

# Hydrologische analyse effecten PAS-maatregelen Beekvliet-Stelkampsveld

13-11-2015

## Inleiding

Als basis voor de PAS zijn de hydrologische maatregelen van scenario SD3a uit het GGOR overgenomen. Deze maatregelen betreffen principemaatregelen waarbij in de GGOR-studie het effect op grondwater (en de beoogde GGOR-doelen) is onderzocht ten behoeve van de afweging van scenario's.

In deze studie zijn aanvullend effecten voor oppervlaktewaterbeheer onderzocht, die voortkomen uit de verandering van de waterpeilen van de A-watgangen in beheer van waterschap Rijn en IJssel zoals voorzien in het maatregelpakket van scenario SD3a. Speciale aandacht gaat uit naar de gevolgen buiten het ingreepgebied. In deze studie wordt uitgezocht hoe maatregelen zo nodig zó kunnen worden vormgegeven, binnen de randvoorwaarden van de GGOR-studie, dat inundaties zoveel mogelijk beperkt worden.

Verwachting is dat voor het hydraulisch functioneren van het watersysteem geen profielaanpassingen en extra ruimtebeslag nodig zijn. Maar vanuit het belang van onderhoud is er wellicht wel een ruimteclaim. Denk hierbij aan het verbeteren van de draagkracht van de onderhoudspaden als gevolg van het hogere waterpeil en eventuele omvorming van tweezijdige (smalspoor) onderhoudspaden naar eenzijdig (breedspoor).

Met behulp van het softwarepakket SOBEK zijn in deze studie de hydraulische effecten van de geplande maatregelen op het watersysteem in het beheer van Waterschap Rijn en IJssel berekend. In een eerste berekeningsronde is gekeken naar het effect van de geplande maatregelen bij verschillende afvoeren. In een tweede (nog uit te voeren) berekeningsronde worden zo nodig aanpassingen meegenomen waarmee ongewenste inundaties uit de eerste berekeningsronde worden voorkomen. Ook worden eventuele aanvullende wensen vanuit het onderhoud in deze tweede ronde meegenomen.

## Leeswijzer

In voorliggende memo wordt eerst de werkwijze toegelicht waarbij de opzet van het model en de opzet van de maatregelen in het model worden beschreven. Specifiek is aandacht besteed aan het verschil tussen de gemeten en theoretische profielen. Na de modelbeschrijving wordt de huidige situatie, zoals deze is berekend met het model, gepresenteerd voor verschillende afvoersituaties. Aansluitend is het resultaat van de berekening met de voorgenomen maatregelen gepresenteerd.

## Werkwijze

In voorliggende paragraaf wordt de werkwijze beschreven. Hierbij wordt eerst ingegaan op de modelopzet. Aansluitend wordt de schematisatie van de maatregelen beschreven.

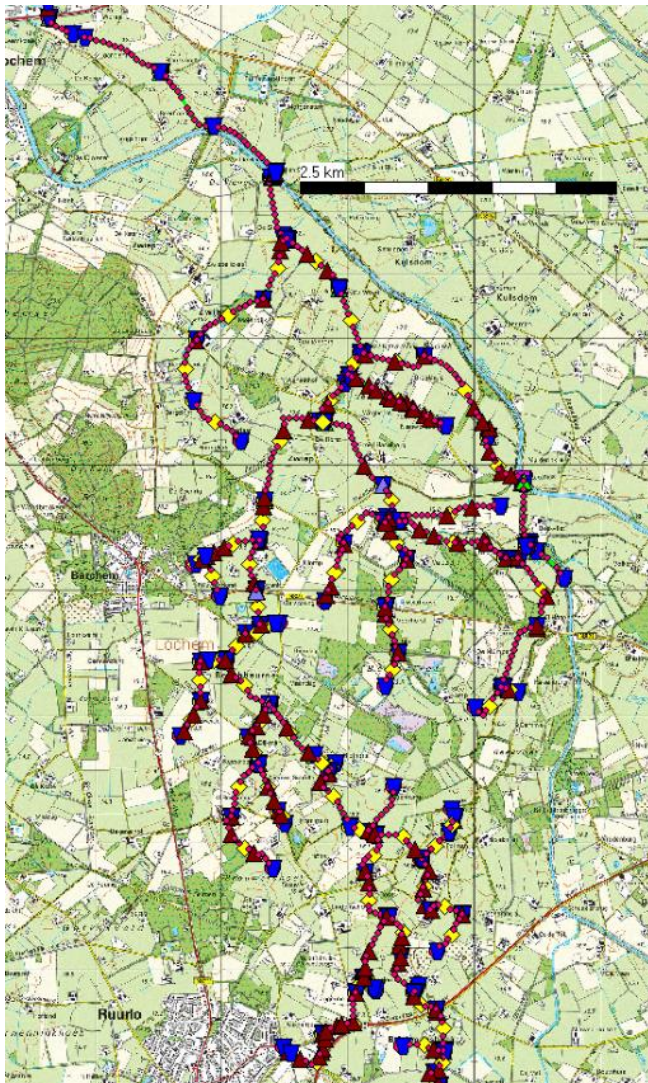
## Modelopzet

### Basismodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met het softwarepakket SOBEK (Deltares) waarbij gebruik is gemaakt van de module 'Channel Flow'. Als basis is hiervoor het recent ten behoeve van de NBW-toetsing opgezette model gebruikt. Het betreffende model heeft nog geen definitieve status, maar vormt wel een goed basismodel voor voorliggend onderzoek. Vanuit de niet-definitieve status zijn de volgende aandachtspunten meegegeven:

- De invloed van het IJssel werkt nog niet op een juiste manier door in het model. Dit is echter voor het Beekvliet-Stelkampsveld gebied niet van belang omdat dit te ver bovenstrooms ligt en op het Twentekanaal afwatert.
- De weerstanden van de in het model aanwezige duikers zijn mogelijk niet overal goed overgenomen. Dit is gecontroleerd en bleek geen issue in het interessegebied;
- De Rainfall Runoff (RR) module van SOBEK bevat nog fouten. Voor voorliggende studie wordt geen gebruik gemaakt van RR en is dan ook uit het model verwijderd.

### Aanpassingen aan het NBW model



Figuur 1 Uitsnede model interessegebied Beekvliet-Stelkampsveld

Aan het basismodel zijn de volgende aanpassingen gemaakt:

- Er is een uitsnede gemaakt van het stroomgebied rond Beekvliet-Stelkampsveld. Figuur 1 laat het resterende deelmodel ten behoeve van deze studie zien.
  - De RR module is uit het model verwijderd.
  - Aan het model zijn 'Lateral nodes' toegevoegd. Deze schematiseren het afwaterend oppervlak. De afwaterende oppervlaktes zijn uit de RR module gehaald. De afvoer wordt vanuit de 'lateral nodes' aan de watergangen in het model geleverd en is het resultaat van het oppervlak van deze nodes en de 'neerslagbui' (die een afvoer schematiseert) die hierop valt.
  - Benedenstrooms van de onderleider onder de Berkel door, zijn enkele nodes van het model verplaatst (twee tal duikers) die in het model voor rekenkundige problemen zorgde. Deze aanpassingen zijn dusdanig ver van het interessegebied dat deze aanpassingen niet leiden tot andere resultaten in het interessegebied.
  - De onderleider onder de Berkel is aangepast:
    - o Twee buizen naast elkaar;
    - o Beide 1,27 m in diameter rond;
    - o Instroomhoogte 10,23 m+NAP;
    - o Uitstroomhoogte 10,08 m+NAP;
    - o Laagste punt onder de Berkel: 6,24 m+NAP;
    - o Lengte 55 m.
- 3 Duikers achter elkaar in elke onderdoorgang:
- o 1<sup>ste</sup> duiker van instroom 10,23 m naar 6,24 m (circa 15 m lang);
  - o 2<sup>de</sup> duiker van 6,24 m naar 6,24 m (circa 25 m lang);
  - o 3<sup>de</sup> duiker van 6,24 m naar 10,08 m (circa 15 m lang).

Hiervoor is een extra tak in Sobek aangebracht om de tweede onderdoorgang te schematiseren.

#### *Doorgerekende afvoeren*

Met het model zijn de volgende afvoersituaties doorgerekend:

- 0.05Q → Basisafvoer, gemiddelde afvoer gedurende de zomer;
- T=1 → Jaarlijkse stevige afvoer, komt 1 a 2 dagen per jaar voor;
- T=10 → Normafvoer, komt een dag in de 10 jaar voor;
- T=100 → Extreme afvoer, komt dag in de 100 jaar voor.

De afvoer wordt in het model ingebracht via de 'lateral nodes'. De neerslag per afvoersituatie is afgeleid van de maatgevende afvoer die voor het gebied geldt.

De maatgevende afvoer voor het Beekvliet-Stelkampsveld gebied betreft 0,9 l/s/ha. Dit vertaalt zich naar de volgende neerslaghoeveelheden in het model:

- 0,05Q: 0,0162 mm per uur;
- T=1: 0,324 mm per uur;
- T=10: 0,486 mm per uur;
- T=100: 0,648 mm per uur.

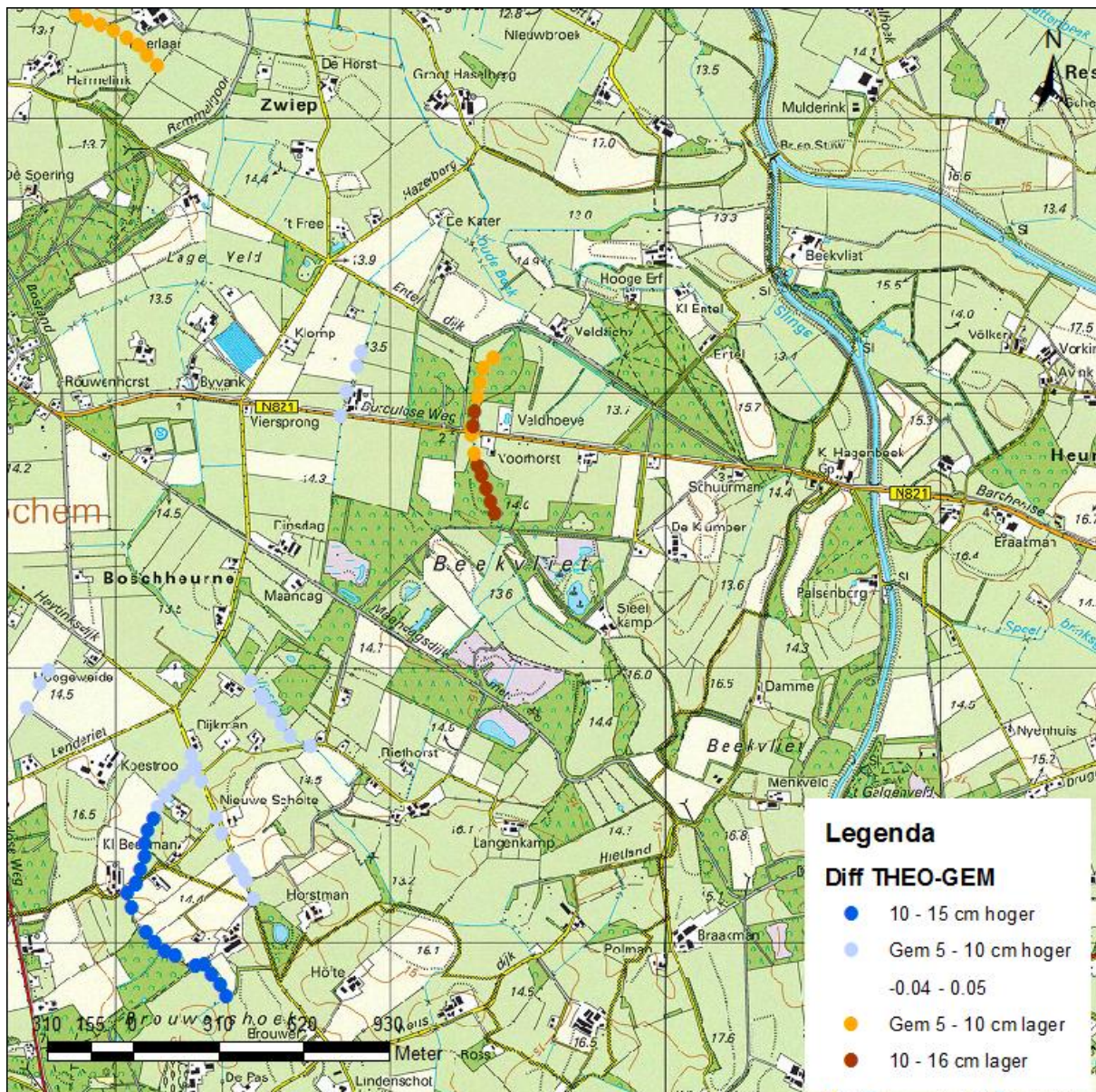
Deze neerslaghoeveelheden zijn als een stationaire situatie (continue neerslag) opgelegd.

#### *Verskil gemeten of theoretische profielen*

Het NBW model is opgezet vanuit de theoretische profielen. Met andere woorden, de watergangen zijn zo in het model opgenomen als in de legger is beschreven. De werkelijke situatie kan hier van afwijken. Als gevolg van aanzanding of juist erosie kan de watergang anders gevormd zijn. Om te controleren of dit in het gebied rond Beekvliet-Stelkampsveld het geval is, zijn de gemeten profielen



uit het jaar 2005 vergeleken met de profielen volgens de legger. Voor deze vergelijking is een sub model gebouwd waarin de leggerprofielen zijn vervangen door de gemeten profielen uit 2005. Vervolgens is een vergelijking gemaakt van de waterstanden. Onderstaand Figuur 2 laat dit verschil zien bij de normaafvoer T10.



Figuur 2 Verschil in berekende waterstanden bij een T10 afvoer als gevolg van gemeten profielen ten opzichte van leggerprofielen.

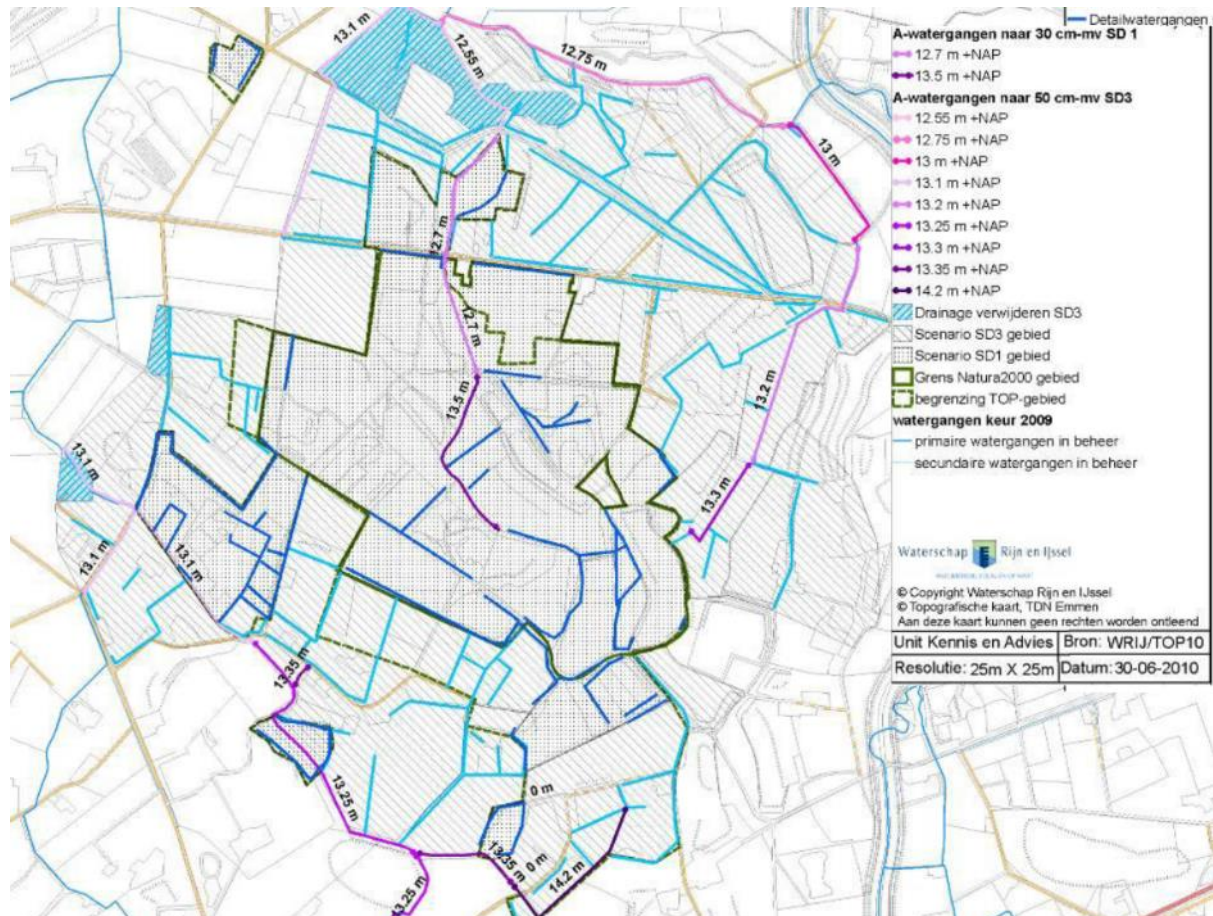
Dit resultaat laat zien dat de effecten van de verschillen in de profieldimensies beperkt zijn. Met andere woorden, de praktijksituatie in 2005 ligt relatief dicht bij de situatie volgens de legger (beoogde situatie). Op locaties zijn wel verschillen zichtbaar. In het interessegebied is dit met name het traject van de Oude Beek net ten noorden van Beekvlies-Stelkampsveld. Hier laat de berekening met de gemeten profielen lagere waterstanden zien. Dat betekent dat met het theoretische model (leggerprofielen) de waterstanden worden overschat ten opzichte van de praktijk. In het zuidwesten van het gebied zijn nog twee watergangen met hogere waterstanden te zien, dus minder ruimte in het profiel dan volgens de legger. Dit zijn aanleverende watergangen.



Op basis van dit vergelijk is besloten dat het basismodel zoals deze ook in de NBW toetsing wordt gebruikt gebaseerd op de theoretische legger profielen geschikt is voor het gebruik in voorliggende studie. De verdere berekeningen zijn dan ook uitgevoerd met het model gebaseerd op de legger.

### Schematisatie van de PAS maatregelen

In de PAS is de maatregelenkaart met betrekking tot het watersysteem opgenomen. Deze is weergegeven in Figuur 3. Waterschap Rijn en IJssel staat hierbij voor de opgave de maatregelen aan de bij haar in beheer zijnde watergangen te realiseren.



Figuur 3 Maatregelenkaart uit het PAS

In onderstaand Figuur 4 zijn de maatregelen weergegeven zoals deze in de SOBEK modellering zijn meegenomen. De maatregelen in het watersysteem in beheer van het Waterschap Rijn en IJssel beperken zich tot het opzetten van het waterpeil. In de modellering is dit gerealiseerd door het toevoegen van stuwen in de watergang. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De stuw is geplaatst op de benedenstroomse grens van het traject waarvoor het hogere peil is beoogd;
- De stuwhoogte is 2 cm gekozen onder het streefpeil. Daarmee wordt bij basisafvoer, inclusief de overstorthoogte, het streefpeil van de maatregel gerealiseerd;
- Nieuwe stuwen zijn in het model opgenomen met een breedte van 2 meter. Voor de bestaande stuwen waar het peil is opgezet, is de huidige breedte gehandhaafd.





Figuur 4 Maatregelen PAS doorgerekend in de SOBEK modellering

Als GGOR maatregel is ook het dempen van aanwezige detailontwatering opgenomen. Deze maatregel is niet als dusdanig meegenomen in voorliggende modellering. Het dempen van detailontwatering heeft naast effect op grondwater, ook invloed op de afvoerdynamiek van het A-watergangen systeem. Het dempen van detailontwatering zal betekenen dat neerslag minder snel tot afvoer komt naar de A-watergangen en met name de pieksituaties van de afvoer hierdoor lager zullen zijn. In het model is dit effect niet verwerkt, waarmee de voorliggende berekening een worst-case situatie beschrijft.

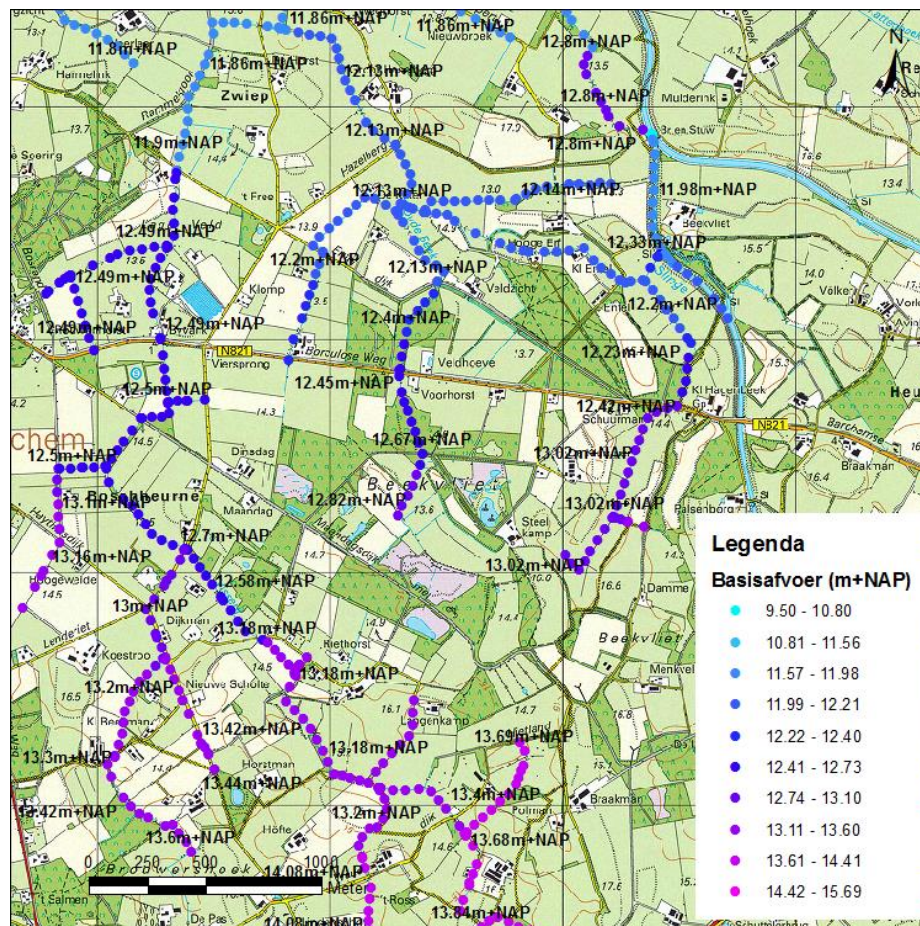


## Resultaten: Het watersysteem bij de huidige situatie

Met het aangepaste model is de huidige situatie doorgerekend en in beeld gebracht. De berekende waterstanden en drooglegging worden onderstaand beschreven.

### Waterstanden in de huidige situatie

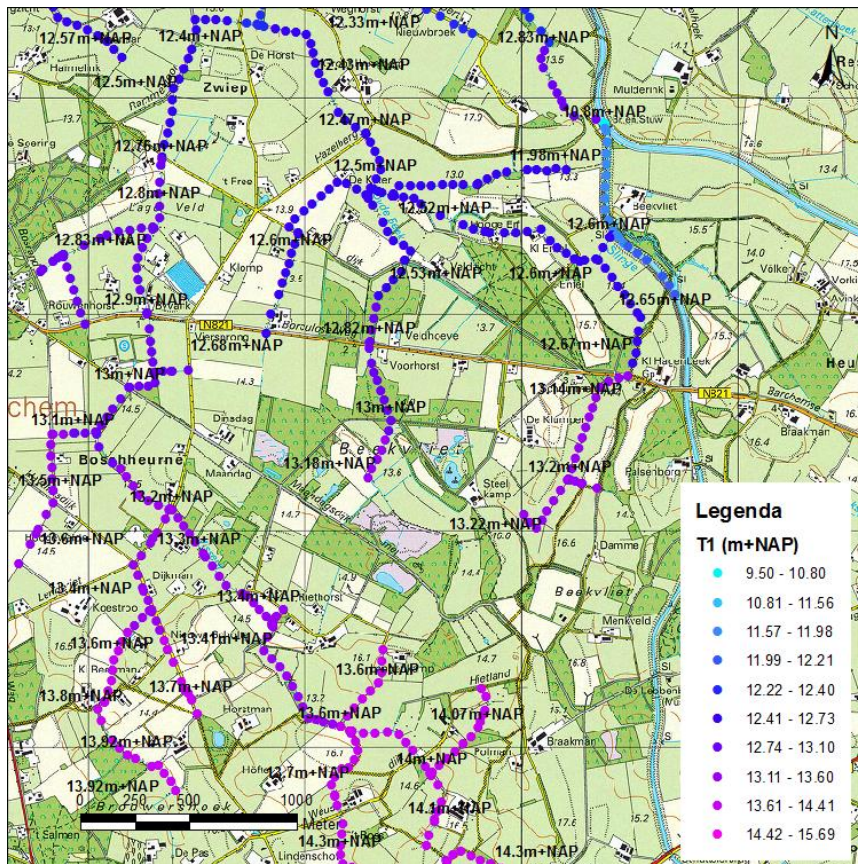
In onderstaande figuren (Figuur 5 tot en met Figuur 8) zijn de waterstanden bij de verschillende afvoersituaties in beeld gebracht.



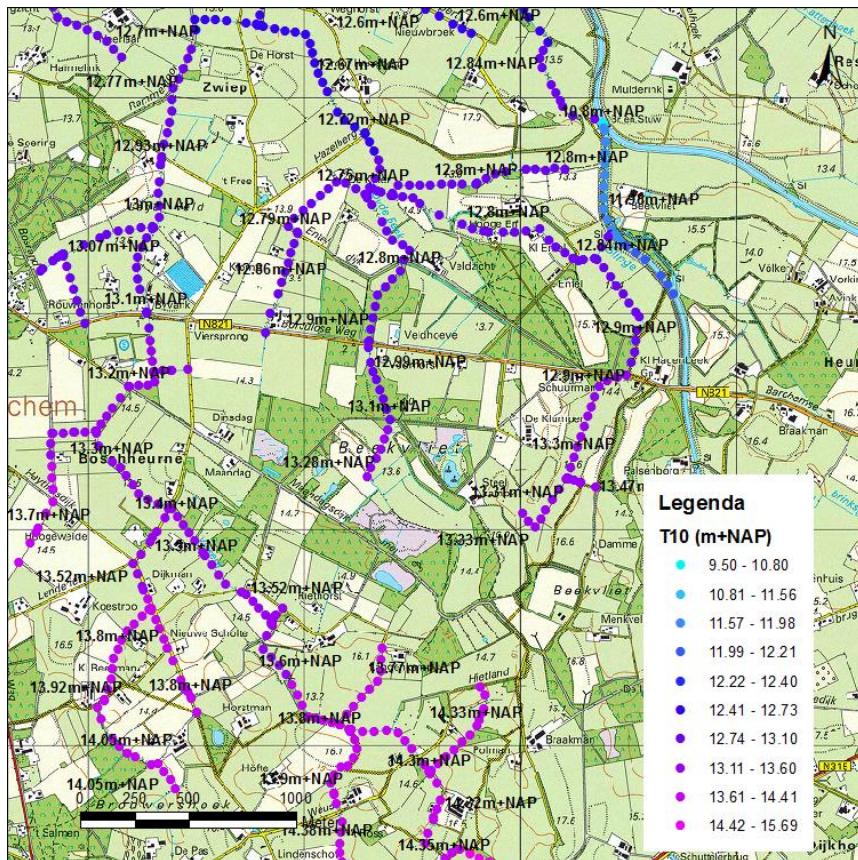
Figuur 5 Waterstanden bij basisafvoer voor de huidige situatie

Bij basisafvoer worden de waterstanden met name beïnvloed door de reeds aanwezige stuwen in het gebied. De Oude beek laat bovenstrooms vanuit Beekvliet-Stelkampsveld waterstanden zien van 12,82 m+NAP aflopend naar 12,13 m+NAP ter plaatse van waar de afwatering van Schuurman bij de Oude Beek komt. Bovenstrooms in de afwatering van Schuurman lopen de waterstanden op tot 13,02 m+NAP. Waterstanden in de Visserij en zijn zijtakken variëren tussen de 13,70 m+NAP en 13,10 m+NAP ten zuiden van Beekvliet-Stelkampsveld en tussen de 13,18 m+NAP en 12,50 m+NAP ten westen van Beekvliet-Stelkampsveld.





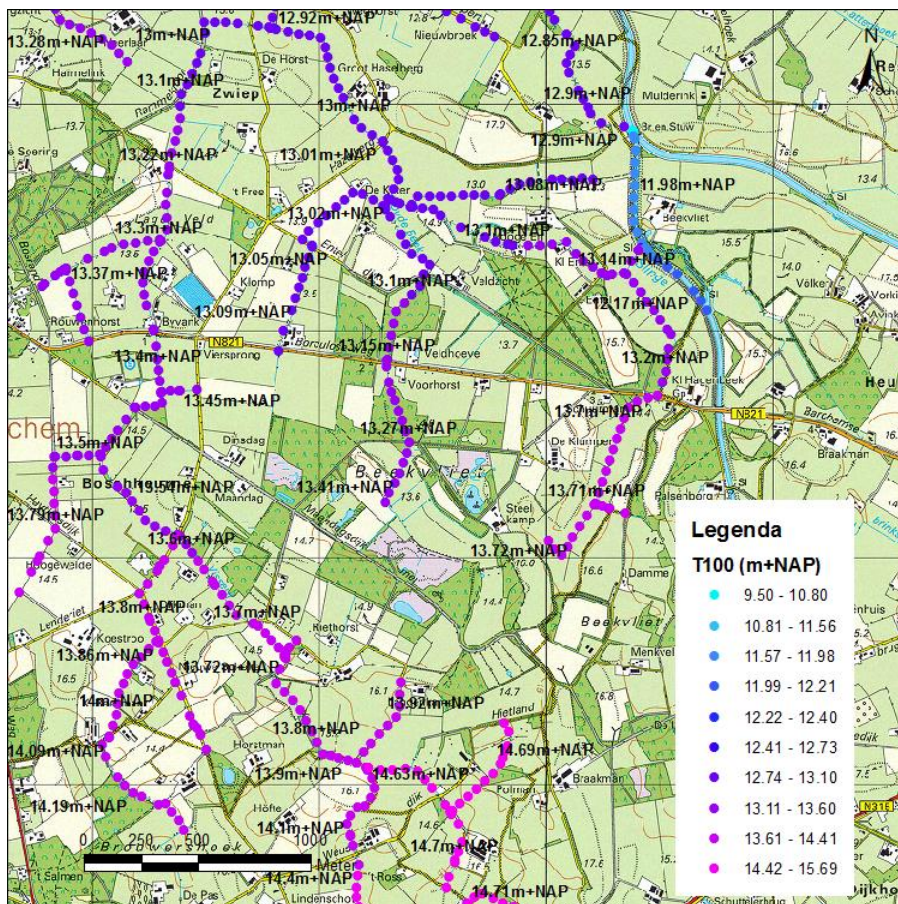
Figuur 6 Waterstanden bij T1 in de huidige situatie



Figuur 7 Waterstanden bij T10 in de huidige situatie



Bij de normaalvoer zijn de te verwachten toenames in waterstanden ten opzichte van basisafvoer zichtbaar. In de Oude beek is de waterstand bovenstrooms circa 45 cm hoger (13,29 m+NAP). Benedenstrooms lopen de waterstanden op met circa 65 cm (12,80 m+NAP). Bovenstrooms in de afwatering van Schuurman lopen de waterstanden op tot 13,34 m+NAP (circa 30 cm hoger). Aan de zuidkant van Beekvliet-Stelkampsveld in de Visserij lopen de waterstanden op variërend van 14,33 m+NAP (circa 60 cm hoger) en 13,10 m+NAP ten zuiden van Beekvliet-Stelkampsveld en tussen de 13,52 m+NAP (34 cm hoger) en 13,35 m+NAP (85 cm hoger) ten westen van Beekvliet-Stelkampsveld.



Figuur 8 Waterstanden bij T100 in de huidige situatie

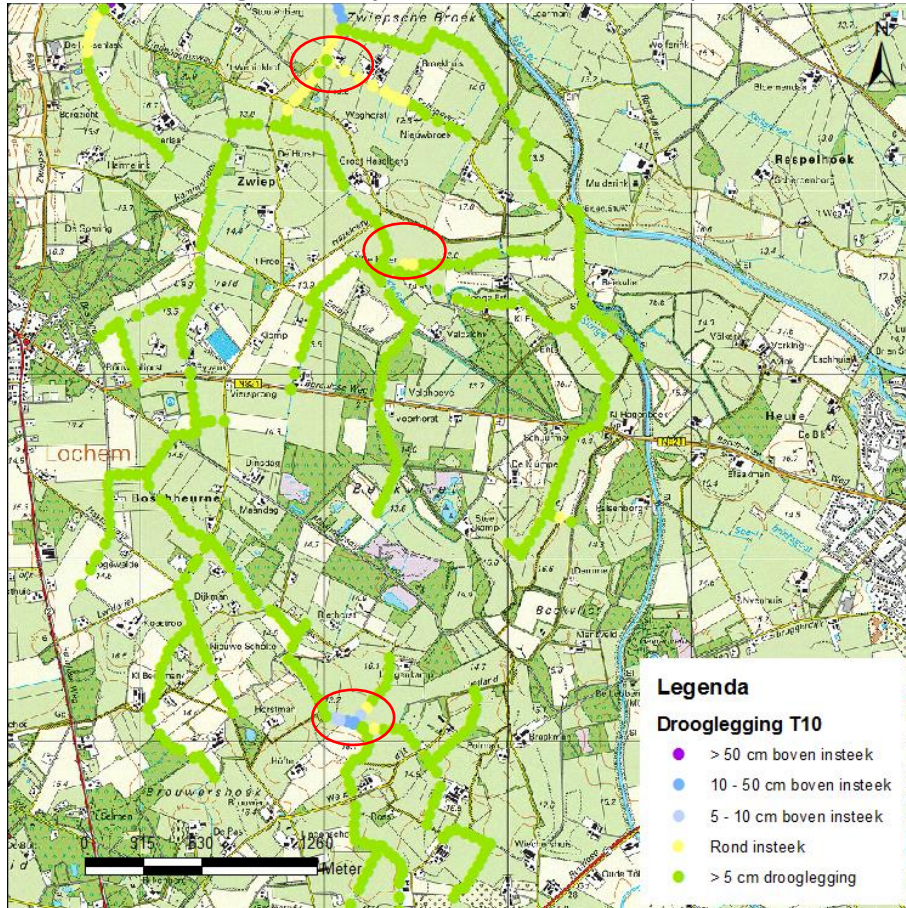
### Drooglegging in de huidige situatie

In onderstaand Figuur 9 is de drooglegging weergegeven voor de situatie bij normaalvoer (T10). Wanneer de watergang als groen is aangegeven is er sprake van een drooglegging groter dan 5 cm. Is de drooglegging plus of min 5 cm dan is deze met geel aangegeven. Wanneer de drooglegging kleiner is dan -5 cm wordt er op basis van de insteekhoogte in het model inundatie voorspeld. De resultaten laten op drie locaties voor de huidige situatie knelpunten zien. In de Visserij net ten noorden van de Weutsdijk. En in watergang 287 die net ten noorden van de afwatering van Schuurman ligt.

Beide locaties zijn in detail bekeken:

- Het knelpunt in de Visserij is het gevolg van een te lage insteekhoogte in het model. In het model is een insteekhoogte van 13,65 m+NAP opgenomen. Controle aan de hand van het AHN2 (Algemeen Hoogtebestand Nederland) laat zien dat de maaiveldhoogte hier rond de 13,90 m+NAP liggen. Het knelpunt is dan ook niet juist. Er zal hier geen sprake zijn van inundatie.

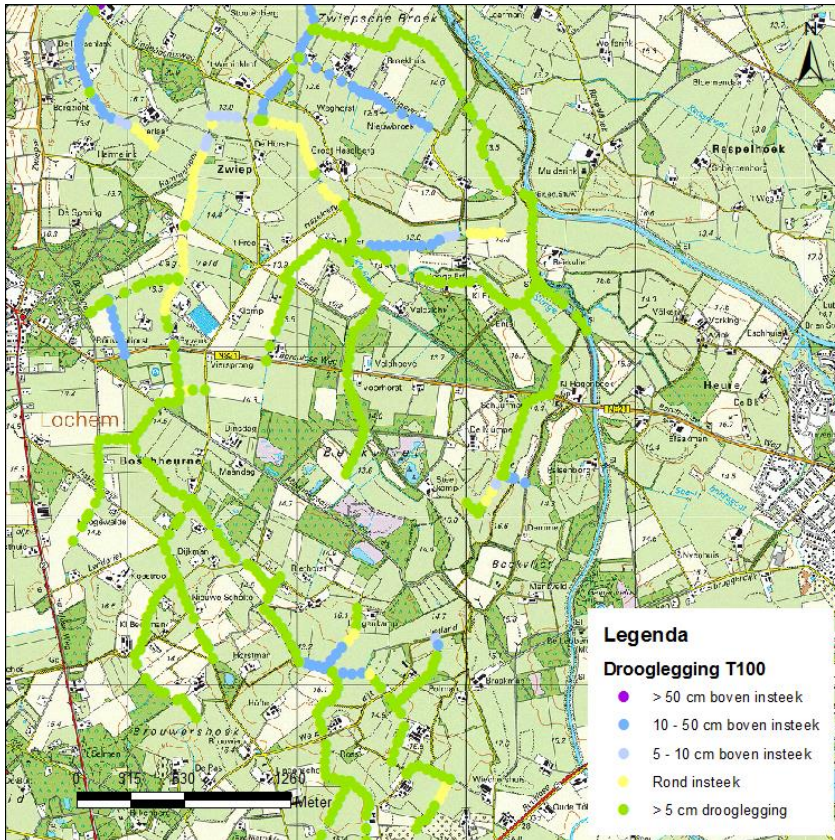
- Voor het knelpunt in watergang 287 geldt hetzelfde. De insteekhoogte in het model is hier circa 12,80 – 12,90 m+NAP. Het AHN laat hier maaiveldhoogtes van circa 13,10 m+NAP zien. Ook hier zal in de huidige situatie geen sprake zijn van inundatie.
- Visserij/ Watergang 192 Schuppert – Nieuwbroek ten noorden van Beekvliet-Stelkampsveld. Hier worden waterstanden rond de 12,60 m+NAP berekend bij een T10 afvoer. De insteekhoogte is hierbij 12,50 m+NAP. Controle op het AHN laat zien dat dit klopt.



Figuur 9 Drooglegging bij T10 in de huidige situatie

In Figuur 10 is de drooglegging bij een T100 afvoer voor de huidige situatie weergegeven. Duidelijk zichtbaar is dat grotere trajecten van watergangen inundaties laten zien bij een dergelijke afvoer. Dit is met name benedenstrooms (noordelijk) van Beekvliet-Stelkampsveld het geval.

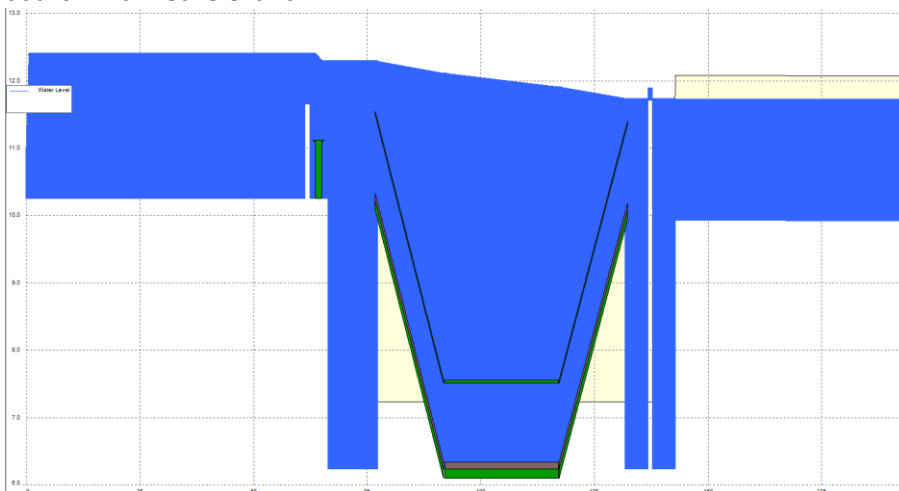




Figuur 10 Drooglegging huidige situatie bij een T100 afvoer

#### Knelpunt onderleider Berkel

Uit de resultaten komt een knelpunt in het watersysteem naar voren die bijdraagt aan het oplopen van de waterstanden. In Figuur 11 is een dwarsdoorsnede weergegeven van de constructie samen met de waterstand bij een T100 situatie. Het betreft de constructie die zorgt dat het water vanuit de Visserij onder de Berkel door uitkomt in de Grote Waterleiding. De constructie is zo in het model opgenomen als deze in de legger is beschreven. De modellering laat zien dat bij een T100 afvoer de constructie een knijpende werking heeft en er opstuwung bovenstrooms plaatsvindt. Of deze opstuwung in werkelijkheid ook optreedt is onzeker. De opstuwung werkt echter nagenoeg niet meer door ter hoogte van het Beekvliet Stelkampsveld gebied. Voor de voorliggende studie is dit knelpunt daarom nu niet relevant.



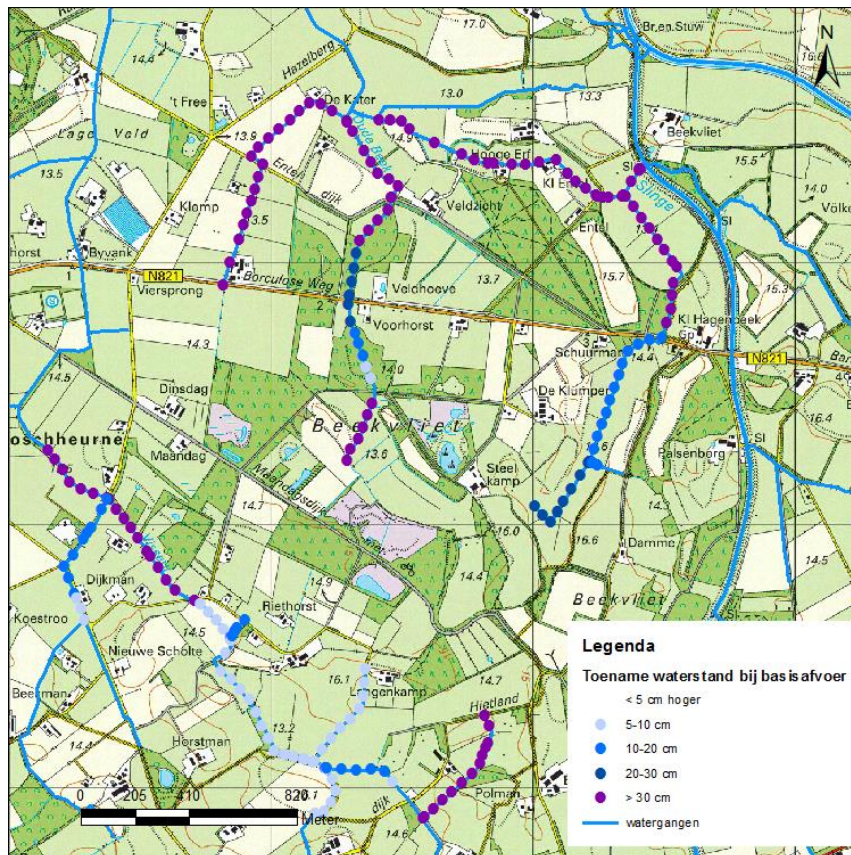
Figuur 11 Dwarsdoorsnede uit het model van de constructie onder de Berkel door met de T100 afvoer weergegeven.

## Resultaten: Effecten PAS maatregelen zonder compensatie voor knelpunten

Met het model van de huidige situatie als basis is een scenario met PAS maatregelen opgezet en doorgerekend. De berekende waterstanden en drooglegging worden onderstaand beschreven.

### Verandering in waterstanden

In onderstaande figuren (Figuur 12 tot en met Figuur 15) is de verandering in de waterstanden bij de verschillende afvoersituaties in beeld gebracht.

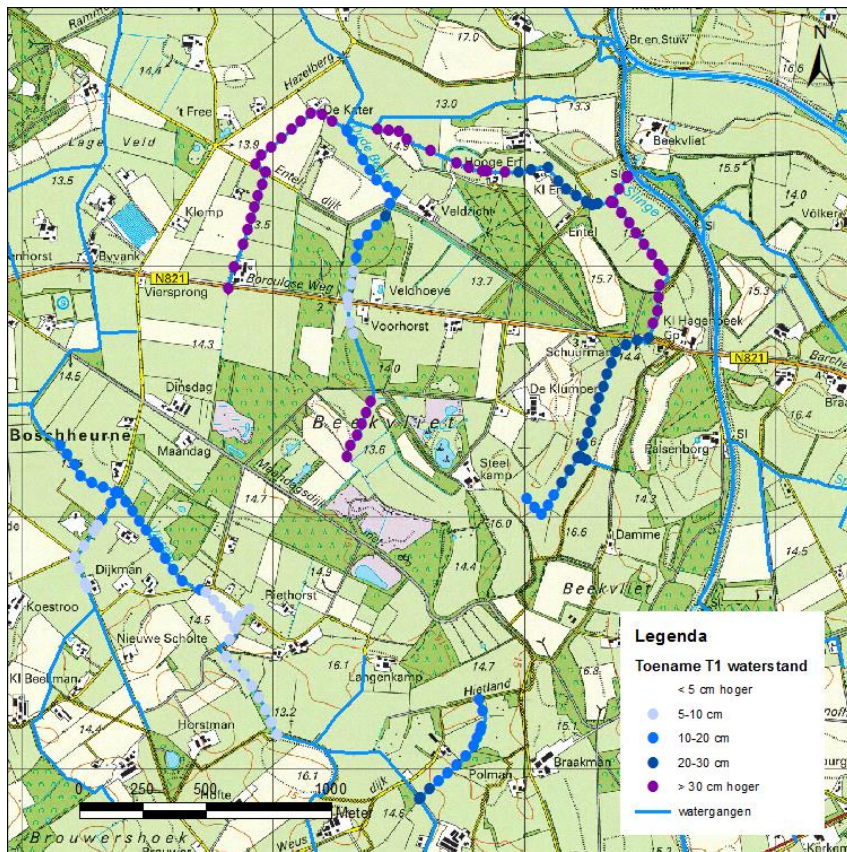


Figuur 12 Verandering in waterstand bij basisafvoer als gevolg van de PAS maatregelen

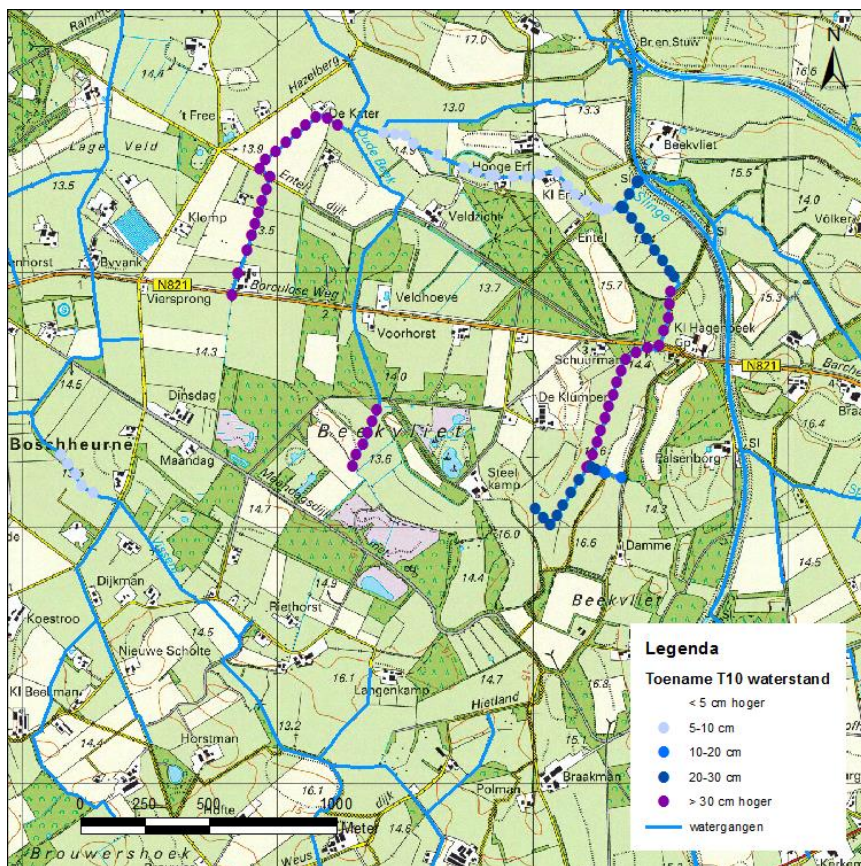
Bij een basisafvoer situatie (Figuur 12) is goed zichtbaar dat de PAS maatregelen leiden tot hogere waterstanden in de A watergangen rond Beekvliet-Stelkampsveld. Dit is ook het beoogde effect en een direct resultaat van de toegevoegde en opgezette stuwen. Ook bij een T1 afvoer is het effect goed zichtbaar (Figuur 13).

In Figuur 14 en Figuur 15 is zichtbaar dat de verandering in de waterstanden zich verplaatst en afneemt naarmate de afvoer toeneemt. Bij hogere afvoeren hebben de stuwen een kleinere invloed op de waterstanden, maar worden de waterstanden meer beïnvloed door beperkingen in de afvoer als gevolg van bijvoorbeeld duikers die zorgen voor een opstuwung.



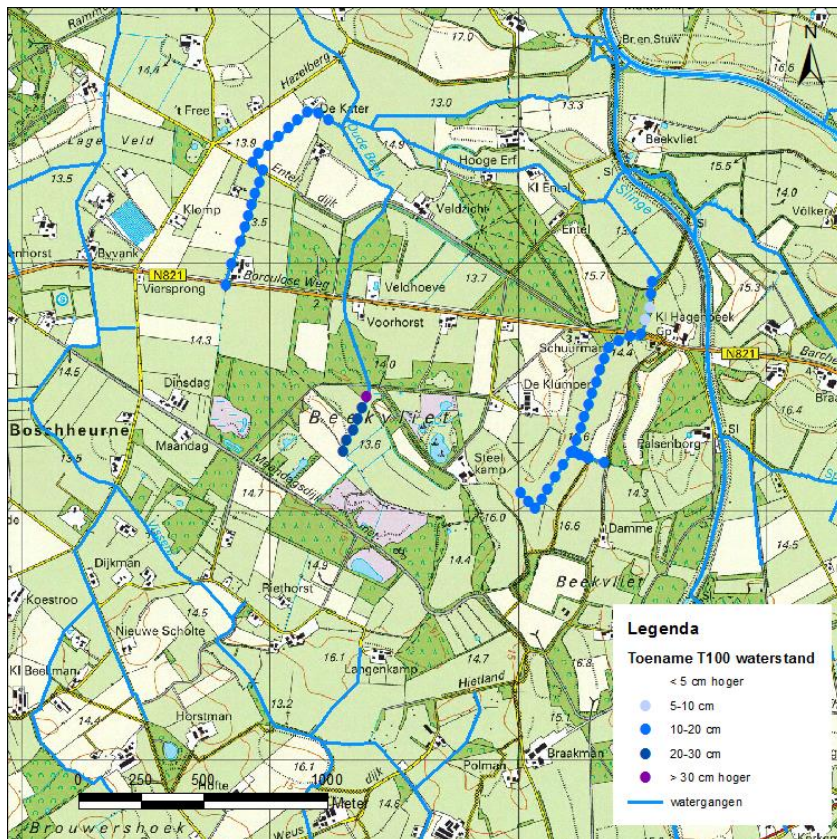


Figuur 13 Verandering in oppervlaktewaterstanden bij een T1 afvoer als gevolg van de PAS maatregelen



Figuur 14 Verandering in oppervlaktewaterstanden bij een T10 afvoer als gevolg van de PAS maatregelen





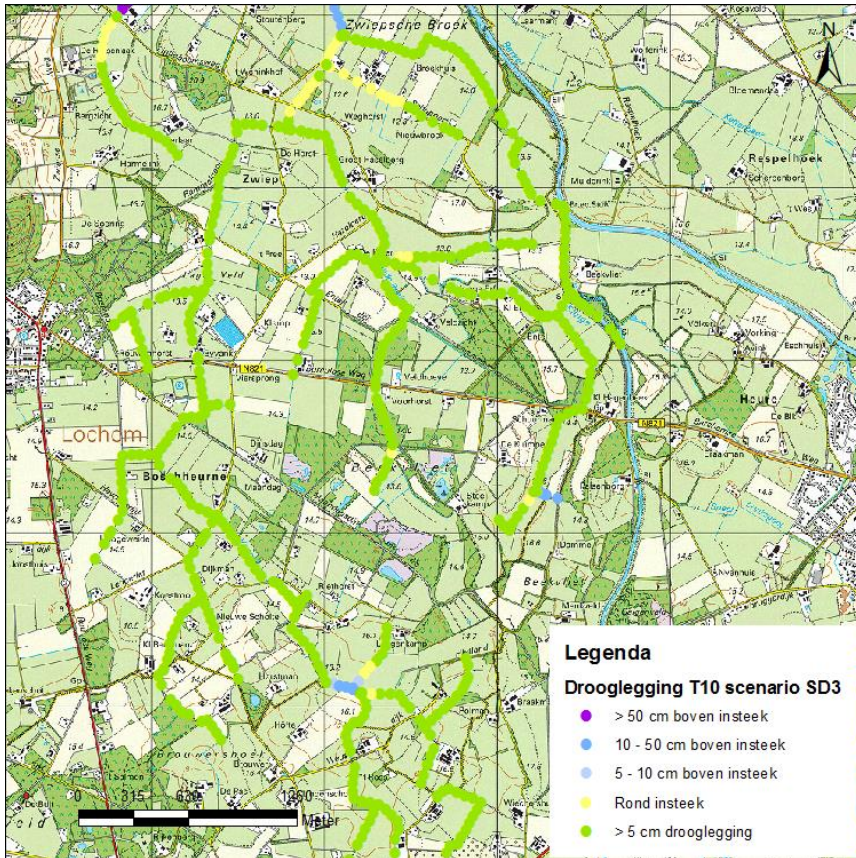
Figuur 15 Verandering in oppervlaktewaterstanden bij een T100 afvoer als gevolg van de PAS maatregelen

### Drooglegging

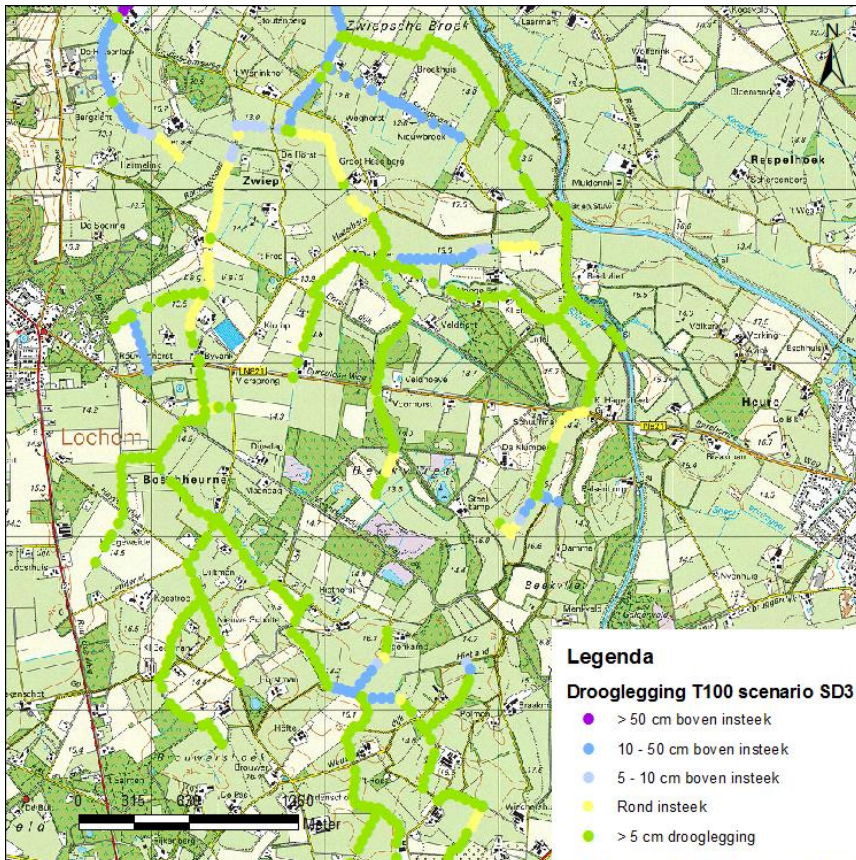
In onderstaande figuren (Figuur 16 en Figuur 17) is de drooglegging met de PAS maatregelen voor respectievelijk de T10 en de T100 afvoer weergegeven. Kijkend naar de T10 afvoer (normafvoer) zien we een aantal knelpunten:

- Het knelpunt in de Visserij net ten noorden van de Weurtsdijk is ook met de PAS maatregelen geen werkelijk knelpunt. Zoals eerder is geconcludeerd is de insteekhoogte hier in werkelijkheid circa 13,90 m+NAP. Pas bij een T100 afvoer wordt een dergelijke waterstand net bereikt. Bij de normafvoer (T10) is geen sprake van inundatie.
- Watergang 287 direct ten noorden van de afwatering van Schuurman. Ook hier is eerder al geconcludeerd dat de insteekhoogte in werkelijk hoger ligt dan in het model (13,10 m+NAP). Met de PAS maatregelen ontstaat bij een normafvoer een waterstand van 12,90 m+NAP. Dus er zal geen sprake zijn van inundatie. Bij een T100 komt de waterstand wel boven maaiveld uit.
- Kleine zijtak bovenstrooms in de afwatering van Schuurman (ten oosten van Beekvliet-Stelkampsveld). Het model berekent hier een waterstand van 13,63 m+NAP bij T10 afvoer en kent een insteekhoogte van 13,52 m+NAP. Controle op het AHN laat zien dat hier juist een rug in het landschap ligt. Maaiveldhoogten zijn in werkelijkheid aanzienlijk hoger. Er zal in werkelijkheid geen sprake zijn van inundatie.
- Visserij/ Watergang 192 Schuppert – Nieuwbroek ten noorden van Beekvliet-Stelkampsveld. De berekende waterstanden zijn hier gelijk aan de huidige situatie. De maatregelen leiden hier dus niet tot een andere situatie.





Figuur 16 Drooglegging bij een T10 afvoer met de PAS maatregelen



Figuur 17 Drooglegging bij een T100 afvoer met de PAS maatregelen

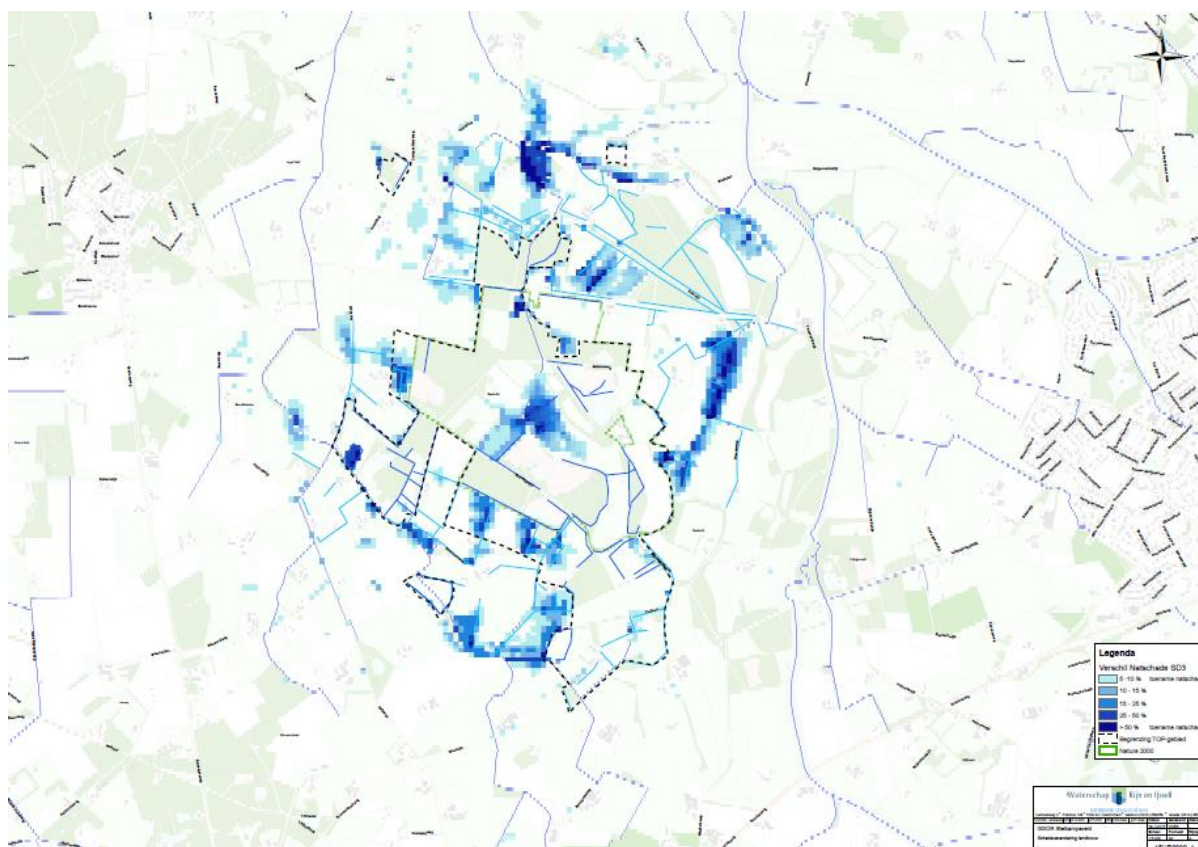


## Conclusie

Op basis van de analyse van de resultaten kan het volgende worden geconcludeerd:

- De beoogde peilstijgingen zijn terug te zien in de resultaten en vormen het directe resultaat van de opgelegde maatregelen, te weten de nieuwe of opgezette stuwen;
- Het effect van de maatregelen is het grootste bij lage afvoeren. Bij hogere afvoeren neemt het effect af en worden de waterstanden meer en meer bepaald door knijpende andere kunstwerken als duikers;
- De maatregelen leiden bij de normafvoer (T10) niet tot knelpunten met betrekking tot inundatie, al wordt de drooglegging wel minder. Bij een T100 afvoer zal wel sprake zijn van inundaties waar deze bij de huidige situatie niet plaatsvindt. Ter plaatse van bebouwing moet worden gecontroleerd of er geen sprake zal zijn van inundatie.

N.B. In voorliggende analyse is onderzocht of er als gevolg van de PAS maatregelen sprake is van inundatie vanuit de A-watgangen van Waterschap Rijn en IJssel tijdens piekafvoeren. De resultaten laten dus niet wateroverlast als gevolg van de toename van grondwaterstanden zien. Dit is reeds onderzocht als onderdeel van het GGOR en in beeld gebracht. Onderstaand Figuur 18 laat voor de goede orde de effecten met betrekking op grondwater nogmaals zien.



Figuur 18 Toename van natschade als gevolg van Scenario SD3