

Rapport

Projectnummer: 357603

Referentienummer: SWNL0234585

Datum: 13-11-2018

Gebiedspilot Eckeltsebeek

Voor de omgeving, met de omgeving



Definitief

Opdrachtgever:
Waterschap Limburg
Maria Theresialaan 99
6043 CX ROERMOND

Sweco
Zernikestraat 17
5612 HZ Eindhoven
Postbus 1265
5602 BG Eindhoven
Nederland

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Sweco Nederland B.V.
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Adviseur Waterbeheer
T +31 88 811 52 24

Verantwoording

Titel	Gebiedspilot Eckeltsebeek
Subtitel	Voor de omgeving, met de omgeving
Projectnummer	357603
Referentienummer	SWNL0234558
Revisie	D2
Datum	13-11-2018
	Geactualiseerde versie 02-10-2023 (wijzigingen geel gemarkeerd)
Auteur(s)	
E-mailadres	
Gecontroleerd door	
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	
Paraaf goedgekeurd	

Voorwoord

Met de 'gebiedspilot Eckeltsebeek' uit het actieprogramma 'Water in Balans' geeft Waterschap Limburg nadrukkelijk uitvoering aan haar slogan 'Met de omgeving, voor de omgeving'. Zoals de titel al aangeeft, het is een pilot, waarin een nieuwe werkwijze wordt uitgetoetst om tot herinrichtingsmaatregelen in het watersysteem te komen. Hierbij voert een intensief streekproces de boventoon in de totstandkoming van de maatregelen die nodig zijn om het systeem toekomstbestendig in te richten. Het streekproces wordt vormgegeven door alle stappen om tot maatregelenpakket te komen worden besproken met een projectgroep met afgevaardigden van diverse stakeholders¹.

Het streekproces in het stroomgebied van de Eckeltsebeek loopt al sinds de herinrichting die in 2005-2006 is uitgevoerd. Dit rapport is 'slechts' een samenvatting van het proces van de laatste twee jaar, dus sinds de laatste grote wateroverlast van juni 2016 is opgetreden. Deze gebeurtenis gaf de aanleiding om het streekproces weer te intensiveren. In het eerste jaar na de wateroverlast is het watersysteem en haar functioneren grondig geëvalueerd en zijn de eerste knelpunten aangepakt. Dit betroffen knelpunten die no-regret en snel aan te pakken waren, de zogenaamde quick-wins. Hiermee is de eerste stap naar een verbetering van het functioneren van het beekstelsel gezet. Wel is duidelijk geworden dat er meer nodig is om tot een toekomstbestendige inrichting van het beekstelsel te komen.

Sweco is vanaf medio 2017 betrokken geraakt bij dit streekproces. Zij is door het waterschap gevraagd om te ondersteunen met hydrologische berekeningen en bij te dragen in het gebiedsproces door objectieve informatie aan te leveren. Op basis van deze informatie zijn afspraken gemaakt en beslissingen genomen. Het resultaat hiervan is het maatregelenpakket dat in dit rapport is uitgewerkt.

Eindhoven, juli 2018.

Naar aanleiding van de uitspraak van de Raad van State is dit rapport aangepast. De wijzigingen ten opzichte van de versie uit 2018 zijn geel gemarkeerd.

Op hoofdlijnen zijn de volgende wijzigingen aangebracht:

- Duidelijkere omschrijving van het doel van het projectplan en het omgevingsproces dat doorlopen is.
- Duidelijkere omschrijving van de belangenafweging die heeft plaatsgevonden.
- De extra toets in hoeverre voldaan is aan het belang om terug te keren naar de situatie van vóór de herinrichting van 2005 is naar bijlage 9 verplaatst, aangezien dit geen doel is van het projectplan, maar een extra verzoek vanuit de omgeving. Alle verwijzingen naar deze situatie zijn getoetst en zo nodig verduidelijkt.
- De wijzigingen in de realisatie t.o.v. het vernietigde projectplan zijn toegevoegd.

¹ De projectgroep is samengesteld uit: Individuele agrariërs uit het stroomgebied, de LLTB, het Wasser- und Bodenverband Baaler Bruch, Rijkswaterstaat, De Gemeente Bergen, Staatsbosbeheer, Stichting het Limburgs Landschap, Golfbaan Bleijenbeek, Stichting Kasteelruïne Bleijenbeek, Coöperatieve vereniging kleine particuliere grondeigenaren in het NP Maasduinen, Sweco en Waterschap Limburg.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doel	6
1.3 Beleids- en normkader	6
1.4 Leeswijzer	7
2 Beschrijving van het stroomgebied van de Eckeltsebeek	8
2.1 De inrichting van het maaiveld	8
2.1.1 Maaiveldhoogte	9
2.1.2 Bodemopbouw	10
2.2 Oppervlaktewater	10
2.2.1 Oppervlaktewaterstanden	10
2.2.2 Maaspeil	11
2.3 Grondwater	12
2.3.1 Grondwaterstanden	12
2.3.2 Effecten Maaspeilopzet	13
2.3.3 Ervaren grondwateroverlast	14
2.4 Beoordeling basisgegevens	14
3 Het IBRAHYM-instrumentarium	15
3.1 Inzet van het instrumentarium	15
3.1.1 Huidige situatie (hoofdstuk 4)	15
3.1.2 Juni 2016 (hoofdstuk 5)	15
3.1.3 Maatregelen (hoofdstuk 6)	15
3.1.4 Voor elke situatie zijn eigen modelkeuze	15
3.2 Oppervlaktewatermodel	16
3.3 Grondwatermodel	16
4 Toetsing van het actuele watersysteem	18
4.1 Uitgevoerde berekeningen	18
4.2 Toets op hydraulische condities, jaarlijks voorkomende omstandigheden	18
4.3 Toets van de drooglegging	18
4.4 Beoordeling grondwaterstanden	19
4.5 Toets aan de NBW-normen: inundaties bij extreme omstandigheden	19
4.6 Conclusies	21
4.7 Verificatie met de streek: knelpuntenkaart	21
5 Omstandigheden juni 2016	22
5.1 Inleiding	22
5.2 Eerdere berekeningen	22
5.3 Vernieuwde berekening	23

5.4	De lessen van 2016	25
6	Maatregelen voor een toekomstbestendig beekstelsysteem	26
6.1	Inleiding	26
6.1.1	Doel van de maatregelen	26
6.1.2	Aanpak	26
6.2	Inventarisatie van mogelijke maatregelen	26
6.2.1	Groslijst maatregelen	26
6.2.2	Knelpuntenkaart	27
6.3	Verkenning van de maatregelen	28
6.3.1	Verkende maatregelen	28
6.3.2	Conclusies bij de verkende maatregelen	29
6.3.3	Presentatie van de maatregelen	30
6.4	Definitief maatregelenpakket	30
6.4.1	Beschrijving fysieke maatregelen per tracé	31
6.4.2	Andere mogelijke fysieke maatregelen	32
6.4.3	Maatregel dynamisch maaibeheer	32
6.5	Effecten van het maatregelenpakket	33
6.5.1	Effecten maatregelenpakket in het beekstelsysteem	33
6.5.2	Effecten op de drooglegging	34
6.5.3	Effecten van het maatregelenpakket op de grondwaterstanden in het gebied	35
6.5.4	Mitigerende maatregel extreme droogte: droogtestuwen	37
6.5.5	Effect van het maatregelenpakket tijdens juni 2016 (zonder droogtestuwen)	38
7	Tot slot	41

Bijlage 1. Beleids- en normenkader en gebiedsproces

Bijlage 2. Beschrijving modelinstrumentarium

Bijlage 3. Kaart stroomgebied inclusief Duitsland

Bijlage 4. Knelpuntenkaart streek

Bijlage 5. Schematisatie bodemopbouw

Bijlage 6. Analyse waterstanden en afvoer juni 2016

Bijlage 7. Toelichting bij groslijst maatregelen

Bijlage 8. Index digitale kaartbijlage

Bijlage 9. Effecten maatregelenpakket in vergelijking veldsituatie 2003

1 Inleiding

Het programma 'Water in Balans' is opgesteld na de wateroverlast die Zuid-Oost-Nederland heeft getroffen in juni 2016. Het programma bestaat uit diverse projecten die beleidsmatig of onderzoekend van aard zijn ofwel een fysieke ingreep betreffen. De 'gebiedspilot Eckeltsebeek' is een van de projecten uit het programma. Het is een proefproject voor de wijze waarop Waterschap Limburg, samen met de streek tot een verbeterd functioneren, dan wel inrichting van haar watersysteem wil komen.

1.1 Aanleiding

Vanaf de herinrichting van de Horsterbeek en Eckeltsebeek (ter hoogte van de golfterrein) die is uitgevoerd in 2006, wordt er door de streek² een verhoging van de waterpeilen en grondwaterstanden ervaren. Over het functioneren van de beek zijn in de loop der jaren klachten ontstaan. Deels wordt dit door de projectgroep toegeschreven aan verkeerde uitgangspunten in het ontwerp van de herinrichting van de beek, deels aan de wijze waarop het ontwerp is uitgevoerd en wordt onderhouden.

Het waterschap heeft in de loop der jaren diverse aanpassingen en werken uitgevoerd om de ervaren overlast te verminderen. Dit los van de normen, maar om tegemoet te komen aan de streek. De problemen leken grotendeels verholpen tot de buien in juni 2016 opnieuw voor veel overlast zorgden. De LLTB³ en het waterschap⁴ hebben de gebeurtenissen geëvalueerd en ook is begin 2017 gezamenlijk de staat van de beek beoordeeld met een schouw (d.d. 20-01-2017)⁵. Hieruit zijn de eerste actie punten naar voren gekomen. Een geschiedenis van het streekproces is opgenomen in *Bijlage 1.3*. Op dit moment is er een Beekgroep App waarin agrariers, gebiedsbeheerders en het projectteam elkaar via berichten op de hoogte houdt en direct actie kan worden ondernomen wanneer knelpunten wordenesignaleerd. Door intensief samen op te trekken worden twee doelen bereikt: het aanpakken van knelpunten op de korte termijn en het klimaatbestendig maken van de beek voor de lange termijn.

1.2 Doel

De gebiedspilot Eckeltsebeek heeft tot doel om samen met de streek tot een toekomstvisie te komen voor de inrichting van het beeksysteem. Met deze visie wordt gekomen tot een gedragen pakket van maatregelen om het functioneren van de Eckeltsebeek te verbeteren. Hierbij zet het waterschap in op een intensief streekproces, waarmee het uitvoering geeft aan zijn slogan 'voor de omgeving, met de omgeving'. De gebiedspilot is geslaagd wanneer het waterschap en de streek tevreden zijn met het maatregelenpakket, dat moet leiden tot een klimaatrobuust en toekomstbestendig ingericht beeksysteem.

1.3 Beleids- en normkader

Alle maatregelen die voortkomen uit deze gebiedspilot worden afgezet tegen het huidige beleids- en normenkader. Het functioneren van het beeksysteem moet in ieder geval voldoen aan het huidige normenkader (wat moet), maar mogelijk worden ook extra maatregelen getroffen om het beeksysteem toekomstbestendig in te richten (wat mag). De gebiedspilot start daarom met een scan van het vigerende beleid en de normen die worden gesteld aan beeksystemen in het beheergebied van Waterschap Limburg.

De normen voor 'wat moet' komen vanuit verschillende wet- en regelgeving. Ze vinden hun oorsprong in de doelen waaraan watersystemen moeten voldoen: veilig, voldoende en schoon water. Een beschrijving van het normenkader is weergegeven in *Bijlage 1*.

² Wanneer wordt gesproken over 'de streek' dan worden een of meerdere leden van de projectgroep, of de achterban die zij vertegenwoordigen, bedoeld.

³ "Wateroverlast en knelpunten – Stroomgebied Eckeltsebeek", . et al., LLTB afdeling Maasduinen, 2016.

⁴ "Evaluatie Regionale Wateroverlast 30 mei t/m 1 juli 2016", Waterschap Peel en Maasvallei. Venlo, 6 juli 2016.

⁵ "Schouw Eckeltsebeek", WL en LLTB, 20-01-2017

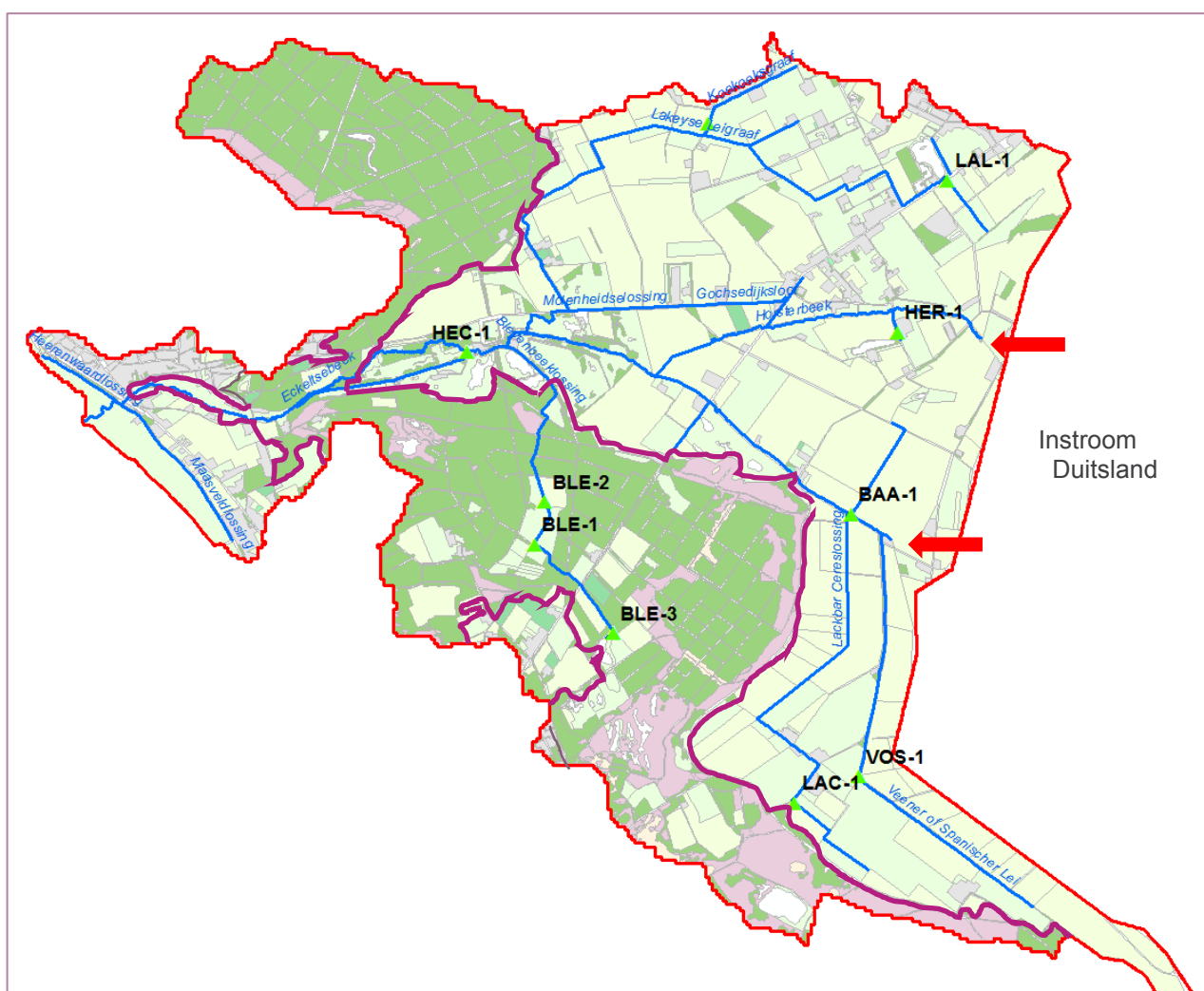
1.4 Leeswijzer

Deze rapportage beschrijft het gebieds- en rekenkundig proces dat is gevolgd om tot een gedragen maatregelenpakket te komen voor het stroomgebied van de Eckeltsebeek. In hoofdstuk 2 worden het stroomgebied en zijn (waterhuishoudkundige) kenmerken beschreven, hoofdstuk 3 beschrijft het gebruikte modelinstrumentarium voor de berekeningen en de actualisatie daarvan. In hoofdstuk 4 wordt het huidige systeem getoetst aan het normenkader en knelpunten beschreven. Hoofdstuk 5 geeft een duiding van de gebeurtenissen in juni 2016 en de relatie tot de gevonden knelpunten. In hoofdstuk 6 tenslotte wordt een maatregelenpakket opgesteld om het beekstelsel toekomstbestendig in te richten. In hoofdstuk 7 wordt afgesloten met terugblik en een doorkijk naar het vervolg.

2 Beschrijving van het stroomgebied van de Eckeltsebeek

2.1 De inrichting van het maaiveld

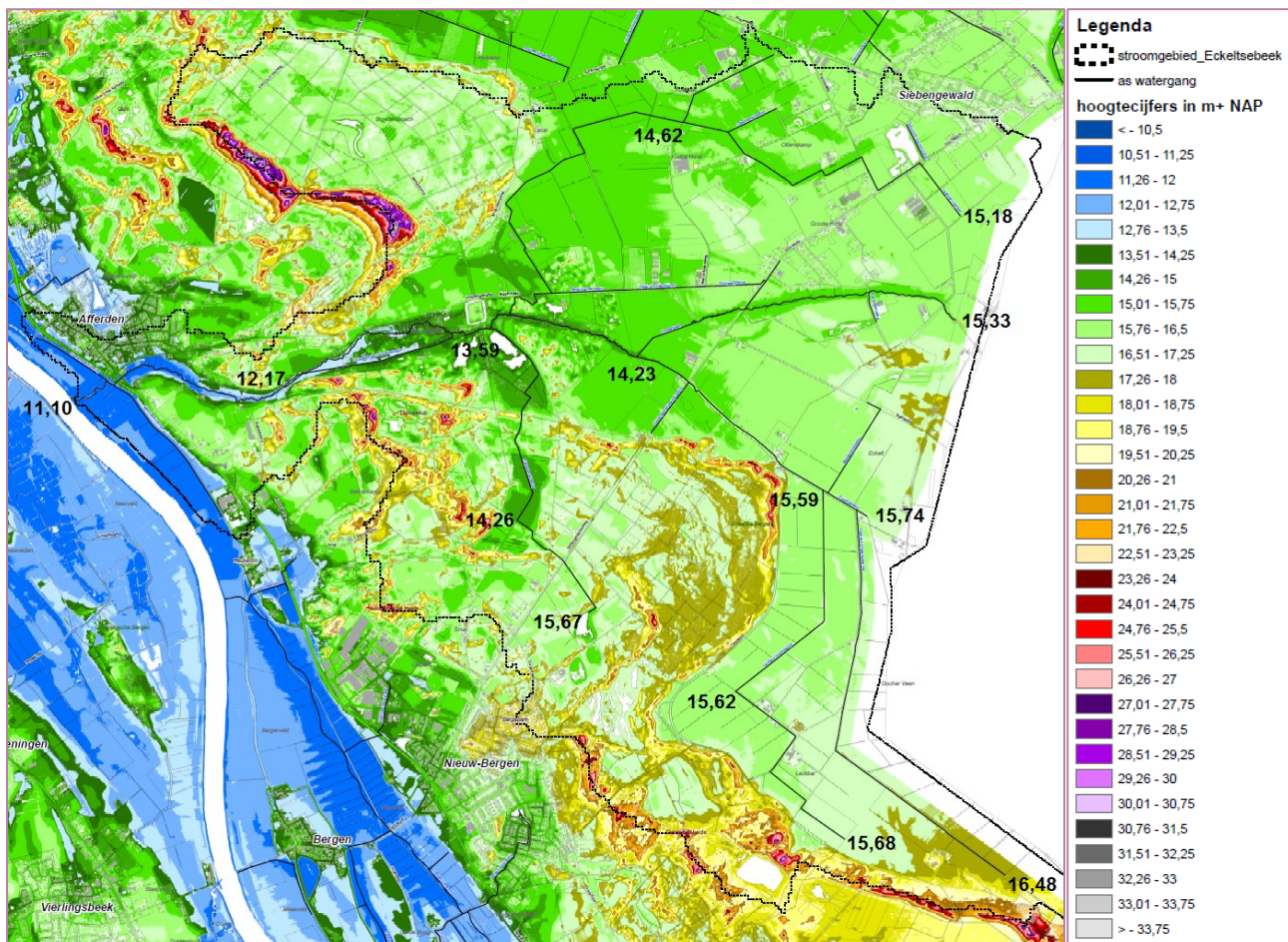
Het stroomgebied van de Eckeltsebeek bevindt zich op de oostflank van de Maas. Ongeveer de helft tot twee derde van het stroomgebied bevindt zich in Duitsland en het overige deel in Nederland. In Duitsland bestaat het landgebruik hoofdzakelijk uit landbouwgebied en het vliegveld Weeze. Het landgebruik in Nederland is grotendeels natuur en agrarisch, zowel akkerbouw als grasland. Deze gebieden liggen bovenstrooms in het stroomgebied, achter het Nationaal Park de Maasduinen. Dit park is tevens een Natura2000-gebied (paars omlijnd). De kernen Siebengewald en Afferden liggen voor een klein deel in het stroomgebied. Midden in het stroomgebied liggen de kenmerkende elementen Golfbaan Bleijenbeek naast de kasteelruïne Bleijenbeek. Onderstaand is een kaart van het Nederlandse gedeelte van het stroomgebied weergegeven. In *Bijlage 3* is het volledige stroomgebied opgenomen.



Figuur 2-1 Ligging stroomgebied met waterlopen, stuwen en de instroompunten vanuit Duitsland. Het paars omlijnde gebied betreft Natura2000-gebied 'de Maasduinen'.

2.1.1 Maaiveldhoogte

Het maaiveld loopt in westelijke richting af naar de Maas. De Maasduinen vormen een hoge afscheiding tussen de Maas en het achterliggende landbouwgebied. Door de Maasduinen heeft de Eckeltsebeek een beekdal uitgesneden, waardoor de afwatering van het gebied achter de Maasduinen naar de Maas plaatsvindt. Het beekdal is vanaf de Maasduinen als natuur ingericht. Het beekdal is ter plaatse van de Maasduinen diep ingesneden in het landschap, wat op de hoogtekaart goed is terug te zien. De maaiveldhoogtekaart is hieronder weergegeven.



Figuur 2-2 Maaiveldhoogte gebied Eckeltsebeek, in zwarte letters het beekpeil bij zomerafvoer (0,30 MA).

Het maaiveld in het oostelijke landbouwgebied ligt redelijk vlak op ca. 16 m boven NAP. De beken liggen hier niet in een beekdal. Naar het westen toe helt het maaiveld licht af naar 15 m boven NAP tot bij de Golfbaan. De Eckeltsebeek ligt dan al meer dan een meter dieper dan het omliggende maaiveld. Vanaf de Maasduinen duikt de beek naar beneden. Het verval is hier bijna vier meter en de beek ligt hier diep ingesneden in het landschap.

2.1.2 Bodemopbouw

De bodem bestaat uit voornamelijk zandige afzettingen, waarin leemlagen en oerbanken voorkomen. Achter de Maasduinen komen ook veenafzettingen voor. De bodemopbouw van het gebied is geschematiseerd in Bijlage 5 opgenomen. De doorlaatfactoren van de verschillende bodemlagen verschillen enorm. Zo komt er grind voor met een zeer hoge doorlaatfactor en ook leem met een lage doorlaatfactor. De doorlatendheid gecombineerd met de laagdikte bepaalt mede hoe effecten van peilveranderingen in lokale waterlopen en in de Maas doorwerken in de grondwaterstanden. Dikke lagen die moeilijk water doorlaten verkleinen de reactie in het grondwater door veranderingen in het oppervlaktewater. Andersom zorgen open zand- en grindlagen voor een grotere respons. De gemêleerde bodemopbouw maakt het lastig te voorspellen hoe en waar deze effecten het meest doorwerken en waar niet.

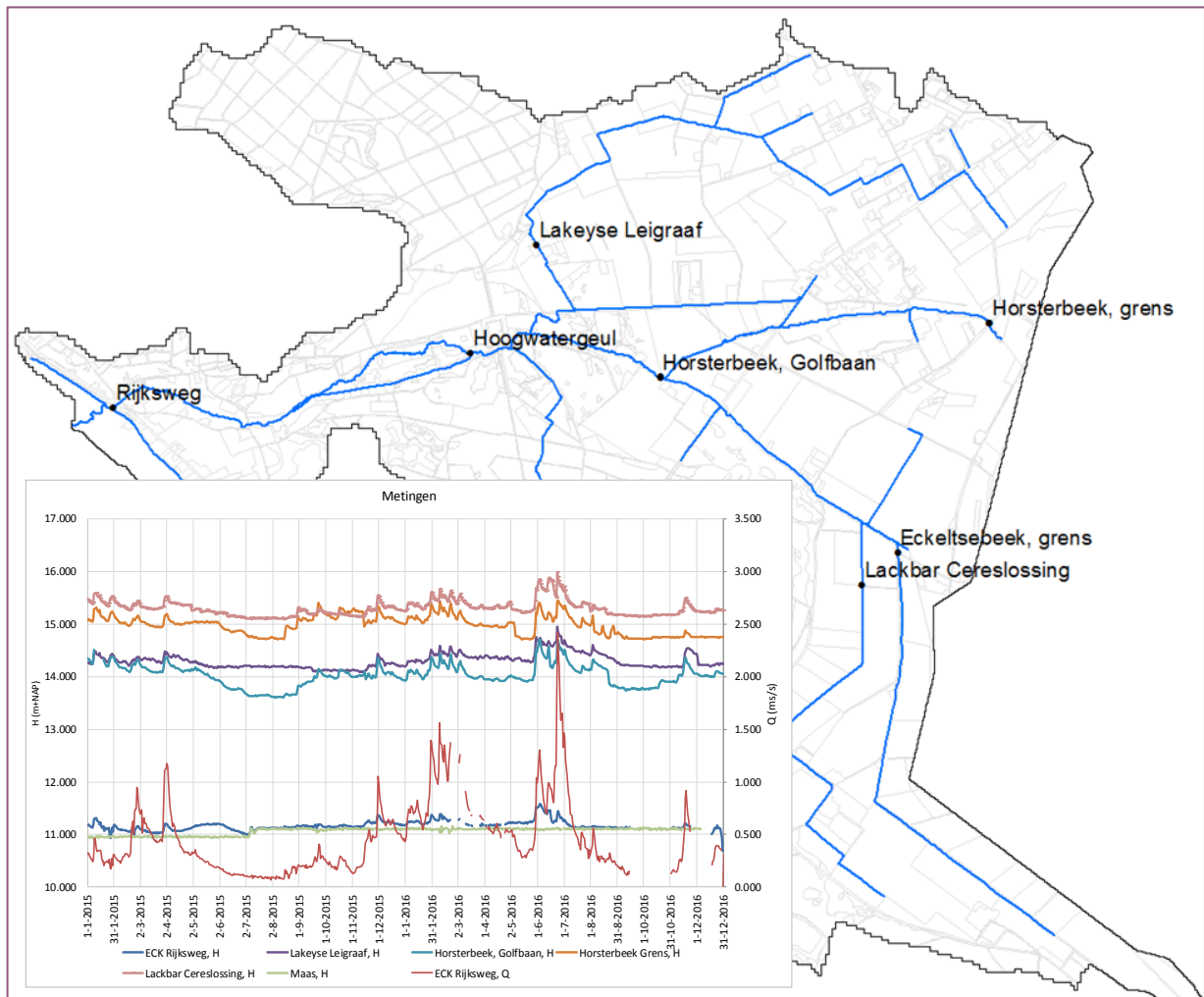
2.2 Oppervlaktewater

Het stroomgebied bestaat uit de Eckeltsebeek en de Horsterbeek en de zijtakken Vener- of Spanischer Lei, Lackbar-Cereslossing, Lakeyse Leigraaf en de Bleyenbeeklossing. In het Maasdal liggen ook de zijtakken Maasveldlossing en Heerenwaardlossing. De zijtakken zorgen voor de ontwatering van het landbouwareaal en hebben een standaard trapeziumprofiel.

De Eckeltsebeek en Horsterbeek zijn natuurlijke beken en hebben een KRW-typing gekregen. Deze twee beken zijn deels heringericht in 2005-2006. Bij de herinrichting zijn delen van de beken meanderend aangelegd met een zomer- en een winterbed.

2.2.1 Oppervlaktewaterstanden

In het stroomgebied zijn zeven meetpunten voor het oppervlaktewaterpeil aanwezig. Deze punten liggen verspreid langs de Eckeltsebeek en Horsterbeek. Bij het meetpunt Rijksweg, vlak bij de Maas, wordt ook de afvoer gemeten. Sinds november 2017 zijn hier twee debietmeetpunten aan toegevoegd bovenstrooms in de Eckeltsebeek en Horsterbeek (Gochsedijk/Siebengewaldseweg). Tevens wordt benedenstrooms van de uitstroom van de Eckeltsebeek in de Maas ook het Maaspeil gemeten. In Figuur 2-3 zijn de gemeten waterstanden van de meetpunten, de afvoer van de Eckeltsebeek bij de Rijksweg en het Maaspeil voor de jaren 2015 en 2016 weergegeven.



Figuur 2-3 Figuur met waterstanden plus weergave verloop afvoer bij Rijksweg (periode 2015-2016)

De peilen in de beek zijn sterk gerelateerd aan de afvoer. Dit is karakteristiek voor hellende beeksystemen waarbij de berging in het systeem nagenoeg kan worden verwaarloosd. Een verhoging van de afvoer komt direct in de peilen tot uitdrukking.

2.2.2 Maaspeil

De stuw Sambeek in de Maas ligt net ten noorden van Afferden op circa 1,5 km stroomafwaarts van de monding van de Eckeltsebeek. In het kader van de 'peilopzet van de Maas', o.a. een maatregel tegen verdroging, is het stuwpeil van stuw Sambeek aangepast. Hier mee wordt een peilverhoging in de Maas bij lagere afvoeren bereikt. Meer informatie over de peilopzet is te lezen in het rapport van Rijkswaterstaat⁶.

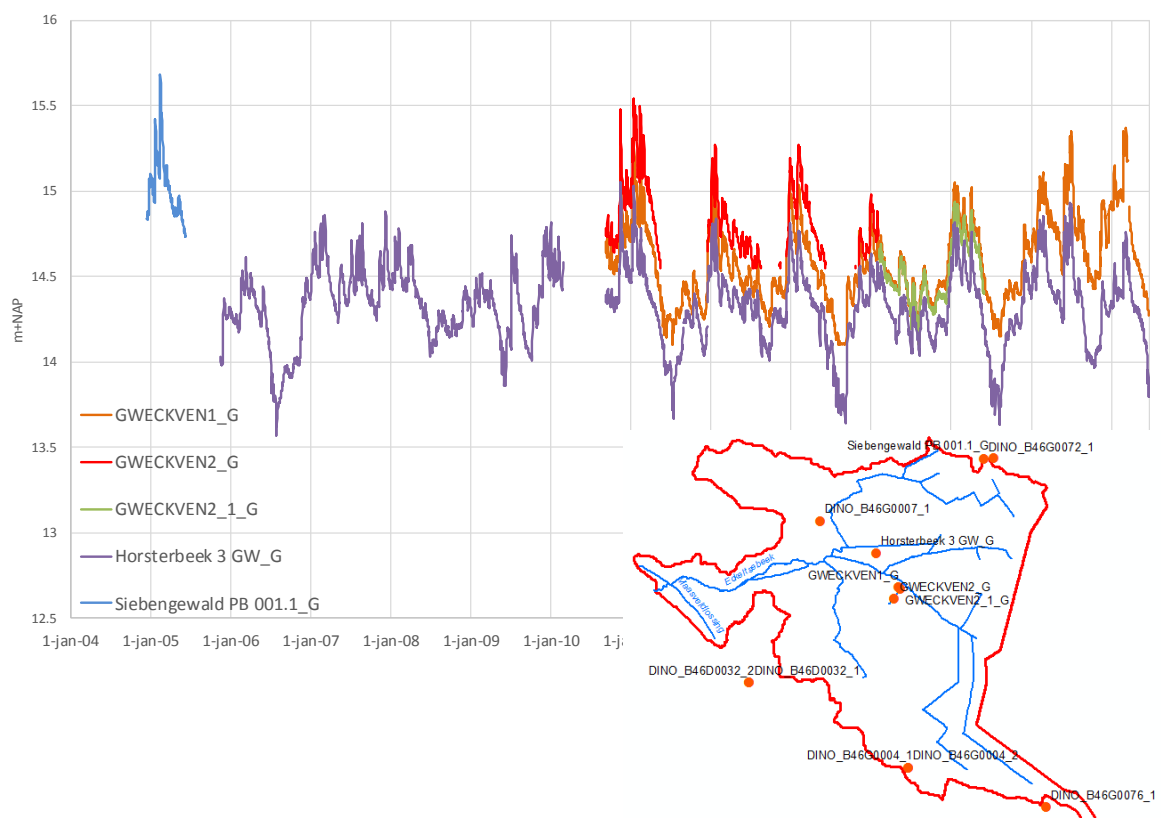
Het Maaspeil is verhoogd van NAP +10,85 m naar NAP +11,10 m (bij afvoeren lager dan 600 m³/s). De eerste peilopzet van +10 cm vond plaats op 1 juli 2014, gevolgd door een tweede van +15 cm op 15 juli 2015. Het opzetten van het Maaspeil heeft met name invloed op de oppervlaktewaterstanden in de benedenloop van de Eckeltsebeek en is duidelijk herkenbaar in de meetreeks van meetpunt Rijksweg.

⁶ 'Zandmaas/Maasroute, Tracébesluit, Peilopzetplan', RWS 2002.

2.3 Grondwater

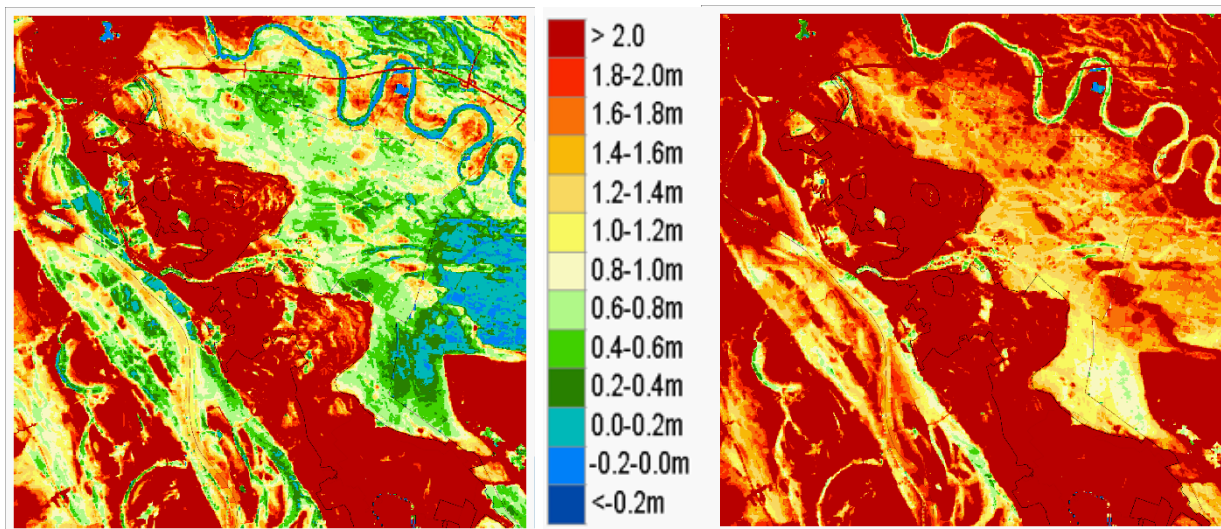
2.3.1 Grondwaterstanden

In Figuur 2-4 zijn de peilfilterlocaties en grondwaterstanden weergegeven. In de kaartbijlage is een grote kaart met de grondwaterstanden opgenomen. De dynamiek in de peilfilters komt onderling sterk met elkaar overeen.



Figuur 2-4 Grondwaterstanden meetpunten Eckeltsebeek

Inzicht in hoge en lage grondwaterstanden geven kaarten met de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden. In onderstaande figuren zijn deze weergegeven.



Figuur 2-5 Gemiddeld hoogste grondwaterstand en gemiddeld laagste grondwaterstand (bron: IBRAHYM v2)

Hieruit blijkt het volgende:

- de grondwaterstanden hebben een duidelijke relatie met de maaiveldhoogte zowel voor de lagere als hogere grondwaterstanden;
- de gemiddeld hoogste grondwaterstand is voor het landbouwgebied bovenstrooms van de golfbaan vaak hoger dan 0,6 m -mv en voor aanzienlijk delen hoger dan 0,4 m -mv. In de zomerperiode zakken de grondwaterstanden uit onder invloed van de (gewas)verdamping. Dan is de grondwaterstand lager dan 1,0 m -mv;
- opvallend is de zeer hoge GHG in het Duitse deel van het stroomgebied van de Eckeltsebeek. Dit lijkt niet reëel. Door gebrek aan meetgegevens kan dit niet gecheckt worden. Dit betekent echter wel dat de berekeningsresultaten als indicatief beschouwd moeten worden en niet als harde feiten.

2.3.2 Effecten Maaspeilopzet

Voor het Tracébesluit Zandmaas/Maasroute is een modelonderzoek uitgevoerd naar de effecten van de peilverhoging en profielwijziging van de Zandmaas (RWS 2002). De peilverhoging wordt nog steeds gemonitord om de effecten op de grondwaterstanden te verifiëren. Hiervoor is ook een apart website ingericht: www.grondwaterzandmaas.nl. Zowel het rapport als de website geven informatie over de beïnvloeding van de grondwaterstanden door variaties in Maaspeilen. Voor meer informatie kunnen deze bronnen worden geraadpleegd. In deze rapportage zijn de belangrijkste conclusies voor dit project uitgelicht.

In het onderzoek voor het monitoringsplan is geconcludeerd dat over het algemeen: *“Er is een duidelijke afname te zien van de respons op het Maaspeil met toenemende afstand tot de Maas, waarbij op een afstand van 2300 m van de Maas de respons in het algemeen erg klein (i.e. minder dan 0,2 cm/cm) wordt.”*. Bij een peilopzet van 25 cm betekent dit dat de verhoging van de grondwaterstand in ieder geval minder dan 5 cm bedraagt.

De monitoringsreeksen van de peilopzet zijn te kort om uitspraken te doen over de werkelijk opgetreden peilverhogingen. Tot op heden zijn in de peilbuizen van het waterschap, noch in de peilbuizen van het meetnetwerk van het Tracébesluit verhogingen zichtbaar. De peilopzet van de Maas lijkt daarom vooralsnog geen grote invloed te hebben op de grondwaterstanden in het stroomgebied van de Eckeltsebeek.

2.3.3 Ervaren grondwateroverlast

Gegevens over ervaren grondwateroverlast zijn op de knelpuntenkaart in *Bijlage 4. Knelpuntenkaart* weergegeven. Het betreft gebieden rond de Lackeyse Leigraaf, Lackbar-Cereslossing en bij de golfbaan. Tijdens de extreem natte periode van juni 2016 is op verschillende plaatsen overlast geweest (vanuit neerslag, oppervlaktewater en/of grondwater).

2.4 Beoordeling basisgegevens

De basisgegevens vormen het uitgangspunt voor het verkrijgen van inzicht in het watersysteem, zowel voor het oppervlaktewater als voor het grondwater. Een aantal gegevens is goed bekend, zoals grondwaterstanden op verschillende punten. Daarnaast is er een aantal omissies in de basisgegevens:

- De inloop vanuit het Duitse gebied is erg onzeker. De inloop was tot november 2017 niet bemeten. Aangezien het Duitse grondgebied niet in het model is opgenomen, wordt in de modellen (SOBEK en het integrale model IBRAHYM) een randvoorwaarde met de inloop opgelegd. In bijlage 6 is beschreven hoe groot deze inloop kan zijn;
- In de Evaluatie Wateroverlast door de LLTB⁷ is aangegeven dat een van de hoogwaterschuiven van de duikers onder de Rijksweg (nabij monding) in 2016 gedeeltelijk dichtstond. De schuif kon zeer moeilijk worden verzet, omdat de boel vastgeroest zat. Dit heeft volgens de streek een knelpunt veroorzaakt. Onder normale omstandigheden heeft dit geen enkele invloed, omdat het water niet tot de schuif reikt. In het verdere verloop van het project wordt rekening worden gehouden met deze toestand. Inmiddels is dit wel verholpen.

⁷ "Wateroverlast en knelpunten – Stroomgebied Eckeltsebeek", . et al., LLTB afdeling Maasduinen, 2016.

3 Het IBRAHYM-instrumentarium

3.1 Inzet van het instrumentarium

Van het stroomgebied van de Eckeltsebeek is zowel een grondwatermodel (Casco/Simgro) als een oppervlaktewatermodel (Sobek) beschikbaar. Samen vormen zij het integrale grond- en oppervlaktewatermodel IBRAHYM. Van de beide deelmodellen is nagegaan in hoeverre deze bruikbaar zijn voor de toetsing van het watersysteem en op welke wijze deze ingezet kunnen worden. Het instrumentarium is met een beperkte actualisatieslag geschikt gemaakt om in te zetten. Een uitgebreid verslag van de actualisatie- en kalibratie van de twee deelmodellen is opgenomen *Bijlage 2*. Van groot belang is dat de modellen goed op elkaar aansluiten. Het instrumentarium is in het project gebruikt om:

1. De huidige situatie te toetsen (2017-2018).
2. De situatie 'juni 2016' opnieuw door te rekenen.
3. Maatregelen in het oppervlaktewater te onderzoeken.
4. Het maatregelenpakket integraal te toetsen.

Het instrumentarium is voor de diverse berekeningen op verschillende wijzen ingezet. Voordat het instrumentarium is ingezet, is het eerst geactualiseerd naar de huidige situatie van het systeem. Het Sobek-model is door Sweco geactualiseerd, het grondwatermodel door Waterschap Limburg. Hierover meer in de paragrafen 0 en 3.3.

3.1.1 Huidige situatie (hoofdstuk 4)

Voor het toetsen van de huidige situatie zijn met het Sobek-model stationaire berekeningen gemaakt. Met dit model zijn het hydraulisch functioneren en de actuele drooglegging bepaald. Tevens zijn de nieuwe Qh-relaties opgelegd aan het grondwatermodel, waarmee een gevoeligheidsanalyse voor de grondwaterstanden is uitgevoerd. Hiervoor is het casco-grondwatermodel gebruikt. Voor de extremen analyse (NBW-toets) is aan het stationaire model de RR-module toegevoegd om afvoerpieken vanaf verharde gebieden te berekenen.

3.1.2 Juni 2016 (hoofdstuk 5)

De situatie juni 2016 is integraal met het grond- en oppervlaktewatermodel berekend. De respons van het gebied op de neerslaggebeurtenis is met het Simgro-model voor de periode doorgerekend. Zo is het grondwaterstandsverloop én de afvoer naar het oppervlaktewaterstelsel is bepaald. De afvoer op het oppervlaktewater is vervolgens weer aan het Sobek-model opgelegd. Samen met de bepaalde instroom vanuit Duitsland zijn de bijbehorende peilen en inundaties vanuit het oppervlaktewater berekend.

3.1.3 Maatregelen (hoofdstuk 6)

Voor de maatregelberekeningen zijn de voorgestelde maatregelen eerst met separate modellen verkend. De maatregelen zijn doorgevoerd in het Sobek-model. Met een stationaire berekening is per maatregel het effect op de oppervlaktewaterstand berekend. Vervolgens is een vergelijking gemaakt met de situatie juni 2016 door ook deze situatie integraal door te rekenen.

3.1.4 Voor elke situatie zijn eigen modelkeuze

Voor de verschillende berekeningen zijn dus keuzes gemaakt in de gekozen grond- en oppervlaktewatermodellen. De voordelen van deze aanpak is dat de modellen doelgericht worden ingezet. De aanpak is hierdoor 'lean': geen zware instrumenten voor verkennende berekeningen. Wel voor de uiteindelijke uitkomsten. Dit betekent een efficiënte inzet van doorlooptijd en middelen. Ook is het een robuuste aanpak, waarbij relatief eenvoudig verkenningen van effecten zijn uit te voeren, terwijl wel inzicht ontstaat op de effecten op grondwaterstanden.

3.2 Oppervlaktewatermodel

Uitgangspunt voor het basismodel is de schematisatie die is gebruikt voor het berekenen van knelpunten in het watersysteem (NBW/WB21) in 2015. Dit basismodel is opgesteld met de meest actuele gegevens die toen voor handen waren (ca. 2009-2012) en sluit bovendien aan op bestaande SIMGRO-model.

Van het oppervlaktewatermodel is het op voorhand al duidelijk dat deze geactualiseerd moet worden, omdat hiervoor nieuwe landmeetgegevens (2017) van de dwarsprofielen beschikbaar zijn. Deze zijn voor dit project ingemeten. Daarnaast is de peilopzet van de Maas nog niet in de benedenstroomse randvoorwaarde verwerkt en moet een oplossing worden gevonden voor het opnemen van de beverdam nabij kasteel Bleijenbeek. Alle modelaanpassingen zijn omschreven in *Bijlage 2*.

Het aangepaste model is gekalibreerd op zowel de situatie voor de opzet van de Maaspeilen als die daarna. De kalibratie heeft ertoe geleid dat voor het beekprofiel een grotere weerstand is opgenomen voor het zomermodel. Dit ligt in lijn met de conclusies die Waterschap Limburg uit vergelijkbare onderzoeken heeft getrokken.

3.3 Grondwatermodel

Voor de modellering van het grondwater is dus gebruik gemaakt van zowel het stationaire CASCO-model als het integrale SIMGRO-model (beide varianten binnen het IBRAHYM-instrumentarium). Beide modellen zijn ook apart gevalideerd.

Aanpassingen stationaire model

In bijlage 1 is een uitgebreide beschrijving van de actualisatie en validatie opgenomen. In deze paragraaf zijn de belangrijkste aanpassingen genoemd:

1. De berekende oppervlaktewaterstanden van het SOBEK-model zijn voor zowel een winter- als zomersituatie omgezet naar een invoerbestand voor IBRAHYM door het te vergrinden naar de RIV-package. In het stationaire model wordt een gemiddeld jaar doorgerekend en daarom is voor de stationaire model een gemiddelde stand voor het beekpeil ingevoerd.
2. Eenzelfde methodiek is gebruikt bij het scenario met de inrichtingsmaatregelen t.b.v. de beek.

Validatie stationaire model en toepassingsbereik

- Voor het stationaire model zijn de berekende grondwaterstanden over het algemeen hoger (20-40 cm) dan de gemeten grondwaterstanden. Het is daarom niet geschikt voor het bepalen van absolute grondwaterstanden. Het model is wel geschikt om voor een gemiddelde situatie effecten van veranderingen in het watersysteem te berekenen.

Aanpassingen integrale model

Op basis van de SOBEK-berekeningen zijn Qh-relaties afgeleid als invoer voor de integrale berekening. Dit is zowel voor de referentie als voor het maatregelenpakket gedaan. De inloop vanuit het Duitse gebied is erg onzeker. De inloop is tot november 2017 niet bemeten. Het Duitse grondgebied is niet in het model opgenomen, zodat daar geen afvoer wordt berekend. In *Bijlage 6* is een analyse uitgevoerd en een inschatting gemaakt van de grootte van deze inloop.

Validatie integrale model en toepassingsbereik

De berekende en gemeten grondwaterstanden en afvoeren tonen een goede overeenkomst. Waterschap Limburg zet het integrale model geregeld in voor het bepalen van de inloop van het SOBEK-model. De inundaties worden vervolgens bepaald met SOBEK-1D2D. Het IBRAHYM-model wordt gewoonlijk gebruikt om de grondwaterstanden te evalueren als gevolg van ingrepen en eveneens ten tijde van extreme neerslaggebeurtenissen. In deze studie is het integrale model gebruikt voor 1) het bepalen van de inloop voor de huidige situatie (benodigd voor de SOBEK-som) en voor één maatregelpakket voor de situatie juni 2016 en 2) de effecten op het grondwatersysteem tijdens de situatie juni 2016 voor zowel de huidige situatie als de situatie met het maatregelenpakket.

4 Toetsing van het actuele watersysteem

4.1 Uitgevoerde berekeningen

Met het geactualiseerde oppervlaktewatermodel is het stroomgebied doorgerekend voor een aantal scenario's. Allereerst is het model voor een zomer- en wintersituatie doorgerekend met een stationaire afvoer variërend van 0,05 tot 2,5 MA. Deze berekeningen zijn alleen met SOBEK-CF uitgevoerd. De uitkomsten van deze berekeningen dienen voor de toets aan de hydraulische condities en het bepalen van de drooglegging.

Daarna is aan het model de Overland Flow (2D) module toegevoegd om voor extreem hoge afvoeren een inundatiebeeld af te leiden (toets aan de normen uit het NBW / WB21). Hierbij is voor de winter gebruik gemaakt van hoge, stationaire afvoeren (1,5 tot 2,5 MA). Voor het bepalen van inundatiebeelden van extreme zomerbuien is aan een hoge zomerafvoer (0,50 MA) een piekafvoer vanuit kasgebieden en bebouwde gebieden toegevoegd. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de leidraad van het waterschap.

Kaartmateriaal van de berekeningsresultaten is opgenomen in de Kaartbijlage. Deze is separaat, digitaal aan het rapport toegevoegd. Dit betreffen kaarten van de hydraulische condities, drooglegging, WB21 toets en actuele grondwaterstanden en grondwater gevoeligheidsanalyse. Een index van de kaartbijlage is opgenomen in *Bijlage 8*.

4.2 Toets op hydraulische condities, jaarlijks voorkomende omstandigheden

De hydraulische condities bepalen in belangrijke mate het ecologisch functioneren van de beek. De Eckeltsebeek en Horsterbeek hebben een KRW-typing van respectievelijk R5 en R4, waaraan eisen worden gesteld aan de hydraulische condities. De eisen zijn opgenomen in *Bijlage B1.2*. Uit deze toetsing komt naar voren dat het systeem op hoofdlijnen goed voldoet aan de eisen vanuit de KRW. Het resultaat van deze toetsing is opgenomen in *Bijlage B2.1.6*. Lokaal is de waterdiepte aan de hoge kant en zijn de stroomsnelheden wat aan de lagere kant. Dit betreffen met name de niet heringerichte delen. De hydraulische condities zijn ondersteunend voor het behalen van de KRW-doelstellingen.

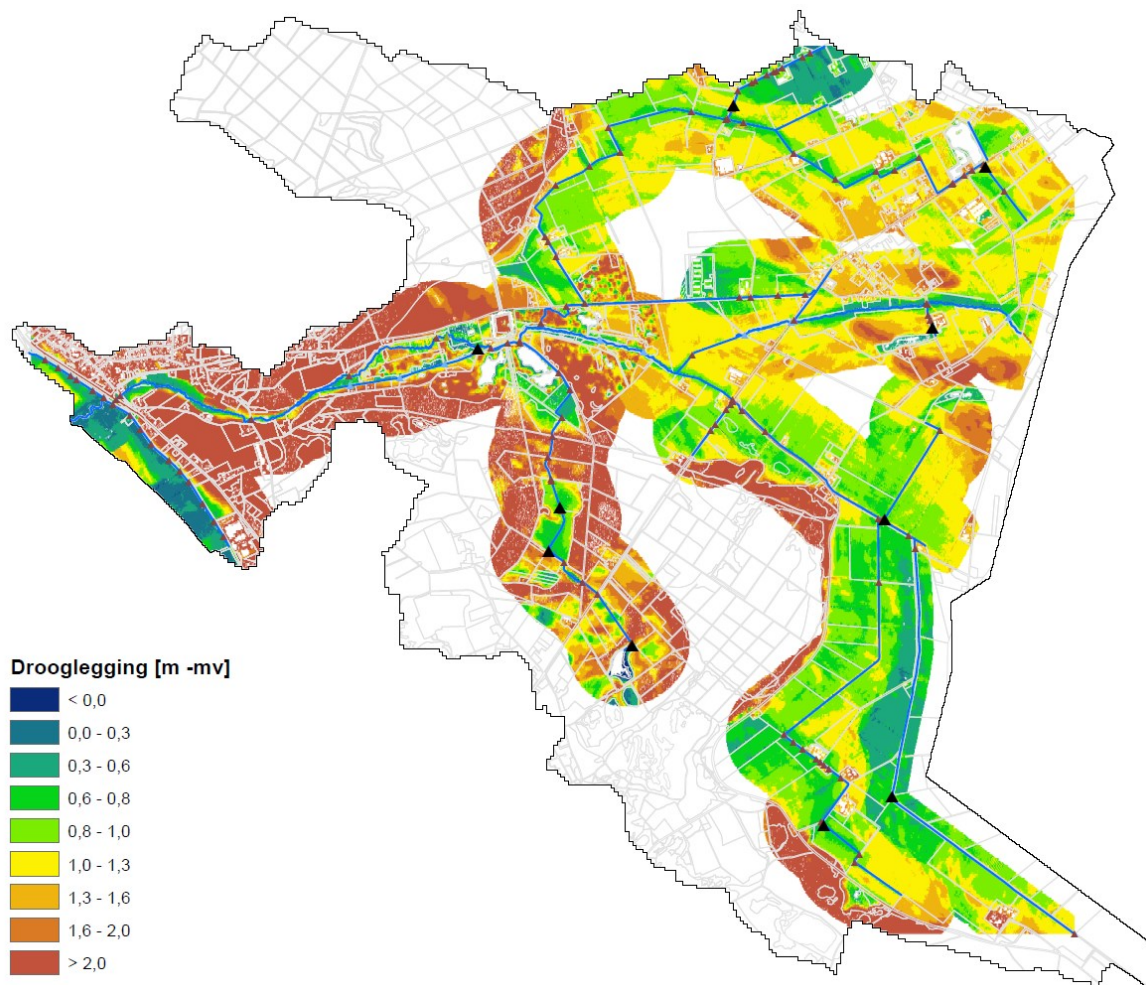
4.3 Toets van de drooglegging

De drooglegging is conform het beleid getoetst aan de peilen die optreden bij 50% van de maatgevende afvoer. Voor de zomer en winter gelden dan verschillende normen voor de minimaal vereiste drooglegging. Deze zijn weergegeven in Tabel 4-1. De normen voor de drooglegging zijn formeel niet vastgelegd, maar betreffen een concept uitwerking van het waterschap als voorbereiding op de uitwerking van het peilbeheer.

Tabel 4-1 Concept toetsingswaarden voor de drooglegging voor een ongestuwde situatie, uitwerking van WBP.

Grondgebruik	Drooglegging wintersituatie	Drooglegging zomersituatie
Grasland	60 cm – maaiveld	30 cm – maaiveld
Bouwland	80 cm – maaiveld	50 cm – maaiveld
Tuinbouw	80 cm – maaiveld	50 cm – maaiveld
Diep wortelende gewassen	100 cm – maaiveld	80 cm – maaiveld
Glastuinbouw	100 cm – maaiveld	80 cm – maaiveld
Bebouwingskernen (vloer- of bouwpeil)	100 cm – maaiveld	100 cm – maaiveld
Bebouwing in buitengebied	Gelijk aan omgeving	Gelijk aan omgeving

In Figuur 4-1 is de drooglegging in het stroomgebied tijdens de wintersituatie weergegeven. Hieruit blijkt dat deze voor een groot deel van het gebied minder dan één meter is (de groene delen). Tevens zijn er nog behoorlijk wat vlakken waar de drooglegging minder dan 0,8 of zelfs 0,6 m is. Met name het landbouwgebied rond Lackbar-Cereslossing springt er uit, maar ook delen langs de Lakeyse Leigraaf hebben een geringe drooglegging.



Figuur 4-1 Drooglegging in de winter bij 0,50 MA

4.4 Beoordeling grondwaterstanden

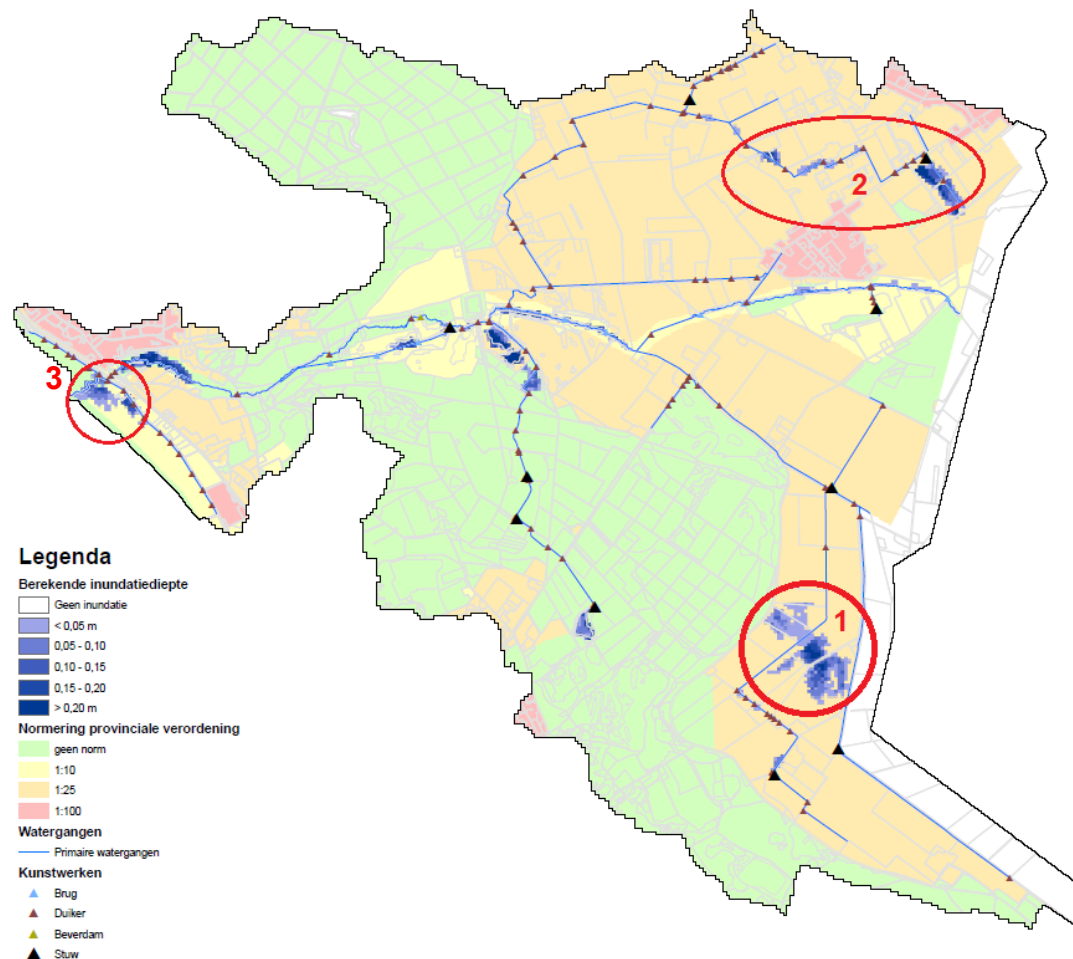
In paragraaf 2.3 zijn de grondwaterstanden in hoofdlijnen beschreven. In bijlage B1.2 zijn ook de normen voor grondwater beschreven. Uit de berekende grondwaterstanden blijkt dat de GHG op verschillende plaatsen in het gebied dicht tegen of boven de norm komt (Figuur 2-5). Opgemerkt wordt dat de kaart met de berekende GHG en GLG indicatief is.

Het voorkomen van (te) hoge grondwaterstanden begint bij het creëren van een goede randvoorwaarde in het oppervlaktewatersysteem, dat wil zeggen voldoen aan de droogleggingsnorm (zie paragraaf 4.3). Vervolgens is het aan perceelseigenaren om voldoende drooglegging te realiseren d.m.v. perceelsloten, greppels en (peilgestuurde) drainage. Daarom wordt er in dit project niet kwantitatief getoetst aan de ontwateringsnormen. Er wordt volstaan met een beschouwing van de drooglegging. Als deze verbeterd, dan wordt ook de ontwateringssituatie verbeterd.

4.5 Toets aan de NBW-normen: inundaties bij extreme omstandigheden

Het waterschap heeft een inspanningsverplichting om voor haar watersysteem te voldoen aan de normeringen zoals deze zijn vastgesteld in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). Er zijn vier normklassen onderscheiden: grasland, bouwland, hoogwaardige landbouw/kasgebieden en bebouwd gebied. Deze hebben een oplopende norm. Grasland mag inunderen vanuit het oppervlaktewater, statistisch gezien gemiddeld een maal per tien jaar ($T=10$) over een reeks van meerdere decaden. Bouwland kent een norm van een maal per 25 jaar ($T=25$). Kasgebieden en bebouwde gebieden respectievelijk 50 en 100 jaar. Natuurgebieden en de stroken rond de beken kennen vaak geen norm. In het stroomgebied

is voornamelijk de norm voor bouwland vastgesteld. In Figuur 4-2 zijn de berekende inundaties voor een T=25 gegeven. Hieruit blijkt een aantal kritische plekken, die dus niet voldoen aan de norm.



Figuur 4-2 Berekende inundaties met het geactualiseerde model voor een T25-situatie.

In het gebied rond de Lackbar Cereslossing (1) is de grootste inundatie berekend. Rond de Lakeyse Leigraaf (2) zijn enkele kleine geïnundeerde gebiedjes direct langs de beek berekend. Bij de monding in de Maas (Maasveldlossing, 3) is de norm lager, eens per tien jaar. Maar ook dan lopen delen van het maaiveld onder, dus ook hier is een knelpunt berekend. De overige inundaties uit de figuur zijn in plassen en beekdalen gelegen en derhalve geen knelpunt (geen norm).

Dit betekent dat op basis van deze berekeningen voor deze drie knelpunten fysieke maatregelen of andere regelingen getroffen moeten worden. Voor de percelen bij de Maasmonding zijn echter in het kader van de peilopzet al regelingen getroffen.

4.6 Conclusies

Overwegend wordt aan de hydraulische condities goed voldaan. Ook de drooglegging en grondwaterstanden zijn overwegend goed. In extreme omstandigheden zijn 3 knelpunten geïdentificeerd, waar het systeem niet voldoet. Hier komen de diverse toetsingen samen. Per gebied kan het volgende worden gesteld:

1. Het gebied rond de Lackbar-Cereslossing kent zowel een NBW knelpunt, als een geringe drooglegging. Het peil in dit gebied hangt sterk af van het peil van de afvoerroute: de bovenloop van de Eckeltsebeek. Het peil in het gebied zelf is vrij constant onder alle afvoerregimes. Dat wil dus zeggen dat het knelpunt niet zozeer in de afvoercapaciteit van het gebied zelf zit, maar in de afvoercapaciteit van de bovenloop van de Eckeltsebeek: bij grote afvoeren vanuit Duitsland stopt de afvoer van het landbouwgebied. Oplossingen voor het knelpunt liggen dan ook vooral in het verbeteren van de afvoercapaciteit van en het verlagen van de peilen in de bovenloop van de Eckeltsebeek.
2. De bovenloop van de Lakeyse Leigraaf kent ook een NBW knelpunt, hier treden kleine inundaties op bij korte, hevige buien. De hydraulische toetsing hier geeft verder geen knelpunten. Wel zijn er veel duikers met krappe diameters aanwezig. Hier is de afvoercapaciteit en opstuwing door kunstwerken van de Lakeyse Leigraaf leidend voor de ontstane inundaties. De oplossingsrichting hier is een combinatie van aanpak kunstwerken en een voldoende glad dwarsprofiel.
3. De berekende inundaties in de Maasmonding zijn grotendeels het directe gevolg van het opzetten van het Maaspeil. In de aangeleverde modellen met het oude Maaspeil zijn hier minder inundaties berekend. Er is hier al een terugslagklep geplaatst om terugstroom vanuit de Maas / Eckeltsebeek te voorkomen.

4.7 Verificatie met de streek: knelpuntenkaart

De toetsing van het watersysteem is in een gebiedssessie voorgelegd aan de streek. In grote mate werden de gevonden knelpunten herkend. Daarnaast geeft de streek de volgende punten aan:

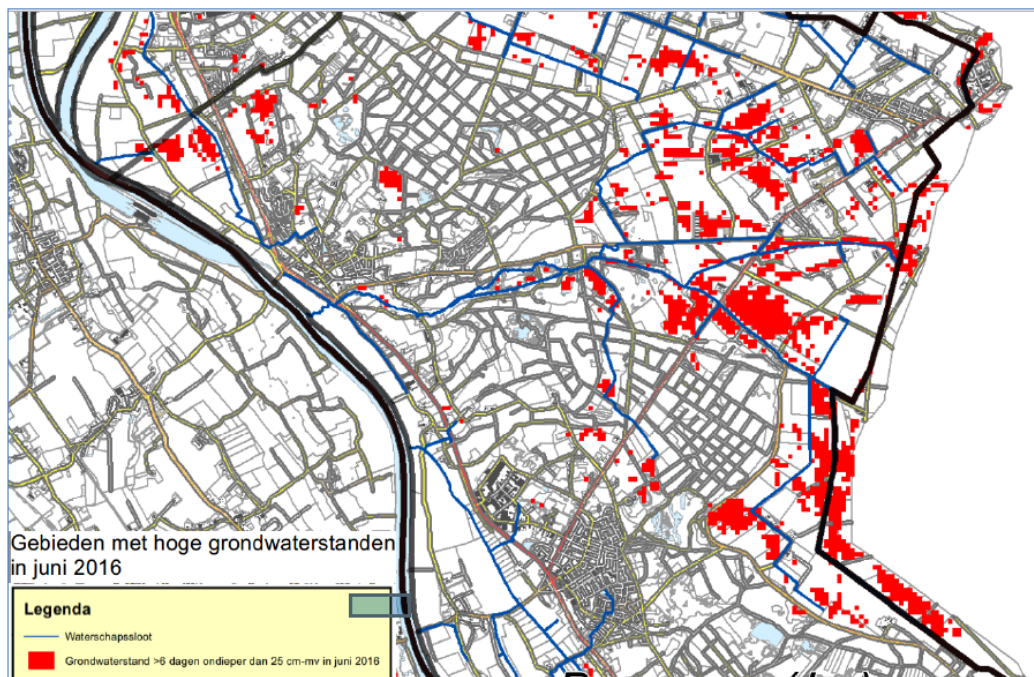
- De peilen in de Eckeltsebeek en Horsterbeek zijn sinds de herinrichting hoger. Dit leidt sneller tot wateroverlast bij hogere afvoeren. Het gebied is kwetsbaarder geworden in relatie tot de gevoelige ondergrond;
- De afvoercapaciteit van de Lakeyse Leigraaf is beperkt, de verwachting is dat frequenter onderhoud al veel problemen kan wegnemen. Daarnaast liggen er enkele duikers erg hoog in het profiel.
- De peilopzet van de Maas wordt als een van de redenen gezien dat de grondwaterstanden hoger zijn geworden. Dit blijkt niet uit de rapportage van RWS of uit de tot nu toe uitgevoerde monitoring.

De volledige aandachts- en knelpuntenkaart is opgenomen in *Bijlage 4*.

Wat opvalt is dat de plaatsen waar inundatie is opgetreden (op basis van de inventarisatie) en de berekende inundaties (model code oranje) verschillen. Hiervoor zijn verschillende oorzaken te bedenken. Een paar voorbeelden, zonder uitputtend te willen zijn:

- de afvoer vanuit Duitsland is onbekend (niet gemeten) en dus een onbekende invoer in het model. Deze is wel belangrijk voor het functioneren van het gebied;
- de berekende inundaties zijn alleen de inundaties die optreden vanuit het oppervlaktewater, hier wordt geen rekening gehouden met hoge grondwaterstanden en op het land stagnerend regenwater;
- de staat van het model is van voor 2015, terwijl de buitenwereld is veranderd (veranderde Maasstanden, toegevoegde of verwijderde kunstwerken, verouderde dwarsprofielen in het model);
- de inventarisaties zijn niet volledig. Er is een beperkt aantal foto's vanuit de inspectievlucht beschikbaar, maar niet het volledige gebied is in beeld gebracht.

Vanuit de streek is aangegeven dat er weinig vertrouwen is in de uitkomsten van het model. Echter de modeluitkomsten presenteren slechts een deel van de opgetreden wateroverlast. Een groot deel van de ervaren wateroverlast is geen gevolg van inundatie vanuit het oppervlaktewater, zoals het model berekent, maar het gevolg van hoge grondwaterstanden en op het land stagnerend regenwater. Figuur 5-2 geeft inzicht in de ervaren grondwateroverlast. In deze figuur zijn gebieden weergegeven waar volgens de modelberekeningen de grondwaterstand langdurig dicht onder maaiveld stond of water op het land stond, een indicator voor schade aan gewassen door (grond)wateroverlast.



Figuur 5-2 Berekende grondwaterstanden ondieper dan 25 cm beneden maaiveld langer dan 6 dagen (Simgro, code Oranje som)

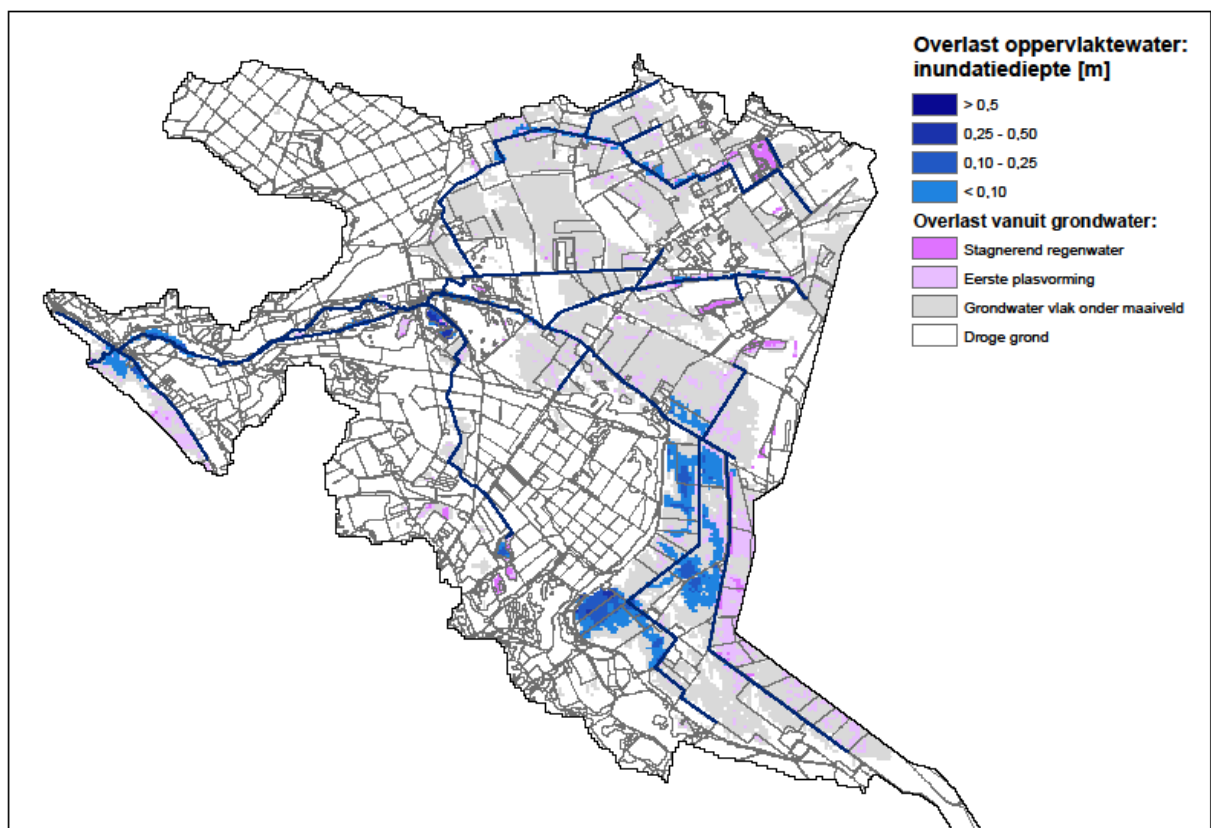
5.3 Vernieuwde berekening

Gezien de bovenstaande constatering is besloten het model voor de Eckeltsebeek te actualiseren. Vanuit de streek is de wens blijven bestaan om de situatie van 2016 met het geactualiseerde model door te rekenen, om zo meer vertrouwen in het model te krijgen. Daarom is de berekening van 'code oranje' opnieuw uitgevoerd, met het geactualiseerde model. Vervolgens zijn de omstandigheden van 2016 zo goed mogelijk in het model verwerkt.

Belangrijk onderdeel hiervan is dat de inloop uit Duitsland is aangepast door een analyse uit te voeren naar het peilverloop en afvoerterloop van de meetpunten op het Nederlands grondgebied. Hieruit komt een duidelijk twee pieken verloop naar voren. Ook op de Niers is dit verloop opgetreden, wat het vermoeden versterkt dat de aanvoer vanuit Duitsland ook dit verloop moet hebben gehad.

De resultaten van het oppervlaktewatermodel zijn vergelijkbaar met die van de eerdere berekeningen, zij het dat er iets meer inundatie wordt berekend. De plaats van de inundaties is echter grotendeels dezelfde. Op enkele locaties wordt nu wel inundatie berekend waar dit eerder niet het geval was. Het actualiseren van het model en het aanpassen van de inloop vanuit Duitsland leidt dus niet tot een ander beeld van de gebeurtenissen.

Om een compleet beeld te krijgen is ook de grondwatertoestand beschouwd en gecombineerd met de berekende inundaties vanuit het oppervlaktewater. Zo ontstaat er een gecombineerd beeld van de toestand van het (grond)watersysteem. Dit is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 5-3 Gecombineerd inundatiebeeld vanuit grondwater en oppervlaktewater, situatie van 4 juni 2016, 0:00 uur.

De figuur toont de situatie na de eerste neerslagpiek (31 mei – 2 juni). Wanneer we naar het gecombineerde beeld kijken, dan is te zien dat er veel plaatsen zijn waar geen inundatie vanuit het oppervlaktewater wordt berekend. Wel wordt wateroverlast ervaren door (langdurig) hoge grondwaterstanden en door stagnerend regenwater. Dit water kan de bodem niet intrekken of afstromen. Het gecombineerde resultaat komt goed overeen met de geconstateerde wateroverlast.

5.4 De lessen van 2016

De uitzonderlijk hoge neerslagsom van de maand juni heeft voor heel veel (grond)wateroverlast gezorgd. De herberekening bevestigt het beeld dat is geschetst in de evaluatie van 2016. Belangrijkste constatering is dat overlast niet alleen door het oppervlaktewater, maar met name ook vanuit het grondwater is opgetreden. De hogere Maasstand heeft alleen invloed op de benedenloop van het stroomgebied, op het bovenstroomse gebied lijkt deze geen invloed te hebben op de uitkomsten.

De overlast is met name opgetreden in de gebieden waarvan al bekend was dat deze gevoeliger waren voor wateroverlast. Dit zijn de lager gelegen delen rond de Lackbar-Cereslossing, delen tussen de Eckeltsebeek en Horsterbeek en Lakeyse Leigraaf. Deze gebieden zijn ook uit de watersysteemtoets naar voren gekomen.

6 Maatregelen voor een toekomstbestendig beekstelsysteem

6.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is de huidige situatie beschreven, het modelinstrumentarium en de resultaten van de toetsing van het huidige systeem. Op hoofdlijnen functioneert het beekstelsysteem binnen de normen. Op het gebied van wateroverlast in extreme situaties zijn er nog enkele knelpunten gevonden.

6.1.1 Doel van de maatregelen

De maatregelen hebben tot doel om een toekomstbestendige inrichting van het beekstelsysteem te realiseren. Onder normale omstandigheden moet het beekstelsysteem functioneren binnen de criteria die in bijlage 1.2 zijn gesteld. In natte perioden moeten de maatregelen bijdragen aan een verlaging van de oppervlaktewaterstanden en daarmee ook een verlaging van de grondwaterstanden. De ontwatering van het gebied wordt dan verbeterd. Tegelijkertijd mag het gebied als gevolg van de maatregelen niet verdrogen in perioden van droogte.

6.1.2 Aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft het proces van de keuzes van mogelijke maatregelen naar haalbare maatregelen, waaruit een uiteindelijk maatregelenpakket is samengesteld. Eerst zijn daarvoor alle mogelijke maatregelen uiteengezet in een groslijst. Uit deze groslijst is een aantal maatregelen gekozen om de effectiviteit daarvan modelmatig te verkennen en is onderzocht welke dimensionering nodig is om de maatregelen effectief te laten zijn. Vervolgens is een definitief maatregelenpakket samengesteld en integraal doorgerekend met het grond- en oppervlaktewatermodel. Zo ontstaat een onderbouwd en getoetst maatregelenpakket waarmee het beekstelsysteem wordt aangepakt. De maatregelen zijn doorgerekend met 10% meer afvoer, zodat ook al rekening wordt gehouden grotere afvoeren als gevolg van klimaatverandering.

6.2 Inventarisatie van mogelijke maatregelen

Het doel van de maatregelen is dus het verbeteren van het functioneren van het beekstelsysteem in extreem natte perioden (NBW / WB21 maatregelen), zonder concessies te doen aan het functioneren in normale en drogere omstandigheden. Er is daarom met name gezocht naar maatregelen die direct een effect hebben op de oppervlaktewaterpeilen. Tevens zijn **extra** oplossingsrichtingen geformuleerd die onder zeer extreme omstandigheden de kwetsbaarheid van het gebied verminderen en leiden tot het vergroten van de flexibiliteit.

6.2.1 Groslijst maatregelen

De mogelijke maatregelen zijn samengevat in een groslijst en gescoord op effect op de NBW / WB21 knelpunten en op bijdrage aan de robuustheid van het stroomgebied. Bij het samenstellen van de lijst heeft vooraf geen (rekenkundige) toetsing van de maatregelen plaatsgevonden. De lijst dient als basis om kansrijke maatregelen te selecteren. De groslijst is ingedeeld in vier groepen: fysieke maatregelen in het beekstelsysteem, maatregelen in het stroomgebied, maatregelen met betrekking op periodiek onderhoud van de beek en proces- en beleidsmatige afspraken. Op de volgende pagina is de groslijst weergegeven.

Tabel 6-1 Groslijst met mogelijke NBW/WB21 maatregelen

Maatregel	Knelpunt 1	Knelpunt 2	Knelpunt 3
A Fysieke maatregelen watersysteem			
A1 Verruimen zomerprofiel Eckeltsebeek	✓	✗	✗
A2 Verruimen winterprofiel	✓	✗	✗
A3 Aanpak van kunstwerken	✓	✓	✗
A4 Aanpassen profiel Hoogwatergeul	✗	✗	✗
A5 Aanleg bypass Cereslossing (verkorten afvoeroute)	✓	✗	✗
A6 Aanleg bergingsgebied "Ceres"	✓	✗	✗
A7 Shortcut Cereslossing – Maas	✓	✗	✗
A8 Aanleggen bypass Stuw Sambeek	✗	✗	✓
B Fysieke maatregelen stroomgebied			
B1 Aanleg peilgestuurde drainage	✓	✓	✗
B2 Bol leggen percelen	✓	✓	✓
B3 Saneren kassen / Vergroten berging kassen	✗	✓	✗
B4 Aanpak riooloverstorten	✗	✓	✗
C Periodiek onderhoud "APK"			
C1 Constructief onderhoud	✓	✓	✓
C2 Aangepaste maaicyclus / dynamisch maaibeheer	✓	✓	✓
D Proces			
D1 Monitoring inloop uit Duitsland: mogelijkheid afspraken maken met Wasser- und Bodenverband Baaler Bruch.	✓	✗	✗
D2 Stimuleren teelten van gewassen met hoge verdamping	✓	✗	✗
D3 Ontmoedigen van containerteeltvelden	✓	✓	✗
D4 Tijdelijk verlagen Maaswaterstanden	✗	✗	✓

In *Bijlage 7* is een korte toelichting op de maatregelen opgenomen. De maatregelen uit groep A zijn systeemingenrepen door het waterschap (en RWS) uit te voeren. Voor de maatregelen uit groep B geldt dat deze (eventueel samen met het waterschap) door derden kunnen worden uitgevoerd. De maatregelen uit groep C kunnen door het waterschap in de werkprocessen worden verankerd. De maatregelen uit groep D zijn gericht op (gebieds)processen en/of beleidsmatige aanpassingen en niet direct uitvoerbaar.

6.2.2 Knelpuntenkaart

Naast de maatregelen uit de groslijst is er tijdens de diverse gebiedsbijeenkomsten een knelpuntenkaart opgesteld. Op deze kaart zijn de aangedragen knelpunten tijdens deze bijeenkomsten opgenomen, maar ook knelpunten die uit de evaluatie wateroverlast 2016 en de schouw 2017 naar voren zijn gekomen. De kaart is opgenomen in *Bijlage 4*.

6.3 Verkenning van de maatregelen

Maatregelen die kansrijk worden geacht zijn verder verkend met het oppervlaktewatermodel, om zo het effect te bepalen in het beekstelsysteem. De verkenning is alleen uitgevoerd in het oppervlaktewaterstelsysteem omdat: 1) Dit het stelsysteem is waar het waterschap maatregelen kan uitvoeren, 2) Het verkennen met het grondwatermodel arbeidsintensief is en 3) de absolute resultaten in het grondwatermodel een nauwkeurigheid vereist die er niet is. De gevoeligheidsanalyse van het grondwater voor peilveranderingen (kaart W18 van de kaartenbijlage) geeft een indicatie van effect van een peilverandering in het oppervlakte-water op het grondwaterpeil. Met deze kaart in het achterhoofd zijn de verkenningen gestart.

Het doel van de verkenning is om te bepalen:

- of de maatregelen een bijdrage leveren aan de benodigde waterstandsverlaging bij hogere afvoeren;
- of bij lagere afvoeren een niet te grote waterstandsval optreedt;
- waar de maatregel het meeste effect heeft (i.e.: waar te maaien, waar de bodem te verlagen, etc.);
- welke dimensies de maatregel moet hebben (i.e.: hoeveel verlaging van de bodem / b.o.b. van duikers, welke afmeting duikers moeten hebben).

6.3.1 Verkende maatregelen

Uit de groslijst zijn een aantal maatregelen geselecteerd die nader zijn verkend. De verkende maatregelen zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 6-2 Verkende maatregelen

Onderzochte maatregel

A1: Verruimen zomerprofiel door de bodem te verlagen met 20 en 40 cm

A2: Aanleg / herstel van het winterbed in heringerichte delen tot 10 m breedte, ca. 50 cm boven het zomerbed

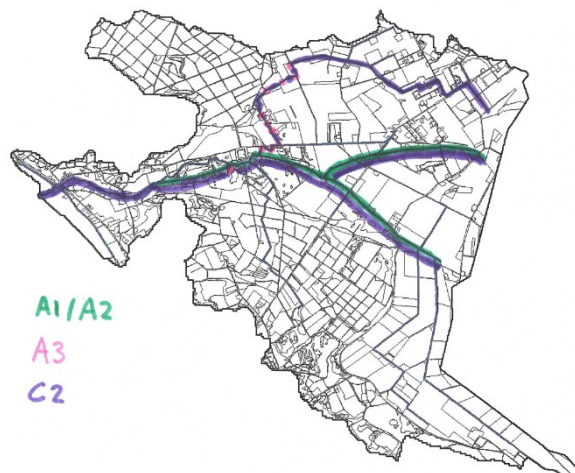
A3: Dieper leggen van duikers naar de hoogte van de bodem van de beekbedding

A3: Vergroten van duikers tot minimaal rond 800 mm

A3: Automatiseren van stuw HEC1 (Hoogwatergeul)

A4: Vergroten Hoogwatergeul

C2: Intensiveren van het maaionderhoud (minder begroeiing toestaan) in bovenloop, benedenloop of gehele beekstelsysteem



Op de figuur naast de tabel is aangegeven op welke trajecten deze maatregelen zijn onderzocht. De profielaanpassingen zijn alleen onderzocht in de hoofdlopen van de Eckeltsebeek en Horsterbeek. Aanpassingen aan duikers zijn alleen onderzocht in de duikers van de Lakeyse Leigraaf en de 3 waco's nabij de kasteelruïne. Dynamisch maai-beheer is onderzocht voor de hoofdlopen en de Lakeyse Leigraaf. De resultaten van de verkenningen zijn in beeld gebracht op kaart. De kaarten zijn te vinden in de kaartbijlage, die digitaal is toegevoegd aan deze rapportage.

6.3.2 Conclusies bij de verkende maatregelen

Geen effecten van benedenloop op bovenloop

Maatregelen in de benedenloop van de beek, dat wil zeggen stroomafwaarts van de stuw HEC1, hebben geen of weinig effect op de bovenloop. Dit is een belangrijke conclusie, die ons ook vertelt dat bijvoorbeeld de impact van de peilopzet in de Maas niet via het oppervlaktewater doorwerkt. Ook het verdronken zijn van de duikers onder de Rijksweg heeft dus geen effect op het systeem bovenstrooms van de stuw in de Hoogwatergeul. Dit komt ten eerste doordat de stuw HEC1 veelal niet verdronken raakt en dus peilveranderingen benedenstrooms niet doorwerken bovenstrooms. Ten tweede is het verhang vanaf de stuw naar de Maas zo groot dat de meeste effecten benedenstrooms al uitdempen voordat ze de stuw bereiken.

Verruimen zomerprofiel

Het verruimen van het zomerprofiel in de bovenloop heeft veel effect op zowel het peil in de Horsterbeek, maar meer nog in de Lackbar-Cereslossing. Dit is dus een effectieve maatregel die vrijwel één op één doorwerkt naar het bovenstroomse gebied. Met name het gebied rond de Lackbar-Cereslossing profiteert van deze maatregel. Een verdieping van 20 cm van het profiel levert al voldoende resultaat. Een verlaging van 40 cm levert een te groot verdrogend effect, omdat deze te ver doorwerkt naar Natura2000-gebied de Maasduinen. Deze maatregel is vooral zinvol op plaatsen waar de ruimte beperkt is, dus waar geen capaciteit in de breedte gevonden kan worden.

Aanleg / herstel van het winterbed in heringerichte delen

Deze maatregel draagt bij aan het doorstromend vermogen van de beek. Vooral lokaal worden grotere effecten op het peil gezien in de Eckeltsebeek en Horsterbeek. Het effect van de maatregel werkt niet helemaal door naar de bovenstroomse gebieden rond de Lackbar-Cereslossing. Dit is met name een geschikte maatregel om grote afvoergolven door te leiden. Het positieve is dat deze maatregel wel zorgt voor verlaging bij hoge afvoeren, terwijl bij lage afvoeren de peilen nauwelijks afnemen. Deze maatregel heeft dan ook de voorkeur in de heringerichte delen, waar ruimte in de breedte makkelijk te vinden is.

Vergroten van profiel Hoogwatergeul

Deze maatregel heeft alleen een lokaal effect ter plaatse van de Hoogwatergeul. De stuw aan het einde van de Hoogwatergeul zorgt ervoor dat de waterstandsverlaging niet verder bovenstrooms kan doordringen. Alleen bij hele hoge afvoeren en een verdieping van 40 cm van het profiel is er enige verlaging (enkele centimeters) van de waterstand bovenstrooms van de stuw. Deze maatregel is daarom met name geschikt om een betere drooglegging c.q. ontwatering van de Golfbaan te realiseren.

Dieper leggen of vergroten van duikers

Het aanpakken van duikers heeft een minimaal effect op de waterhuishouding. De effecten zijn vooral lokaal en werken nauwelijks door bovenstrooms. Dit geldt zowel voor het opnieuw uitlijnen van de duikers (op hoogte leggen) als voor het vergroten van de diameter. Het vergroten van de WACO duikers bij de kasteelruïne heeft hierbij nog het grootste effect, maar zal een kostbare maatregel zijn. Een aantal duikers in de Lakeyse Leigraaf ligt zichtbaar te hoog en kunnen worden aangepakt.

Automatiseren stuw HEC1

Het automatiseren van stuw HEC1 zorgt voor minder peilfluctuatie rond de golfbaan. Bij lage afvoeren is er geen verschil met de huidige situatie. Pas bij hogere afvoeren worden lokaal bovenstrooms peilverlagingen bereikt. Deze zijn echter niet dermate groot dat het de moeite waard is om de stuw daarvoor te automatiseren. Deze maatregel wordt afgeraden.

Intensiveren onderhoud

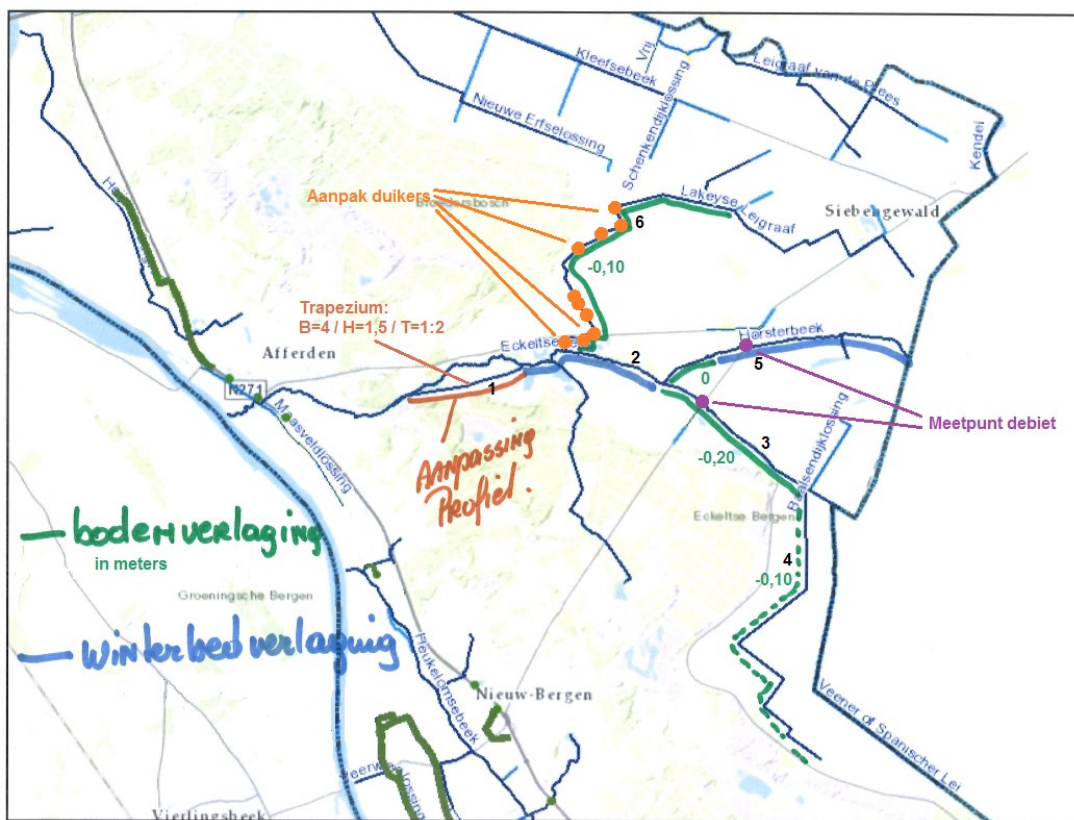
Het verlagen van de weerstand in de beekbedding levert grote winst op, maar gaat ten koste van de natuurlijke inrichting van de beekbedding. Ook hier geldt: wat benedenstrooms van de stuw HEC1 wordt gedaan heeft geen invloed bovenstrooms. Een intensiever onderhoud is daarom vooral effectief bovenstrooms van de stuw HEC1, waar landbouwgebied zich direct naast de beek bevindt. Sturen op begroeiingsweerstand is alleen effectief in de zomerperiode, dan neemt de weerstand door begroeiing toe. Dit is ook al uit de modelkalibratie gebleken: de gemodelleerde weerstand speelt een grote rol in de berekeningen.

6.3.3 Presentatie van de maatregelen

De verkenning van de maatregelen zijn gepresenteerd in de streekbijeenkomst van 7 maart 2018. In de bijeenkomst werden de resultaten grotendeels onderschreven. Het beeld van de effectiviteit van de maatregelen is op deze wijze gedeeld. Uit deze bijeenkomst is naar voren gekomen dat een samenstelling van maatregelen de voorkeur heeft. Vanuit de bijeenkomst werd ingezet op: aanpak van het beekprofiel (verdieping en winterbed), aanpak van de meest knellende kunstwerken in de Lakeyse Leigraaf (duikers) en het intensiveren van het onderhoud (maaibeheer).

6.4 Definitief maatregelenpakket

Op basis van de groslijst, knelpuntenkaart en verkenning van de maatregelen is het uiteindelijke maatregelenpakket samengesteld. Hierbij is uitgegaan van maatregelen waarvoor geen aankoop van gronden noodzakelijk is. Door deze keuze wordt een lang (en duur) traject van grondverwerving voorkomen. Het maatregelenpakket volgt in grote lijnen wat er in de streekbijeenkomst als meest wenselijke maatregelen is beoordeeld. De maatregelen in het maatregelenpakket zijn op onderstaande kaart weergegeven.



Figuur 6-1. Schets met inrichtingsmaatregelen in het stroomgebied van de Eckeltsebeek.

De maatregelen zijn een combinatie van het verruimen zomerprofiel (groen, verdiepen profiel), verruimen winterprofiel (blauw, herstel/aanleg winterbed), het aanpakken van kunstwerken (oranje, duikers) en het aanpassen van het profiel van de Hoogwatergeul (rood). Daarnaast wordt ingezet op de verkenning van een aangepaste maaicyclus (dynamisch maaibeheer) en de monitoring van de inloop uit Duitsland (meetpunten).

- De fysieke maatregelen worden concreet uitgewerkt en vervolgens uitgevoerd. Een omschrijving wordt gegeven in paragraaf 6.4.1.
- De voorgestelde maatregelen dragen bij aan een robuustere inrichting van het systeem, vooral gericht op wateroverlast. In paragraaf 6.4.2. zijn nog een aantal aanvullende maatregelen opgenomen.
- Het aanpassen van de maaicyclus is een ingewikkeld proces. Ten behoeve van deze gebiedspilot zijn de eerste verkenningen gedaan naar wat er nodig is om dynamisch maaibeheer in te voeren. Een korte samenvatting hiervan is opgenomen in paragraaf 6.4.3.
- De monitoring inloop uit Duitsland is reeds gestart. Twee meetpunten zijn geplaatst, één in de Eckeltsebeek en één in de Horsterbeek. Het meten van het debiet geeft systeeminzicht.

6.4.1 Beschrijving fysieke maatregelen per tracé

De maatregelen zijn onderstaand per tracé beschreven. De indeling van de tracés is gemaakt op de veldsituatie van het nu aanwezige profiel en de daarmee samenhangende werkzaamheden op dat tracé. De nummering correspondeert met figuur 6-1.

Tracé 1: Aanpassingen profiel hoogwatergeul

De hoogwatergeul is 1.400 meter lang. Het profiel is een trapeziumprofiel met een bodembreedte van 4 m, taluds 1:2 en een diepte van bodem tot insteek van ca. 1,5 m. De beek is onder een constant verhang van 0,7 m/km gebracht (1 m op 1.400 m lengte). Grondverzet ca. 4 m³/m beek.

Tracé 2: Eckeltsebeek vanaf stuw HEC1 tot instroom Horsterbeek

Het heringerichte deel van de Eckeltsebeek is ca. 1.650 m lang. Dit deel krijgt een winterbed op ca. 50 cm boven de bodemhoogte van het zomerbed en een breedte van 10 m. Grondverzet bedraagt ca. 3 m³/m beek. De duikers in het tracé worden gereinigd.

Tracé 3: Eckeltsebeek vanaf instroom Horsterbeek tot aan grens

Het niet meanderen deel van de bovenloop is ongeveer 2.150 m lang en is ingeklemd tussen de weg en landbouwpercelen. Het profiel wordt hier met 20 cm verdiept en de taluds mee opgetrokken. De vijf bruggen / duikers in het tracé worden gereinigd, maar niet constructief aangepakt.

Tracé 4: Lackbar-Cereslossing

Het tracé met een trapeziumprofiel is 3.600 meter lang en kent een zeer gering verval. Het tracé wordt met 5 tot 10 cm uitgediept en de taluds weer in profiel gebracht. De twaalf duikers in het tracé worden gereinigd, maar niet constructief aangepakt.

Tracé 5: Horsterbeek

Het niet heringerichte deel (vanaf de instroom Eckeltsebeek stroomopwaarts) is 750 m lang. Hier wordt alleen slib verwijderd. Het heringerichte deel van de Horsterbeek is ca. 1.950 m lang. Op enkele plaatsen zijn er twee geulen. Hier wordt het slib verwijderd en een winterbed gerealiseerd, het grondverzet bedraagt ongeveer 2 m³/m beek. De duikers (5) in het tracé worden gereinigd, maar niet constructief aangepakt.

Tracé 6: Lakeyse Leigraaf

Over een lengte 2.250 m vanaf de instroom Eckeltsebeek stroomopwaarts wordt de bodem met 10 tot 20 cm uitgediept zodat een constant bodemverhang wordt gerealiseerd. Ook worden de taluds weer in profiel gebracht. De negen duikers in het tracé worden opnieuw in het profiel op hoogte gelegd, zoveel mogelijk worden duikers hergebruikt.

6.4.2 Andere mogelijke fysieke maatregelen

Naast de maatregelen uit de groslijst zijn er aanvullend nog drie maatregelen die in het stroomgebied genomen kunnen worden. Deze maatregelen vinden geen oorsprong in wateroverlast, maar hebben te maken met waterkwaliteit, droogte en onderhoud. Deze maatregelen zijn niet in het maatregelenpakket opgenomen en derhalve zijn ook de effecten niet doorgerekend. Deze maatregelen zijn:

- Verbinding van de kasteelgracht met de Eckeltsebeek herstellen ten behoeve van de waterkwaliteit. Via zijsloten wordt doorspoeling (met een klein debiet) van de kasteelgracht gerealiseerd. Dit mede op initiatief van de beheerder van de kasteelruïne. De maatregel heeft geen effect op het hydraulisch functioneren van de beek. Uitvoering maatregel in overleg met de beheerder.
- Tracé van de Eckeltsebeek zuidelijk van het kasteel iets verleggen ten behoeve van onderhoud en doorstroming. Feitelijk wordt hier de Hoogwatergeul nog iets mee verlengd. Onduidelijk is in hoeverre dit bijdraagt aan het hydraulisch functioneren van de beek. Deze maatregel wordt op een later tijdstip nog onderzocht.
- Aanleg van 'droogtestuwen' in de Eckeltsebeek. Het maatregelenpakket heeft een verdrogend neveneffect in de bovenloop bij lagere afvoeren. Door de aanleg van een droogtestuw(en) kan het peil ook bij lage afvoeren voldoende hoog worden gehouden om verdroging te voorkomen. De aanleg van een of meer droogtestuwen is alleen voorzien in de niet heringerichte delen van tracé 3 en eventueel 5.

6.4.3 Maatregel dynamisch maaibeheer

Dynamisch maaibeheer is als laatste maatregel toegevoegd aan het maatregelenpakket voor de Gebiedspilot Eckeltsebeek. In de Eckeltsebeek heeft de begroeiingsgraad in de heringerichte delen een grote invloed op het hydraulisch functioneren van het systeem.

Dynamisch Maaibeheer betekent dat het maaien van de watergangen wordt ingepland op basis van de actuele begroeiingsgraad van de beek. Afhankelijk van de begroeiingsgraad en snelheid van groeien zal er eerder, later, of frequenter gemaaid moeten worden. Dit betekent dat in de zomers waarin de begroeiing harder groeit dan gemiddeld er eerder gemaaid moet worden. Andersom kan het ook zijn dat in de zomers waarin de begroeiing minder hard en in perioden van droogte de maaibeurt later of helemaal niet wordt uitgevoerd.

De klimaatverandering zorgt ervoor dat gemiddeld genomen de begroeiing steeds harder/ sneller groeit en het groeiseizoen eerder begint en langer doorloopt. Tevens is het moment waarop gemaaid moet worden steeds minder voorspelbaar. Jaren onderling verschillen steeds meer. Dit is dan ook de achterliggende reden om dynamisch maaibeheer als maatregel op te nemen. Op dit moment gebeurt dit ook al in een beperktere vorm. Er wordt steeds vaker gekeken of er eerder of later gemaaid moet worden ten opzichte van de maaikalender.

Het stroomgebied van de Eckeltsebeek is zeer geschikt om te experimenteren met Dynamisch Maaibeheer. Er zijn meerdere peilmeetpunten aanwezig en sinds kort ook een tweetal debietmeetpunten voorhanden. De grote invloed van de weerstand op het stromingsregime en de combinatie van natuur- en landbouwfuncties maken een flexibeler ingericht maaibeheer tot een waardevolle bijdrage aan het beheer en onderhoud van de beek. Daarom worden de mogelijkheden voor het stroomgebied van de Eckeltsebeek nader verkend om Dynamisch Maaibeheer toe te passen. Dit zal dan een meerjarig monitoringstraject worden. Denk hierbij aan ervaringen van de peilen, begroeiingshoeveelheden, frequentie van maaien etc..

Ook de inbreng van waterschapseigen persoonlijke, regionale ervaringen en feiten spelen hierin een belangrijke rol. Het waterschap heeft ongeveer 2.700 km watergangen in beheer en onderhoud. Een dynamisch maaibeheer noodzaakt tot extra aandacht voor de bedrijfsvoering en prioritering bij het onderhoud. Door de Eckeltsebeek als pilotgebied in te zetten voor dynamisch maaibeheer wordt meer inzicht verkregen in de systematiek van dynamisch maaibeheer en -beleid.

6.5 Effecten van het maatregelenpakket

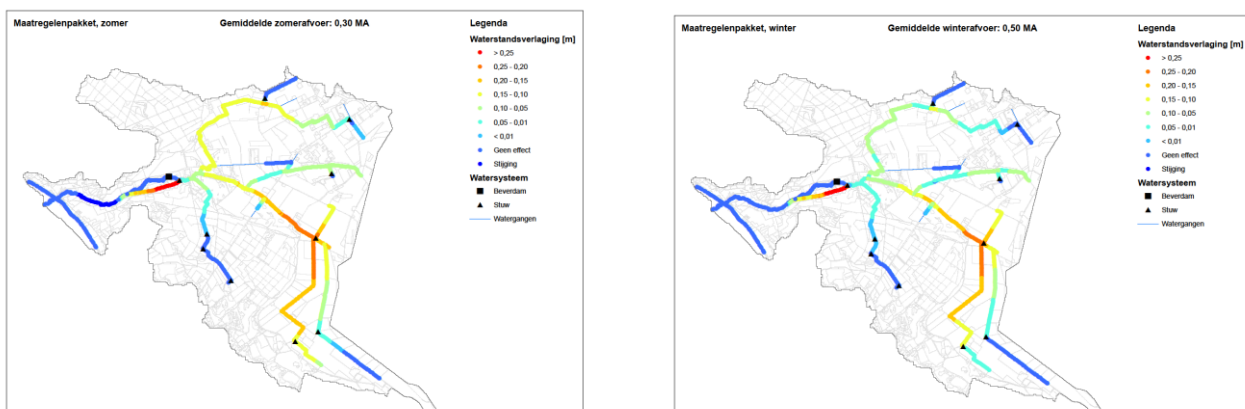
Om het effect van het totale maatregelenpakket inzichtelijk te maken zijn drie berekeningen uitgevoerd.

- Stationaire berekeningen met het oppervlaktewatermodel: Hiermee zijn de effecten van het maatregelenpakket voor een gemiddelde zomer- en wintersituatie bepaald.
- Vertaling van de peilveranderingen in het oppervlaktewatersysteem op het grondwaterregime met een stationaire berekening met het grondwatermodel. Hiermee is ruimtelijk inzichtelijk wat de verandering van de grondwaterstanden op perceelsniveau is.
- De situatie juni 2016. Deze is vergeleken met de berekening van de situatie in 2016. Hiermee is in beeld gebracht wat het maatregelenpakket betekent in een extreme situatie.

De resultaten van deze berekeningen zijn in de volgende paragrafen opgenomen.

6.5.1 Effecten maatregelenpakket in het beekstelsysteem

Het maatregelenpakket zorgt voor een duidelijke verlaging van de waterstanden in zowel de gemiddelde zomer- als de wintersituatie. Van beide situaties zijn ter illustratie kleine kaarten opgenomen. De grootste verlagingen van de waterstand worden bereikt bij de instroom van de Lackbar-Cereslossing in de Eckeltsebeek. De verlagingen, zowel bij 30% als 50% van de maatgevende afvoer, zijn 20 tot 25 centimeter (donkeroranje in onderstaande figuur). In de Horsterbeek en in de Lakeyse Leigraaf wordt het peil met ca. 5 tot 10 cm verlaagd.



Figuur 6-2. Berekende peilver verschillen in het stroomgebied na doorvoeren van het maatregelenpakket. De kaarten zijn op groot formaat tevens opgenomen in de kaartenbijlage.

De berekende peilen zijn voor de actuele situatie en na doorvoeren van de maatregelen voor een aantal belangrijke locaties ook in tabel vorm weergegeven. Dit zijn locaties die van belang zijn geweest voor het behalen van de doelstellingen van het project, zoals het instroompunt van de Lackbar-Cereslossing (WB21 knelpunt) en de instroom van de Horsterbeek in de Eckeltsebeek (ijkpunt bovenstrooms heringerichte deel).

NB. De gepresenteerde peilen gaan uit van het maatregelenpakket van 1 mei 2018. Hierin zijn aanvullende maatregelen, zoals de droogtestuwen (par. 6.5.4.) nog niet meegenomen.

Tabel 6-3. Vergelijking van lage afvoersituatie: voor herinrichting, actuele peilen en na uitvoering van maatregelen, bij 30% van de maatgevende afvoer (zomerweerstand)

Locatie	Debiet [l/s]	Actueel peil [m NAP]	Peil na maatregelen [m NAP]
Eckeltsebeek, bovenstrooms stuw HEC1	660	13,59	13,59
Eckeltsebeek, instroom Horsterbeek	550	14,18	14,03
Eckeltsebeek, instroom Lackbar-Cereslossing	330	15,59	15,36
Horsterbeek, grens	180	15,18	15,12

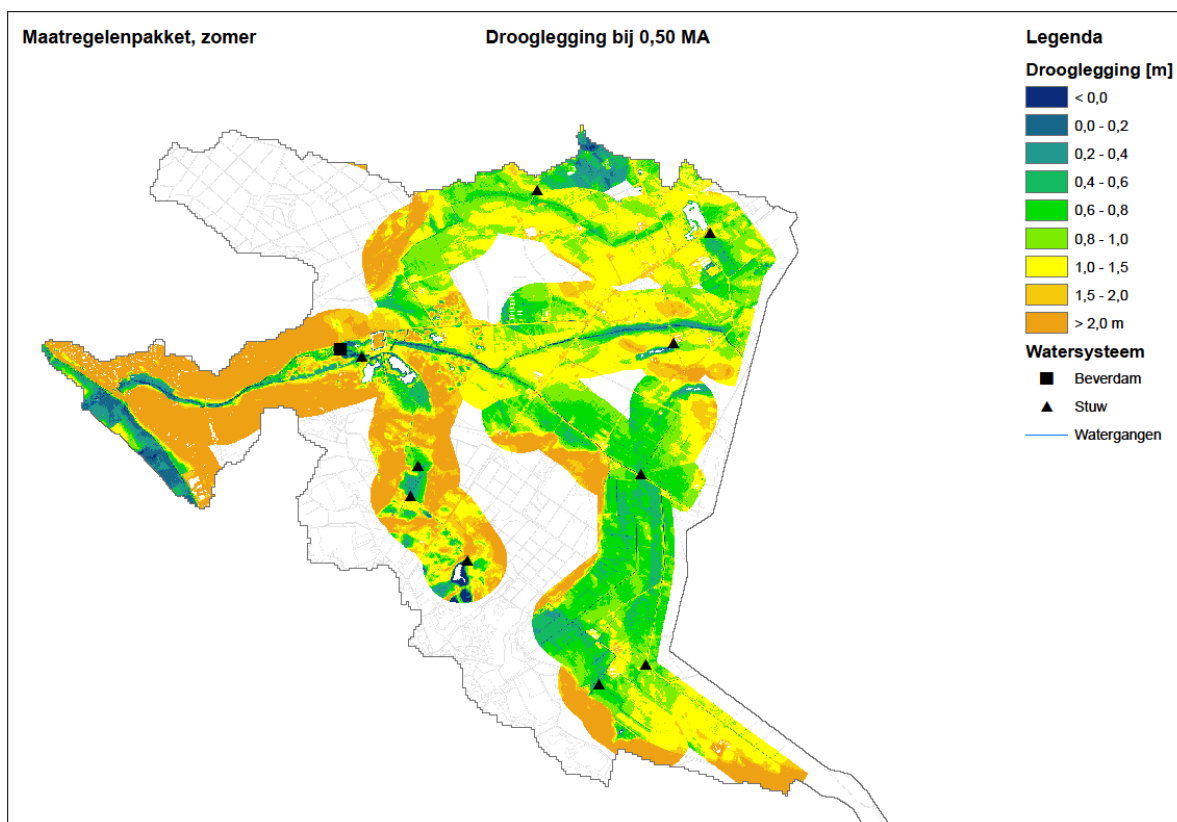
Tabel 6-4. Vergelijking van hoge afvoersituatie: voor herinrichting, actuele peilen en na uitvoering van maatregelen, bij 50% van de maatgevende afvoer (zomerweerstand)

Locatie	Debiet [l/s]	Actueel peil [m NAP]	Peil na maatregelen [m NAP]
Eckeltsebeek, bovenstrooms stuw HEC1	1050	13,67	13,67
Eckeltsebeek, instroom Horsterbeek	865	14,42	14,21
Eckeltsebeek, instroom Lackbar-Cereslossing	525	15,79	15,57
Horsterbeek, grens	280	15,36	15,15

De verlagingen bij lagere afvoeren zijn kleiner dan die bij hoge afvoeren. Alleen bij de Lackbar-Cereslossing wordt zowel bij lage als bij hogere afvoeren de waterstand flink verlaagd (20-25 cm). In droge tijden kan het daarom nodig zijn om actief water vast te houden door het plaatsen van droogtestuwen. Dit is mede afhankelijk van de impact van de verlagingen op de grondwaterstanden. Let wel: in het zomerscenario is ook rekening gehouden met een **meer begroeide** watergang, waardoor de berekende peilverschillen hier groter zijn.

6.5.2 Effecten op de drooglegging

De drooglegging (zowel zomer als winter) wordt hierdoor aanzienlijk verbeterd in het landbouwgebied rond de Lackbar-Cereslossing. Als voorbeeld is hier de drooglegging in de zomersituatie weergegeven. Waar eerder de drooglegging op veel plekken nog 20 tot 40 cm was, is deze nu grotendeels 40 tot 60 cm en hoger. Voor landbouw is minimaal 50 cm de norm.



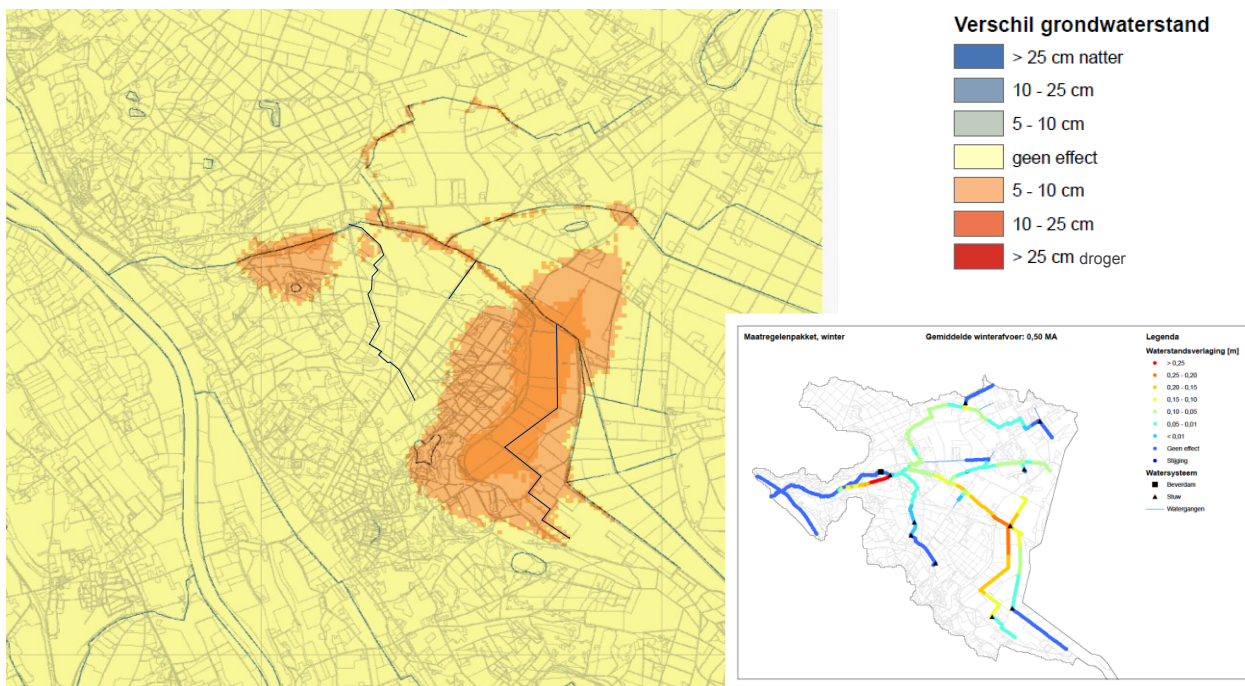
Figuur 6-3. Drooglegging zomersituatie.

De berekening is gedaan bij een afvoer van 50% van de maatgevende afvoer, bij lagere (zomerse) afvoeren is de drooglegging dus nog groter.

6.5.3 Effecten van het maatregelenpakket op de grondwaterstanden in het gebied

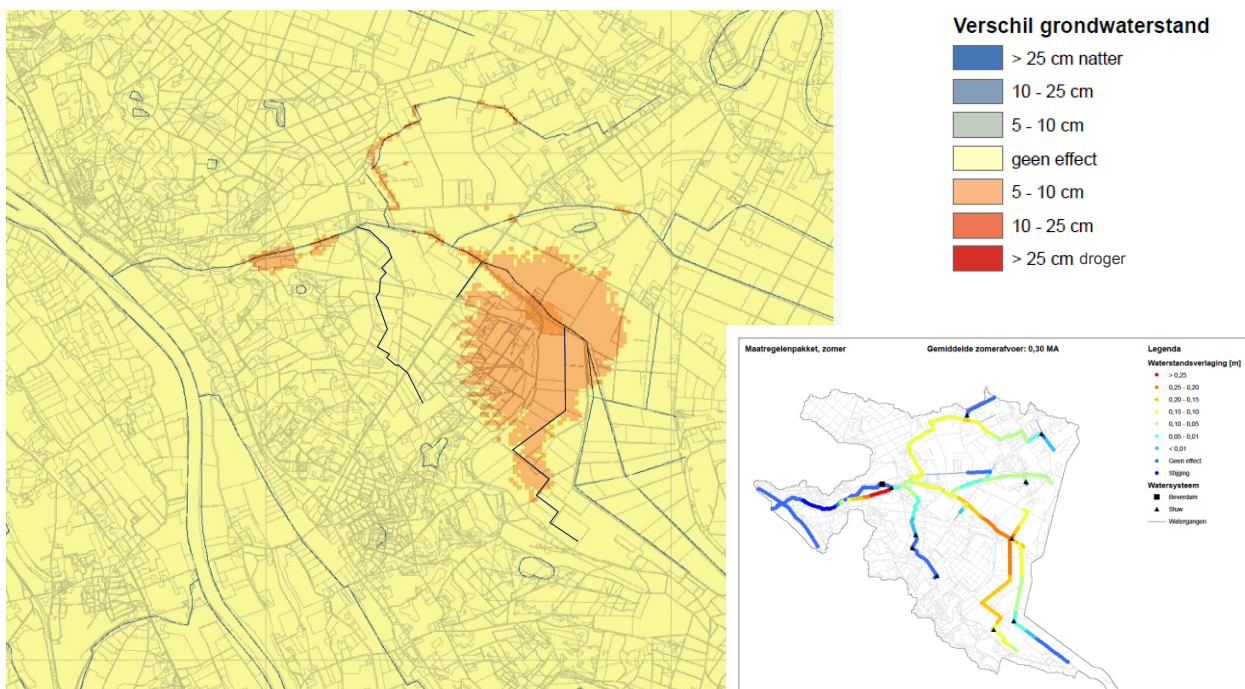
De maatregelen hebben peilverlagingen in het oppervlaktewater tot gevolg en beïnvloeden vervolgens de grondwaterstanden. Een indicatie van de effecten is verkregen met behulp van de rekenresultaten van het integrale niet-stationaire model. Hierbij is op basis van de grondwaterstanden van 2014 en 2015 een drogere zomersituatie en een nattere wintersituatie berekend (een GLG en GHG-situatie). Voor deze situaties is het effect van de maatregelen in de beken doorgerekend.

De effecten op de grondwaterstanden zijn in onderstaande figuren weergegeven. Het effect is zowel voor de GHG (natte periode met hoge grondwaterstanden) als voor de GLG (droge periode met lage grondwaterstanden) bepaald. Door de maatregelen worden met name een lagere GHG gerealiseerd in het gebied rond de Lackbar-Cereslossing en nabij de bovenloop van de Eckeltsebeek. Ook rond de Hoogwatergeul is een duidelijk effect merkbaar. Hier zal de grondwateroverlast in natte perioden dus ook afnemen. De donkeroranje vlek betekent een daling van 10 tot 25 cm.



Figuur 6-4. Effecten tijdens een wintersituatie (inzet: effect op oppervlaktewater). Geel: geen effect (< 5 cm), lichtoranje: 5-10 cm verlaging en donkeroranje: 10-25 cm verlaging.

Ook voor de een zomerse situatie is het effect op de grondwaterstanden bepaald. Hierbij is het wenselijk dat de grondwaterstanden niet te veel dalen. Maar door het verdiepen van de profielen is dit wel gebeurd. In de volgende figuur is het effect op de GLG weergegeven.



Figuur 6-5 Effecten tijdens een zomersituatie (inzet: effect op oppervlaktewater). Geel: geen effect (< 5 cm), lichtoranje: 5-10 cm verlaging en donkeroranje: 10-25 cm verlaging.

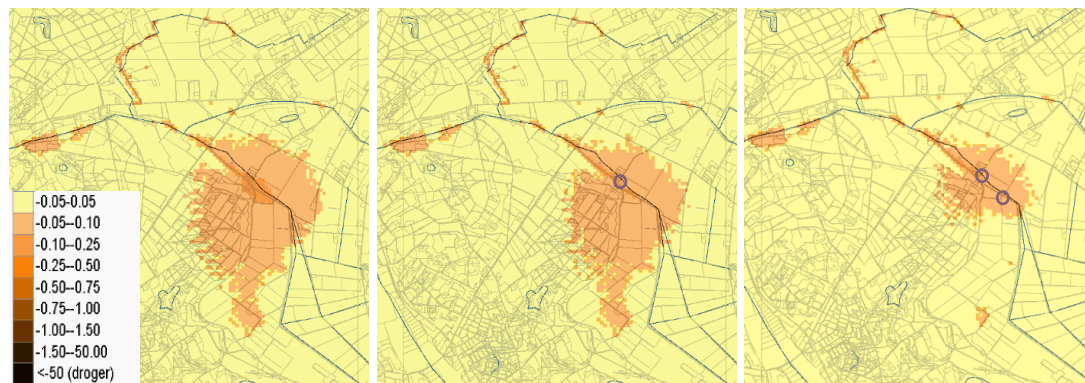
Het effect op de GLG is een stuk kleiner, maar wel aanwezig. Ook in droge perioden daalt dus de grondwaterstand. Het effect straalt hierbij ook uit richting Natura2000-gebied de Maasduinen. Deze zijn beschermd door landelijke regelgeving, waarbij geen negatieve effecten voor de natuurdoeltypen mogen optreden. Verondersteld wordt dat met name een verlaging van de GLG ongewenst is. Daarom is een verkenning gemaakt om de negatieve effecten op de GLG te voorkomen, waarbij direct ook waterconservering plaats vindt. In de volgende paragraaf worden de resultaten hiervan beschreven.

6.5.4 Mitigerende maatregel extreme droogte: droogtestuwen

Uit de figuren 6-4 en 6-5 blijkt dat het maatregelenpakket een grote invloed heeft op zowel de GHG als de GLG in het stroomgebied. De grondwaterstanden worden verlaagd, waarbij met name de verandering van de GLG in de Maasduinen als problematisch wordt gezien.

Een mogelijkheid om deze grondwaterstandsverlagingen te mitigeren is het plaatsen van droogtestuwen in de Eckeltsebeek en Lackbar-Cereslossing (LCL), die bij lagere afvoeren de oppervlaktewaterstanden verhoogd. Hoewel doorgaans het plaatsen van stuwen zoveel mogelijk wordt beperkt, is het hier als middel te rechtvaardigen. De stuwen worden immers niet geplaatst in het deel van het stroomgebied dat is aangemerkt als beekdal of natuurbeek. De maatregel is in die zin vergelijkbaar met het plaatsen van zogenaamde boerenstuwen.

In onderstaande figuren is het effect van het plaatsen van de droogtestuwen op de GLG en GHG weergegeven.

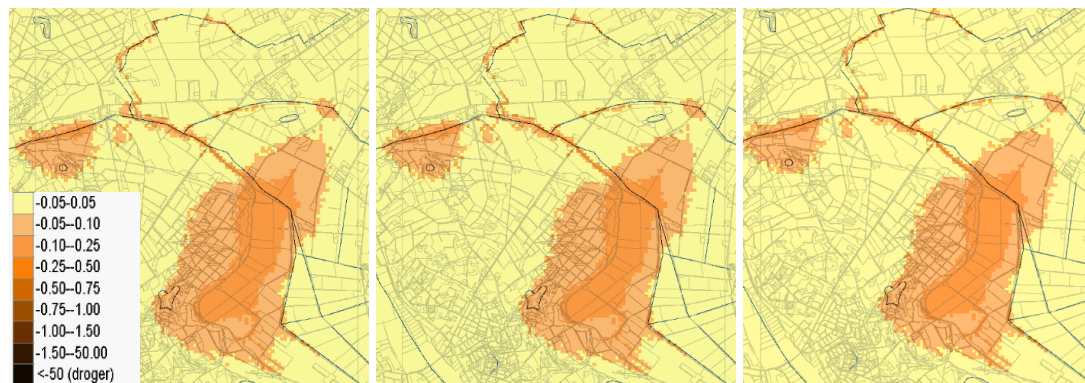


Maatregelenpakket

met 1 droogtestuw

met 2 droogtestuwen

Figuur 6-6 Effecten tijdens een zomersituatie (GLG).



Maatregelenpakket

met 1 droogtestuw

met 2 droogtestuwen

Figuur 6-7 Effecten tijdens een wintersituatie (GHG).

Het plaatsen van één droogtestuw op de locatie met de grootste grondwaterstands dalingen bleek niet afdoende. Het plaatsen van een tweede stuw, in de Lackbar-Cereslossing geeft wel het gewenste resultaat op de GLG.

De resultaten tonen aan dat het plaatsen van droogtestuwen ervoor zorgt dat de zomerse grondwaterstanden niet verder verlaagd worden, maar dat in een winterse situatie de gewenste verlaging in het landbouwgebied wel bereikt wordt. Het plaatsen van de droogtestuwen is dus een belangrijke aanvulling op het maatregelenpakket.

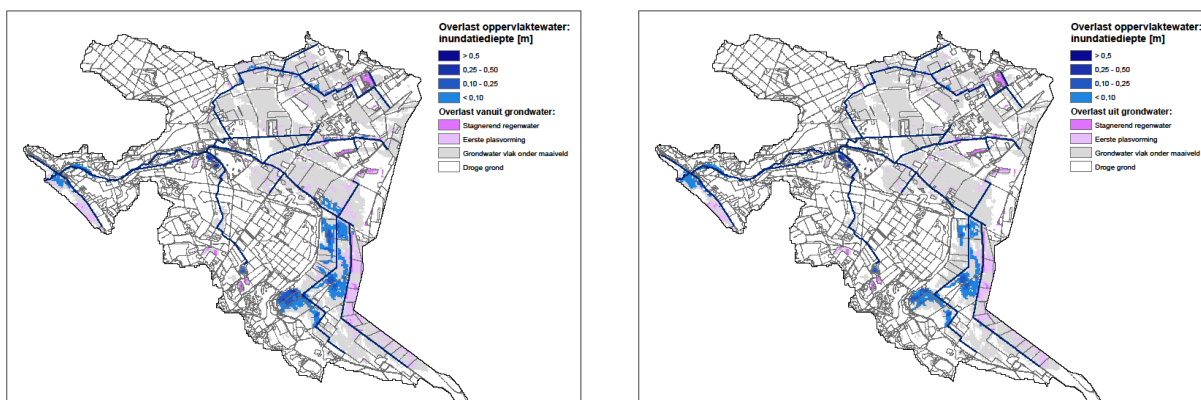
Wel moet men erop bedacht zijn dat het mitigerende effect van de droogtestuwen alleen geldt in situaties dat er water beschikbaar blijft. Uiteraard zullen de droogtestuwen wel bijdragen aan het langer vasthouden van water in het gebied en dus (net als peilgestuurde drainage en boerenstuwen) bijdragen aan waterconservering. In eerste instantie om de geïntroduceerde verdroging door de bodemverlaging te compenseren, maar mogelijk ook door het stuwpeil verder te verhogen. Het moment dat de Lackbar-Cereslossing droog komt te staan wordt dan uitgesteld. Bij extreme droogte zoals die van zomer 2018, waarbij waterlopen droog komen te staan, hebben droogtestuwen dus een kleiner, maar nog steeds wel positief mitigerend effect.

Om optimaal te profiteren van de droogtestuwen zal ook aanvoer via/vanaf de Lackbar-Cereslossing zo lang mogelijk in stand gehouden moeten worden. Gedacht kan worden aan het verbinden van de Lackbar-Cereslossing met de Spanischer Ley zodat water vanuit Duitsland ook via de Lackbar-Cereslossing kan worden geleid. En eventueel kan ook worden gedacht aan het toepassen van een derde droogtestuw in de Spanischer Ley.

Een openstaande vraag is welke randvoorwaarden het Natura 2000-gebied stelt aan de grondwaterstandsdynamiek en hoe gevoelig die is voor een verandering van de grondwaterstanden. Het effect op de GLG is door de droogtestuwen gemitigeerd, het effect op de GHG niet. Gebaseerd op de inschatting dat met name een verlaging de GLG als negatief wordt ervaren dienen de droogtestuwen hun doel.

6.5.5 Effect van het maatregelenpakket tijdens juni 2016 (zonder droogtestuwen)

De situatie juni 2016 was extreem door de enorme neerslaghoeveelheden, die effecten uitten zich in zowel (langdurig) verhoogde grondwaterstanden als oppervlaktewaterstanden. In hoofdstuk 5 is dit beschreven. Met het voorgestane maatregelenpakket had, gezien de extremiteit van de weersgesteldheid in 2016, de wateroverlast niet voorkomen kunnen worden. Mogelijk zou op bepaalde plaatsen de overlast minder zijn geweest, op andere plaatsen meer. Achteraf valt moeilijk aan te tonen welk concreet aandeel van de overlast toegerekend zou kunnen worden aan de herinrichting van de beek, respectievelijk zijn oorzaak vindt in de extreme weerssituatie.

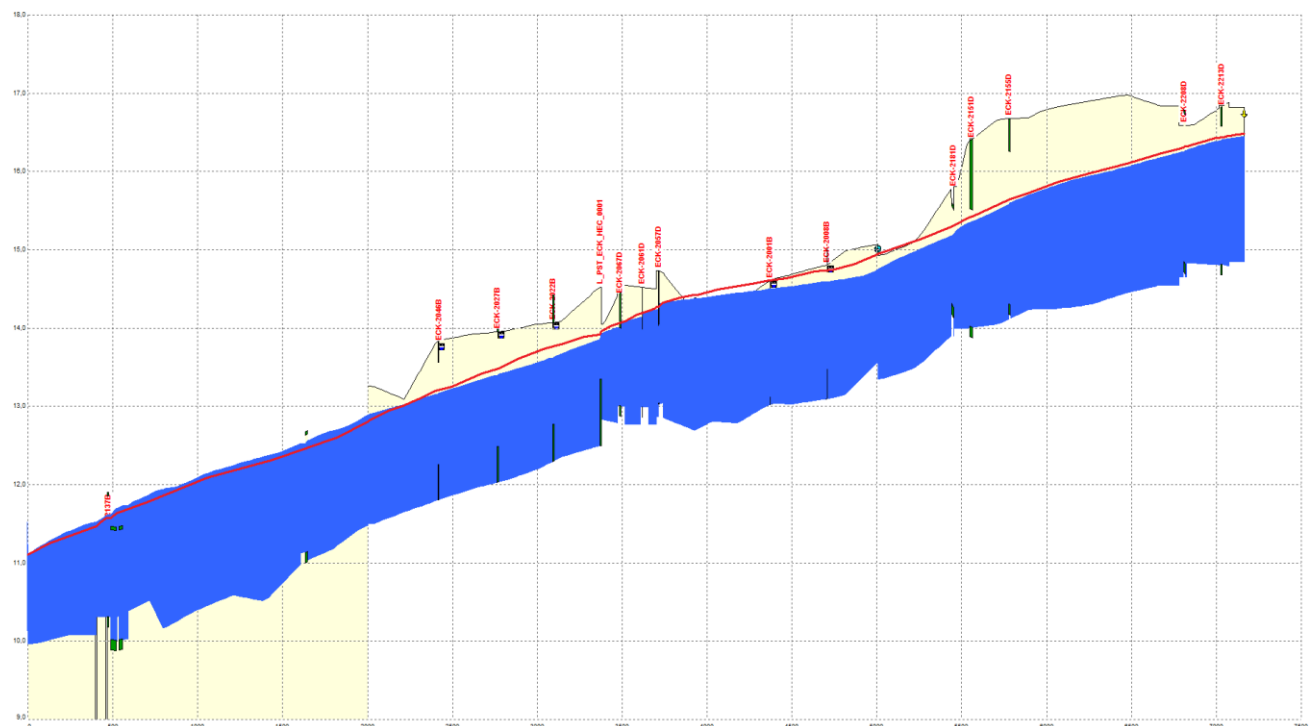


Figuur 6-8 Gecombineerd inundatiebeeld vanuit grondwater en oppervlaktewater, situatie van 4 juni 2016, 0:00 uur voor de huidige situatie en voor de situatie met maatregelen.

Op het eerste gezicht lijken de verschillen niet zo groot. Het overstromingspatroon van beide berekeningen is hetzelfde. Ook het gebied waarin hoge grondwaterstanden voorkomen, is voor het scenario met maatregelen vergelijkbaar met die van de actuele situatie. Wel zien we een afname van de grootte van de inundaties uit het oppervlaktewater en een veel mindere mate van regenwater dat op het land blijft staan. Zoals eerder gesteld: de situatie was zodanig extreem, dat met het maatregelenpakket de wateroverlast niet had kunnen worden voorkomen, maar wel verminderd.

Effect in het oppervlaktewater

De inundaties vanuit het oppervlaktewater tussen de Spänischer Lei en Lackbar-Cereslossing zijn met het maatregelenpakket afgenomen. De afvoergolf op de Eckeltsebeek is leidend voor de wateroverlast in dit gebied: water stroomt vanaf de Eckeltsebeek terug ofwel laat de afvoer vanuit het gebied stagneren. De hoogte van de afvoergolf bij de instroompunten in de Eckeltsebeek is door de maatregelen verlaagd, wat verklaart dat de wateroverlast is afgenomen. Dit is te zien in onderstaande figuur.



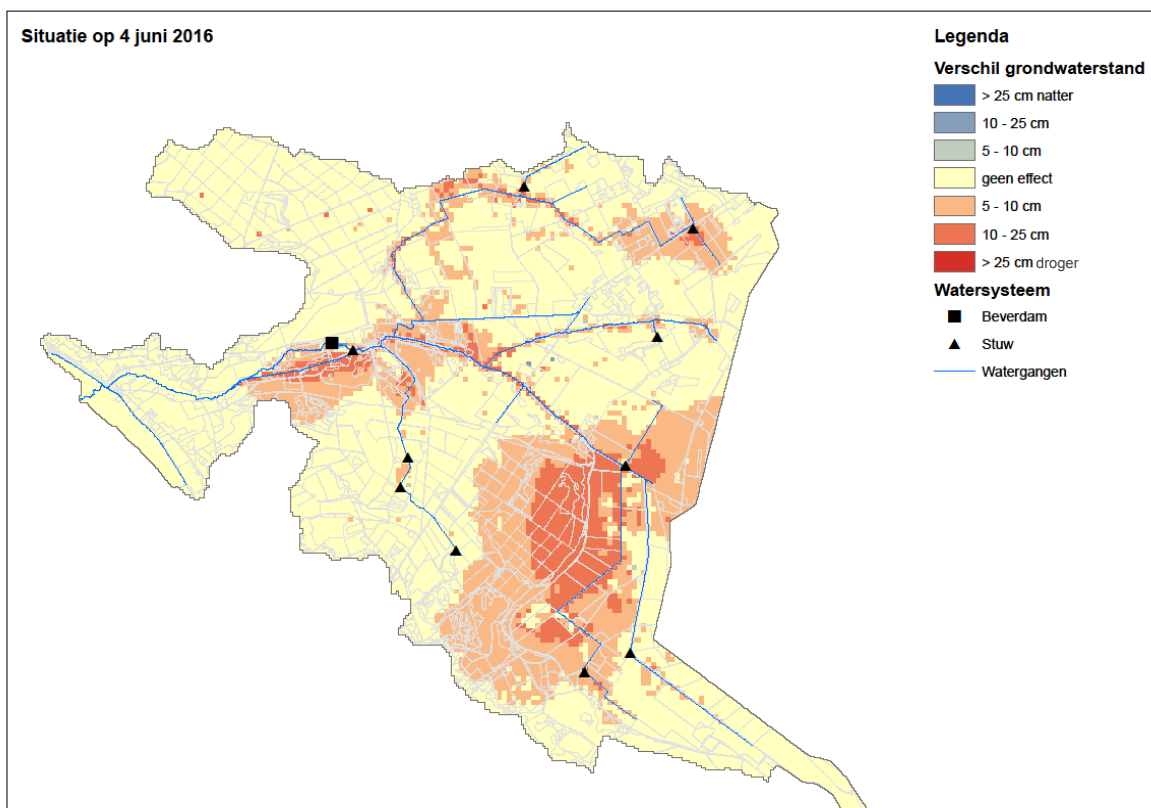
6-9. Vergelijking van de oppervlaktewaterstanden tijdens de eerste piek, 2 juni 2016, 21:00 uur.

Blauw: systeem met maatregelen. Rode lijn: systeem zonder maatregelen.

Bij het uitstroompunt van de Eckeltsebeek bij de Heerenwaardlossing en de Maasveldlossing nemen de oppervlaktewaterstanden bij een extreme bui enigszins toe. Dit leidt eveneens tot iets grotere inundaties aldaar. Dit is een effect wat vaker gezien wordt, wanneer de afvoer bovenstrooms wordt verbeterd en de afvoergolf minder tijd krijgt om af te vlakken. Let op: dit geldt alleen in zeer extreme situaties, ruim boven de toetsnorm (T10) van de percelen in de Maasmonding.

Het effect in het grondwater

Het lagere oppervlaktewaterpeil vertaalt zich naar het grondwater. Water op het maaiveld komt nog altijd voor maar wel op minder grote oppervlakken. Dit vindt zijn oorzaak in de lagere grondwaterstand voorafgaand aan de extreme neerslag. Hierdoor is er meer berging in de bodem en duurt het dus langer voordat water op maaiveld optreedt. Water op maaiveld kan dus bij dit soort extreme neerslaggebeurtenissen niet worden voorkomen. Maar door een betere ontwatering van de percelen (een verantwoordelijkheid van de eigenaar) en een verbeterde afwatering (de verantwoordelijkheid van het waterschap) is de frequentie van voorkomen en de duur wel te beïnvloeden. Het effect van een verbeterde afwatering is in onderstaande figuur goed te zien:



Figuur 6-10 Verlaging van de grondwaterstanden door het maatregelenpakket, situatie 4 juni 2016.

Conclusie

De berekening van juni 2016 na het doorvoeren van het maatregelenpakket laat zien dat de wateroverlast zich ook zal manifesteren nadat het beekstelsysteem flink op de schop is gegaan. De fysieke maatregelen, zijnde het aanpakken van het beekprofiel, aanpak van kunstwerken en verlagen van de watergangbodems, zorgen voor een vermindering van de wateroverlast, maar dit geldt niet voor alle percelen.

7 Tot slot

Dit rapport markeert het einde van de gebiedspilot Eckeltsebeek en is het resultaat van een jaar lang uitvoeren van verkenningen in het beekstelsysteem van de Eckeltsebeek. Het systeem is uitgebreid geanalyseerd. Zo is een beeld ontstaan van het functioneren onder droge, normale, natte en extreme omstandigheden. Ook is onderzocht wat de gevoeligheden in het systeem zijn, met name de invloed van begroeiing, en waar de knelpunten zitten. Daarnaast is de relatie gelegd met de wateroverlast van juni 2016.

Met dit complete beeld van het systeem zijn maatregelen onderzocht. Deze maatregelen zijn met name gericht op het verbeteren van het beekstelsysteem onder zeer natte en extreme omstandigheden. Dus op een robuustere inrichting van het beekstelsysteem waarmee getracht wordt in de toekomst (de kans op) wateroverlast te verminderen. Een inrichtingsvisie van de beek voor de toekomst.

Het maatregelenpakket is opgesteld op basis van de analyses en met input vanuit de streek die is geleverd in de twee gebiedsbijeenkomsten van november 2017 en maart 2018. Dit rapport met de daarin opgenomen maatregelen is ook besproken in een derde streekbijeenkomst op 24 juli 2018. Daar is geconcludeerd dat het maatregelenpakket in deze vorm bijdraagt aan de door de stakeholders gewenste inrichting. Uiteindelijk zijn daarna alleen nog de droogtestuwen toegevoegd aan het definitieve maatregelenpakket, zodat mogelijke negatieve effecten op de omgeving worden voorkomen. Hiermee eindigt de verkenningsfase van de gebiedspilot, maar het is dan nog niet klaar.

Het vervolg van de gebiedspilot zal een gedetailleerde uitwerking zijn van de maatregelen, zodat ze kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast wordt een pilot opgestart voor het toepassen van dynamisch maaibeheer op de Eckeltsebeek; een wens vanuit streek en waterschap. Zo wordt een start gemaakt met een toekomstbestendige inrichting van de Eckeltsebeek.

Bijlage 1. Beleids- en normenkader en gebiedsproces

B1.1 Inleiding

De gebiedspilot Eckeltsebeek heeft tot doel om samen met de streek tot maatregelen te komen om het functioneren van de Eckeltsebeek te verbeteren. Over dit functioneren zijn in de loop der jaren klachten ontstaan. Deels wordt dit gewijd aan verkeerde uitgangspunten in het ontwerp van de herinrichting van de beek, deels wordt dit gewijd aan de wijze waarop het ontwerp is uitgevoerd en wordt onderhouden.

Om te bepalen 'wat móet' en 'wat mág' is het van belang te weten wat de thans geldende normen zijn waaraan de staat van het watersysteem moet voldoen. 'Wat moet' zijn de ingrepen in het systeem om te voldoen aan deze normen. 'Wat mag' zijn ingrepen die het functioneren extra verbeteren of het beeksysteem toekomstbestendig maken.

De normen voor 'wat moet' komen vanuit verschillende wet- en regelgeving. Dit document is bedoeld om het toetsingskader te bepalen en dient als uitgangspunt van de watersysteemtoets.

B1.1.1 Geraadpleegde documenten

De normen volgen uit Europese, landelijke en provinciale wet- en regelgeving. Deze zijn vervat in de beleidsstukken van het waterschap. Aanvullend zijn er in de Leidraad Uitvoering Horsterbeek en Eckeltsebeek afspraken gemaakt.

Algemene beleidsdocumenten (geldig voor geheel Waterschap Limburg):

- Provinciaal Omgevingsplan Limburg 2014 (Prov. Limburg);
- Provinciaal Waterplan 2016-2021 (Prov. Limburg);
- Omgevingsverordening Limburg 2014 (Prov. Limburg);
- Waterbeheerplan 2016-2021: Water in Beweging (WPM/WRO, 2016).

Voorlopige toetsingscriteria beken:

- Voorlopige werkwijze NBW-toetsing;
- Voorlopige werkwijze drooglegging.

Specifieke aanvullingen:

- Herinrichtingsplan Eckeltsebeek (RHK, 10 december 2003, 9M9405/R008/EDI/MAAS);
- Evaluatie Eckeltsebeek 2011 – Hydrologische toetsing Eckeltsebeek” (WPM, 11 februari 2012).
- Evaluatie herinrichting Eckeltsebeek traject 2, 3 & 4 (WPM, 19 februari 2013);
- Leidraad Uitvoering Horsterbeek en Eckeltsebeek (WPM, december 2016);
- Rapportage Wateroverlast en knelpunten: Stroomgebied Eckeltsebeek, (LLTB 2016);
- Schouw Eckeltsebeek 20-01-2017, LLTB, (LLTB, Waterschap Limburg 2017).
- “Zandmaas/Maasroute, Tracébesluit, Peilopzetplan”, (RWS 2002).

B1.1.2 Veldbezoek projectgroep

Op 8 november 2017 heeft ook een veldbezoek plaatsgevonden met medewerkers van het Waterschap en Sweco. Hierbij is een zestal locaties aangedaan in het projectgebied, waaronder de monding in de Maas, de beverdam en hoogwatergeul, de Horsterbeek en Lackbar-Cereslossing.

B1.2 Normen

B1.2.1 Peilbeheer

Waterschap Limburg kent een inspanningsverplichting voor het behalen van de gewenste drooglegging. Dit betekent dat het peilbeheer is gericht op het behalen van een (lokale) minimale drooglegging. De wijze waarop de gewenste drooglegging wordt bepaald is niet in een protocol vastgelegd. Hierop is de voorlopige werkwijze voor het bepalen van de minimale drooglegging gebaseerd: deze wordt voor de zomer en winter bepaald bij 50% van de maatgevende afvoer.

Om meer grip te krijgen op het peilbeheer zijn streefpeilen gedefinieerd behorend bij de op dat moment aanwezige afvoer. Deze zijn opgenomen in het zogenaamde streefpeilenplan. Hierin is gegeven de afvoer en de op dat moment aanwezige begroeiingsgraad een peil opgenomen. Hieruit kan een bandbreedte van het peil worden afgeleid en geeft de beheerder houvast voor het onderhoudsplan van de beek.

In de Leidraad Uitvoering, waarin het praktische beheer is omschreven, wordt voor het peilbeheer verwezen naar het streefpeilenplan.

B1.2.2 Hydraulische normen en maatvoering

Hydraulische normen zijn restricties aan het maximale verhang of stroomsnelheid in een waterloop of kunstwerk bij de maatgevende afvoer. Vanuit het oogpunt van wateroverlast worden het verhang en de stroomsnelheid gelimiteerd om het functioneren van het watersysteem te waarborgen. Stroomsnelheden worden beperkt om schade aan de watergang, taluds (erosie) en kunstwerken te voorkomen. Het verhang wordt gelimiteerd om te veel opstuwung en dus kans op inundaties bovenstrooms te voorkomen. Vanuit ecologisch oogpunt worden een minimaal verhang en stroomsnelheid gewenst om de voorwaarden te creëren voor het ontwikkelen van de gewenste ecosystemen.

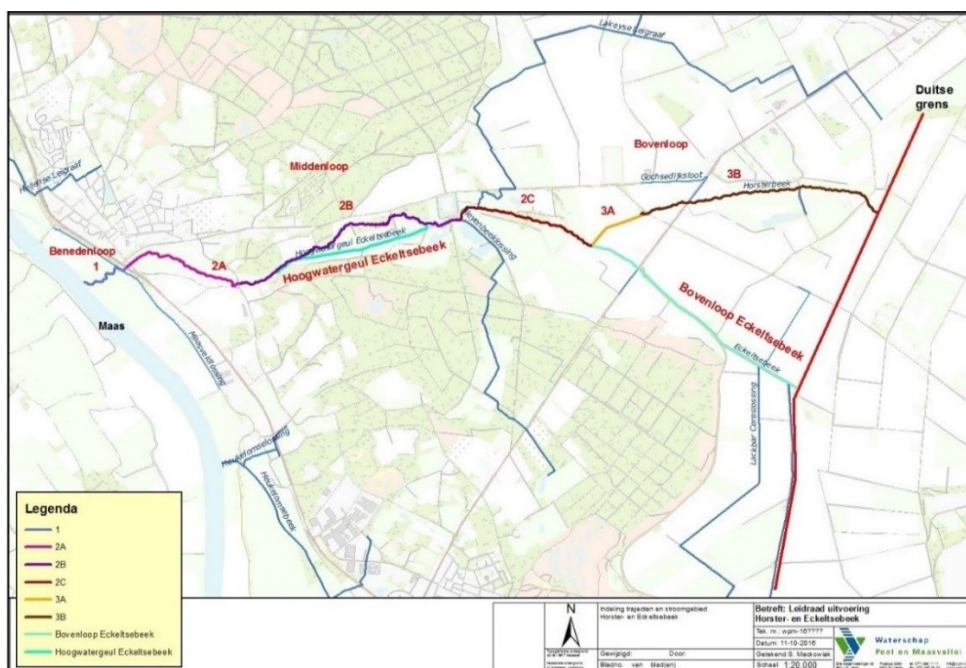
Hydraulische kenmerken zoals het verhang en de stroomsnelheid worden bepaald door de afmetingen van watergangen en kunstwerken, alsmede de begroeiingsgraad van de beek. Het Waterschap hanteert hiervoor geen algemene normen of eisen. Ook stelt zij aan de (minimale) afmetingen van watergangen en kunstwerken, waaraan het watersysteem moet voldoen. In plaats daarvan wordt per beek bekeken wat de optimale range van stroomsnelheden en verhang is, aan de hand van de doelen die volgen uit het toegewezen KRW-type.

In het algemeen geldt dat het realiseren van een minimale stroomsnelheid en verhang in de Noord-Limburgse beken al lastig genoeg is.

B1.2.3 Hydraulisch ontwerp Eckeltsebeek en Horsterbeek

De Horsterbeek en Eckeltsebeek zijn aangeduid als KRW-lichamen. Dit betekent dat aan deze beken doelen zijn gesteld aan de afmetingen (breedte en diepte), waterkwaliteit en het hydraulisch functioneren (stroomsnelheid, verhang, begroeiing). Het hydraulisch functioneren van deze beken moet leiden tot de natuurlijke ontwikkeling van het gewenste aquatische ecosysteem.

In de Leidraad Uitvoering Eckeltsbeek (een handboek voor het waterschap voor beek-onderhoud) zijn bandbreedtes aangegeven waarbinnen de (profiel)afmetingen, stroomsnelheid en het verhang bij voorkeur variëren. Onderstaande kaart geeft de deeltracés van de Eckeltsebeek en Horsterbeek weer waarvoor het gewenste hydraulisch functioneren is bepaald. In de navolgende tabel zijn de hydraulische ontwerpnormen opgenomen.



Figuur B1-2. Indeling Eckeltsebeek en Horsterbeek in deeltrajecten

Tabel B1-1. Hydraulisch ontwerp Eckeltsebeek en Horsterbeek

#	Naam	KRW-type [-]	Bodem [-]	Breedte [m]	Diepte [cm]	Stroomsnelheid [cm/s]	Verhang [m/km]	Begroeiing
1	Benedenloop	R5	Zand, slib	2-4	20-70	10-50	0	30-40%
2A	Middenloop Eckeltsebeek	R5	Zand, slib, dood hout	2-4	20-70	10-50	< 1	30-40%
2B	Middenloop Eckeltsebeek	R5	Zand, slib, dood hout	2-4	20-70	10-50	< 1	30-40%
2C	Middenloop Eckeltsebeek	R5	Zand, slib, dood hout	2-5	20-70	10-50	< 1	30-40%
3	Bovenloop Eckeltsebeek	R5	Zand, slib	1-2	20-70	10-50	< 1	30-40%
3A	Horsterbeek	R4	Zand, slib	1-2	30-60	20-50	< 1	< 30%
3B	Horsterbeek	R4	Zand, slib	1-3	30-60	20-50	< 1	< 30%

Let wel, alleen voor de KRW-lichamen zijn hydraulische ontwerpnormen bepaald. Voor de overige watergangen zijn vanuit de KRW geen bandbreedtes gedefinieerd. Voor deze beken zijn dus geen normen beschikbaar.

B1.2.4 Normering regionale wateroverlast

Naast het hydraulisch functioneren van de individuele watergangen (onder maatgevende omstandigheden) wordt gekeken naar het functioneren van het watersysteem onder extreme omstandigheden. De zogenaamde WB21 toets op de kans op regionale wateroverlast. In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) zijn tussen de rijksoverheid en regionale overheden afspraken gemaakt over de normering van regionale wateroverlast.

Deze werknormen vormen de leidraad voor het vaststellen van de daadwerkelijk te hanteren norm, er mag gemotiveerd worden afgeweken van de werknorm (zoals bijvoorbeeld in bebouwde gebieden in de diepe beekdalen in Zuid-Limburg en langs Natuurbeken wordt gedaan).

De zogenaamde NBW-normen zijn vastgesteld in de Omgevingsverordening van provincie Limburg en opgenomen in het Waterbeheerplan. De normen zijn onderstaand weer-gegeven.

Normen voor bescherming

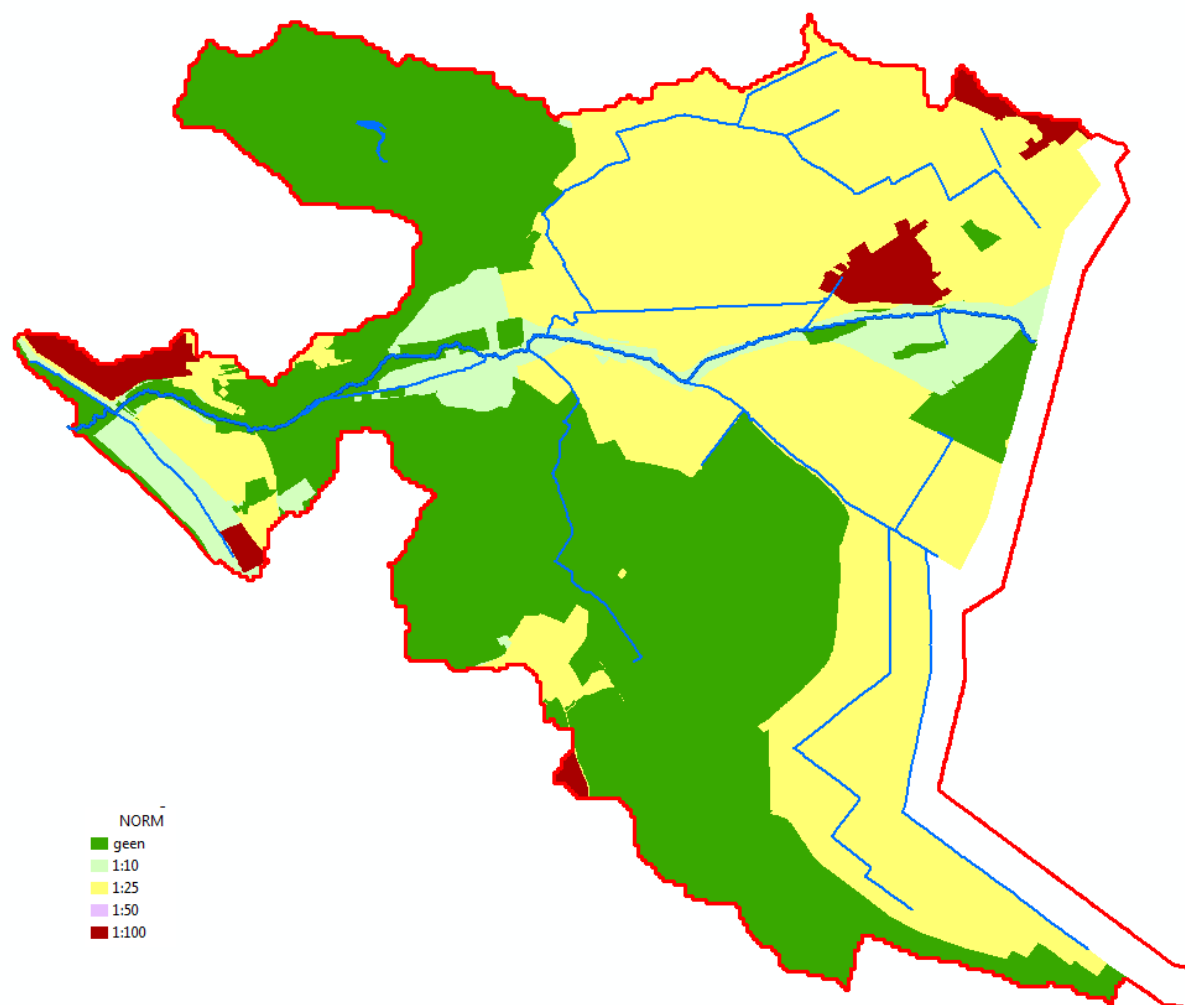
We kunnen geen garanties geven tegen wateroverlast. We treffen allerlei maatregelen om aan de vastgestelde normen tegen wateroverlast te voldoen, zoals het aanleggen van waterbuffers en het inrichten van beken (zie Bijlage H Kaart 2 Maatregelen). Valt er meer regen dan waar beken en buffers op zijn berekend, dan kan er wateroverlast optreden. Provincie Limburg heeft de Normeringskaart Wateroverlast vastgesteld: deze geeft aan waar welk beschermingsniveau tegen wateroverlast geldt, gebaseerd op de gebruiksfunctie van het gebied. In het POL geeft de provincie tevens de ambitie aan om voor bebouwing een norm van 1/100 na te streven. Dit betekent dat we bij het ontwerp van maatregelen in de planperiode onderstaande beschermingsniveaus onderzoeken.

POL zonering:	Specificatie	Te realiseren beschermingsniveau
Goud- en Zilvergroene natuurzone		Geen norm
Bronsgroene landschapszone en natuurlijke beekdalen	Langs natuurbeken Overige gebieden	Geen norm 1:10
Overige landbouwgebieden, stedelijk groen, recreatieparken		1:25
Glastuinbouwgebieden		1:50
Bebouwing	Alle woonbebouwing, bedrijven, ziekenhuizen	1:100

Toelichting bij de normen: Een norm van 1:100 houdt in: jaarlijks een kans van 1/100 dat wateroverlast plaatsvindt. De norm geldt voor bebouwde kernen voor water dat over de drempel in woon- en bedrijfsgebouwen, kantoren en ziekenhuizen stroomt. De normen komen tot stand na een kosten-batenanalyse.

Figuur B1-3. Normen voor wateroverlast vanuit het oppervlaktewater.

Bij de vastgestelde normen is tevens een normeringskaart opgenomen. Dit is de geografische vaststelling waar welke norm wordt gehanteerd. De normering en kaart vormen samen het kader voor de beoordeling van regionale wateroverlast. De normeringskaart uit de Omgevingsverordening is onderstaand opgenomen.



Figuur B1-4 Normeringskaart Verordening Water (Bron: Provincie Limburg).

Bij de normeringskaart is in het Provinciaal Waterplan een toelichting opgenomen. In deze toelichting wordt onder andere gesteld dat langs natuurbeken een zone van 25 meter aan weerszijde van de beek geen norm wordt gehanteerd, zolang zich hier geen landbouw of stedelijk gebied bevindt dat een norm van 1:25 jaar of hoger geniet. Dit is, vanwege het detailniveau, in de normeringskaart niet opgenomen. Dit betekent dat de normeringskaart nog aangepast moet worden: daar waar een 1:10 norm geldt en zich een natuurbek bevindt, mag de norm aangepast worden naar 'geen norm'.

B1.2.5 Overige randvoorwaarden

Naast de hiervoor omschreven randvoorwaarden die komen uit het beleidskader zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- riooloverstort op de Horsterbeek: drempelhoogte NAP +15,00 m;
- droogleggingseisen voor de golfbaan:

Landgebruik	Optimale drooglegging (in cm-mv)	Drooglegginseis bij MA (in cm-mv)
Akkerland	100	25
Grasland	80	15
Golfbaan (tees en fairways)	100	25
Golfbaan (greens)	100	50

- kasteelgracht instroom, voeding garanderen;
- eventuele beverdammen mogen zo min mogelijk wateroverlast veroorzaken;
- riooloverstort Afferden: drempelhoogte NAP +11,60 m;
- mogelijk opheffen van de primaire status van de Bleijenbeeklossing.

B1.3 Geschiedenis gebiedsproces

B1.3.1 Gebiedsproces tot aan juni 2016

Het gebiedsproces loopt al sinds de herinrichting in 2006. Vanaf dat moment loopt er een doorlopend proces omdat het functioneren van de beek ter discussie wordt gesteld. Onderstaand is een schets weergegeven van het verloop van gebiedsproces tot aan start project:

Tabel B1-2. Overzicht gebiedsproces

2006:	Werkzaamheden herinrichting gereed.
2007:	Meldingen wateroverlast.
2008:	Aanpassing profiel, zomerprofiel met 30-40 cm verdiept, peilmeetpunten geplaatst.
2010:	Overleg en evaluatie met omgeving en LLTB. Aan de hand van dit overleg wordt besloten een hydrologisch onderzoek uit te voeren en jaarlijks een omgevingsoverleg te voeren.
2011:	Hydrologisch onderzoek geeft aan dat peilen uit ontwerpplan voor herinrichting worden gehaald. Er zijn peilverlaging bij de Lackbar-Cereslossing te realiseren door bodem Eckeltsebeek bovenstrooms van de herinrichting te verlagen. Verdiepen van de hoogwatergeul heeft positief effect voor naastgelegen golfterrein. Onderzoekresultaten zijn besproken in jaarlijks overleg met de streek. Daar is besloten deze maatregelen direct uit te voeren. Ook komt er vervolgonderzoek naar de peilen voor en na herinrichting 2006.
2012:	Vervolgonderzoek van het Waterschap (ambtelijk) wijst uit dat er fouten zijn gemaakt in de berekeningen voor het ontwerpplan. Dit is vastgelegd in het rapport "Evaluatie Eckeltsebeek 2011 – Hydrologische toetsing Eckeltsebeek" ⁹ . Er is van te lage ontwerppeilen uitgegaan.
2012:	Dit jaar wordt ook voor het eerst de Beverdam geconstateerd in het heringerichte deel van de Eckeltsebeek, parallel aan de hoogwatergeul. Om enige afvoercapaciteit via de hoofdloop te bewerkstelligen wordt afgesproken een 'leveler' in de dam aan te leggen.
2014:	Jaarlijks overleg wordt gestopt, vanwege beperkte deelname. Meetgegevens 2008-2014 maken duidelijk dat waterstand sinds herinrichting ca. 10 cm hoger zijn nabij de instroom Horsterbeek in Eckeltsebeek.
2016:	In juni grote wateroverlast. Als gevolg van de extreme neerslag zijn 15 meldingen ontvangen van wateroverlast.

⁹ "Evaluatie Eckeltsebeek 2011 – Hydrologische toetsing Eckeltsebeek", 11 februari 2012.

W

B1.3.2 Evaluatie wateroverlast juni 2016

Naar aanleiding van de wateroverlast die is opgetreden in juni 2016 als gevolg van zeer extreme neerslag heeft een evaluatie van het functioneren van de Eckeltsebeek plaatsgevonden door de LLTB en het Waterschap. De LLTB heeft daarover een rapportage opgesteld met de titel: *Wateroverlast en knelpunten – Stroomgebied Eckeltsebeek 2016*¹⁰. In het rapport zijn knelpunten opgenomen en een aantal maatregelen om deze knelpunten op te lossen.

De knelpunten vallen uit een in hydraulische knelpunten (afmetingen) en onderhoudsknelpunten (aanzandingen, veel begroeiing). Daarnaast wordt in het algemeen ervaren dat de grondwaterstanden erg hoog zijn. Opgemerkt wordt dat dit niet uit de metingen blijkt.

Er is een aantal maatregelen voorgesteld:

- volledig openzetten afsluiters in duikers N271 (hydraulisch);
- maaien van winterbed (onderhoud);
- verwijderen van houtopstanden (onderhoud);
- verwijderen aanzandingen nabij duikers N271 (hydraulisch / onderhoud);
- vergroten van duikers bovenloop Eckeltsebeek, Cereslossing, Spanischer Lei (hydraulisch).

Deze maatregelen zijn allemaal uitgevoerd, met uitzondering van het vergroten van de duikers. Het vergroten van de duikers wordt meegenomen in deze gebiedspilot, waarbij de effectiviteit van de maatregel getoetst zal worden. Het verwijderen houtopstand is alleen gebeurd op eigendom van het waterschap.

B1.3.3 Schouw 20 januari 2017

In januari 2017 heeft wederom een schouw plaatsgevonden, waarbij zowel medewerkers van het waterschap als een vertegenwoordiging van de LLTB en belanghebbende aanwezig waren. Van deze schouw is door de LLTB een verslag opgesteld. Ook hierin zijn maatregelen voorgesteld om het functioneren van de Eckeltsebeek voor de landbouw te verbeteren.

Maatregelen:

- verwijderen zandverzakking bij N271;
- plaatsen van een klep in Maasveldlossing om te voorkomen dat Maaswater binnenstroomt;
- verwijderen aanzandingen en begroeiing bij en rondom de vee-oversteek bij Spitsbrug;
- verbeteren bereikbaarheid onderhoudspaden en uitvoeren onderhoud zoals het verwijderen van houtopstanden;
- verwijderen van de begroeiing aan zonzijde van de beek en het verbeteren van de schaduwwerking aan de zuidzijde van de beek;
- verwijderen van aanzandingen bij de stuw bij de instroom in de hoogwatergeul, tevens het verlagen van de stuw;
- verbeteren gezamenlijke afvoercapaciteit van de Eckeltsebeek en de Hoogwatergeul;
- verbeteren uitstroom van de duiker in de Lakeyse Leigraaf nabij de instroom in de Eckeltsebeek. De hoogteligging van de duiker is te hoog.

Dit zijn deels dezelfde maatregelen en allen reeds uitgevoerd, behoudens de laatste twee. Deze worden meegenomen in de gebiedspilot. Ook van deze twee maatregelen zal eerst de effectiviteit worden bepaald.

¹⁰ "Wateroverlast en knelpunten – Stroomgebied Eckeltsebeek", . et al., LLTB afdeling Maasduinen, 2016.

Bijlage 2. Beschrijving modelinstrumentarium

B2.1 Sobek-model

Het Sobek-model is zowel geactualiseerd als gekalibreerd. De aanpassingen en resultaten worden in de navolgende paragrafen beschreven

B2.1.1 Modelaanpassingen

Alle model aanpassingen. In de navolgende paragrafen is een samenvatting opgenomen van de aanpassingen. De aanpassingen zijn doorgevoerd op basis van de verzamelde landmeetkundige gegevens.

Profielen

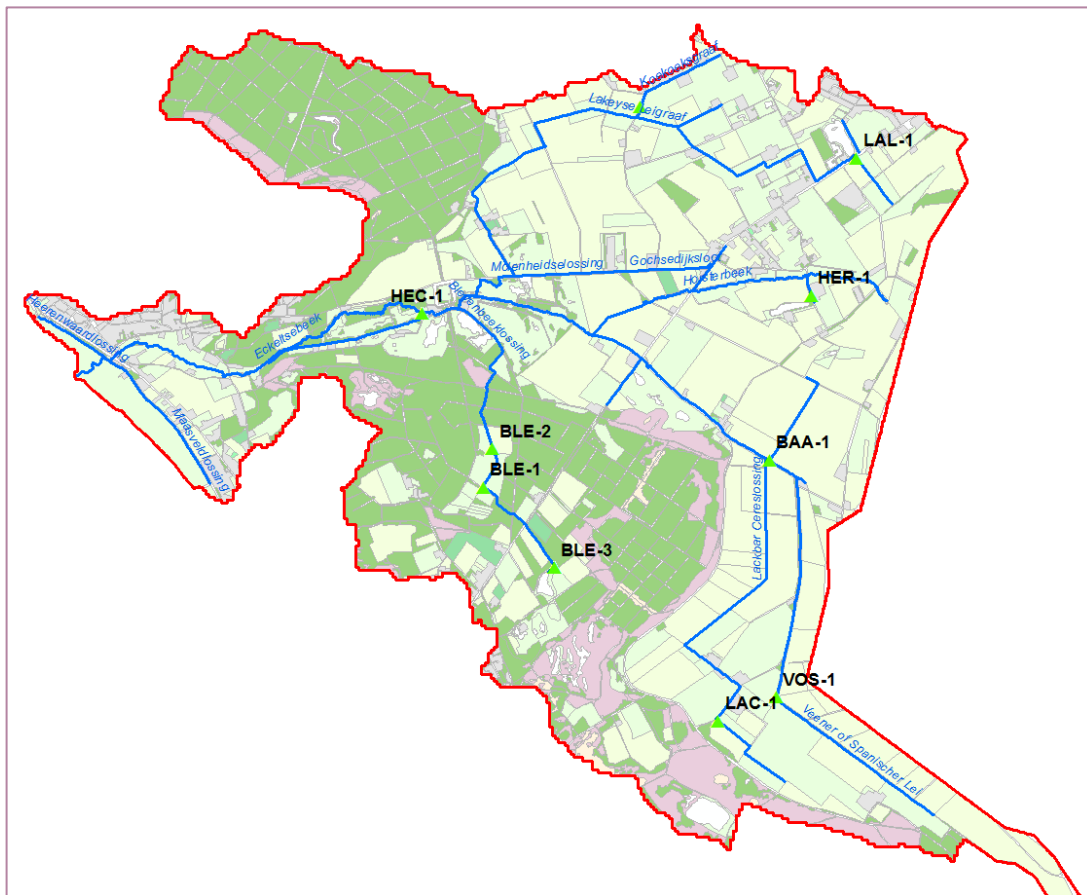
Alle hoofdwaterlopen, behalve de Spänischer Lei zijn opnieuw ingemeten. Voor deze waterlopen zijn de landmeetkundige gegevens vertaald naar dwarsprofielen in SOBEK, ter vervanging van de oude profielen. Daar waar geen nieuwe inmeting heeft plaatsgevonden zijn de profielen uit het basismodel opgenomen. De relatieve hoogteligging van de profielen is gecontroleerd. Er zijn geen afwijkingen gevonden.

Duikers

De duikers zijn overwegend goed opgenomen in het basismodel. Na controle tussen de modelgegevens en landmeetgegevens van 2017 bleek er een tweetal duikers niet meer te bestaan. Deze zijn verwijderd uit het model. Van een tweetal andere duikers zijn de diameters aangepast op basis van de inmeting. Tevens zijn drie nieuwe duikers toegevoegd. Tot slot zijn de duikers onder de Dorpsstraat en Rijksweg bij Afferden, in werkelijkheid twee kokers, geschematiseerd als één duiker met de gezamenlijke afmeting van de twee kokers. De weerstand in de duiker is verlaagd om te compenseren voor de extra wandwrijving die een dubbele koker heeft.

Stuwen

Er zijn tien stuwen opgenomen in het model. Er zijn geen nieuwe stuwlocaties bijgekomen of afgegaan. De actuele stuwinstelling zijn uit de stuwen-app overgenomen. Onderstaand overzicht geeft de opgenomen drempelhoogte, zomer- en winterstand van de stuwen in het model.



Figuur B2-1. Ligging stroomgebied met waterlopen en stuwen.

Tabel B2-1. Overzicht opgenomen stuwstanden.

Stuw	Drempelhoogte [m NAP]	Winterstand [m NAP]	Zomerstand [m NAP]
BAA-1	14,96	15,23	15,66
BLE-1	13,82	13,85	14,15
BLE-2	13,90	14,16	14,16
BLE-3	14,85	14,90	15,15
HEC-1	12,69	13,40	13,40
HER-1	14,64	15,00	15,00
KOE-1	14,33	14,65	14,73
LAC-1	15,26	15,55	15,86
LAL-1	14,79	15,00	15,30
VOS-1	15,46	15,75	16,10

Beverdam

De leveler in de beverdam bestaat uit een geperforeerde buis door de dam heen met een uitstroombak. Het uitstroomepeil is in hoogte verstelbaar door het plaatsen of verwijderen van houten schotjes in de uitstroombak. In het model is hiervoor een 'universal weir' opgenomen. Hiermee kan een stuw worden geschematiseerd met een vrij te kiezen dwarsprofiel. Bij lage peilen wordt een klein debiet doorgelaten door een smalle V-vormige opening. De breedte en hoogte van de opening is zodanig gekozen, dat deze het beste een duiker met een diameter van 300 mm benadert. Bij grote peilstijgingen kan stroming over de dam plaatsvinden.

Afvoer

Voor de stationaire afvoer is uitgegaan van het basismodel. De afvoer uit het basismodel is vergeleken met de maatgevende afvoerkaart van het Waterschap. Hieruit bleek dat de debietverdeling tussen de Horsterbeek en Eckeltsebeek niet strookte met de werkelijkheid, doordat een deel van de afvoer uit Duitsland via de Spänscher Lei niet goed was meegenomen. In overleg met de projecthydroloog is daarom de afvoer via de Spänscher Lei verhoogd. Het is echter de vraag hoe de afvoer uit Duitsland daadwerkelijk Nederland binnenkomt, omdat deze via meerdere verbindingen tussen de Spänscher Lei (Duitsland) en de Alte Spänscher of Veenerlei (Nederland) kan toestromen. Daarnaast is er de mogelijkheid om het water in Duitsland via schuiven om te leiden naar de Eckeltsebeek.

Peilopzet Maas

In juli 2014 en juli 2015 is in twee fases het peil van de Maas opgezet van NAP +10,85 m naar NAP +11,10 m bij de stuw Sambeek. De Maas kent hierdoor bij lage afvoeren nauwelijks verval, waardoor de randvoorwaarde een op een is opgenomen als Maaspeil bij de monding van de Eckeltsebeek. Alleen bij hoge afvoeren op de Maas neemt het peil op de Maas toe. Voor de modellering wordt uitgegaan van een normaal Maaspeil.

Riooloverstorten en kasgebieden (alleen gebruikt bij dynamische berekening)

De riooloverstorten en kasgebieden in het basismodel zijn correct opgenomen. Er zijn geen wijzigingen doorgevoerd.

B2.1.2 Kalibratie

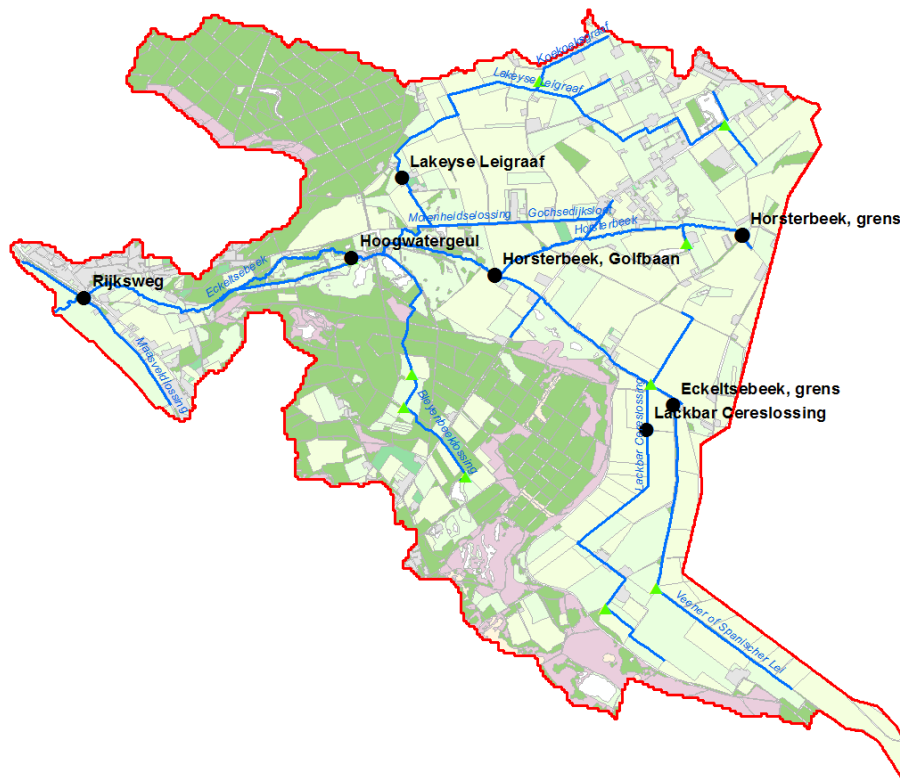
Het hydraulisch functioneren van het model wordt bepaald door drie elementen:

1. de afmetingen van het systeem;
2. de instelling van kunstwerken (het dagelijks beheer van de verstelbare kunstwerken);
3. de weerstand (door aanwezige begroeiing).

De afmetingen van het systeem liggen vast en zijn met de meest actuele gegevens opgenomen. Er zijn geen automatische stuwen in het gebied aanwezig, wat betekent dat de verstelbare stuwen handmatig worden bediend. In het model zijn de stuwen vastgezet op hun standaard zomer- en winterstand bij alle afvoeren. Dit betekent dat alleen de weerstand een nog vrij te kiezen parameter is, waarop gekalibreerd wordt.

Gegevens

Voor de kalibratie zijn alle automatische registraties in het gebied gebruikt. De registraties zijn teruggebracht tot daggemiddelden. De ligging van de meetpunten is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur B2-1. Ligging meetpunten medio 2017. Nb: De in november 2017 geplaatste debietmeetpunten zijn niet op kaart opgenomen.

Op alle punten zijn peilregistraties beschikbaar, alleen bij het meetpunt Rijksweg wordt ook het debiet gemeten. Andere registraties van het debiet zijn niet voor handen.

Er is gebruik gemaakt van alle registraties tussen 2008 en de zomer 2014, dus van voor de peilopzet van de Maas. Redenen om van deze periode gebruik te maken zijn: 1) er wordt gebruik gemaakt van de langst mogelijke periode waarin geen hydrologische ingrepen zijn gepleegd en 2) de kalibratie is voor een groot bereik van afvoeren uit te voeren. Het eerst is nodig omdat om het effect van de weerstand op het systeemgedrag te onderzoeken, het noodzakelijk is dat andere oorzaken van veranderend gedrag buiten de meetreeks worden gehouden. Hydrologische ingrepen, zoals de peilopzet, beïnvloeden het systeemgedrag. Het laatst zit hem in het feit dat door de peilopzet van de Maas de relatie tussen het debiet en waterstand enorm is afgevlakt voor de lagere afvoeren. Het peil verandert door de Maasopzet nauwelijks meer bij variërende, lage afvoeren. De invloed van de weerstand wordt dan ook kleiner.

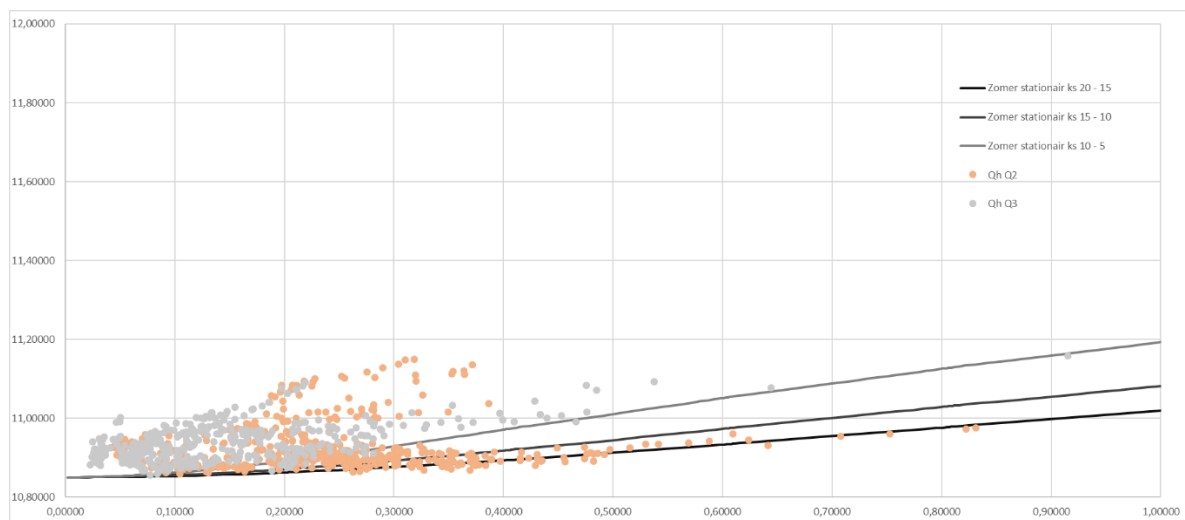
Methode

Vanwege het ontbreken van meerdere locaties met een gecombineerde peil- en debietregistratie is een gedifferentieerde kalibratie van de weerstand per watergang niet mogelijk. Daarom is eerst in detail gekeken naar het effect van de weerstandsparameter in de zomer en in de winter op de meetlocatie Rijksweg. Uit deze analyse zijn de waarden voor de weerstandsparameter voor de zomer en winter gekozen.

Resultaten

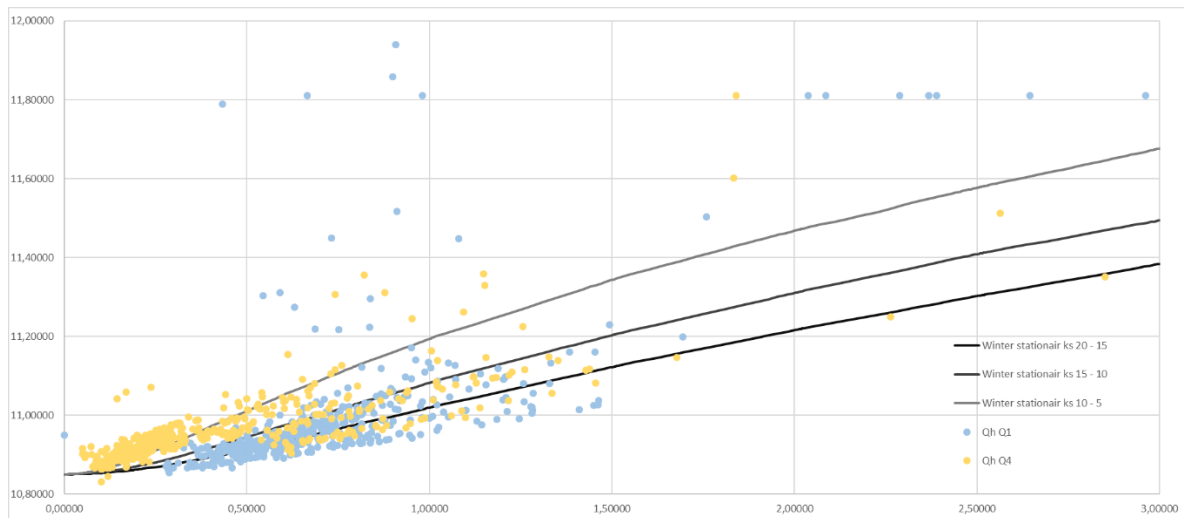
Bij het meetpunt Rijksweg is zijn de gemeten Q-h-relaties (peil bij afvoer) vergeleken met de berekende waarden in de zomer en de winter. Deze zijn in onderstaande figuren inzichtelijk gemaakt.

Voor de lagere afvoeren is in de zomer is een grote bandbreedte van het peil bij dezelfde afvoer aanwezig. De reden hiervoor is niet duidelijk. Er is goed te zien dat het systeemgedrag bij hogere afvoeren verschilt in de eerste helft van de zomer (kwartaal 2) en de tweede helft van de zomer (kwartaal 3). In kwartaal 3 worden hogere peilen gemeten. Dit komt overeen toenemende mate van begroeiing in het derde kwartaal. Voor de weerstand wordt uitgegaan van de 'worstcasesituatie', er is gekozen voor een waarde k_s van $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ voor de hoofdwaterlopen en $5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ voor de zijwatergangen.



Figuur B2-3. Vergelijking Q-h-relatie in SOBEK voor diverse weerstanden (lijnen) met de meetgegevens van de Rijksweg voor kwartaal 2 (oranje punten) en kwartaal 3 (grijze punten)

Voor de winter is op eenzelfde wijze de metingen de vergelijking gemaakt. De Q-h-relatie in de metingen is veel eenduidiger dan in de zomer, zoals te zien is in onderstaande figuur. Voor de weerstand is hier gekozen voor de onderste lijn, een waarde voor k_s van $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ voor de hoofdwaterlopen en $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ voor de zijwatergangen. Daarnaast vallen in deze figuur de zeer hoge peilmetingen op. Deze zijn gerelateerd aan hoogwaters op de Maas.

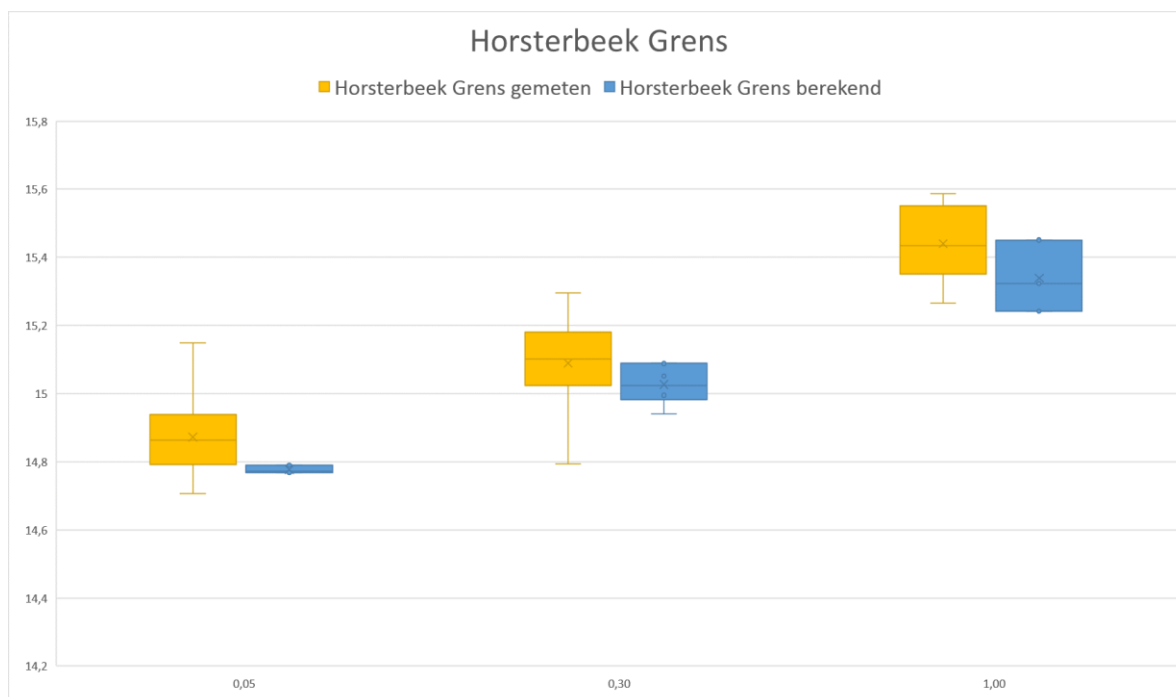


Figuur B2-4. Vergelijking Q-h-relatie in SOBEK voor diverse weerstanden (lijnen) met de meetgegevens van de Rijksweg voor kwartaal 4 (blauwe punten) en kwartaal 1 (gele punten)

B2.1.3 Plausibiliteit

Omdat de kalibratie alleen is uitgevoerd op het meetpunt bij de Rijksweg is ook gekeken naar de uitkomsten van het model bij de andere meetpunten. Daarom zijn uit de dag-gemiddelde debietregistraties van de Rijksweg de dagen geselecteerd waarop respectievelijk ongeveer 5, 30 en 100 procent van de maatgevende afvoer (0,05 en 0,30 en 1,00 MA) is gemeten. Op deze zelfde dagen is het peil van de overige meetpunten vergeleken met het berekende peil bij deze afvoeren. Hierbij wordt de aanname gedaan dat op het moment dat bij de Rijksweg een bepaald percentage van de maatgevende afvoer wordt gemeten, ditzelfde percentage van de maatgevende afvoer ook optreedt bij de andere meetpunten. Anders gezegd: de afvoer in het gebied is homogeen verdeeld.

In onderstaande figuur is de vergelijking voor meetpunt Horsterbeek Grens weergegeven. In de gele box plots zijn de variaties van de peilmetingen te zien bij 0,05, 0,30 en 1,00 MA. In blauw is de variatie van de berekende waarden uit het SOBEK-model voor alle combinaties van weerstand en seizoen te zien. De hoogste berekende peilen met het model horen bij de combinatie zomer met grootste weerstand, de laagst berekende peilen bij een winterse situatie met lage weerstand.



Figuur B2-5. Vergelijking van de gemeten waterstanden en berekende waterstanden in SOBEK bij 3 afvoeren voor het meetpunt Horsterbeek Grens.

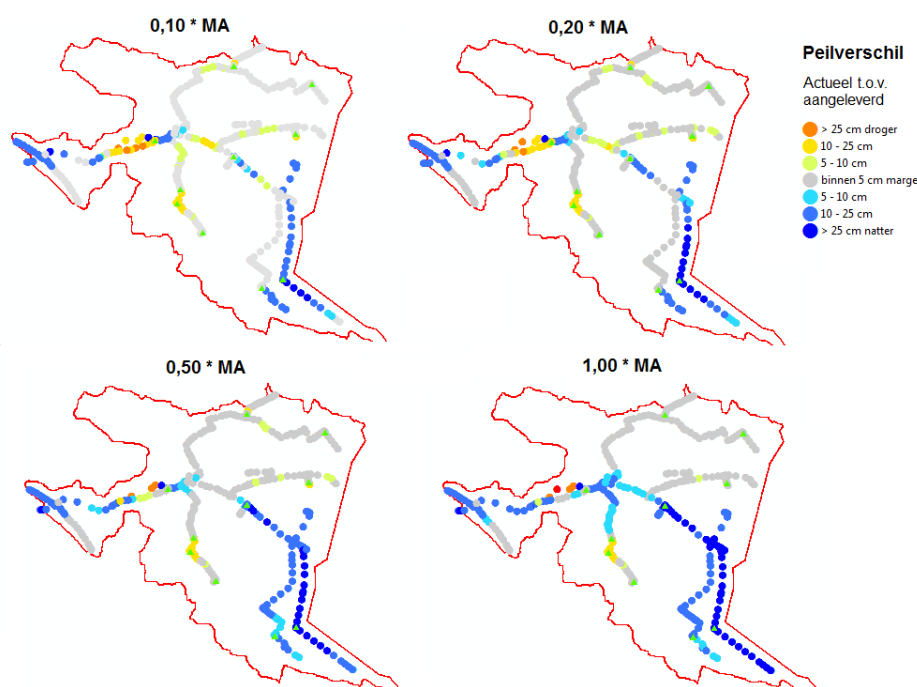
De peilen van de zomerse situatie komen goed overeen met de gemiddelde peilmeting bij de betreffende afvoer. Hier presteert de gekozen combinatie van weerstand dus goed. In een winterse situatie met een lage weerstand wordt het peil onderschat. De mate van afwijking neemt toe naar mate de afvoer groter wordt. Op eenzelfde wijze zijn de overige punten vergeleken. Het beeld dat daaruit naar voren komt is dat de range van de berekende peilen met het model vrij aardig klopt, waarbij met name de zomerse situatie met de hoogste weerstand goed overeenkomt. Alleen bij het meetpunt Lakeyse Leigraaf komt het model te laag uit. Het verder verhogen van de weerstand biedt hier geen soelaas, omdat de peilen bij de andere meetpunten dan (veel) te hoog worden.

B2.1.4 Geactualiseerd stationair model

Het gekalibreerde model is vervolgens doorgerekend voor de situatie na de peilopzet van de Maas. Het effect op de oppervlaktewaterpeilen hiervan is met name te zien bij de Maasmonding, waar de peilen (logischerwijs) dan ook hoger zijn geworden. Dit effect is in het oppervlaktewater nagenoeg uitgewerkt bij het einde van de Hoogwatergeul. Ten opzichte van het basismodel zijn de volgende elementen veranderd:

- de peilopzet in de Maas;
- vernieuwde profielen en duikers;
- aanwezigheid beverdam;
- vergroting van de inloop vanuit Duitsland in de Spänscher Lei;
- aangepaste stuwstanden.

Dit leidt in het gehele stroomgebied tot een verschil in berekende peilen, hoofdzakelijk hoger dan eerst. Een vergelijking tussen het basismodel en het volledig geactualiseerde model maakt inzichtelijk waar de verschillen optreden en is te zien in onderstaande figuur.



Figuur B2-6. Vergelijking van de berekende peilen van het basismodel met geactualiseerd model, voor diverse afvoeren.

B2.1.5 Dynamisch model

Nadat met het stationaire model goede resultaten zijn verkregen, zijn de dynamische componenten in het model gebracht. De dynamische componenten zijn de snelle afvoercomponenten als gevolg van hevige neerslag op verharde gebieden (riolering) en kassengebieden. In het gebied zijn drie riooloverstortlocaties en vier kassen gelegen.

De afvoer van de verharde gebieden is geschematiseerd met een lateraal debiet ter plaatse van de riooloverstort. Voor iedere herhalingsstijd van de NBW-toets (10, 25, 50 en 100 jaar) is een berekende afvoergolf beschikbaar. De afvoer is uit de gegevens van het aangeleverde model overgenomen. Daartoe is geverifieerd dat de kenmerken van de rioleringsgebieden niet zijn veranderd.

De kasgebieden zijn eveneens als een lateraal debiet overgenomen. De afvoer van deze gebieden is door het model zelf berekend op basis van neerslag en afvoerend areaal (rationele methode). Omdat de kasgebieden erg klein en relatief oud zijn, is met een beperkte hoeveelheid berging (4 mm/dag) rekening gehouden. Er wordt vanuit gegaan dat gedurende een extreme (zomerse) bui de gietwaterbassins hoegenaamd vol zitten. Tot slot is het 2D maaiveldgrid en bijbehorend weerstandsgrid toegevoegd aan de schematisatie. Deze zijn eveneens uit het aangeleverde model overgenomen.

B2.1.6 Resultaten stationaire toetsing hydraulische condities

Waterdiepte

De waterdiepte in zowel de Eckeltsebeek als de Horsterbeek bevindt zich bij 0,30 MA vrijwel overal tussen de streefwaarden voor de waterdiepte. Alleen bij de Maasmonding en de beneden-middenloop (trajecten 1 en 2A) is de beek te diep. Hier speelt in belangrijke mate mee dat het peil van de Maas met 25 cm is opgezet. Hierdoor is in de benedenloop, met name bij lagere afvoeren al een ruime waterdiepte aanwezig. Van nature ontstaat daarom ook de neiging tot aanzanding in de benedenloop. In de benedenloop van de beek is frequent onderhoud of een aanpassing aan de beek noodzakelijk om aanzanding te mitigeren of te voorkomen.

Bij 0,50 MA wordt in de winter op meerdere locaties (traject 1, 2C, 3B) de bovengrens van de diepte overschreden. Op een aantal plaatsen is de beek dus aan de diepe kant. In de zomer komt een afvoer van 0,50 MA veel minder vaak voor. Deze afvoer, samen met hogere stuwstanden leidt dan ook tot grotere waterdiepten.

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat uit de berekeningsresultaten de maximale diepte per ingemeten profiel wordt aangehouden. Dit is dus de diepste meting uit het gehele dwarsprofiel. De gemiddelde (of representatieve) waterdiepte is enigszins kleiner.

Stroomsnelheid

De stroomsnelheden vallen over het gehele lengteprofiel van de Eckeltsebeek en bij afvoeren tussen 0,30 en 0,50 MA binnen de marges (toets: 10-50 cm/s). Variërend langs het dwarsprofiel zijn er locaties waar de stroomsnelheid wat hoger is (in de hoogwatergeul en de bovenloop) en wat lager (langs de golfbaan en nabij de monding).

De stroomsnelheden in de Horsterbeek zitten meer aan de onderkant van marges waarop wordt getoetst (toets: 20-50 cm/s). Bij de lagere afvoeren (0,30 MA) is de stroomsnelheid te laag. De stroomsnelheden zijn gemiddeld ook wat lager dan in de Eckeltsebeek, terwijl ze volgens de normen juist wat hoger mogen zijn.

Verhang

Het verhang kent alleen een bovengrens waaraan wordt getoetst (< 1 m/km). Er zijn drie locaties waar het verhang te groot is, ook al bij de lagere afvoeren: benedenstroms van de hoogwatergeul, in de hoogwatergeul en in de bovenloop (bij de instroom van de Horsterbeek en de Siebengewaltseweglossing). In alle gevallen is het lokale bodemverhang hier groter met als gevolg hogere stroomsnelheden en verhang. Het zijn dan ook precies delen waar de beek niet meandert. De Hoogwatergeul en de bovenloop zijn gekanaliseerd. Daarnaast zijn het ook trajecten waar het maaiveld het sterkst afloopt. De beek moet hier dan ook het grootste verval overbruggen. Naar oordeel van de ecologen is dit echter geen hard criterium en is een groter verhang geen probleem.

Kunstwerken

Voor de toetsing van de kunstwerken is geen norm vastgesteld. Wel zijn de resultaten van de berekening geanalyseerd op stroomsnelheid en verval. De analyse is uitgevoerd bij 50% van de maatgevende afvoer. De volgende constatering worden gedaan:

1. In de Lakeyse Leigraaf zijn veel duikers aanwezig. In de bovenloop is een aantal krappe duikers aanwezig die 1 tot 5 cm opstuwing geven. In de benedenloop is dit ook het geval, waar bij 3 duikers 1 tot 5 cm verval optreedt. De laatste twee duikers voor de instroom in de Eckeltsebeek kennen een nog veel groter verval: tot meer dan 10 cm.
2. De drie bruggen/duikers bij de kasteelruïne hebben ook een groter verval, hetzelfde geldt voor een aantal duikers verder bovenstroms bij de Siebengewaltseweg. De duikers dragen bij aan het grote verval op de Eckeltsebeek traject golfbaan – Duitse grens.
3. Her en der in het gebied zijn in de bovenlopen duikers gevonden met kleine diameters (rond 300-400). Deze krappe duikers leiden waarschijnlijk niet tot knelpunten omdat het achterliggende gebied en dus afvoer klein is. Waterschap Limburg hanteert een minimale diameter van 500 mm voor nieuwe duikers.

B2.2 CASCO-model

B2.2.1 Beschrijving

Voor het basismodel is gebruik gemaakt van IBRAHYM v2.

Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling is gebaseerd op eerdere niet-stationaire berekeningen, waarbij deze gelijk is aan de jaargemiddelde neerslag (P_m) minus de berekende verdamping (ET_{act}).

Koppeling SOBEK-resultaten met IBRAHYM-grondwatermodel

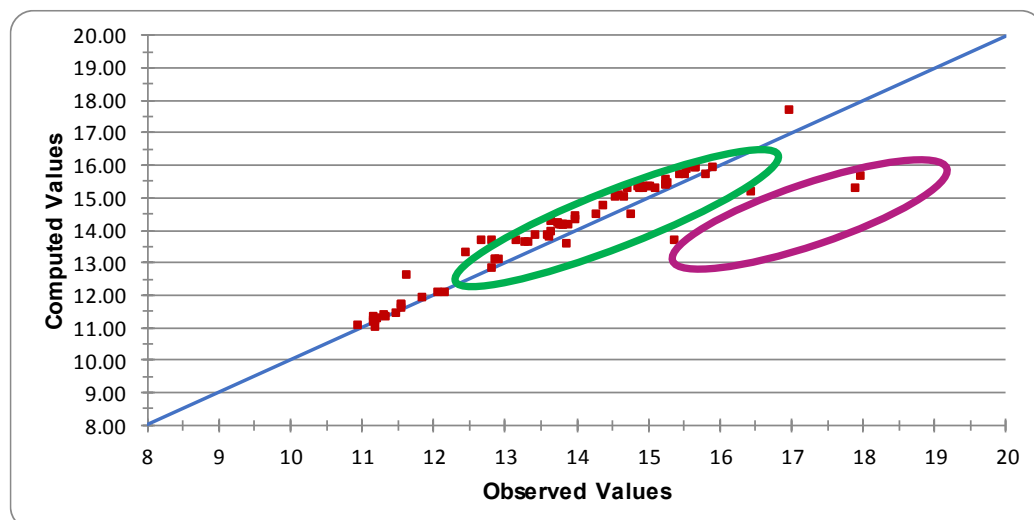
De berekende oppervlaktewaterstanden van het SOBEK-model zijn voor zowel een winter- als zomersituatie omgezet naar een invoerbestand voor IBRAHYM door het te vergriden naar de RIV-package (ImportSOBEK: ISG met de Qh-reeks -> ISG vergriden op bepaalde momenten: RIV-package). In het stationaire model wordt een gemiddeld jaar doorgerekend en daarom wordt ook een gemiddelde stand voor het beekpeil ingevoerd. Eenzelfde methodiek is gebruikt voor het bepalen van inrichtingsmaatregelen ten behoeve van de beek.

Bij het omzetten van de resultaten van SOBEK wordt eerst een gemiddeld zomerpeil en winterpeil berekend en vervolgens een jaargemiddeld peil door het gemiddelde van deze beide te nemen. Bij het bepalen van het gemiddelde zomer- en winterpeil wordt respectievelijk de 0,3 MA van het zomermodel en de 0,5 MA van het wintermodel gebruikt.

B2.2.2 Modelplausibiliteit

Grondwaterstanden volgens model

De resultaten van het stationaire basismodel zijn geanalyseerd, waarbij voor het modelgebied de berekende waarden in een figuur zijn uitgezet tegen de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten (Figuur B2-7).

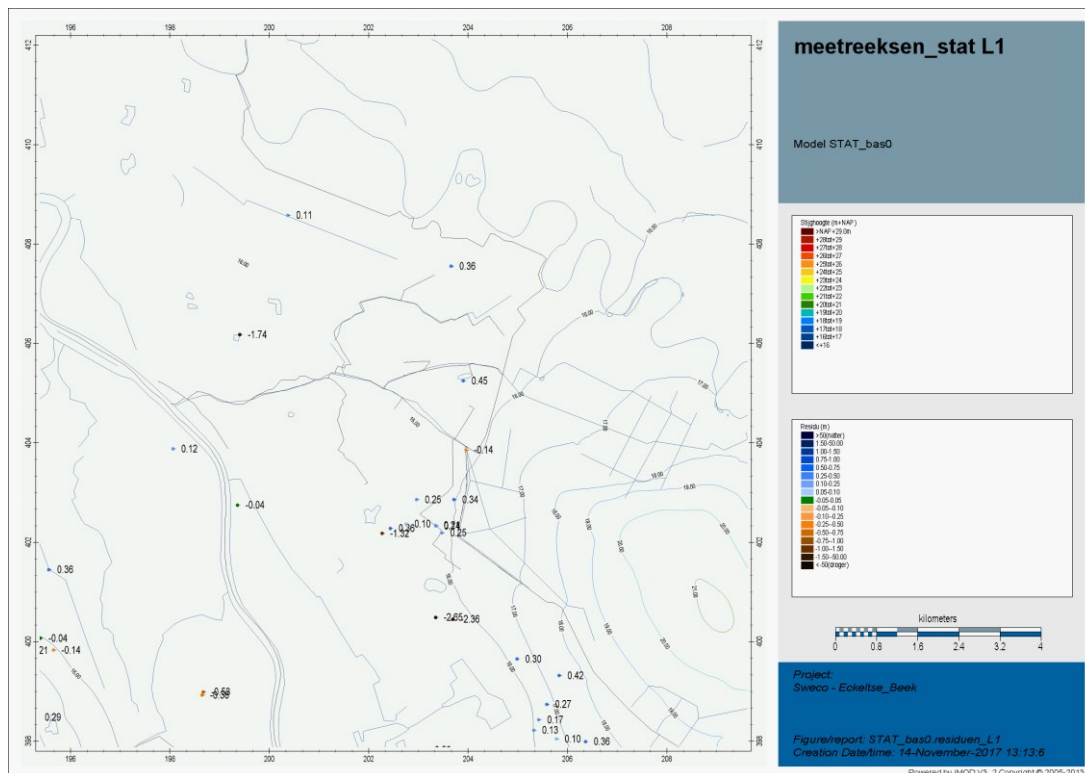


Figuur B2-7 Berekende grondwaterstanden/stijghoogten uitgezet tegen de gemeten waarden (voor alle modellen)

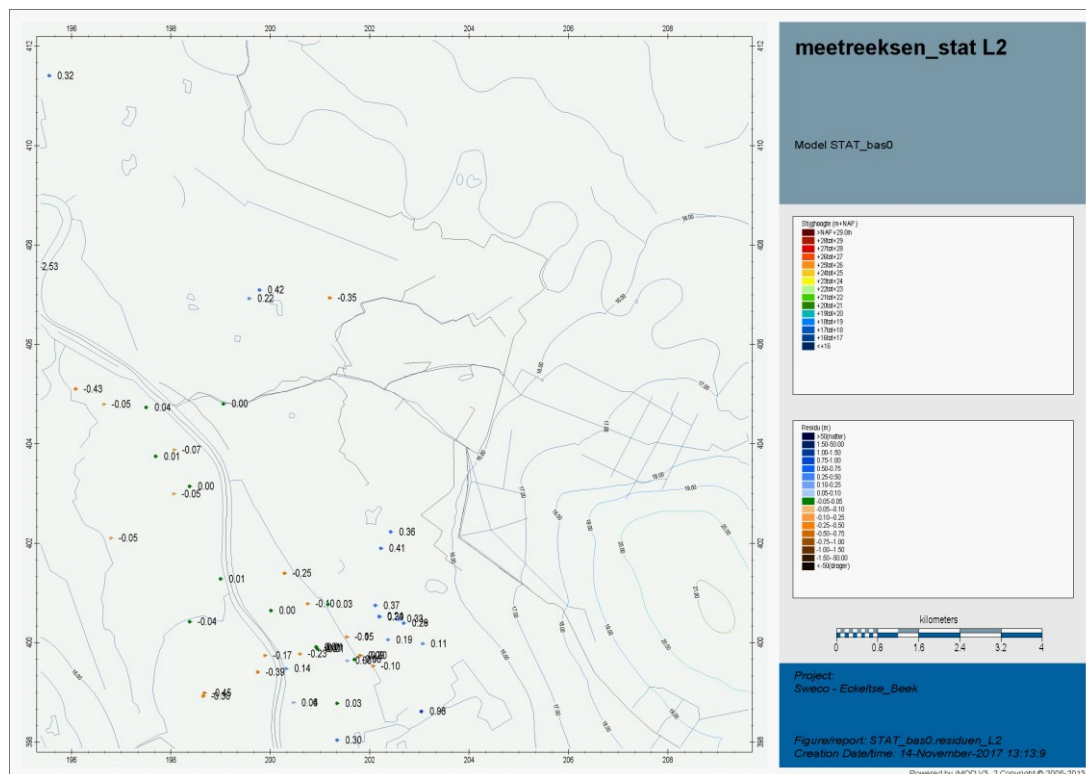
Hieruit blijkt dat de metingen en berekeningen vaak mooi op een lijn liggen: de meeste waarden liggen redelijk dicht tegen de blauwe lijn, dat is de lijn waar de gemeten en berekende stand aan elkaar gelijk zijn. Er zijn wel een paar opvallende groepen te onderscheiden:

- in het groene gebied zijn de berekende grondwaterstanden over het algemeen hoger (20-40 cm) dan de gemeten grondwaterstanden;
- in het paarse gebied zijn juist de berekende grondwaterstanden lager dan de metingen.

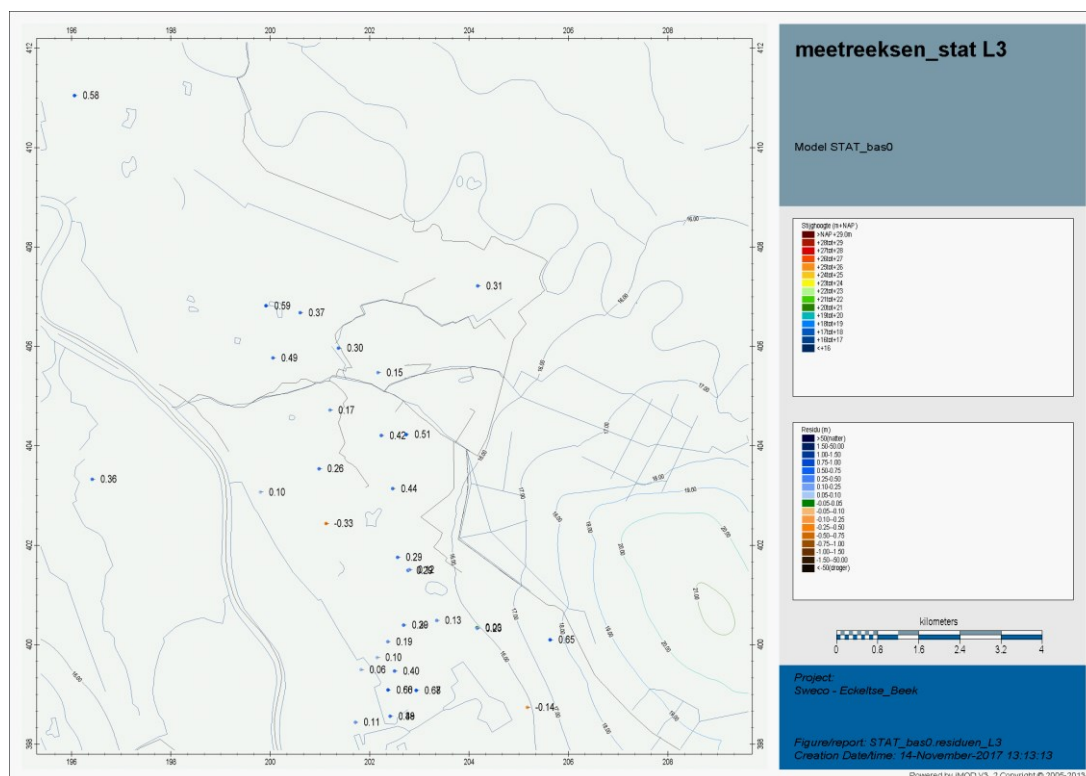
Daarnaast is een aantal vogelvluchtfiguren weergegeven met voor verschillende lagen de verschillen per peilfilter. Voor het landbouwgebied zijn de berekende grondwaterstanden/stijghoogten vaak 20 tot 40 cm te hoog. De punten in het paarse deel van Figuur B2-7 liggen grotendeels op de hogere delen in het gebied. Waarschijnlijk ontbreekt in het IBRAHYM-model op deze locaties een (dunne) weerstandsbiedende laag, bijvoorbeeld een leemafzetting van de formatie van Boxtel. In Figuur B2-8-8 tot en met Figuur B2-11B2-11 zijn de verschillen tussen metingen en berekende gemiddelde grondwaterstanden weer-gegeven voor het basismodel.



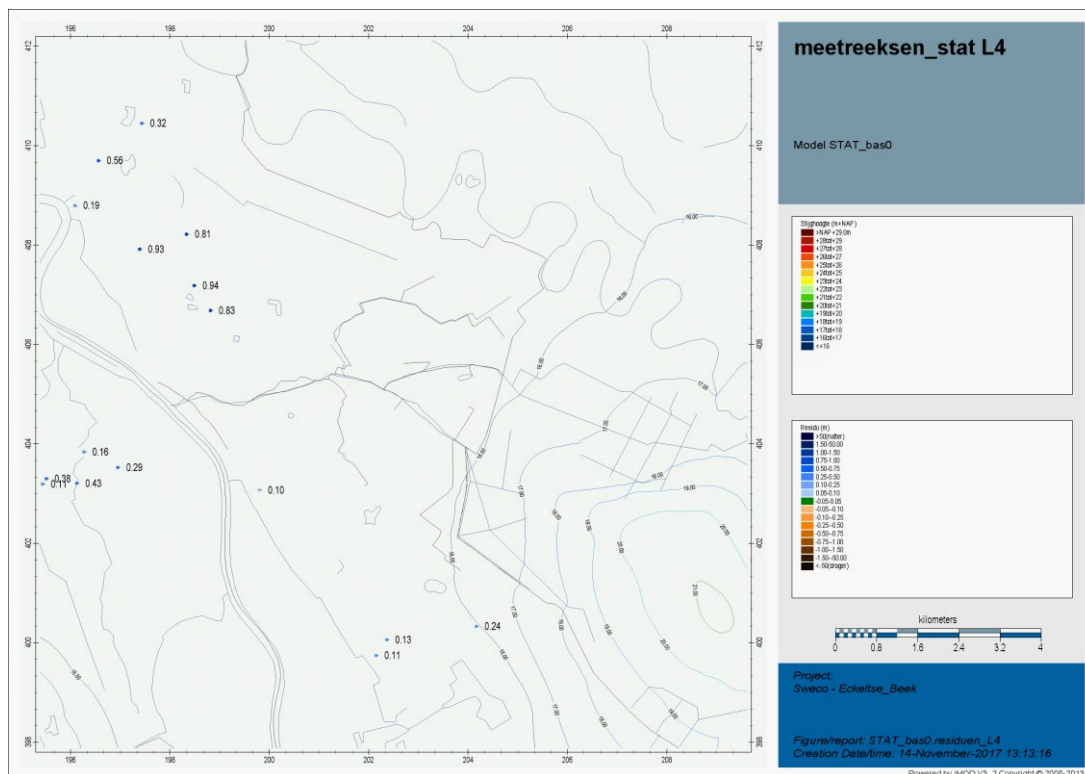
Figuur B2-8. Verschil berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstanden voor laag 1



Figuur B2-9. Verschil berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstanden voor laag 2 (voor het basismodel)



Figuur B2-10. Verschil berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstanden voor laag 3 (voor het basismodel)



Figuur B2-11. Verskil berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstanden voor laag 4 (voor het basismodel)

B2.2.3 Toepassingsbereik

Het model is daarmee wel geschikt om voor een gemiddelde situatie effecten van veranderingen in het watersysteem te berekenen. Het gebruiken van de absolute waarden is niet aan te bevelen, omdat bijvoorbeeld voor de ontwateringsdiepte bij grondwaterstanden tussen 50 cm en 1 m een verschil van 20 – 40 cm aanzienlijk is en tot heel andere geschiktheidsbeoordeling van de bodem voor een bepaald grondgebruik kan leiden.

B2.3 Integrale SIMGRO-model

B2.3.1 Beschrijving

Op 6 december heeft een streekbijeenkomst plaatsgevonden in het kader van de gebiedspilot Eckeltsebeek. Op deze bijeenkomst is onder andere de vraag vanuit de streek gekomen om een integrale berekening uit te voeren van de situatie van juni 2016. Doel van deze berekening is:

1. toetsen van het integrale modelinstrumentarium aan een herkenbare situatie;
2. met als doel een gedragen beeld te krijgen bij effectiviteit (te bepalen met model) van eventuele maatregelen.

Het waterschap heeft in het kader van 'code oranje' het model al eens eerder een 2016-som gemaakt, waarbij de volgende punten zijn aangepast:

- Maasstanden (en evt. van het de Niers en het Nierskanaal): Effect peilopzet 2014/2015 is niet meegenomen en is ook niet cruciaal;
- meteorologische gegevens;
- onttrekkingen;
- oppervlaktewaterpeilen (niet Maas, Niers en Nierskanaal);
- randvoorwaarden grondwater modelrand;
- randvoorwaarden oppervlaktewater modelrand
De invoer vanuit Duitsland is toen voor twee meetpunten in het Nederlandse deel (en niet op de rand) geanalyseerd, waarna een inloop vanuit Duitsland is bepaald;
- uitvoermomenten resultaten tiop_sim.inp.

In de door het waterschap al doorgerekende som voor code oranje zat niet alle informatie die we nu wel hebben (verstopte duiker, onderhoudstoestand watergangen) en was de instroom uit Duitsland onzeker. De onderhoudstoestand is in SOBEK aangepast, de dichte schuif in de duiker is goed in SOBEK door te voeren. Dat levert al een verbetering op in de benadering van de waterstanden (of qH-relaties). De instroom uit Duitsland is en blijft onzeker, maar daar is een onderbouwde aanname voor afgeleid.

Voor de scenario berekeningen zijn de voorgestelde of bedachte maatregelen eerst met separate modellen verkend. De maatregelen voeren we door in SOBEK en bepalen met het SOBEK-model per maatregel een effect op de oppervlaktewaterstand. Vervolgens is een maatregelpakket opgesteld en dat eenmalig integraal is doorgerekend.

B2.3.2 Validatie

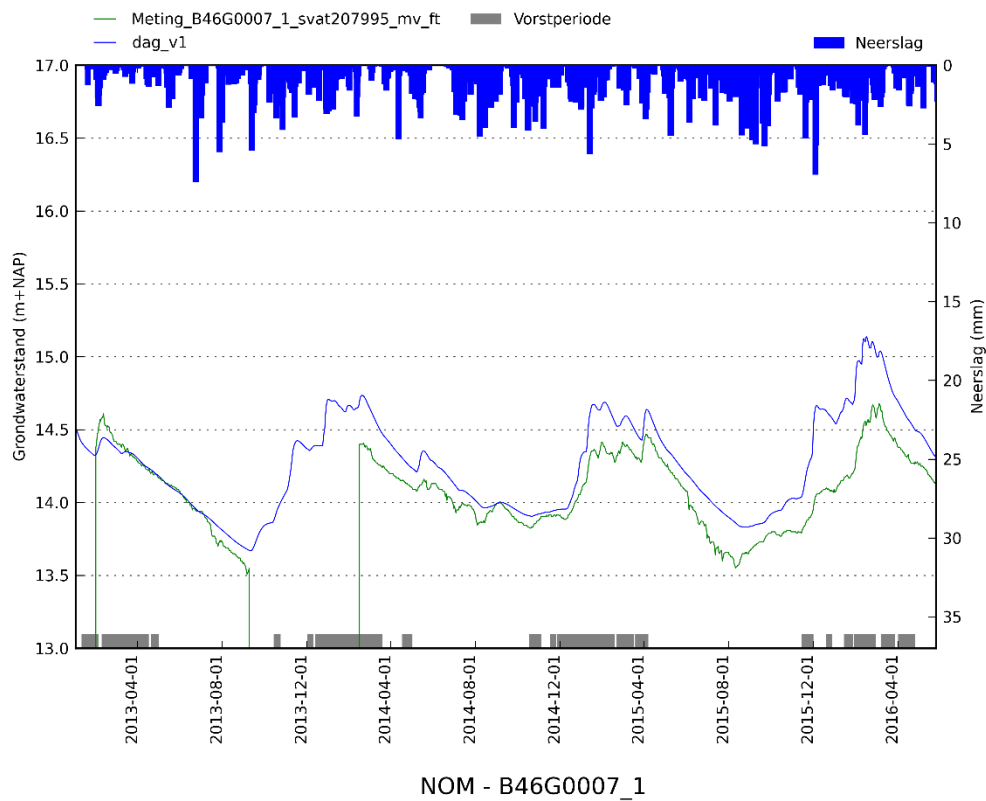
Op voorhand is een aantal belangrijke kanttekeningen te plaatsen:

- De inloop vanuit het Duitse gebied is erg onzeker. De inloop is niet bemeten en het Duitse grondgebied is niet in het model opgenomen, zodat daar geen afvoer wordt berekend. De invloed van de inloop op de uitkomsten van het model is groot. In bijlage 6 is een analyse uitgevoerd en een inschatting gemaakt van de grootte van deze inloop.
- Door de streek is aangegeven dat de hoogwaterschuiven van de duikers onder de Rijksweg (nabij monding) een knelpunt hebben veroorzaakt. Een van de schuiven stond half dicht (wat bij normale afvoeren ook geen enkel probleem is), en kon zeer moeilijk worden verzet, omdat de boel vastgeroest zat.
- Verder gaf het waterschap aan dat de figuren met de berekende inundatie (code oranje berekening) en de inundaties vanuit de luchtfoto's veel van elkaar verschillen. LLTB (of de agrariërs) hebben weer een ander beeld van de inundaties (zij hebben ook een rapportage opgesteld met beelden van de inundaties).

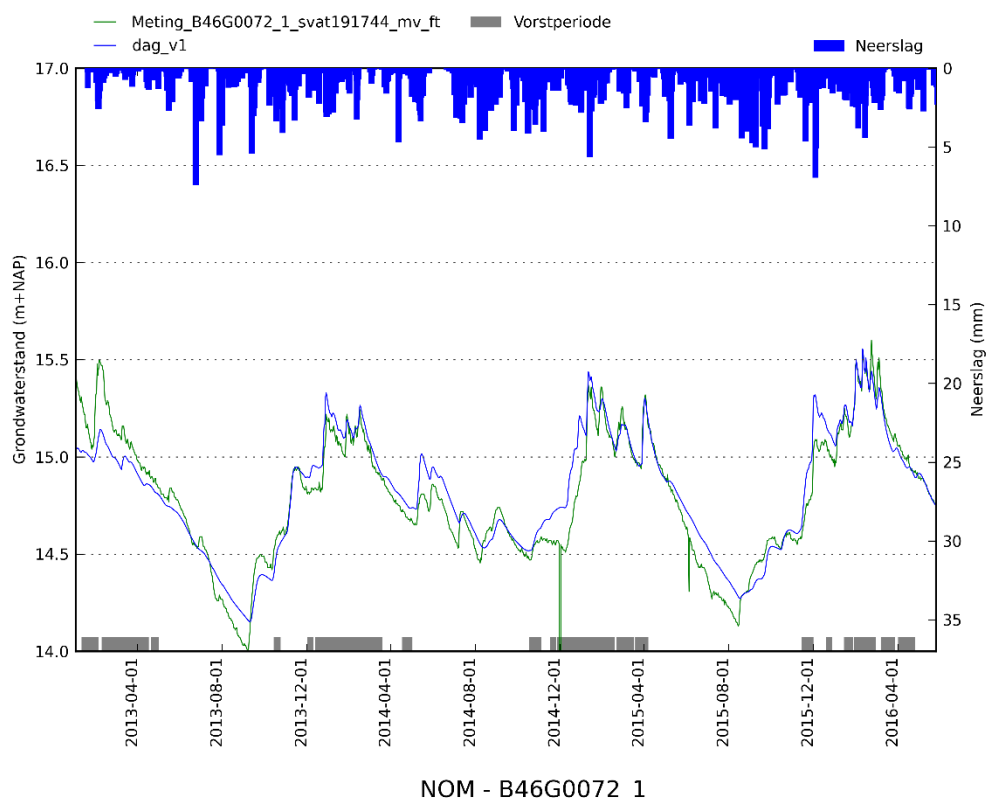
De bovenstaande onzekerheden kunnen met een modellering niet geheel ondervangen worden.

Grondwaterstanden

In de figuren B1 en B2 zijn twee peilfilters weergegeven van de gesimuleerde grondwaterstanden van het dagmodel. De simulaties komen mooi overeen met de metingen.



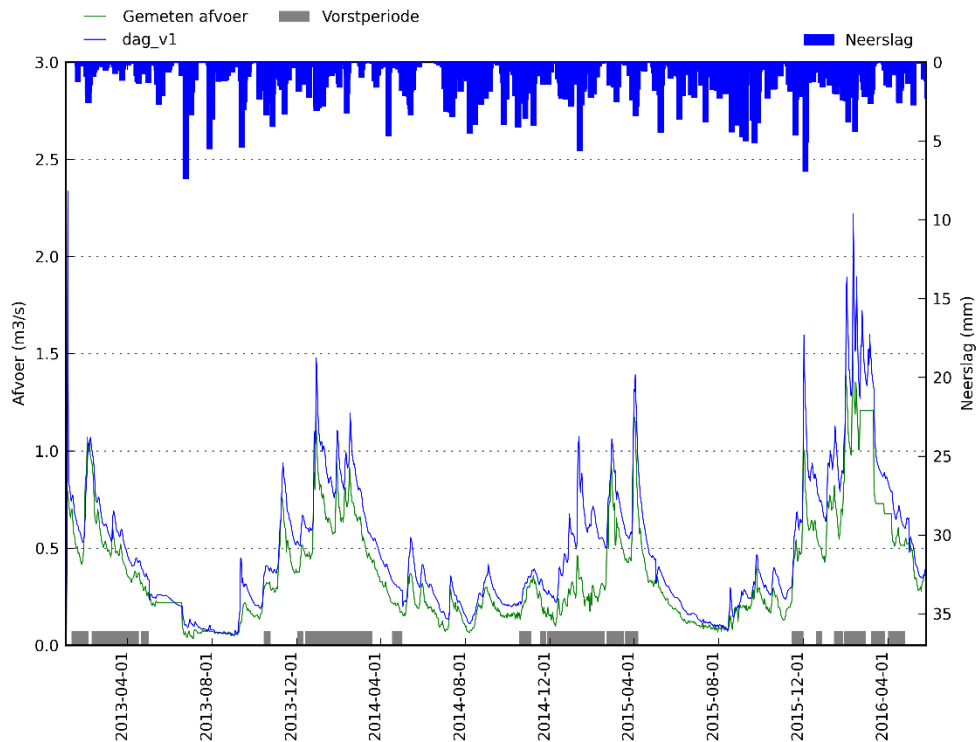
Figuur B2.12 Gemeten en gesimuleerde grondwaterstand (nabij benedenloop Lakeyse Leigraaf)



Figuur B2.13 Gemeten en gesimuleerde grondwaterstand (nabij Siebengewald)

Afvoer

Ook de afvoer is goed herkenbaar. De gesimuleerde afvoer is gemiddeld circa 30% hoger dan de gemeten afvoer. Natuurlijk zit in de afvoermeting ook een behoorlijke fout.



NOM - Eckeltsebeek_Rijksweg_OECKE02

Figuur B2.14. Gemeten en SIMGRO-gesimuleerde afvoer (Rijksweg)

B1.3.3 Toepassingsbereik

Waterschap Limburg zet het integrale model geregeld in voor het bepalen van de inloop van het SOBEK-model. De inundaties worden vervolgens bepaald met SOBEK-2D. Het IBRAHYM-model wordt gewoonlijk gebruikt om de grondwaterstanden te evalueren als gevolg van ingrepen en eveneens ten tijde van extreme neerslagegebeurtenissen. In deze studie wordt het integrale model gebruikt voor 1) het bepalen van de SOBEK-inloop voor de huidige situatie en voor één maatregelpakket voor de situatie juni 2016 en 2) de effecten op het grondwatersysteem tijdens de situatie juni 2016.

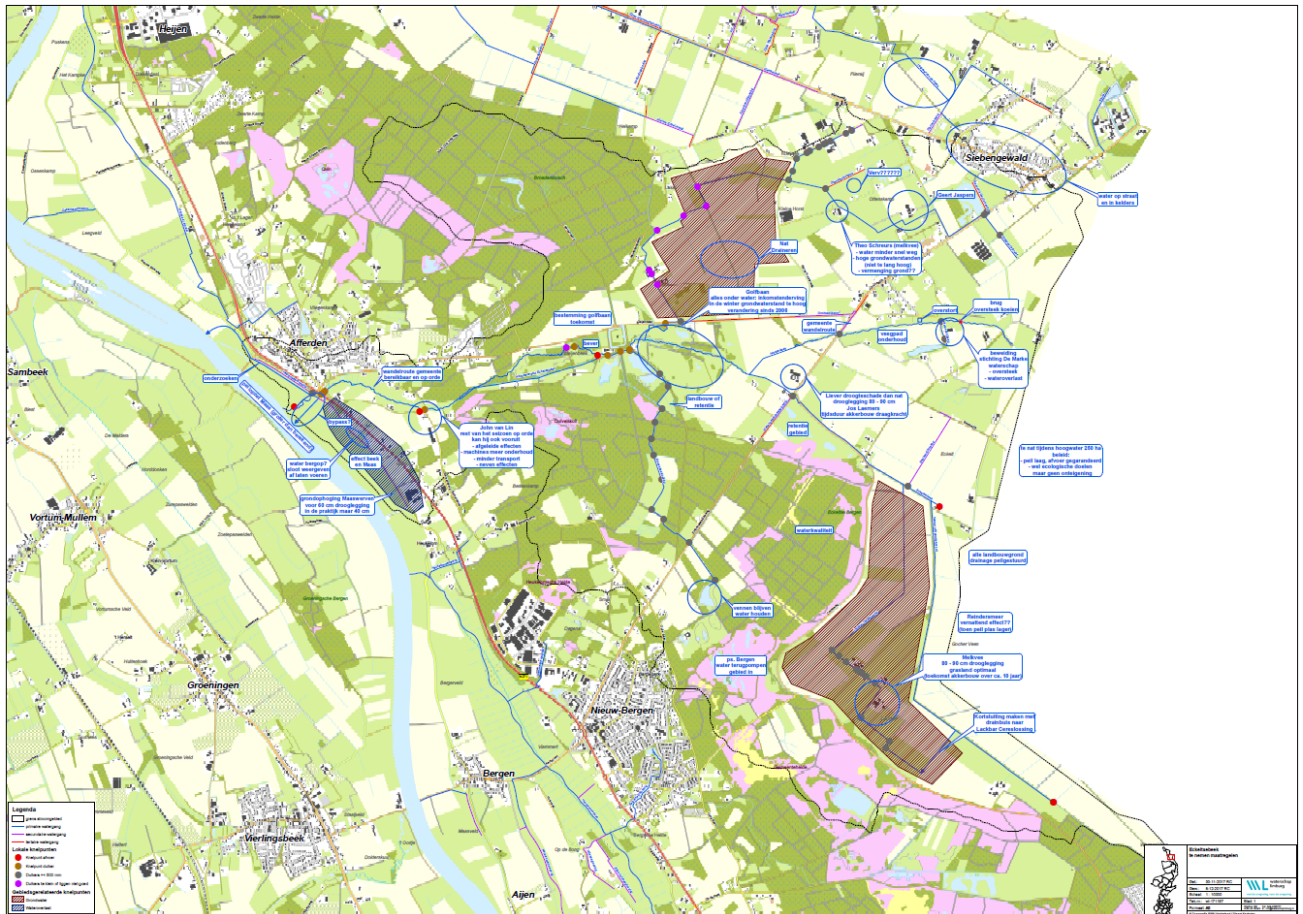
Bijlage 3. Kaart stroomgebied inclusief Duitsland



Figuur B3-1. Kaart stroomgebied Eckeltsebeek inclusief Duitsland.

Deze kaart is ook digitaal beschikbaar op een groot formaat.

Bijlage 4. Knelpuntenkaart streek

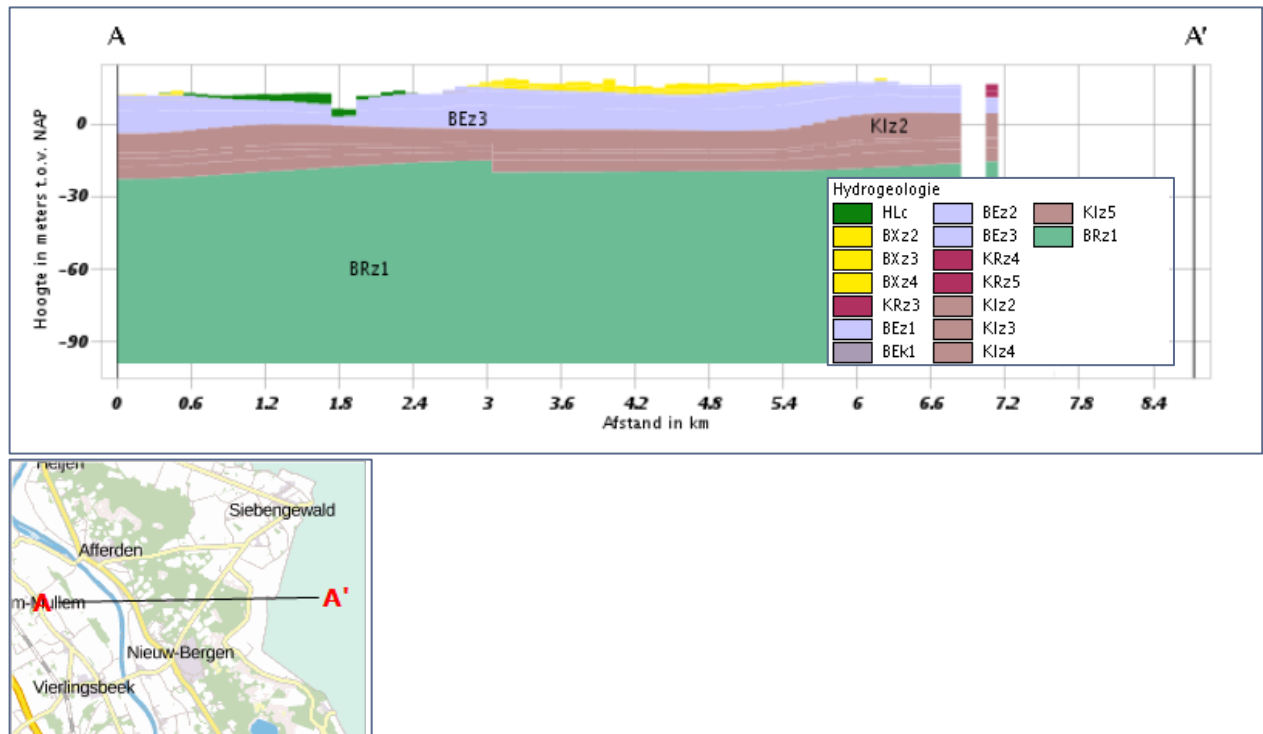


Figuur B4-1. Knelpuntenkaart

Deze kaart is ook digitaal beschikbaar op een groot formaat.

Bijlage 5. Schematisatie bodemopbouw

De bodemopbouw is uit REGIS overgenomen. In de volgende figuur zijn de verschillende formaties weergegeven:



Figuur B5-2. Doorsnede hydrogeologie volgens REGIS2

- Holocene afzettingen (groen): complexe samenstelling bestaande uit:
 - Zavel en klei.
- Formatie van Boxtel (geel): veelal eolische afzettingen bestaande veelal uit:
 - Zand, matig fijn tot matig grof (150-300 µm), zwak siltig, lichtgeel tot donkerbruin, kalkloos tot kalkhoudend.
 - Zand, sterk siltig, zeer fijn tot matig fijn (105-210 µm), lichtgeel tot lichtgrijs, kalkloos tot sterk kalkhoudend.
 - Leem, zwak tot sterk zandig, soms kleiig, soms humeus, grijsbruin tot donkergrijs, kalkloos tot sterk kalkhoudend.
- Formatie van Beegden (paars): rivierafzettingen bestaande veelal uit:
 - Zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 µm), zwak tot sterk grindig, overwegend kalkloos, grijs en blauwgrijs.
- Kiezeloöliet Formatie (bruin): fluviatiele en in kustvlaktes afgezette sedimenten veelal bestaande uit:
 - Zand, uiterst fijn tot uiterst grof (63 - 2000 µm), kalkloos tot kalkarm, wit en bruingrijs.
- Formatie van Breda (groen): complexe opeenvolging van ondiep mariene en in de kustzone gevormde afzettingen veelal bestaande uit:
 - Zand, zeer fijn tot matig fijn (105 - 210 µm), siltig, grijsgroen tot zwartgroen, glauconiet- en kalkhoudend.
 - Klei, sterk zandig tot matig siltig.

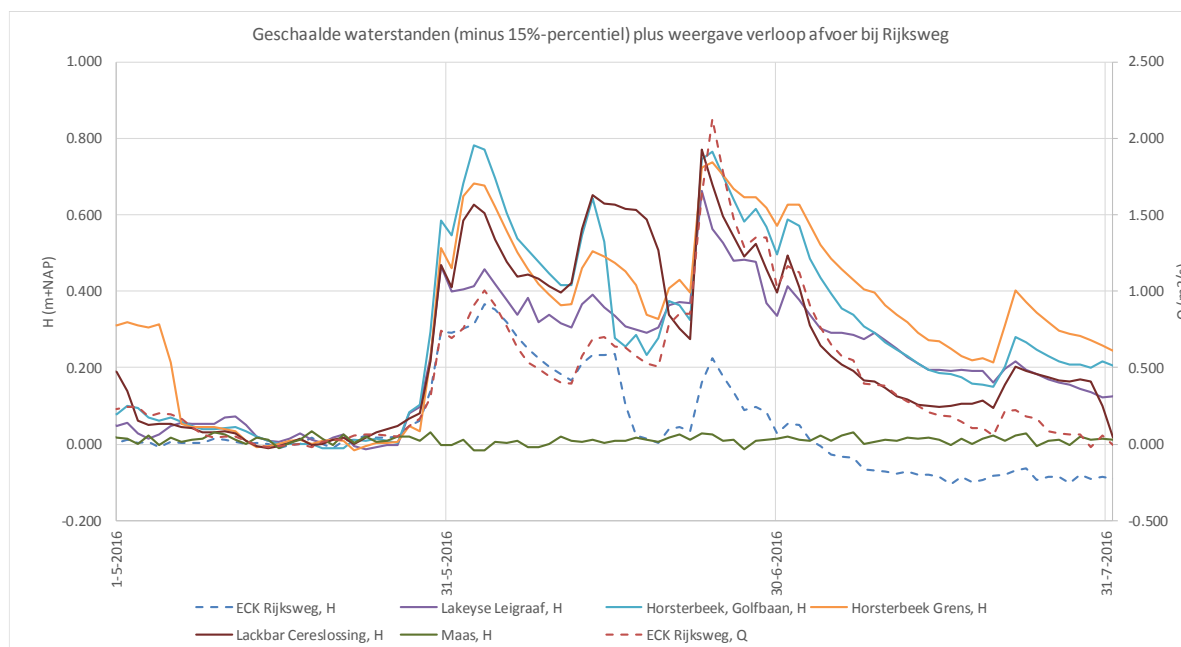
Bijlage 6. Analyse waterstanden en afvoer juni 2016

B6.1 Achtergrond

Bij de oppervlaktewatermodellering wordt het Duitse oppervlaktewatersysteem niet gesimuleerd. Dit betekent dat een inloop vanuit Duitsland aan het model opgelegd moet worden. Bij aanvang van het project (medio 2017) was de enige gemeten afvoer de meting in de Eckeltsebeek bij de rijksweg. Om de afvoer vanuit Duitsland zo goed mogelijk aan het model op te leggen is een analyse gedaan naar het peil- en afvoerverloop in het stroomgebied en vergeleken met andere naastgelegen meetpunten van de afvoer vanuit Duitsland, de Niers.

B6.2 Metingen Eckeltsebeek

Figuur B5-1 is een bewerking van de gemeten waterstanden en afvoeren voor de periode mei tot en met juli 2016. De waterstanden zijn geschaald zo dat eind mei 2016 de waterstanden op hetzelfde niveau beginnen¹¹.



Figuur B6-1 Gemeten oppervlaktewaterstanden geschaald (zodat de waterstanden op dezelfde hoogte beginnen eind mei 2016) plus weergave verloop afvoer bij Rijksweg

Het volgende valt hieruit af te lezen:

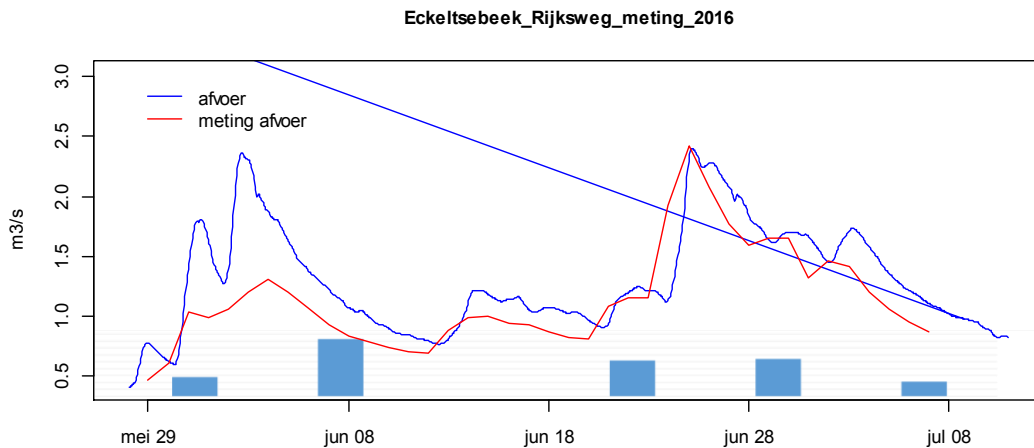
- Het Maaspeil (groen) is heel constant.
- De Horsterbeek (grens en golfbaan), Lackbar-Cerslossing, Lackeyse Leigraaf tonen alle een stijging van de waterstanden van 70 à 80 cm. Zowel begin als eind juni 2016 treedt deze stijging op.
- Bij de Rijksweg reageert de beek anders (gestippelde lijnen voor Q en H). Daar is de peilstijging begin juni het grootst en is eind juni veel beperkter. Dit heeft te maken met de maatregelen die toen zijn genomen: maaien watgang in uitwaarden, openzetten schuif bij de Rijksweg. Het gemeten debiet bij de Rijksweg vertoont juist eind juni de hoogste piek: ook dit is waarschijnlijk deels een gevolg van het maaien en het verlagen van stuwpeilen bovenstrooms en het verzadigd zijn van de bodem, waardoor de tweede piek veel hoger is.

Zoals uit het bovenstaande blijkt is het gemeten peil van de Eckeltsebeek bij de Rijksweg sterk beïnvloed door de schoonmaakwerkzaamheden en de stuwinstellingen. Verder liggen de metingen dicht bij elkaar: het systeem reageert overal nagenoeg hetzelfde.

¹¹ De waterstandsreeksen zijn geschaald door van de gemeten waterstanden het 15%-percentiel van de waterstanden in mei 2016 af te trekken.

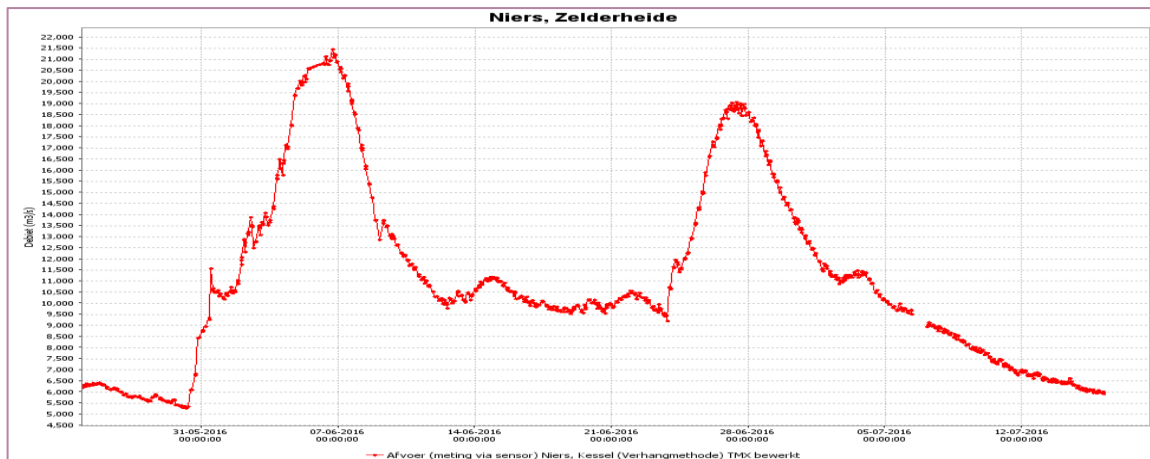
B6.3 Vergelijking met andere bronnen

In Figuur B5-2 zijn de gemeten en berekende afvoer (SIMGRO-model) in de Eckeltsebeek gegeven. Ook hier zijn in de berekeningen duidelijk twee pieken te zien. De afvoerpieken volgen het verloop van de neerslag in die periode (blauwe balkjes geven de neerslag per week weer).



Figuur B6-2. Gemeten en gesimuleerde afvoer in de Eckeltsebeek aan de Rijksweg met het niet-stationaire model

De berekende en gemeten afvoeren voor het stroomgebied Eckeltsebeek komen ook overeen met het verloop van de afvoer op de Niers. Het stroomgebied van de Niers ligt direct ten noordoosten van de Eckeltsebeek. Het afvoerverloop is weergegeven in figuur B5-3.



Figuur B6-3. Gemeten afvoer in de Niers (bij instroompunt Nederland)

B6.4 Conclusie

Uit het voorgaande wordt geconcludeerd dat vanuit alle beschikbare bronnen hetzelfde afvoerverloop naar voren komt. Voor de onbekende inloop vanuit het Duitse deel van het stroomgebied wordt voor de modelberekeningen van juni 2016 ditzelfde verloop aangehouden. De grootte van de inloop wordt geschaald zodat de totale berekende afvoer bij de Rijksweg overeenkomt met de gemeten afvoer.

Bijlage 7. Toelichting bij groslijst maatregelen

B7.1 Groslijst

Lijst met maatregelen als resultaat van een brainstormsessie. Vooraf heeft geen toetsing plaatsgevonden of de maatregel daadwerkelijk effectief is. Daarna is een inschatting gemaakt of de maatregel bijdraagt aan het oplossen van de NBW / WB21 knelpunten.

Tabel B7-1. Groslijst maatregelen.

Maatregel	Knelpunt 1	Knelpunt 2	Knelpunt 3
A Fysieke maatregelen watersysteem			
A1 Verruimen zomerprofiel Eckeltsebeek	✓	✗	✗
A2 Verruimen winterprofiel	✓	✗	✗
A3 Aanpak van kunstwerken	✓	✓	✗
A4 Aanpassen profiel Hoogwatergeul	✗	✗	✗
A5 Aanleg bypass Cereslossing (verkorten afvoerroute)	✓	✗	✗
A6 Aanleg bergingsgebied "Ceres"	✓	✗	✗
A7 Shortcut Cereslossing – Maas	✓	✗	✗
A8 Aanleggen bypass Stuw Sambeek	✗	✗	✓
B Fysieke maatregelen stroomgebied			
B1 Aanleg peilgestuurde drainage	✓	✓	✗
B2 Bol leggen percelen	✓	✓	✓
B3 Saneren kassen / Vergroten berging kassen	✗	✓	✗
B4 Aanpak riooloverstorten	✗	✓	✗
C Periodiek onderhoud "APK"			
C1 Constructief onderhoud	✓	✓	✓
C2 Aangepaste maaicyclus / dynamisch maaibeheer	✓	✓	✓
D Proces			
D1 Monitoring inloop uit Duitsland: mogelijkheid afspraken maken met Wasser- und Bodenverband Baaler Bruch.	✓	✗	✗
D2 Stimuleren teelten van gewassen met hoge verdamping	✓	✗	✗
D3 Ontmoedigen van containerteeltvelden	✓	✓	✗
D4 Tijdelijk verlagen Maaswaterstanden	✗	✗	✓

B7.2 Toelichting op de groslijst

B7.2.1 Fysieke maatregelen beekstelsysteem

- A1 Verruimen zomerprofiel: Verdiepen van het zomerprofiel door het uitdiepen / baggeren van het zomerbed. Hiermee kunnen de waterstanden bovenstrooms in het stroomgebied bijna één op één verlaagd worden.
- A2 Verruimen winterprofiel: Aanpak van het winterbed. Winterbed verbreden en verdiepen. Hiermee wordt meer berging en doorstroming in het beekstelsysteem aangebracht. Heeft met name bij hogere afvoeren effect.
- A3 Aanpak van kunstwerken: vooral nu krap ontworpen kunstwerken (stuwen, gemalen, duikers) kunnen bij vergroting de afvoercapaciteit van de beek vergroten. Om verdroging te bestrijden kunnen uiteraard ook extra stuwen (met voldoende afvoercapaciteit) geplaatst worden.
- A4 Aanpassen profiel Hoogwatergeul: De hoogwatergeul is niet ontworpen op de volledige afvoer van de Eckeltsebeek. De volledige afvoer moet nu wel via de hoogwatergeul omdat de beverdam in de hoofdgeul nagenoeg alle afvoercapaciteit wegneemt.
- A5 Aanleg bypass Cereslossing (verkorten afvoerroute): Het verkorten van de afvoerroute en vergroten van de afvoercapaciteit vanaf de Cereslossing naar de Eckeltsebeek. Dit is een variant van de hoogwatergeul.
- A6 Aanleg bergingsgebied 'Ceres': Het realiseren van een bergingsgebied in het bovenstroomse deel van het stroomgebied. De locatie zal nog onderzocht moeten worden. Effectiviteit hangt sterk af van de afvoeren vanuit Duitsland: zijn deze erg hoog, dan is de berging (te) snel vol.
- A7 Shortcut Cereslossing – Maas: Het verbinden van de Cereslossing, door de Maasduinen met het stroomgebied ten zuidwesten. Hiermee kan een robuustere afwatering van landbouwgebied rond de Cereslossing worden gerealiseerd. Waarschijnlijk kosten intensief en moeilijk te realiseren.
- A8 Aanleggen bypass Stuw Sambeek: Het verbinden van de Maaslossing met de Maas benedenstrooms van de stuw Sambeek. Dit geeft een groter beschikbaar verval ten tijde van hoog water op de Maas en bij hoge afvoeren op de Eckeltsebeek. Hiermee kan langdurige wateroverlast tijdens extreem weer worden verkort.
- A9 Verlagen Maaswaterstanden: Dit is een theoretische discussie omdat recent de Maaspeilen ter hoogte van de Eckeltsebeek zijn verhoogd. Dit kan meer worden gezien als een impact benadering van de verhoging van de Maasstanden. De opgaven zitten ook hoger in het stroomgebied, waar de Maasstanden weinig invloed meer hebben.

B7.2.2 Maatregelen in het stroomgebied

- B1 Aanleg peilgestuurde drainage: uitbreiding van het areaal buisdrainage leidt tot vergroting van de berging in de bodem. Anderzijds kan de drainageweerstand wel weer verlaagd worden wat weer tot vergroting / versnelling van de afvoeren kan leiden. De vraag is dan onder welke omstandigheden netto de afvoer vergroot dan wel verlaagd wordt. Hierbij speelt de ingestelde drainageniveau een belangrijke rol.
- B2 Bol leggen percelen: dit versnelt de afvoer over maaiveld nadat een inundatie is opgetreden. Dit is vooral een bestrijding van lokale (grond)wateroverlast. Dit lost geen NBW-opgave op. Het maakt landbouwpercelen minder kwetsbaar voor schade.
- B3 Saneren kassen of vergroten berging bij kassen: Analyse van de huidige modelberekeningen toont aan dat de gebieden met inundaties voor een deel liggen bij en veroorzaakt worden door kassen. Het gaat dan om de piekafvoeren in 's zomerse situaties. Het areaal kassen is niet erg groot. Waarschijnlijk is dit knelpunt ook anders op te lossen.
- B4 Aanpak van riooloverstorten. Er zijn een drietal overstorten in het stroomgebied. De verwachting is dat deze niet significant bijdragen aan de afvoer c.q. knelpunten in het gebied. De riooloverstort van Afferden zit daarbij ook nog eens helemaal benedenstrooms in het stroomgebied. Aandeel stedelijk gebied is klein, dus waarschijnlijk geen potentie voor de probleemoplossing.

B7.2.3 Periodiek onderhoud 'APK'

- C1 Constructief onderhoud: het invoeren van een 'APK voor het watersysteem' met controle op de uitvoering zorgt ervoor dat het watersysteem op orde is, zodat tijdens een incidenteel voorkomen van een extreme neerslaggebeurtenis de afvoercapaciteit van de watergangen conform ontwerp is. Hierbij moet gedacht worden aan het verwijderen van aanzandingen, optrekken van verzakte duikers en herstellen van (beschadigde) kunstwerken en ingezakte taluds.
- C2 Aangepaste maaicyclus: Het maaibeheer (nog) meer vraag gestuurd maken. In verschillende jaren ontwikkeld begroeiing zich verschillend. Door (nog) meer naar de maaibehoeft te kijken, kunnen knelpunten in de afvoer tijdig worden opgelost, voor, tijdens of direct na hevige neerslag. Met een berekening kan aangetoond worden wat het effect is als dit niet het geval is, wanneer we dus uitgaan van een grote weerstand in de waterlopen.

B7.2.4 Toepassingsbereik

- D1 Monitoring inloop uit Duitsland: het is vooralsnog onduidelijk hoe groot de inloop is bij verschillende herhalingstijden. Monitoring van de afvoeren maakt dat duidelijk en biedt een basis om de Duitse burens in gesprek te gaan. Dit werkt tweeledig:
 - gedurende calamiteiten kun je eerder ingrijpen, c.q. in overleg treden om de afvoer in Duitsland te begrenzen. Hiermee kan acute schade worden voorkomen of verminderd;
 - op de lange termijn kan een waterakkoord worden gesloten waarin beheerafspraken over de afvoer kunnen worden gemaakt. Hiervoor moeten vragen als: Hoeveel draagt Duitsland bij aan de wateroverlast in de huidige situatie en na de maatregelen? Het effect van een waterakkoord kan bepaald worden door de inloop te variëren (bv. halvering dan wel 50% meer inloop).
- D2 Stimuleren teelten van gewassen met hoge verdamping: Dit verbetert de grondwaterbalans. Natte gebieden waar gewassen met een lage verdamping worden geteeld worden alleen maar natter. Het doorbreken van deze cyclus kan voor een beter hydrologisch gedrag van het gebied leiden.
- D3 Ontmoediging van containerteelt: deze vorm van teelten draagt bij aan een versnelling van de afvoer, wat vooral bij zomerse piekbuien tot problemen kan leiden.

Bijlage 8. Index digitale kaartbijlage

Kaarten Watersysteemtoets

W01 Waterdiepte Winter
W02 Waterdiepte Zomer
W03 Stroomsnelheid Beek Winter
W04 Stroomsnelheid Beek Zomer
W05 Stroomsnelheid Kunstwerken Winter
W06 Stroomsnelheid Kunstwerken Zomer
W07 Verhang Beek Winter
W08 Verhang Beek Zomer
W09 Verval Kunstwerken Winter
W10 Verval Kunstwerken Zomer
W11 Drooglegging Winter
W12 Drooglegging Zomer
W13 Toets WB21 NBW T10
W14 Toets WB21 NBW T25
W15 Toets WB21 NBW T100
W16 Toets WB21 NBW T100+
W17 Gemeten grondwaterstanden
W18 Gevoeligheidsanalyse grondwater
W19 Maaiveldhoogt

Kaarten juni 2016

J1 Inundaties grond- en oppervlaktewater 4 juni
J2 Inundaties grond- en oppervlaktewater 24 juni
J3 Inundaties grond- en oppervlaktewater 26 juni

Kaarten verkenning maatregelen

M01 - Aanpak kunstwerken - variant 1 - 030MA
M02 - Aanpak kunstwerken - variant 1 - 050MA
M03 - Aanpak kunstwerken - variant 1 - 100MA
M04 - Aanpak kunstwerken - variant 2 - 030MA
M05 - Aanpak kunstwerken - variant 2 - 050MA
M06 - Aanpak kunstwerken - variant 2 - 100MA
M07 - Automatiseren HEC1 - variant 1 - 030MA
M08 - Automatiseren HEC1 - variant 1 - 050MA
M09 - Automatiseren HEC1 - variant 1 - 100MA
M10 - Verlagen zomerbed - variant 1 - 030MA
M11 - Verlagen zomerbed - variant 1 - 050MA
M12 - Verlagen zomerbed - variant 1 - 100MA
M13 - Verlagen zomerbed - variant 2 - 030MA
M14 - Verlagen zomerbed - variant 2 - 050MA
M15 - Verlagen zomerbed - variant 2 - 100MA
M16 - Aanleg winterbed - variant 1 - 030MA
M17 - Aanleg winterbed - variant 1 - 050MA
M18 - Aanleg winterbed - variant 1 - 100MA
M19 - Aangepast onderhoud - variant 1 - 030MA
M20 - Aangepast onderhoud - variant 1 - 050MA
M21 - Aangepast onderhoud - variant 1 - 100MA
M22 - Aangepast onderhoud - variant 2 - 030MA
M23 - Aangepast onderhoud - variant 2 - 050MA
M24 - Aangepast onderhoud - variant 2 - 100MA
M25 - Aangepast onderhoud - variant 3 - 030MA
M26 - Aangepast onderhoud - variant 3 - 050MA
M27 - Aangepast onderhoud - variant 3 - 100MA

Kaarten maatregelenpakket

MP1 - Peilverschil - Zomer - 030MA
MP2 - Peilverschil - Zomer - 050MA
MP3 - Peilverschil - Zomer - 100MA
MP4 - Peilverschil - Winter - 030MA
MP5 - Peilverschil - Winter - 050MA
MP6 - Peilverschil - Winter - 100MA
MP7 - Drooglegging - Zomer - 050MA
MP8 - Drooglegging - Winter - 050MA

Kaarten Juni 2016 met maatregelenpakket

JP1 Inundaties 04 juni na mtr
JP2 Inundaties 24 juni na mtr
JP3 Inundaties 26 juni na mtr
JP4 Verschil gws 04 juni 2016
JP5 Verschil gws 26 juni 2016

Bijlage 9. Effecten maatregelenpakket in vergelijking veldsituatie 2003

B9.1 Toevoeging n.a.v. herstelbesluit Projectplan Waterwet

Aanleiding

Het besluit tot vaststelling van het Projectplan Waterwet Gebiedspilot Eckeltsebeek, waar deze Hydrologische Rapportage onderdeel van uitmaakt, is bij uitspraak d.d. 30 augustus 2023 van de Raad van State vernietigd. De uitspraak schrijft het nemen van een nieuw z.g.n. herstelbesluit door het Dagelijks Bestuur voor.

Uit de overwegingen in de uitspraak is opgemaakt dat onvoldoende is onderbouwd – en niet is vastgesteld – in hoeverre het maatregelenpakket tegemoet komt aan de wens om terug te keren naar de veldsituatie van vóór de herinrichting van 2005.

Daarom is deze bijlage aan de hydrologische rapportage toegevoegd, die in gaat op de effecten van het maatregelenpakket ten opzichte van de veldsituatie van voor de herinrichting.

Doel van het projectplan

Het doel het maatregelenpakket uit het Projectplan Waterwet is, om het stroomgebied van de Eckeltsebeek klimaatrobust in te richten. De wijze waarop het maatregelenpakket tot stand is gekomen, is beschreven in deze Hydrologische Rapportage. Het normenkader dat in Bijlage 1 is beschreven is leidend geweest voor de te nemen maatregelen. Dit is namelijk de wettelijke (inspannings)verplichting die het Waterschap heeft.

Het terugkeren naar het peil van voor de herinrichting is geen doel van het Projectplan, maar deze wens is wel geuit vanuit de streek. De wens is naar voren gekomen gedurende het intensieve streekproces dat in de Gebiedspilot is gevoerd. Deze wens is betrokken in het kader van de belangenafweging. De Raad van State heeft geconstateerd dat deze wens vanuit de streek is verworpen tot een afwegingskader van het Projectplan. Dat is echter nooit de bedoeling geweest.

Verder geldt dat het niet is vast te stellen of volledig kan worden teruggekeerd naar de situatie van vóór de herinrichting van 2005, omdat er destijds geen nulmeting is verricht. Er kan slechts een rekenkundige berekening worden gemaakt. Deze is gemaakt en hieronder toegelicht.

Aanpassingen aan de Hydrologische Rapportage

Om het verschil tussen het toegepaste afwegingskader uit Bijlage 1 en wensen vanuit de streek te verduidelijken, is de tekst van de Hydrologische Rapportage (dit rapport) aangepast. In de hoofdtekst wordt nu alleen ingegaan op het toegepaste afwegingskader.

De navolgende tekst in deze bijlage is bedoeld om te bepalen in hoeverre tegemoet wordt gekomen aan de wens om terug te keren naar het peilbeheer van voor de herinrichting.

B9.2 Vergelijking peilen maatregelenpakket t.o.v. veldsituatie 2003

Gebruikte modellen

Er is getracht een vergelijking te maken tussen het peil van voor de herinrichting in 2003 en het peil na het doorvoeren van het maatregelenpakket in 2021. Hiervoor zijn modelberekeningen van de veldsituatie 2003 uitgevoerd door het Waterschap (2012) vergeleken met de modeluitkomsten van het onderzoek van Sweco (2018).

De twee modellen zijn gestoeld op verschillende aannames en uitgangspunten, waarvan de uitgangspunten en keuzes bij de berekeningen van 2012 ook niet volledig te achterhalen

zijn geweest. Het vergelijken van twee modellen kent onzekerheden en moet dan ook als richtinggevend worden gezien.

Veranderde maatgevende omstandigheden

Daarnaast zijn de maatgevende omstandigheden veranderd. De maatgevende omstandigheden worden bepaald op basis van beleid (wat vinden we maatgevend en hoe leiden we dat af uit metingen?), het functioneren van het watersysteem, de gebiedsinrichting en het klimaat. In ieder geval het functioneren van het watersysteem, de gebiedsinrichting en het klimaat zijn veranderd:

- In de gebiedsinrichting en het watersysteem hebben met name in Duitsland veranderingen plaatsgevonden, waardoor er grotere afvoergolven door het beekstelsysteem komen. De exacte oorzaak is niet achterhaald. Daarbij is ook de verdeling van Horsterbeek en Eckeltsebeek veranderd. Waar deze eerder nagenoeg een 50/50 benaderde, is dat nu een 30/70 verhouding geworden. Dit betekent dat de afvoer door het beekstelsysteem heel anders zijn geworden dan in 2003 het geval was.
- Het klimaat wordt ook grilliger, wat tot grotere piekafvoer leidt. De jaarlijks maatgevende afvoer, afgeleid op basis van jaarmaxima, wordt hierdoor eveneens groter.

Slotsom: wat in 2003 als maatgevende afvoer werd gezien, is thans niet meer maatgevend. In de hydrologische analyse in dit rapport is uitgebreid stilgestaan bij het herijken van de maatgevende afvoer, op basis van het meest recente beleid (of werkprotocol) en meetgegevens. Dit heeft geleid tot een nieuwe maatgevende afvoer. Deze is overigens niet expliciet vergeleken met 2003, omdat dit niet tot de scope van het project behoorde. De situatie 2003 is immers geen onderdeel van het afwegingskader.

Omdat het wel de inschatting is geweest dat de maatgevende afvoeromstandigheden niet te vergelijken zijn, is alleen gekeken naar een vergelijking van de relatie tussen afvoer en peil. Dit betekent dat in beide modellen is gekeken naar het peil dat hoort bij een gelijke afvoer. Dit zegt namelijk iets over het functioneren van het watersysteem, dat je met maatregelen daarin kunt wijzigen.

De vergelijking

De vergelijking is op 4 locaties en voor 2 afvoeromstandigheden gemaakt. De vier locaties zijn 1) bovenstrooms van de stuw bij de kasteelruïne, 2) de samenkomst van Eckeltsebeek en Horsterbeek (ter plaatse van de percelen van belanghebbende), 3) de Eckeltsebeek ter hoogte van de Lackbar-Cereslossing (het WB21-knelpunt) en 4) de Horsterbeek nabij de grens.

De gebruikte afvoer uit de berekening veldsituatie 2003 was nabij de instroom van de Horsterbeek in de Eckeltsebeek 320 l/s, destijds opgebouwd uit 160 l/s van de Horsterbeek en 160 l/s uit de Eckeltsebeek. Bij die afvoer hoorde een peil van NAP +13,91 m. Ook voor de overige locaties zijn de peilen uit 2003 door de projecthydroloog van het Waterschap aangeleverd. Welke (maatgevende) omstandigheid destijds bij die afvoer hoorde, is niet bekend. Er werd alleen gesproken over een gemiddelde afvoer.

Wel is de afvoer uit de berekening veldsituatie 2003 vergeleken met de maatgevende afvoer bepaald in 2018, dit is ca. 15% van de maatgevende afvoer bepaald in 2018. Vervolgens is die afvoeromstandigheid in het herijkte model van 2018 opgezocht. Voor de veldsituatie 2018 is bij een afvoer van 320 l/s een peil van NAP +13,98 m berekend. Na maatregelen is dit NAP +13,91 m, ofwel gelijk aan het peil uit 2003. Alle waarden zijn opgenomen in de navolgende tabel.

Tabel B9-1. Vergelijking van lage afvoersituatie: voor herinrichting, actuele peilen en na uitvoering van maatregelen, ca. 15% van de maatgevende afvoer (zomerweerstand)

Locatie	Debiet [l/s]	Peil 2003 [m NAP]	Actueel peil [m NAP]	Peil na maatregelen [m NAP]
Eckeltsebeek, bovenstrooms stuw HEC1	350	13,59	13,51	13,51
Eckeltsebeek, instroom Horsterbeek	320	13,91	13,98	13,91
Eckeltsebeek, instroom Lackbar-Cereslossing	210 (160)	15,11	15,35	15,11
Horsterbeek, grens	90 (160)	14,87	14,96	14,96

Vervolgens is ook de vergelijking gemaakt met de in 2018 bepaalde halve maatgevende afvoer, dit omdat deze afvoer voor het bepalen van de drooglegging maatgevend is. Deze afvoer is voor een dezelfde locaties uit het model van 2018 opgehaald, samen met het bijhorende peil voor de veldsituatie 2018 en situatie na uitvoering van maatregelen. De peilen die bij deze afvoeren horen voor de veldsituatie 2003 zijn aangeleverd door de projecthydroloog van het Waterschap. De vergelijking is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel B9-2. Vergelijking van hoge afvoersituatie: voor herinrichting, actuele peilen en na uitvoering van maatregelen, ca. 50% van de maatgevende afvoer (zomerweerstand)

Locatie	Debiet [l/s]	Peil 2003 [m NAP]	Actueel peil [m NAP]	Peil na maatregelen [m NAP]
Eckeltsebeek, bovenstrooms stuw HEC1	1050	13,77	13,67	13,67
Eckeltsebeek, instroom Horsterbeek	865	14,21	14,42	14,21
Eckeltsebeek, instroom Lackbar-Cereslossing	525	15,38	15,79	15,57
Horsterbeek, grens	280	15,09	15,36	15,15

Uit de tabellen blijkt dat het berekende peil voor de veldsituatie 2018 op verschillende plaatsen variërend lager en hoger is dan het berekende peil voor de veldsituatie van 2003. Bij de stuw HEC1 is het berekende peil voor de veldsituatie 2018 lager, nabij de instroom Horsterbeek is het peil hoger dan de veldsituatie van 2003. Dit past bij het beeld dat de streek heeft aangegeven, hogere peilen door de herinrichting. Verder bovenstrooms lopen de peilen nog verder op.

De maatregelen zorgen ervoor dat de peilen weer lager worden. Bij de stuw is er geen verschil berekend als gevolg van de maatregelen. Dit heeft met het ingevoerde stuwpeil (NAP +13,60 m voor de zomer) te maken. Bij de samenkomst van de Horsterbeek en Eckeltsebeek worden de peilen gelijk aan de veldsituatie 2003. Bovenstrooms worden de peilen verlaagd door de maatregelen, maar blijven deze wel hoger dan de berekende situatie in 2003. Dit heeft te maken met de hogere weerstand die in de berekeningen voor de situaties in 2018 is gebruikt.

Door het uitvoeren van de maatregelen wordt dus berekenend terug geredeneerd naar de veldsituatie van 2003.