Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water & Maritime

Aan:	Waterschap Limburg
Van:	Danny Booij
Datum:	17 september 2024
Kopie:	Rijkswaterstaat Zuid-Nederland
Ons kenmerk:	240515_BJ1000_W5510-2
Classificatie:	Projectgerelateerd
Gecontroleerd door	Wiebe de Jong

Onderwerp: **Technische Uitgangspunten Notitie Rivierkunde**

---

1 Inleiding en algemene project informatie

1.1 Doel van dit document

Het project Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well betreft het integrale dijkverbeteringsproject aan de Maas ter hoogte van het dorp Well. Onderdeel van het project is een systeemmaatregel in de vorm van een dijkverlegging en ontwikkeling van een groene rivier.

Het doel van de systeemmaatregel is behoud van winterbed (ruimte voor de Maas) om daarmee de waterstandsverhogende effecten en de afname van het winterbed als gevolg van de versterking van de dijken in het Maasdal uit het verleden te minimaliseren. Er is geen taakstelling in centimeters waterstandsdaling of behoud hectares winterbed vastgesteld, maar gestreefd wordt naar maximaal behoud van winterbed. Ondanks dat er geen taakstelling in centimeters waterstandsdaling is, wordt getracht de groene rivier gedurende het ontwerpproces op dit onderdeel te optimaliseren (hierna genoemd inspanningsverplichting). Concreet dient er een waterstandsdaling van 17 cm behaald te worden op de Maas, ergens tussen rivierkilometer 130 en 132, bij een afvoer van 4.118 m^3/s te Borgharen.

Het project bevindt zich momenteel in de planuitwerkingsfase. Medio 2024 wordt het Voorlopig Ontwerp (VO) vastgesteld waarop een projectbesluit genomen dient te worden. Hierna wordt het VO nader uitgewerkt tot het Definitief Ontwerp (DO). De planning is dat het DO gereed is voor einde 2025.

In deze technische uitgangspunten notitie (TUN) is beschreven wat de rivierkundige uitgangspunten zijn die gehanteerd worden gedurende de looptijd van het project Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well bij het uitvoeren van rivierkundige berekeningen en toetsingen. De rivierkundige uitganspunten zijn opgesteld voor zowel het beoordelen van de inspanningsverplichting (waterstandsdaling) als voor de rivierkundige effectbeoordeling die vanuit het Rivierkundig Beoordelingskader v6.0 [Ref. 1] nodig is voor de onderbouwing van het VO bij de aanvraag van de vergunningen.

De uitgangspunten in voorliggende notitie zijn een bundeling van afspraken welke met Rijkswaterstaat Zuid-Nederland zijn gemaakt in een overleg (d.d. 14-09-2023) en per mail. Deze notitie heeft daarmee mede als doel deze verschillende afspraken tot één overzichtelijk geheel te bundelen.

NB: De uitgangspunten in deze memo gelden voor het VO. Voor het opstellen, optimaliseren en verifiëren van het DO is het echter de vraag of dezelfde uitgangspunten blijven gelden. Conform het Rivierkundig Beoordelingskader [Ref. 1] heeft RWS het recht om in een nieuwe projectfase met nieuwe, actuele uitgangspunten te komen. Denk daarbij aan een nieuw referentiemodel of een nieuwe versie van het beoordelingskader.

Wel is in de VO-fase onderstaande afspraak opgenomen in een gespreksverslag van een overleg met RWS-ZN (d.d. 14-09-2023). Bij start van het opstellen van het DO dient met RWS-ZN afstemming te worden gezocht om deze afspraak te verifiëren:

"Bovengenoemde modellen en het toetsingskader (RBK6.0) worden gebruikt gedurende de volledige doorlooptijd van het project. Gedurende de looptijd van het project komt er geen switch van modelinstrumentarium WAQUA naar D-HYDRO. Dit is onder meer gunstig i.r.t. de aansluiting op Maaspark Well en introduceert ook geen mogelijke risico's voor het project die met een modelovergang gepaard kunnen gaan."

2 Technische uitgangspunten

2.1 Software

Voor de modelopbouw en modelsimulaties wordt gebruik gemaakt van de onderstaande software:

- ArcGIS versie 10.6.1;
- Baseline versie 5.3.4;
- WAQUA-versie SIMONA2016.

2.2 Modelgebruik

2.2.1 Baseline

- Voor de Baseline referentieschematisatie is 'Baseline-Maas-beno17_5-v1' uitgeleverd (mail door T. Visser d.d. 25-5-2023).
- Op verzoek van RWS-ZN is de referentieschematisatie uitgebreid met drie maatregelen welke noodzakelijke verbeteringen en actualisaties van de referentieschematisatie bevatten:
  - *ma_mpwel17_b1;*
  - *ma_welldtb_a1;*
  - *ma_wellcor_a1.*
- 'Baseline-Maas-beno17_5-v1' bevat overstroombare keringen. Voor dit project is het wenselijk om te rekenen met niet overstroombare keringen. Hiermee worden de effecten van de ingrepen zuiver in kaart gebracht. Zodoende is op verzoek van RWS-ZN de referentieschematisatie, naast bovengenoemde maatregelen, tevens uitgebreid met Baseline-maatregel 'ma_mknov17_a3' welke niet overstroombare keringen (hoogwatervrije lijnen) toevoegt aan de aangeleverde referentie.

2.2.2 WAQUA

- Voor zowel de berekeningen voor de RBK-toetsing (t.b.v. de projectbesluiten) als de berekeningen voor de waterstandsdaling m.b.t. de inspanningsverplichting wordt gebruik gemaakt van het deelmodel Waqua-Maas-beno17_5_20m_km118_155_5-v1.
- Gedurende de looptijd van het project komt er geen switch van modelinstrumentarium WAQUA naar D-HYDRO. Dit is onder meer gunstig in relatie tot de aansluiting op Maaspark Well en

introduceert ook geen mogelijke risico's voor het project die met een modelovergang gepaard kunnen gaan.

2.3 Schematiseringwijze ingrepen

Voor enkele elementen uit het integrale ontwerp zijn afspraken gemaakt met Rijkwaterstaat Zuid-Nederland met betrekking tot de schematiseringswijze in Baseline;

- Voor de waterkering wordt een hoogwatervrije lijn op de locatie van de nieuwe buitenkruinlijn (met inachtneming van verlies doorstroomoppervlak) gebruikt (cf. Bijlage 15 uit [Ref. 1]);
- Brugpijlers worden geschematiseerd met hoogwatervrije vlakjes (ruwheid). Mogelijkerwijs leidt dit tot een conservatieve inschatting van het effect van de brugpijlers. Indien de taakstelling in gedrang komt, wordt in overleg met RWS in verder detail naar de pijlers gekeken;
- Rivierhout wordt geschematiseerd als een vlakje struweel van 5 x 10 m (50 m^2).

3 Toetsing conform RBK6.0

3.1 Vertaling randcondities volledige WAQUA model naar deelmodel

Voor de RBK-toetsing zal gebruik worden gemaakt van het WAQUA deelmodel (Maas-beno17_5_20m_km118_155_5-v1). Het rekenrooster van het deelmodel heeft een typische roosterafmeting van 20 x 5 m in het zomerbed in tegenstelling tot het standaard volledige WAQUA model (beno17_5-v1), met een typische roosterafmeting van 40 x 10 m. Zo wordt met het deelmodel inzicht in rivierkundige effecten verkregen met een vier keer zo hoge resolutie.

Voor het uitvoeren van simulaties met WAQUA worden afvoeren gebruikt die door Rijkswaterstaat Zuid-Nederland zijn vastgesteld. Deze afvoeren gelden voor het volledige WAQUA model en worden opgelegd op de bovenstroomse rand ter hoogte van Borgharen. De randcondities van het deelmodel zijn door Rijkswaterstaat Zuid-Nederland afgeleid met behulp van het volledige WAQUA model. Dit wordt gedaan door simulaties met het volledige model uit te voeren op basis van een afvoergolf, ook wel een dynamische afvoer genoemd.

Binnen deze simulatie vindt er in benedenstroomse richting topvervlakking plaats van de afvoergolf. Afhankelijk van de ligging van de bovenstroomse rand van het deelmodel wordt de afvoer op deze locatie in meer of mindere mate beïnvloed door het effect van topvervlakking. Daarnaast bestaan er op een aantal locaties laterale instromen die ook effect hebben op de afvoer in het WAQUA model. Op basis van het volledige model met daarin de afvoergolf, het effect van topvervlakking en de lateralen, wordt een afvoer bepaald die representatief is voor het deelmodel. Het deelmodel dient met deze afvoer als randvoorwaarde op de bovenstroomse rand doorgerekend te worden. Hierbij dient met een stationaire randvoorwaarde gerekend te worden, dus niet met het gebruik van een afvoergolf. De benedenstroomse randvoorwaarde van het deelmodel dient te worden opgegeven als waterstand. De afvoeren en waterstanden die binnen project Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well representatief zijn voor het deelmodel zijn vermeld in Tabel 1. Deze randvoorwaarden worden toegepast bij het gebruik van het deelmodel binnen de RBK-toetsing (en tevens ter beoordeling van de inspanningsverplichting).

Tabel 1: Vertaling van randcondities vanuit het volledige model naar het deelmodel voor de uit te voeren stationaire WAQUA berekeningen met de herhalingstijden en het doel conform RBK 6.0.

Piekafvoer van afvoergolf [m^3/s] (Borgharen)	**Stationaire afvoer op bovenstroomse modelrand [m^3/s] deelmodel**	**Waterstand op benedenstroomse modelrand [m+NAP] deelmodel**	**Herhalingstijd/ overschrijdingsduur**	**Gebruikt voor de beoordeling van**
4.118	3.995	13,87	herhalingstijd:1/3000 jaar	Hoogwaterveiligheid (bergend vermogen), inundatiefrequentie (en toetsing inspanningsverplichting)
3.224	3.186	13,15	herhalingstijd:1/100 jaar	Hoogwaterveiligheid (waterstandsverhoging op de as van de rivier) en inundatiefrequentie
2.300	2.300	12,02	herhalingstijd: 1/10 jaar	Dwarsstroming
2.000	2.000	11,31	herhalingstijd: 1/5 jaar	Dwarsstroming en morfologie
1.800	1.800	10,75	herhalingstijd: 1/2 à 1/3 jaar	Dwarsstroming
1.500	1.500	9,94	gemiddelde overschrijdingsduur: 2 dagen/jaar	Dwarsstroming en morfologie
1.250	1.250	9,36	gemiddelde overschrijdingsduur: 4 dagen/jaar	Morfologie

3.2 Toelichting toetsing per aspect uit het RBK

Alle aspecten uit de RBK-toetsing worden beoordeeld met het deelmodel. Waarbij alle rivierafvoeren die gebruikt worden gelden ter plaatse van Borgharen en corresponderen met de in Tabel 1 benoemde afvoeren voor het deelmodel. Het deelmodel beschrijft de Maas tussen rkm 118 en rkm 155. Effecten die buiten dit domein vallen worden niet beoordeeld, ook niet kwalitatief.

3.2.1 Hoogwaterreferentie in de as van de rivier

Het effect op de hoogwater referentie in de as van de rivier wordt beoordeeld met het deelmodel op basis van de afvoer 3.224 m^3/s te Borgharen (herhalingstijd ~ 100 jaar). De beoordeling zal inzichtelijk worden gemaakt op basis van een 1-D grafiek met daarin het verschil in waterstand van het planvoornemen ten opzichte van de referentie.

3.2.2 Volume waterberging

De volumeverandering in het waterbergende deel van de rivier wordt bepaald op basis van de Baseline hoogtemodellen van de referentie en het planvoornemen bij een afvoer van 4.118 m^3/s te Borgharen (herhalingstijd ~ 3.000 jaar). Het is niet toegestaan dat het bergende vermogen van de Maas verminderd wordt door de maatregelen van Gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well.

3.2.3 Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier

De effecten van de maatregelen op de waterstanden buiten de as van de rivier, in de uiterwaarden en langs de bandijken worden ook beoordeeld op basis van een afvoer van 3.224 m³/s te Borgharen. De beoordeling zal inzichtelijk worden gemaakt tussen rkm 118 en rkm 155 op basis van 2D-figuren met het waterstandseffect van het planvoornemen ten opzichte van de referentie. Op basis hiervan worden de effecten kwantitatief beschreven.

3.2.4 Inundatiefrequentie uiterwaarden

Als gevolg van de rivierkundige ingrepen kan de frequentie van inunderen van (delen van) de uiterwaarden veranderen. Deze effecten worden inzichtelijk gemaakt door gebruik van het deelmodel met afvoeren van 3.224 m³/s en 4.118 m³/s te Borgharen. De resultaten van deze analyse worden inzichtelijk gemaakt door middel van overzichtskaarten. Deze overzichtskaarten geven in 2D weer bij welke afvoer verschillende delen van de uiterwaarden inunderen voor de referentie situatie, het planvoornemen en de verschillen daartussen.

4.3.5 Stroombeeld in de uiterwaard

De maatregelen kunnen ook effect hebben op het stroombeeld in de uiterwaard. Om deze mogelijke effecten te toetsen wordt gebruik gemaakt van de afvoeren van 3.224 m³/s en 4.118 m³/s te Borgharen. Deze effecten worden inzichtelijk gemaakt door middel van 2D figuren met de absolute stroomsnelheden van de referentie situatie en het planvoornemen en de verschillende daartussen. Op basis van deze figuren wordt beoordeeld en beschreven welke impact de maatregelen hebben op het stroombeeld in de uiterwaard. Daarnaast wordt er een inschatting gemaakt van eventuele schade of noodzaak tot oever- en bodembescherming.

3.2.5 Stroombeeld in vaarweg

Dwarsstroming kan hinder veroorzaken voor de scheepvaart. Om de effecten van de maatregelen op de dwarsstroming in de vaarweg te beoordelen, wordt gebruik gemaakt van het deelmodel met afvoeren van 1.500 m³/s, 1.800 m³/s, 2.000 m³/s en 2.300 m³/s te Borgharen. Lagere afvoeren zijn niet relevant omdat de ingrepen de stroomsnelheden bij dergelijke afvoeren niet beïnvloeden. De dwarsstroming dient te worden getoetst langs de door het RBK voorgeschreven bakenlijnen. Op de Maas valt deze bakenlijn doorgaans samen met de oeverrand in verband met het ontbreken van kribben.

De diepte langs de oeverlijn is over het algemeen niet representatief voor de vaardiepte. Daarom stelt bijlage 7 van het RBK 6.0 [Ref. 1] dat mag worden gerekend met een representatieve stroomsnelheid:

$$u_{repr} = \frac{Q_{bakenlijn}}{L_{cel} * \max(H; D)};\ [m/s]$$

waarin $Q_{bakenlijn}$ het dwarsdebiet in de rekencel loodrecht op de bakenlijn is, L_{cel} is de lengte van de cel langs de bakenlijn, H is de waterdiepte en D is de diepgang van een schip. Volgens het RBK 6.0 bedraagt de maatgevende diepgang voor schepen op de Maas 3,5 meter. Vanuit het RBK 6.0 worden de volgende condities toelaatbaar gesteld:

- $|u_{repr}|$< 0,15 m/s: dwarsstroming is toelaatbaar;
- $|u_{repr}|$< 0,30 m/s: dwarsstroming is toelaatbaar indien het dwarsdebiet over de lengte van het schip ($|Q_{L,schip}|$) kleiner is dan 50 m³/s, waarbij de lengte van een representatief schip op de Maas 193 m is [Ref. 1].

Indien de dwarsstroming in de referentie situatie al boven de normen zit, dan geldt dat de ingreep geen toename van de dwarsstroming mag veroorzaken.

De optredende dwarsstromingen worden voor de referentie situatie, het planvoornemen en het verschil daartussen inzichtelijk gemaakt door middel van een grafiek voor elke afvoer. Binnen deze grafieken worden de verschillende dwarsstroomcriteria (0,15 m/s & 0,30 m/s) met horizontale lijnen toegevoegd.

3.2.6 Instroom retentiegebieden

Veranderingen in de waterstand bij hoge afvoeren kunnen effect hebben op het functioneren van retentiegebieden. Voor het beoordelen van dit effect wordt de impact van de maatregelen op de waterstand ter hoogte van de inlaat en de verandering van de inzetfrequentie in beeld gebracht. Het gaat om drie retentiegebieden: Lateraalkanaal-West Noord (rkm 85,2), Lateraalkanaal-West Zuid (rkm 67,0) en de Lob van Gennep (rkm 157,3). De waterstandseffecten ter hoogte van de inlaten op de aangegeven locaties worden normaliter inzichtelijk gemaakt bij de hoogwaterreferentie (4.118 m^3/s te Borgharen). Echter, aangezien het deelmodel enkel de Maas tussen rkm 118 en rkm 155 beschrijft én het planvoornemen ver genoeg van de retentiegebieden vandaan ligt, is er als gevolg van het planvoornemen geen invloed op de overstromingsfrequentie van de gebieden te verwachten.

3.2.7 Sedimentatie en erosie van het zomerbed

Maatregelen in de uiterwaarden van een rivier kunnen tot ongewenste erosie en sedimentatie effecten leiden in het zomerbed. De beoordeling op dit criterium gebeurt voor de Maas overwegend met expert judgement, aangevuld met modelberekeningen. Concreet dienen de volgende effecten volgens het RBK 6.0 [Ref. 1] te worden beoordeeld:

Bij erosie:

- geen verlaging zomerbed beneden de minimale bodemligging t.a.v. erosie en infrastructuur (o.a. kabels, leidingen en waterkeringen).

Bij sedimentatie:

- geen vermindering van vaargeulafmetingen;
- geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn.

Generiek:

- beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten;
- behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer;
- geen onacceptabele sedimentatie of terugschrijdende erosie.

De morfologische effecten in het zomerbed worden bepaald met de tool WAQMORF. WAQMORF geeft op basis van WAQUA resultaten een inschatting van het relatieve evenwichtseffect in de bodemligging door een lokale ingreep, rekening houdend met een gemiddelde seizoensvariatie in de afvoer. Het resultaat is een indicatie van grootte en plaats van bodemliggingseffecten die zich voldoende lange tijd na aanleg van de ingreep kunnen ontwikkelen. Na het succesvol doorlopen van de vragen berekent WAQMORF de minimale, maximale en jaargemiddelde verandering van de evenwichtsbodemligging. WAQMORF gebruikt als invoer de waterdiepte en stroomsnelheden uit WAQUA van de afvoeren 1.250 m^3/s, 1.500 m^3/s en 2.000 m^3/s. De resultaten van de jaargemiddelde veranderingen van de evenwichtsbodemligging in het zomerbed worden beschreven, geduid en in 2D kaarten getoond.

3.2.8 Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen

Maatregelen in de uiterwaarden van een rivier kunnen ook tot ongewenste erosie en sedimentatie effecten leiden in de uiterwaarden zelf. De beoordeling op dit criterium gebeurt voor de Maas

overwegend met expert judgement, aangevuld met modelberekeningen. Concreet dienen de volgende effecten volgens het RBK 6.0 [Ref. 1] te worden beoordeeld:

Bij sedimentatie:

- acceptabele beheerskosten voor baggeren nevengeulen.

Bij erosie:

- geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting een primaire waterkering. Nevengeul moet op voldoende afstand blijven van de primaire waterkering, buiten de beschermingszone van de primaire kering. De beschermingszones worden bepaald door de keringbeheerders;
- geen zijdelingse verplaatsing van een nevengeul richting het zomerbed van de rivier, waardoor er kans bestaat dat de nevengeul een kortsluiting veroorzaakt met het zomerbed;
- stroomsnelheid in een zandige nevengeul bij bankfull afvoer moet kleiner blijven dan 0,3 m/s;
- geen bodemerosie langs primaire waterkering;
- stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen.

De morfologische effecten in de uiterwaard worden beoordeeld op basis van 2D kaarten die de stroomsnelheden van de referentie en het planvoornemen bij afvoeren van 3.224 m^3/s, 2.000 m^3/s en 1.500 m^3/s te Borgharen weergeven. Daarnaast zullen de stroomsnelheidsverschillen inzichtelijk worden gemaakt. Op basis van de absolute en relatieve verschillen in stroomsnelheid tussen de referentie en het ontwerp kunnen kritische locaties bepaald worden.

Hierbij is het belangrijk om in gevallen van sedimentatie in de geulen te beoordelen met welke snelheid de sedimentatie zich zal voltrekken en wat daarvan het effect op het toekomstige beheer en onderhoudskosten zal zijn. Bij erosie effecten is het belangrijk dat de stabiliteit van kunstwerken zoals brugpijlers en duikers en de primaire waterkering niet in gevaar wordt gebracht. Daarnaast mag er geen kortsluiting ontstaan tussen de hoofdgeul en nevengeulen.

4 Toetsing waterstandsdaling

De gebiedsontwikkeling Groene Rivier Well heeft een inspanningsverplichting om een waterstandsdaling van 17 cm te behalen op de Maas, ergens tussen rivierkilometer 130 en 132, bij een afvoer van 4.118 m^3/s te Borgharen. Dit is een inspanningsverplichting.

Ter beoordeling van het doelbereik op de inspanningsverplichting wordt een modelsimulatie uitgevoerd met het deelmodel op basis van de afvoer 4.118 m^3/s te Borgharen. De beoordeling zal inzichtelijk worden gemaakt op basis van een 1-D grafiek met daarin het verschil in waterstand van het ontwerp ten opzichte van de referentie.

Literatuur

[1] Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 6.0, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, 23 januari 2023