

NOTITIE

Onderwerp	Hoogwatergolf geohydrologisch model
Project	Project Meanderende Maas, planuitwerking
Projectcode	117909-2.2.10
Status	Concept 02
Datum	1 juli 2020
Referentie	117909-2.2.10/20-010.189
Auteur(s)	ir. G.P. van Rinsum

Gecontroleerd door	ir. H. Trul, ir. Rick Veenhof, J. Hoogewoud
Goedgekeurd door	B.A.J. Meeuwissen MSc
Paraaf	

Bijlage(n)	I Waterstand conform betrekkinglijnen
------------	---------------------------------------

Aan	Projectteam Meanderende Maas
Kopie	-

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In het geohydrologische model wordt gerekend met een niet-stationaire hoogwater. De tijdsduur en het verloop van de hoogwatergolf beïnvloedt de stijghoogtes. In deze notitie wordt beschreven welke hoogwatergolf gebruikt dient te worden.

1.2 Doel

Het doel van deze notitie is het vaststellen van de juiste hoogwatergolf voor het geohydrologische model waarmee de stijghoogtes worden bepaald voor de pipinganalyse in de planfase van Meanderende Maas.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het verloop van de hoogwatergolf zoals hij in een eerdere fase van het innovatietraject is gehanteerd toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens het standaard verloop conform het WBI toegelicht. In hoofdstuk 4 is het verloop van de waterstand in het projectgebied toegelicht.

In hoofdstuk 5 zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om vast te stellen wat de gevoeligheden zijn. In hoofdstuk 6 volgen de conclusies en aanbevelingen.

2 VERLOOP HOOGWATERGOLF UITVOERBAARHEIDSTOETS II

Het verloop van de hoogwatergolf zoals gebruikt in uitvoerbaarheidstoets II is weergegeven afbeelding 2.1.

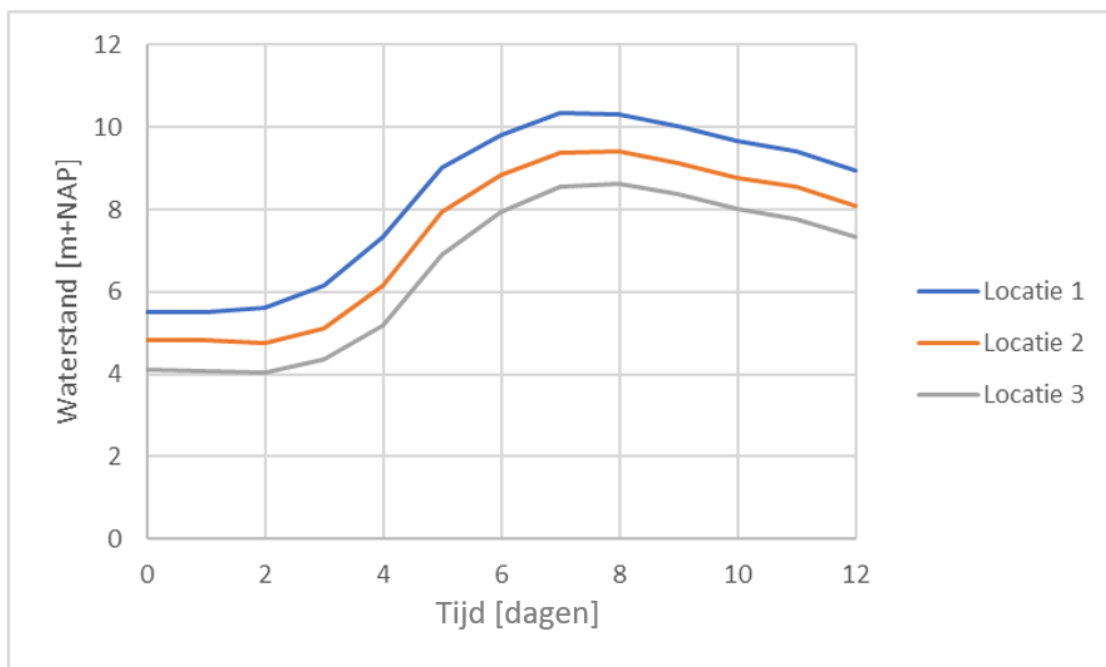
Het verloop is weergegeven voor een drietal locaties:

- 1 locatie 1, halverwege het projectgebied (RD-coördinaat, $x = 167500$);
- 2 locatie 2, (RD-coördinaat, $x = 165000$);
- 3 locatie 3, bovenstrooms van stuw Lith (RD-coördinaat, $x = 159100$).

Het verloop is verschillend in:

- 1 de hoogte van de piek;
- 2 het tijdstip van de piek;
- 3 het verloop (subtiële verschillen).

Afbeelding 2.1 Verloop hoogwatergolf zoals gebruikt in uitvoerbaarheidstoets II



Het hoogteverschil in waterstand tussen de piek en de (stationaire) uitgangspositie ($T = 0$ dagen) is circa 4,8 m. Bovenstrooms arriveert de piek op $T = 7$ dagen.

3 VERLOOP CONFORM HET WBI2017

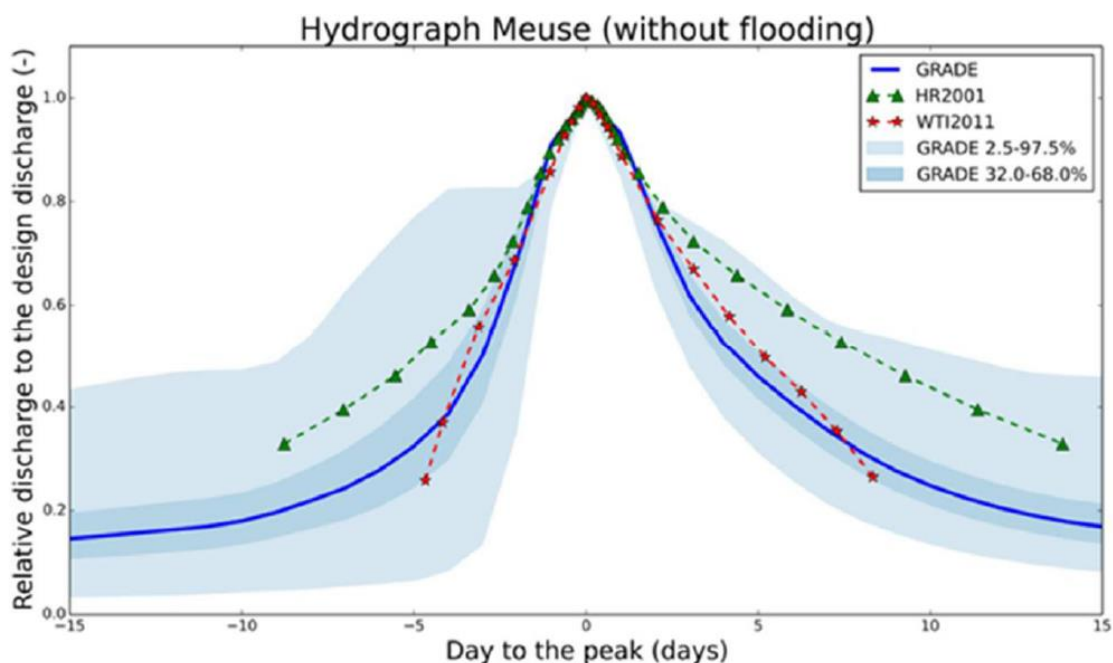
3.1 Werkwijze

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium biedt de mogelijkheid om te rekenen met niet-stationaire grondwaterstroming om de waterspanningen te bepalen: 'Bij het beoordelen van waterkeringen, die alleen een beperkte tijd worden belast, kan gebruik worden gemaakt van de waterstandsverlopen, zoals die worden gepresenteerd in de tool Waterstandsverloop (versie 2.0)' [ref. 2].

3.2 Afvoergolfvorm

De afvoergolfvorm is door de Maas bepaald op basis van GRADE-modelgegevens. De afvoergolfvorm is weergegeven in afbeelding 3.1.

Afbeelding 3.1 Afvoergolfvorm Maas bij Borgharen [ref. 3]



Uit de afbeelding is af te leiden dat de relatieve afvoer (ten opzichte van het ontwerpdebiet) gelijk is aan de waarden uit tabel 3.1

Tabel 3.1 Relatief debiet Borgharen

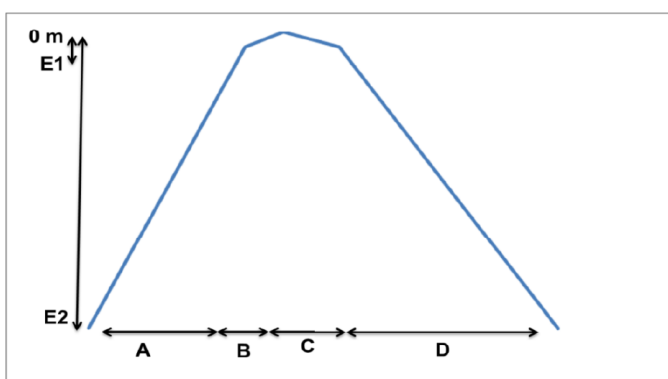
Percentiel (-)	Tijdstip (dagen voor de piek)	Relatief debiet (-)
50 %	-15	0,15
68 %	-15	0,19
97,5 %	-15	0,44

3.3 Waterstandsverloop conform waterstandsverlooptool/Chbab (2016)

De afvoergolfvorm uit afbeelding 3.1 is met een Q-H-relatie vertaald naar een waterstand tegen de tijd voor verschillende gebieden.

Het waterstandsverloop zoals geïmplementeerd in de waterstandsverlooptool is beschreven in Waterstandsverlopen Rijntakken en Maas [ref. 1]. Het verloop is weergegeven in de afbeeldingen 3.2 en 3.3. Dijktraject 36-3 bevindt zich in deelgebied 5.

Afbeelding 3.2 Verloop waterstand waterstandsverlooptool



Afbeelding 3.3 Verloop waterstand

Deelgebied Maas	Niveau E1 [m]	Niveau E2 [m]	Duur [uur]			
			A	B	C	D
1	'Werkelijk' waterstandsverloop uit productieberekeningen					
2	(-0,1; -0,1)	-6	145	25	25	250
3	(-0,3; -0,1)	-4	130	40	35	245
4	(-0,3; -0,1)	-3,5	100	50	25	220
5	(-0,5; -0,1)	-3	55	60	30	170
6	(-0,3; -0,1)	-3	65	50	30	200

De afvoergolf betreft een gemiddelde waarde, zoals beschreven in Waterstandsverlopen Rijntakken en Maas [ref. 1]:

In WTI-2017 zal rekening worden gehouden met kennisonzekerheden (model- en statistische onzekerheden). De afvoergolfvorm geldt niet als basisstochast (Smale, 2014). In de productieberekeningen is dan ook niet gevarieerd in de vorm van de afvoergolf; er is enkel gebruik gemaakt van de gemiddelde waarde van de afvoergolfvorm (ook standaard afvoergolfvorm genoemd). Bij de bepaling van de waterstandsverlopen voor de bovenrivieren zal derhalve geen rekening worden gehouden met onzekerheden in de vorm van de afvoergolf. Kennisonzekerheden zullen enkel verwerkt worden in de (piekwaarde van de) waterstanden bij de normfrequentie.

3.4 Vergelijking invoer uitvoerbaarheidstoets II met WBI2017

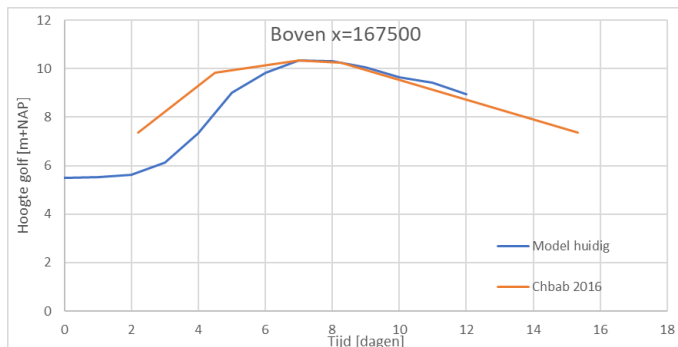
De uitvoerbaarheidstoets II modelinvoer is vergeleken met het waterstandsverloop conform het WBI. Hierbij is de piek van de golf op dezelfde tijdstappen gelegd. Opgemerkt wordt dat de piek in het huidige model op verschillende tijdstappen optreedt:

- boven: $T = 7$ dagen;
- midden: $T = 8$ dagen;
- beneden: $T = 8$ dagen.

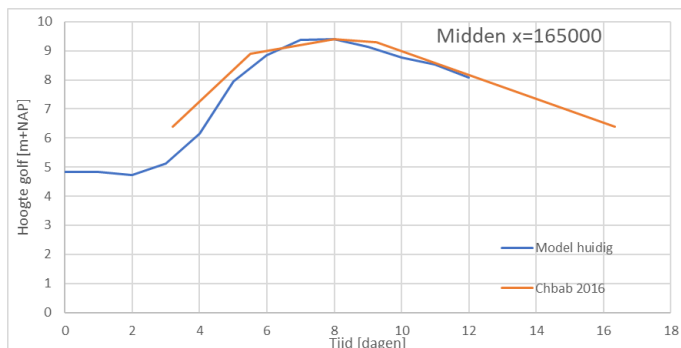
Hierdoor lijkt de golf voor 'boven' breder, maar dit is enkel een andere verschuiving.

De vergelijking tussen de afvoergolven is weergegeven in de afbeeldingen 3.4, 3.5 en 3.6.

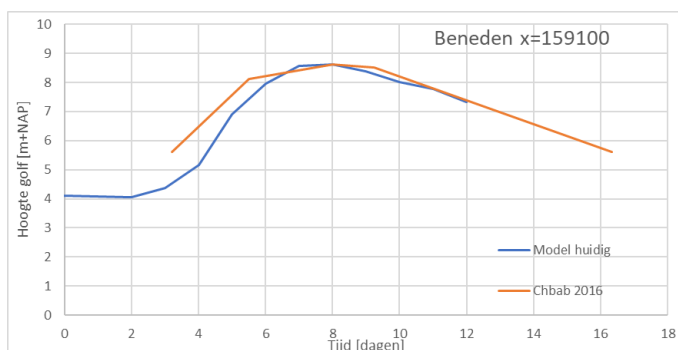
Afbeelding 3.4 Afvoergolfvergelijking boven



Afbeelding 3.5 Afvoergolfvergelijking midden



Afbeelding 3.6 Afvoergolfvergelijking beneden



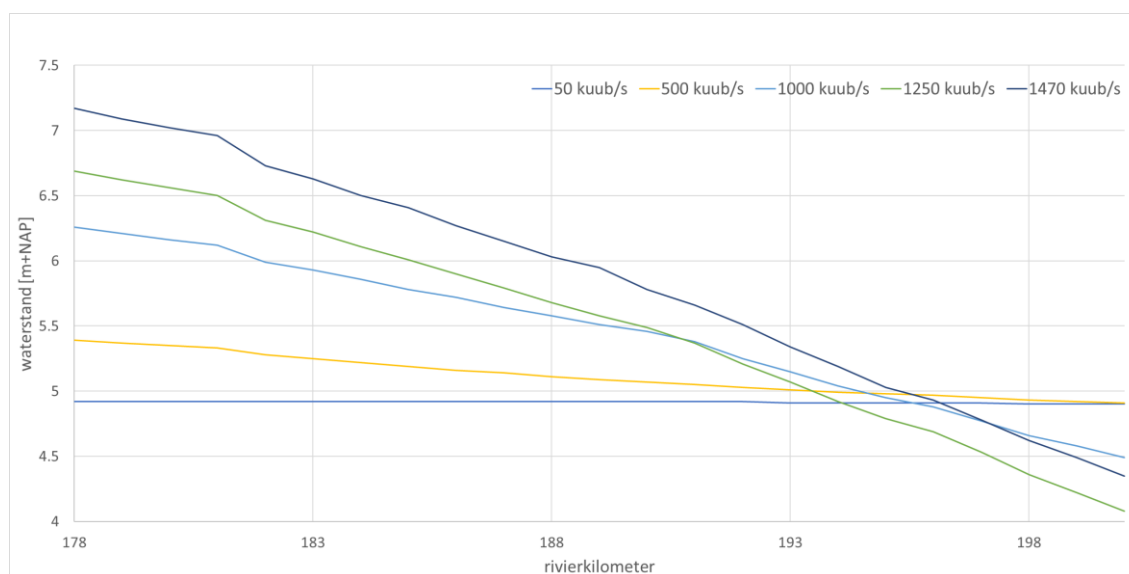
Uit de afbeeldingen valt op te maken dat:

- de afvoergolf conform het WBI breder is;
- de uitgangssituatie in het WBI hoger is dan de huidige afvoergolf (3 m versus 4,8 m ten opzicht van piekafvoer).

4 VERLOOP WATERSTAND STUWPAND GRAVE-LITH

Om een indicatie te kunnen geven van het verloop van de waterstand in het stuwpand van Grave tot Lith is de gemeten waterstand uit de betrekkinglijnen 2019-2020 [ref. 4] weergegeven in afbeelding 4.1 Stuw Grave (bovenstrooms) bevindt zich rond rivierkilometer 178 en stuw Lith (benedenstrooms) rond rivierkilometer 200.

Afbeelding 4.1 Waterstand Grave-Lith (afvoer Borgharen)



Uit de afbeelding is op te maken dat de waterstand onder lage-afvoer-condities in het gehele stuwpand gelijk is, namelijk het stuwpeil van NAP+4,92 m. Bij toenemende afvoer neemt de waterstand toe. Benedenstrooms neemt de waterstand vanaf 1.000 m³/s af, dit is het gevolg van het strijken van de stuwen bij een hoge afvoer.

5 GEVOELIGHEIDSANALYSE

5.1 Tussenconclusie

Op basis van de voorliggende analyse zijn de volgende conclusies getrokken:

- de afvoergolf conform het WBI is een geaccepteerde werkwijze voor het meenemen van de niet-stationaire grondwaterstroming (SH Piping [ref. 2]);
- de afvoergolf conform het WBI uit het waterstandsverlooptool is een gemiddelde waarde;
- indien de relatieve onzekerheid in de vorm van de afvoergolf bepalend is moet je deze onzekerheid meenemen en kan niet gerekend worden met de 50 %-waarde;
- indien de relatieve onzekerheid in de piek van de van de afvoergolf bepalend is, kan gerekend worden met de 50 %-waarde van de afvoergolf;

- naast de onzekerheid in de 1) vorm van de golf, de golf kan breder zijn. Is er onzekerheid in de 2) condities voor de start van de WBI golf (uitgangspositie);
- de aanloop naar de piek van de hoogwatergolf is in de WBI hoogwatergolf korter qua tijdsduur dan in het huidige model, de meest conservatieve schematisatie is een constant peil op de piek minus 3 m.

5.2 Uit te voeren gevoeligheidsanalyse

Er wordt aanbevolen om vier hoogwatergolven te beschouwen op het effect op de stijghoogte waarbij:

1 Basis hoogwatergolf

Als basis hoogwatergolf de 50 %-waarde wordt gehanteerd. Voor deze golf is het waterstandsverloop gegeven vanaf $T = -4,8$ dagen. De condities voor de start worden benaderd door de oranje lijn uit afbeelding 5.1.

2 Gevoeligheidsanalyse 1

Deze gevoeligheidsanalyse heeft als doel om te bepalen wat het effect is van de schematisatie van de condities voor $T = -4,8$ dagen. In deze gevoeligheidsanalyse wordt de waterstand op $T = -4,8$ dagen als stationaire uitgangspositie gehanteerd. Na $T = -4,8$ dagen is het verloop gelijk aan die van de basis hoogwatergolf. De condities voor de start worden benaderd door de zwart gestippelde lijn uit afbeelding 5.1.

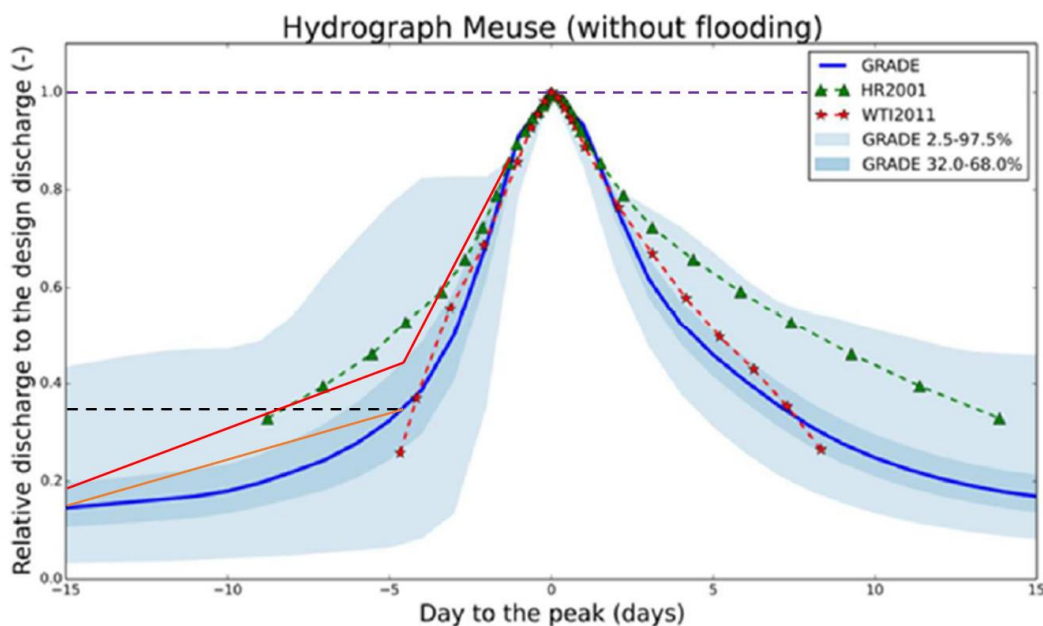
3 Gevoeligheidsanalyse 2

Deze gevoeligheidsanalyse heeft als doel om te bepalen wat de relatieve invloed is van de vorm van de golf ten opzichte van de piek van de golf. Voor het waterstandsverloop wordt de 68 %-waarde van de afvoergolf geschematiseerd in combinatie met een lagere piek. Het verloop wordt benaderd door de rode doorgetrokken lijn uit afbeelding 5.1.

4 Gevoeligheidsanalyse 3

Deze gevoeligheidsanalyse heeft als doel om te bepalen wat het effect is tussen stationair en niet-stationair hoogwater. De waterstand wordt continue op de waterstand bij norm ($T = 1/10.000$ per jaar) gehouden. Het verloop wordt benaderd door de paarse gestippelde lijn uit afbeelding 5.1.

Afbeelding 5.1 Hoogwatergolf Maas. Oranje lijn = basisgolf; blauwe lijn = gevoeligheid 1; rode lijn = gevoeligheid 2; paarse lijn = gevoeligheid 3

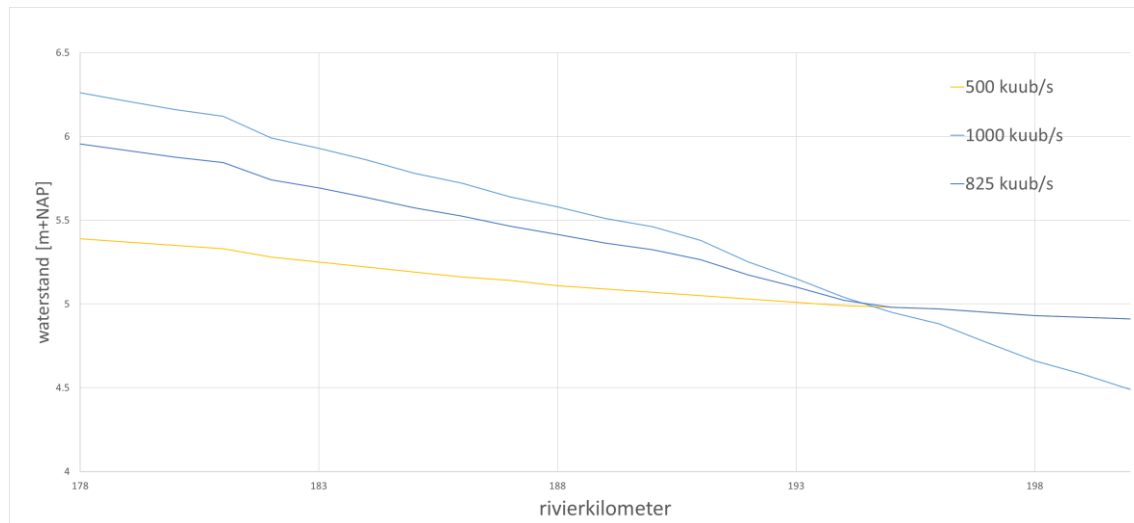


5.2.1 Basis afvoergolf

Voor $T = -4,8$ dagen is er geen waterstandsverloop (waterstand tegen de tijd) beschikbaar op basis van de waterstandsverlooptool. Op basis van afbeelding 7.1 is te zien dat op $T = -15$ dagen het debiet gelijk is aan 0,15 maal het ontwerpdebiet. Uitgaande van een ontwerpdebiet van $5.000 - 5.500 \text{ m}^3/\text{s}$ komt dit uit op een afvoer van 750 tot $825 \text{ m}^3/\text{s}$.

Voor de stationaire waterstand is uitgegaan van de waterstand behorende bij $825 \text{ m}^3/\text{s}$ op basis van de betrekkingen met het stuwpeil (NAP+4,92 m) als minimum¹. Voor de $825 \text{ m}^3/\text{s}$ waterstand is lineair geïnterpoleerd tussen $Q = 500$ en $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en wordt de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ als minimum (gestuwde toestand) gehanteerd. De waterstanden zijn weergegeven in afbeelding 5.2.

Afbeelding 5.2 Waterstand conform betrekkingen



Tussen $T = -15$ en $T = -4,8$ dagen wordt lineair geïnterpoleerd. Vanaf $T = -4,8$ dagen wordt het standaard waterstandsverloop aangehouden. Dit waterstandsverloop is gerelateerd aan de piek van de afvoergolf (waterstand bij norm), dit is de 1/10.000 jaar waterstand.

5.2.2 Gevoeligheidsanalyse 1

In de eerste gevoeligheidsanalyse wordt het effect van de stationaire uitgangssituatie van de hoogwatergolf onderzocht. Het verloop conform de waterstandsverlooptool wordt gehanteerd met een constant peil voor $T = -4,8$ dagen (piek minus 3 m). Dit is de meest conservatieve uitgangssituatie. Deze gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in het effect van de uitgangssituatie.

5.2.3 Gevoeligheidsanalyse 2

In de tweede gevoeligheidsanalyse is de relatieve invloed van de golfvorm ten opzichte van de piek onderzocht. Hierbij is de gecombineerde kans van afvoer en golfvorm gelijk gehouden (zie tabel 5.1). De golf met een overschrijdingskans van 32 % wordt gecombineerd met de 1/6.800 per jaar waterstand.

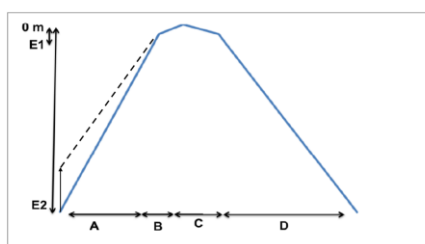
¹ Rondom stuw Lith is de $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ afvoer lager dan het stuwpeil. Hier dient het stuwpeil als minimum gehanteerd te worden.

Tabel 5.1 Kansen afvoergolf

	Overschrijdingskans waterstand (-)	Overschrijdingskans golf (-)	Overschrijdingskans event (-)
basis afvoergolf	1/10.000	50 %	1/20.000
gevoeligheidsanalyse 2	1/6.800	32 %	1/20.000

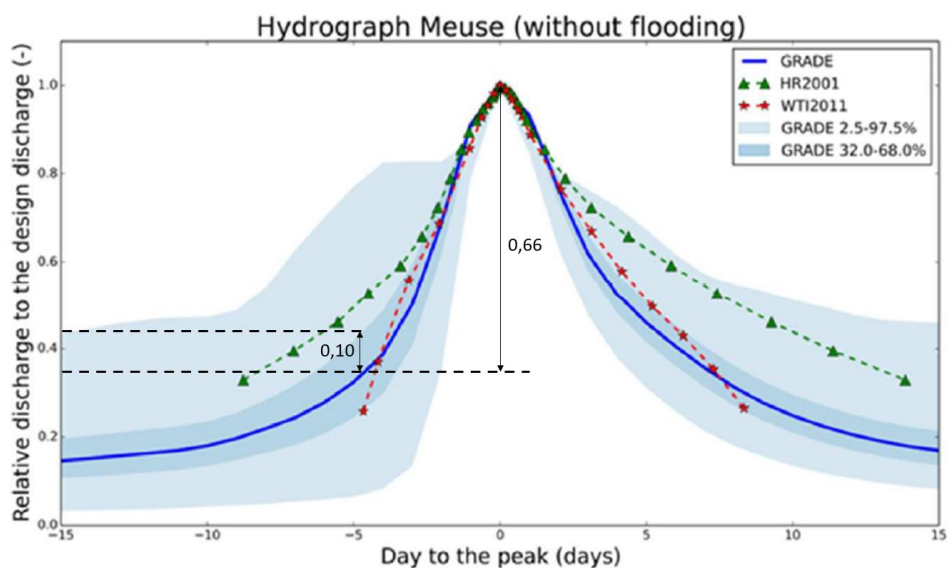
In afbeelding 5.1 is te zien dat de bandbreedte rondom de piek van de golf minimaal is. Voor een bredere afvoergolf is het daarom voldoende om voor het punt E2 (afbeelding 7.3) een hoger niveau aan te houden.

Afbeelding 5.1 Standaard afvoergolf



Het verhoogde niveau op $T = -4,8$ dagen is gelijk aan een waterstand met een relatief debiet die 0,1 hoger is ten opzichte van de 50 %-golf (zie afbeelding 7.4). Om het debiet te vertalen naar een waterstand is gebruik gemaakt van het gegeven dat het verschil in debiet tussen $T = -4,8$ dagen en de piek op $T = 0$ dagen gelijk is aan 0,66 wat resulteert in een waterstandsverschil van 3,0 m.

Bij een lineair verloop tussen waterstand en debiet zou het waterstandsverschil gelijk zijn aan circa 0,46 m. De Q-h-relatie is echter niet lineair. De stijging van de waterstand is voor lagere afvoeren steiler dan voor hogere afvoeren. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt een waterstandsverschil van 0,75 m aangehouden.

Afbeelding 5.2 Hydrograaf Maas, het 32 percentiel wijkt op $t=5$ 0,10 af ten opzichte van de p50

Het verloop voor $T = -4,8$ wordt gelijk gehouden aan de basis afvoergolf. Voor de gevoeligheidsanalyse is deze uitgangspositie relatief gezien onwaarschijnlijker omdat het gerelateerd is aan de piekafvoer.

5.2.4 Gevoeligheidsanalyse 3

De derde gevoeligheidsanalyse betreft de stationaire situatie met een constante waterstand behorende bij de norm: de waterstand bij norm ($T=10.000$ per jaar).

5.2.5 Samenvatting gevoeligheidsanalyse afvoergolven

Een overzicht van de vier verschillende afvoergolven is weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Samenvatting afvoergolven

Tijdstip (dagen)	Basis	Gevoeligheidsanalyse 1	Gevoeligheidsanalyse 2	Gevoeligheidsanalyse 3
-15	825 m ³ /s waterstand conform betrekkinglijnen	WBN ($T=10.000$) -3 m	825 m ³ /s waterstand conform betrekkinglijnen	WBN ($T=10.000$)
-15 t/m -4,8	lineair interpoleren	constant	lineair interpoleren	WBN ($T=10.000$)
-4,8	WBN ($T=10.000$) -3 m	WBN ($T=10.000$) -3 m	WBN ($T=6.800$) -2,25 m	WBN ($T=10.000$)
-2,5	WBN ($T=10.000$) -0,5 m	WBN ($T=10.000$) -0,5 m	WBN ($T=6.800$) -0,5 m	WBN ($T=10.000$)
0	WBN ($T=10.000$)	WBN ($T=10.000$)	WBN ($T=6.800$)	WBN ($T=10.000$)
+1,25	WBN ($T=10.000$) -0,1 m	WBN ($T=10.000$) -0,1 m	WBN ($T=6.800$) -0,1 m	WBN ($T=10.000$)
+8,33	WBN ($T=10.000$) -3 m	WBN ($T=10.000$) -3 m	WBN ($T=6.800$) -2,25 m	WBN ($T=10.000$)

De volgende invoer is benodigd om de afvoergolven te vertalen naar vlakdekkende grids:

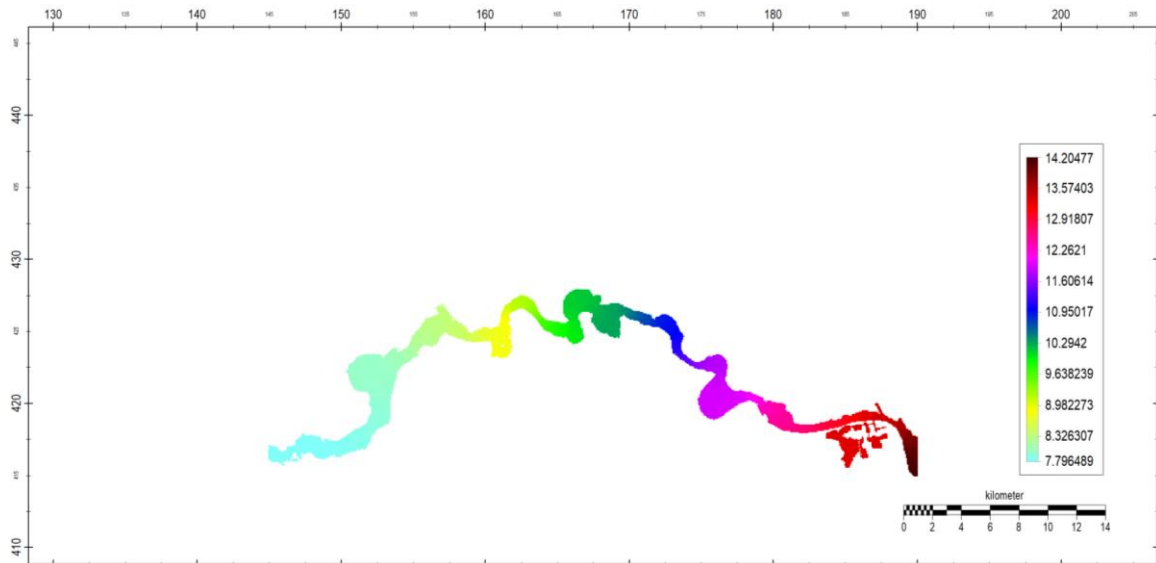
- de $T = 10.000$ jaar waterstand voor de hydraulische uitvoerpunten in het projectgebied;
- de $T = 6.800$ jaar waterstand voor de hydraulische uitvoerpunten in het projectgebied;
- de $Q = 825$ m³/s waterstand, gerelateerd aan de rivierkilometers.

5.3 Resultaat gevoeligheidsanalyse

5.3.1 Peil afvoergolf

Het peil van de basisafvoergolf is weergegeven in afbeelding 5.2. Dit peil is gehanteerd als piekwaterstand in de basisafvoergolf.

Afbeelding 5.2 Maximaal peil basisafvoergolf

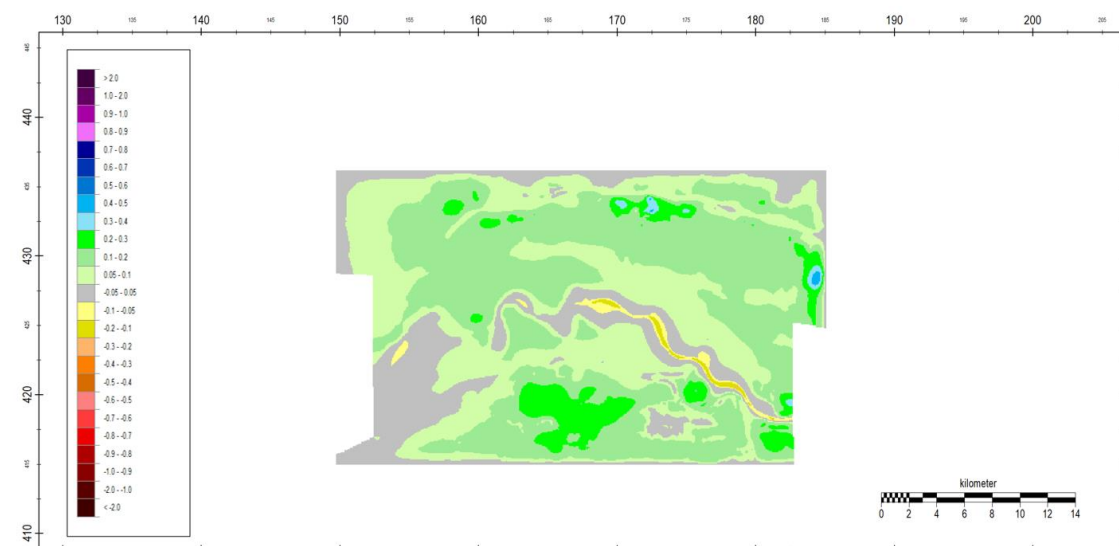


5.3.2 Verschil ten opzichte van golf uitvoerbaarheidstoets II

Er is een verschilanalyse uitgevoerd om te bepalen wat het verschil in stijghoogte is voor de basisafvoergolf ten opzichte van de afvoergolf die is gehanteerd in uitvoerbaarheidstoets II. In afbeelding 5.3 is deze verschilanalyse weergegeven. In de afbeelding is te zien dat langs het dijktraject een stijghoogte wordt uitgerekend die circa 0,05 tot 0,10 m hoger is. Het verschil wordt veroorzaakt door twee effecten:

- 1 er is gerekend met een geüpdatete hydraulische database, de piek van de hoogwatergolf is gewijzigd;
- 2 er is gerekend met de aangepaste hoogwatergolfvorm.

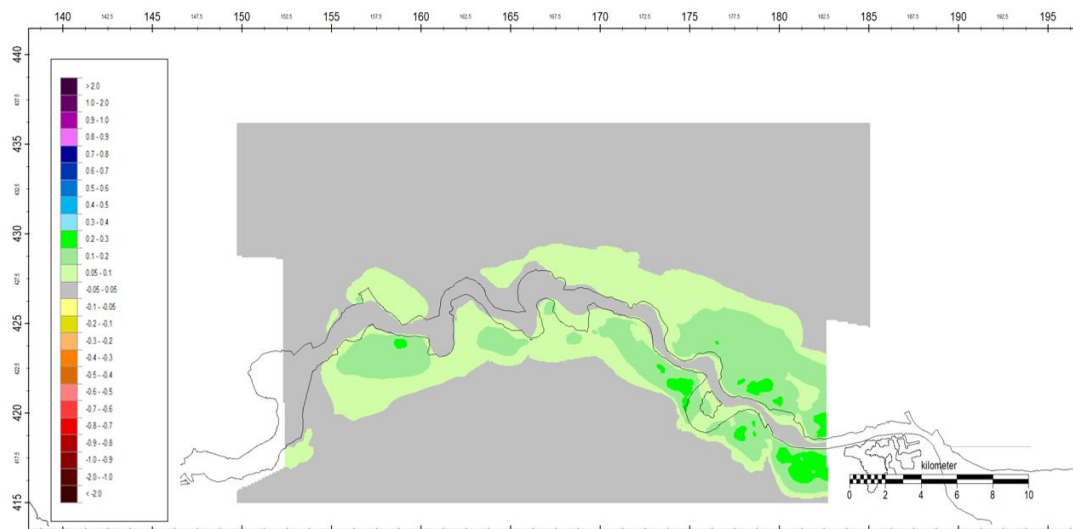
Afbeelding 5.3 Stijghoogteverschil tussen basisvoergolf en afvoergolf uit uitvoerbaarheidstoets II. Een positief getal is een hogere stijghoogte in de basisafvoergolf



5.3.3 Verschil basisafvoergolf en gevoeligheidsanalyse 1

In gevoeligheidsanalyse 1 is een hogere waterstand gehanteerd in aanloop naar de piek van de hoogwatergolf (een constant peil op de piek minus 3 m). Dit betekent dat de Ausgangssituatie natter is. Het effect op de stijghoogte ten opzichte van de basisafvoergolf is weergegeven in afbeelding 5.4. In de afbeelding is te zien dat het effect rond de dijk 0,05 tot 0,10 m in stijghoogte is.

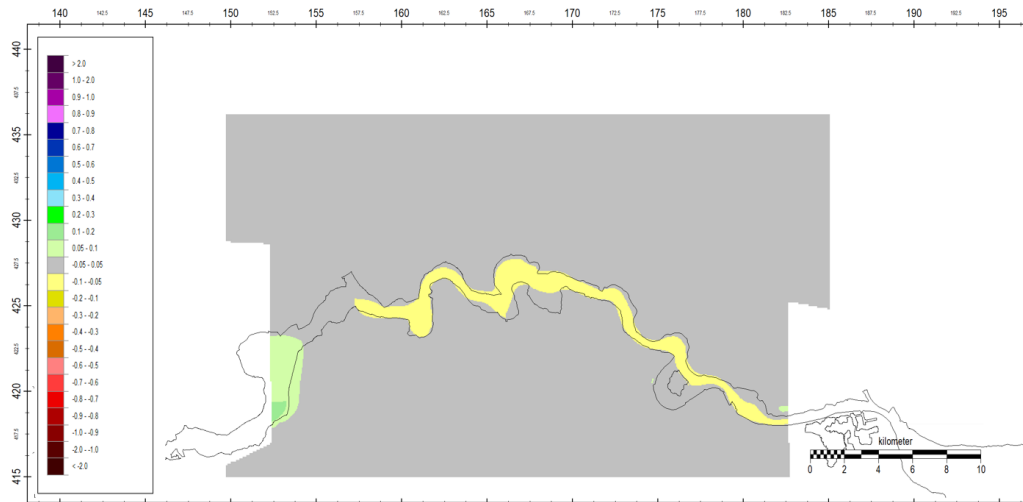
Afbeelding 5.4 Verschil in stijghoogte basisafvoergolf en gevoeligheidsanalyse 1



5.3.4 Verschil basisafvoergolf en gevoeligheidsanalyse 2

In gevoeligheidsanalyse 2 is een lagere piek van de golf gehanteerd ($T=6.800$ in plaats van $T=10.000$ per jaar). Dit correspondeert met waterstand die tussen de 5 en 10 cm lager is. De vorm van de golf is breder aangehouden. In afbeelding 5.5 is te zien dat het effect op de stijghoogte rondom de dijk nihil is (kleiner dan 5 cm). Echter over het algemeen wel een positief effect op de stijghoogte. Het resultaat suggereert dat het model gevoeliger is voor de piek dan voor de vorm, aangezien de golf breder is wat in theorie zou leiden tot een verhoging en de piek lager wat zou leiden tot een verlaging.

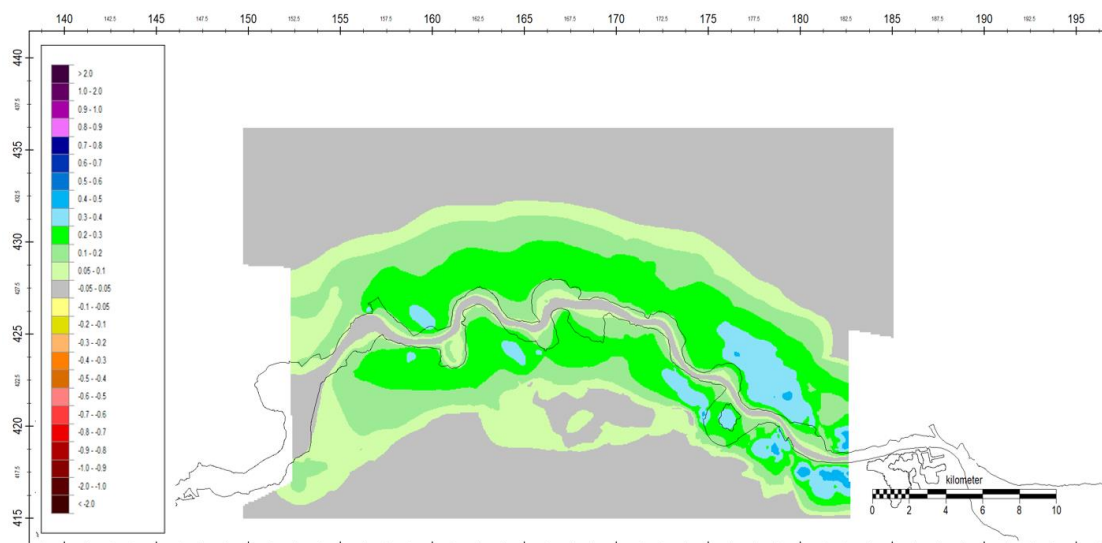
Afbeelding 5.5 Verschil in stijghoogte basisafvoergolf en gevoeligheidsanalyse 2



5.3.5 Verschil basisafvoergolf en gevoeligheidsanalyse 3

In gevoeligheidsanalyse is onderzocht hoe veel de stijghoogte toeneemt bij een constant peil op de piek van de golf (WBN, T=10.000 per jaar) voor de gehele duur van de hoogwatergolf. Het effect is weergegeven in afbeelding 5.6 het stijghoogteverschil is tussen de 0,10 en 0,30 m.

Afbeelding 5.6 Verschil in stijghoogte basisafvoergolf en gevoeligheidsanalyse 3



6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

De volgende conclusies zijn getrokken op basis van de uitgevoerde analyses:

- 1 in de huidige werkwijze levert rekenen met een (niet-stationaire) hoogwatergolf ten opzichte van een stationaire waterstand bij de norm maximaal 30 cm stijghoogtereductie op;
- 2 rekenen met een lagere piek maar met een bredere golf levert voor de gehanteerde parameterkeuzes nagenoeg dezelfde stijghoogte op;
- 3 de condities voor de start van de hoogwatergolf doen ertoe. Een hogere waterstand bij de start van de golf ($T = -15$ dagen) leveren hogere stijghoogtes op.

6.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen voor de te gebruiken hoogwatergolf in het geohydrologisch model zijn geformuleerd:

- 1 reken met de waterstand bij de norm als piek van de hoogwatergolf:
 - het ontwerppunt van de niet-stationaire hoogwatergolf bestaat uit twee parameters: de golfvorm en de golfpiek. De combinatie van de waterstand bij norm met een 50 %-waarde van de golfvorm is één mogelijke combinatie. De gevoeligheidsanalyse toont aan dat de relatieve invloed van de vorm niet groter is dan die van de piek;
 - rekenen met de waterstand bij norm heeft een belangrijk uitlegbaarheidsvoordeel. In de verschillende faalmechanismen wordt dan gerekend met dezelfde waterstand. Onderscheid maken per faalmechanisme kan als daar inhoudelijke gronden toe zijn (bijvoorbeeld een veel grotere relatieve invloed van de golfvorm ten opzichte van de piek). Om het ontwerp beter uitlegbaar te houden en fouten te voorkomen is het wenselijk om met de waterstand bij norm te rekenen;
- 2 gebruik de standaardafvoergolf tussen $T = -4,8$ en $T = +8,33$ dagen:
 - het waterstandsverloop zoals geïmplementeerd in de waterstandsverlooptool is beschreven in Waterstandsverloop (versie 2.0)' [ref. 2];
- 3 Gebruik de waterstand conform de betrekkinglijnen met stuwpeil als minimum tussen $T = -15$ en $T = -4,5$ dagen:
 - de condities voor de start van de standaardafvoergolf doen er toe in de analyse (maximaal 10 cm stijghoogteverschil). De meest conservatieve schematisatie is een constant peil gelijk aan het peil op $T = -4,8$ conform Waterstandsverloop (versie 2.0)' [ref. 2]. Dit is echter een erg conservatieve schematisatie. Aanbevolen wordt om gebruik te maken van de betrekkinglijnen. Voor deze waterstand wordt aanbevolen uit te gaan van de waterstand behorende bij $825 \text{ m}^3/\text{s}$ op basis van de betrekkinglijnen met het stuwpeil (NAP+4,92 m) als minimum. Voor de $825 \text{ m}^3/\text{s}$ waterstand is lineair geïnterpoleerd tussen $Q = 500$ en $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en wordt de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ als minimum (gestuwde toestand) gehanteerd.
 - Tussen $T = -15$ en $T = -4,8$ dagen kan lineair worden geïnterpoleerd. Dit is een conservatieve aanpak aangezien het verloop gekromd is in de standaardafvoergolf (zie afbeelding 3.1.)

7 REFERENTIES

- 1 Chbab (2016). Waterstandsverlopen Rijntakken en Maas. Wettelijk Toetsinstrumentarium WTI-2017.
- 2 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2019). Schematiseringshandleiding piping.
- 3 Deltares (2016). WAQUA Productieberekeningen Bovenrivieren Maas. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017.
- 4 Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (2020). Betrekkingslijnen 2019-2020.



BIJLAGE: WATERSTAND CONFORM BETREKKINGSLIJNEN

In de onderstaande tabel is de stationaire uitgangswaterstand voor de basisafvoergolf weergegeven.

Tabel I.1 Stationaire uitgangswaterstand voor de basisafvoergolf

Rivierkilometer (km)	Waterstand (m+NAP)
178	5,96
179	5,92
180	5,88
181	5,84
182	5,74
183	5,69
184	5,64
185	5,57
186	5,52
187	5,47
188	5,42
189	5,36
190	5,32
191	5,26
192	5,17
193	5,10
194	5,02
195	4,98
196	4,97
197	4,95
198	4,93
199	4,92
200	4,91