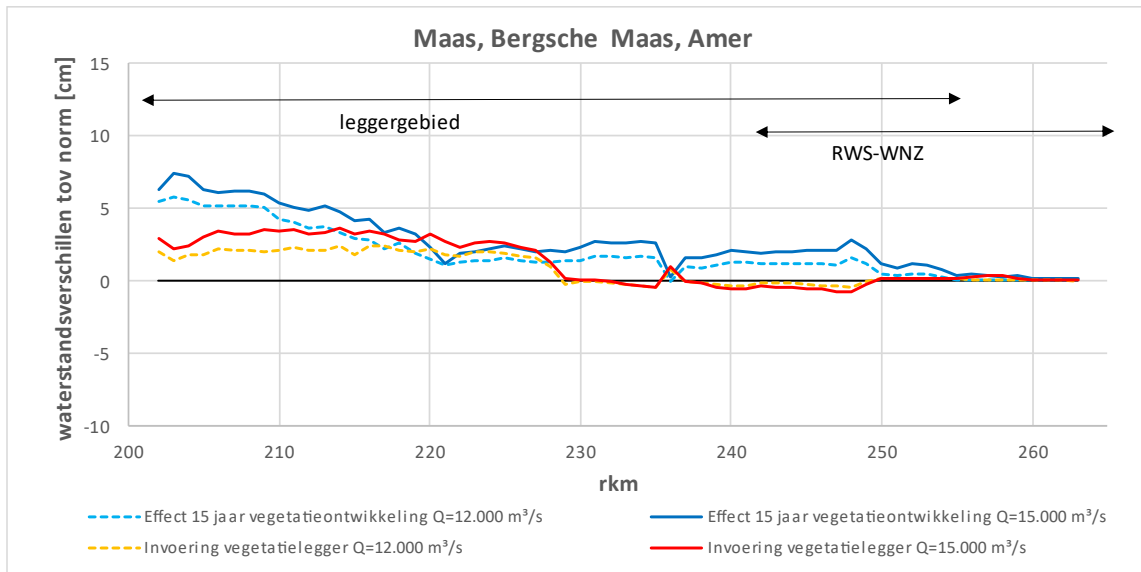
Figuur 67. Waterstandsverschillen Waal, Boven- en Beneden Merwede, Oude Maas: Effect vegetatieontwikkelingen. Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 68. Waterstandsverschillen Waal, Boven- en Beneden Merwede, Oude Maas: Effect vegetatieontwikkelingen. Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 69. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect vegetatieontwikkelingen. Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 70. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect vegetatieontwikkelingen. Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).

5.3.2 Bodem

Ten behoeve van het toetsen van de actuele bodem aan de huidige bodemreferentie worden de volgende situaties met elkaar vergeleken:

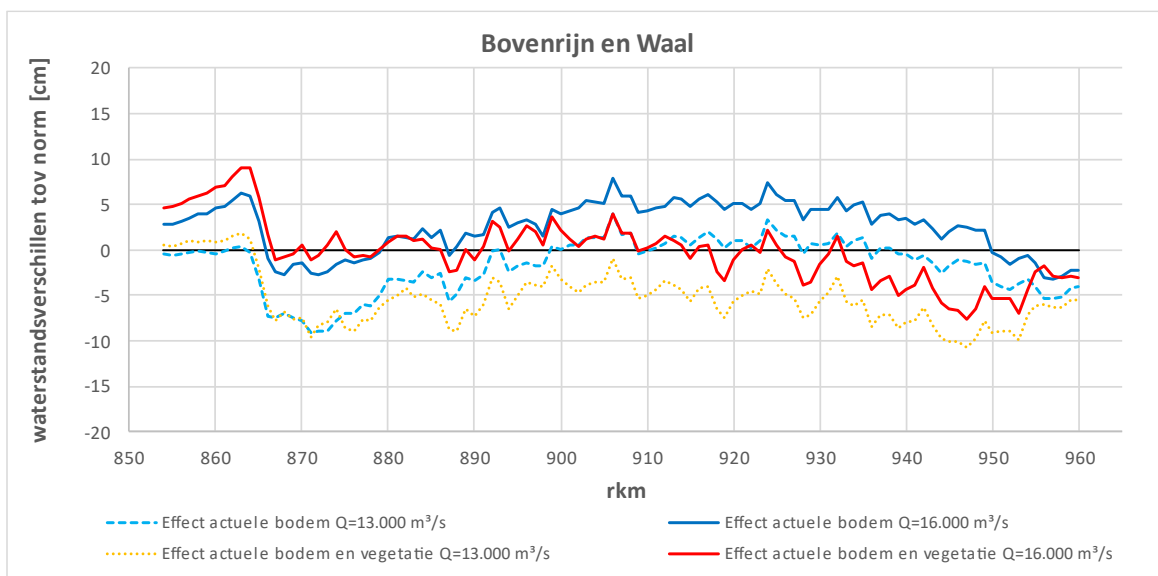
Bodem: V5-V4: toets Actuele bodem t.o.v. bodemreferentie

Vegetatie en bodem: V5-V6: effect van actuele vegetatie en bodem samen.

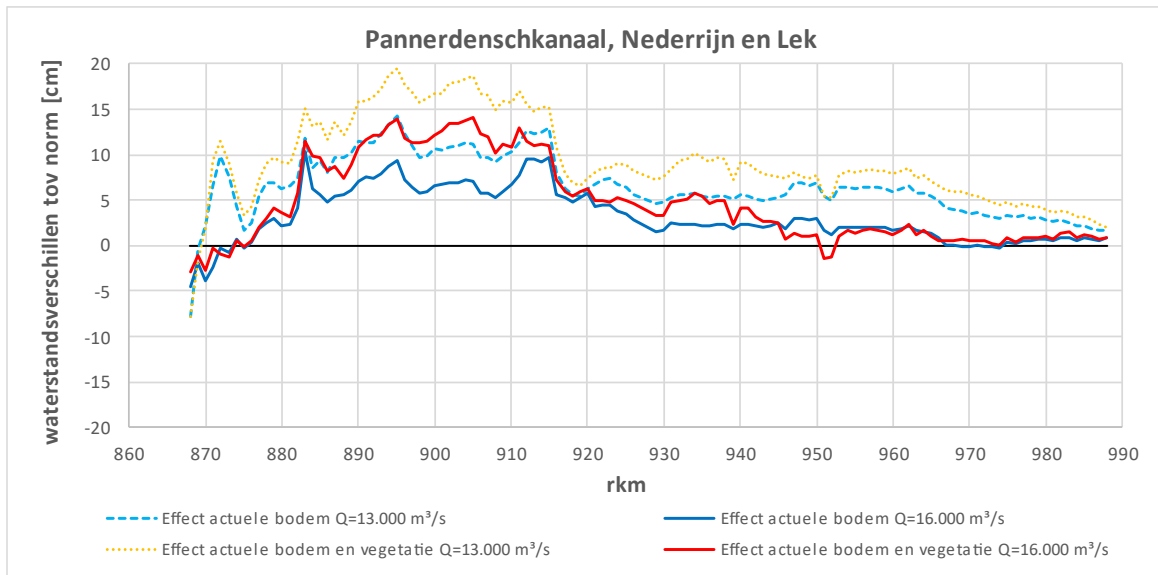
De volgende figuren (Figuur 71 tot en met Figuur 80) laten het effect van de actuele bodem en actuele bodem en vegetatie gezamenlijk zien. We constateren het volgende:

- De actuele bodem zorgt in de Bovenrijn voor verandering van waterstanden tussen -2 en 5 cm in op traject rivierkm 855- 890 (Figuur 71). De actuele vegetatie versterkt deze effecten en zorgt voor verhogingen tot 10 cm.
- De actuele bodem zorgt in de Waal voor verhoging van waterstanden tussen 0 en 5 cm in op traject rivierkm 890- 950 (Figuur 71). De actuele vegetatie compenseert deze ophoging grotendeels.
- De actuele bodem zorgt in de Nederrijn voor verhoging van waterstanden tussen 5 en 12 cm op traject rivierkm 880 - 920 (Figuur 72). De actuele vegetatie verdubbelt dit effect grotendeels. Bij minder hoge extreme afvoeren (13.000 m³/s) neemt het waterstandeffect met ca. 5 cm toe.
- De actuele bodem zorgt in de IJssel voor verhoging in waterstanden tussen 1 en 8 cm tot aan rivierkm 970. Verder benedenstrooms is bij extreme afvoeren (16.000 m³/s) het effect van het Reevediep te zien (in het model van actuele bodem is project Reevediep niet opgenomen, in het model met bodemnorm is het Reevediep opgenomen via een onttrekking van 340 m³/s). Bij minder hoge extreme afvoeren (13.000 m³/s) vervalt het effect van het Reevediep. De actuele vegetatie heeft een effect van +/- 4 cm op de door bodem veroorzaakte waterstandseffecten.
 - Bij rivierkm 960 is het effect van de hoogwatergeul bij Veessen-Wapenveld te zien: In het model met actuele bodem (j19) is de inlaat opgenomen als kunstwerk met een drempelhoogte van 4,60 m+NAP. In het hr2017 model is de inlaat opgenomen als kunstwerk met een drempelhoogte van 4,80 m+NAP.

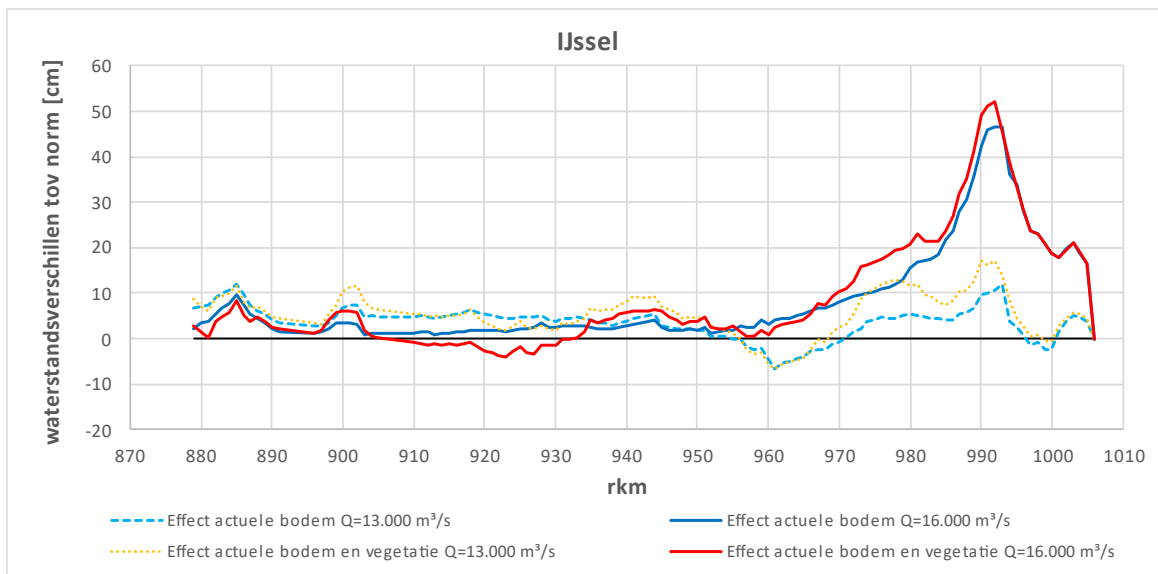
- De actuele bodem zorgt in de Maas benedenstrooms van rivierkm 50 voor verschillen in waterstanden tussen -10 en +10 cm. Bovenstrooms van de Maas treden tussen rivierkm 15 en 30 waterstandverlagingen op tussen 20 en 70 cm. Tussen rkm 30-40 zijn er twee uitschieters: een verhoging van 55 cm en een verlaging van 95 cm (bij $Q=4118 \text{ m}^3/\text{s}$). Deze uitschieters worden veroorzaakt door de Maaswerken, die ter plekke de taakstelling niet hebben gehaald. De actuele vegetatie heeft een sterk reducerend effect op deze verlaging. Op de resterende trajecten van de Maas is het effect van vegetatie zeer gering.
- De actuele bodem zorgt in het beheergebied van RWS-WNZ (Rijn-Maasmonding) voor een verlaging van de hoogwaterstanden van maximaal 5 cm. Het effect van actuele vegetatie is over het algemeen zeer gering. Alleen in de Merwedetes is het effect van actuele vegetatie echt relevant. In het overige deel van het Rijn-Maasmonding (buiten leggergebied) model geldt per tak:
 - Door actuele bodem tussen 0 en 2 cm opstuwung in de Lek. Er is geen noemenswaardig effect van actuele vegetatie.
 - Door actuele bodem tussen -5 en -3 cm waterstandeffect in de Nieuwe Maas. Er is geen noemenswaardig effect van actuele vegetatie.
 - Door actuele bodem tussen -5 en 0 cm waterstandeffect in de Bergsche Maas en de Amer. Effect van actuele vegetatie is een aantal cm opstuwung.
 - Door actuele bodem tussen 0 en 5 cm opstuwung in de Merwedetes. Effect van actuele vegetatie is dat deze ruimschoots wordt gecompenseerd tot ca. 5 cm waterstands daling.
 - Door actuele bodem tussen -5 en 0 cm waterstandeffect in de Oude Maas. Er is geen noemenswaardig effect van actuele vegetatie.



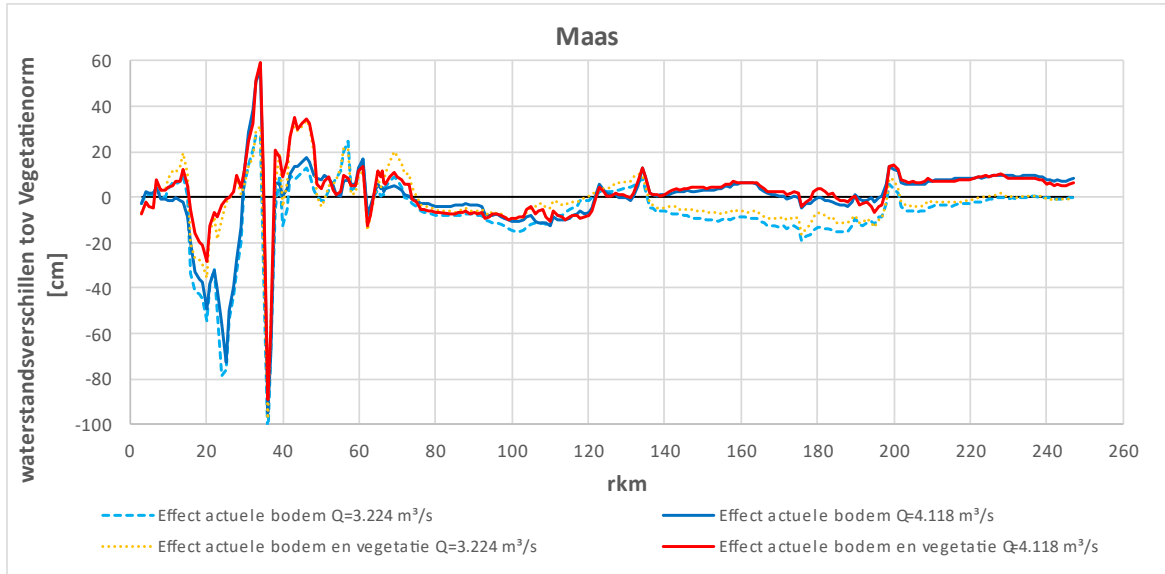
Figuur 71. Waterstandsverschillen Bovenrijn en Waal: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen).



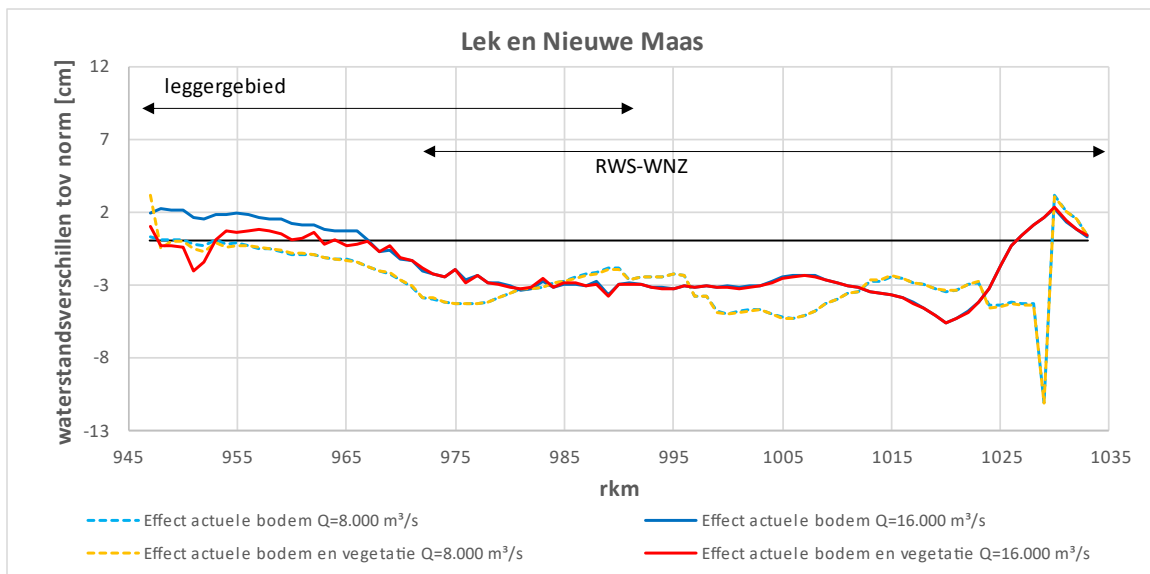
Figuur 72. Waterstandsverschillen Pannerdenschkanaal, Nederrijn en Lek: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen).



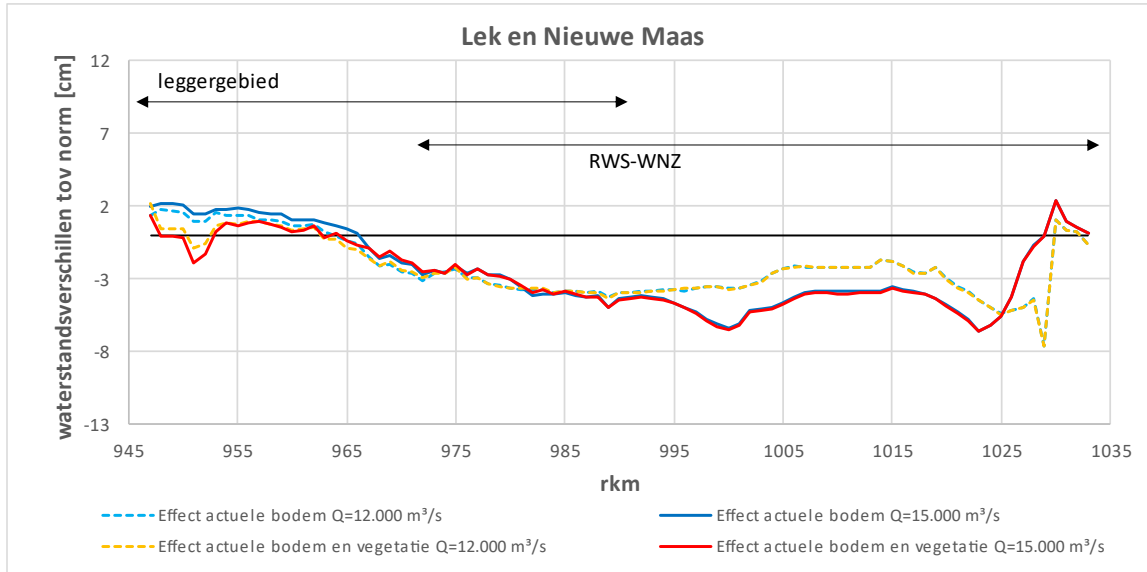
Figuur 73. Waterstandsverschillen IJssel: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen).



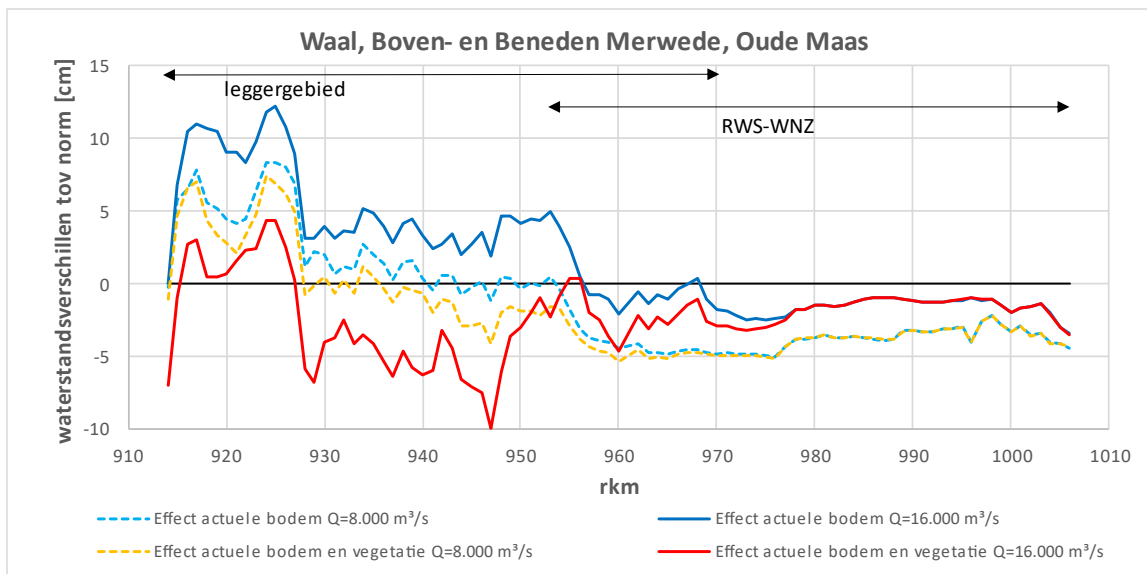
Figuur 74. Waterstandsverschillen Maas: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen).



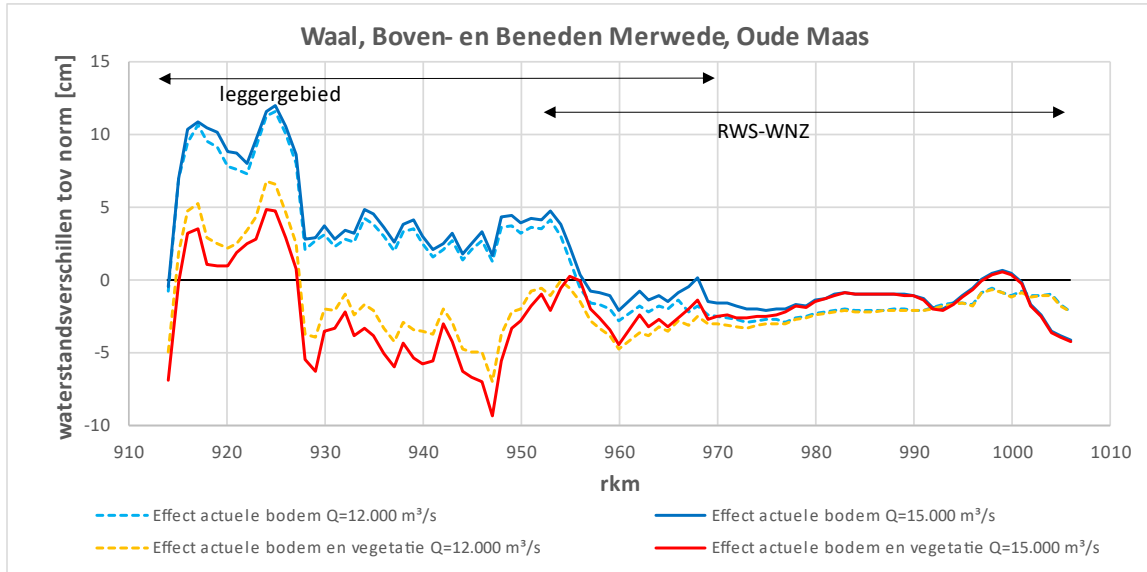
Figuur 75. Waterstandsverschillen Lek en Nieuwe Maas: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen). Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



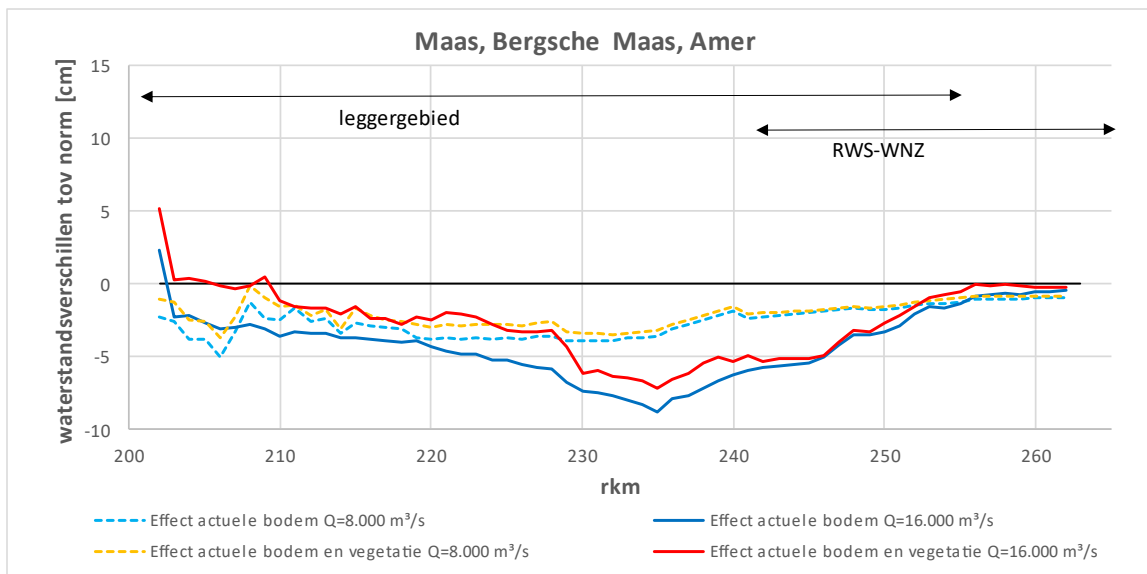
Figuur 76. Waterstandsverschillen Lek en Nieuwe Maas: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen). Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).



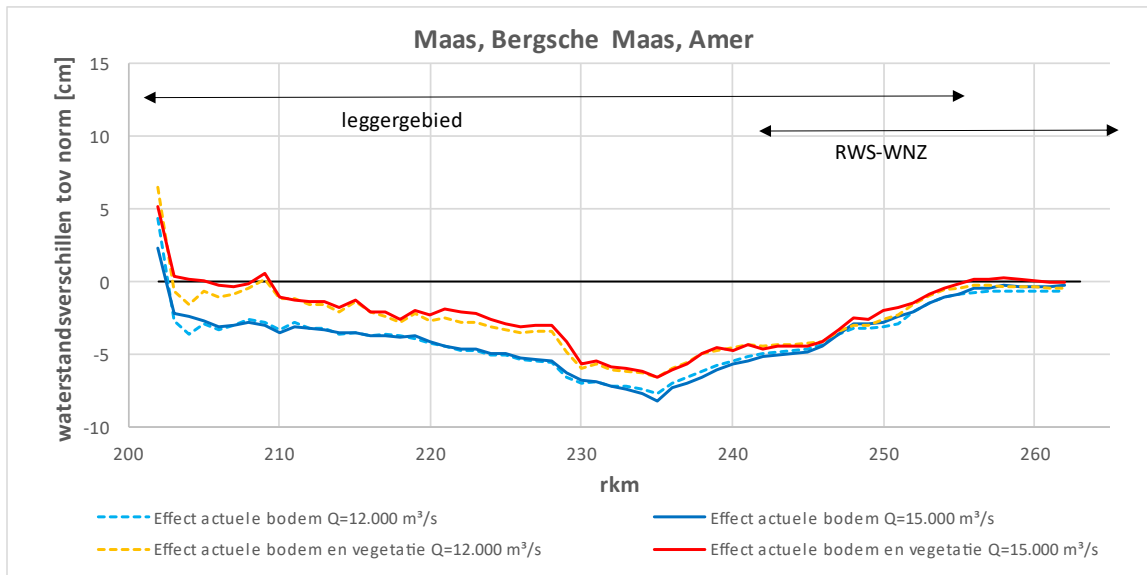
Figuur 77. Waterstandsverschillen Waal, Boven- en Beneden Merwede, Oude Maas : Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen). Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 78. Waterstandsverschillen Waal, Boven- en Beneden Merwede, Oude Maas : Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen). Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 79. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen). Berekeningen 1 en 4 (nrs. in Tabel 17).



Figuur 80. Waterstandsverschillen Maas, Bergsche Maas, Amer: Effect actuele bodem en actuele situatie (actuele bodem en actuele vegetatie samen). Berekeningen 2 en 3 (nrs. in Tabel 17).

6 Samenvatting van belangrijkste resultaten

6.1 Conclusies

In de Toets Grote Rivieren wordt gerapporteerd over de toestand van het rivierbed van de grote rivieren in relatie tot de functie hoogwaterveiligheid, conform artikel 2.12 lid 2 uit de Waterwet. De actuele veldsituatie voor uiterwaardvegetatie en rivierbodembodem is hiervoor samengesteld op basis van recente satellietbeelden en gegevens van bekende veranderingen of afwijkingen in het rivierengebied. Deze toets is uitgevoerd voor de Rijn, de Maas en delen van de Rijn-Maasmonding en IJssel-Vechtdelta. Er is expliciet onderscheid gemaakt in enerzijds de toets aan de legger en anderzijds de analyse van de overige ontwikkelingen die relevant zijn voor de functie hoogwaterveiligheid. In de analyse van de overige ontwikkelingen gaat het over onderdelen van het rivierbed waar RWS geen expliciete beheertaak heeft.

Het volgende kan worden geconcludeerd:

1. Samenstellen actuele veldsituatie vegetatie

- Gebruikmakend van de ecotopenkaart 2017 en recentere vegetatiejaarkaarten uit de Vegetatiemonitor is een actuele veldsituatie samengesteld. De actuele veldsituatie wordt in de TGR gebruikt om afwijkingen in de legger te identificeren. Voor samenstelling van de actuele veldsituatie is via een prioriteringsmethodiek geselecteerd welke "vegetatie-verschil-polygoon" uit recentere jaarkaarten het meest bijdragen aan mogelijk hydraulisch effect. In de prioriteringsmethodiek zijn meegewogen: polygoongrootte, ruwheidsverschil en ligging in stroomvoerende zones. Via deze methode zijn in totaal 3200 polygoon in het leggergebied van Rijn en Maas geselecteerd voor actualisatie van de ecotopenkaart 2017. Samen dekken deze polygoon ongeveer 50% van het totaaloppervlak van alle geïdentificeerde "vegetatie-verschil-polygoon" uit recente vegetatiejaarkaarten (voor het Zwarte Water en de Rijn-Maasmonding is een iets afwijkende methodiek gevolgd).
- De geselecteerde verschil-polygoon zijn vervolgens visueel gecontroleerd. Daarbij is gekeken of het gedetecteerde vegetatieverschil inderdaad in luchtbelden te zien was. Tijdens de controles zijn veel van de polygoon niet als "goed" geïdentificeerd. Dit impliceert dat de classificaties in de jaarkaarten van de Vegetatiemonitor onzeker zijn en dat een visuele controle nodig is alvorens deze te gebruiken voor bijkartering.
- Van de verschillende vegetatiesoorten bleek dat gedetecteerde overgangen van en naar gras relatief betrouwbaar zijn. Echter, bij overgangen tussen andere vegetatietypen bleek in de visuele controle dat het ook daar regelmatig een overgang naar gras had moeten zijn. Dus: als gras wordt gedetecteerd dan is dat relatief zeker, maar er worden in vegetatiejaarkaarten ook grasvlaktes gemist.
- Na de visuele controle zijn er ten opzichte van de ecotopenkaart (2017 voor Maas en Rijn en 2018 voor RMM-gebied) meer vergladdingen dan verruwingen geselecteerd voor bijkartering: voor beheergebieden RWS-ON, RWS-ZN en RWS-WNZ is van het leggergebied respectievelijk 1,6%, 1,7% en 2,6% verglad. De betreffende verruwingen zijn 0,5%, 0,5% en 2,4% (met betrekking tot oppervlak van de legger).

2. Geografische analyse Toets actuele veldsituatie aan de Vegetatielegger

- De geactualiseerde vegetatiekaart (na bijkartering) is vergeleken met de legger. Uit de geografische analyse blijkt dat de actuele vegetatie (vergladdingen en verruwingen meegenomen) in ongeveer 14% van het gebied anders is dan bij de norm. Het merendeel van de verschillen betreft een gladdere vegetatierutheid in de geactualiseerde situatie (van de 14% is circa 5% ruwer en 9% gladder in de geactualiseerde kaart).
- In circa 5% van het oppervlak van de leggergebied van RWS-ON en RWS-ZN wordt de interventiewaarde uit de Vegetatielegger overschreden (kijkend naar "alleen verruwingen", zie Tabel 19). Voor het gebied van RWS-WNZ is de actuele situatie in 7% van het gebied ruwer dan de norm.
 - Verruwingen betreffen met name overgangen van "water" en "gras en akker" naar ruwere vegetatietypen "riet en ruigte", "struweel" en "bos".
 - Circa 80% van het areaal van de mengklassen voldoet aan de eisen. Met name kleine polygonen blijken niet te voldoen.

Aanpassingen in vegetatietypes		RWS-dienst			Totaal
Type	oppervlakte	ON	ZN	WNZ	
Alle aanpassingen	Verschillen [ha]	4.339	3.381	1.474	9.194
	% van totaal oppervlakte	14%	12%	20%	14%
Alleen verruwingen	Verschillen [ha]	1.598	1.343	528	3.469
	% van totaal oppervlakte	5%	5%	7%	5%
Totaaloppervlakte beheergebied		31.553	27.596	7.423	66.572

Tabel 19. Totale oppervlaktes vegetatieverschillen in de uiterwaarden. Actuele situatie t.o.v. de legger.

3. Hydraulische analyse: toets van actuele veldsituatie aan de Vegetatielegger

- De waterstandsverhogingen ten gevolge van de gebieden die niet voldoen aan de legger (verruwingen) zijn in de orde 5 tot 10 cm, en zijn aanwezig over een lengte van ca. 50% van de beschouwde riviertakken.
- Als ook de vergladdingen worden meegenomen (gesaldeerde variant) dan schommelt het waterstandeffect van vegetatie-actualisatie veelal rond het nulpunt. Dit geeft aan dat de situatie op dit moment nog niet zeer urgent is. Uitzonderingen hierop zijn delen van de Nederrijn, Beneden-IJssel en Bovenmaas, waar het gesaldeerde effect ook al een verhoging geeft van circa 5 cm.

4. Aanvullende analyses

- Het effect van 15 jaar vegetatieontwikkeling zorgt voor verhoging van de waterstanden oplopend tot circa 10 cm.
- De invoering van de Vegetatielegger zorgt voor een verhoging van de waterstanden van maximaal 5 tot 8 cm. Op de Bovenrijn en Waal en delen van de Maas ligt het gemiddelde hoger met lokaal uitschieters tot 15 cm.
- Ontwikkelingen na invoering van de Vegetatielegger (o.a. aanpassing in vegetatieclassificaties en effect van project Stroomlijn) hebben gezorgd voor een verlaging van de waterstanden. In combinatie met voorgaande ontwikkelingen (15 jaar vegetatieontwikkeling en invoering Vegetatielegger) blijft er nog wel sprake van lichte verhoging.

- De actuele bodem zorgt voor verhoging van waterstanden van gemiddeld 5 cm. Er zijn twee forse uitschieters boven de 40 cm: op de beneden-IJssel (ten gevolge van recente ontwikkelingen bij het Reevediep, afronding in 2023) en op de Bovenmaas (ten gevolge van uitvoeren van een Maaswerken project). De actuele vegetatie compenseert deze ophoging grotendeels.

6.2 Discussie

Methodiek TGR

In de hier gehanteerde methodiek van de Toets Grote Rivieren (TGR) zijn belangrijke uitgangspunten “de actuele veldsituatie” en “de interventiewaarden uit de legger”. De actuele veldsituatie is samengesteld op basis van recente vegetatiejaarkaarten. Bij samenstellen van de actuele veldsituatie bleek een visuele controle van jaarkaarten van groot belang, omdat jaarkaarten duidelijke en veelvuldige misclassificaties in vegetatie bleken te hebben. Omdat het binnen dit project praktisch niet haalbaar was om voor elk stukje uiterwaard een visuele controle uit te voeren is daarom een prioriteringsmethodiek toegepast waarmee alleen de hydraulisch belangrijkste gebieden zijn geselecteerd. Uiteindelijk is daardoor ongeveer 50% van gedetecteerde vegetatieverschillen opgenomen in de TGR. De veronderstelling is dat de resterende 50% niet belangrijk bijdragen aan hydraulische effecten. Het zou echter correcter zijn om in het vervolg met de volledige geactualiseerde en gecontroleerde vegetatiekaarten te werk te gaan. Een beter functionerende geautomatiseerde aanpak van vegetatiedetectie is daarom van groot belang. Moderne ontwikkelingen op gebied van beeldherkenning, beeldbewerking en *machine learning* bieden mogelijkheden hiervoor.

Interventiewaarden zijn momenteel alleen gedefinieerd voor de toestand van de vegetatie in de uiterwaarden, en los van eventuele onzekerheden daarin biedt dit in ieder geval houvast voor benoemen van afwijkingen en daaraan verbonden maatregelen/onderhoudsactiviteiten. Een vergelijkbaar handvat is nodig voor bodemligging (voor winter- en zomerbed). Er zitten echter ook onzekerheden aan de interventieniveaus. De onzekerheden in interventieniveaus van vegetatie zijn deels aan het licht gekomen door de hier uitgevoerde analyses over 15 jaar vegetatieontwikkeling en invoering van de legger. Het blijkt dat dit waterstandeffecten van orde 5 tot 10 cm kan opleveren, dus van vergelijkbare orde-grootte als het systematische hydraulische effect voortkomend uit afwijking van de norm (actuele situatie vs. Vegetatielegger). Belang van deze constatering is dat systematische afwijking van de norm weliswaar dient te worden gecompenseerd, maar dat een exact te behalen waterstandverschil als richtlijn niet realistisch is. Beheer uitvoeren op basis van onzekerheden is vanwege de daaraan verbonden complexiteit echter ook niet altijd wenselijk. Een relatief eenvoudige aanpak die beter recht doet aan de werkelijkheid is om als richtlijn een gemiddelde te behalen waterstandeffect te hanteren, met daaraan gekoppeld een bandbreedte die onzekerheid in waterstandeffect weergeeft. De bandbreedte nuanceert de nauwkeurigheid van het te behalen waterstandeffect.

Een aanvullend belangrijk aspect is de invloed van zomervegetatie. In de huidige TGR worden alleen winterruwheden beschouwd (vegetatiejaarkaarten voor situatie op 1 november). Het recente hoogwater in de Maas van 2021 heeft echter eens te meer aangetoond dat hoogwaters ook in de zomer voorkomen. De veelal ruwere vegetatiecondities van de zomermaanden verdienen expliciete aandacht in hoogwaterveiligheidskwesties, en dus ook in de TGR.

Invloed op hoogwaterveiligheid

De kans op overstromingen in het (boven)rivierengebied is in essentie terug te voeren op de gesommeerde kans dat bij verschillende afvoerniveaus een overstroming plaatsvindt. In een studie van HKV uit 2016 is gesteld dat voor de bovenrivieren twee afvoeren representatief zijn voor de gehele kansverdeling van optreden van overstromingen. Eén van die afvoeren is de in deze studie gebruikte extreme hoogwaterafvoer (op de Rijntakken $Q = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$, bij de Bedijkte Maas $Q=4.110 \text{ m}^3/\text{s}$ en bij de Maasvallei $3.570 \text{ m}^3/\text{s}$), die representatief is voor het faalmechanisme overloop/overslag van de dijken. Een ander iets lager hoogwater-afvoerniveau is gerelateerd aan het faalmechanisme piping. Voor een eerste inschatting van effecten op hoogwaterveiligheid is het "lagere hoogwater-afvoerniveau" buiten beschouwing gelaten. Een globaal resultaat van de TGR is dat afwijking van de norm plaatselijk waterstandverhogingen van orde 10 cm kan opleveren. Op de Rijntakken geldt dat 10 cm waterstandverschil bij extreem hoogwater ongeveer overeenkomt met een afvoerverschuiving van $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Bij de geconstateerde afwijkingen van de norm geeft een Bovenrijnafvoer van $15.700 \text{ m}^3/\text{s}$ dus ongeveer dezelfde hoogwaterstand als een afvoer van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ in de normatieve toestand. Een lagere representatieve hoogwaterafvoer van $15.700 \text{ m}^3/\text{s}$ betekent een hogere kans op voorkomen: 1/1.000 jaar in plaats van 1/1.250 jaar bij $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Dezelfde redenering voor de Maas geeft dat 10 cm waterstandverhoging de kans op voorkomen van "maatgevend hoogwater" (voor overloop/overslag) verhoogt van 1/3.000 jaar naar 1/2.000 jaar (bij Maasafvoer $Q=4.110 \text{ m}^3/\text{s}$). Dit is een globale inschatting die uiteraard niet geldt voor het gehele rivierengebied. Voor een gedetailleerder beeld van de invloed op hoogwaterveiligheid zou per locatie moeten worden berekend hoe het daar geldende waterstandeffect doorwerkt naar de kans op verschillende faalmechanismen. Dat zou een rigoreuzere aanpak betekenen die rekening houdt met waterstandeffecten bij verschillende afvoerniveaus en hoe dit doorwerkt naar verschillende mogelijke faalmechanismen.

6.3 Aanbevelingen

- De waterstandsverhogingen die voorkomen uit de TGR zijn substantieel, in de actuele situatie nu nog minder dan 5 cm maar deze kunnen oplopen tot 5-10 cm over ca 50% van de rivier. Dit dient in het beheer van Rijkswaterstaat te worden aangepakt.
- Voor een groot deel (>90%) voldoet de actuele veldsituatie van de vegetatie in de uiterwaarden aan de interventiewaarden uit de Vegetatielegger. Voor deze gebieden wordt aanbevolen om huidig beheer en onderhoud voort te zetten, om te zorgen dat deze gebieden blijven voldoen aan de interventiewaarden.
- In 5% van het areaal wordt niet voldaan aan de Vegetatielegger. Het wordt aanbevolen om (aanvullende) onderhoudsmaatregelen te initiëren en deze te prioriteren op basis van locaties waar ook in de actuele bodem- en vegetatiesituatie waterstandsverhoging optreedt.
- De methodiek voor TGR is voor verbetering vatbaar.
 - Essentieel is een verbeterde geautomatiseerde methodiek voor detectie van vegetatie.
 - Interventiewaarden voor bodemligging zijn nodig (Legger bodem)
 - Houdt rekening met onzekerheden en seizoensvariaties in interventiewaarden

7 Referenties

Arcadis, 2021a.

Vorbereitung Toets Grote Rivieren. Deelrapport 1: Analyse effecten wijzingen normatieve toestand vegetatie. Uitgevoerd voor Rijkswaterstaat Oost-Nederland. 7 mei 2021.

Arcadis, 2021b.

Vorbereitung Toets Grote Rivieren. Deelrapport 2: Methode bepalen actuele veldsituatie vegetatie. Uitgevoerd voor Rijkswaterstaat Oost-Nederland. 12 oktober 2021.

Deltares, 2018.

Handleiding vegetatiemonitor, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Kenmerk 11202298-002-ZWS-0004, oktober 2018.

Deltares, 2019.

Vegetation monitor, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Kenmerk 11203677-008-ZKS-0001, november 2019.

Rijkswaterstaat, 2022.

Toets Grote Rivieren 2023. Hoofdrapport, 29 november 2022. Eindconcept

Rijkswaterstaat, 2010.

Rapportage toetsing grote rivieren. Beeld van de waterstaatkundige toestand van de grote rivieren in het kader van de derde ronde toetsing o.b.v. de Waterwet, september 2010.

Rijkswaterstaat, 2014.

Toelichting op het onderdeel Vegetatielegger. Legger rijkswaterstaatwerken Waterwet – actualisatie oktober 2014.

Bijlagen

A Maatregel lijsten voor de Baseline varianten

Voor elke veldsituatie is er een Baseline-variant samengesteld. Hierbij maken wij onderscheid tussen varianten die betrekking hebben op de actuele situatie en varianten die dienen als norm of als referentie.

Varianten die dienen als norm of referentie:

- variant V1: Vegetatienorm (legger 2020)
- variant V4: Bodemreferentie (WBI 2017), actuele vegetatie (gesaldeerd)
- variant V6: Vegetatienorm (legger 2020) en bodemreferentie (WBI 2017)

Geactualiseerde varianten:

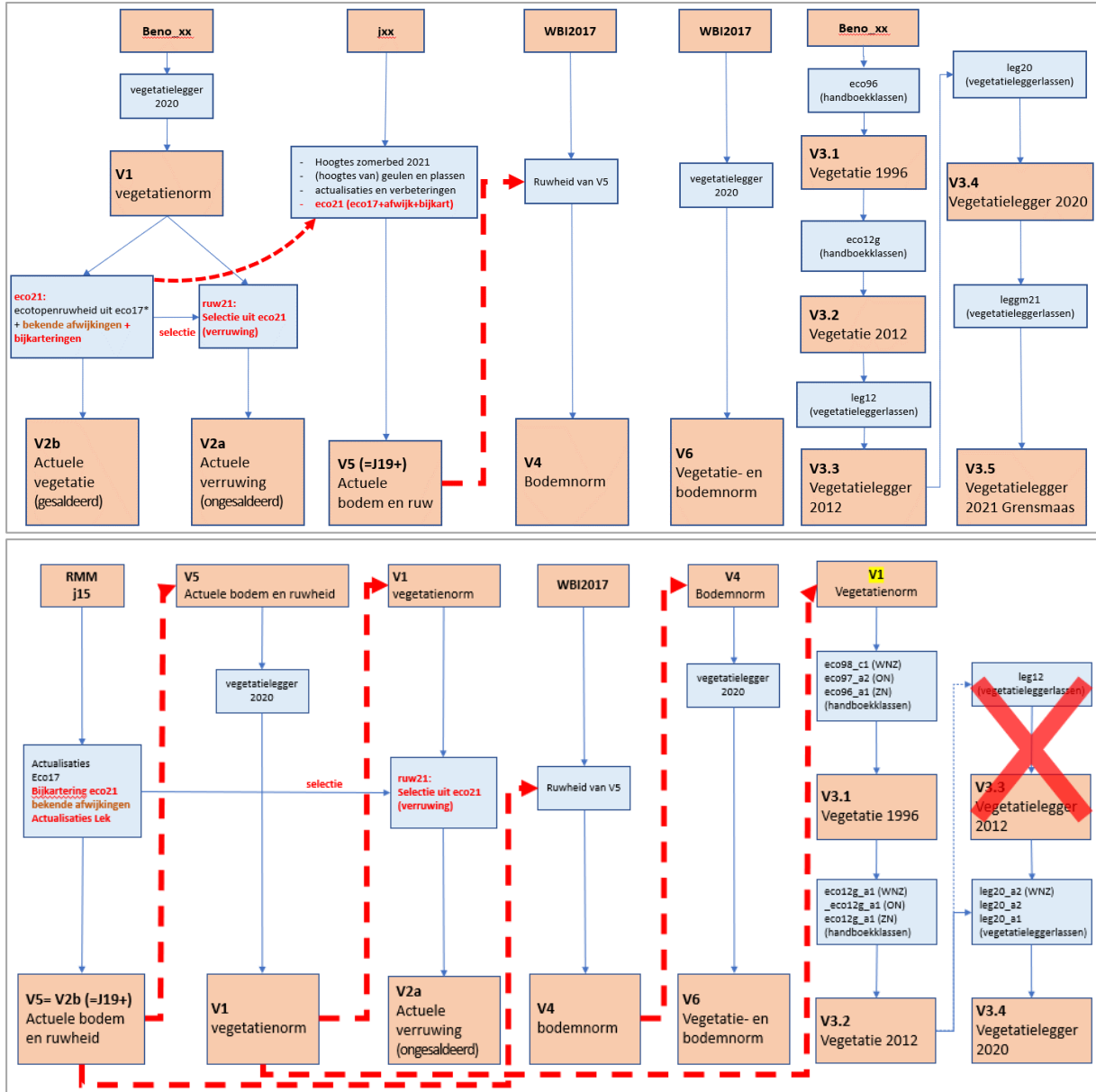
- variant V2a: Actuele verruwingen (ongesaldeerd, alleen de vegetatieverschillen waarbij een verruwing is opgetreden ten opzichte van de norm zijn opgenomen)
- variant V2b: Actuele vegetatie (gesaldeerd, alle vegetatieverschillen zijn opgenomen, dus zowel de verruwingen alsook de gebieden die actueel een ruwheid hebben die gladder is dan de legger. Niet voor Rijn-Maasmonding)
- variant V5: Actuele bodem en actuele vegetatie (gesaldeerd). V5 is voor Rijn-Maasmonding gelijk aan variant met Actuele vegetatie (V2b=V5)

Varianten met wijzigingen in vegetatiebeschrijving:

- variant V3.1: Vegetatie 1996
- variant V3.2: Vegetatie 2012
- variant V3.3: Vegetatielegger 2012 (niet voor Rijn-Maasmonding)
- variant V3.4: Vegetatielegger 2020
- variant V3.5: Vegetatielegger 2021 Grensmaas (alleen Maas)

Er is geen recent beheer en onderhoud ("beno") model beschikbaar voor de Rijn-Maasmonding en daarom is hier een nieuw referentiemodel opgebouwd. Ten opzichte van dit nieuw opgebouwde model liggen er geen verdere bodemactualisaties voor en daarom is voor de Rijn-Maasmonding variant V5 overbodig (deze is gelijk aan V2b).

In de volgende alinea's is de opbouw van de varianten beschreven middels de maatregellijsten. (per gemaakte volgorde).



A.1 Rijn en Maas

Methodiek: Basis + maatregel lijst toevoegingen = variant)

Variant 1: Vegetatienorm (v1_legger2020)

De basis voor deze variant is:

- Rijn: beno18_5-v1
- Maas: beno17_5-v1

Maatregel lijst van de toevoegingen is:

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
rt_leg20_a2	ma_leg20_a1	toevoegen van vlakken van de Vegetatielegger 2020 in leggerklassen (ecotopen_ruwheden); opschonen van lanen en heggen (erase en toevoegen) en bomen (alleen erase)
rt_leg20_b1	ma_leg20_b1	vervangt de heggen van de Vegetatielegger (binnen het leggergebied) met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd.
rt_vvgnb18_a1	ma_vvgnb17_a1	vegetatiecomponent van de vergunningen
rt_legcor_a1	ma_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen (lijnen) en plassen in het leggergebied

Variant 2b: Actuele vegetatie (v2b_eco2021)

De basis voor deze variant is: variant 1 "Vegetatienorm" (indirect beno18/17/15).

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 1):

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
rt_eco17l_a3	ma_eco17l_a3	ecotopen 2017 met leggerklassen
rt_eco17l_b1	ma_eco17l_b1	vervangt de heggen van de ecotopen 2017 in het legergebied met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd
rt_eco21l_b1	ma_eco21l_b1	bekende afwijkingen (2020 en 2021)+ bijkartering. Bij gebieden met bos, struweel of mengklasse kunnen geen bomen staan: toevoegen van erase bomen bij ruw=1983 en 1984
rt_vvgnb18_a1	ma_vvgnb17_a1	vegetatiecomponent van de vergunningen
rt_legcor_a1	ma_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen en plassen in het leggergebied
rt_ruwv1bl_a1	ma_ruwv1bl_a1	ruwheid van V1 buiten het leggergebied

Variant 2a: Actuele vegetatie verruwing (v2a_ruw2021)

De basis voor deze variant is: variant 1 "Vegetatienorm" (indirect beno18_5).

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 1):

Maatregel		Toelichting
Rijn	Maas	
rt_eco17l_a3	ma_eco17l_a3	ecotopen 2017 met leggerklassen
rt_eco17l_b1	ma_eco17l_b1	vervangt de heggen van de ecotopen 2017 in het legergebied met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd

Maatregel		Toelichting
Rijn	Maas	
rt_ruw21l_b1	ma_ruw21l_b1	selectie van bekende afwijkingen (2020 en 2021) + bijkartering. Alleen gebieden die ruwer zijn geworden (t.o.v. legger2020)
rt_vvgnb18_a1	ma_vvgnb17_a1	vegetatiecomponent van de vergunningen
rt_legcor_a1	ma_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen en plassen in het leggergebied
rt_ruwv1bl_a1	ma_ruwv1bl_a1	ruwheid V1 buiten leggergebied

Variant 5: Actuele bodem (v5_bodem2021)

De basis voor deze variant is:

- Rijn: Rijn-j19_5-v1
- Maas: j21_5-v1

Maatregel lijst is:

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
ij_jsseld_a1	ma_delzb95_a1	Actualisaties (bodem)
ij_doesbrg_a1	ma_natte20_a1	
pk_pannerd_b1	ma_plhma21_a1	
le_rvdl_a2	ma_plhrm21_a1	
le_beatrix_a2	ma_zbhma21_a1	
ij_krwnvo_a1	ma_zbhrm21_a1	
rt_zbhgt20_a1	ma_borgh21_a1	
rt_zbhgt21_a2 *	ma_itter21_a1	
pk_kopmrt3_a2	ma_meers21_a1	
wl_afferd_a5	ma_boss21_a1	
wl_adw2_a3	ma_gadm21_a1	
wl_mildod5_a2	ma_mband21_a1	
wl_milveg_a1	ma_kokk21_a1	
wl_bemmel_b1	ma_visse21_a1	
wl_bkerl15_a1	ma_greve21_a1	
rt_rp22tgr_a1	ma_koewe22_a1	
	ma_steve21_a1	
	ma_dremp22_a1	
	ma_hvstpme_a1	
	ma_elerw22_a1	
	ma_lslin22_a1	
	ma_wijna22_a1	
	ma_owab21_a1	
	ma_mpwel21_a2	
	ma_ovdms21_a1	
	ma_lomm21_a1	
	ma_ksven21_a1	
	ma_aww41_a2	
	ma_bm_drk_a1	
	ma_geul_gk_a1	
	ma_LottDO_a1	
	ma_nvo_ar1_b2	
	ma_nvo_gk_a2	
	ma_nvo_kon_b2	
	ma_nvo_mid_b2	
	ma_nvo_oe3_b2	

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
	ma_nvo_oe4_b2 ma_nvo_rv_b2 ma_kad2022_a1 ma_rsmab22_a1 ma_meetp21_a2 ma_crkm172_a2 ma_crhvhei_a1 ma_coramer_a2	
rt_eco17l_a3	ma_eco17l_a3	ecotopen 2017 met leggerklassen
rt_eco17l_b1	ma_eco17l_b1	vervangt de heggen van de ecotopen 2017 in het legergebied met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd
rt_eco21l_b1	ma_eco21l_b1	bekende afwijkingen + bijkartering. Bij gebieden met bos, struweel of mengklasse kunnen geen bomen staan: toevoegen van erase bomen bij ruw=1983 en 1984
rt_vvgnb18_a1	ma_vvgnb17_a1	vegetatiecomponent van de vergunningen
rt_legcor_a1	ma_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen en plassen in het leggergebied
rt_ruwv1bl_a1	ma_ruwv1bl_a1	ruwheid van V1 buiten het leggergebied

* rt_zbhgt21_a2 is gelijk aan rt_zbhgt21_a1 zonder foutieve peilingen bij Bovenrijn en Waal

Variant 4: Bodemnorm (v4_bodemnorm)

De basis voor deze variant is de WBI 2017 schematisatie hr2017_5-v2.

Variant 4 heeft bodem en overlaten van hr2017_5-v2 en ruwheden van variant v5 (actuele bodem)

Schematisatie niet met maatregel gemaakt. In plaats daarvan zijn:

- ruwheid_vlakken van hr2017_5-v2 geüpdatet met de ruwheden variant v5;
- ruwheid_lijnen/punten en hoogwatervrij_lijnen: bestanden van hr2017 vervangen door de bestanden van v5;
- Conversie naar WAQUA (bodem, overlaten, ruwheden en schotjes).

Variant 6: Vegetatie- en bodemnorm (v6_norm2020)

De basis voor deze variant is hr2017_5-v2.

Maatregel lijst is:

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
rt_leg20_a2	ma_leg20_a1	toevoegen van vlakken van de Vegetatielegger 2020 in leggerklassen (ecotopen_ruwheden); opschonen van lanen en heggen (erase en toevoegen) en bomen (alleen erase)
rt_leg20_b1	ma_leg20_b1	vervangt de heggen van de Vegetatielegger (binnen het leggergebied) met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd.
rt_vvgnb18_a1	ma_vvgnb17_a1	vegetatiecomponent van de vergunningen
rt_legcor_a1	ma_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen (lijnen) en plassen in het leggergebied
rt_ruwv1bl_a1	ma_ruwv1bl_a1	ruwheid V1 buiten leggergebied

Variante 3.1: Vegetatie 1996

De basis voor deze variant is:

- Rijn : (niet gemaakt)
- Maas: beno17_5-v1

Maatregel lijst is:

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
-	rm_leg20_b1*	Vegetatie van de herziene 1ste cyclus (1996); handboekklassen

* geconverteerd van Baseline 4 naar Baseline 5

Variante 3.2: Vegetatie 2012

De basis voor deze variant is: variant 3.1 "Vegetatie 1996" (indirect beno17/15).

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 3.1):

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
-	ma_eco04_a2 ma_eco08_a1	Vegetatie van de situatie van 2004 en 2008 (toegevoegd voor het geval dat er gaten in eco12g zijn)
-	ma_eco12g_a1	Vegetatie van de situatie van 2012 (Vegetatielegger). resolutie van 20x20 meter; handboekklassen

Variante 3.3: Vegetatielegger 2012

De basis voor deze variant is: variant 3.2 "Vegetatie 2012" (indirect beno17/15).

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 3.2):

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
-	ma_leg12_a1	Vegetatie van de situatie van 2012 (Vegetatielegger). resolutie van 5x5 meter; Vegetatieleggerklassen

Variante 3.4: Vegetatielegger 2020

De basis voor deze variant is: variant 3.3 "Vegetatie 2020" (indirect beno17/15).

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 3.3):

Maatregelen		Toelichting
Rijn	Maas	
-	ma_leg20_a1	Vegetatie van de situatie van 2020 (Vegetatielegger). resolutie van 5x5 meter; Vegetatieleggerklassen

Variante 3.5: Vegetatielegger 2021 Grensmaas

De basis voor deze variant is: variant 3.3 "Vegetatielegger 2020" (indirect beno17/15).

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 3.4):

Maatregel		Toelichting
Rijn	Maas	
-	ma_leggm21_a1	Vegetatie van de situatie van 2021 (Vegetatielegger). resolutie van 5x5 meter; Vegetatieleggerklassen; dekking: Grensmaas

* geconverteerd van Baseline 6 naar Baseline 5

A.2 Rijn-Maasmonding

Variant 5: Actuele bodem (v5_bodem2021)

De basis voor deze variant is j15_5.

Maatregel lijst is:

Maatregelen	Toelichting
rmm_bath18_a1 rmm_dvBAS_a1 rmm_dvKIS_a1 rmm_dvpapd_a1 rmm_steurp_a1 rmm_tongpl_a1 rm_r_zbh18_a1	Actualisatie-maatregelen
rm_r_eco17l_a1	ecotopen 2017 met leggerklassen (ON). Clip van rt_eco17l_a1
rm_m_eco17l_a3	ecotopen 2017 met leggerklassen (ZN). Clip van ma_eco17l_a3
rmm_eco18l_a1	ecotopen 2017 met leggerklassen (WNZ)
rm_r_eco17l_b1 rm_m_eco17l_b3 rmm_eco18l_b1	vervangt de heggen van de ecotopen 2017 in het legergebied met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd. Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.
rm_eco21l_b1	bekende afwijkingen + bijkartering (ON+ZN+WNZ). Bij gebieden met bos, struweel of mengklasse kunnen geen bomen staan: toevoegen van erase bomen bij ruw=1983 en 1984
rm_le_9804l_a1 rm_le_981l_a1 rm_le_nol_a1	actualisatie-maatregelen van de Lek in leggerklassen
rm_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen en plassen in het legergebied

Variant 1: Vegetatienorm (v1_legger2020)

De basis voor deze variant is V5 "Actuele bodem".

Maatregel lijst is:

Maatregelen	Toelichting
rm_r_leg20_a1 rm_leg20_a2 rm_m_leg20_a1	toevoegen van vlakken van de Vegetatielegger 2020 in leggerklassen (ecotopen_ruwheden); opschonen van lanen en heggen (erase en toevoegen) en bomen (alleen erase). Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.
rm_r_leg20_b1 rm_leg20_b1 rm_r_leg20_b1	vervangt de heggen van de Vegetatielegger (binnen het legergebied) met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd. Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.
rm_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen en plassen in het legergebied

Variant 2a: Actuele verruwing (v2a_ruw2021)

De basis voor deze variant is: variant 1 "Vegetatienorm".

Maatregel lijst is (exclusief de maatregelen van variant 1):

Maatregelen	Toelichting
rm_ruw21l_b1	selectie van bekende afwijkingen (2020 en 2021) + bijkartering. Alleen gebieden die ruwer zijn geworden (t.o.v. legger2020). Betreft gebieden van ON+ZN+WNZ samen
rm_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen en plassen in het legergebied

Variant 4: Bodemnorm (v4_bodemnorm)

De basis voor deze variant is hr2017_5-v2.

Variant 4 heeft bodem en overlaten van hr2017_5-v2 en ruwheden van variant V5 (actuele bodem) Schematisatie niet met maatregel gemaakt. In plaats daarvan zijn:

- ecotopen_ruwheid van hr2017_5-v2 geüpdatet met de ruwheden variant V5;
- zomerbed: van hr2017_5-v2
- hoogwatervrij_lijnen en vlakken, bomen, lanen, heggen: bestanden van hr2017 vervangen door de bestanden van V5;
- Afleiden in Baseline van ruwheden, overlaten, bodemhoogtes
- Conversie naar WAQUA (bodem, overlaten, ruwheden en schotjes).

Variant 6: Vegetatie- en bodemnorm (v6_norm2020)

De basis voor deze variant is V4.

Maatregel lijst is:

Maatregelen	Toelichting
rm_r_leg20_a1 rm_leg20_a2 rm_m_leg20_a1	toevoegen van vlakken van de Vegetatielegger 2020 in leggerklassen (ecotopen_ruwheden); opschonen van lanen en heggen (erase en toevoegen) en bomen (alleen erase). Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.
rm_r_leg20_b1 rm_leg20_b1 rm_r_leg20_b1	vervangt de heggen van de Vegetatielegger (binnen het leggergebied) met vlakken (via buffer 2,5 m) in de ecotopen_ruwheid met ruwheidscode van struweel (1984). In de nieuwe buffergebieden worden de bomen verwijderd. Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.
rt_vvgnb18_a1	vegetatiecomponent van de vergunningen
rt_legcor_a1	verwijderen van bomen, lanen, heggen (lijnen) en plassen in het leggergebied
rt_ruwv1bl_a1	ruwheid V1 buiten leggergebied

Variant 3.1: Vegetatie 1996

De basis voor deze variant is V1 "Vegetatienorm".

Maatregel lijst is:

Maatregelen	Toelichting
rm_eco98_c1 rm_r_eco97_a2 rm_m_eco96_a1	Vegetatie van de herziene 1ste cyclus (1996); handboekklassen Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.

Variant 3.2: Vegetatie 2012

De basis voor deze variant is: variant 3.1 "Vegetatie 1996".

Maatregel lijst is:

Maatregelen	Toelichting
rm_eco12g_a1 rm_r_eco12g_a1 rm_m_eco12g_a1	Vegetatie van de situatie van 2012. handboekklassen Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.

Variant 3.4: Vegetatielegger 2020

De basis voor deze variant is: variant 3.2 "Vegetatie 2012".

Maatregel lijst is:

Maatregelen	Toelichting
rm_leg20_a2	Vegetatie van de situatie van 2020 (Vegetatielegger).
rm_r_leg20_a1	resolutie van 5x5 meter; Vegetatieleggerklassen
rm_m_leg20_a1	Gebieden van ON+ZN+WNZ in afzonderlijke maatregelen.

B Vertaaltabel van handboek- naar Vegetatieleggerklassen

Handboek	Vegetatie- legger
1	202
102	201
103	201
104	201
105	201
106	201
111	1981
112	1981
113	202
114	202
115	202
116	202
121	1981
201	201
202	202
302	302
1201	1981
1202	1981
1203	1981
1212	1982
1213	1982
1215	1982
1221	1982
1222	1982
1223	1982
1224	1982
1226	1982
1231	1984
1232	1983
1233	1984
1241	1983
1242	1983
1244	1983
1245	1983
1246	1983

Handboek	Vegetatie- legger
1247	1983
1250	1981
1305	1984
1362	1983
1365	1983
1379	1983
1510	1983
1801	1982
1803	1982
1804	1982
1805	1982
1807	1982
1808	1984
1812	1996
1813	1996
1817	1982
1818	1997
1819	1996
1820	1996
1850	1996
1851	1998
1852	1981
1853	1997
1854	1996
1859	1997
1869	1981
1871	1981
1872	1981
1875	1982
1879	202
1880	1982
1881	1996
1882	1981
1886	1996
1891	1981

Handboek	Vegetatie- legger
1917	1981
1918	1996
1919	1982
1920	1996
1921	1997
1922	1997
1938	1982
1941	1982
1981	1981
1982	1982
1983	1983
1984	1984
1996	1996
1997	1997
1998	1998

C Tabellen mengklassen

c.1 RWS-ZN (Maas)

Tabel 20. Mengklasse analyse van variant 2b (gesaldeerd) voor de uiterwaarden van RWS-ZN (Maas), waarbij de percentages weergeven welk deel van de totale oppervlakte aan mengklasse in variant 1 is veranderd naar een specifiek vegetatietype.

Uiterwaard	Mengklasse	Totaal oppervlakte [m ²]	Water	Verhard	Gras en akker	Riet en ruigte	Bos	Struweel	Voldoet?
Arcen	1998 (50/50)	199 004	0%	0%	30%	20%	44%	6%	Ja
Asseltse Plassen	1996 (90/10)	212 265	1%	0%	82%	9%	6%	3%	Ja
	1997 (70/30)	285 226	1%	0%	64%	3%	27%	6%	Ja
Beesel	1996 (90/10)	28 148	1%	0%	88%	2%	9%	0%	Ja
	1997 (70/30)	570	0%	0%	5%	3%	91%	0%	Nee
Biesweerd	1997 (70/30)	248 377	0%	0%	80%	9%	10%	2%	Ja
	1998 (50/50)	33	0%	0%	0%	0%	0%	100%	Nee
Bouxweerd	1996 (90/10)	89 731	0%	0%	99%	0%	1%	0%	Ja
Brandt	1998 (50/50)	202 591	0%	0%	21%	23%	44%	12%	Ja
De Lithse Ham	1997 (70/30)	155 558	0%	0%	63%	8%	26%	2%	Ja
De Rug	1996 (90/10)	5 743	0%	0%	0%	0%	0%	100%	Nee
Demen	1996 (90/10)	49 181	2%	0%	74%	21%	2%	0%	Nee
	1997 (70/30)	85 701	0%	0%	60%	22%	16%	1%	Ja
Grote Hegge	1997 (70/30)	15 226	1%	0%	42%	13%	31%	13%	Nee
Hedelsche Benedenwaard	1996 (90/10)	27 569	0%	0%	98%	0%	0%	2%	Ja
Hedelsche Bovenwaard	1996 (90/10)	68 609	0%	0%	79%	9%	3%	8%	Nee
	1997 (70/30)	14 324	1%	0%	52%	13%	13%	21%	Ja
	1998 (50/50)	50 368	1%	0%	28%	13%	37%	21%	Ja
Heerewaarden	1997 (70/30)	181 212	0%	0%	54%	15%	26%	6%	Ja
	1998 (50/50)	65 953	0%	0%	30%	17%	51%	2%	Ja
Hemelrijksche Waard	1996 (90/10)	595 656	2%	0%	70%	25%	1%	2%	Nee
Keent	1997 (70/30)	1 447 852	1%	0%	88%	10%	1%	0%	Ja
Lob van Gennep	1996 (90/10)	298 391	0%	0%	80%	17%	3%	0%	Ja
Lottum	1996 (90/10)	82 809	0%	0%	80%	15%	2%	3%	Nee
Neerloon	1997 (70/30)	11 206	0%	0%	87%	13%	0%	0%	Ja
Ontgrinding Eijsden-Pieterplas	1996 (90/10)	54 561	4%	0%	45%	32%	3%	16%	Nee
	1997 (70/30)	89 402	0%	0%	73%	21%	4%	2%	Ja
	1998 (50/50)	165 547	0%	0%	73%	17%	6%	3%	Ja
Op den Bosch	1996 (90/10)	48 666	4%	0%	73%	16%	2%	4%	Nee
Reuver	1996 (90/10)	64 213	4%	0%	68%	20%	5%	2%	Nee
Stevensweert	1996 (90/10)	2 290	0%	0%	34%	5%	0%	61%	Nee
	1997 (70/30)	267 435	0%	0%	1%	1%	3%	0%	Nee
	1998 (50/50)	53 188	0%	0%	5%	1%	2%	1%	Nee
Wellerlooi	1997 (70/30)	17 473	0%	0%	78%	7%	12%	3%	Ja

Totaaloppervlakte die niet voldoet aan criterium mengklasse	131 ha 25 %
Totaal oppervlakte van mengklassen in RWS-ZN	518 ha

c.2 RWS-ON (Rijn)

Tabel 21. Mengklasse analyse van variant 2b (gesaldeerd) voor de uiterwaarden van RWS-ON (Rijn), waarbij de percentages weergeven welk deel van de totale oppervlakte aan mengklasse in variant 1 is veranderd naar een specifiek vegetatietype.

Uiterwaard	Mengklasse	Totaal oppervlakte [m ²]	Water	Verhard	Gras en akker	Riet en ruigte	Bos	Struweel	Voldoet?
Achterweerd	1997 (70/30)	113 648	0%	0%	28%	49%	9%	13%	Nee
	1998 (50/50)	5 816	1%	0%	93%	2%	0%	4%	Ja
Achthovense uiterwaarden	1996 (90/10)	96 524	0%	0%	83%	12%	1%	4%	Ja
Amerongse bovenpolder	1996 (90/10)	302 472	0%	0%	96%	4%	0%	0%	Ja
Baarsewaard	1996 (90/10)	60 005	0%	0%	93%	6%	0%	1%	Ja
	1997 (70/30)	49 353	0%	0%	64%	35%	0%	1%	Ja
Beuningse uiterwaarden	1996 (90/10)	189 362	0%	0%	72%	18%	8%	1%	Nee
Blauwe kamer	1997 (70/30)	6 753	0%	1%	26%	11%	59%	4%	Nee
Bossenwaard	1996 (90/10)	77 050	43%	1%	48%	7%	0%	0%	Nee
Brakelse benedenwaarden	1996 (90/10)	302 169	1%	0%	90%	7%	1%	0%	Ja
Breemwaard	1996 (90/10)	132 362	0%	1%	81%	11%	7%	0%	Ja
	1997 (70/30)	90 890	0%	0%	99%	0%	0%	0%	Ja
	1998 (50/50)	18 729	2%	0%	80%	7%	8%	3%	Ja
Buitenwaarden Wijhe	1996 (90/10)	372 131	1%	0%	86%	6%	4%	4%	Ja
	1997 (70/30)	185 157	0%	0%	91%	2%	3%	4%	Ja
Duurse waarden	1996 (90/10)	25 898	3%	0%	81%	3%	10%	4%	Ja
	1997 (70/30)	25 467	0%	0%	87%	0%	3%	9%	Ja
	1998 (50/50)	184 033	0%	0%	69%	1%	2%	28%	Ja
Elster buitenwaarden	1996 (90/10)	715	0%	0%	84%	4%	0%	12%	Ja
Ewijkse waard	1996 (90/10)	93 403	1%	0%	9%	84%	4%	2%	Nee
Gamerense waarden	1996 (90/10)	26 633	0%	0%	97%	1%	2%	0%	Ja
	1998 (50/50)	14 123	0%	0%	64%	17%	17%	2%	Ja
Goilberdingerwaard	1996 (90/10)	54 026	0%	0%	76%	20%	3%	1%	Nee
Harculosche buitenwaarden	1997 (70/30)	129 608	0%	1%	72%	6%	17%	4%	Ja
	1998 (50/50)	10 253	0%	0%	74%	0%	21%	4%	Ja
Herxer uiterwaarden	1996 (90/10)	37 127	0%	0%	88%	10%	1%	1%	Ja
	1997 (70/30)	152 176	0%	0%	76%	21%	2%	1%	Ja
Huissense waarden Noord	1996 (90/10)	45 414	0%	0%	99%	0%	1%	0%	Ja
Hurwenense uiterwaarden	1996 (90/10)	565 247	3%	1%	90%	3%	2%	2%	Ja
	1998 (50/50)	291 057	0%	0%	94%	3%	2%	2%	Ja
Katerstede	1997 (70/30)	15 234	5%	6%	56%	27%	6%	1%	Ja
Kleine Willemspolder	1998 (50/50)	7 618	0%	0%	0%	0%	0%	0%	Nee
Koppenwaard	1998 (50/50)	51 507	0%	0%	0%	0%	0%	0%	Ja (in act. situatie ook 1998)
Lekwaard	1996 (90/10)	106 687	0%	0%	78%	20%	0%	1%	Nee
	1997 (70/30)	64 263	0%	0%	18%	65%	12%	5%	Nee
	1998 (50/50)	3 839	21%	0%	12%	39%	26%	1%	Ja
Loenense buitenpolder	1996 (90/10)	3 158	0%	0%	17%	78%	0%	5%	Nee
Lunenburgerwaard	1997 (70/30)	313 838	1%	0%	72%	8%	17%	2%	Ja
Middelwaard (LE)	1996 (90/10)	250 454	1%	0%	92%	8%	0%	0%	Ja
	1998 (50/50)	91 125	0%	0%	47%	0%	53%	0%	Ja
Millingerwaard	1997 (70/30)	1 177 330	3%	0%	34%	39%	10%	14%	Ja

Uiterwaard	Mengklasse	Totaal oppervlakte [m ²]	Water	Verhard	Gras en akker	Riet en ruigte	Bos	Struweel	Voldoet?
Munnikenland	1997 (70/30)	411 007	2%	0%	77%	22%	0%	0%	Ja
Palmerwaard	1997 (70/30)	144 264	8%	0%	21%	55%	11%	5%	Nee
Plasserwaard	1997 (70/30)	71 518	0%	0%	26%	55%	8%	10%	Nee
Polder de Eendragt	1996 (90/10)	174 221	17%	0%	59%	20%	1%	3%	Nee
Rammelwaard	1996 (90/10)	214 910	0%	0%	90%	1%	4%	5%	Ja
	1997 (70/30)	519 757	0%	0%	69%	12%	11%	8%	Ja
Reevediep	1996 (90/10)	90 437	0%	0%	0%	0%	0%	0%	Ja (in act. situatie ook 1996)
Reuverswaard	1996 (90/10)	64 439	0%	0%	86%	11%	1%	2%	Ja
	1997 (70/30)	486 325	0%	0%	83%	11%	2%	5%	Ja
	1998 (50/50)	3 842	0%	0%	100%	0%	0%	0%	Ja
Roetwaarden	1997 (70/30)	74 657	3%	0%	53%	2%	37%	6%	Nee
Stiftse uiterwaarden	1996 (90/10)	937 070	1%	0%	89%	6%	3%	1%	Ja
	1997 (70/30)	350 610	13%	0%	54%	1%	31%	1%	Ja
t Waalse waard	1996 (90/10)	6 520	18%	0%	80%	2%	0%	0%	Nee
Tiel	1998 (50/50)	299	0%	0%	0%	0%	5%	0%	Nee
Veesserwaarden	1996 (90/10)	40 024	0%	0%	99%	0%	0%	0%	Ja
Velperwaarden	1996 (90/10)	157 147	0%	0%	0%	0%	0%	0%	Ja (in act. situatie ook 1996)
Vogelzang	1996 (90/10)	3 314	0%	0%	71%	19%	4%	6%	Nee
	1997 (70/30)	19 158	20%	0%	2%	63%	6%	9%	Nee
	1998 (50/50)	2 552	2%	0%	8%	20%	69%	0%	Nee

Totaaloppervlakte die niet voldoet aan criterium mengklasse	121 ha 12,7 %
Totaal oppervlakte van mengklassen in RWS-ON	951 ha

c.3 RWS-WNZ (Rijn-Maasmonding)

Tabel 22. Mengklasse analyse van variant 5 (gesaldeerd) voor de uiterwaarden van RWS-WNZ (Rijn-Maasmonding), waarbij de percentages weergeven welk deel van de totale oppervlakte aan mengklasse in variant 1 is veranderd naar een specifiek vegetatietype.

Uiterwaard	Mengklasse	Totaal oppervlak [m ²]	Water	Verhard	Gras en akker	Riet en ruigte	Bos	Struweel	Voldoet?
Polder de Dordtsche Avelingen	1996 (90/10)	155.743	0%	0%	91%	7%	1%	1%	Ja
Groesplaat	1996 (90/10)	575.423	0%	0%	80%	17%	2%	1%	Ja
Sleeuwijker Waard	1996 (90/10)	74.101	1%	0%	92%	3%	2%	0%	Ja
Werkendam	1996 (90/10)	110.172	1%	0%	94%	4%	1%	0%	Ja
Nieuwe Merwede linkeroever	1996 (90/10)	624	0%	1%	89%	10%	0%	0%	Ja
Willige Langerak	1997 (70/30)	3.860	0%	0%	17%	72%	8%	3%	Nee

Totaaloppervlakte die niet voldoet aan criterium mengklasse	0,4 ha 0,5 %
Totaal oppervlakte van mengklassen in RWS-WNZ	94 ha

D Effect van de actualisatie van vegetatie inclusief ter plekke van vergunningen

Bij het toetsen van de actuele veldsituatie aan de norm is de vegetatie ter plekke van de vergunde gebieden niet meegenomen in de analyse: de vegetatie van de vergunningen is meegenomen in de twee varianten die met elkaar vergeleken worden en dus gelijk in beide situaties (Variant V1 en variant V2b). Om een indruk te krijgen van het "geïsoleerde" effect van de vergunningen is er een aanvullende analyse uitgevoerd.

Hiervoor is een extra variant van de actuele situatie gemaakt: variant V2b-2. In deze variant (verder genoemd "Actuele vegetatie inclusief ter plekke van vergunningen") zijn de ecotopen van 2017 (of bekende afwijkingen) ter plekke van de vergunde gebieden opgenomen. Omdat bij deze gebieden de jaarkaarten niet gecontroleerd zijn, zijn hier de "bijkartering" polygonen niet gebruikt.

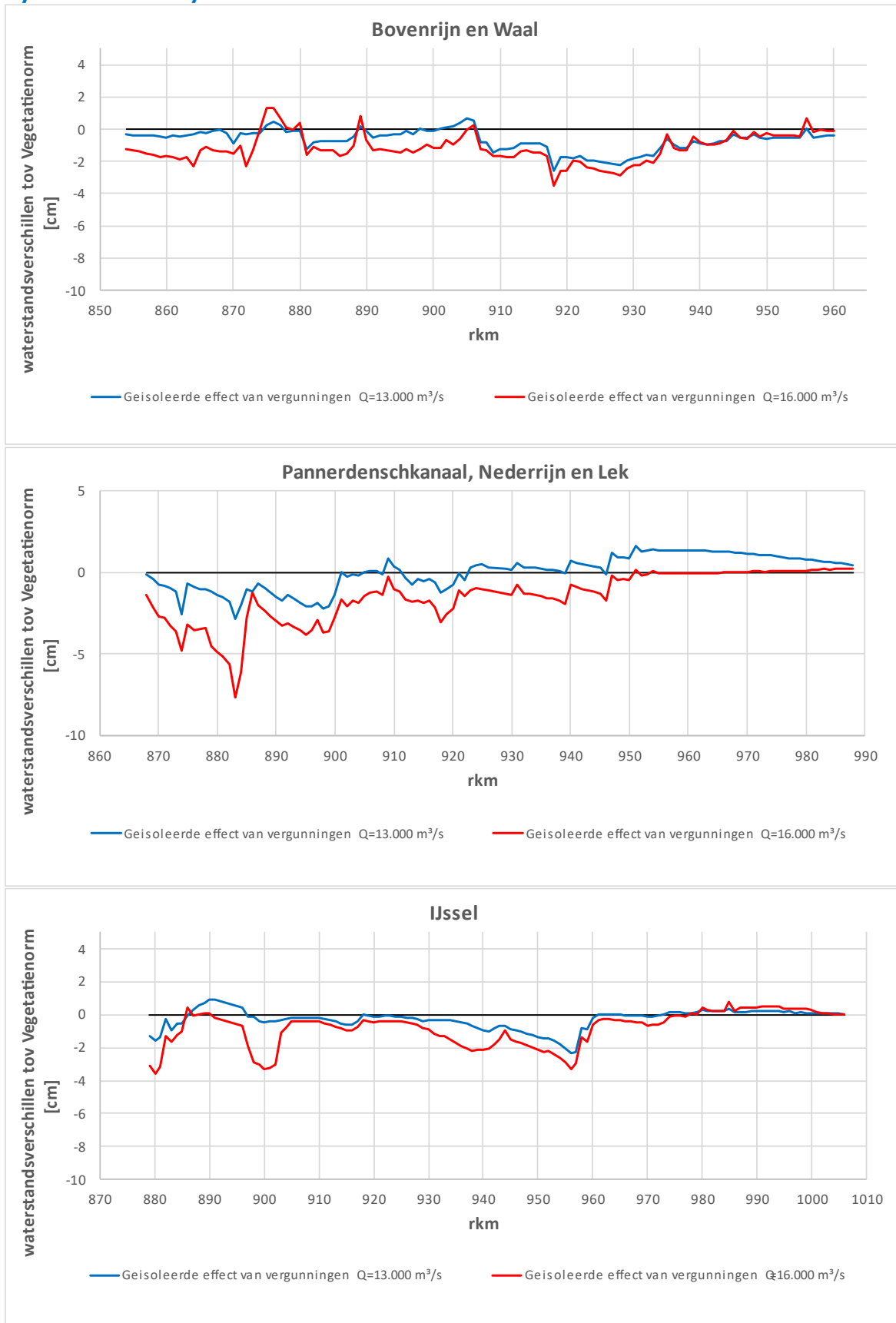
Aangezien de vergunningen bij de Maas en Rijn-Maasmonding een kleine rol spelen is deze analyse alleen voor de Rijn gemaakt.

Aangepast V1 is niet nodig. V1 beschrijft juist de 'normatieve toestand' goed: de basis voor de normatieve toestand is de legger, en in vergunningen worden (tijdelijke) afwijkingen van deze legger toegestaan. V1 beschrijft die situatie het beste, en deze is dus bruikbaar voor een vergelijking met de actuele veldsituatie uit V2.

De volgende situaties zijn met elkaar vergeleken:

- geografisch analyse: vergelijking tussen de Actuele vegetatie ter plekke van vergunningen (V2b-2) en de Vegetatienorm (V1).
- Hydraulische analyse: vergelijking tussen de Actuele vegetatie ter plekke van vergunningen (V2b-2) en de Actuele vegetatie (gesaldeerd, V2b). Het effect bij de afvoeren 16.000 en 13.000 m³/s wordt bekeken.

Hydraulische analyse

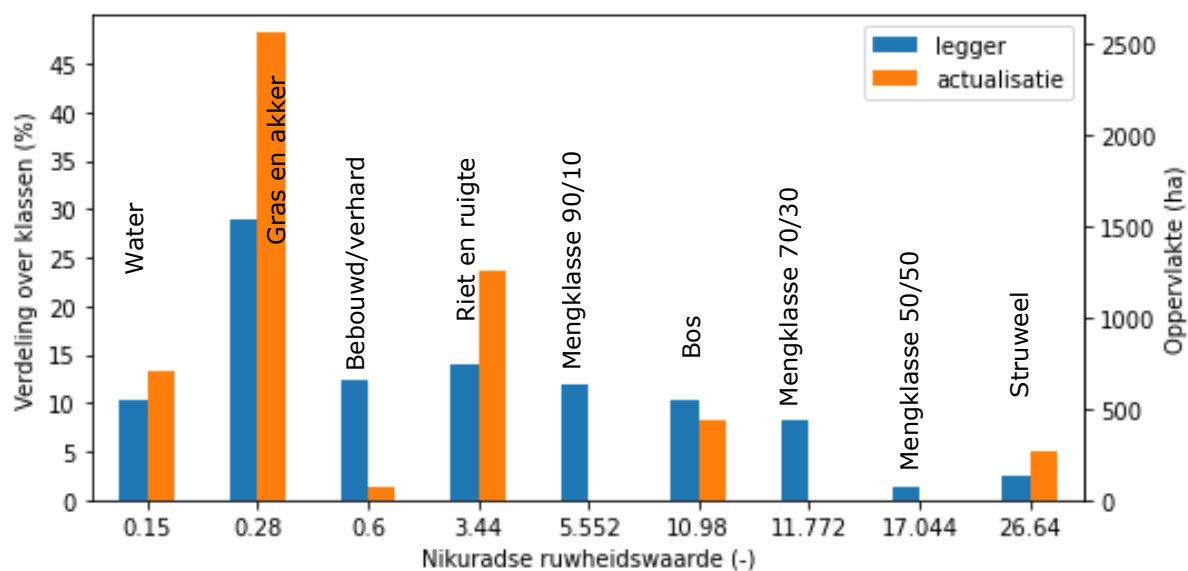


Figuur 81. Geisoleerd effect van vergunningen.

Geografische analyse V2b-2

Aanpassingen in vegetatietypes [ha]							
Vegetatietype in legger (V1)		Vegetatietype actuele situatie (V2a en V2b-2)					
Type	Totaal oppervlakte	Water	Gras en akker	Verhard	Riet en ruigte	Bos	Struweel
Water	550	0	376	3	92	64	15
Gras en akker	1.539	529	0	59	755	125	71
Verhard	653	31	428	0	67	96	31
Riet en ruigte	740	104	560	2	0	37	37
Bos	550	12	333	5	121	0	79
Struweel	136	5	51	0	29	51	0
Mengklasse 90/10	627	16	499	1	88	15	8
Mengklasse 70/30	440	10	263	0	100	42	25
Mengklasse 50/50	70	0	54	0	2	9	5
Totaal aanpassingen	5.305	707	2.564	70	1.254	439	271
Totaal verruwingen	1.907	-	376	62	914	337	271
Totaaloppervlakte beheergebied RWS ON	31.553						

Tabel 23. Vegetatie(type)-verschillen in de uiterwaarden van de RWS-ON (Rijn), met de vegetatietypen van de norm uitgesplitst naar de actuele vegetatietypen. Inclusief aanpassingen ter plekke van vergunningen. In rood: de verruwingen (verschillen in de ongesaldeerde variant).



Figuur 82. Ruweidswaardeverdeling bij RWS-ON (Rijn) voor de actuele situatie inclusief aanpassingen ter plekke van vergunningen (variant 2b-2, gesaldeerd)



Hoofdkantoor

HKV lijn in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242

info@hkv.nl

www.hkv.nl