Herinrichting Gendtse waard

WAQUA-simulaties ten behoeve van
MER-varianten

Datum	27 juni 2018
Status	Definitief, versie 1.3
Project	P0085.6

	Naam	Paraaf	Datum
Auteur	Drs. R.C. Agtersloot		27-06-2018
Reviewer	Ir. H. Bouwmeester		
Vrijgave	Dhr. H. Hooijer		

Inhoud

1 Achtergrond ... 2
1.1 Inleiding ... 2
1.2 Doel ... 2
1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden ... 3
1.4 Leeswijzer ... 3
1.5 Legenda's bij figuren ... 3

2 De basisgegevens en referentie *gendt_ref* ... 4
2.1 Rivierkundig beoordelingskader ... 4
2.2 De Baseline-schematisatie rijn_beno15_5-v2 ... 5
2.3 Referentiesituatie *gendt_ref*, WAQUA-modellen ... 6
2.4 Simulaties met het WAQUA-model *gendt_ref*, Splitsingspuntenmodel ... 7
2.5 Simulaties met het WAQUA-model *gendt_ref*, Waal-model ... 8

3 MER-varianten en alternatief Gendtse waard ... 9
3.1 Gendtse waard variant 'natuur', *gendt_a10* ... 9
3.1.1 Ontwerpproces en uitgangspunten variant ... 9
3.1.2 Variant *gendt_a10*, Baseline-schematisatie ... 10
3.1.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a10* ... 13
3.2 Gendtse waard variant 'natuur plus', *gendt_a11* ... 14
3.2.1 Ontwerpproces en uitgangspunten variant ... 14
3.2.2 Variant 'natuur plus' *gendt_a11*, Baseline-schematisatie ... 15
3.2.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a11* ... 17
3.3 Gendtse waard variant 'cultuur', *gendt_a12* ... 18
3.3.1 Ontwerpproces en uitgangspunten variant ... 18
3.3.2 Variant *gendt_a12*, Baseline-schematisatie ... 19
3.3.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a12* ... 21
3.4 Gendtse waard alternatief 'hydraulica', *gendt_a13* ... 22
3.4.1 Ontwerpproces en uitgangspunten alternatief ... 22
3.4.2 Alternatief *gendt_a13*, Baseline-schematisatie ... 22
3.4.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a13* ... 24

4 Rivierkundige effecten, variant 'natuur' ... 25
4.1 Hoogwaterveiligheid ... 25
4.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier ... 25
4.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten ... 25
4.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW ... 26
4.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer ... 26
4.1.5 IJsafvoer ... 27
4.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten ... 27
4.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard ... 27
4.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard ... 27
4.2.3 Stroombeeld in de vaarweg ... 29
4.2.4 Verandering in afvoerverdeling ... 32
4.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR) ... 32

4.2.6 Onttrekking water uit zomerbed ... 32
4.3 Morfologische effecten ... 32
4.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed ... 32
4.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen ... 34

5 Rivierkundige effecten, variant 'natuur plus' ... 36

5.1 Hoogwaterveiligheid ... 36
5.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier ... 36
5.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten ... 36
5.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW ... 37
5.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer ... 37
5.1.5 IJsafvoer ... 38
5.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten ... 38
5.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard ... 38
5.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard ... 38
5.2.3 Stroombeeld in de vaarweg ... 40
5.2.4 Verandering in afvoerverdeling ... 43
5.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR) ... 43
5.2.6 Onttrekking water uit zomerbed ... 43
5.3 Morfologische effecten ... 43
5.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed ... 43
5.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen ... 45

6 Rivierkundige effecten, variant 'cultuur' ... 47

6.1 Hoogwaterveiligheid ... 47
6.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier ... 47
6.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten ... 47
6.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW ... 48
6.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer ... 48
6.1.5 IJsafvoer ... 49
6.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten ... 49
6.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard ... 49
6.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard ... 49
6.2.3 Stroombeeld in de vaarweg ... 51
6.2.4 Verandering in afvoerverdeling ... 54
6.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR) ... 54
6.2.6 Onttrekking water uit zomerbed ... 54
6.3 Morfologische effecten ... 54
6.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed ... 54
6.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen ... 56

7 Rivierkundige effecten, alternatief 'hydraulica' ... 58

7.1 Hoogwaterveiligheid ... 58
7.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier ... 58
7.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten ... 58
7.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW ... 59
7.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer ... 59
7.1.5 IJsafvoer ... 60

7.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten ... 60
7.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard ... 60
7.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard ... 60
7.2.3 Stroombeeld in de vaarweg ... 62
7.2.4 Verandering in afvoerverdeling ... 65
7.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR) ... 65
7.2.6 Onttrekking water uit zomerbed ... 65
7.3 Morfologische effecten ... 65
7.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed ... 65
7.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen ... 67

8 Samenvatting beoordeling conform RBK4.0 ... 69

9 Conclusies ... 70

10 Referenties ... 71

Figuren

Figuur 1-1 Luchtfoto Gendtse waard ... 2
Figuur 1-2 Legenda's bij figuren: bodemhoogte en ecotopen ... 3
Figuur 2-1 Baseline-schematisatie *gendt_ref*, hoogtemodel ... 6
Figuur 2-2 Baseline-schematisatie *gendt_ref*, ecotopen ... 7
Figuur 3-1 Variant 'natuur' (BWZ, februari 2018) ... 10
Figuur 3-2 Variant 'natuur' *gendt_a10*, hoogtemodel ... 11
Figuur 3-3 Variant 'natuur' *gendt_a10*, natuurbeeld ... 12
Figuur 3-4 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met variant natuur / *gendt_a10* ... 13
Figuur 3-5 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a10* met *gendt_ref* ... 13
Figuur 3-6 Variant 'natuur plus' (BWZ, april 2018) ... 14
Figuur 3-7 Variant 'natuur plus' *gendt_a11*, hoogtemodel ... 15
Figuur 3-8 Variant 'natuur plus' *gendt_a11*, natuurbeeld ... 16
Figuur 3-9 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met variant 'natuur plus' / *gendt_a11* ... 17
Figuur 3-10 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a11* met *gendt_ref* ... 17
Figuur 3-11 Variant 'cultuur' (BWZ, april 2018) ... 18
Figuur 3-12 Variant 'cultuur' *gendt_a12*, hoogtemodel ... 19
Figuur 3-13 Variant 'cultuur' *gendt_a12*, natuurbeeld ... 20
Figuur 3-14 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met variant 'cultuur' / *gendt_a12* ... 21
Figuur 3-15 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a12* met *gendt_ref* ... 21
Figuur 3-16 Alternatief 'hydraulica' *gendt_a13*, hoogtemodel ... 22
Figuur 3-17 Variant 'hydraulica' *gendt_a13*, natuurbeeld ... 23
Figuur 3-18 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met alternatief hydraulica / *gendt_a13* ... 24
Figuur 3-19 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a13* met *gendt_ref* ... 24
Figuur 4-1 Waterstandseffect *gendt_a10* in de as van de rivier, MHW-situatie ... 25
Figuur 4-2 2D-waterstandseffect *gendt_a10*, MHW-situatie ... 26
Figuur 4-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m^3/s (Lobith), variant *gendt_a10* ... 28
Figuur 4-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m^3/s (Lobith), variant *gendt_a10* ... 28
Figuur 4-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m^3/s (Lobith), variant *gendt_a10* ... 29
Figuur 4-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m^3/s (Lobith), variant *gendt_a10* ... 30

Figuur 4-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a10* ... 30
Figuur 4-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a10* ... 31
Figuur 4-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a10* ... 31
Figuur 4-10 Morfologische effecten *gendt_a10*, veranderingen (m) na laagwater periode ... 33
Figuur 4-11 Morfologische effecten *gendt_a10*, jaargemiddelde veranderingen (m) ... 33
Figuur 4-12 Morfologische effecten *gendt_a10*, veranderingen (m) na hoogwater periode ... 34
Figuur 4-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a10*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith) ... 35
Figuur 4-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a10*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith) ... 35
Figuur 5-1 Waterstandseffect *gendt_a11* in de as van de rivier, MHW-situatie ... 36
Figuur 5-2 2D-waterstandseffect *gendt_a11*, MHW-situatie ... 37
Figuur 5-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11* ... 39
Figuur 5-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11* ... 39
Figuur 5-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11* ... 40
Figuur 5-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11* ... 41
Figuur 5-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11* ... 41
Figuur 5-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11* ... 42
Figuur 5-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11* ... 42
Figuur 5-10 Morfologische effecten *gendt_a11*, veranderingen (m) na laagwater periode ... 44
Figuur 5-11 Morfologische effecten *gendt_a11*, jaargemiddelde veranderingen (m) ... 44
Figuur 5-12 Morfologische effecten *gendt_a11*, veranderingen (m) na hoogwater periode ... 45
Figuur 5-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a11*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith) ... 46
Figuur 5-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a11*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith) ... 46
Figuur 6-1 Waterstandseffect *gendt_a12* in de as van de rivier, MHW-situatie ... 47
Figuur 6-2 2D-waterstandseffect *gendt_a12*, MHW-situatie ... 48
Figuur 6-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12* ... 50
Figuur 6-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12* ... 50
Figuur 6-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12* ... 51
Figuur 6-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12* ... 52
Figuur 6-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a12* ... 52
Figuur 6-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a12* ... 53
Figuur 6-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a12* ... 53
Figuur 6-10 Morfologische effecten *gendt_a12*, veranderingen (m) na laagwater periode ... 55
Figuur 6-11 Morfologische effecten *gendt_a12*, jaargemiddelde veranderingen (m) ... 55
Figuur 6-12 Morfologische effecten *gendt_a12*, veranderingen (m) na hoogwater periode ... 56
Figuur 6-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a12*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith) ... 57
Figuur 6-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a12*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith) ... 57
Figuur 7-1 Waterstandseffect *gendt_a13* in de as van de rivier, MHW-situatie ... 58
Figuur 7-2 2D-waterstandseffect *gendt_a13*, MHW-situatie ... 59

Figuur 7-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13* 61
Figuur 7-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13* 61
Figuur 7-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13* 62
Figuur 7-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13* 63
Figuur 7-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a13* 63
Figuur 7-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11* 64
Figuur 7-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11* 64
Figuur 7-10 Morfologische effecten *gendt_a13*, veranderingen (m) na laagwater periode 66
Figuur 7-11 Morfologische effecten *gendt_a13*, jaargemiddelde veranderingen (m) 66
Figuur 7-12 Morfologische effecten *gendt_a13*, veranderingen (m) na hoogwater periode..... 67
Figuur 7-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a13*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith)..... 68
Figuur 7-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a13*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith)..... 68

1 Achtergrond

1.1 Inleiding

De Gendtse waard is een uiterwaard op de noordelijke oever van de Waal direct benedenstrooms van de Pannerdensche Kop, het splitsingspunt tussen de Waal en het Pannerdensch Kanaal. Figuur 1-1 laat een luchtfoto van de Gendtse waard zien.

Figuur 1-1 Luchtfoto Gendtse waard

K3Delta is verantwoordelijk voor het maken van een herinrichtingsplan voor de Gendtse waard. Er zijn verschillende mogelijkheden als het gaat om de inrichting van de uiterwaard, uitbreiding van het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek en natuurontwikkeling. In 2016 is een eerste verkenning uitgevoerd naar de mogelijke alternatieven voor herinrichting (Agtersloot, 2016). Op basis van deze resultaten is besloten een MER te maken voor dit project. Voorliggende notitie beschrijft de hydraulische resultaten van het voornemen en twee alternatieven zoals beschreven in het MER. Aanvullend aan de alternatieven van het MER is een extra variant beoordeeld welke voldoet aan rivierkundige eisen conform het Rivierkundige Beoordelingskader, versie 4.0 (RBK4.0, Rijkswaterstaat, 2017).

1.2 Doel

De inhoudelijke doelstelling van dit project is het in beeld brengen van de rivierkundige effecten in beeld van de MER-varianten voor de Gendtse waard. Hiervoor zal een rivierkundig model worden gebruikt wat voldoet aan de eisen van Rijkswaterstaat Oost-Nederland (RWS-ON). De ontwerpen voor de MER-varianten worden toegeleverd door K3Delta.

1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

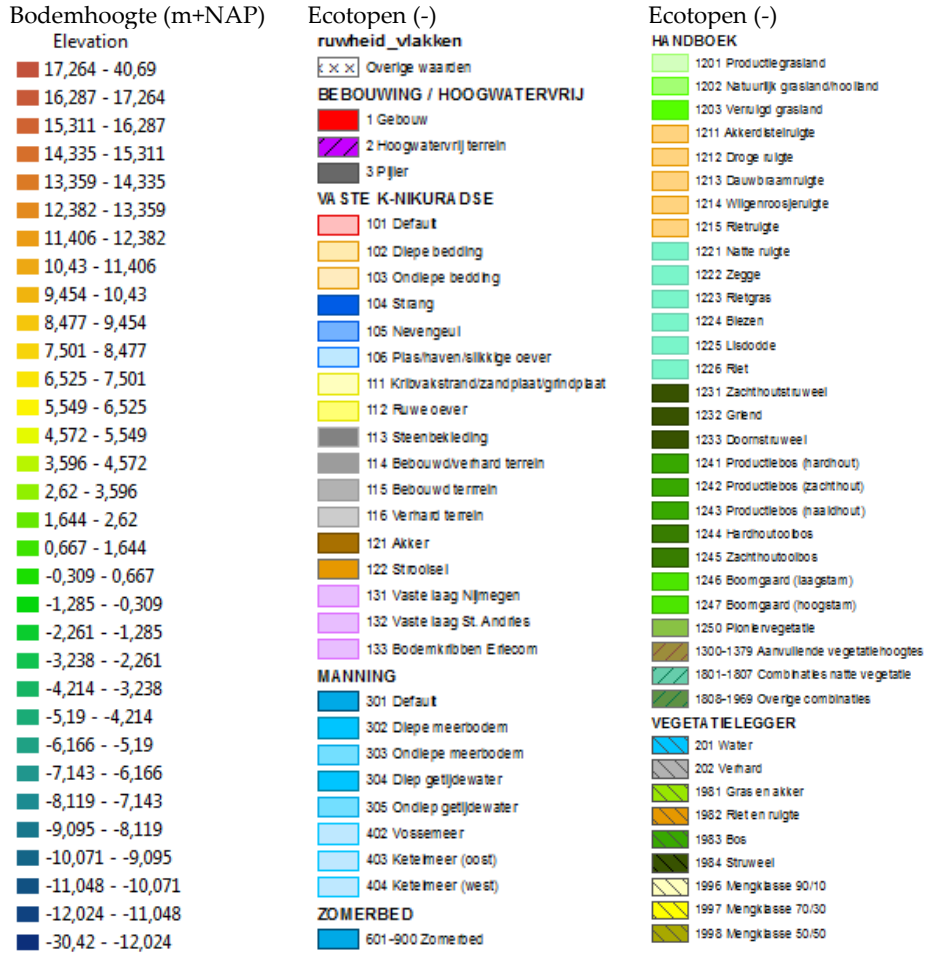
Na overleg met RWS-ON zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden gedefinieerd (zie Bijlage 1):

1) De werkzaamheden worden uitgevoerd conform RBK4.0 (Rijkswaterstaat, 2017);
2) De basisschematisatie is BenO15_5-v2;
3) In de referentiesituatie moeten de vergunningen en actualisaties worden opgenomen zoals aangegeven door RWS-ON;
4) Het te gebruiken WAQUA-deelmodel is de Waal met de rekenroosters rijn20m_waal_5-v6.rgf en rijn20m_splp_5-v6.rgf;
5) De simulaties worden uitgevoerd met afvoeren bij Lobith van 600, 1.020, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000, 10.000, 16.000 en 18.000 m^3/s.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte basisgegevens (rekenrooster, randvoorwaarden, WAQUA-versie etc.) en de actualisatie met de maatregelen zoals toegeleverd door RWS-ON. De verschillende MER-varianten worden beschreven in Hoofdstuk 3. Per variant volgt vervolgens de beoordeling conform RBK4.0 in Hoofdstuk 4 (variant 'natuur'), Hoofdstuk 5 (variant 'natuur+'), Hoofdstuk 6 (variant 'cultuur') en Hoofdstuk 7 (alternatief 'hydraulica'). Hoofdstuk 8 bevat een overzicht van de beoordeling conform RBK4.0.

1.5 Legenda's bij figuren



Figuur 1-2 Legenda's bij figuren: bodemhoogte en ecotopen

2 De basisgegevens en referentie *gendt_ref*

2.1 Rivierkundig beoordelingskader

De hydraulische beoordeling is uitgevoerd conform RBK4.0 zoals voorgeschreven door RWS-ON. Naast de algemene vereisten zoals opgenomen in het RBK4.0 zijn specifiek voor dit project door RWS-ON randvoorwaarden en uitgangspunten aangegeven. Deze zijn opgenomen in Bijlage 1.

Voor de beoordeling van de rivierkundige aspecten wordt gebruik gemaakt van Tabel 5 uit RBK4.0. Deze tabel is overgenomen in Tabel 2-1 hieronder. De genoemde secties in deze tabel komen overeen met de subparagrafen van dit hoofdstuk.

Tabel 2-1 Rivierkundige beoordelingsaspecten en -criteria in de Waal

	§	Rivierkundig beoordelings-aspect	Beoordelingscriterium	Toe-lichting	Beoorde-laar
Hoogwaterveiligheid	1.1	Maatregel in stroomvoerend deel rivier: Maatgevende Hoogwaterstand (MHW) op de as van de rivier	Stroomvoerend: geen waterstandverhoging[a)] op de as van de rivier bij een Boven-Rijn afvoer van bij 16.000 m^3/s. Voor overgangsgebieden gelden andere maatgevende condities	1.1 R1+R2 R3+R10	RWS-ON
		Maatregel in bergend deel rivier: Volume waterberging	Bergend: geen vermindering bergend volume	1.1	
	1.2	Maatgevende Hoogwaterstand (MHW) buiten de as van de rivier	Geen waterstandverhoging langs de primaire kering of hoge grondenlijn bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m^3/s. Voor overgangsgebieden gelden andere maatgevende condities	1.2 R1+R2 R3+R10	RWS-ON (in overleg met de waterkering-beheerder)
	1.3	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij maatgevende Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 5 m^3/s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m^3/s	1.3 R3+R4	RWS-ON
	1.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij hoge Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij de splitsingspunten dient kleiner te zijn dan 20 m^3/s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m^3/s	1.4 R3+R4	RWS-ON
	1.5	IJsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	1.5	RWS-ON
Hinder of schade door hydraulische effecten	2.1	Inundatiefrequentie van de uiterwaard	De mate van verandering van de inundatiefrequentie van een of meerdere uiterwaarden. Kies daarvoor een of meerdere afvoeren die dit aspect inzichtelijk maken[b)].	2.1 R5	RWS-ON (eventueel in overleg met de terrein-eigenaren)
	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	De mate van verandering van de grootte en richting stroomsnelheden in een of meerdere uiterwaarden bij de voor de lokale situatie representatieve omstandigheden.	2.2 R5	RWS-ON (eventueel in overleg met de terrein-eigenaren)
	2.3	Stroombeeld in vaarweg	De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,3 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet kleiner dan 50 m^3/s; De ingreep mag niet resulteren in een absolute dwarsstroming in de vaarweg groter dan 0,15 m/s bij een geconcentreerde dwarsstroming met een debiet groter dan 50 m^3/s. Of het moet aantoonbaar zijn dat de toename padbreedte schip t.g.v. dwarsstroom kleiner is dan ½B; Bij hoge tot extreme Boven-Rijn afvoeren is dit beoordelingscriteria niet van toepassing.	2.3 R6	RWS-ON

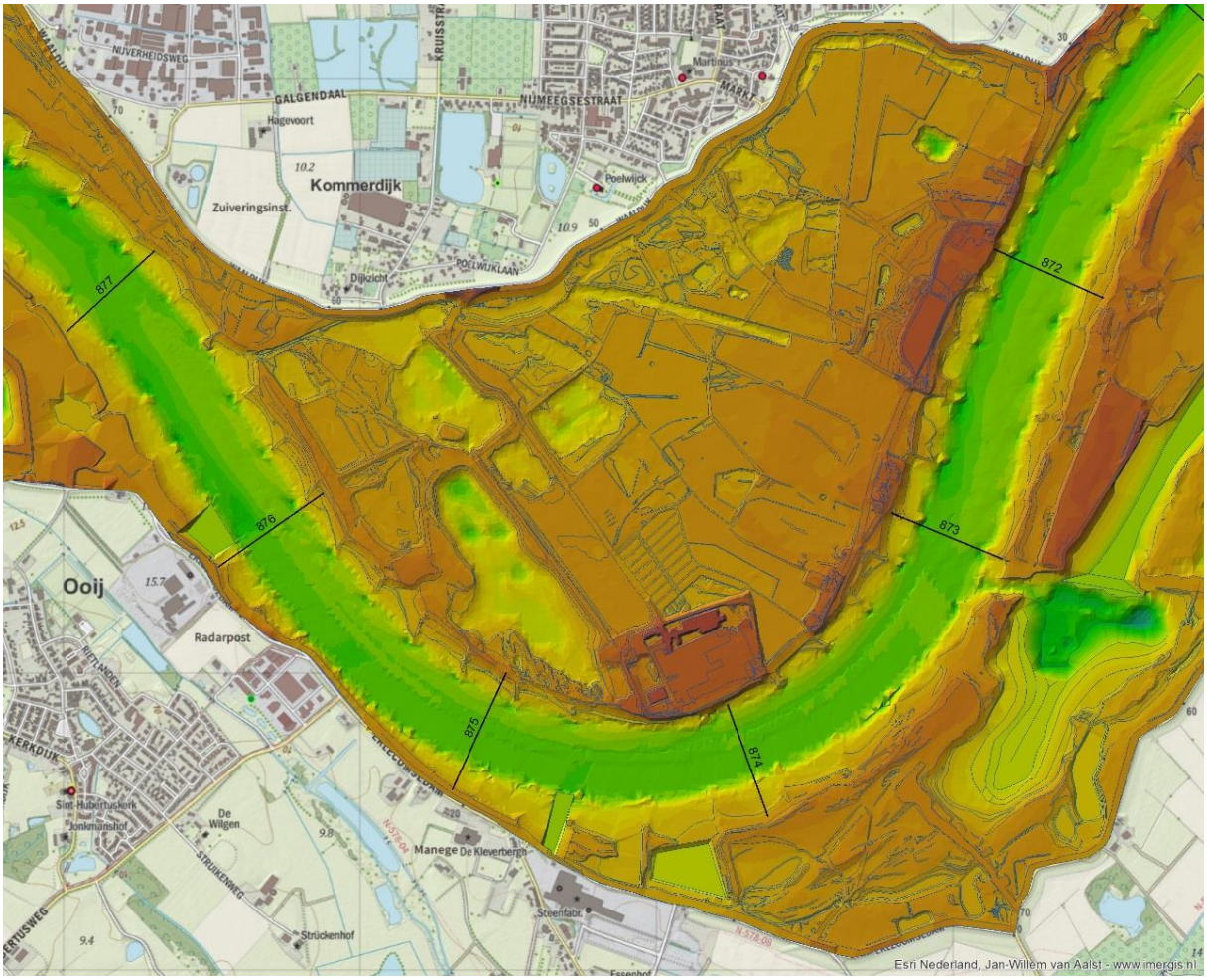
	2.4	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij hoge Boven-Rijn afvoer	Verandering afvoerverdeling bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m^3/s. Voor dit aspect is er geen beoordelingscriterium.	2.4 R7	RWS-ON
	2.5	Afvoerverdeling bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bij een lage Boven-Rijn afvoeren	Verandering afvoerverdeling mag niet groter zijn dan 1 m^3/s bij Boven-Rijn afvoer van 1020 m^3/s (OLA)[c)]	2.5 R8	RWS-ON
	2.8	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	Geen ongewenste afname van de waterdiepte t.g.v. de onttrekking van water uit het zomerbed bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	2.8	RWS-ON
Morfologische effecten	3.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (+ oevers) 1. door ingrepen zomerbed 2. door ingrepen winterbed	Bij erosie: -geen verlaging gemiddelde bodemligging zomerbed[d)]; -geen erosie van het zomerbed in de directe nabijheid van primaire waterkeringen; -geen oevererosie[d)]; -Beperkte ontgronding bij constructies per hoogwater; -geen erosie ter hoogte van kabels, leidingen en tunnels met een te kleine gronddekking; Bij sedimentatie: - geen sedimentatie in de vaargeul conform BPRW; -geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren[e)]; -geen verhoging van de maatgevende waterstanden op lange termijn; Generiek: -beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten; behouden vlotheid en veiligheid scheepvaartverkeer; -geen onacceptabele terugschrijdende erosie of sedimentatie i.v.m. risico verandering afvoerverdeling bij maatgevende Boven-Rijn afvoer of OLA;	3.1 R9+R11	RWS-ON (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder)
	3.2	Sedimentatie en erosie van uiterwaard en nevengeulen: 1. sedimentatie winterbed 2. erosie winterbed	Bij sedimentatie: - Acceptabele beheerskosten[f)] 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[g)]; - geen bodemerosie langs primaire waterkering; - stabiliteit van belangrijke constructies in de uiterwaard mag niet verminderen;	3.2 R12	RWS-ON (eventueel in overleg met de waterkering-beheerder en/of terrein-eigenaren)

De hydraulische beoordeling van de verschillende varianten van herinrichting wordt uitgevoerd conform het RKB4.0. Voor een eenvoudige vergelijking van de eisen van het RBK met de resultaten van de beoordeling wordt dezelfde volgorde en nummering aangehouden als in het RBK. De beoordeling van de veranderingen in de afvoerverdeling (aspecten 1.3, 1.4 en 2.4) is bepaald met het Splitsingspunten-model van de Rijntakken. Alle andere aspecten zijn beoordeeld met het Waal-model van de Rijntakken.

De Gendtse waard ligt ter hoogte van rkm 872 – 877 van de Waal.

2.2 De Baseline-schematisatie rijn_beno15_5-v2

Voor de hydraulische beoordeling is door RWS-ON een basismodel beschikbaar gesteld, zie Bijlage 1. Het model rijn-beno15_5-v2 beschrijft de toekomstige situatie na uitvoering van Ruimte voor de Rivier en vergunningen. Voor een goede weergave van het projectgebied zijn door RWS-ON in totaal 15 maatregelen beschikbaar gesteld. Deze 15 maatregelen zijn opgenomen in het basismodel en hiermee is de referentiesituatie gemaakt, *gendt_ref*.



Figuur 2-1 Baseline-schematisatie *gendt_ref*, hoogtemodel

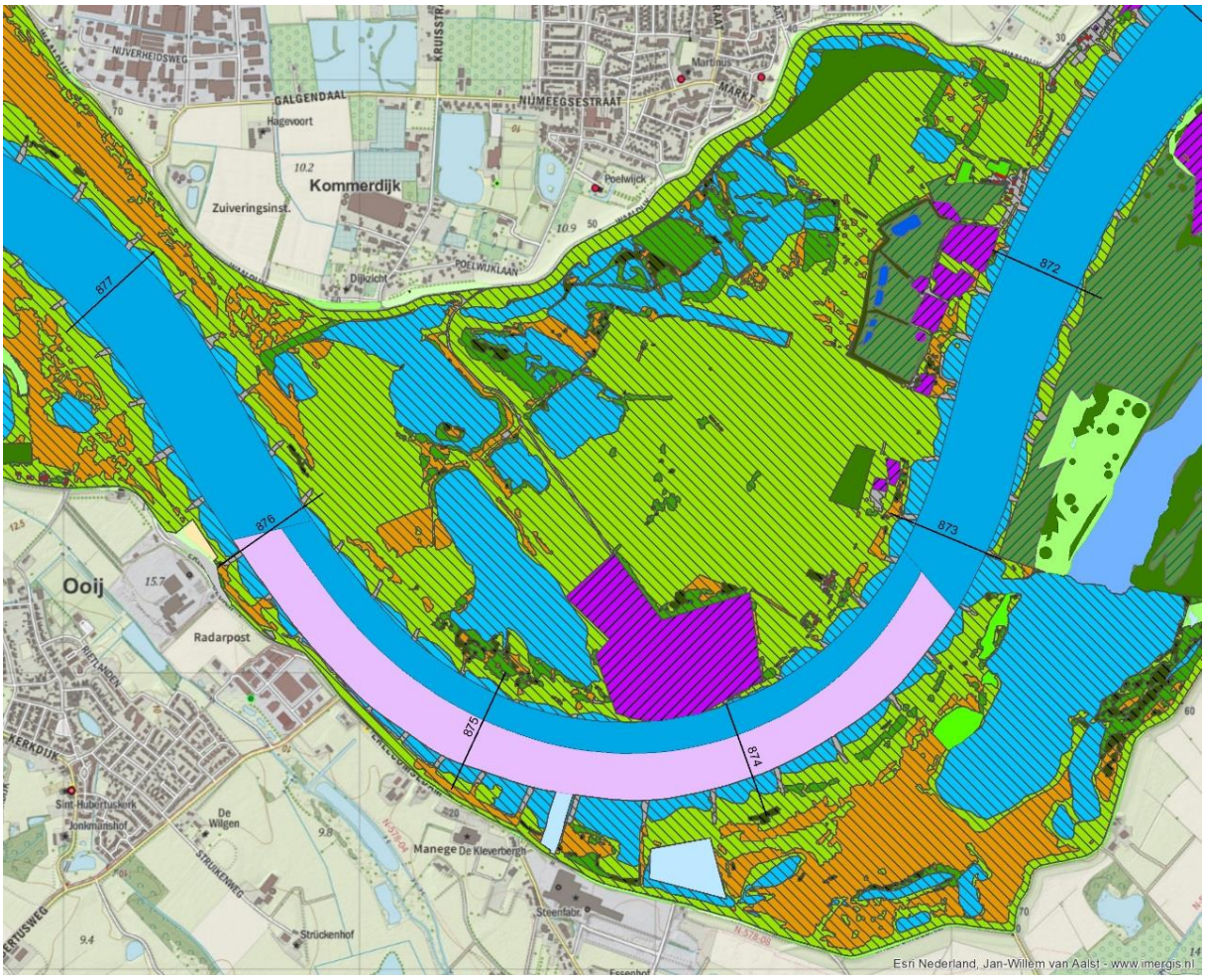
2.3 Referentiesituatie *gendt_ref*, WAQUA-modellen

De Baseline-schematisatie *gendt_ref* is met behulp van Baswaq omgezet naar een WAQUA-model. Voor dit project zijn twee WAQUA-modellen gemaakt; één voor het Splitsingspunten-model en één voor het Waal-model. De gebruikte WAQUA-roosters zijn respectievelijk rijn20m_splp_5-v6.rgf en rijn20m_waal_5-v6.rgf. De numerieke instellingen van de WAQUA-modellen zijn niet gewijzigd.

2.4 Simulaties met het WAQUA-model *gendt_ref*, Splitsingspuntenmodel

Met het Splitsingspunten-model worden simulaties uitgevoerd om de (veranderingen in) afvoerverdeling in beeld te brengen. Dit laatste is van belang vanwege de nabijheid van het splitsingspunt Pannerdensche Kop. Een verandering in de waterstand op dit punt kan de afvoerverdeling beïnvloeden. Binnen RBK4.0 is gesteld dat een ingreep maximaal 1 m^3/s invloed mag hebben op de afvoerverdeling bij 1.020 m^3/s (**O**vereengekomen **L**age **R**ivierafvoer, OLR), een invloed van 20 m^3/s op de afvoerverdeling bij 10.000 m^3/s (hoge Rijn afvoer) en 5 m^3/s bij 16.000 m^3/s (MHW).

Met dit referentiemodel zijn simulaties uitgevoerd met een vaste afvoer van 1.020, 10.000 en 16.000 m^3/s bij Lobith in combinatie met een vrije afvoerverdeling.



Figuur 2-2 Baseline-schematisatie *gendt_ref*, ecotopen

Tabel 2-2 Afvoerverdeling *gendt_ref*, 1.020, 10.000 en 16.000 m3/s Lobith

Rijntak	**Afvoer (m^3/s)**	**Afvoer (m^3/s)**	**Afvoer (m^3/s)**
Boven-Rijn	1.020	10.000	16.000
Waal	799	6.502	10.155
Pannerdensch Kanaal	221	3.498	5.845
Nederrijn / Lek	28	2.074	3.342
IJssel	193	1.427	2.509

De effecten van de varianten van ingrepen in de Gendtse waard op de afvoerverdeling zullen worden vergeleken met de afvoerverdeling zoals opgenomen in Tabel 2-2.

2.5 Simulaties met het WAQUA-model *gendt_ref*, Waal-model

Met het Waal-model zijn de overige hydraulische aspecten (waterstanden, stroombeelden etc.) beoordeeld. Hiertoe zijn simulaties uitgevoerd bij afvoeren die variëren tussen 600 m^3/s (extreem laagwater) en 18.000 $m^{3'}/s$ (extreem hoogwater) bij Lobith. Deze simulaties zijn uitgevoerd met een opgelegde afvoerverdeling conform Tabel 2-3.

Tabel 2-3 Afvoerverdeling *gendt_ref*, Waal-model

Rijntak **Afvoer Lobith (m^3/s)**	Waal	Pannerdensch Kanaal	Nederrijn / Lek	IJssel
600	481	119	3	116
1.020	799	221	28	193
2.000	1.455	545	237	309
4.000	2.779	1.221	704	518
6.000	4.114	1.885	1.074	814
8.000	5.418	2.582	1.500	1.086
10.000	6.506	3.494	2.066	1.432
16.000	10.165	5.835	3.322	2.518
18.000	11.717	6.282	3.380	2.907

3 MER-varianten en alternatief Gendtse waard

In het hydraulische onderzoek worden drie MER-varianten en één alternatief beoordeeld. In deze rapportage worden de MER-namen en de codes van de ontwerpen door elkaar gebruikt. In de tekst zullen de namen vaak tegelijkertijd worden gebruikt; in de onderstaande tabel wordt voor de eenduidigheid het verband tussen MER-naam en ontwerp-code gemaakt.

Tabel 3-1 MER-naam en ontwerp-code (Baseline/WAQUA)

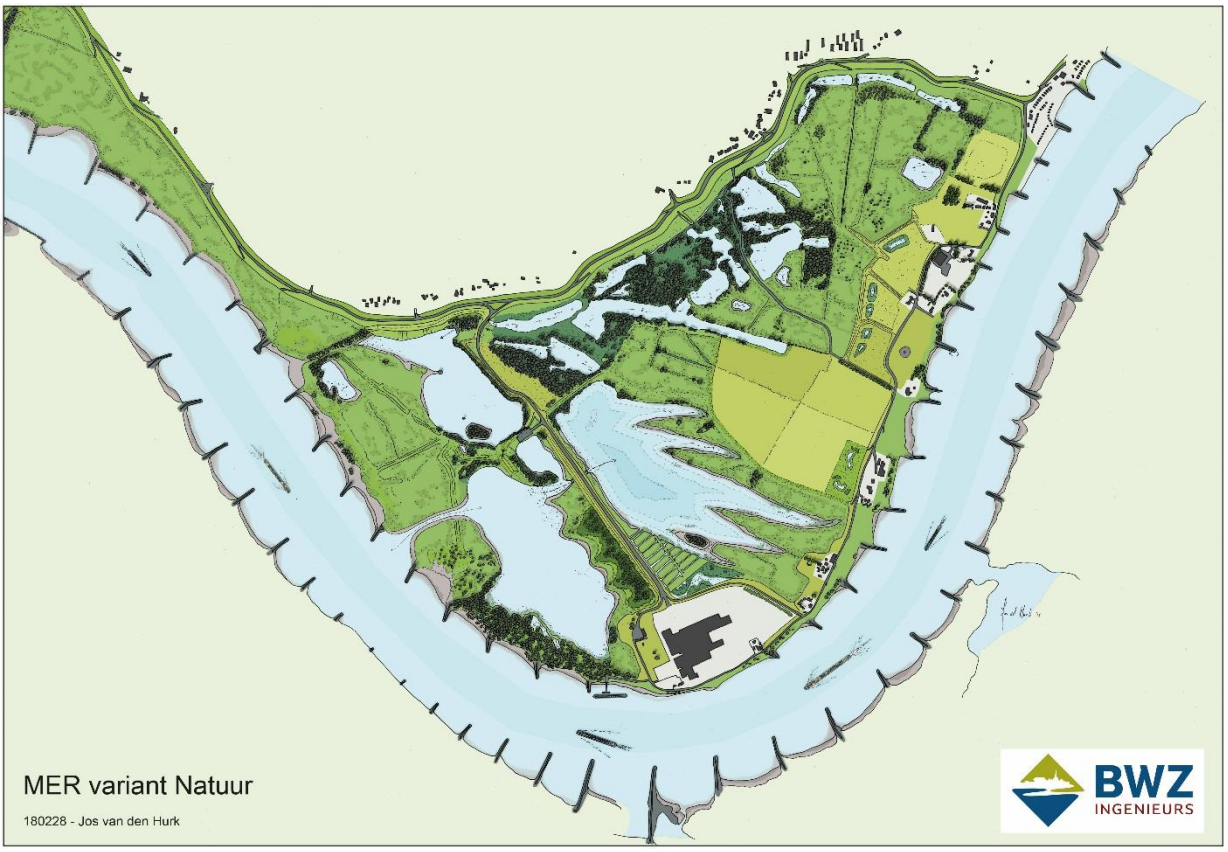
MER-naam	Ontwerp-code
referentie / nul-alternatief	*gendt_ref*
'natuur'	*gendt_a10*
'natuur plus'	*gendt_a11*
'cultuur'	*gendt_a12*
'hydraulica'	*gendt_a13*

3.1 Gendtse waard variant 'natuur', *gendt_a10*

3.1.1 Ontwerpproces en uitgangspunten variant

Met deze variant wordt vooral ruimte geboden aan dynamische riviernatuur. Concreet betekent dit dat rivierduinvorming wordt gestimuleerd, van waardevolle plassen en geulen worden verbonden en uitgegraven en dat agrarische percelen worden omgevormd tot wateren met interessante oevers en watervegetatie. Dit alles resulteert in een zonering met zowel laag als hoog dynamische natuur. Om dit mogelijk te maken wordt circa 31 hectare nieuw water-oppervlak gerealiseerd door het winnen van zand en grind. Het winnen van delfstoffen zorgt voor de financiële middelen om de herinrichting van de Gendtse waard te financieren.

Naast ruimte voor dynamische riviernatuur zijn het vergroten van de recreatieve waarden van de uiterwaard en het behouden en versterken van het cultuurhistorisch landschap belangrijke uitgangspunten. Ook de uitbreiding van het hoogwatervrije bedrijfsterrein van de steenfabriek is onderdeel van de herinrichting van de Gendtse waard. De uitgangspunten voor de variant 'natuur' zijn door BWZ verwerkt naar een herinrichtingskaart, zie Figuur 3-1.



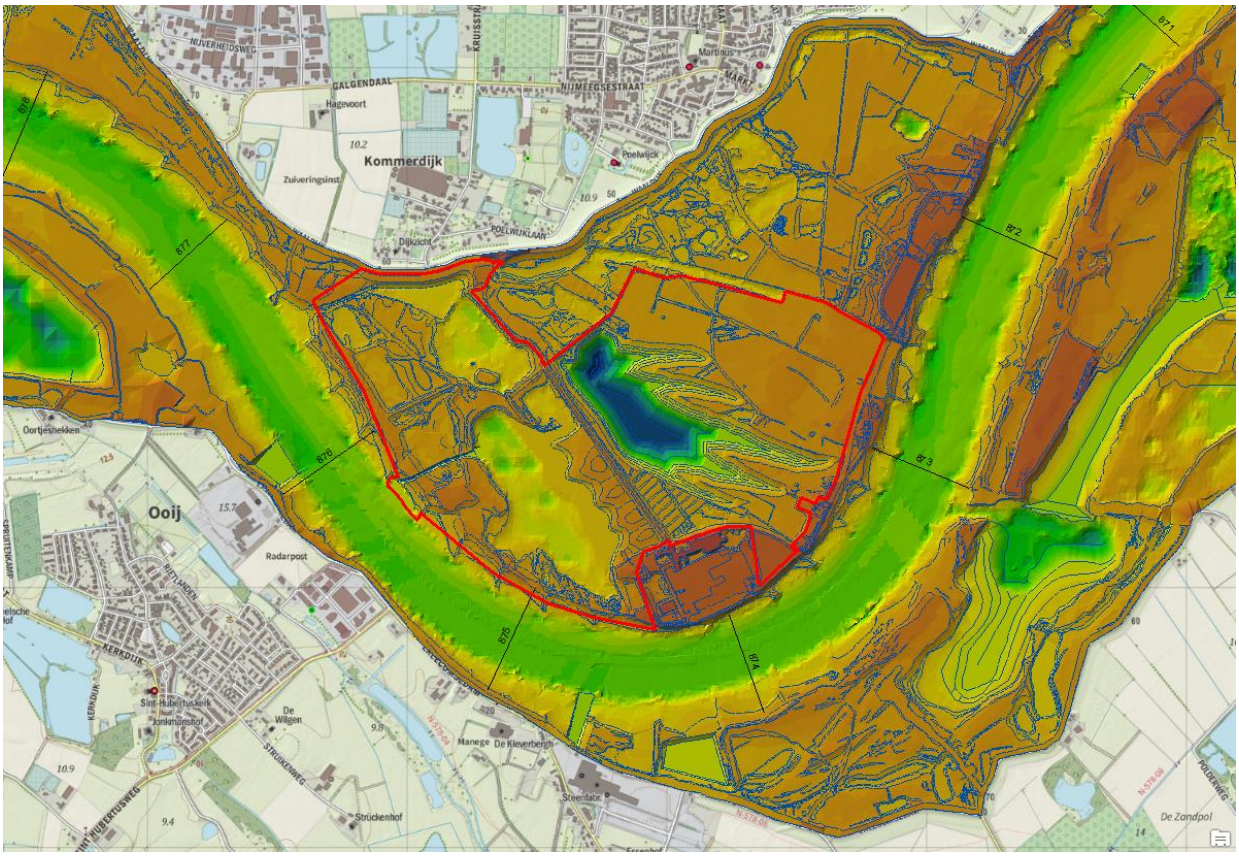
Figuur 3-1 Variant 'natuur' (BWZ, februari 2018)

Deze kaart bevat zowel een nieuw maaiveld als een nieuw natuurbeeld. Deze informatie is verwerkt en vertaald naar een Baseline-maatregel welke opgenomen is in de referentieschematisatie. Wanneer de figuren van de referentiesituatie en het ontwerp naast elkaar worden gezet zijn de wijzigingen duidelijk zichtbaar.

De variant 'natuur' is tot stand gekomen in een ontwerpproces waarbij in verschillende stappen elementen van de variant 'natuur' zijn onderzocht. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de natuurinrichting, de eindhoogte van het terrein en de nieuwe verbinding tussen de Waal en het Vossegat. In Bijlage 2 is een kort overzicht opgenomen van het ontwerpproces en de hydraulische resultaten die hier bij horen.

3.1.2 Variant *gendt_a10*, Baseline-schematisatie

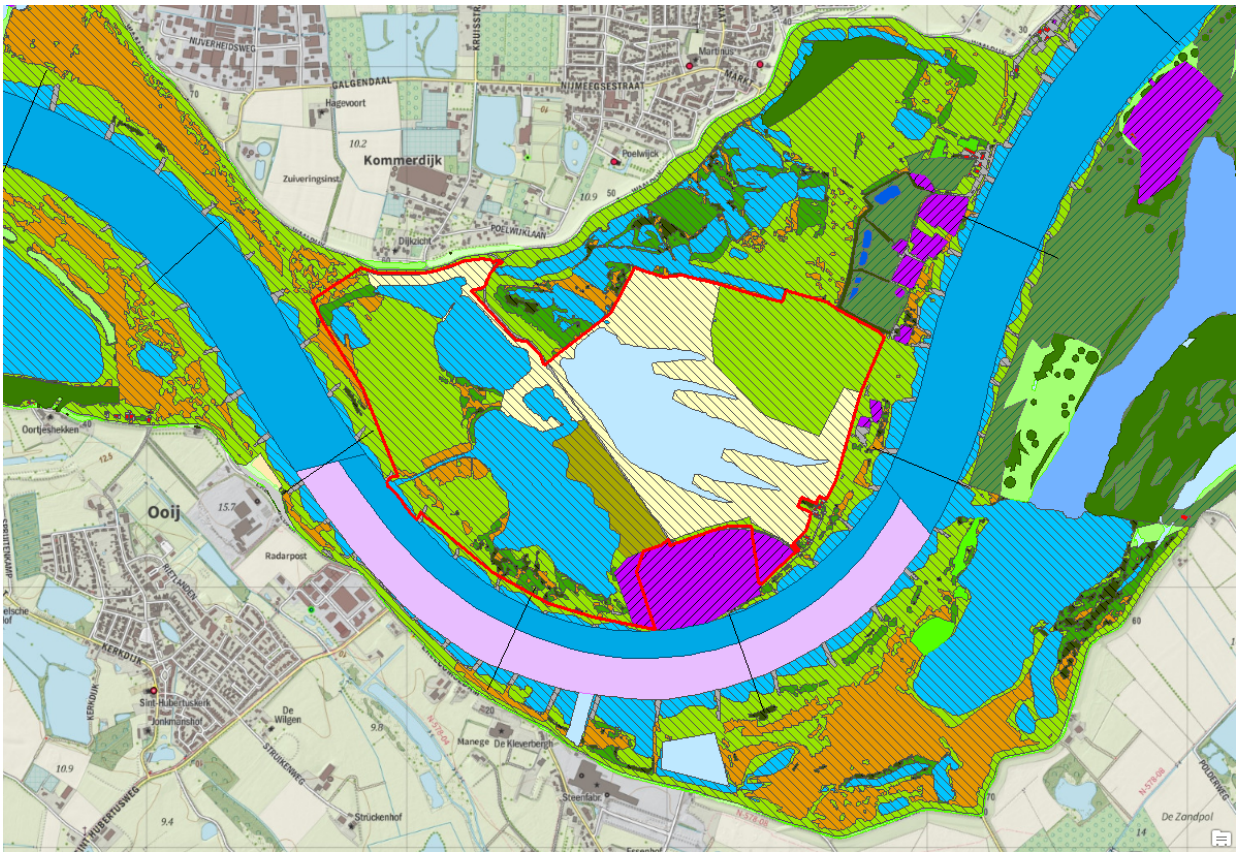
De volgende figuren tonen het hoogtemodel en de ecotopenkaart van de variant 'natuur'/ *gendt_a10* zoals opgenomen in het Baseline-referentiemodel. Een beschrijving van de Baseline-maatregel *gendt_a10* is opgenomen in Bijlage 3.



Figuur 3-2 Variant 'natuur' *gendt_a10*, hoogtemodel

Het hoogtemodel van de variant 'natuur' wordt getoond in Figuur 3-2. De legenda van de bodemhoogte is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de bodemhoogte ten opzichte van de referentiesituatie.

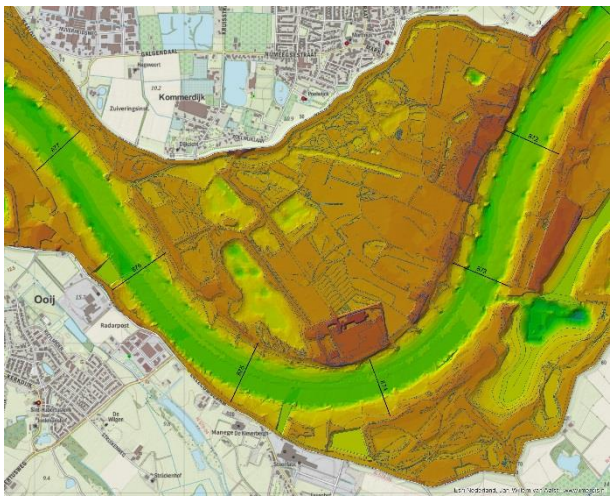
Het natuurbeeld van de variant 'natuur' wordt getoond in Figuur 3-3. De legenda van de ecotopen is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de ecotopen ten opzichte van de referentiesituatie.



Figuur 3-3 Variant 'natuur' *gendt_a10*, natuurbeeld

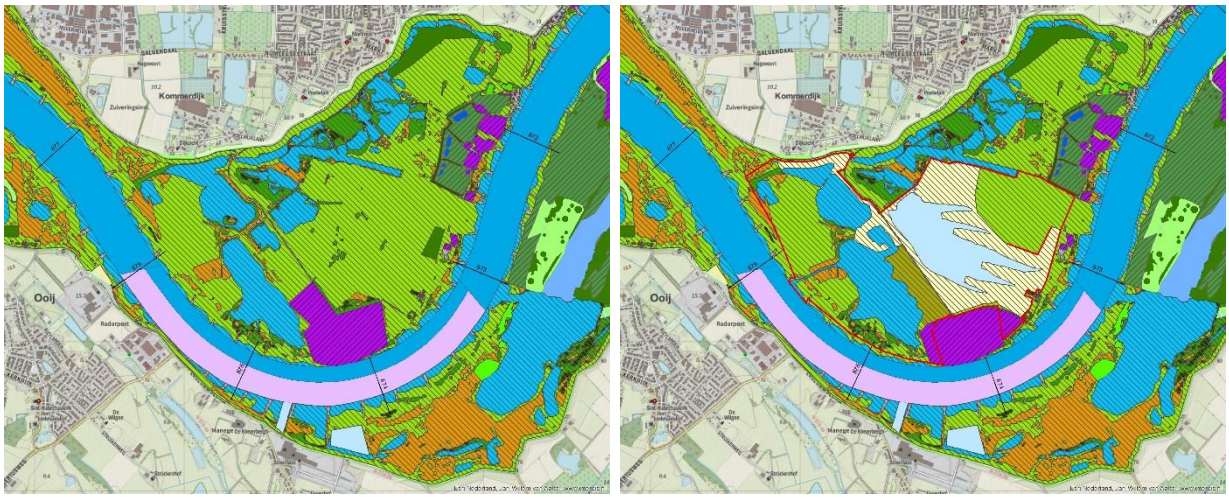
De grootste veranderingen zijn zichtbaar in de uiterwaard waar sprake is van een vergraving en natuurontwikkeling rondom de nieuwe plas. Verder heeft het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek een andere grootte en vorm gekregen. Tenslotte is de zomerkade ten noorden van de steenfabriek deels verlegd tot direct westelijk van de toegangsweg naar de steenfabriek.

Voor een eenvoudige vergelijking tonen de volgende figuren de referentiesituatie / *gendt_ref* links en de variant 'natuur' / *gendt_a10* rechts.



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_ref*

Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a10*

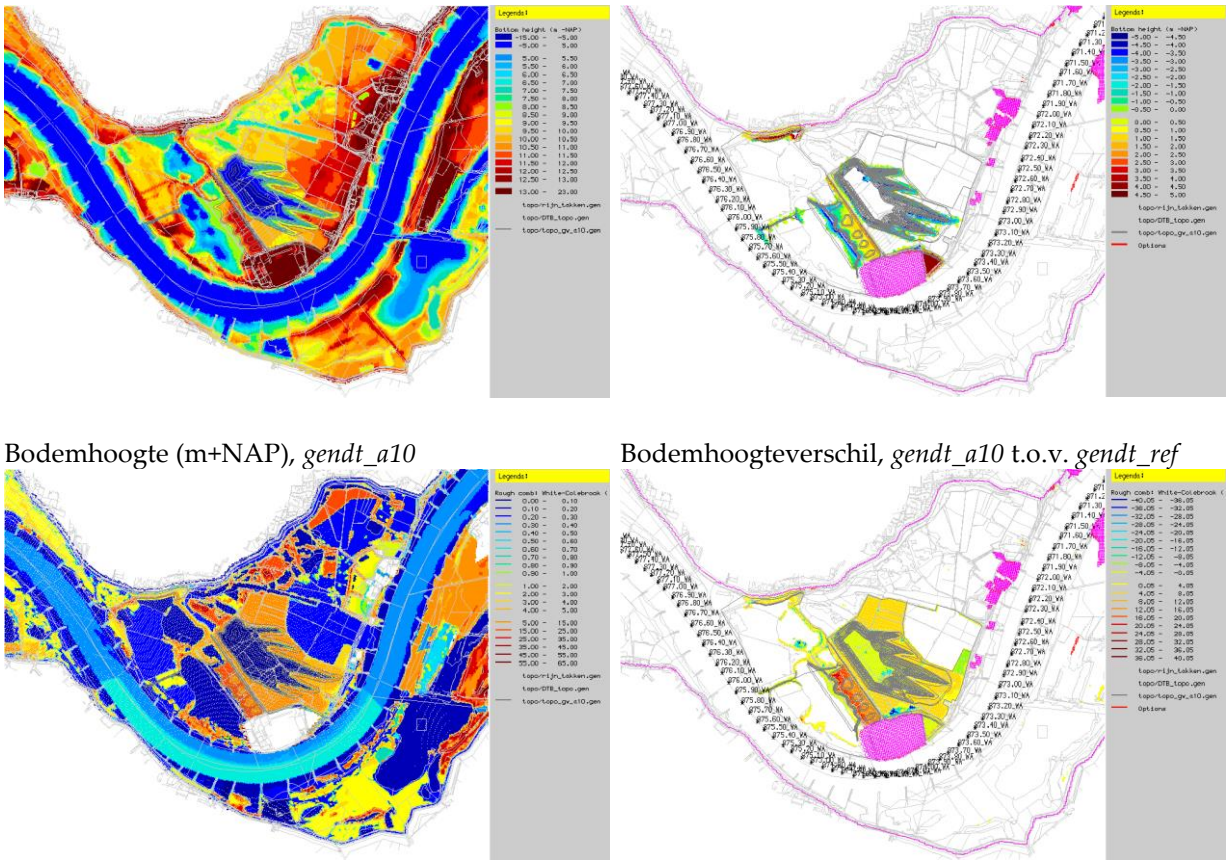


Natuurontwikkeling, *gendt_ref* Natuurontwikkeling, *gendt_a10*

Figuur 3-4 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met variant natuur / *gendt_a10*

3.1.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a10*

Voor de bepaling van de hydraulische effecten moet de Baseline-ingreep (zie paragraaf 3.1.2) worden omgezet naar WAQUA-modellen. De uitgangspunten voor de WAQUA-modellen zijn gelijk aan de uitgangspunten van de WAQUA-modellen voor de referentiesituatie, zie paragraaf 2.3. De conversie wordt gemaakt voor zowel het Splitsingspunten-model (zie paragraaf 2.4) als het Waal-model (zie paragraaf 2.5). De naamgeving van de WAQUA-modellen is gelijk aan de naam van de Baseline-schematisatie, dus *gendt_a10*. Ten opzichte van de referentiesituatie laat de variant *gendt_a10* de verwachtte wijzigingen zien.



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a10* Bodemhoogteverschil, *gendt_a10* t.o.v. *gendt_ref*

Ruwheid (Nikuradse m), *gendt_a10* Ruwheidsverschil, *gendt_a10* t.o.v. *gendt_ref*

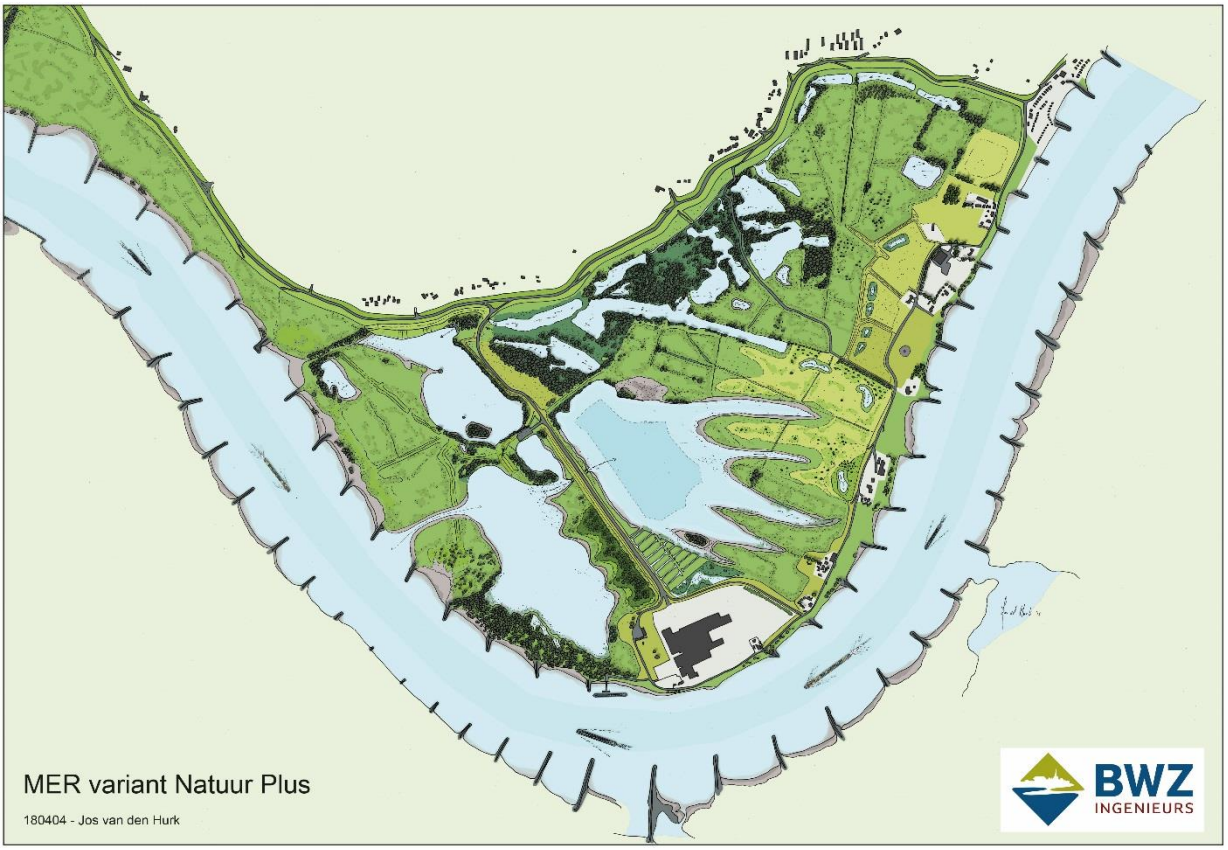
Figuur 3-5 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a10* met *gendt_ref*

Er is sprake van vergravingen in de uiterwaard en een verhoging aan de oostzijde van de steenfabriek. Ook de aanvulling tegen de bandijk aan de noordzijde van de uiterwaard is goed zichtbaar. De voorgestelde natuurontwikkeling komt terug als een aanzienlijke verhoging van de ruwheid in zowel de gebieden met 90/10 natuurontwikkeling als bij het bos.

3.2 Gendtse waard variant 'natuur plus', *gendt_a11*

3.2.1 Ontwerpproces en uitgangspunten variant

In deze zogenaamde 'plus-variant' van de variant 'natuur' worden ook de agrarische gronden in het oosten van het plangebied bij de natuurontwikkeling betrokken. Om deze agrarische gronden om te vormen naar natuur wordt de ontgronding beperkt uitgebreid. De omvang van het nieuwe wateroppervlak komt daarmee op circa 34 hectare. De ligging van het water is gebaseerd op de plekken waar het water bij hoogwater het hardste stroomt: de stroombaan. Navolgende afbeelding geeft een globaal inrichtingsplan van deze variant weer.



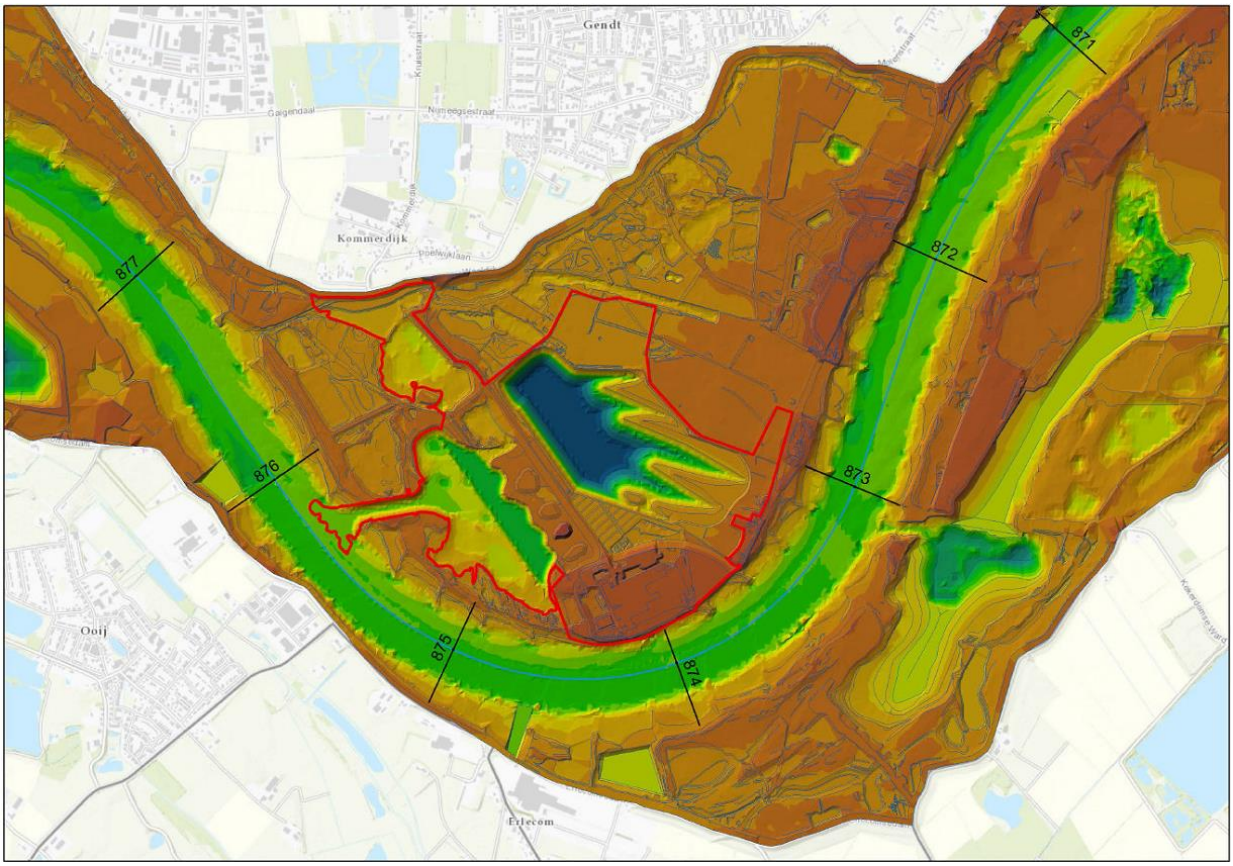
Figuur 3-6 Variant 'natuur plus' (BWZ, april 2018)

De variant 'natuur plus' komt voor circa 80% overeen met de variant 'natuur'. De grootste veranderingen bevinden zich in een deel van de uiterwaard wat enkel meestroomt in de meest extreme situaties, dus bij 16.000 en 18.000 m^3/s. De veranderingen in dit gebied (vergelijk Figuur 3-1 met Figuur 3-6) zijn enerzijds extra vergraving en anderzijds extra verruiming.

De grootste hydraulische effecten worden veroorzaakt door de veranderingen op de rechteroever van de Waal en slechts in beperkte mate door de aanpassingen midden in het plangebied. Een kleinere wijziging betreft de verbinding tussen de plas en de Waal; waar deze vanuit hydraulische oogpunt is versmald tot circa 10 meter in de variant 'natuur' is de verbinding in de variant 'natuur plus' breed gebleven, met name ter plekke van de monding in de Waal.

3.2.2 Variant 'natuur plus' *gendt_a11*, Baseline-schematisatie

De volgende figuren tonen het hoogtemodel en de ecotopenkaart van de variant *gendt_a11* zoals opgenomen in het Baseline-referentiemodel.

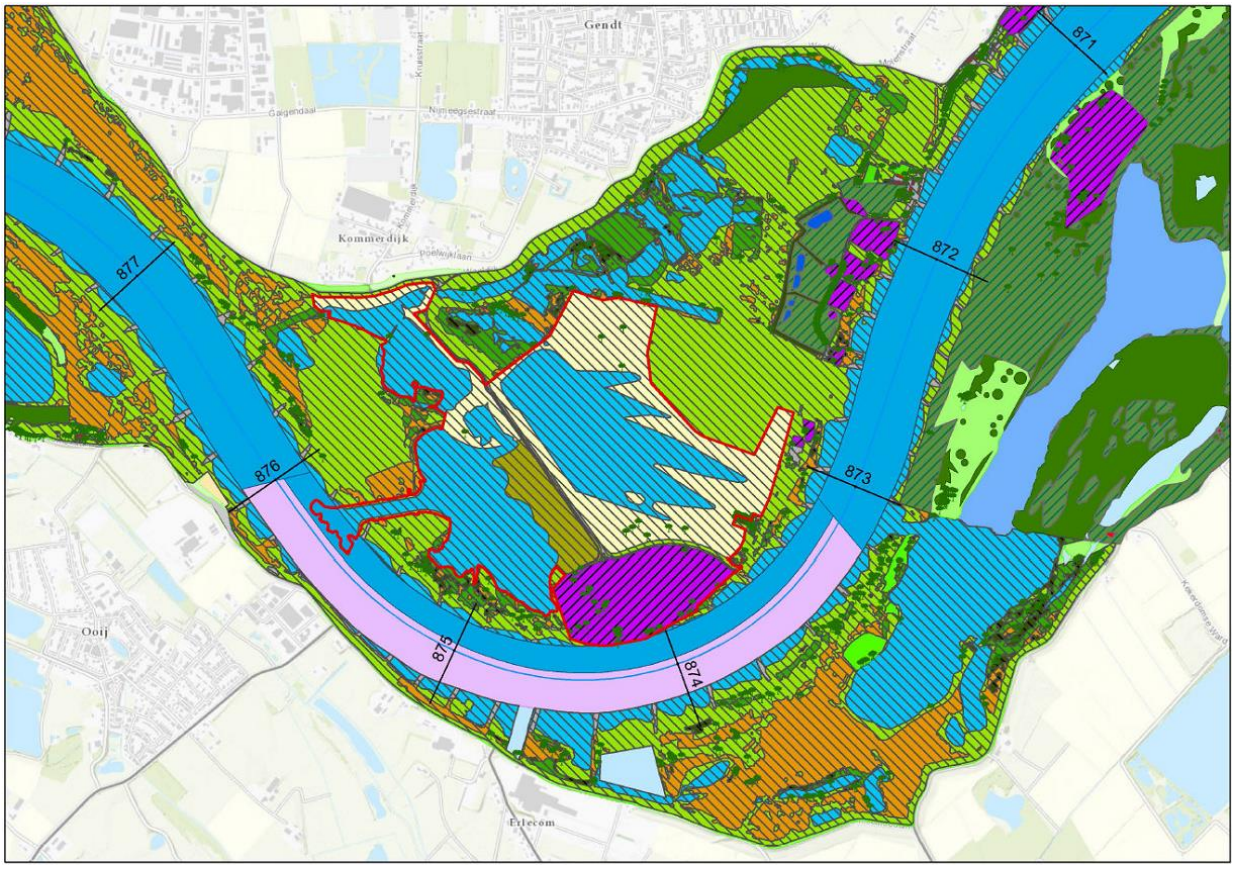


Figuur 3-7 Variant 'natuur plus' *gendt_a11*, hoogtemodel

Het hoogtemodel van de variant 'natuur plus' wordt getoond in Figuur 3-7. De legenda van de bodemhoogte is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de bodemhoogte ten opzichte van de referentiesituatie.

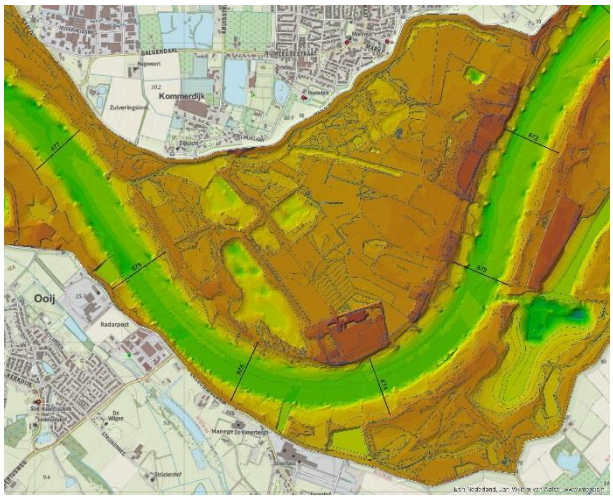
De grootste veranderingen zijn zichtbaar in de uiterwaard waar sprake is van een vergraving en natuurontwikkeling rondom de nieuwe plas. Verder heeft het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek een andere grootte en vorm gekregen. Tenslotte is de zomerkade ten noorden van de steenfabriek verlegd tot direct westelijk van de toegangsweg naar de steenfabriek.

Het natuurbeeld van de variant 'natuur plus' wordt getoond in Figuur 3-8. De legenda van de ecotopen is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de ecotopen ten opzichte van de referentiesituatie.

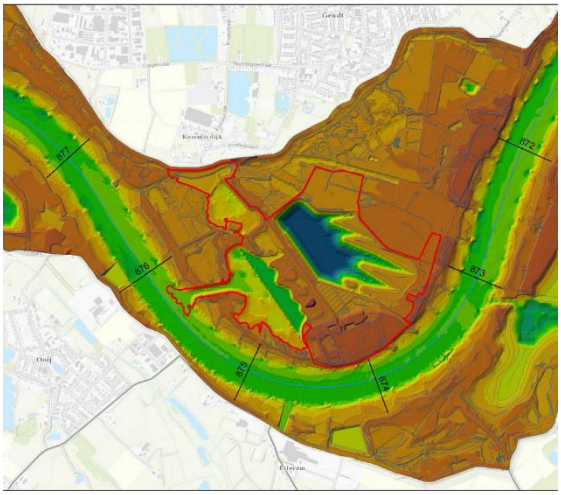


Figuur 3-8 Variant 'natuur plus' *gendt_a11*, natuurbeeld

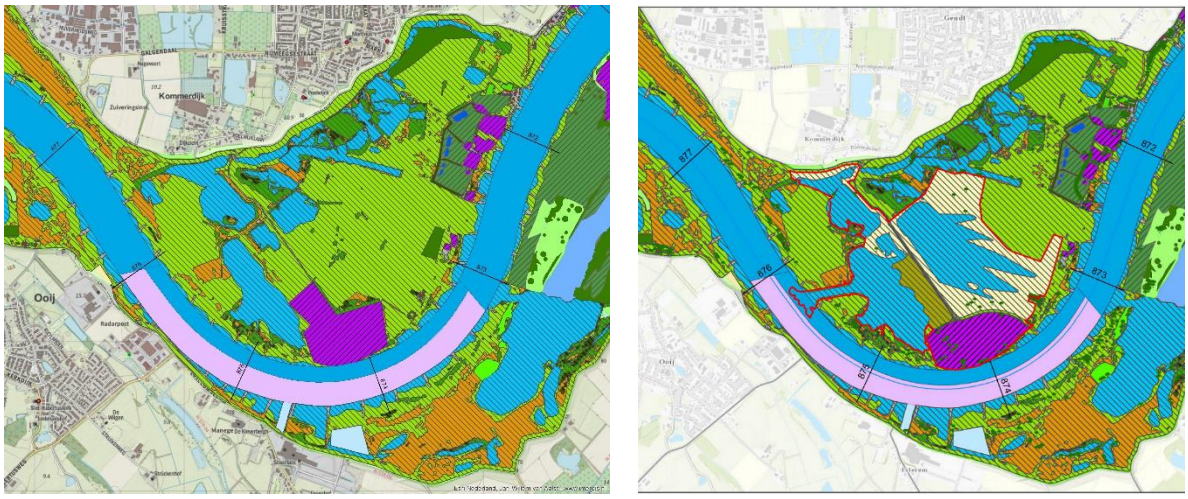
Voor een eenvoudige vergelijking tonen de volgende figuren de referentiesituatie / *gendt_ref* links en de variant 'natuur plus' / *gendt_a11* rechts.



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_ref*



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a11*

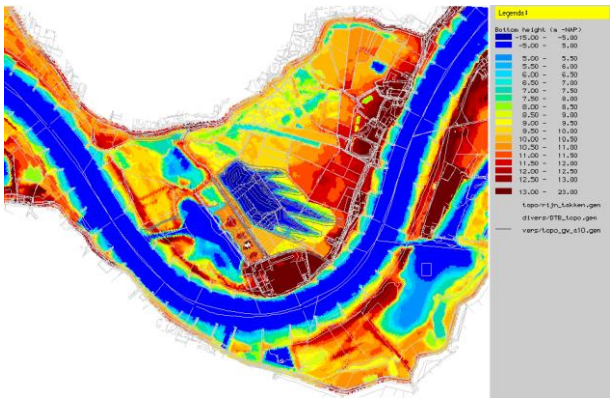


Natuurontwikkeling, *gendt_ref* Natuurontwikkeling, *gendt_a11*

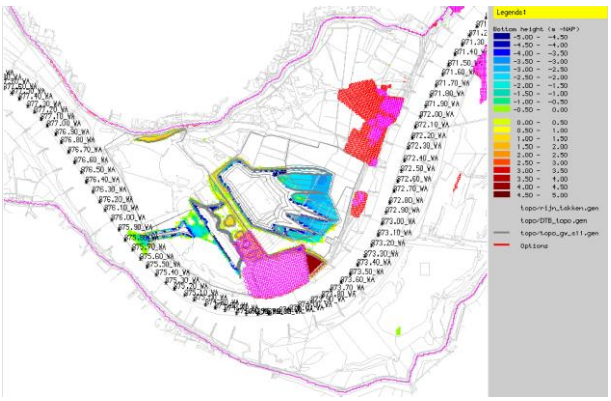
Figuur 3-9 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met variant 'natuur plus' / *gendt_a11*

3.2.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a11*

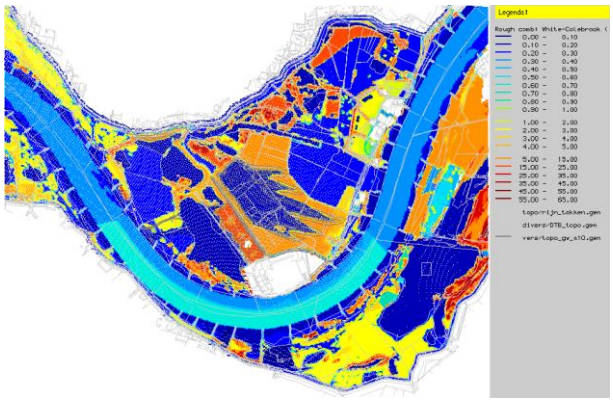
Voor de bepaling van de hydraulische effecten moet de Baseline-ingreep (zie paragraaf 3.2.2) worden omgezet naar WAQUA-modellen. De uitgangspunten voor de WAQUA-modellen zijn gelijk aan de uitgangspunten van de WAQUA-modellen voor de referentiesituatie, zie paragraaf 2.3. De conversie wordt gemaakt voor het Waal-model (zie paragraaf 2.5). De naamgeving van het WAQUA-model is gelijk aan de naam van de Baseline-schematisatie, dus *gendt_a11*. Ten opzichte van de referentiesituatie laat de variant *gendt_a11* de verwachtte wijzigingen zien.



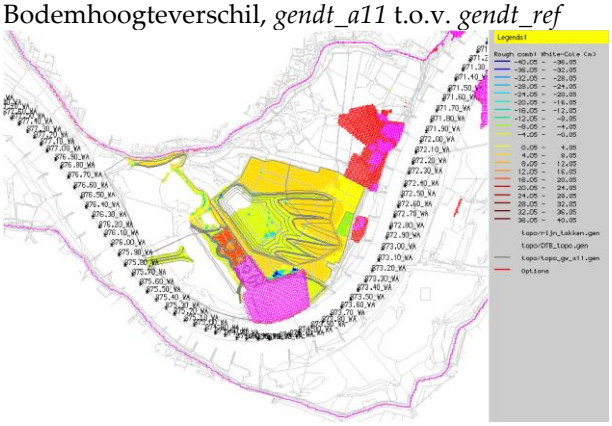
Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a11*



Bodemhoogteverschil, *gendt_a11* t.o.v. *gendt_ref*



Ruwheid (Nikuradse m), *gendt_a11*



Ruwheidsverschil, *gendt_a11* t.o.v. *gendt_ref*

Figuur 3-10 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a11* met *gendt_ref*

Er is sprake van vergravingen in de uiterwaard en een verhoging aan de oostzijde van de steenfabriek. Ook de aanvulling tegen de bandijk aan de noordzijde van de uiterwaard is goed zichtbaar. De voorgestelde natuurontwikkeling komt terug als een aanzienlijke verhoging van de ruwheid in zowel de gebieden met 90/10 natuurontwikkeling als bij het bos.

3.3 Gendtse waard variant 'cultuur', *gendt_a12*

3.3.1 Ontwerpproces en uitgangspunten variant

De variant 'cultuur' is gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als de variant 'natuur'. Het verschil zit hem erin dat de variant cultuur primair gericht is op het verhaal van het ontstaan van de huidige uiterwaard onder invloed van steenfabrieken. De baksteenproductie – en de verschillende werkwijzen daarin – heeft in de afgelopen eeuwen een duidelijke invloed gehad op het landschap. Elementen als een smalspoor, kleigaten en zandwinplassen laten dit nog iedere dag zien. In de variant cultuur staan deze cultuurhistorische elementen centraal. Daarmee krijgt de steenfabriek – in vergelijking met de variant natuur – een prominentere plek in (het verhaal van) de uiterwaard.

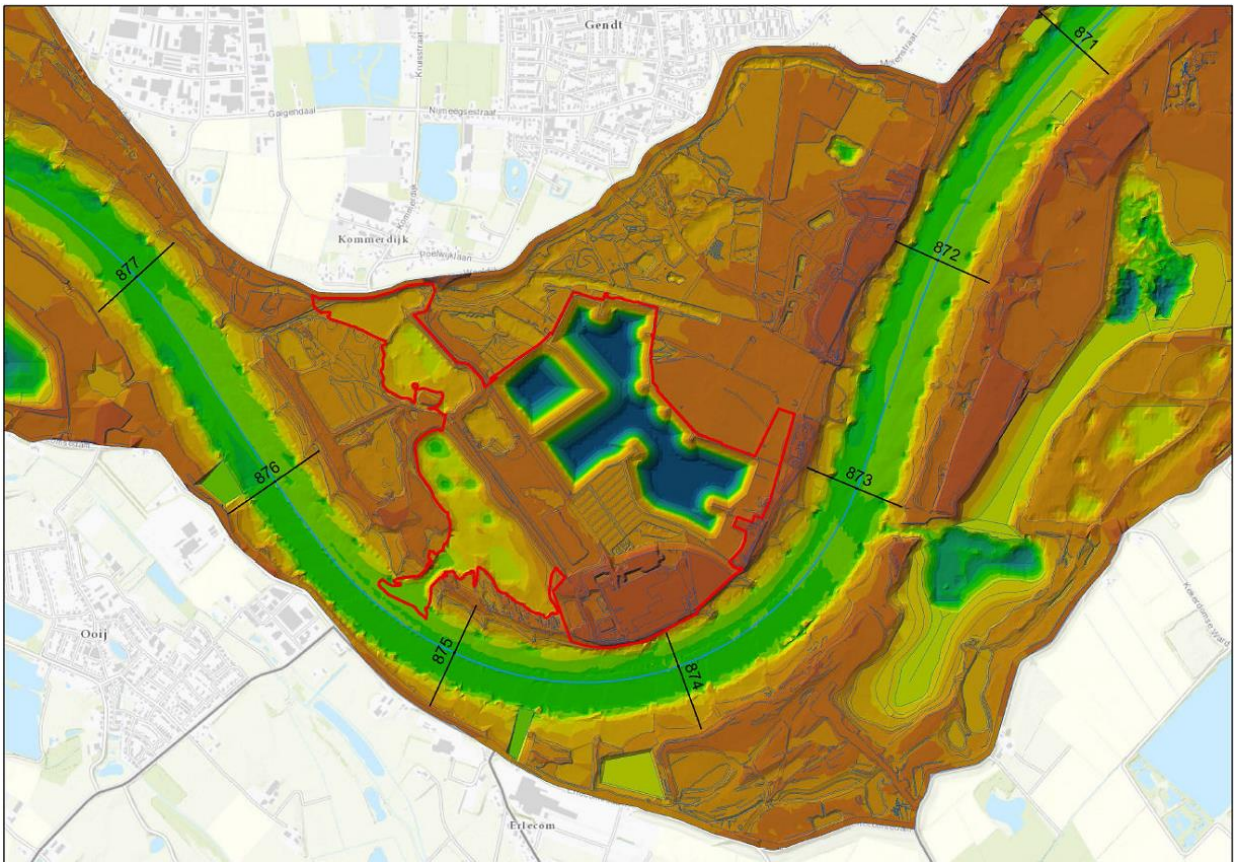
Navolgende afbeelding toont deze variant.

Figuur 3-11 Variant 'cultuur' (BWZ, april 2018)

Goed zichtbaar in Figuur 3-11 is de nieuwe invaartopening van het Vossegat. In deze plas komt een nieuwe overslaglocatie voor de steenfabriek. Ten opzichte van de huidige situatie met een laad-/los-kade direct aan de Waal is dit een aanzienlijke verbetering voor de scheepvaart.

3.3.2 Variant *gendt_a12*, Baseline-schematisatie

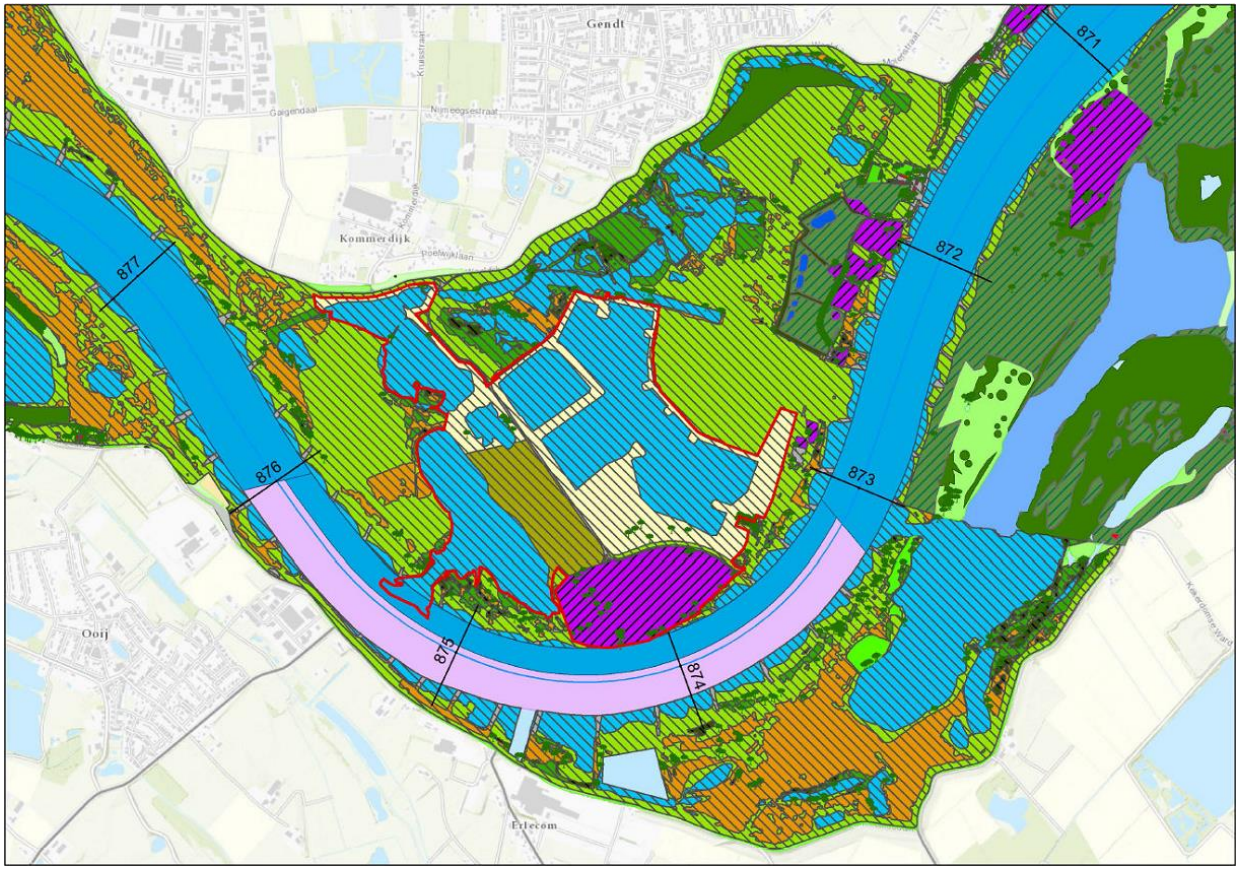
De volgende figuren tonen het hoogtemodel en de ecotopenkaart van de variant *gendt_a12* zoals opgenomen in het Baseline-referentiemodel.



Figuur 3-12 Variant 'cultuur' *gendt_a12*, hoogtemodel

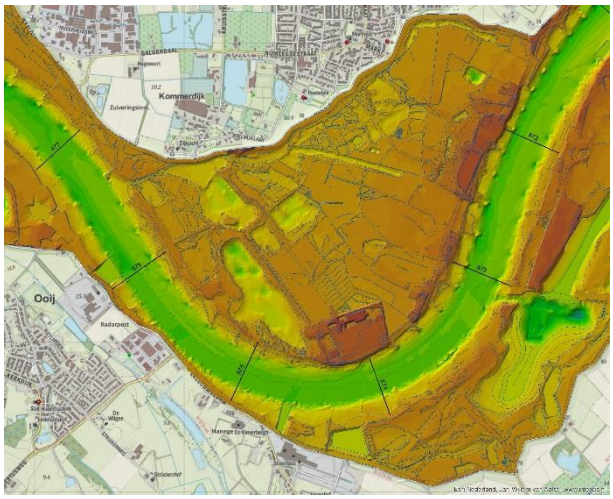
Het hoogtemodel van de variant 'cultuur' wordt getoond in Figuur 3-12. De legenda van de bodemhoogte is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de bodemhoogte ten opzichte van de referentiesituatie.

Het natuurbeeld van de variant 'cultuur' wordt getoond in Figuur 3-13. De legenda van de ecotopen is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de ecotopen ten opzichte van de referentiesituatie.

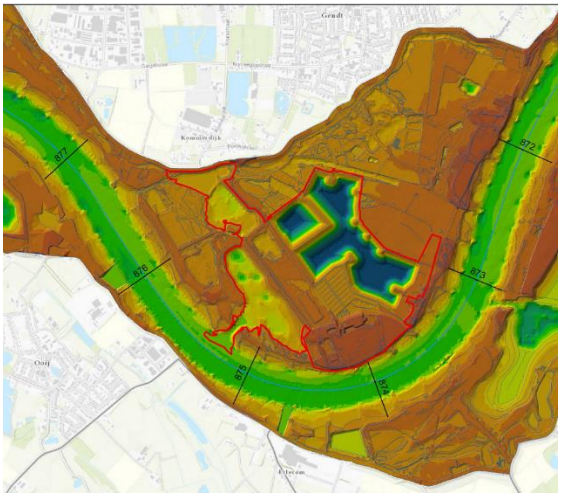


Figuur 3-13 Variant 'cultuur' *gendt_a12*, natuurbeeld

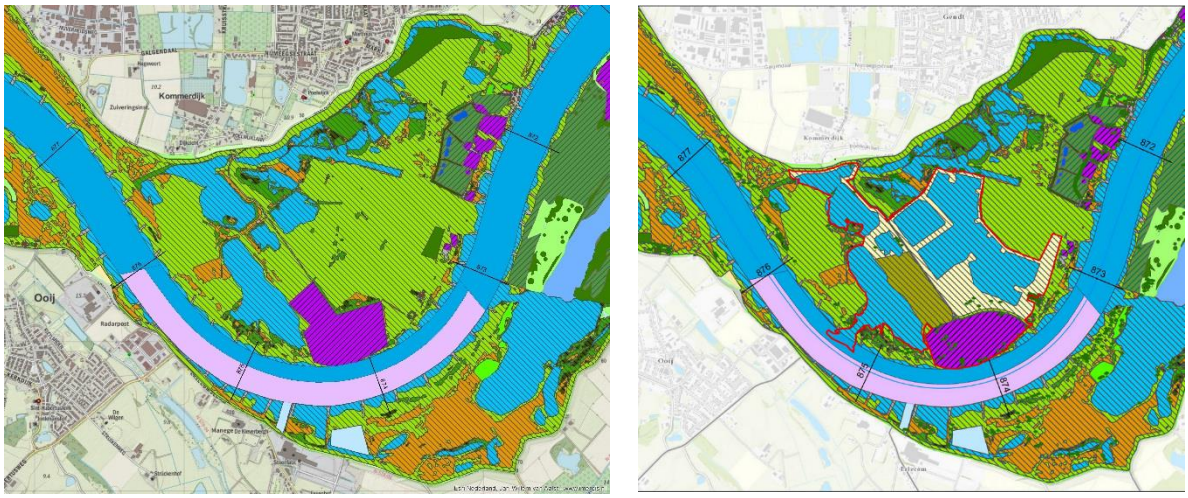
Voor een eenvoudige vergelijking tonen de volgende figuren de referentiesituatie / *gendt_ref* links en de variant 'cultuur' / *gendt_a12* rechts.



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_ref*



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a12*

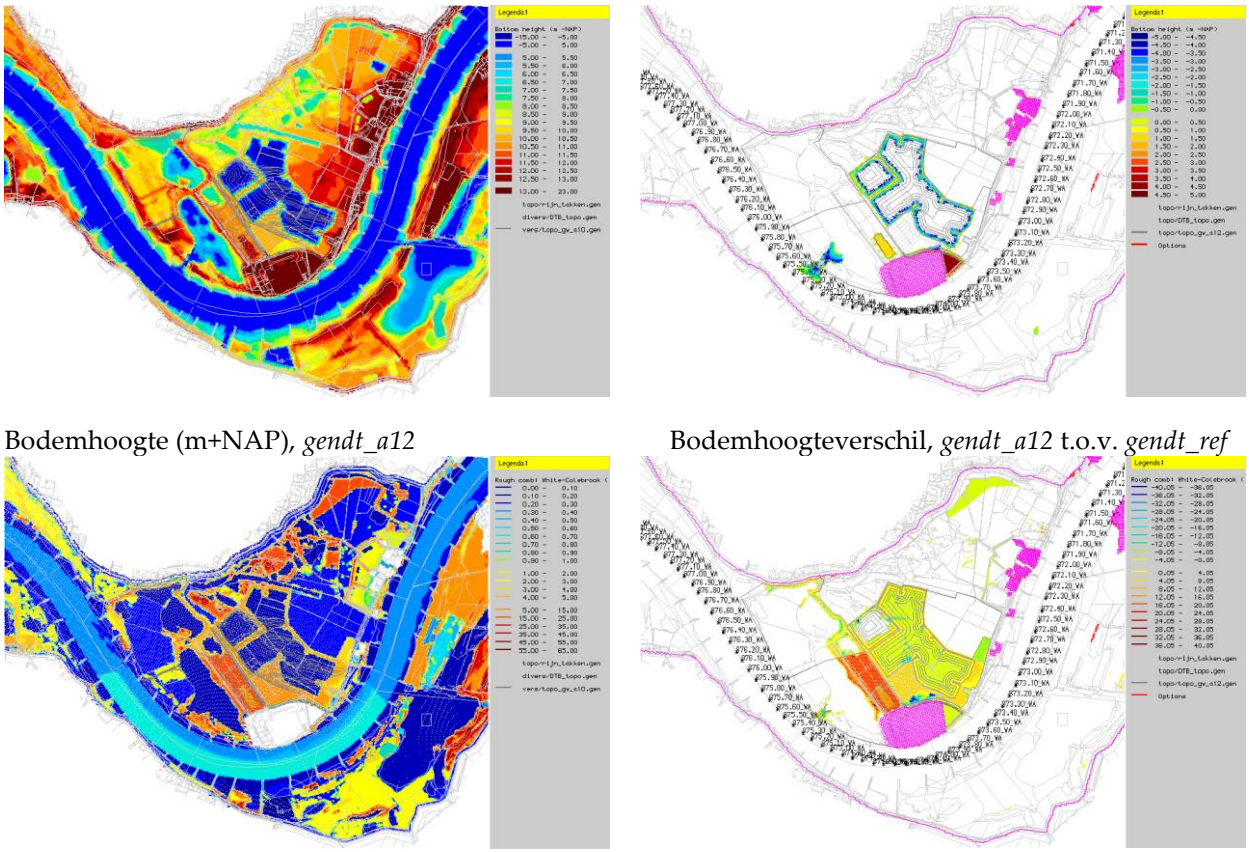


Natuurontwikkeling, *gendt_ref* Natuurontwikkeling, *gendt_a12*

Figuur 3-14 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met variant 'cultuur' / *gendt_a12*

3.3.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a12*

Voor de bepaling van de hydraulische effecten moet de Baseline-ingreep (zie paragraaf 3.3.2) worden omgezet naar WAQUA-modellen. De uitgangspunten voor de WAQUA-modellen zijn gelijk aan de uitgangspunten van de WAQUA-modellen voor de referentiesituatie, zie paragraaf 2.3. De conversie wordt gemaakt voor het Waal-model (zie paragraaf 2.5). De naamgeving van het WAQUA-model is gelijk aan de naam van de Baseline-schematisatie, dus *gendt_a12*. De vergravingen en natuurontwikkeling in het model 'cultuur' zijn goed zichtbaar in het WAQUA-model *gend_a12.*



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a12* Bodemhoogteverschil, *gendt_a12* t.o.v. *gendt_ref*

Ruwheid (Nikuradse m), *gendt_a12* Ruwheidsverschil, *gendt_a12* t.o.v. *gendt_ref*

Figuur 3-15 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a12* met *gendt_ref*

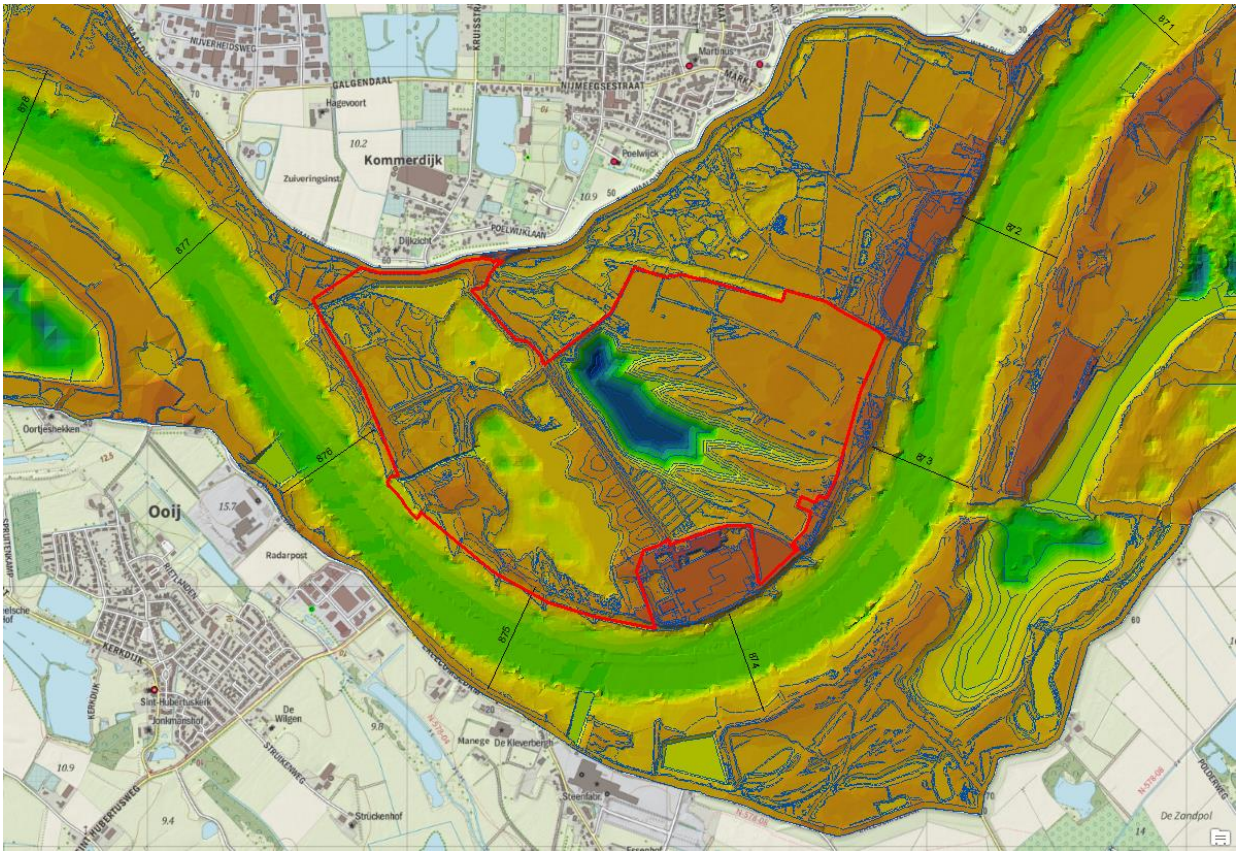
3.4 Gendtse waard alternatief 'hydraulica', *gendt_a13*

3.4.1 Ontwerpproces en uitgangspunten alternatief

Het alternatief 'hydraulica' is gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als de variant 'natuur'. Verschil is dat het alternatief hydraulica primair gericht is op het voldoen aan de eisen zoals die worden gesteld door het RBK4.0. Van de andere varianten is bekend dat ze resulteren in een opstuwing groter dan 1 mm en hierdoor niet voldoen aan de eisen m.b.t. hoogwater-veiligheid. Op basis van het ontwerpproces zoals opgenomen in Bijlage 2 is gekeken welke ingrepen de grootste bijdragen leveren aan de waterstandsverlaging. Uiteindelijk is gekozen voor de ingrepen uit de varianten *gendt_a10a* en *gendt_a10b*, dat wil zeggen verlaging van de oever tussen het Vossegat en de Waal en het beperken van de natuurontwikkeling aan de noordwestelijke zijde. De hier aanwezige percelen met riet/ruigte en bos worden terug-gebracht naar natuurlijk grasland.

3.4.2 Alternatief *gendt_a13*, Baseline-schematisatie

De volgende figuren tonen het hoogtemodel en de ecotopenkaart van de variant *gendt_a13* zoals opgenomen in het Baseline-referentiemodel.

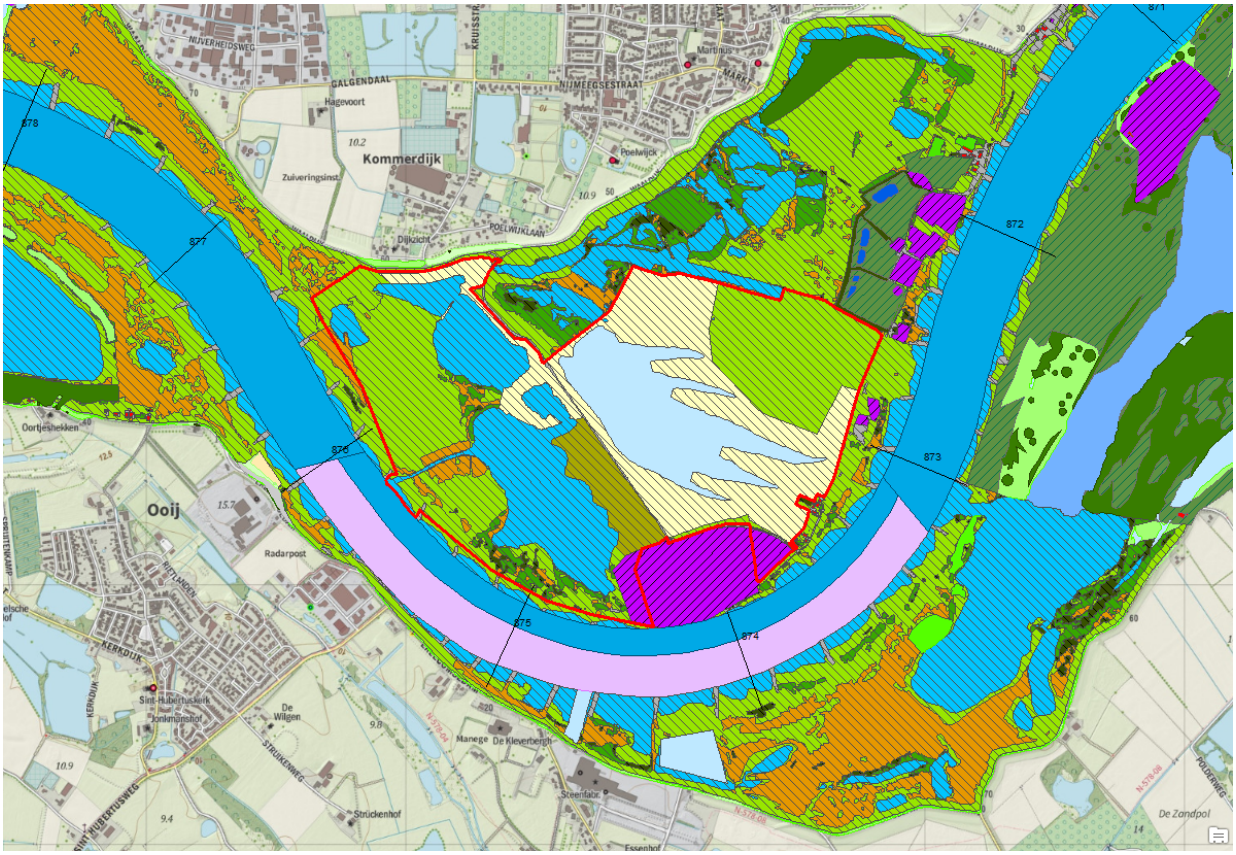


Figuur 3-16 Alternatief 'hydraulica' *gendt_a13*, hoogtemodel

Het hoogtemodel van het alternatief 'hydraulica' wordt getoond in Figuur 3-16. De legenda van de bodemhoogte is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de bodemhoogte ten opzichte van de referentiesituatie.

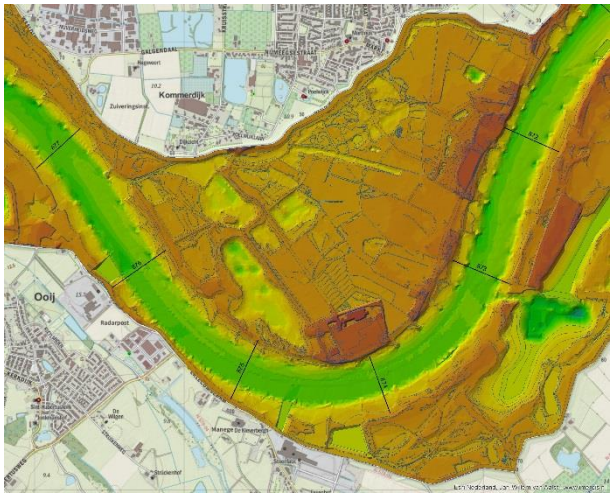
Het natuurbeeld van het alternatief 'hydraulica' wordt getoond in Figuur 3-17. De legenda van de ecotopen is opgenomen in paragraaf 1.5. De rode lijn in de figuur geeft de begrenzing van

het ingreepgebied aan. Buiten deze rode lijn zijn geen wijzigingen in de ecotopen ten opzichte van de referentiesituatie.



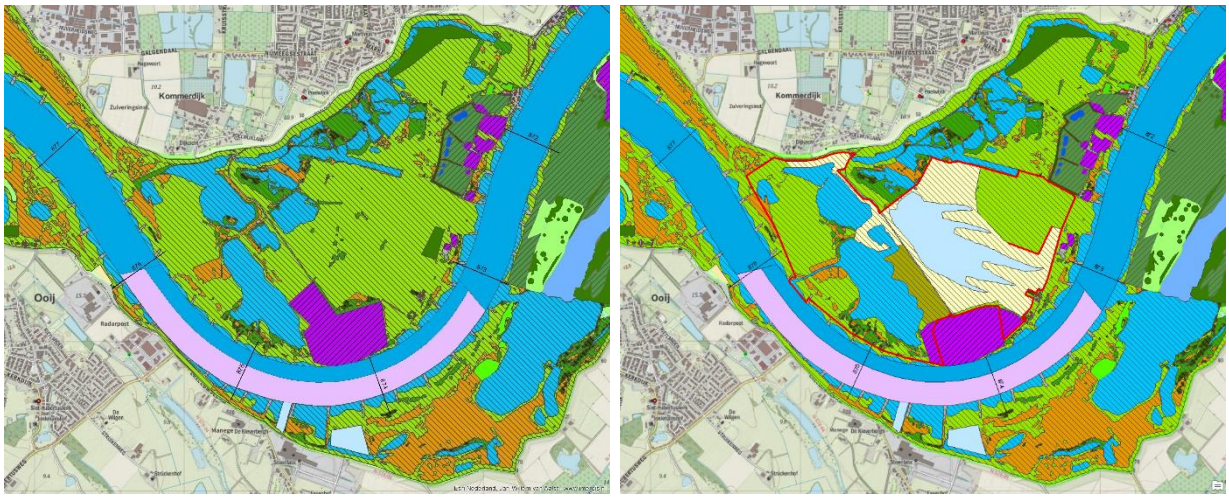
Figuur 3-17 Variant 'hydraulica' *gendt_a13*, natuurbeeld

Voor een eenvoudige vergelijking tonen de volgende figuren de referentiesituatie / *gendt_ref* links en het alternatief 'hydraulica' / *gendt_a13* rechts.



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_ref*

Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a13*

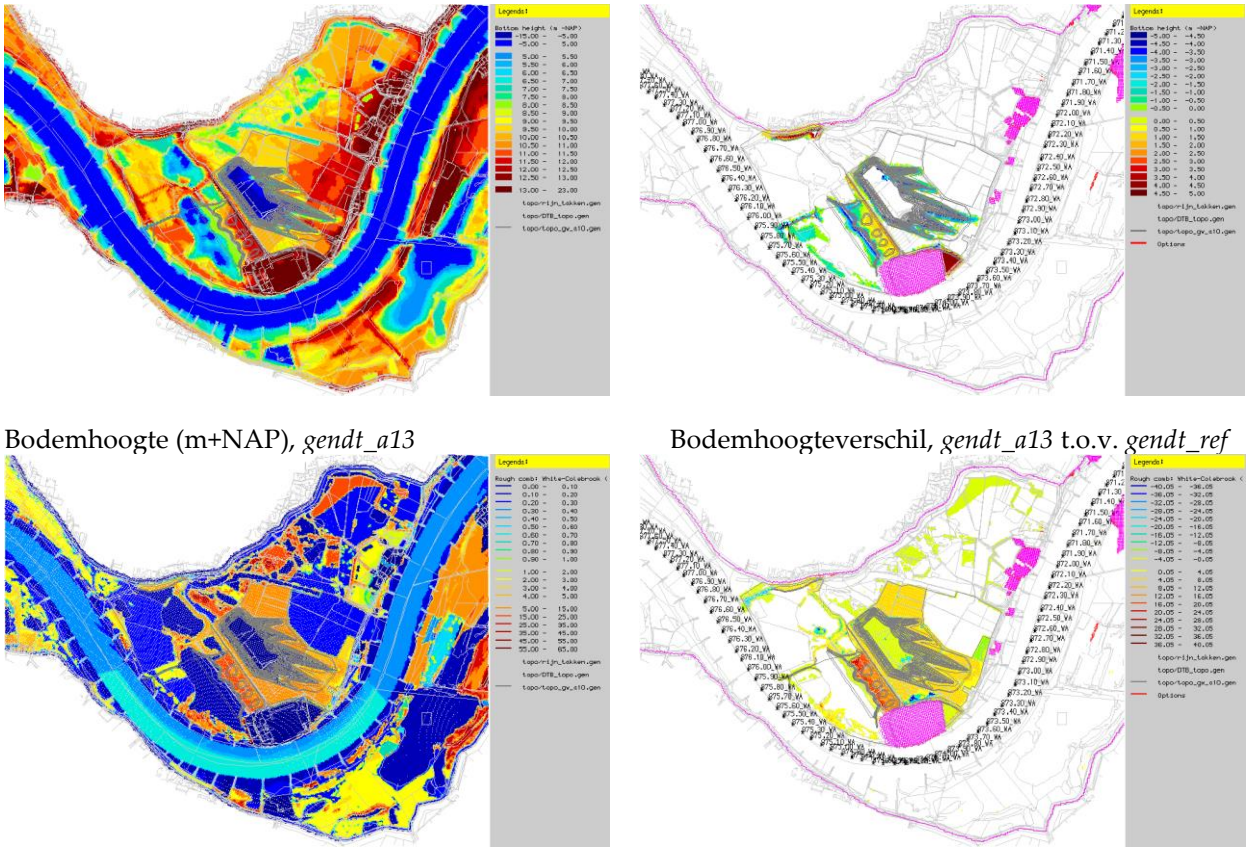


Natuurontwikkeling, *gendt_ref* Natuurontwikkeling, *gendt_a13*

Figuur 3-18 Vergelijking referentiesituatie *gendt_ref* met alternatief hydraulica / *gendt_a13*

3.4.3 WAQUA-modellering herinrichting Gendtse waard, *gendt_a13*

Voor de bepaling van de hydraulische effecten moet de Baseline-ingreep (zie paragraaf 3.4.2) worden omgezet naar een WAQUA-model voor de Waal. De uitgangspunten voor het WAQUA-model zijn gelijk aan de uitgangspunten van het WAQUA-model van de Waal voor de referentiesituatie, zie paragraaf 2.3. De conversie wordt gemaakt voor het Waal-model (zie paragraaf 2.5). De naamgeving van het WAQUA-model is gelijk aan de naam van de Baseline-schematisatie, dus *gendt_a13*. De vergravingen en natuurontwikkeling in het model 'hydraulica' zijn goed zichtbaar in het WAQUA-model *gend_a13*.



Bodemhoogte (m+NAP), *gendt_a13* Bodemhoogteverschil, *gendt_a13* t.o.v. *gendt_ref*

Ruwheid (Nikuradse m), *gendt_a13* Ruwheidsverschil, *gendt_a13* t.o.v. *gendt_ref*

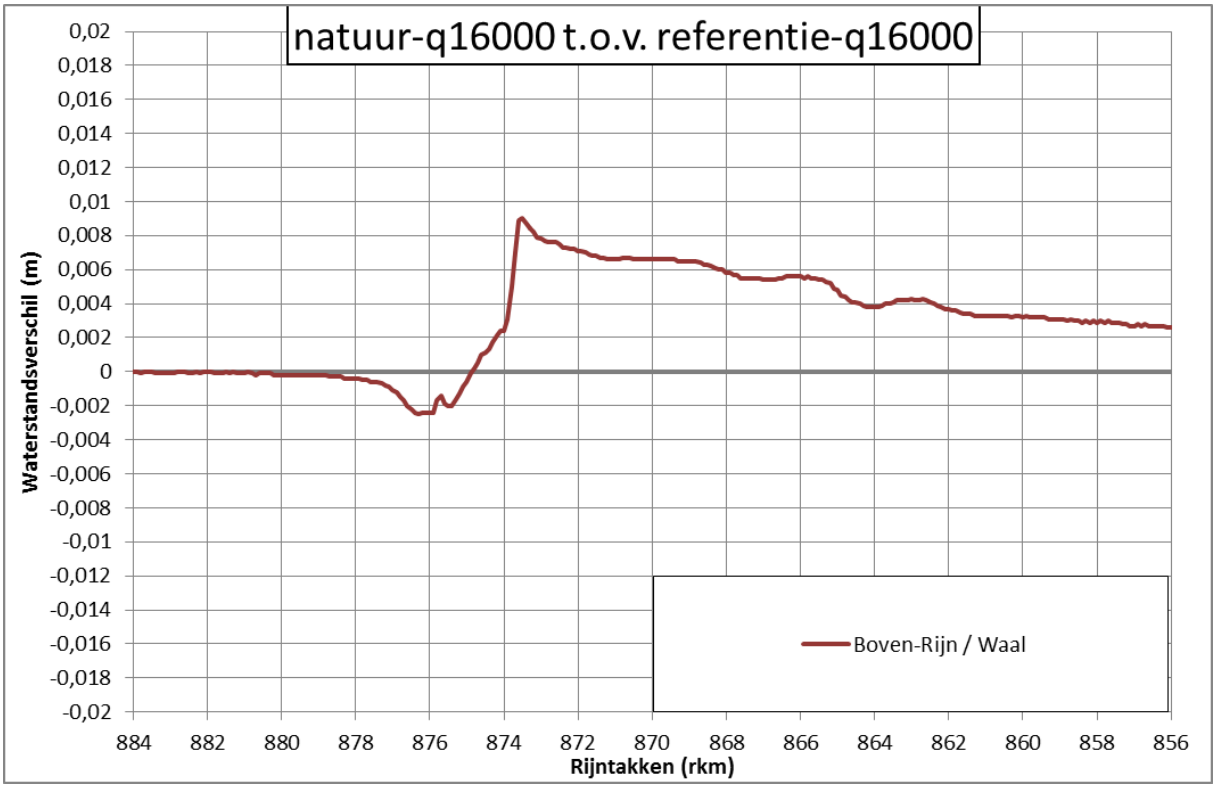
Figuur 3-19 Vergelijking WAQUA-modellen *gendt_a13* met *gendt_ref*

4 Rivierkundige effecten, variant 'natuur'

4.1 Hoogwaterveiligheid

4.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier

Onderstaand figuur toont het waterstandseffect bij MHW (16.000 m³/s bij Lobith) van het voornemen 'natuur' cq. *gendt_a10* in de as van de rivier. Zichtbaar is dat er sprake is van een waterstandsverhoging van lokaal 9 mm. In bovenstroomse richting strekt de waterstandsverhoging zich uit tot bij Lobith. Ter hoogte van het splitsingspunt Pannerdensche Kop (rkm 865) is de waterstandsverhoging nog circa 5 mm. De invloed van deze waterstandsverhoging op de afvoerverdeling wordt beschreven in paragraaf 4.1.3.



Figuur 4-1 Waterstandseffect *gendt_a10* in de as van de rivier, MHW-situatie

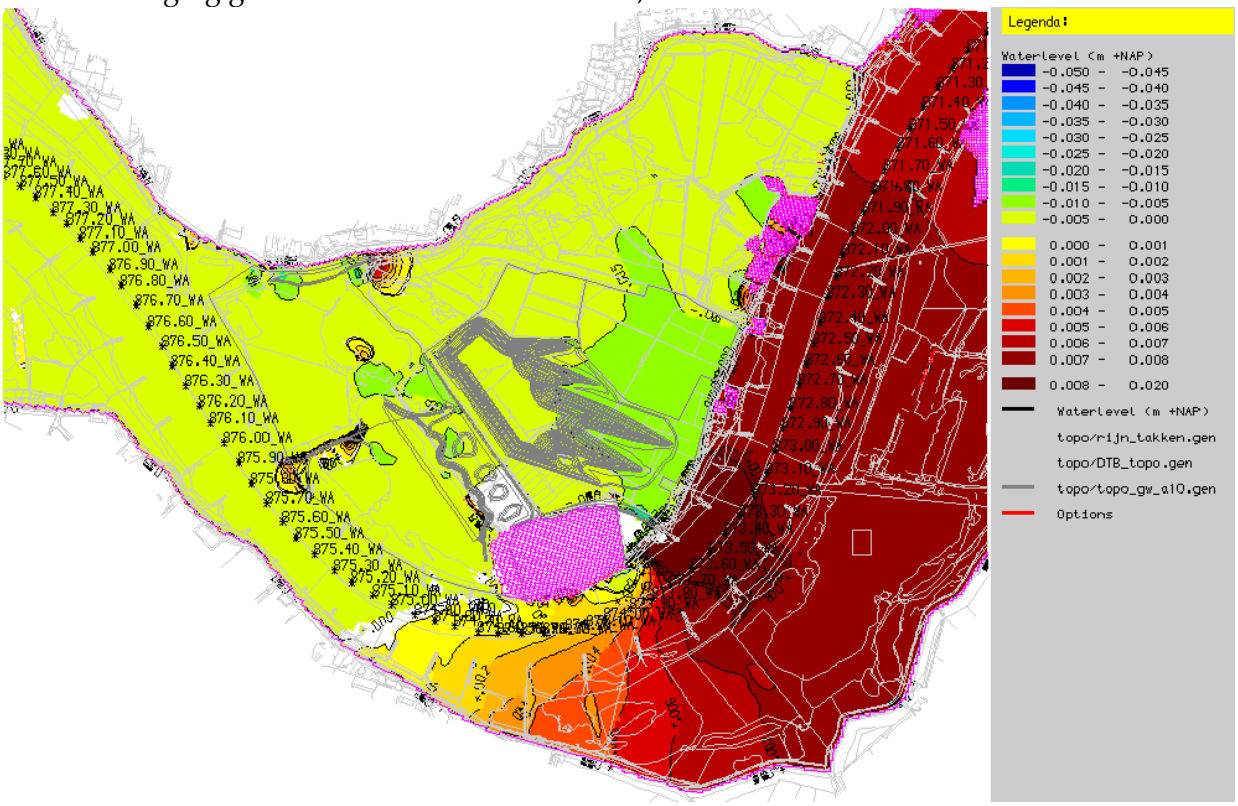
Deze waterstandsverhoging voldoet niet aan de eisen van het RBK4.0.

4.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten

Het beeld van Figuur 4-1 wordt onderschreven door het 2D-waterstandseffect zoals zichtbaar Figuur 4-2. Dit figuur laat zien dat de waterstandsverhoging maximaal is ter hoogte van de uitbreiding aan de oostzijde van de steenfabriek (rkm 973,5). De uitbreiding (als hoogwatervrij terrein) in combinatie met de aanvulling van het maaiveld) zijn de voornaamste bron van de waterstandsverhoging.

Op de zuidelijke (linker) oever van de Waal is sprake van een waterstandsverhoging van meer dan 1 mm vanaf rkm 874,4 in bovenstroomse richting tot aan Lobith. Langs de noordelijke (rechter) oever van de Waal is in de uiterwaard op één locatie sprake van een waterstandsverhoging groter dan 1 mm, namelijk juist bovenstrooms van de aanvulling bij de winterdijk. Hier is over een lengte van circa 120 meter sprake van een klein gebied met waterstandsverhoging.

Direct bovenstrooms van de Gendtse waard is op de noordelijke oever sprake van een waterstandsverhoging groter dan 1 mm vanaf rkm 871,4 en verder bovenstrooms tot aan Lobith.



Figuur 4-2 2D-waterstandseffect *gendt_a10*, MHW-situatie

Deze waterstandsverhoging voldoet niet aan de eisen van het RBK4.0.

4.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW

De invloed op de afvoerverdeling bij MHW voor variant *gendt_a10* wordt getoond in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Afvoerverdeling bij MHW (16.000 m³/s te Lobith), variant 'natuur'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a10* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	16.000	16.000	0
Waal	10.155	10.150	-5
Pannerdensch Kanaal	5.845	5.850	+5
Nederrijn / Lek	3.342	3.345	+3
IJssel	2.509	2.511	+2

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer

De invloed op de afvoerverdeling bij een hoge Boven-Rijn afvoer voor variant *gendt_a10* wordt getoond in Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer (10.000 m³/s te Lobith), variant 'natuur'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a10* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	10.000	10.000	0
Waal	6.502	6.503	+1
Pannerdensch Kanaal	3.498	3.497	-1
Nederrijn / Lek	2.074	2.074	-0
IJssel	1.427	1.427	-0

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.1.5 IJsafvoer

De herinrichting zorgt voor een grotere plas in de uiterwaard met een potentieel grotere oppervlakte van ijs wat los zou kunnen breken. Vanwege de ligging achter de zomerkade / weg is het risico hierop beperkt. Aan de rivierzijde is geen sprake van het oprichten van obstakels/belemmeringen die een vrije afvoer van het ijs bemoeilijken.

De verandering in de afvoer van ijs voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten

4.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

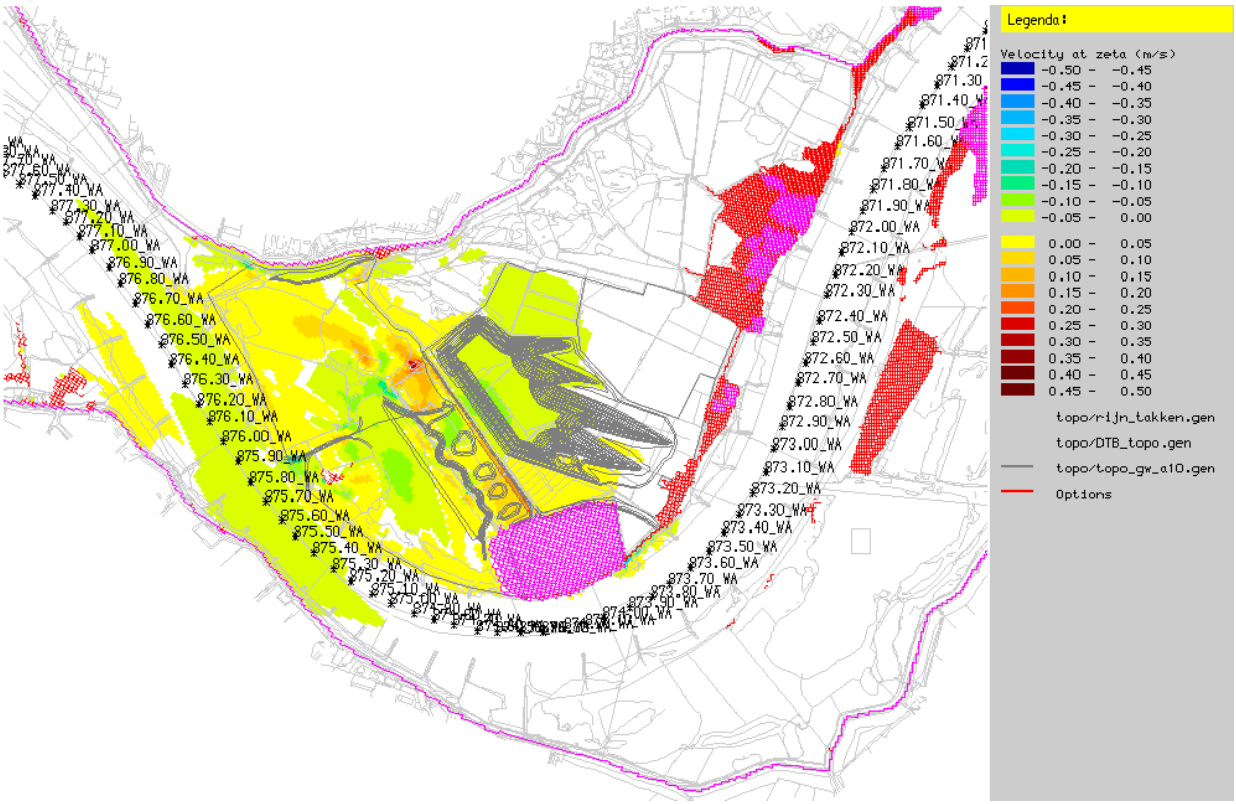
In het noordwestelijke deel van de uiterwaard zijn (behoudens de aanvulling tegen de dijk) geen geometrische veranderingen. In dit deel van de uiterwaard zijn dan ook geen veranderingen in inundatie. In de huidige situatie inundeert het zuidwestelijke deel van de Gendtse Waard bij een afvoer bij Lobith van circa 6.000 m^3/s; bij lagere afvoeren is het Vossegat in dit deel van de uiterwaard niet aangetakt aan de Waal. In de toekomstige situatie vult de uiterwaard via de verbinding met de Waal ter hoogte van rkm 975,8. Dit betekent dat het Vossegat mee fluctueert met de waterstand in de Waal en dat de lagere oevers rondom het Vossegat een hogere inundatiefrequentie zullen krijgen.

De zomerkade die de uiterwaard splitst in een westelijk en een oostelijk deel blijft qua hoogte gehandhaafd; hij wordt deels in oostelijke richting verplaatst. Dit betekent dat het oostelijke deel van de uiterwaard niet vaker zal inunderen dan nu reeds het geval is.

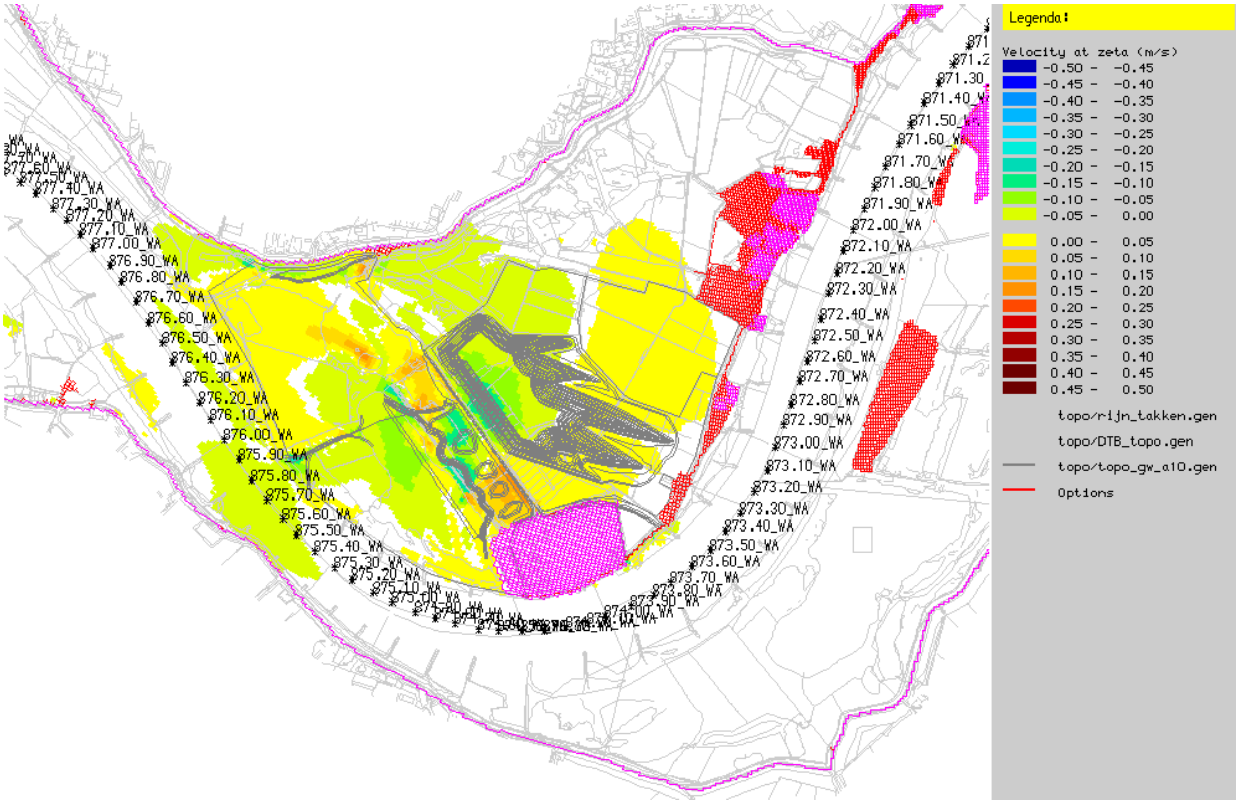
De verandering van inundatiefrequentie voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Bij een afvoer van 6.000 m^3/s stroomt het westelijke deel van de uiterwaard mee. Er is sprake van beperkte verandering in het stroombeeld als gevolg van de vergravingen en natuurontwikkeling. De stroomsnelheden zijn lager dan 0,5 m/s dus er is geen risico op erosie. Bij een afvoer van 8.000 m^3/s overstroomt de zomerkade en gaat het oostelijke deel van de uiterwaard meestromen. In het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden maximaal 0,8 m/s waardoor er nog geen risico op erosie is. In het oostelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,2 m/s. Het verschil in stroomsnelheden wordt getoond Figuur 4-3. De rode cellen in dit figuur tonen de gebieden die droog zijn bij deze afvoer.



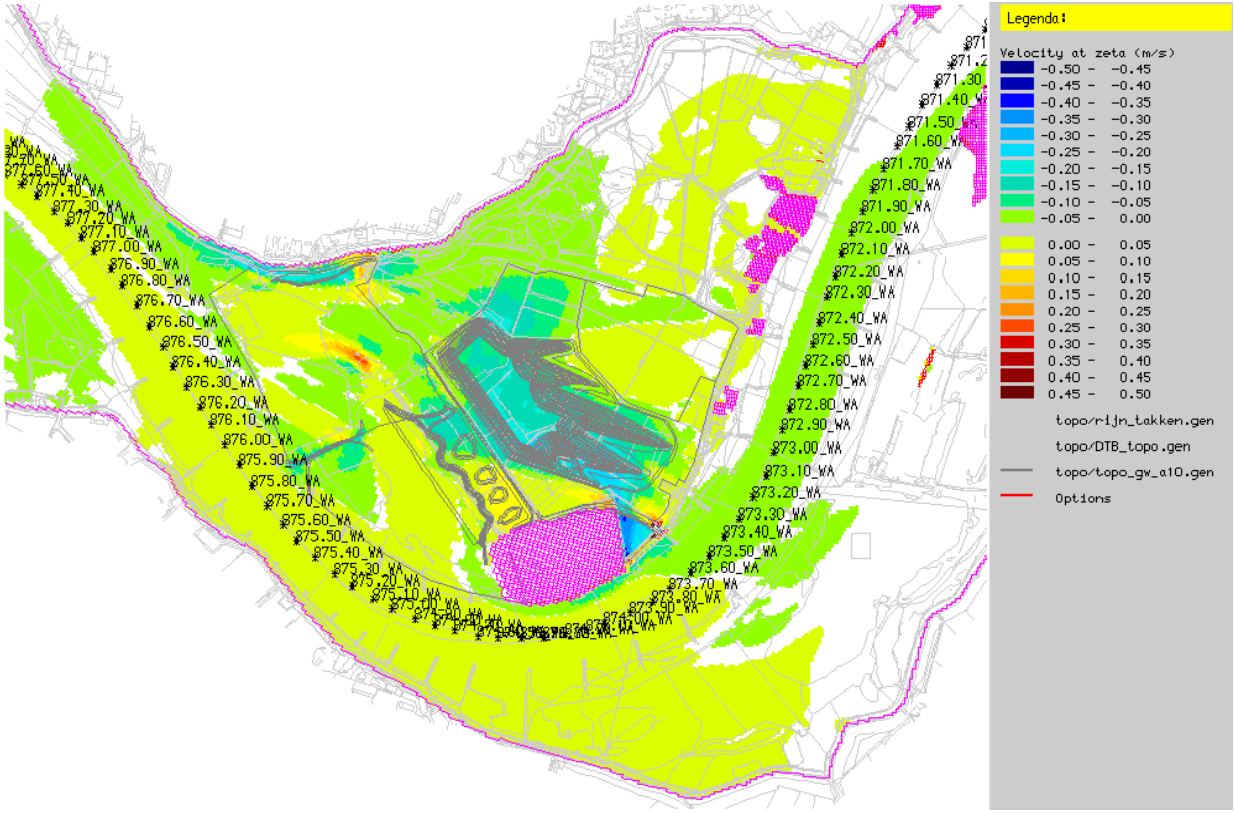
Figuur 4-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a10*



Figuur 4-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a10*

Bij een afvoer van 10.000 m³/s is het stroombeeld in grote lijnen hetzelfde als bij een afvoer van 8.000 m³/s. De stroomsnelheden in het westelijke deel zijn iets toegenomen; in het oostelijke deel van de uiterwaard staat het water nog altijd bijna stil. De hoge oever (circa 15,5 m+NAP) tussen de Waal en dit deel van de uiterwaard raakt nog niet overstroomd.

De grootste veranderingen zijn zichtbaar bij 16.000 m³/s. Het oostelijke deel van de uiterwaard stroomt nu mee in zowel de referentiesituatie als in het ontwerp. Als gevolg van de vergravingen en de natuurontwikkeling zijn relatief grotere verschillen zichtbaar in de stroomsnelheden in de oostelijke uiterwaard, zie Figuur 4-5. Ten opzichte van Figuur 4-3 is goed zichtbaar dat er bij deze hogere afvoer (16.000 m³/s versus 8.000 m³/s) minder rode cellen zijn en dus minder droge gebieden. Dit is vanzelfsprekend het gevolg van de hogere waterstanden die optreden bij een afvoer van 16.000 m³/s.



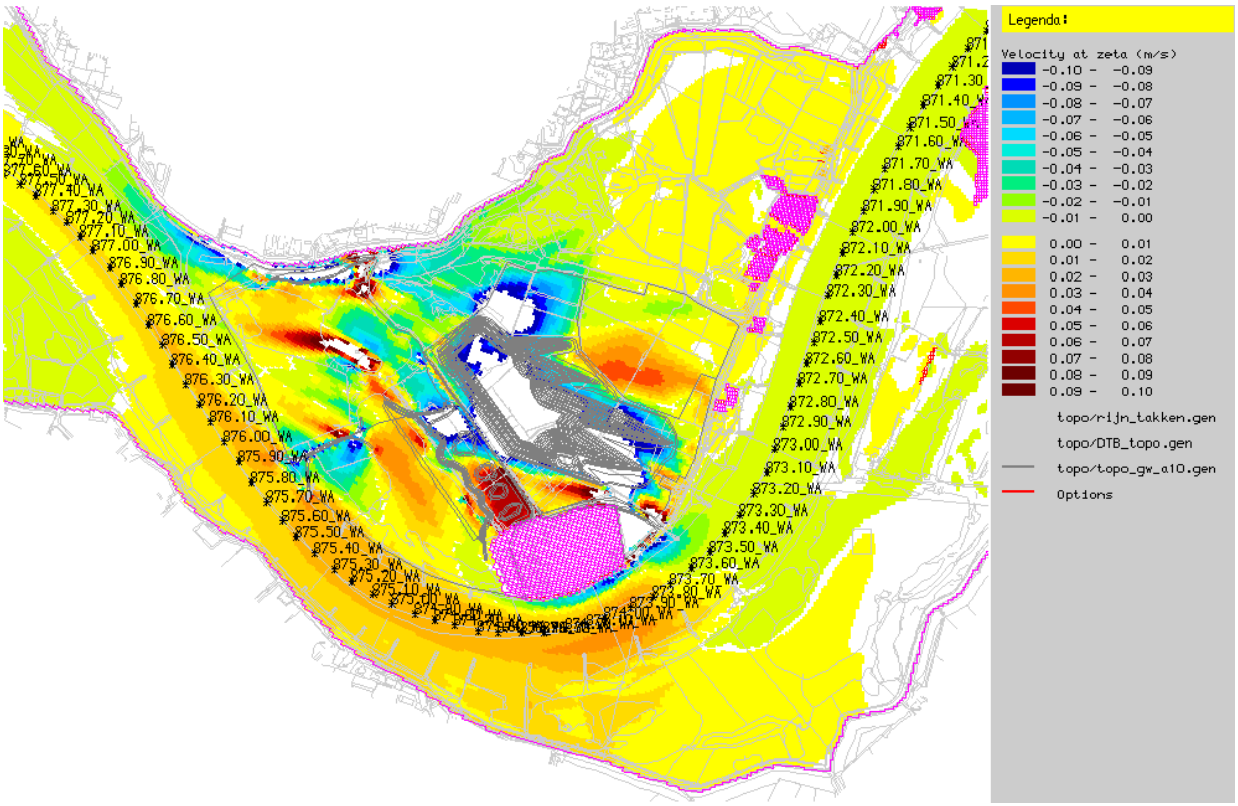
Figuur 4-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a10*

De verandering van stroombeeld in de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.2.3 Stroombeeld in de vaarweg

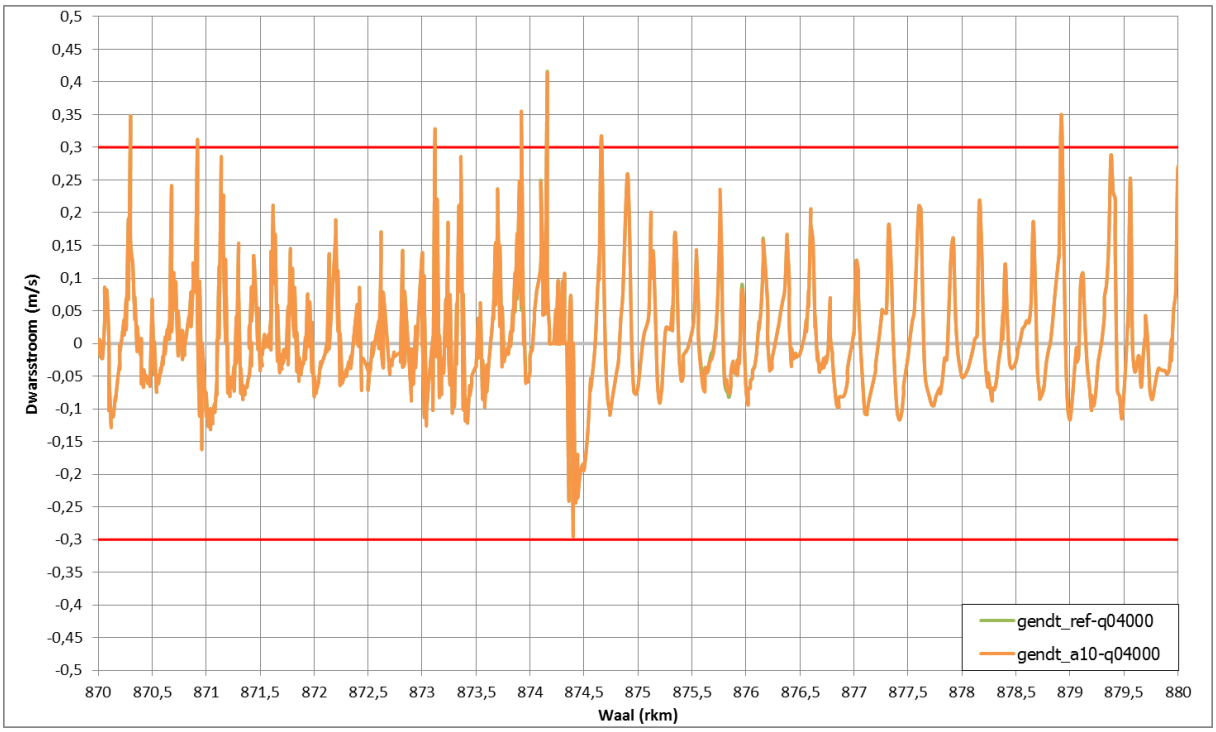
De figuren van paragraaf 4.2.2 kunnen ook worden gebruikt voor een beoordeling van de verandering van stroomsnelheden in de vaarweg. Uit deze figuren wordt duidelijk dat de stroomsnelheden in de vaarweg beperkt veranderen, namelijk minder dan 0,1 m/s.

Bij een afvoer van 16.000 m³/s is sprake van het grootste gebied met verandering in de stroomsnelheden en ook de grootste veranderingen. Een verdere detaillering bij 16.000 m³/s laat zien dan minder dan 0,1 m/s in de vaarweg concreet neerkomt op een verandering van minder dan 0,03 m/s, zie Figuur 4-6. Er is dus geen significante verandering van het stroombeeld in de vaarweg.

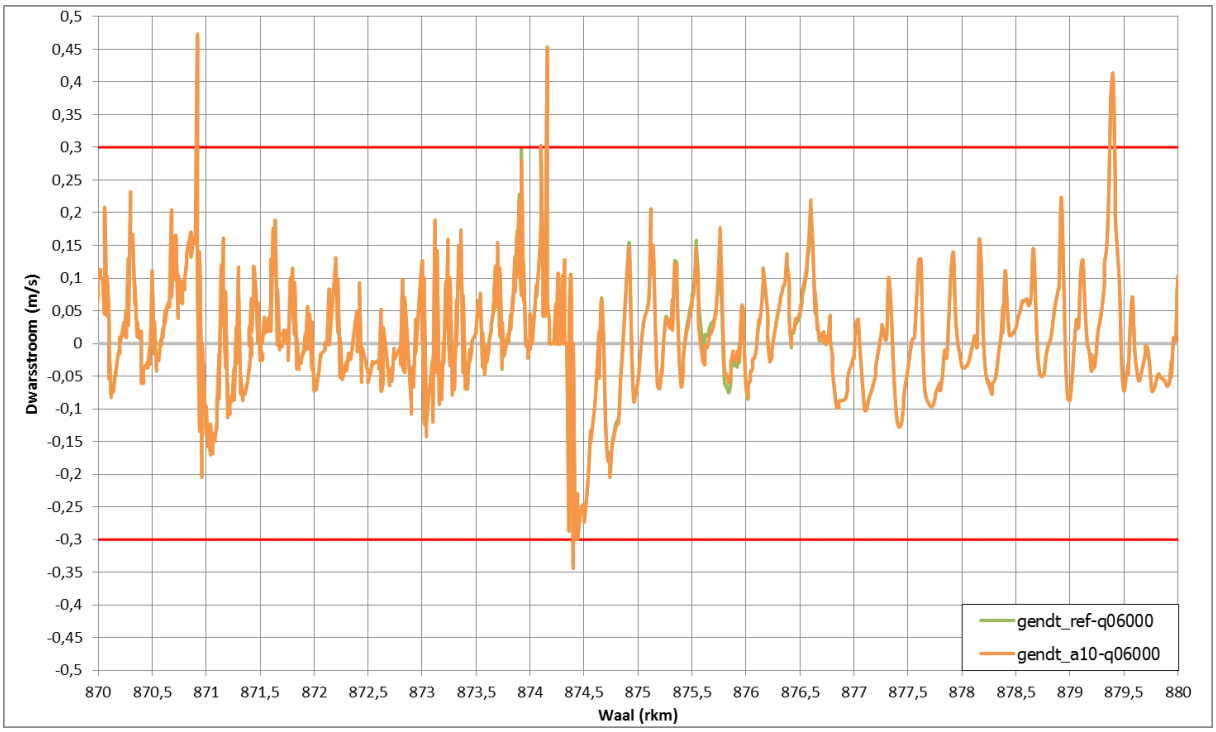


Figuur 4-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a10*

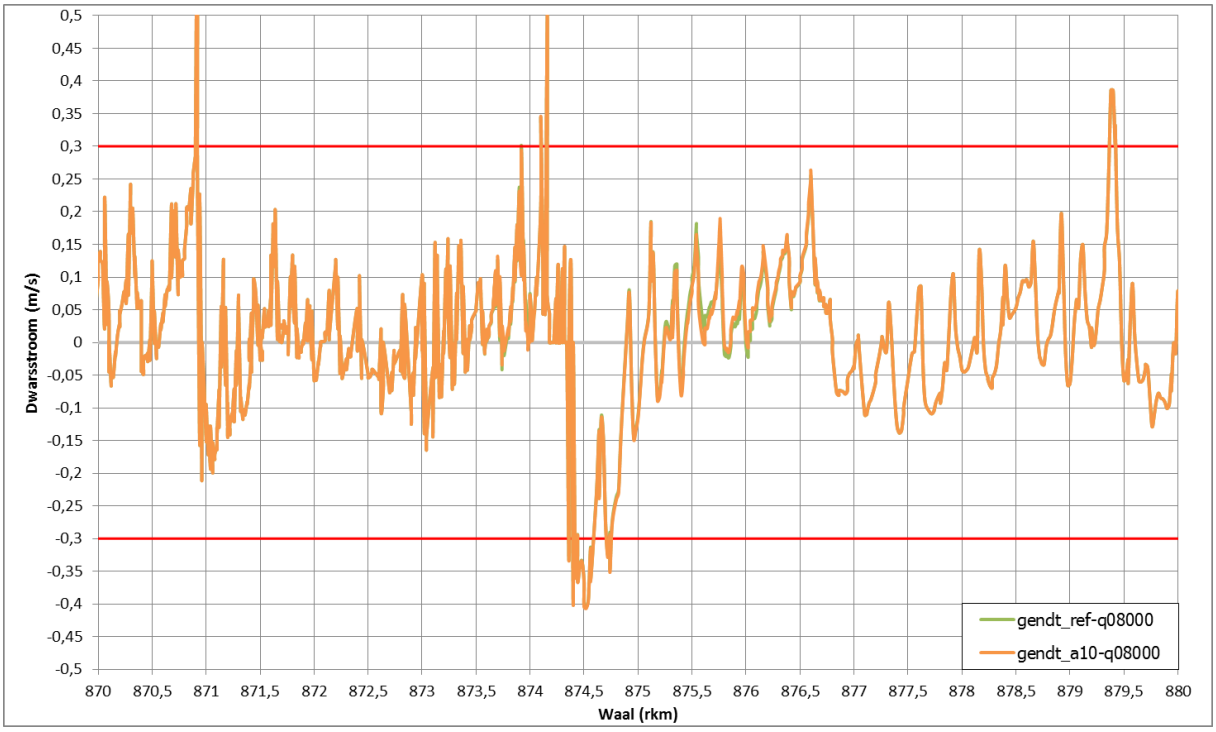
Naast grootte van de stroomsnelheid is dwarsstroming een ander aspect wat moet worden beoordeeld. De meeste veranderingen in geometrie en/of natuurontwikkeling bevinden zich in de uiterwaard achter (hoge) zomerkaden. Conform de verwachting is er weinig invloed is op de dwarsstroming. Voor afvoersituaties van 4.000, 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s tonen de volgende figuren de dwarsstroming van *gendt_ref* (groene lijn) en de variant *gendt_a10* (oranje lijn) langs de rand van de vaarweg.



Figuur 4-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a10*



Figuur 4-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a10*



Figuur 4-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a10*

De verschillende figuren met de dwarsstroming laten zien dat bij alle afvoeren de effecten op de dwarsstroming beperkt zijn tot maximaal 0,02 m/s. Als gevolg van het herinrichting van de Gendtse waard treden in de variant *gendt_a10* nergens veranderingen in dwarsstroming op die niet voldoen aan het RBK4.0.

De verandering van stroombeeld in de vaarweg voldoet voor de variant *gendt_a10* aan de eisen van het RBK4.0.

4.2.4 Verandering in afvoerverdeling

Dit aspect is al voor een groot deel uitgewerkt in paragrafen 4.1.3 en 4.1.4. Onderstaande tabel bevat, naast de al eerder beschreven situaties bij 10.000 en 16.000 m³/s, ook de veranderingen bij 8.000 m³/s.

Tabel 4-3 Veranderingen in afvoerverdeling bij verschillende afvoeren te Lobith, variant *gendt_a10*

Rijntak	**8.000 m³/s**	**10.000 m³/s**	**16.000 m³/s**
Boven-Rijn	0	0	0
Waal	0	+1	-5
Pannerdensch Kanaal	0	-1	+5
Nederrijn / Lek	0	-0	+3
IJssel	-0	-0	+2

De verandering van afvoerverdeling bij verschillende afvoeren voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR)

De ingreep heeft geen invloed op het stroombeeld bij afvoeren lager dan 6.000 m³/s bij Lobith. Er wordt dan ook geen invloed op de afvoerverdeling bij OLR (1.020 m³/s bij Lobith, zie paragraaf 2.5) verwacht. Dit is onderbouwt met een simulatie op basis van het Splitsings-puntenmodel en een vrije afvoerverdeling. Het resultaat wordt getoond in Tabel 4-4.

Tabel 4-4 Afvoerverdeling bij lage Boven-Rijn afvoer (1.020 m³/s te Lobith), variant *gendt_a10*

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a10* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	1.020	1.020	0
Waal	799	799	0
Pannerdensch Kanaal	221	221	0
Nederrijn / Lek	28	28	0
IJssel	193	193	0

De verandering van afvoerverdeling bij OLR voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.2.6 Onttrekking water uit zomerbed

De ingreep onttrekt geen water uit het zomerbed; wel is er sprake van een ander stroombeeld als gevolg van de ingreep. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in paragraaf 4.3.

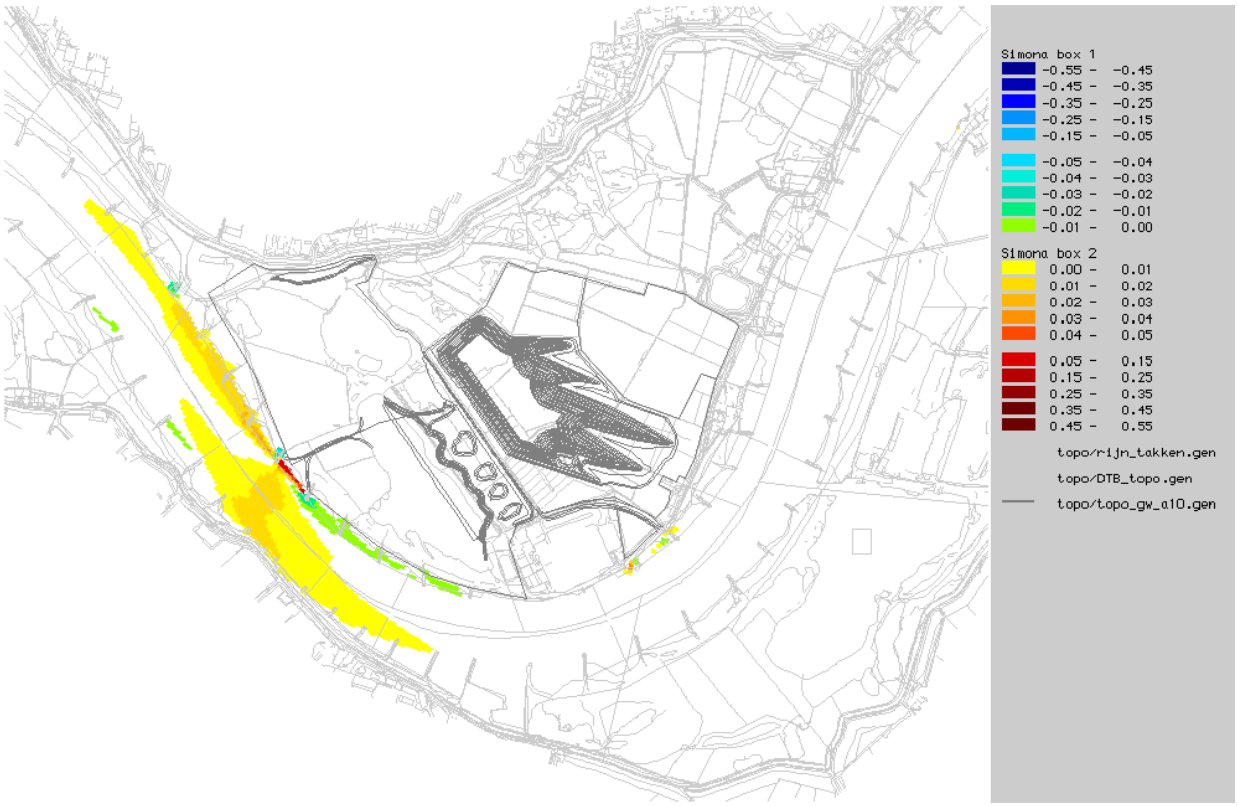
De afwezigheid van onttrekking van afvoer voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

4.3 Morfologische effecten

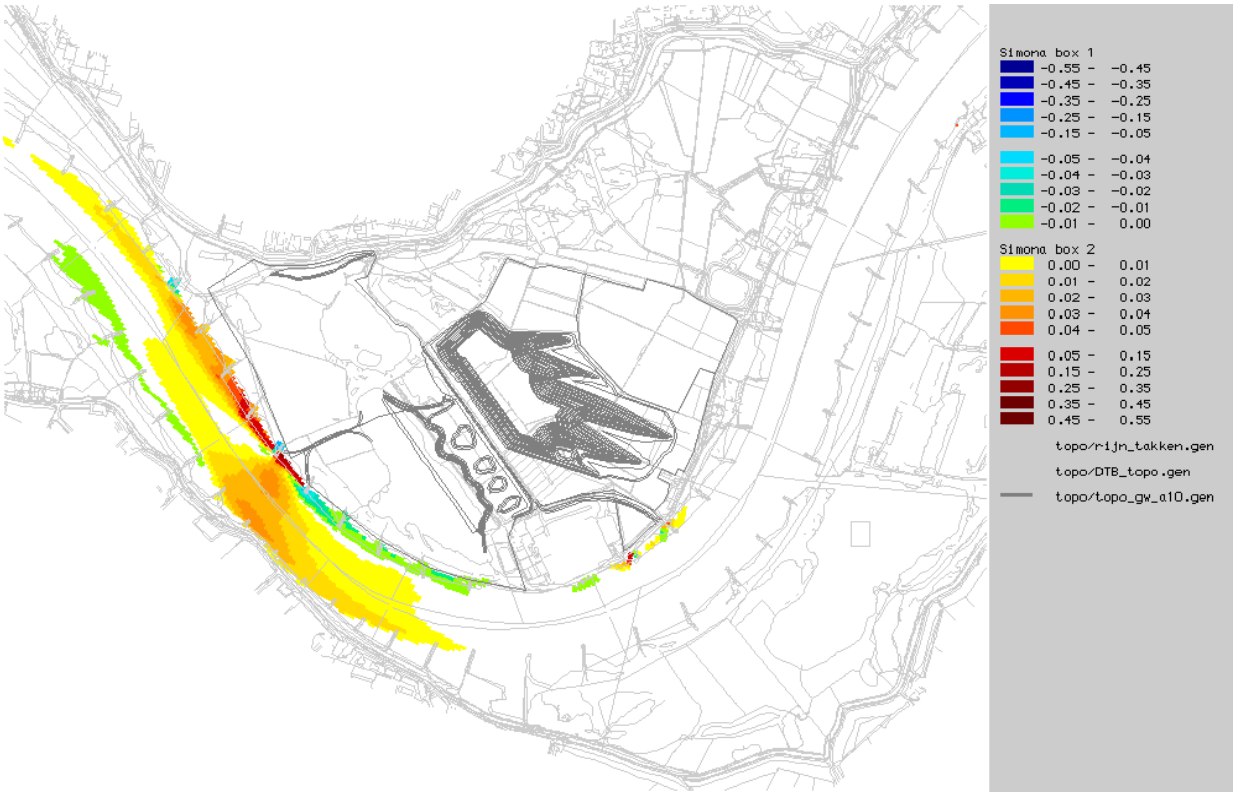
4.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed

Voor de morfologische effecten is gebruik gemaakt van WAQmorf. De resultaten worden getoond in de volgende drie figuren. Het volume aanzanding in de vaargeul bedraagt respectievelijk 1.700, 4.530 en 7.900 m³ voor de minimale, jaargemiddelde en maximale morfologische effecten. De aanzandingslengte bedraagt circa 650 meter.

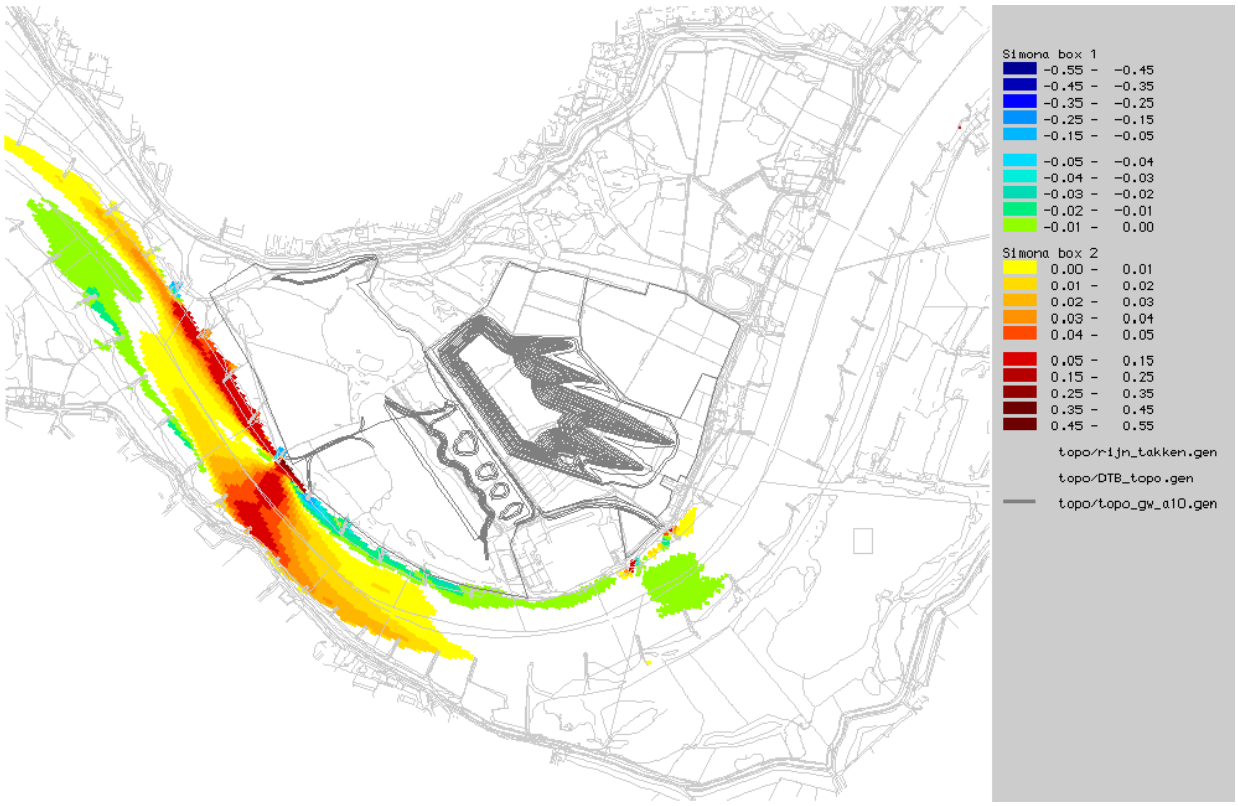
De mate van aanzanding ligt in de orde van cm's. In hoeverre aanzanding op dit traject past binnen de sedimentatieruimte is ter beoordeling van de rivierbeheerder.



Figuur 4-10 Morfologische effecten *gendt_a10*, veranderingen (m) na laagwater periode



Figuur 4-11 Morfologische effecten *gendt_a10*, jaargemiddelde veranderingen (m)

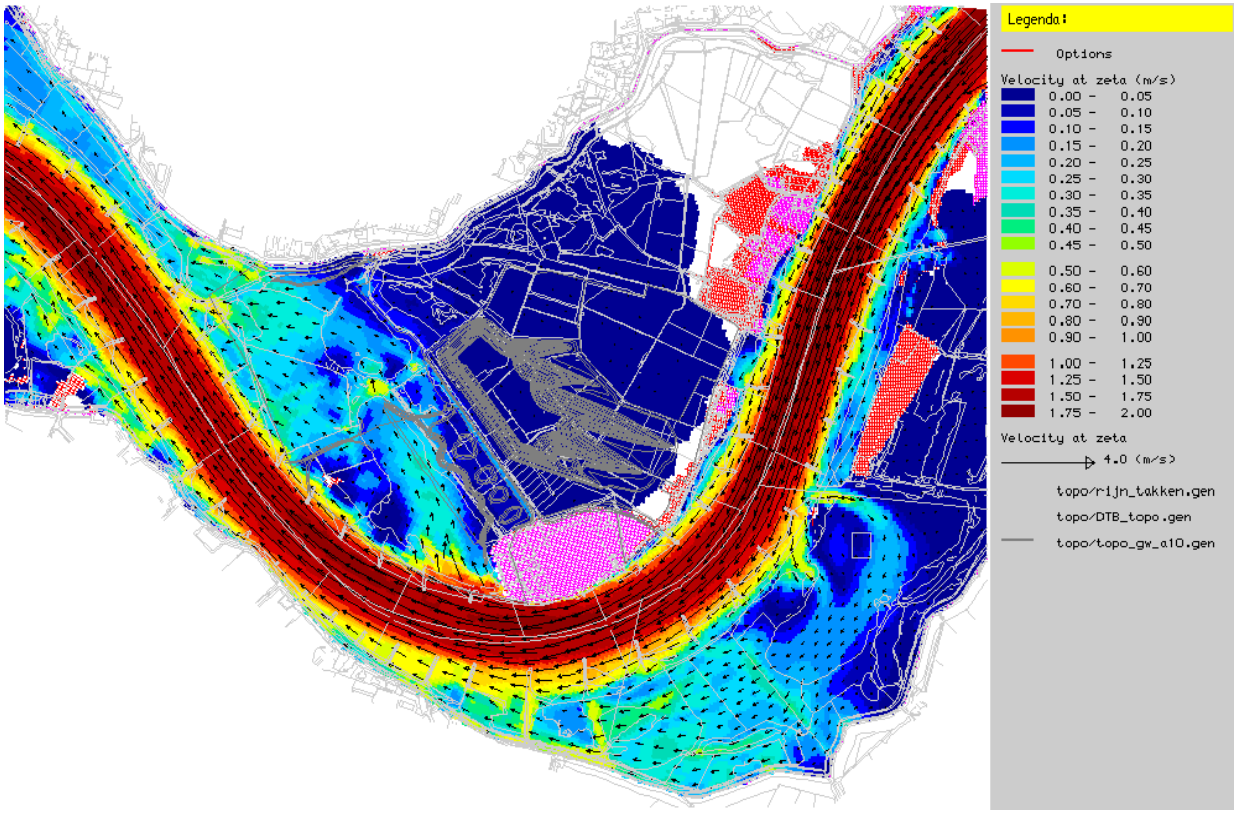


Figuur 4-12 Morfologische effecten *gendt_a10*, veranderingen (m) na hoogwater periode

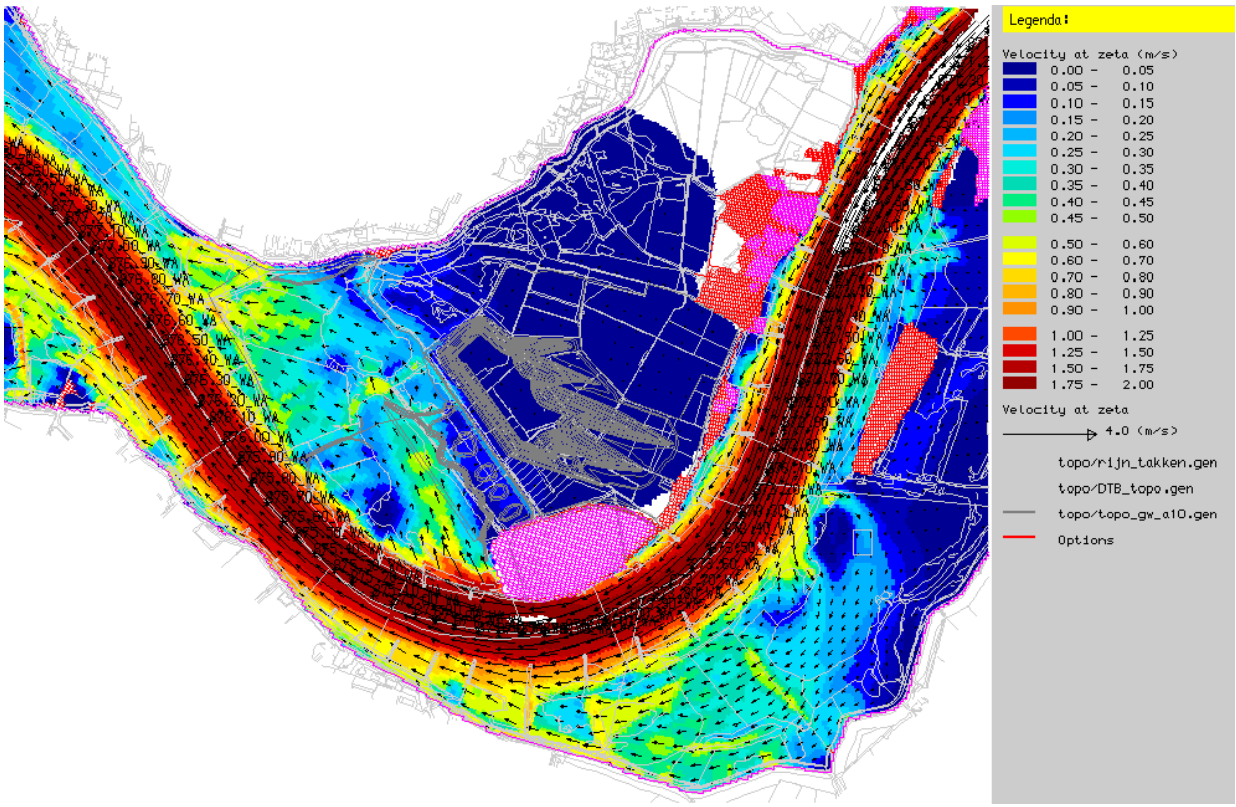
Of de morfologische effecten voldoen aan de eisen van het RBK4.0 is ter beoordeling van de rivierbeheerder.

4.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

Zoals al eerder is beschreven zijn de veranderingen van de stroomsnelheden in de uiterwaard relatief beperkt, zie paragraaf 4.2.2 Ook in absolute zin zijn de stroomsnelheden beperkt, zie Figuur 4-13 en Figuur 4-14. In het oostelijke deel van de Gendtse waard staat het water bijna stil (stroomsnelheid minder dan 0,05 m/s), in het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,6 m/s. Bij deze lage stroomsnelheden is het risico op erosie van de uiterwaard beperkt. Sedimentatie zou kunnen optreden in de nieuw gegraven plas in het oostelijke deel. Vanwege de diepte van de plas is dit geen probleem.



Figuur 4-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a10*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith)



Figuur 4-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a10*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith)

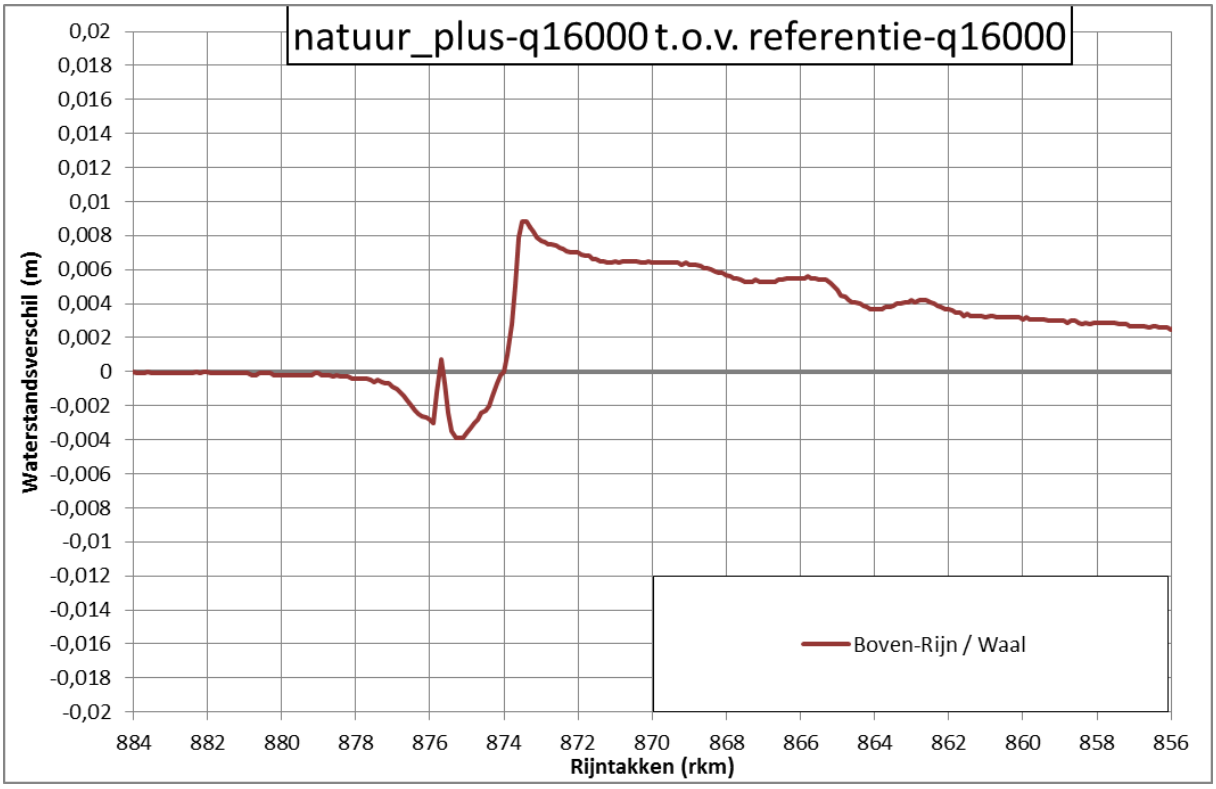
De sedimentatie en erosie van de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5 Rivierkundige effecten, variant 'natuur plus'

5.1 Hoogwaterveiligheid

5.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier

Onderstaand figuur toont het waterstandseffect bij MHW (16.000 m³/s bij Lobith) van de variant 'natuur plus' cq. *gendt_a11* in de as van de rivier. Zichtbaar is dat er sprake is van een waterstandsverhoging van lokaal 9 mm. In bovenstroomse richting strekt de waterstandsverhoging zich uit tot bij Lobith. Ter hoogte van het splitsingspunt Pannerdensche Kop (rkm 865) is de waterstandsverhoging nog circa 5 mm. De invloed van deze waterstandsverhoging op de afvoerverdeling wordt beschreven in paragraaf 5.1.3.



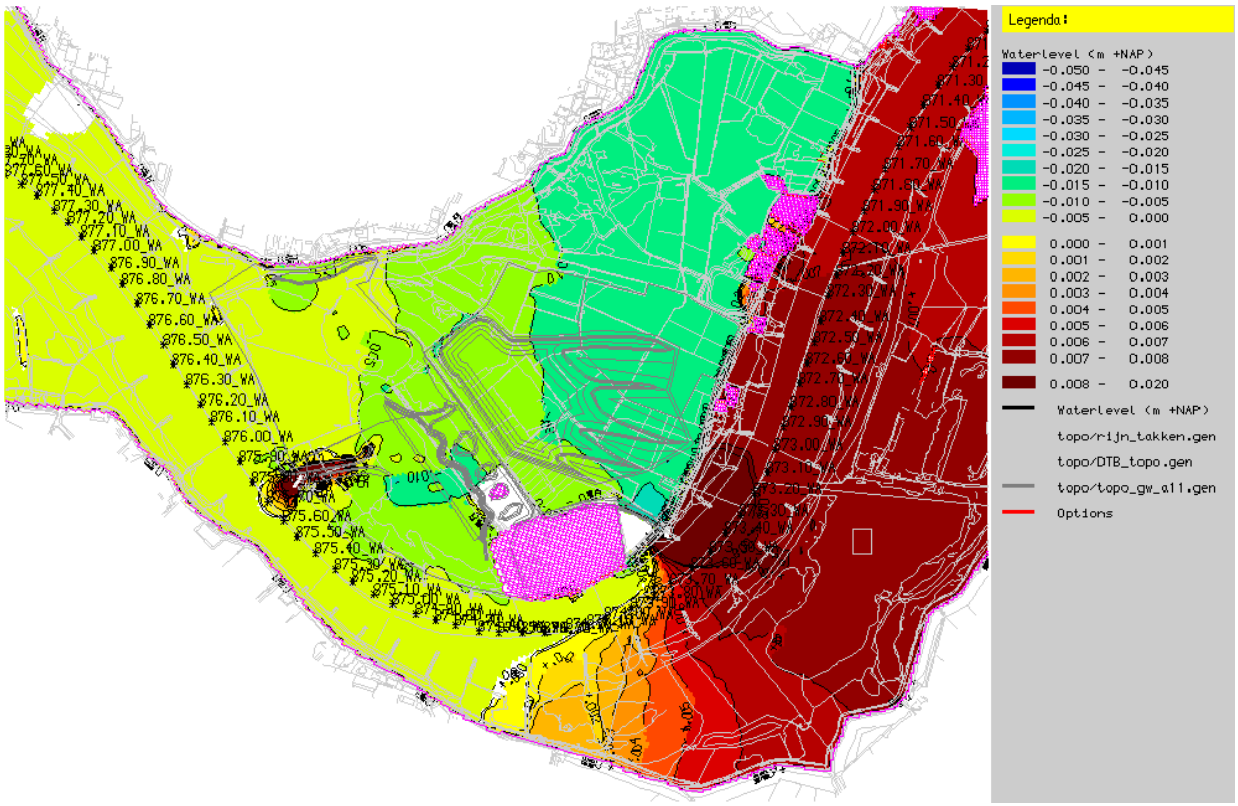
Figuur 5-1 Waterstandseffect *gendt_a11* in de as van de rivier, MHW-situatie

Deze waterstandsverhoging voldoet niet aan de eisen van het RBK4.0.

5.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten

Het beeld van Figuur 5-1 wordt onderschreven door het 2D-waterstandseffect zoals zichtbaar Figuur 5-2. Dit figuur laat zien dat de waterstandsverhoging maximaal is ter hoogte van de uitbreiding aan de oostzijde van de steenfabriek (rkm 973,5). De uitbreiding (als hoogwatervrij terrein) in combinatie met de aanvulling van het maaiveld) zijn de voornaamste bron van de waterstandsverhoging.

Op de zuidelijke (linker) oever van de Waal is sprake van een waterstandsverhoging van meer dan 1 mm vanaf rkm 874,4 in bovenstroomse richting tot aan Lobith. Direct bovenstrooms van de Gendtse waard is op de noordelijke oever sprake van een water-standsverhoging groter dan 1 mm vanaf rkm 871,4 en verder bovenstrooms tot aan Lobith.



Figuur 5-2 2D-waterstandseffect *gendt_a11*, MHW-situatie

Deze waterstandsverhoging voldoet niet aan de eisen van het RBK4.0.

5.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW

De invloed op de afvoerverdeling bij MHW voor variant *gendt_a11* wordt getoond in Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Afvoerverdeling bij MHW (16.000 m³/s te Lobith), variant 'natuur plus'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a11* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	16.000	16.000	0
Waal	10.155	10.150	-5
Pannerdensch Kanaal	5.845	5.850	+5
Nederrijn / Lek	3.342	3.345	+3
IJssel	2.509	2.511	+2

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer

De invloed op de afvoerverdeling bij een hoge Boven-Rijn afvoer voor variant *gendt_a11* wordt getoond in Tabel 5-2.

Tabel 5-2 Afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer (10.000 m³/s te Lobith), variant 'natuur plus'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a11* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	10.000	10.000	0
Waal	6.502	6.503	+1
Pannerdensch Kanaal	3.498	3.497	-1
Nederrijn / Lek	2.074	2.074	-0
IJssel	1.427	1.427	-0

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.1.5 IJsafvoer

De herinrichting zorgt voor een grotere plas in de uiterwaard met een potentieel grotere oppervlakte van ijs wat los zou kunnen breken. Vanwege de ligging achter de zomerkade / weg is het risico hierop beperkt. Aan de rivierzijde is geen sprake van het oprichten van obstakels/belemmeringen die een vrije afvoer van het ijs bemoeilijken.

De verandering in de afvoer van ijs voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten

5.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

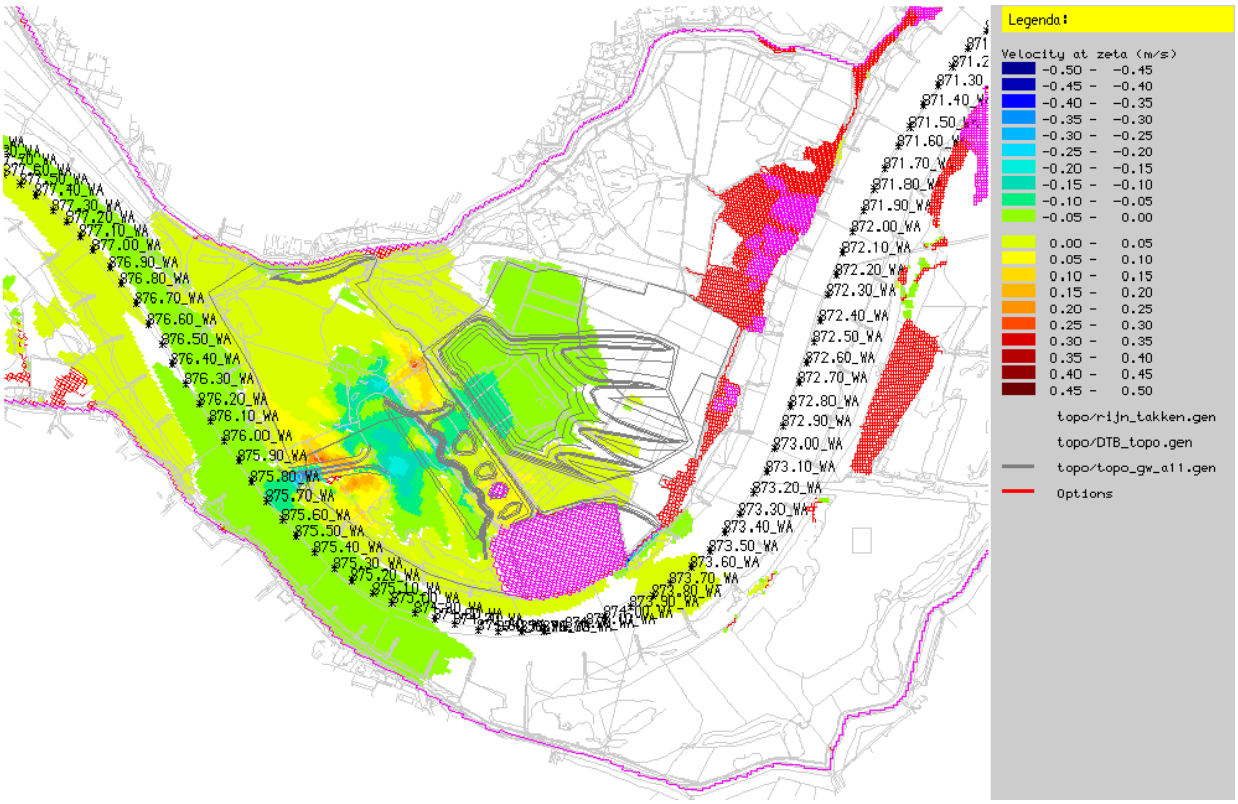
In het noordwestelijke deel van de uiterwaard zijn (behoudens de aanvulling tegen de dijk) geen geometrische veranderingen. In dit deel van de uiterwaard zijn dan ook geen veranderingen in inundatie. In de huidige situatie inundeert het zuidwestelijke deel van de Gendtse Waard bij een afvoer bij Lobith van circa 6.000 m^3/s; bij lagere afvoeren is het Vossegat in dit deel van de uiterwaard niet aangetakt aan de Waal. In de toekomstige situatie vult de uiterwaard via de verbinding met de Waal ter hoogte van rkm 975,8. Dit betekent dat het Vossegat mee fluctueert met de waterstand in de Waal en dat de lagere oevers rondom het Vossegat een hogere inundatiefrequentie zullen krijgen.

De zomerkade die de uiterwaard splitst in een westelijk en een oostelijk deel blijft qua hoogte gehandhaafd; hij wordt deels in oostelijke richting verplaatst. Dit betekent dat het oostelijke deel van de uiterwaard niet vaker zal inunderen dan nu reeds het geval is.

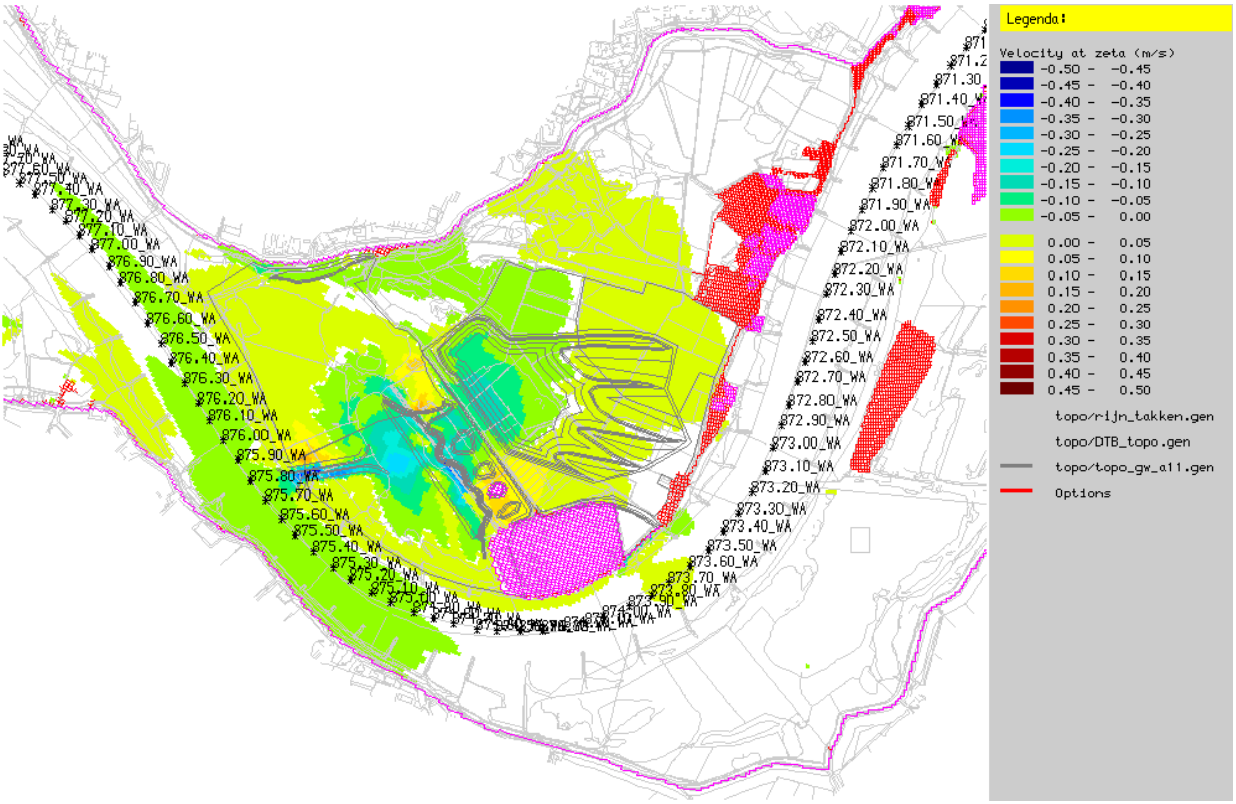
De verandering van inundatiefrequentie voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Bij een afvoer van 6.000 m^3/s stroomt het westelijke deel van de uiterwaard mee. Er is sprake van beperkte verandering in het stroombeeld als gevolg van de vergravingen en natuurontwikkeling. De stroomsnelheden zijn lager dan 0,5 m/s dus er is geen risico op erosie. Bij een afvoer van 8.000 m^3/s overstroomt de zomerkade en gaat het oostelijke deel van de uiterwaard meestromen. In het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden maximaal 0,8 m/s waardoor er nog geen risico op erosie is. In het oostelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,2 m/s. Het verschil in stroomsnelheden wordt getoond Figuur 4-3. De rode cellen in dit figuur tonen de gebieden die droog zijn bij deze afvoer.



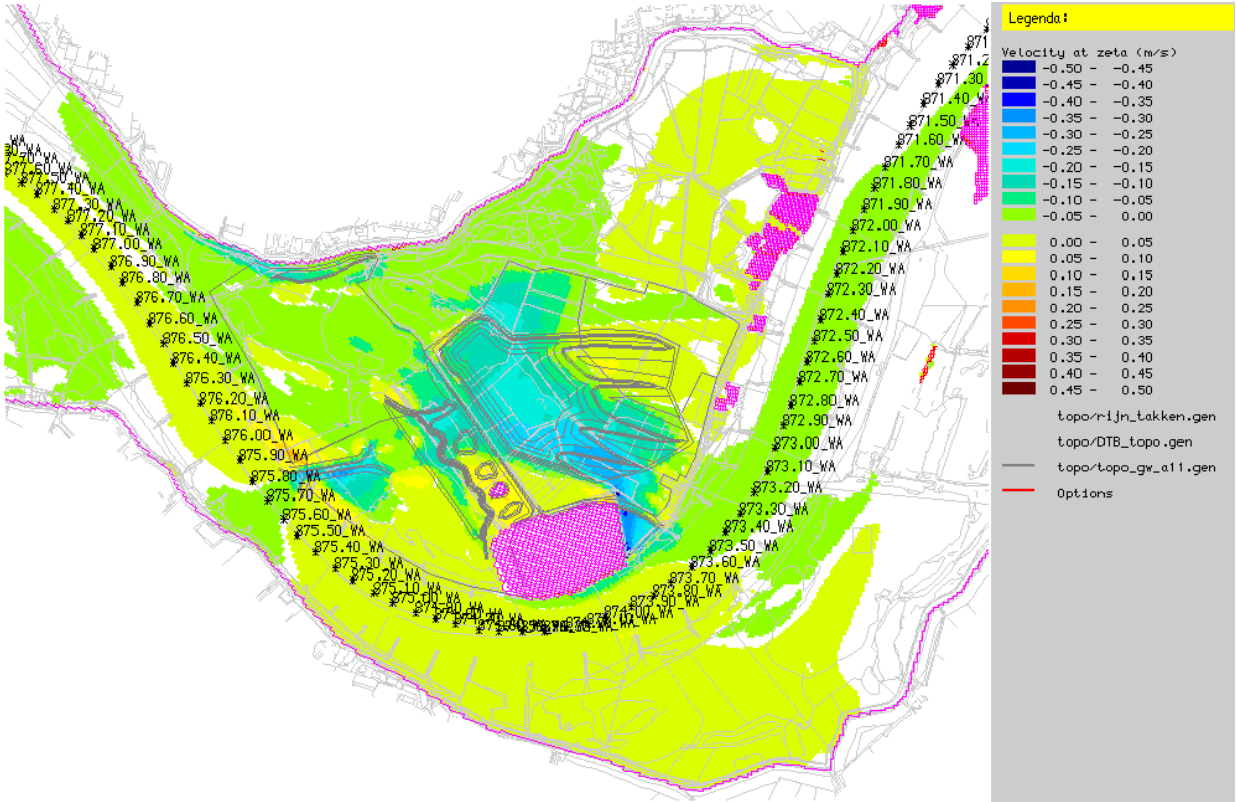
Figuur 5-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11*



Figuur 5-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11*

Bij een afvoer van 10.000 m³/s is het stroombeeld in grote lijnen hetzelfde als bij een afvoer van 8.000 m³/s. De stroomsnelheden in het westelijke deel zijn iets toegenomen; in het oostelijke deel van de uiterwaard staat het water nog altijd bijna stil. De hoge oever (circa 15,5 m+NAP) tussen de Waal en dit deel van de uiterwaard raakt nog niet overstroomd.

De grootste veranderingen zijn zichtbaar bij 16.000 m³/s. Het oostelijke deel van de uiterwaard stroomt nu mee in zowel de referentiesituatie als in het ontwerp. Als gevolg van de vergravingen en de natuurontwikkeling zijn relatief grotere verschillen zichtbaar in de stroomsnelheden in de oostelijke uiterwaard, zie Figuur 4-5. Ten opzichte van Figuur 4-3 is goed zichtbaar dat er bij deze hogere afvoer (16.000 m³/s versus 8.000 m³/s) minder rode cellen zijn en dus minder droge gebieden. Dit is vanzelfsprekend het gevolg van de hogere waterstanden die optreden bij een afvoer van 16.000 m³/s.



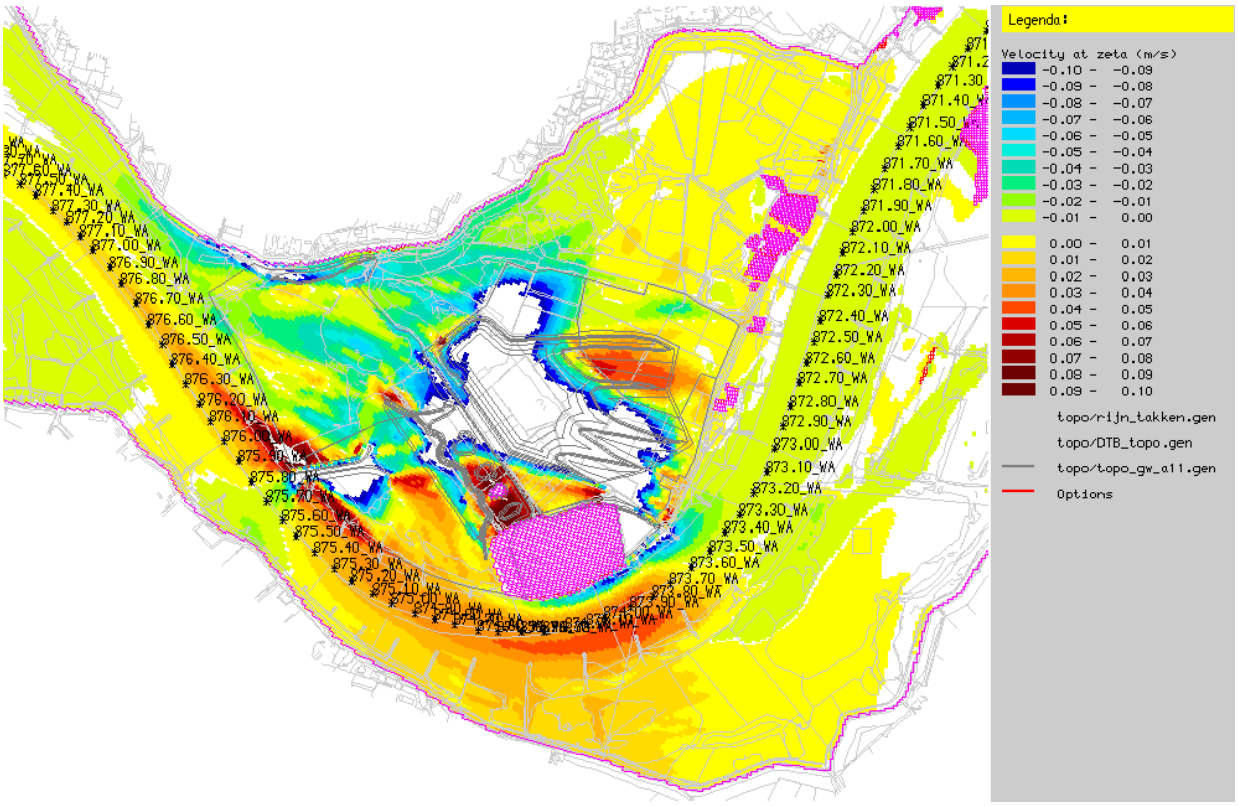
Figuur 5-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11*

De verandering van stroombeeld in de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.2.3 Stroombeeld in de vaarweg

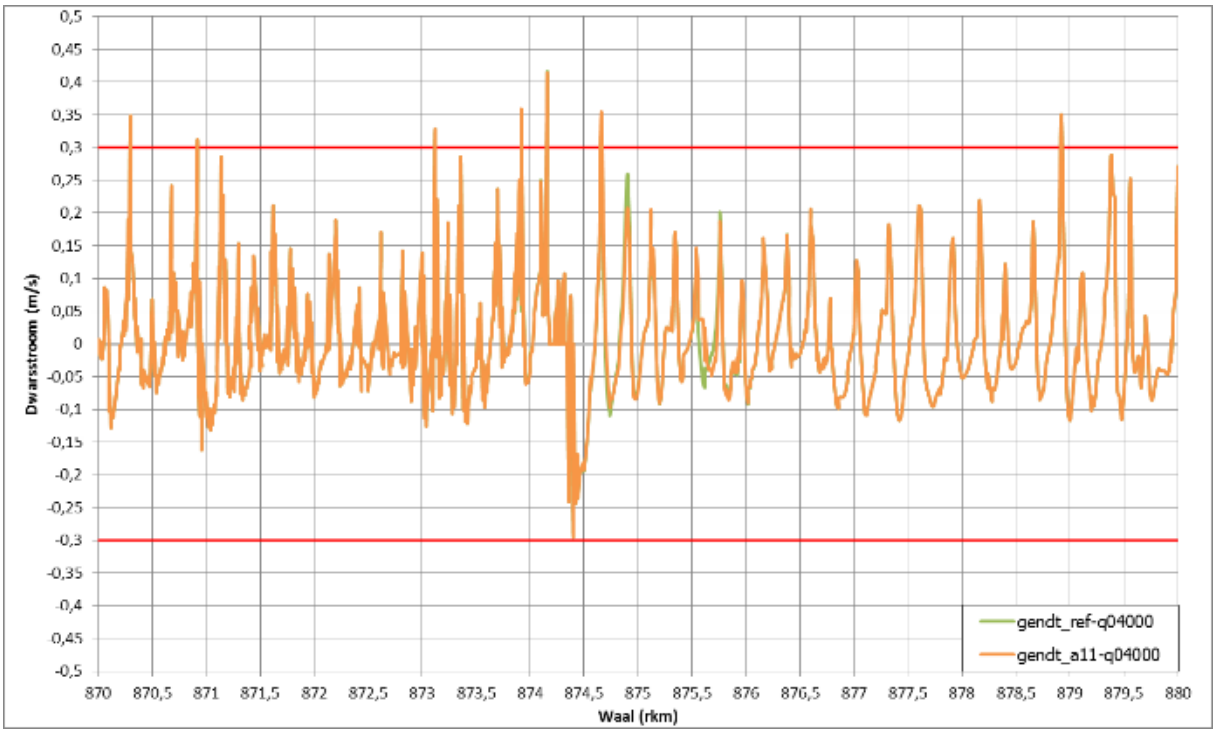
De figuren van paragraaf 5.2.2 kunnen ook worden gebruikt voor een beoordeling van de verandering van stroomsnelheden in de vaarweg. Uit deze figuren wordt duidelijk dat de stroomsnelheden in de vaarweg beperkt veranderen, namelijk minder dan 0,1 m/s.

Bij een afvoer van 16.000 m³/s is sprake van het grootste gebied met verandering in de stroomsnelheden en ook de grootste veranderingen. Een verdere detaillering bij 16.000 m³/s laat zien dan minder dan 0,1 m/s in de vaarweg concreet neerkomt op een verandering van minder dan 0,03 m/s, zie Figuur 5-6. Er is dus geen significante verandering van het stroombeeld in de vaarweg.

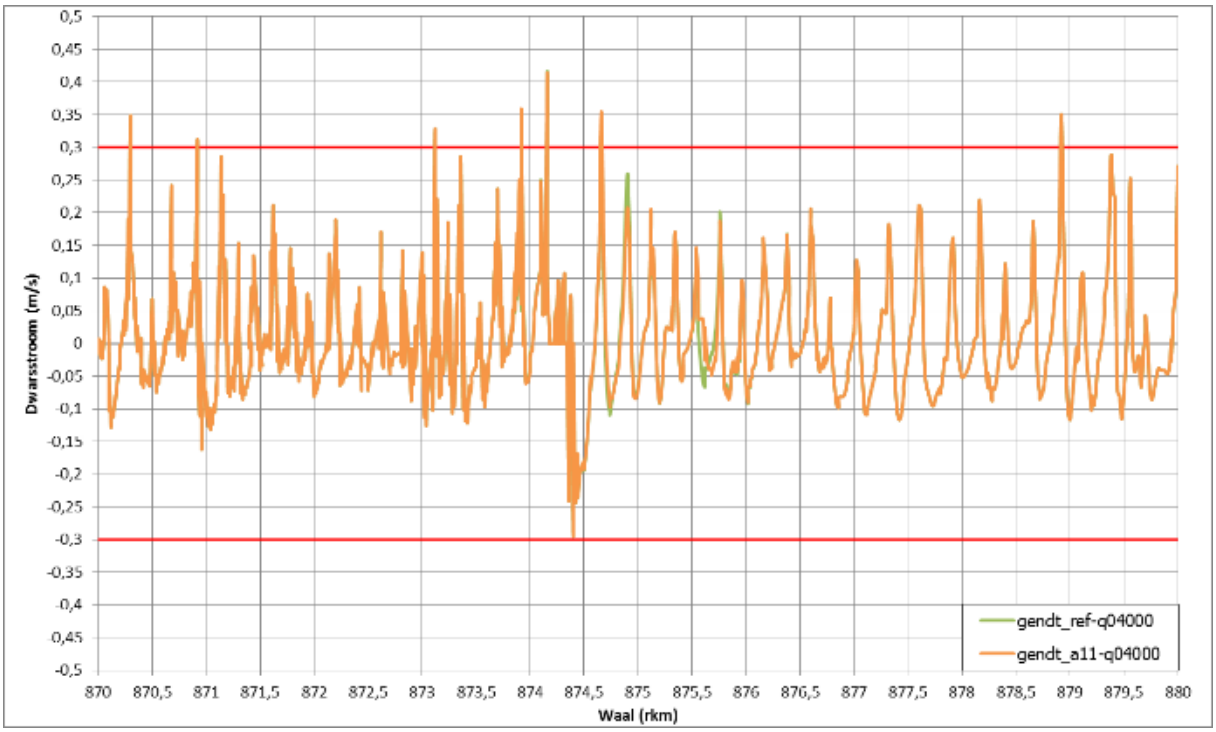


Figuur 5-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a11*

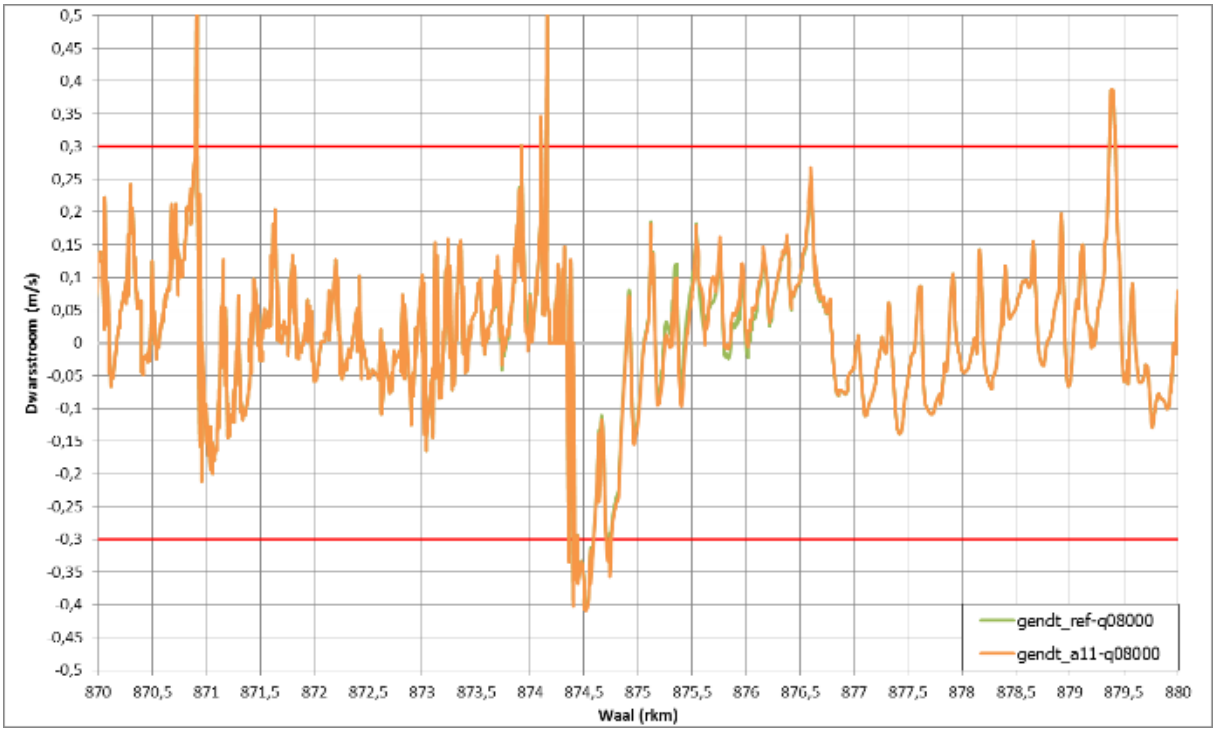
Naast grootte van de stroomsnelheid is dwarsstroming een ander aspect wat moet worden beoordeeld. De meeste veranderingen in geometrie en/of natuurontwikkeling bevinden zich in de uiterwaard achter (hoge) zomerkaden. Conform de verwachting is er weinig invloed is op de dwarsstroming. Voor afvoersituaties van 4.000, 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s tonen de volgende figuren de dwarsstroming van *gendt_ref* (groene lijn) en de variant *gendt_a11* (oranje lijn) langs de rand van de vaarweg.



Figuur 5-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11*



Figuur 5-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11*



Figuur 5-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11*

De verschillende figuren met de dwarsstroming laten zien dat bij alle afvoeren de effecten op de dwarsstroming beperkt zijn tot maximaal 0,06 m/s. Als gevolg van het herinrichting van de Gendtse waard is bij rkm 874,8 sprake van een toename van 0,2 m/s naar 0,26 m/s.

De verandering van stroombeeld in de vaarweg voldoet voor de variant *gendt_a10* aan de eisen van het RBK4.0.

5.2.4 Verandering in afvoerverdeling

Dit aspect is al voor een groot deel uitgewerkt in paragrafen 4.1.3 en 4.1.4. Onderstaande tabel bevat, naast de al eerder beschreven situaties bij 10.000 en 16.000 m³/s, ook de veranderingen bij 8.000 m³/s.

Tabel 5-3 Veranderingen in afvoerverdeling bij verschillende afvoeren te Lobith, variant *gendt_a10*

Rijntak	**8.000 m³/s**	**10.000 m³/s**	**16.000 m³/s**
Boven-Rijn	0	0	0
Waal	0	+1	-5
Pannerdensch Kanaal	0	-1	+5
Nederrijn / Lek	0	-0	+3
IJssel	-0	-0	+2

De verandering van afvoerverdeling bij verschillende afvoeren voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR)

De ingreep heeft geen invloed op het stroombeeld bij afvoeren lager dan 6.000 m³/s bij Lobith. Er wordt dan ook geen invloed op de afvoerverdeling bij OLR (1.020 m³/s bij Lobith, zie paragraaf 2.5) verwacht. Dit is onderbouwt met een simulatie op basis van het Splitsingspuntenmodel en een vrije afvoerverdeling. Het resultaat wordt getoond in Tabel 4-4.

Tabel 5-4 Afvoerverdeling bij lage Boven-Rijn afvoer (1.020 m³/s te Lobith), variant *gendt_a10*

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a10* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	1.020	1.020	0
Waal	799	799	0
Pannerdensch Kanaal	221	221	0
Nederrijn / Lek	28	28	0
IJssel	193	193	0

De verandering van afvoerverdeling bij OLR voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.2.6 Onttrekking water uit zomerbed

De ingreep onttrekt geen water uit het zomerbed; wel is er sprake van een ander stroombeeld als gevolg van de ingreep. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in paragraaf 4.3.

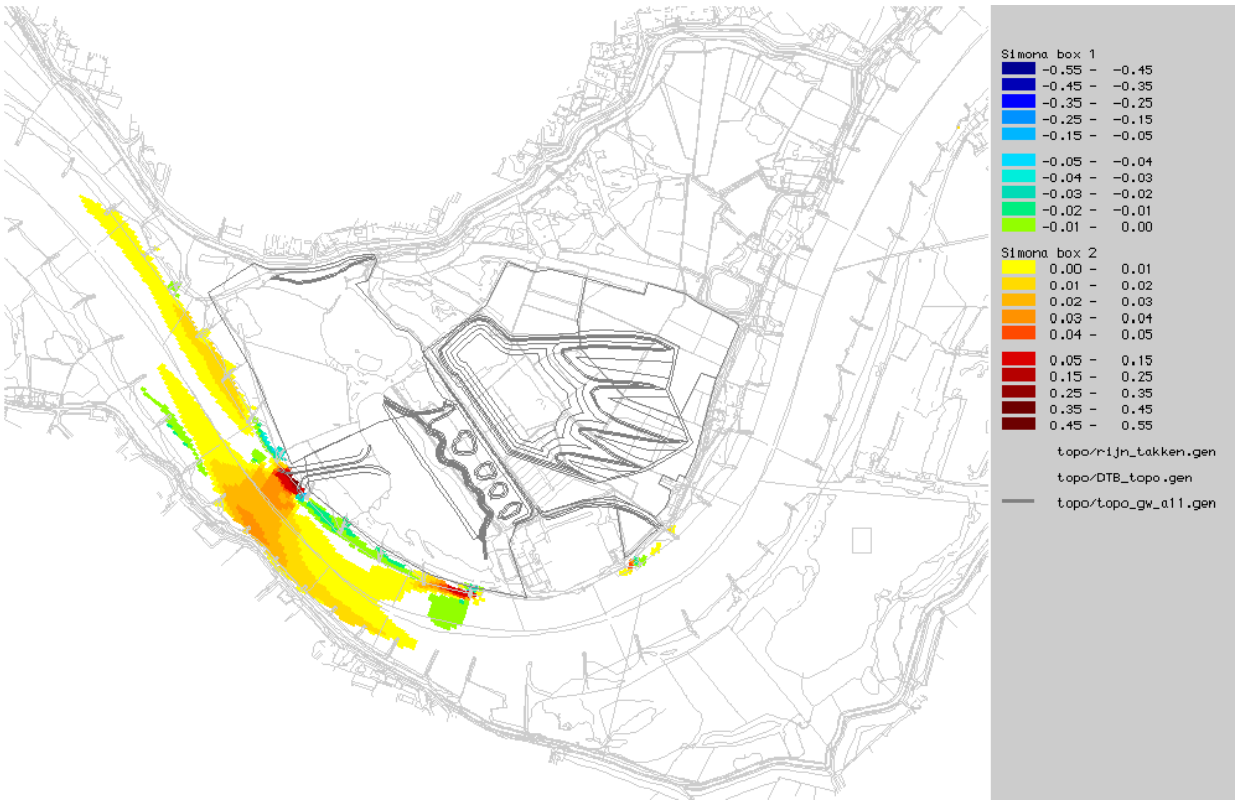
De afwezigheid van onttrekking van afvoer voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

5.3 Morfologische effecten

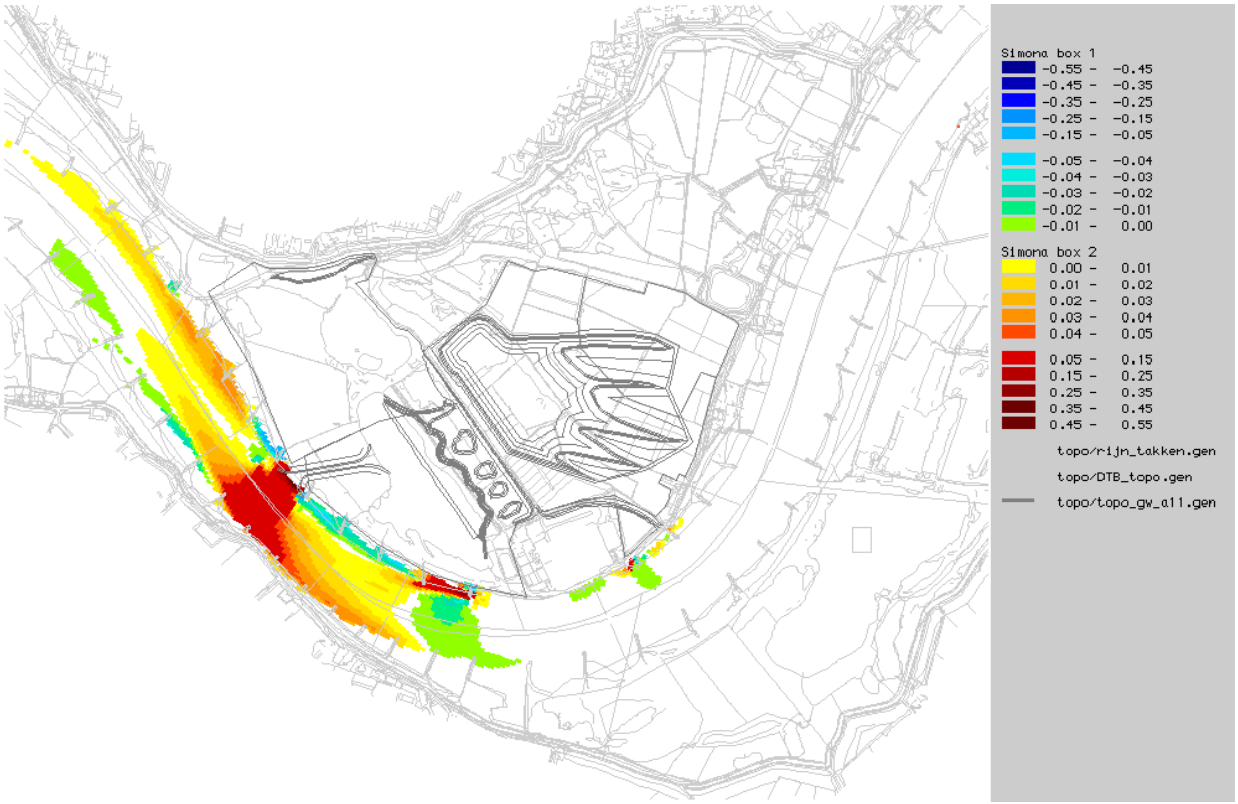
5.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed

Voor de morfologische effecten is gebruik gemaakt van WAQmorf. De resultaten worden getoond in de volgende drie figuren. Het volume aanzanding in de vaargeul bedraagt respectievelijk 2.870, 6.620 en 11.220 m³ voor de minimale, jaargemiddelde en maximale morfologische effecten. De aanzandingslengte bedraagt circa 650 meter.

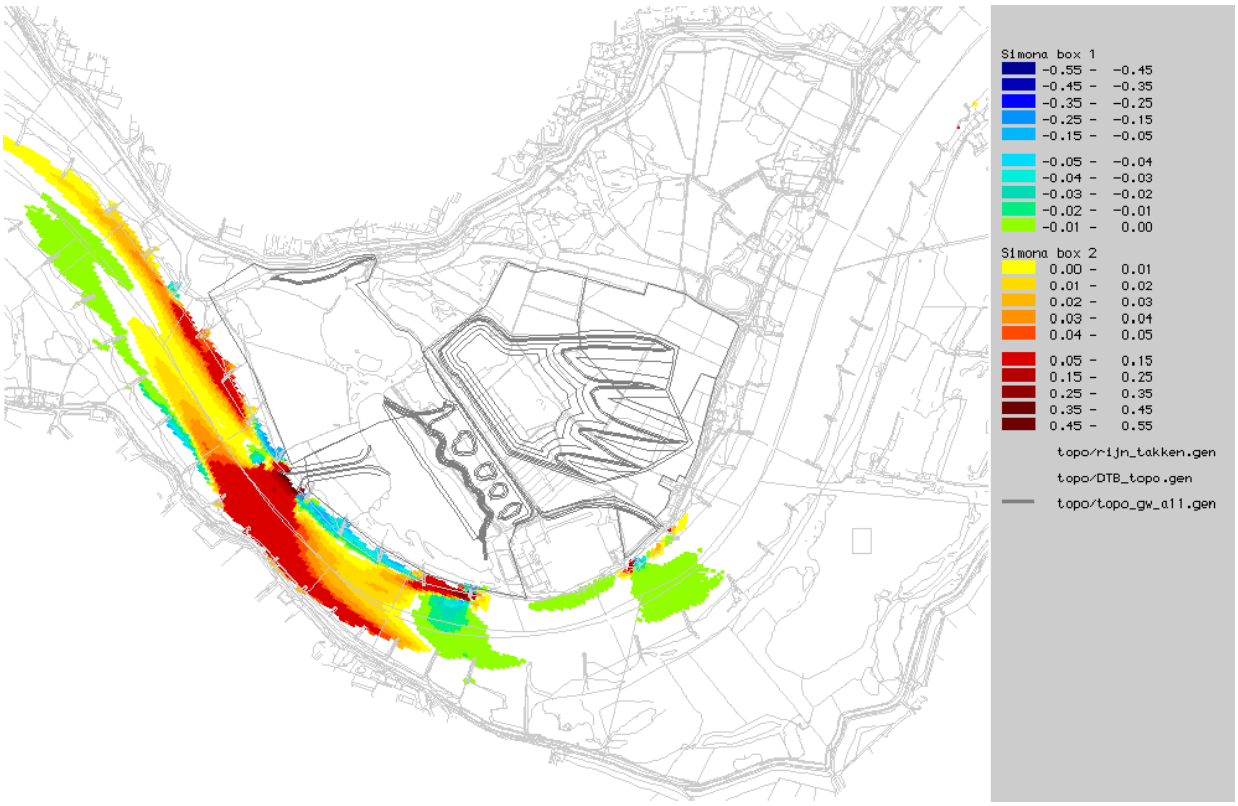
De mate van aanzanding ligt in de orde van dm's ter plekke van de aantakking naar het Vossegat. In deze mate voldoet de aanzanding niet aan RBK4.0.



Figuur 5-10 Morfologische effecten *gendt_a11*, veranderingen (m) na laagwater periode



Figuur 5-11 Morfologische effecten *gendt_a11*, jaargemiddelde veranderingen (m)

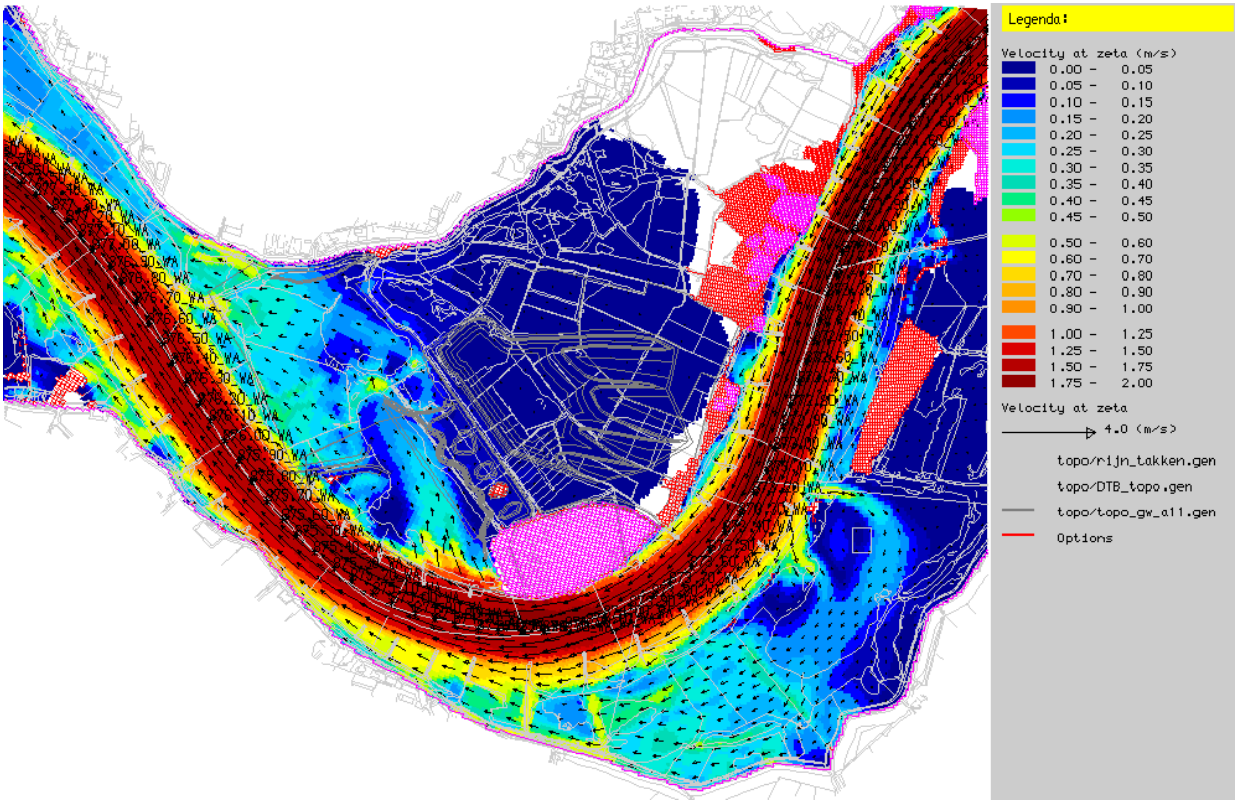


Figuur 5-12 Morfologische effecten *gendt_a11*, veranderingen (m) na hoogwater periode

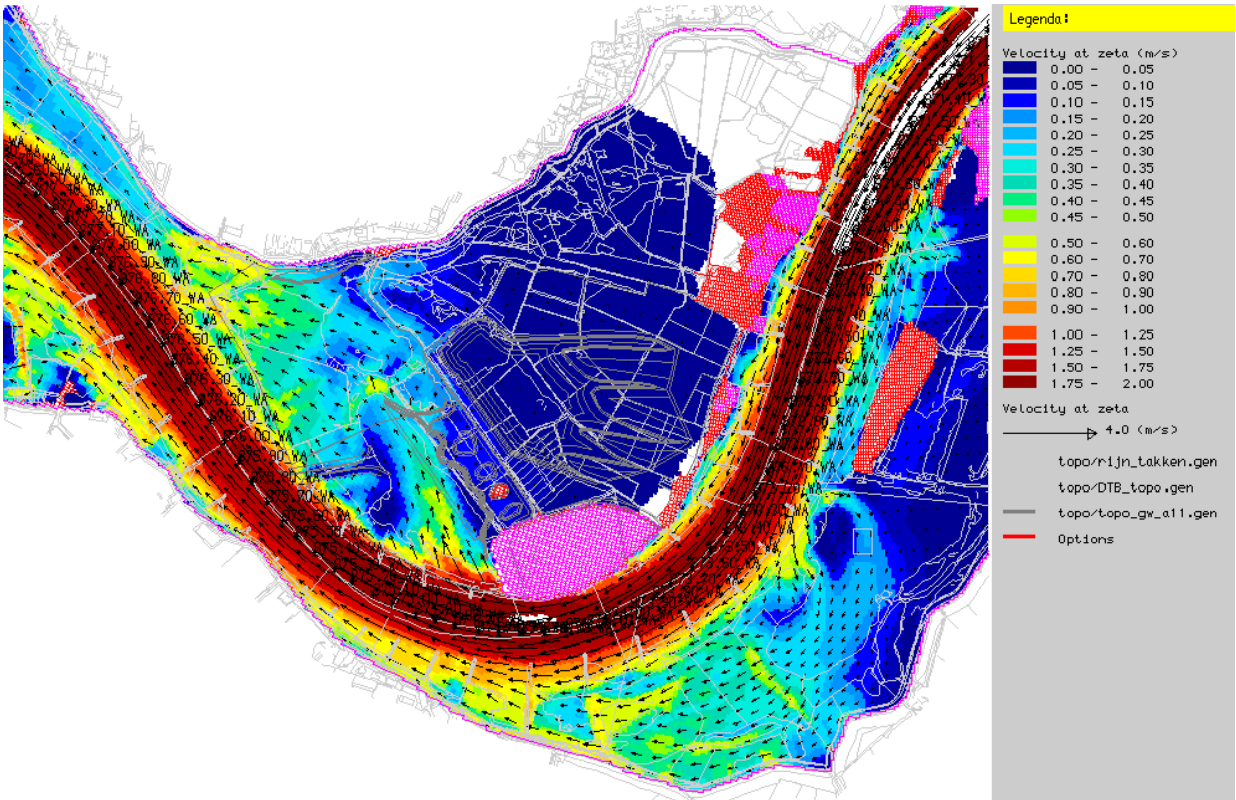
Of de morfologische effecten voldoen aan de eisen van het RBK4.0 is ter beoordeling van de rivierbeheerder.

5.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

Zoals al eerder is beschreven zijn de veranderingen van de stroomsnelheden in de uiterwaard relatief beperkt, zie paragraaf 5.2.2 Ook in absolute zin zijn de stroomsnelheden beperkt, zie Figuur 5-13 en Figuur 5-14. In het oostelijke deel van de Gendtse waard staat het water bijna stil (stroomsnelheid minder dan 0,05 m/s), in het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,6 m/s. Bij deze lage stroomsnelheden is het risico op erosie van de uiterwaard beperkt. Sedimentatie zou kunnen optreden in de nieuw gegraven plas in het oostelijke deel. Vanwege de diepte van de plas is dit geen probleem.



Figuur 5-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a11*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith)



Figuur 5-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a11*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith)

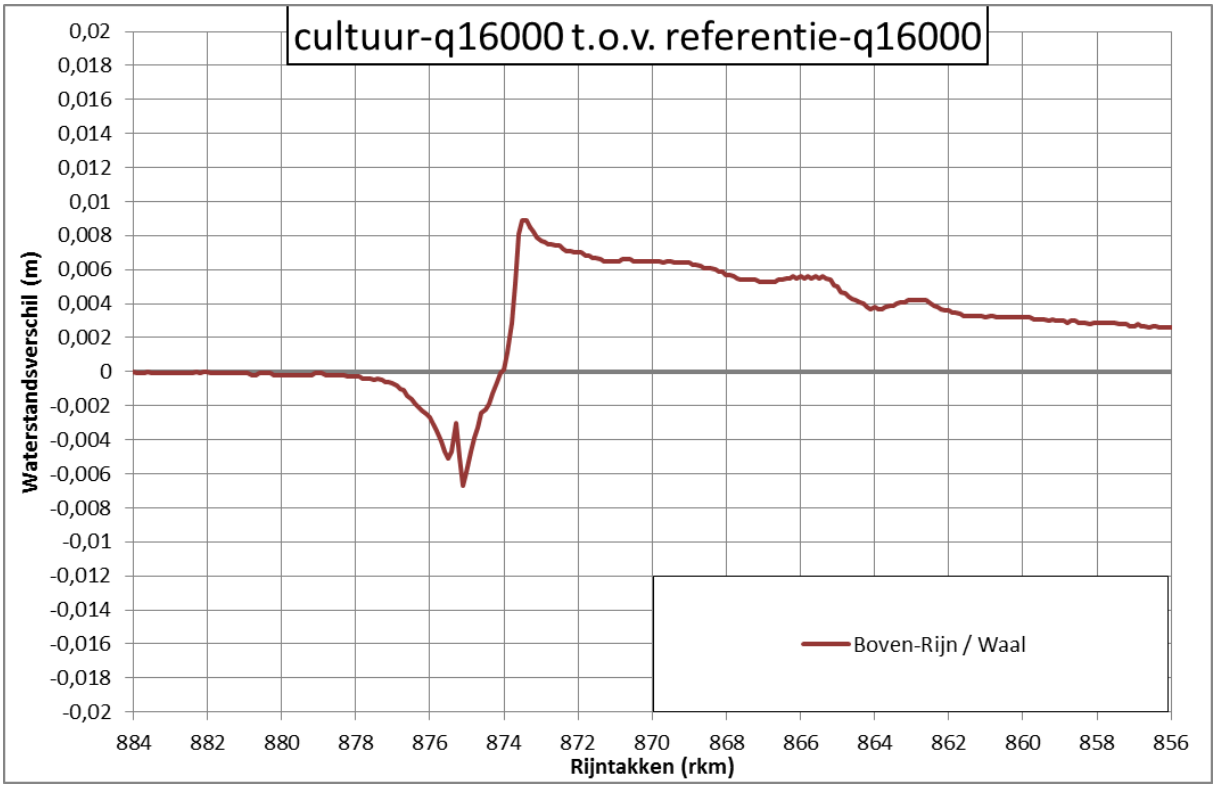
De sedimentatie en erosie van de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6 Rivierkundige effecten, variant 'cultuur'

6.1 Hoogwaterveiligheid

6.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier

Onderstaand figuur toont het waterstandseffect bij MHW (16.000 m³/s bij Lobith) van de variant 'cultuur' cq. *gendt_a12* in de as van de rivier. Zichtbaar is dat er sprake is van een waterstandsverhoging van lokaal 9 mm. In bovenstroomse richting strekt de waterstandsverhoging zich uit tot bij Lobith. Ter hoogte van het splitsingspunt Pannerdensche Kop (rkm 865) is de waterstandsverhoging nog circa 5 mm. De invloed van deze waterstandsverhoging op de afvoerverdeling wordt beschreven in paragraaf 6.1.3.



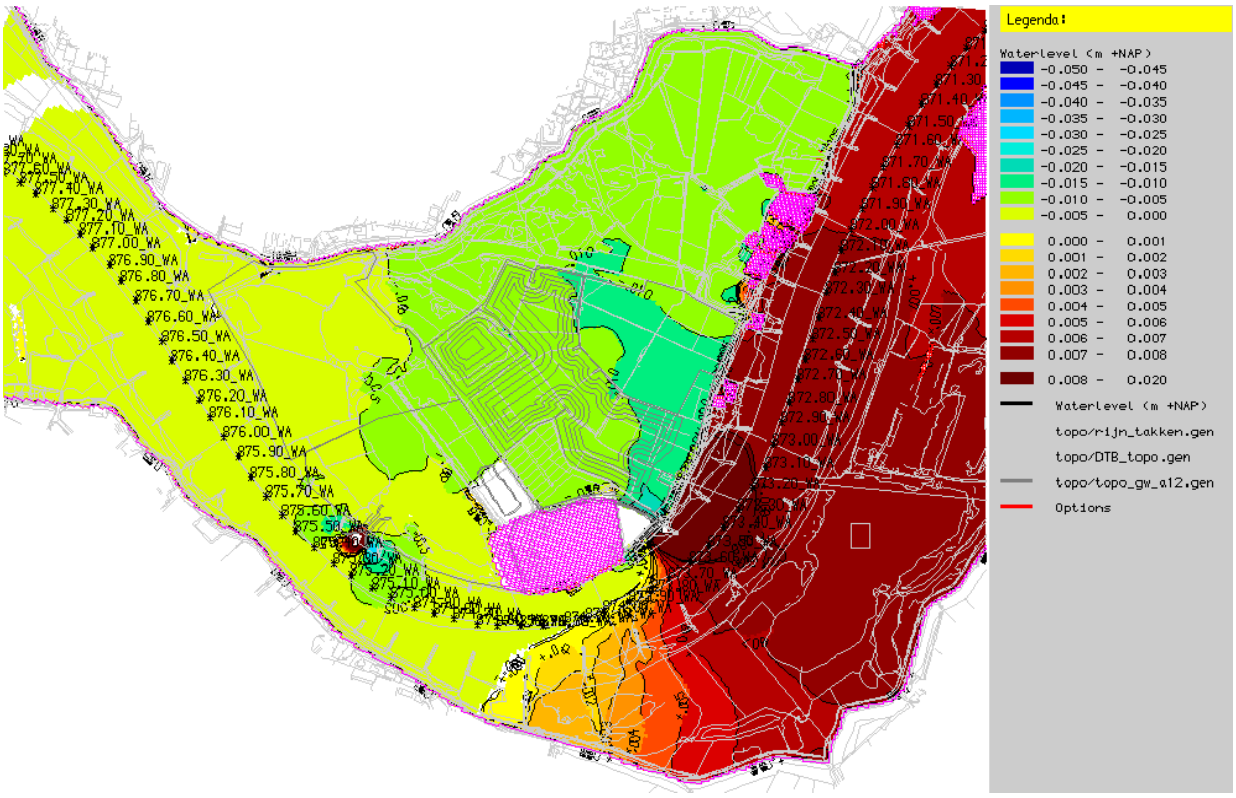
Figuur 6-1 Waterstandseffect *gendt_a12* in de as van de rivier, MHW-situatie

Deze waterstandsverhoging voldoet niet aan de eisen van het RBK4.0.

6.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten

Het beeld van Figuur 6-1 wordt onderschreven door het 2D-waterstandseffect zoals zichtbaar Figuur 6-2. Dit figuur laat zien dat de waterstandsverhoging maximaal is ter hoogte van de uitbreiding aan de oostzijde van de steenfabriek (rkm 973,5). De uitbreiding (als hoogwatervrij terrein) in combinatie met de aanvulling van het maaiveld) zijn de voornaamste bron van de waterstandsverhoging.

Op de zuidelijke (linker) oever van de Waal is sprake van een waterstandsverhoging van meer dan 1 mm vanaf rkm 874,4 in bovenstroomse richting tot aan Lobith. Direct bovenstrooms van de Gendtse waard is op de noordelijke oever sprake van een water-standsverhoging groter dan 1 mm vanaf rkm 871,4 en verder bovenstrooms tot aan Lobith.



Figuur 6-2 2D-waterstandseffect *gendt_a12*, MHW-situatie

Deze waterstandsverhoging voldoet niet aan de eisen van het RBK4.0.

6.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW

De invloed op de afvoerverdeling bij MHW voor variant *gendt_a12* wordt getoond in Tabel 4-1.

Tabel 6-1 Afvoerverdeling bij MHW (16.000 m³/s te Lobith), variant 'cultuur'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a12* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	16.000	16.000	0
Waal	10.155	10.150	-5
Pannerdensch Kanaal	5.845	5.850	+5
Nederrijn / Lek	3.342	3.345	+3
IJssel	2.509	2.511	+2

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer

De invloed op de afvoerverdeling bij een hoge Boven-Rijn afvoer voor variant *gendt_a12*wordt getoond in Tabel 6-2.

Tabel 6-2 Afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer (10.000 m³/s te Lobith), variant 'cultuur'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a12* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	10.000	10.000	0
Waal	6.502	6.503	+1
Pannerdensch Kanaal	3.498	3.497	-1
Nederrijn / Lek	2.074	2.074	-0
IJssel	1.427	1.427	-0

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.1.5 IJsafvoer

De herinrichting zorgt voor een grotere plas in de uiterwaard met een potentieel grotere oppervlakte van ijs wat los zou kunnen breken. Vanwege de ligging achter de zomerkade / weg is het risico hierop beperkt. Aan de rivierzijde is geen sprake van het oprichten van obstakels/belemmeringen die een vrije afvoer van het ijs bemoeilijken.

De verandering in de afvoer van ijs voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten

6.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

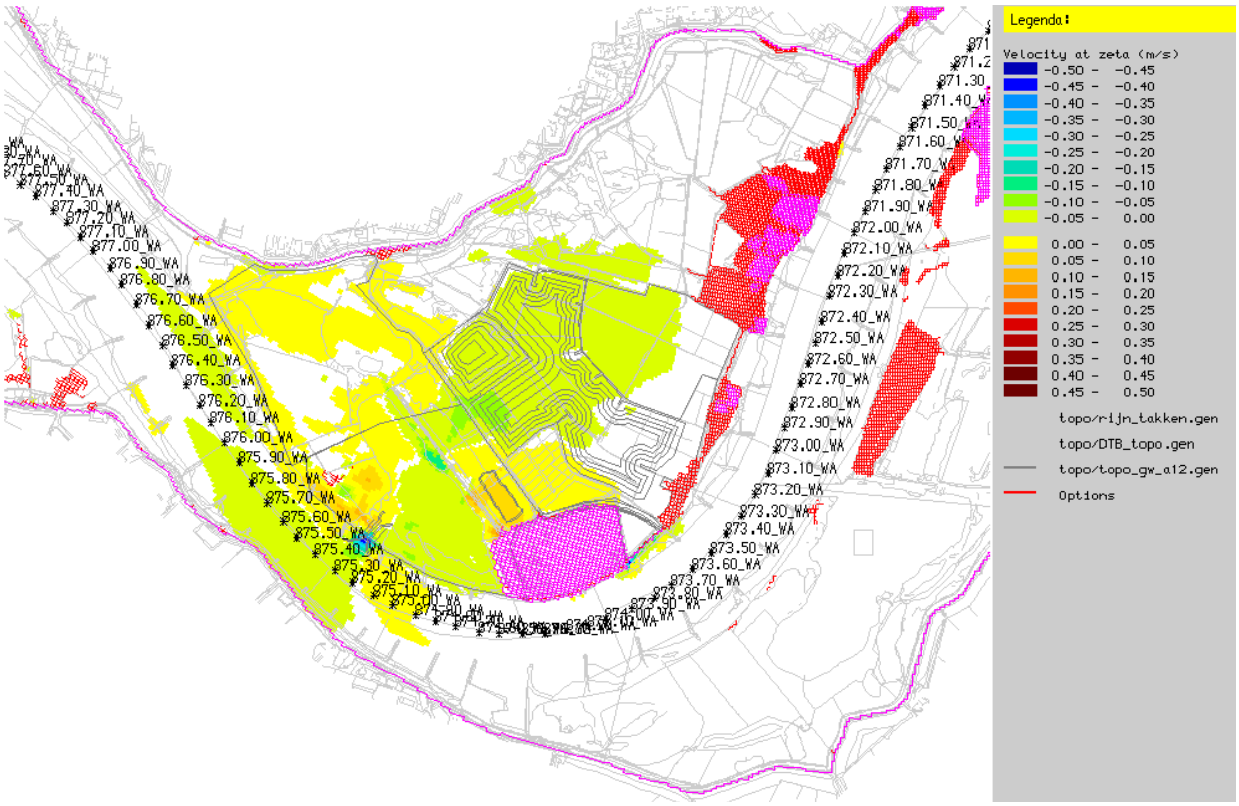
In het noordwestelijke deel van de uiterwaard zijn geen geometrische veranderingen. In dit deel van de uiterwaard zijn dan ook geen veranderingen in inundatie. In de huidige situatie inundeert het zuidwestelijke deel van de Gendtse Waard bij een afvoer bij Lobith van circa 6.000 m^3/s; bij lagere afvoeren is het Vossegat in dit deel van de uiterwaard niet aangetakt aan de Waal. In de toekomstige situatie vult de uiterwaard via de verbinding met de Waal ter hoogte van rkm 975,3. Dit betekent dat het Vossegat mee fluctueert met de waterstand in de Waal en dat de lagere oevers rondom het Vossegat een hogere inundatiefrequentie zullen krijgen.

De zomerkade die de uiterwaard splitst in een westelijk en een oostelijk deel blijft qua hoogte gehandhaafd; hij wordt deels in oostelijke richting verplaatst. Dit betekent dat het oostelijke deel van de uiterwaard niet vaker zal inunderen dan nu reeds het geval is.

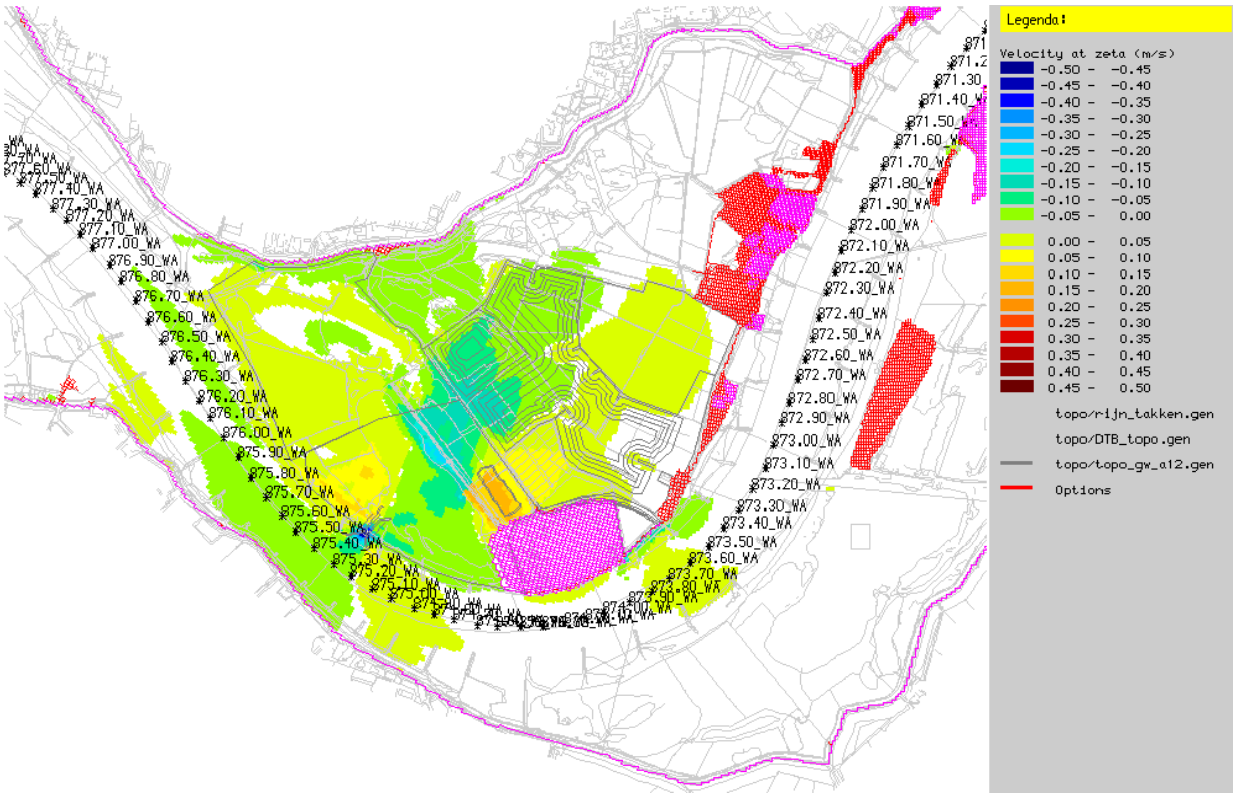
De verandering van inundatiefrequentie voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Bij een afvoer van 6.000 m^3/s stroomt het westelijke deel van de uiterwaard mee. Er is sprake van beperkte verandering in het stroombeeld als gevolg van de vergravingen en natuurontwikkeling. De stroomsnelheden zijn lager dan 0,5 m/s dus er is geen risico op erosie. Bij een afvoer van 8.000 m^3/s overstroomt de zomerkade en gaat het oostelijke deel van de uiterwaard meestromen. In het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden maximaal 0,8 m/s waardoor er nog geen risico op erosie is. In het oostelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,2 m/s. Het verschil in stroomsnelheden wordt getoond Figuur 4-3. De rode cellen in dit figuur tonen de gebieden die droog zijn bij deze afvoer.



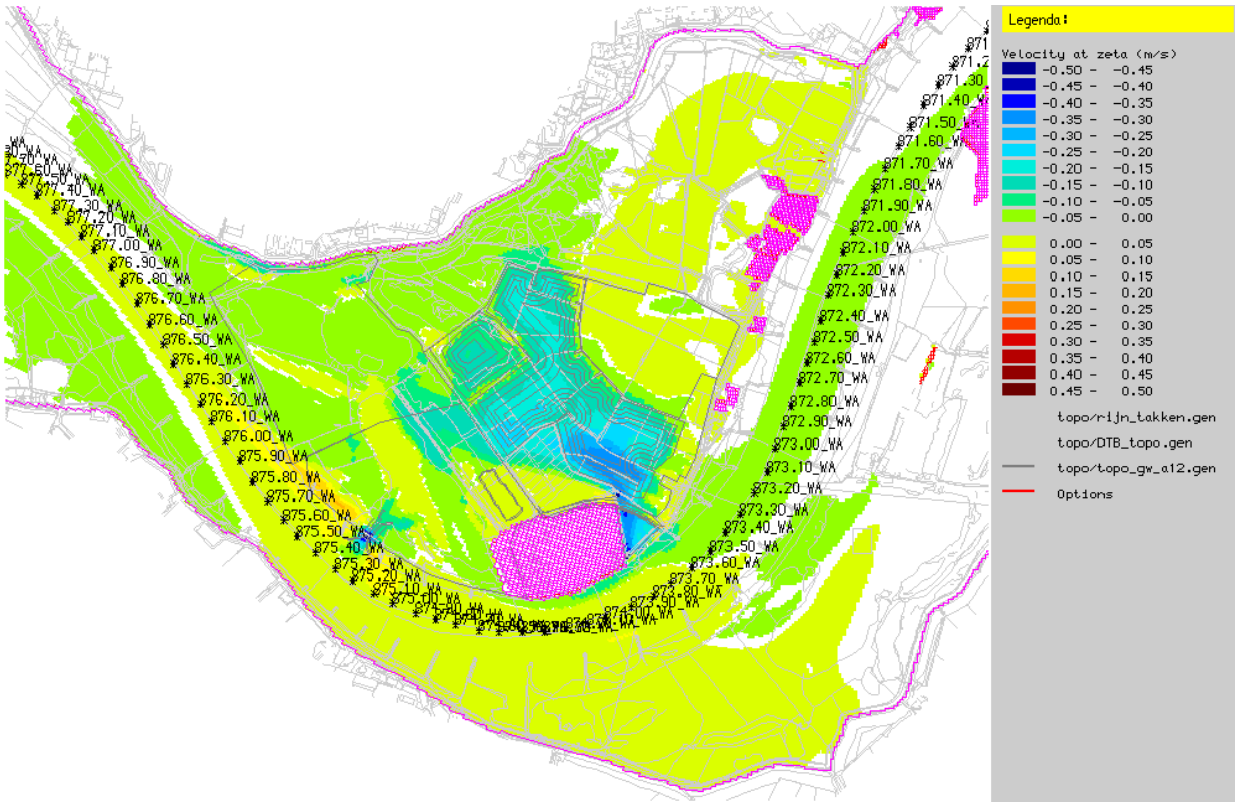
Figuur 6-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12*



Figuur 6-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12*

Bij een afvoer van 10.000 m³/s is het stroombeeld in grote lijnen hetzelfde als bij een afvoer van 8.000 m³/s. De stroomsnelheden in het westelijke deel zijn iets toegenomen; in het oostelijke deel van de uiterwaard staat het water nog altijd bijna stil. De hoge oever (circa 15,5 m+NAP) tussen de Waal en dit deel van de uiterwaard raakt nog niet overstroomd.

De grootste veranderingen zijn zichtbaar bij 16.000 m³/s. Het oostelijke deel van de uiterwaard stroomt nu mee in zowel de referentiesituatie als in het ontwerp. Als gevolg van de vergravingen en de natuurontwikkeling zijn relatief grotere verschillen zichtbaar in de stroomsnelheden in de oostelijke uiterwaard, zie Figuur 6-5 Ten opzichte van Figuur 6-3 is goed zichtbaar dat er bij deze hogere afvoer (16.000 m³/s versus 8.000 m³/s) minder rode cellen zijn en dus minder droge gebieden. Dit is vanzelfsprekend het gevolg van de hogere waterstanden die optreden bij een afvoer van 16.000 m³/s.



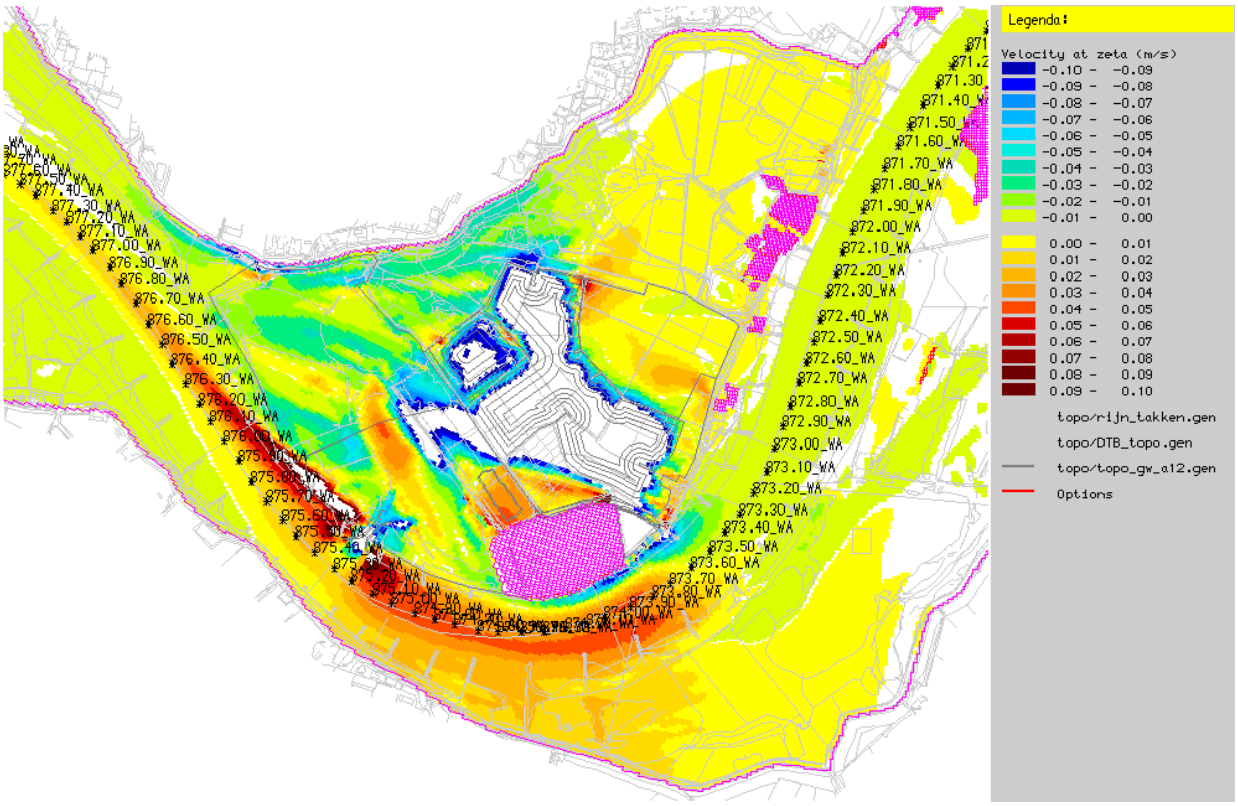
Figuur 6-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12*

De verandering van stroombeeld in de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.2.3 Stroombeeld in de vaarweg

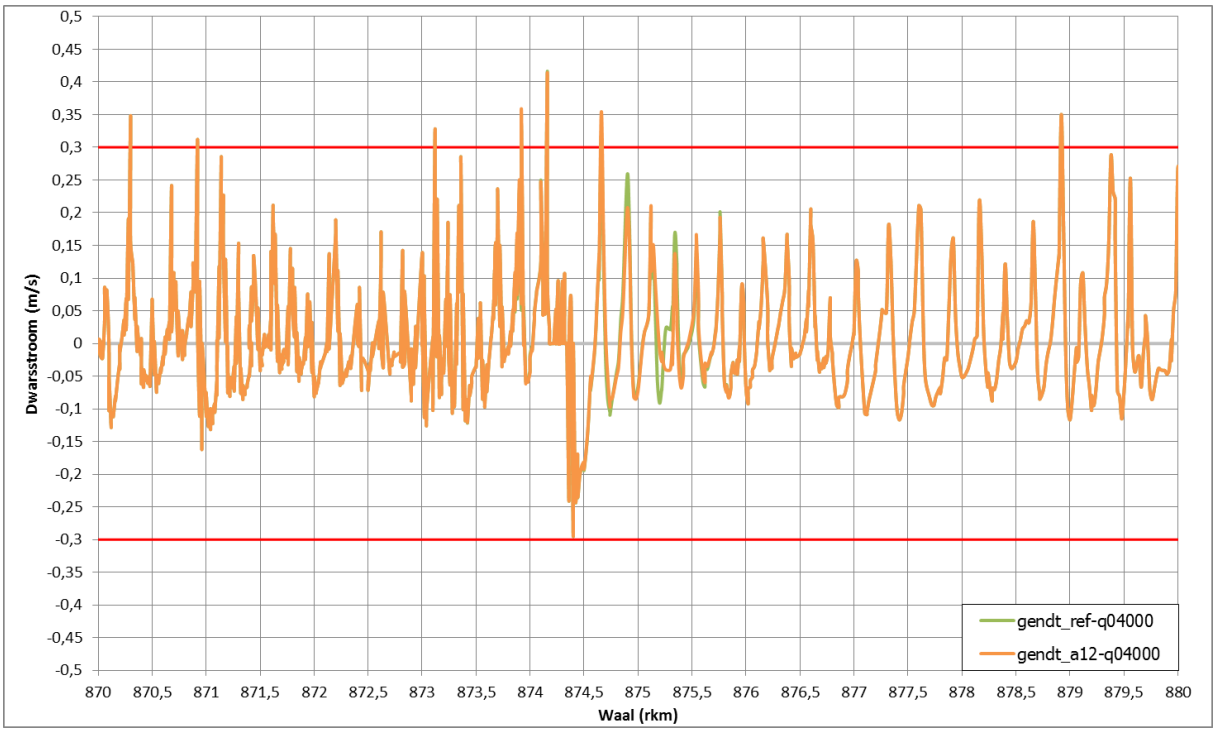
De figuren van paragraaf 6.2.2 kunnen ook worden gebruikt voor een beoordeling van de verandering van stroomsnelheden in de vaarweg. Uit deze figuren wordt duidelijk dat de stroomsnelheden in de vaarweg beperkt veranderen, namelijk minder dan 0,1 m/s.

Bij een afvoer van 16.000 m³/s is sprake van het grootste gebied met verandering in de stroomsnelheden en ook de grootste veranderingen. Een verdere detaillering bij 16.000 m³/s laat zien dan minder dan 0,1 m/s in de vaarweg concreet neerkomt op een verandering van minder dan 0,03 m/s, zie Figuur 6-6. Er is dus geen significante verandering van het stroombeeld in de vaarweg.

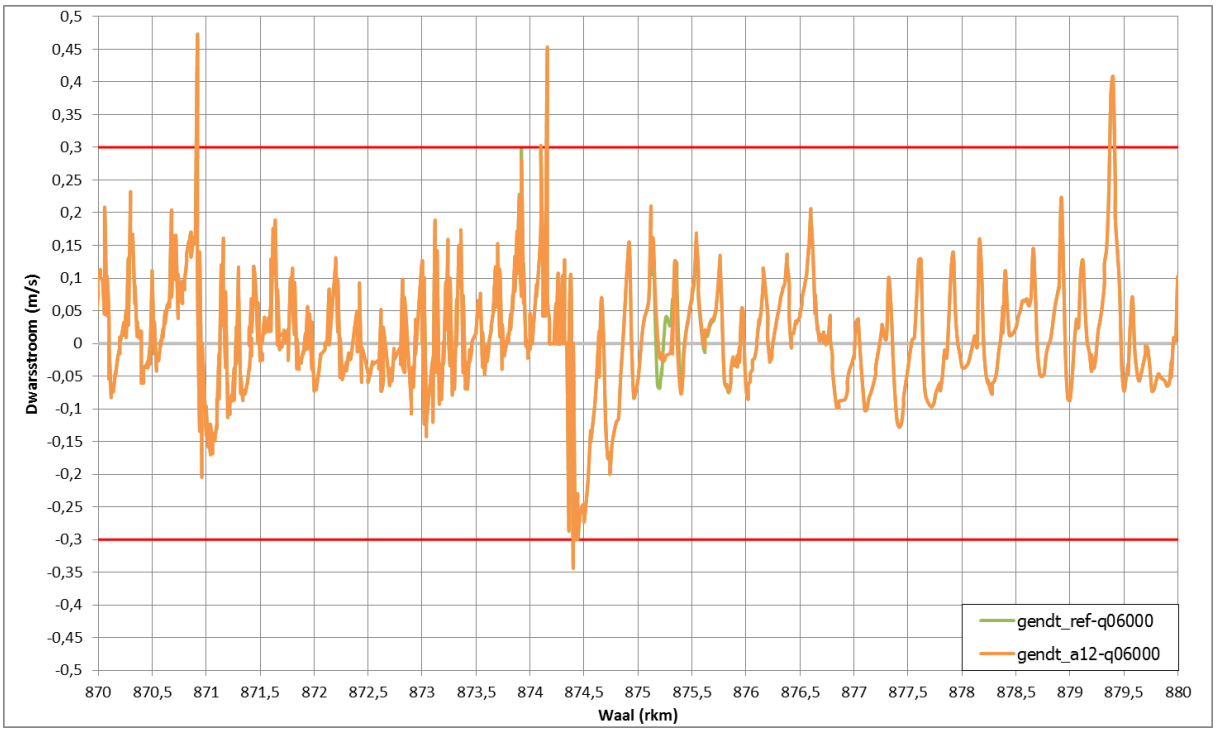


Figuur 6-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a12*

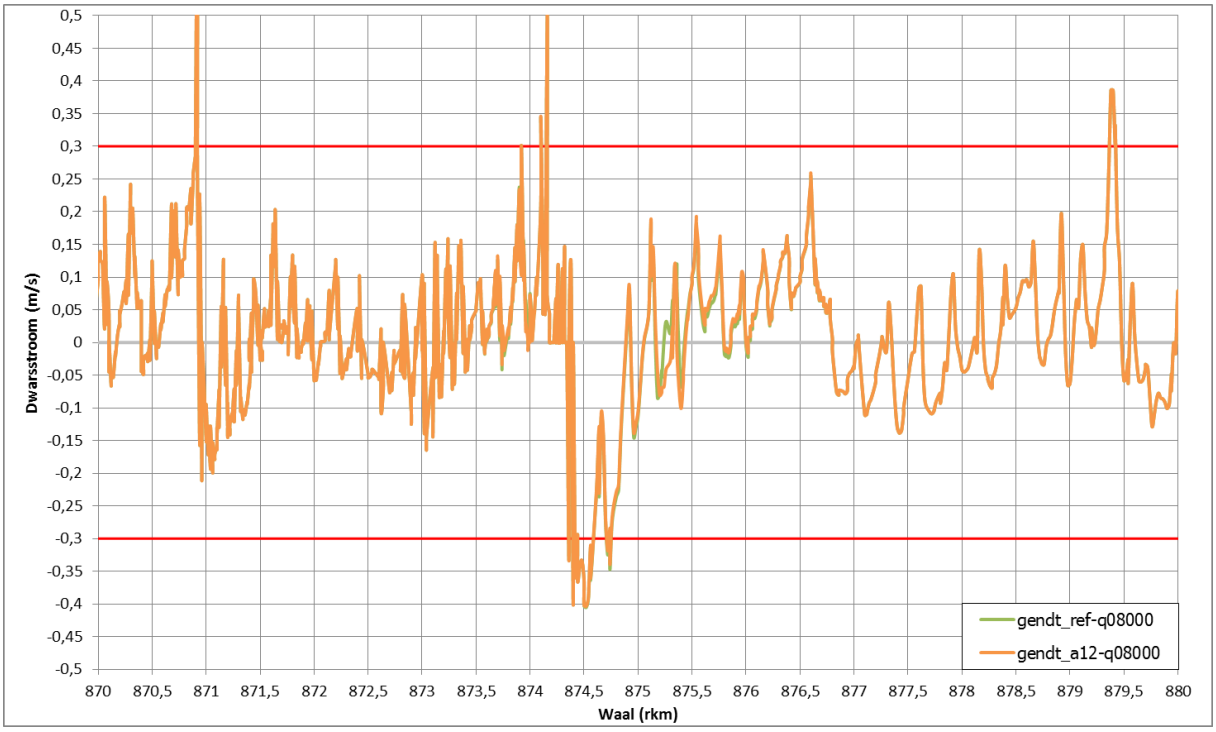
Naast grootte van de stroomsnelheid is dwarsstroming een ander aspect wat moet worden beoordeeld. De meeste veranderingen in geometrie en/of natuurontwikkeling bevinden zich in de uiterwaard achter (hoge) zomerkaden. Conform de verwachting is er weinig invloed is op de dwarsstroming. Voor afvoersituaties van 4.000, 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s tonen de volgende figuren de dwarsstroming van *gendt_ref* (groene lijn) en de variant *gendt_a12* (oranje lijn) langs de rand van de vaarweg.



Figuur 6-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a12*



Figuur 6-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a12*



Figuur 6-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a12*

De verschillende figuren met de dwarsstroming laten zien dat bij alle afvoeren de effecten op de dwarsstroming beperkt zijn tot maximaal 0,02 m/s. Als gevolg van het herinrichting van de Gendtse waard treden in de variant *gendt_a12* nergens veranderingen in dwarsstroming op die niet voldoen aan het RBK4.0.

De verandering van stroombeeld in de vaarweg voldoet voor de variant *gendt_a10* aan de eisen van het RBK4.0.

6.2.4 Verandering in afvoerverdeling

Dit aspect is al voor een groot deel uitgewerkt in paragrafen 6.1.3 en 6.1.4. Onderstaande tabel bevat, naast de al eerder beschreven situaties bij 10.000 en 16.000 m³/s, ook de veranderingen bij 8.000 m³/s.

Tabel 6-3 Veranderingen in afvoerverdeling bij verschillende afvoeren te Lobith, variant *gendt_a12*

Rijntak	**8.000 m³/s**	**10.000 m³/s**	**16.000 m³/s**
Boven-Rijn	0	0	0
Waal	0	+1	-5
Pannerdensch Kanaal	0	-1	+5
Nederrijn / Lek	0	-0	+3
IJssel	-0	-0	+2

De verandering van afvoerverdeling bij verschillende afvoeren voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR)

De ingreep heeft geen invloed op het stroombeeld bij afvoeren lager dan 6.000 m³/s bij Lobith. Er wordt dan ook geen invloed op de afvoerverdeling bij OLR (1.020 m³/s bij Lobith, zie paragraaf 2.5) verwacht. Dit is onderbouwt met een simulatie op basis van het Splitsingspuntenmodel en een vrije afvoerverdeling. Het resultaat wordt getoond in Tabel 6-4.

Tabel 6-4 Afvoerverdeling bij lage Boven-Rijn afvoer (1.020 m³/s te Lobith), variant *gendt_a12*

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a12* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	1.020	1.020	0
Waal	799	799	0
Pannerdensch Kanaal	221	221	0
Nederrijn / Lek	28	28	0
IJssel	193	193	0

De verandering van afvoerverdeling bij OLR voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.2.6 Onttrekking water uit zomerbed

De ingreep onttrekt geen water uit het zomerbed; wel is er sprake van een ander stroombeeld als gevolg van de ingreep. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in paragraaf 6.3.

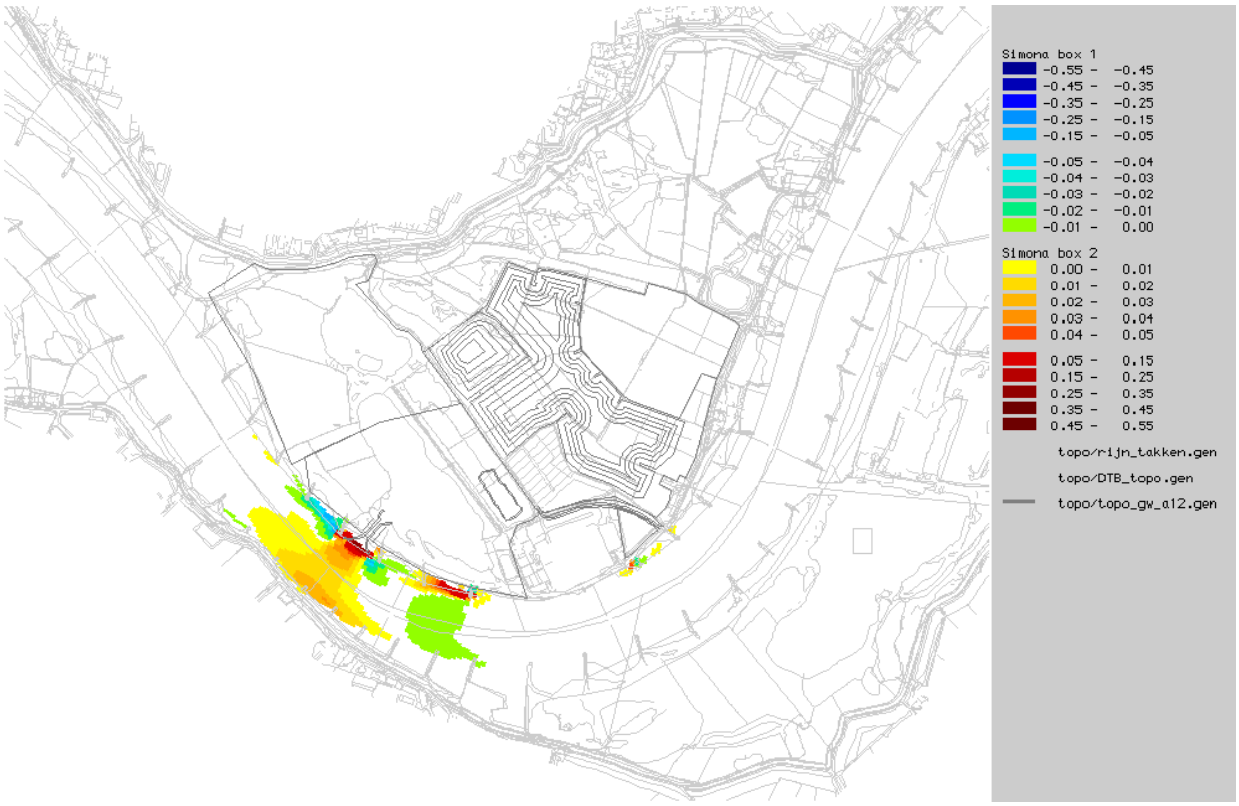
De afwezigheid van onttrekking van afvoer voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

6.3 Morfologische effecten

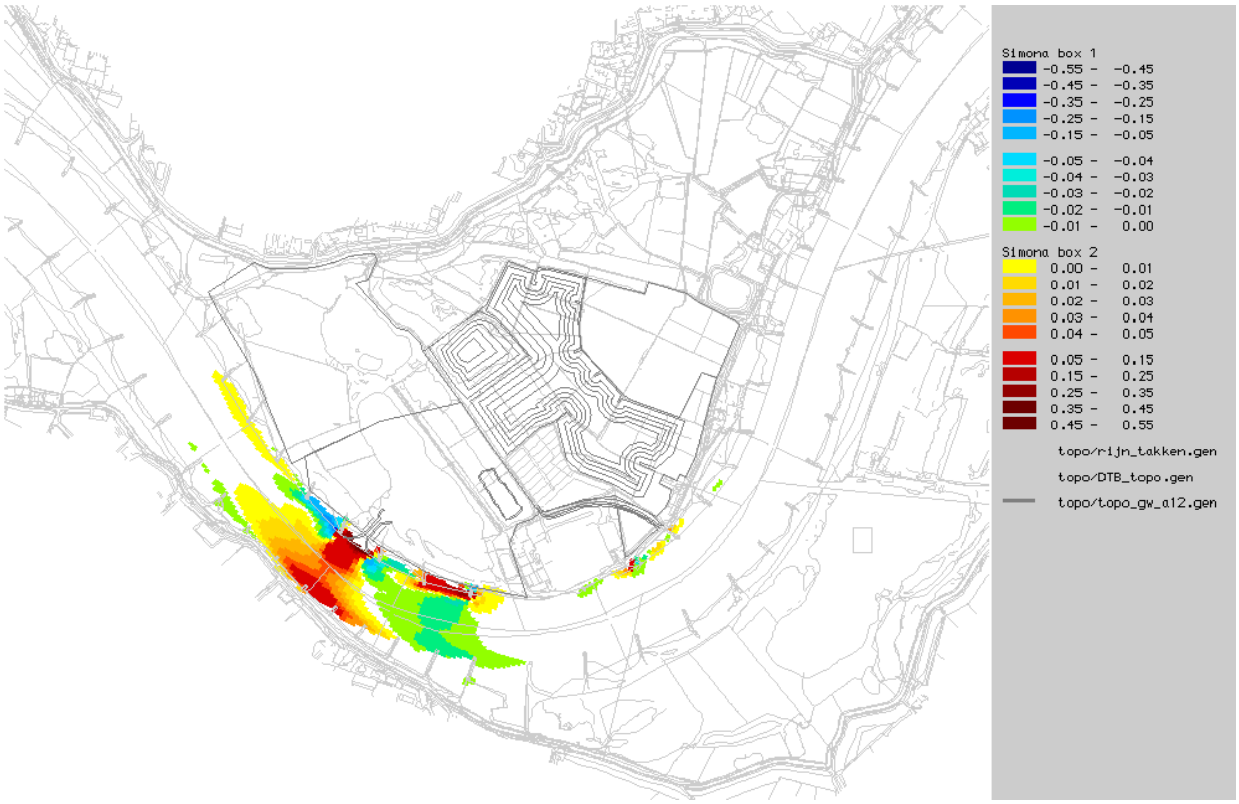
6.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed

Voor de morfologische effecten is gebruik gemaakt van WAQmorf. De resultaten worden getoond in de volgende drie figuren. Het volume aanzanding in de vaargeul bedraagt respectievelijk 1.120, 2.700 en 4.300 m³ voor de minimale, jaargemiddelde en maximale morfologische effecten. De aanzandingslengte bedraagt circa 650 meter.

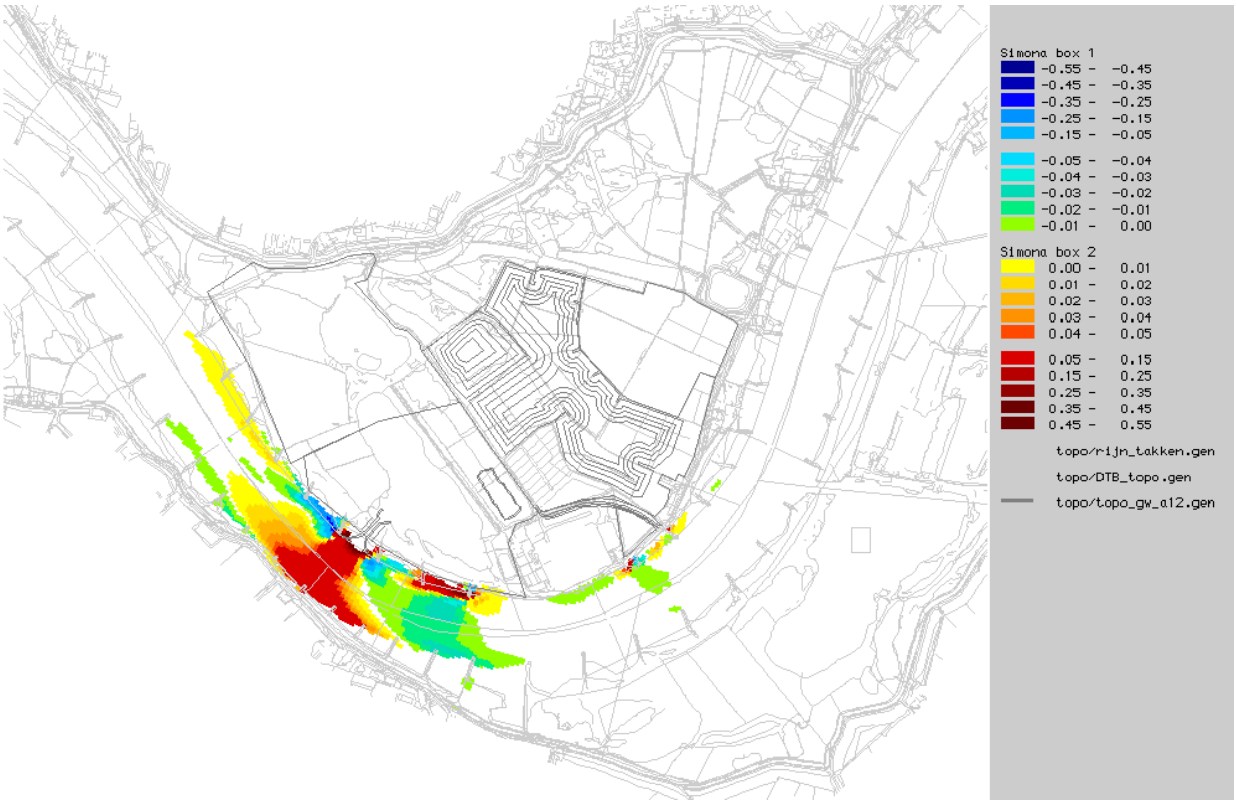
De mate van aanzanding ligt in de orde van cm's. In hoeverre aanzanding op dit traject past binnen de sedimentatieruimte is ter beoordeling van de rivierbeheerder.



Figuur 6-10 Morfologische effecten *gendt_a12*, veranderingen (m) na laagwater periode



Figuur 6-11 Morfologische effecten *gendt_a12*, jaargemiddelde veranderingen (m)

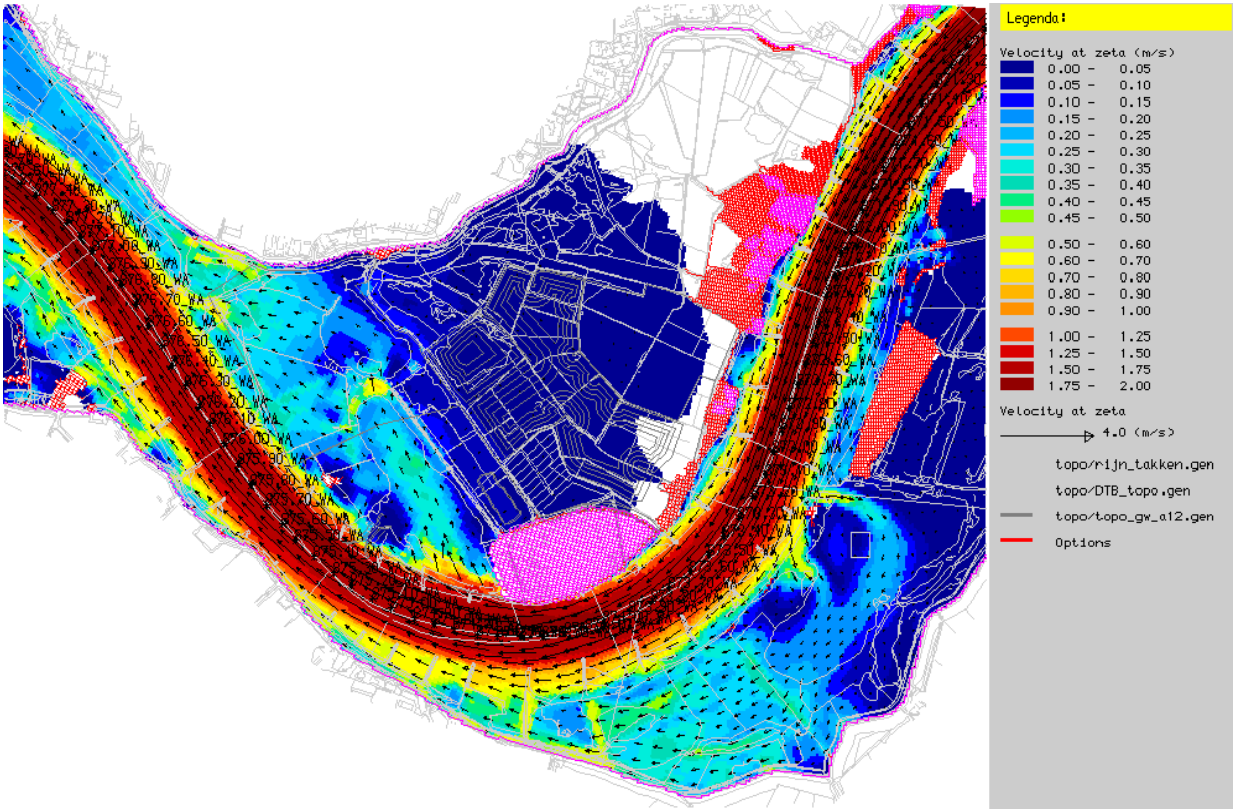


Figuur 6-12 Morfologische effecten *gendt_a12*, veranderingen (m) na hoogwater periode

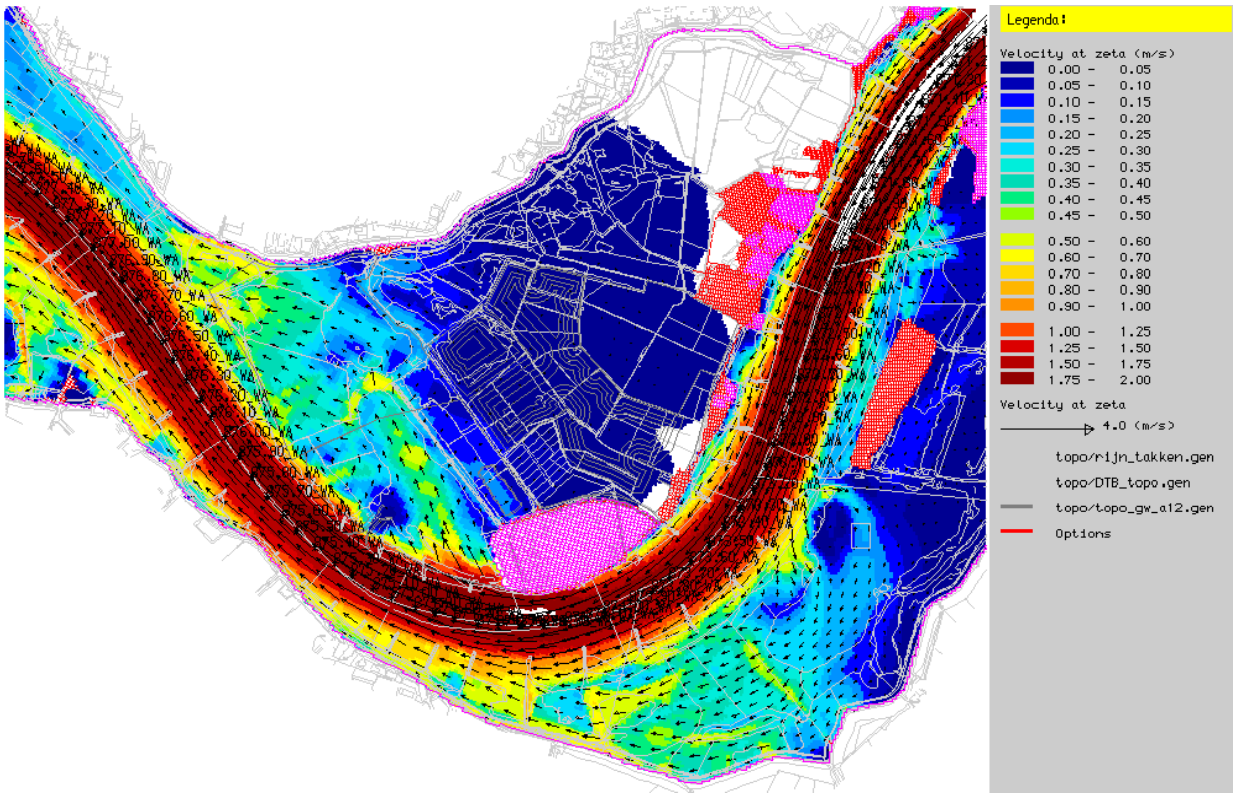
Of de morfologische effecten voldoen aan de eisen van het RBK4.0 is ter beoordeling van de rivierbeheerder.

6.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

Zoals al eerder is beschreven zijn de veranderingen van de stroomsnelheden in de uiterwaard relatief beperkt, zie paragraaf 6.2.2 Ook in absolute zin zijn de stroomsnelheden beperkt, zie Figuur 6-13 en Figuur 6-14. In het oostelijke deel van de Gendtse waard staat het water bijna stil (stroomsnelheid minder dan 0,05 m/s), in het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,6 m/s. Bij deze lage stroomsnelheden is het risico op erosie van de uiterwaard beperkt. Sedimentatie zou kunnen optreden in de nieuw gegraven plas in het oostelijke deel. Vanwege de diepte van de plas is dit geen probleem.



Figuur 6-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a12*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith)



Figuur 6-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a12*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith)

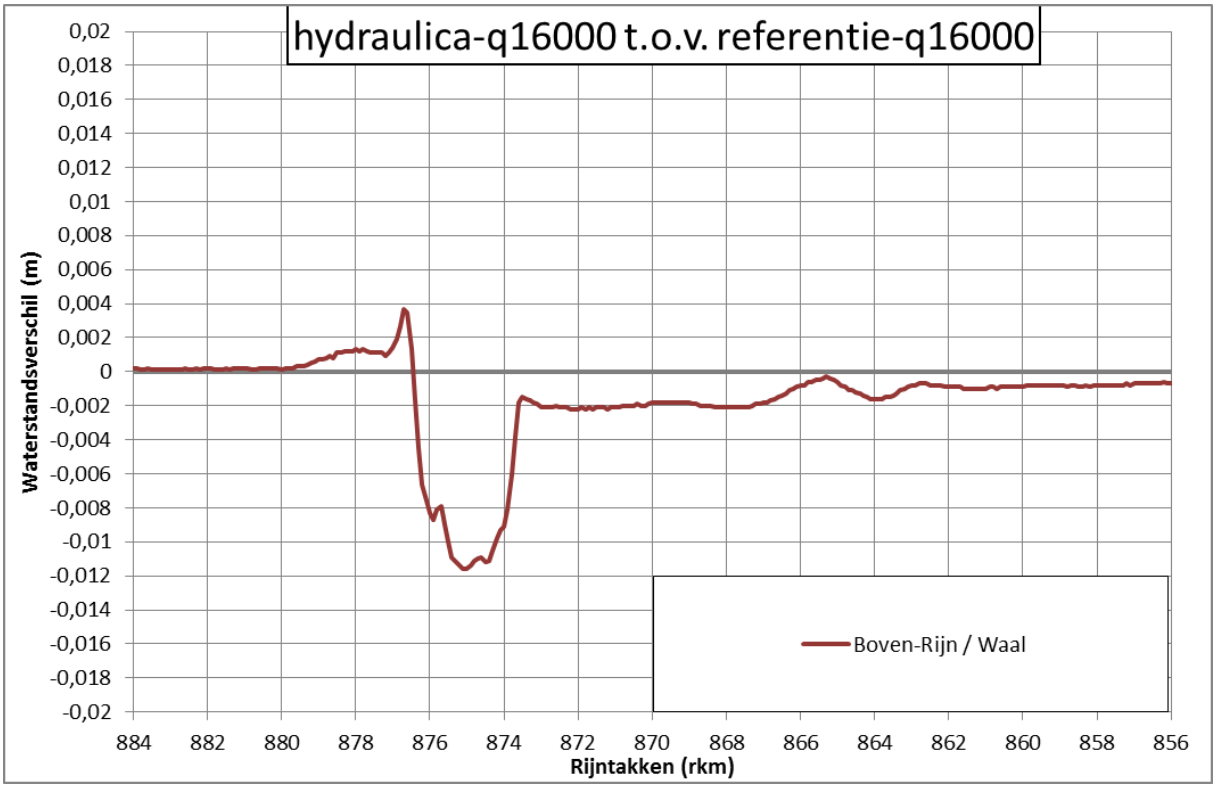
De sedimentatie en erosie van de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7 Rivierkundige effecten, alternatief 'hydraulica'

7.1 Hoogwaterveiligheid

7.1.1 Effecten bij MHW in de as van de rivier

Onderstaand figuur toont het waterstandseffect bij MHW (16.000 m³/s bij Lobith) van het alternatief 'hydraulica' cq. *gendt_a13* in de as van de rivier. Zichtbaar is dat er sprake is van een waterstandsverlaging van lokaal 12 mm. In bovenstroomse richting strekt de waterstandsverlaging zich uit tot bij Lobith. Ter hoogte van het splitsingspunt Pannerdensche Kop (rkm 865) is de waterstandsverlaging nog circa 1 mm. De invloed van deze waterstandsverlaging op de afvoerverdeling wordt beschreven in paragraaf 7.1.3. Er is sprake van een benedenstroomse piek (zaagtand) bij rkm 877.



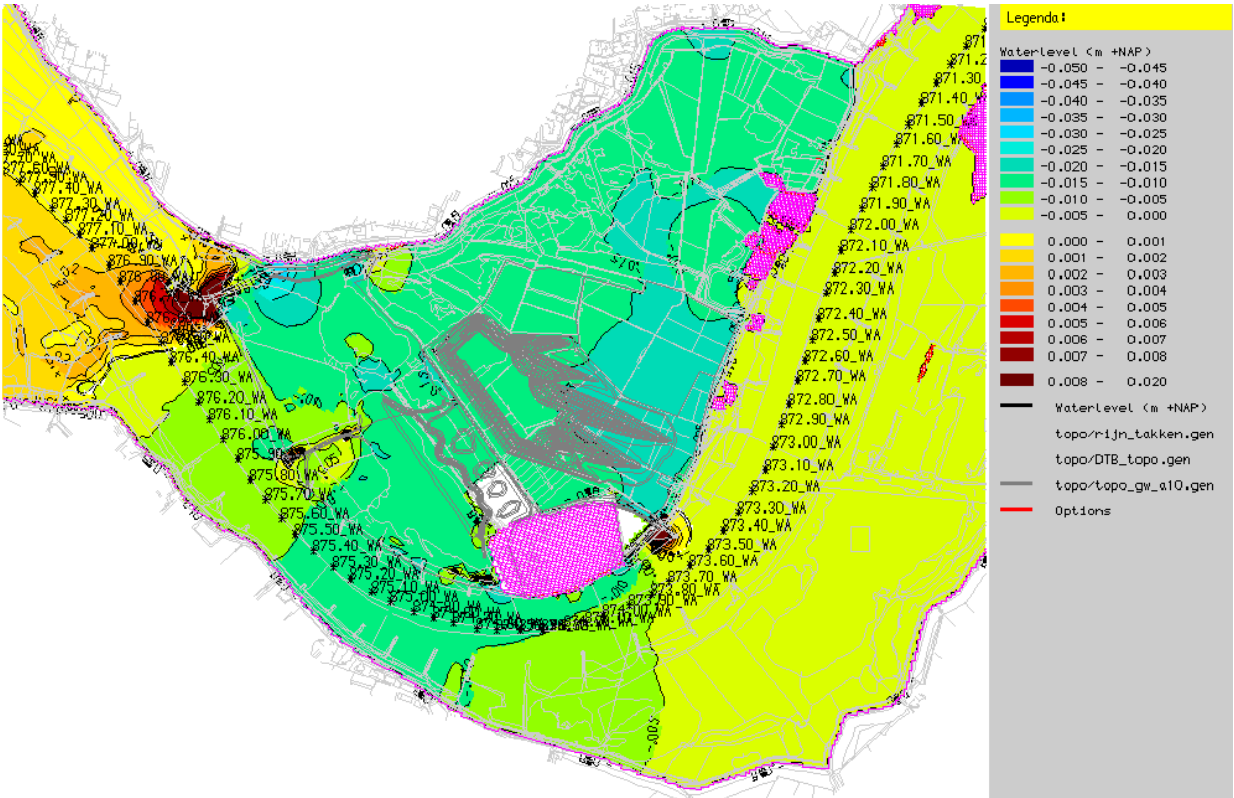
Figuur 7-1 Waterstandseffect *gendt_a13* in de as van de rivier, MHW-situatie

Deze waterstandsverlaging voldoet aan de eisen van het RBK4.0. De waterstandsverhoging is een zaagtand en hiermee onlosmakelijk verbonden aan de ingreep. Dit pas binnen de eisen van het RBK4.0.

7.1.2 Verandering in waterstand bij MHW, 2D-waterstandseffecten

Het beeld van Figuur 7-1 wordt onderschreven door het 2D-waterstandseffect zoals zichtbaar Figuur 7-2. Dit figuur laat zien dat de waterstandsverhoging maximaal is aan de benedenstroomse zijde. De waterstandsverlaging die het gevolg is van de extra ingrepen zorgt voor voldoende compensatie voor de piek die wordt veroorzaakt door de uitbreiding van de steenfabriek.

Op de zuidelijke (linker) oever van de Waal is sprake van een waterstandsverhoging van meer dan 1 mm vanaf rkm 874,4 in bovenstroomse richting tot aan Lobith. Direct bovenstrooms van de Gendtse waard is op de noordelijke oever sprake van een water-standsverhoging groter dan 1 mm vanaf rkm 871,4 en verder bovenstrooms tot aan Lobith.



Figuur 7-2 2D-waterstandseffect *gendt_a13*, MHW-situatie

Deze waterstandsverhoging is een zaagtand en hiermee onlosmakelijk verbonden aan de ingreep. Dit pas binnen de eisen van het RBK4.0.

7.1.3 Verandering in afvoerverdeling bij MHW

De invloed op de afvoerverdeling bij MHW voor variant *gendt_a13* wordt getoond in Tabel 7-1.

Tabel 7-1 Afvoerverdeling bij MHW (16.000 m³/s te Lobith), variant 'hydraulica'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a13* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	16.000	16.000	0
Waal	10.155	10.149	-1
Pannerdensch Kanaal	5.845	5.846	+1
Nederrijn / Lek	3.342	3.343	+1
IJssel	2.509	2.510	+0

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.1.4 Verandering in afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer

De invloed op de afvoerverdeling bij een hoge Boven-Rijn afvoer voor variant *gendt_a13* wordt getoond in Tabel 7-2.

Tabel 7-2 Afvoerverdeling bij hoge Boven-Rijn afvoer (10.000 m³/s te Lobith), variant 'hydraulica'

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a13* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**

Boven-Rijn	10.000	10.000	0
Waal	6.502	6.515	+13
Pannerdensch Kanaal	3.498	3.485	-13
Nederrijn / Lek	2.074	2.068	-8
IJssel	1.427	1.422	-5

De verandering in de afvoerverdeling voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.1.5 IJsafvoer

De herinrichting zorgt voor een grotere plas in de uiterwaard met een potentieel grotere oppervlakte van ijs wat los zou kunnen breken. Vanwege de ligging achter de zomerkade / weg is het risico hierop beperkt. Aan de rivierzijde is geen sprake van het oprichten van obstakels/belemmeringen die een vrije afvoer van het ijs bemoeilijken.

De verandering in de afvoer van ijs voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.2 Hinder of schade door rivierkundige effecten

7.2.1 Inundatiefrequentie van de uiterwaard

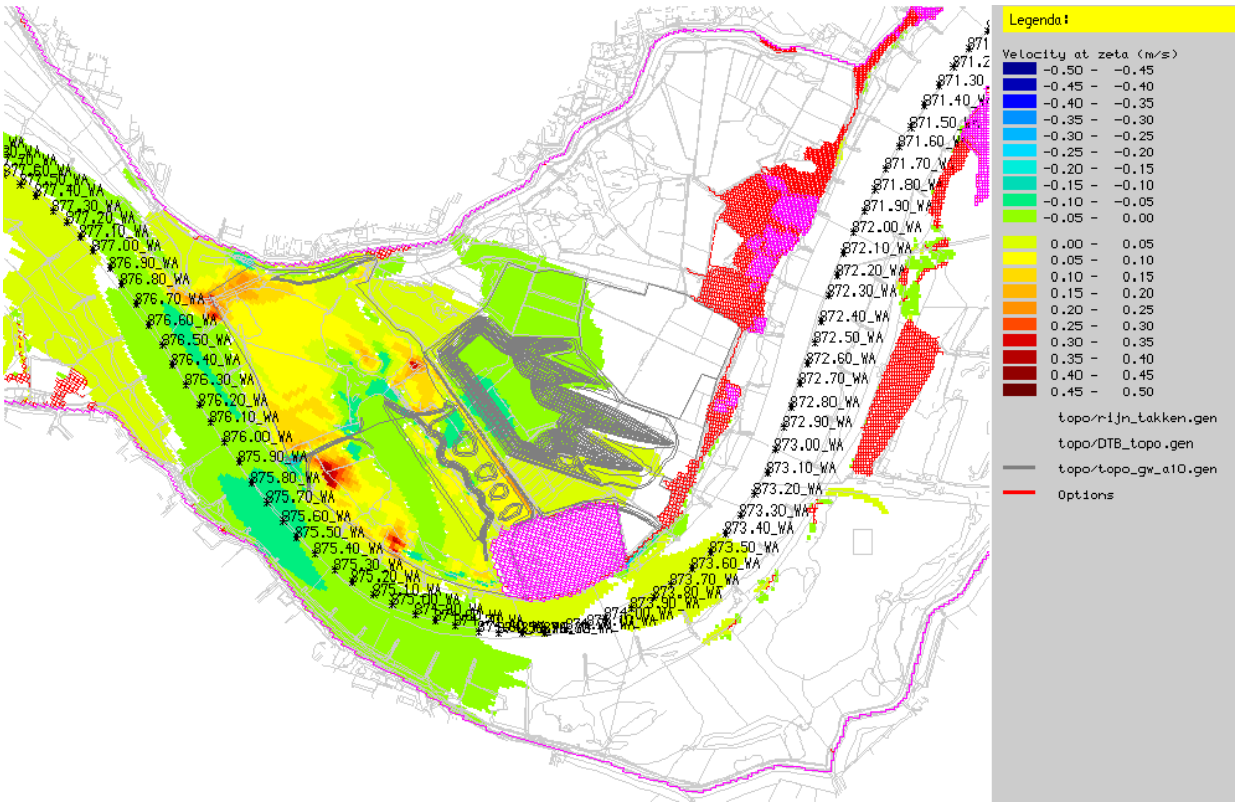
In het noordwestelijke deel van de uiterwaard zijn (behoudens de aanvulling tegen de dijk) geen geometrische veranderingen. In dit deel van de uiterwaard zijn dan ook geen veranderingen in inundatie. In de huidige situatie inundeert het zuidwestelijke deel van de Gendtse Waard bij een afvoer bij Lobith van circa 6.000 m^3/s; bij lagere afvoeren is het Vossegat in dit deel van de uiterwaard niet aangetakt aan de Waal. In de toekomstige situatie vult de uiterwaard via de verbinding met de Waal ter hoogte van rkm 975,8. Dit betekent dat het Vossegat mee fluctueert met de waterstand in de Waal en dat de lagere oevers rondom het Vossegat een hogere inundatiefrequentie zullen krijgen.

De zomerkade die de uiterwaard splitst in een westelijk en een oostelijk deel blijft qua hoogte gehandhaafd; hij wordt deels in oostelijke richting verplaatst. Dit betekent dat het oostelijke deel van de uiterwaard niet vaker zal inunderen dan nu reeds het geval is.

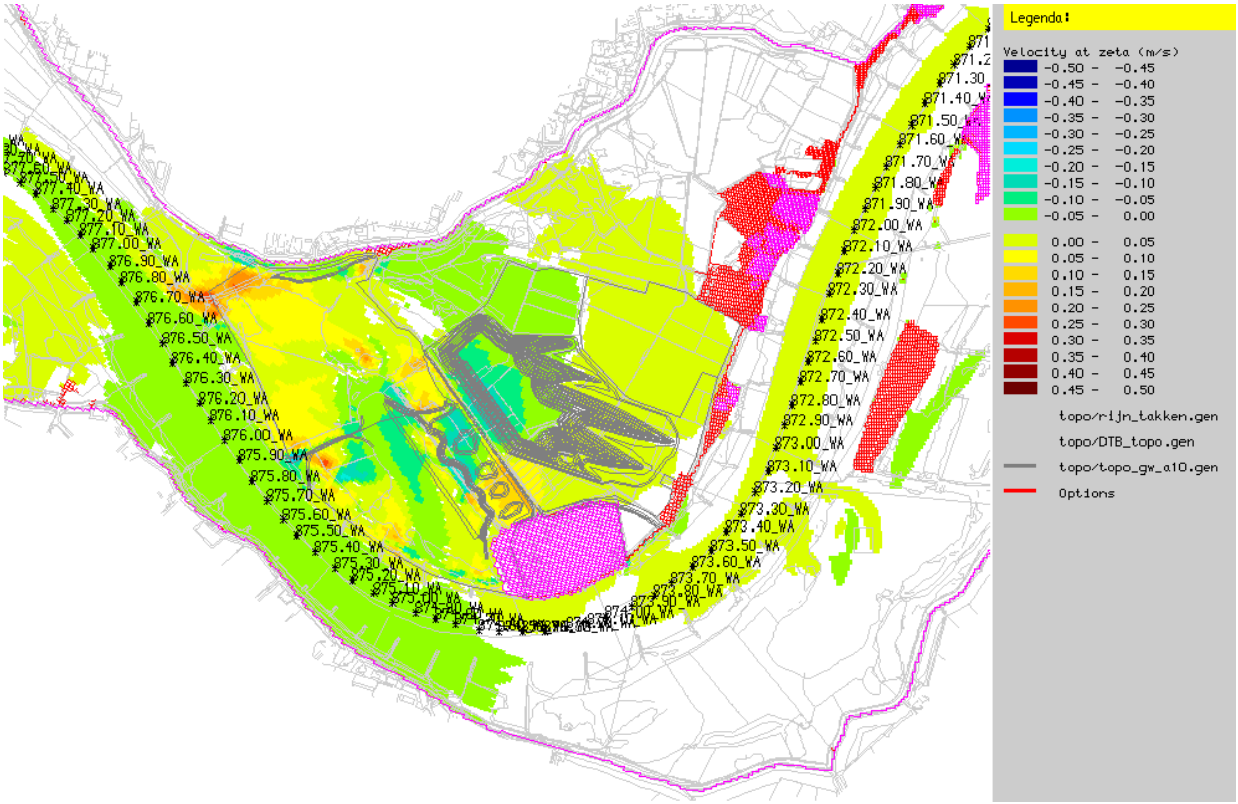
De verandering van inundatiefrequentie voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Bij een afvoer van 6.000 m^3/s stroomt het westelijke deel van de uiterwaard mee. Er is sprake van beperkte verandering in het stroombeeld als gevolg van de verlaging en natuurontwikkeling. De stroomsnelheden zijn lager dan 0,5 m/s dus er is geen risico op erosie. Bij een afvoer van 8.000 m^3/s overstroomt de zomerkade en gaat het oostelijke deel van de uiterwaard meestromen. In het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden maximaal 0,8 m/s waardoor er nog geen risico op erosie is. In het oostelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,2 m/s. Het verschil in stroomsnelheden wordt getoond Figuur 7-3. De rode cellen in dit figuur tonen de gebieden die droog zijn bij deze afvoer.



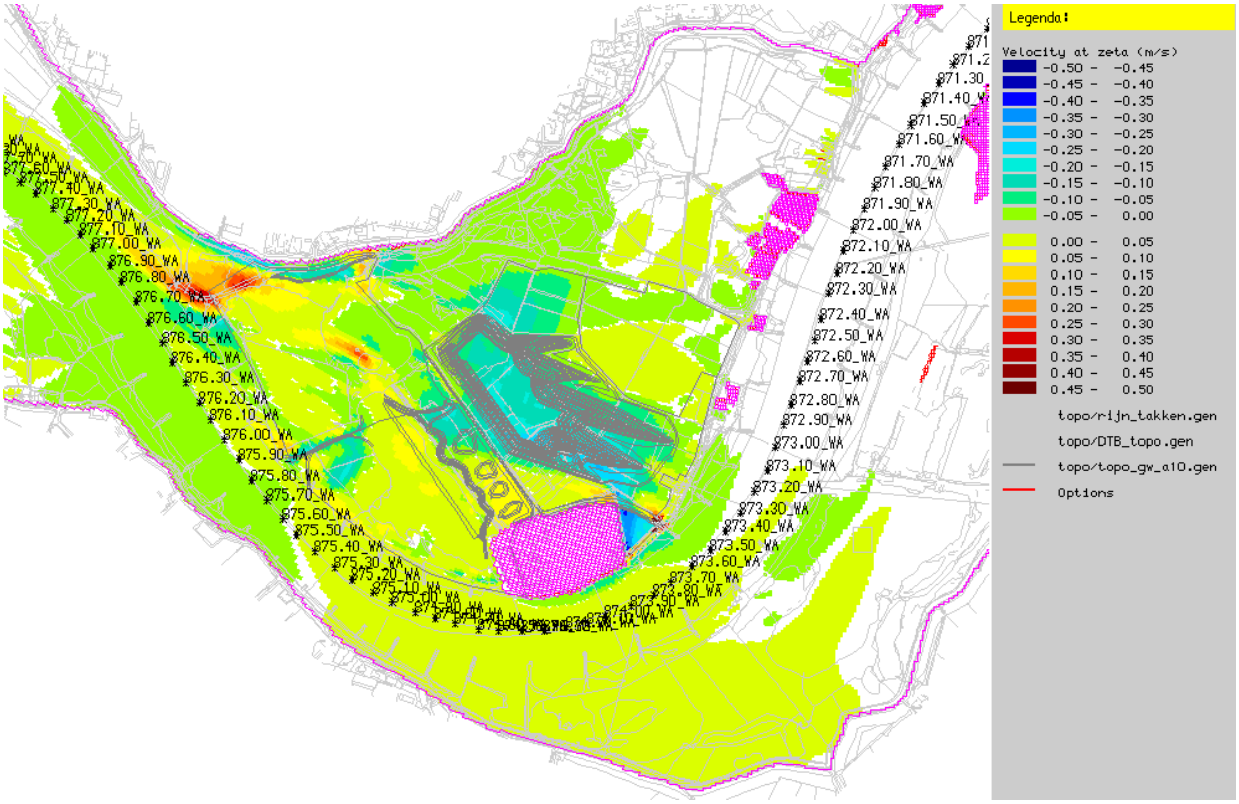
Figuur 7-3 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 8.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13*



Figuur 7-4 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 10.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13*

Bij een afvoer van 10.000 m³/s is het stroombeeld in grote lijnen hetzelfde als bij een afvoer van 8.000 m³/s. De stroomsnelheden in het westelijke deel zijn iets toegenomen; in het oostelijke deel van de uiterwaard staat het water nog altijd bijna stil. De hoge oever (circa 15,5 m+NAP) tussen de Waal en dit deel van de uiterwaard raakt nog niet overstroomd.

De grootste veranderingen zijn zichtbaar bij 16.000 m³/s. Het oostelijke deel van de uiterwaard stroomt nu mee in zowel de referentiesituatie als in het ontwerp. Als gevolg van de vergravingen en de natuurontwikkeling zijn relatief grotere verschillen zichtbaar in de stroomsnelheden in de oostelijke uiterwaard, zie Figuur 7-5. Het aanpassen van de natuurontwikkeling in de noordwestelijke punt zorgt op deze locatie voor iets hogere stroomsnelheden. Ten opzichte van Figuur 7-3 is goed zichtbaar dat er bij deze hogere afvoer (16.000 m³/s versus 8.000 m³/s) minder rode cellen zijn en dus minder droge gebieden. Dit is vanzelfsprekend het gevolg van de hogere waterstanden die optreden bij een afvoer van 16.000 m³/s.



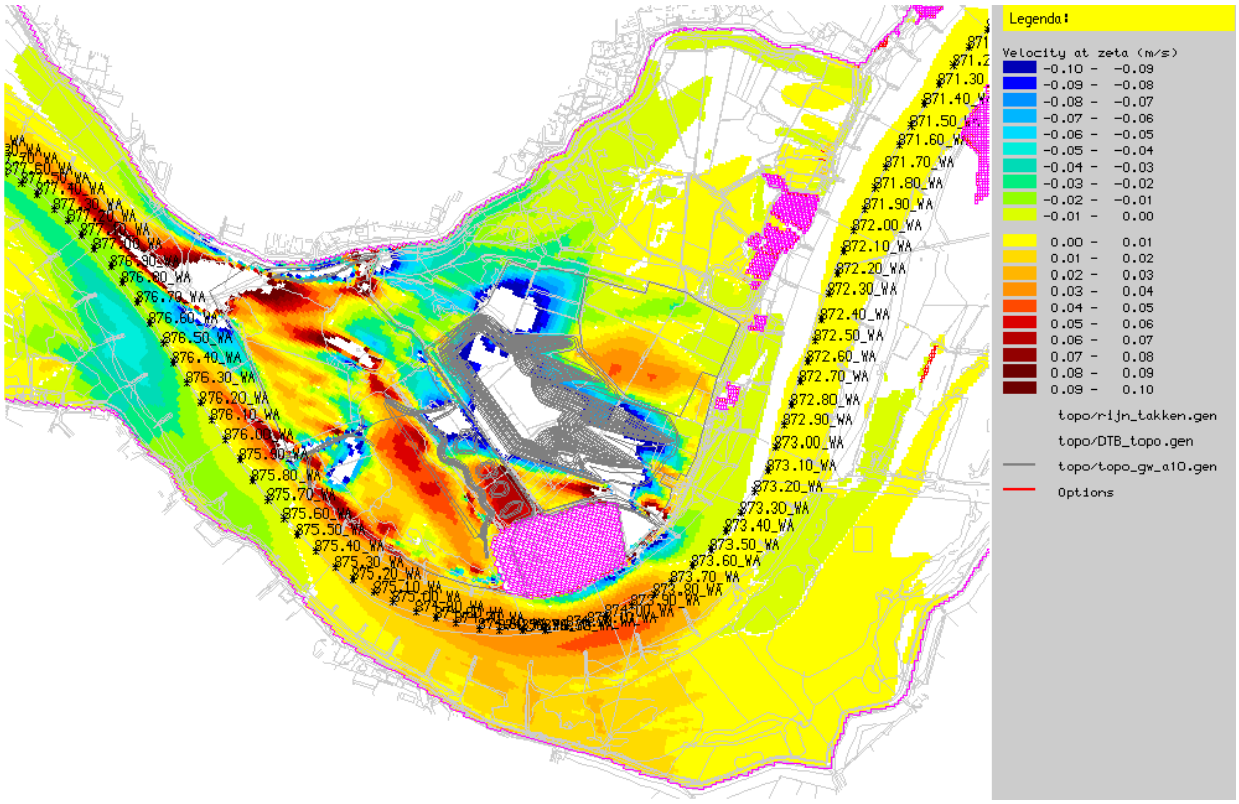
Figuur 7-5 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13*

De verandering van stroombeeld in de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.2.3 Stroombeeld in de vaarweg

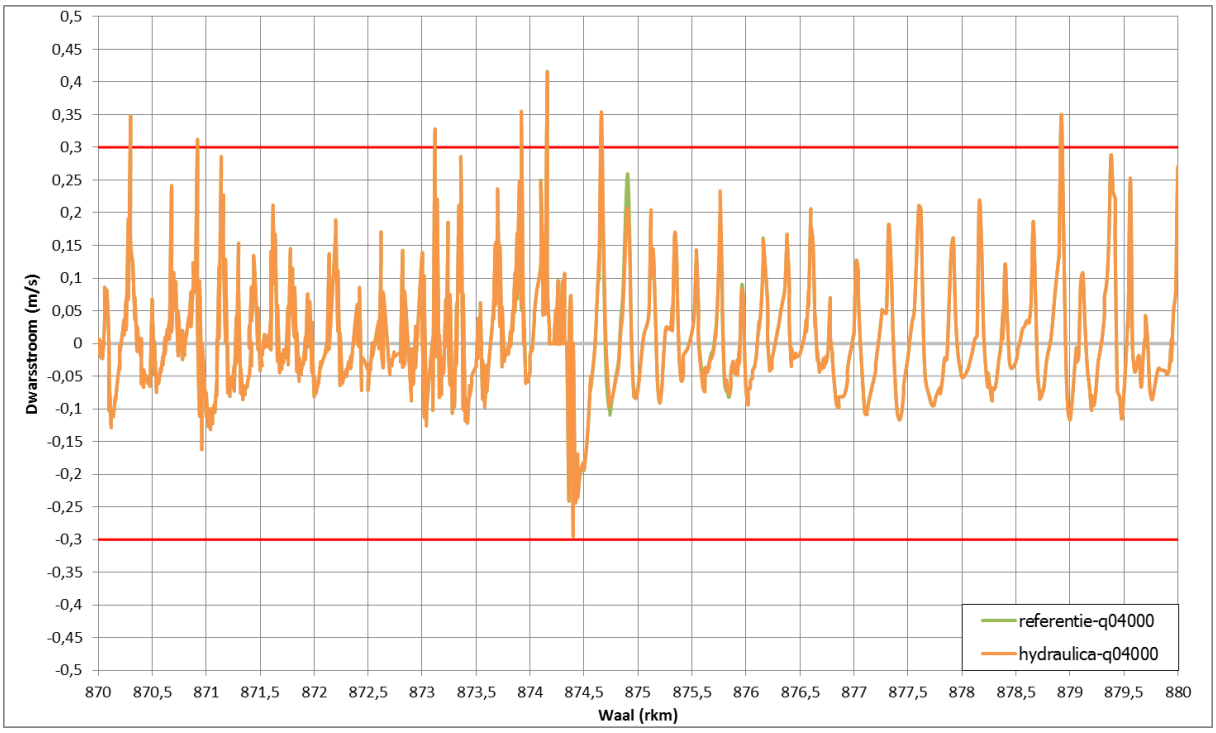
De figuren van paragraaf 7.2.2 kunnen ook worden gebruikt voor een beoordeling van de verandering van stroomsnelheden in de vaarweg. Uit deze figuren wordt duidelijk dat de stroomsnelheden in de vaarweg beperkt veranderen, namelijk minder dan 0,1 m/s.

Bij een afvoer van 16.000 m³/s is sprake van het grootste gebied met verandering in de stroomsnelheden en ook de grootste veranderingen. Een verdere detaillering bij 16.000 m³/s laat zien dan minder dan 0,1 m/s in de vaarweg concreet neerkomt op een verandering van minder dan 0,03 m/s, zie Figuur 7-6. Er is dus geen significante verandering van het stroombeeld in de vaarweg.

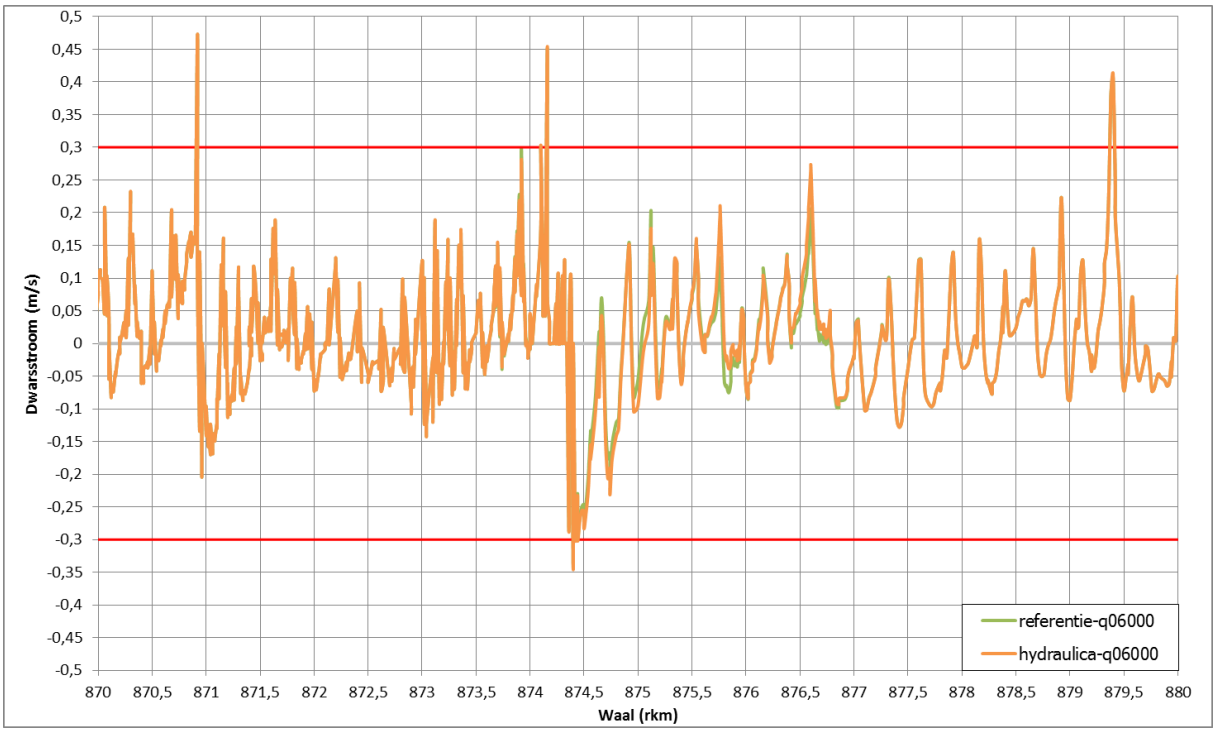


Figuur 7-6 Detaillering 2D-stroomsnelheidseffecten (m/s), Q = 16.000 m³/s (Lobith), variant *gendt_a13*

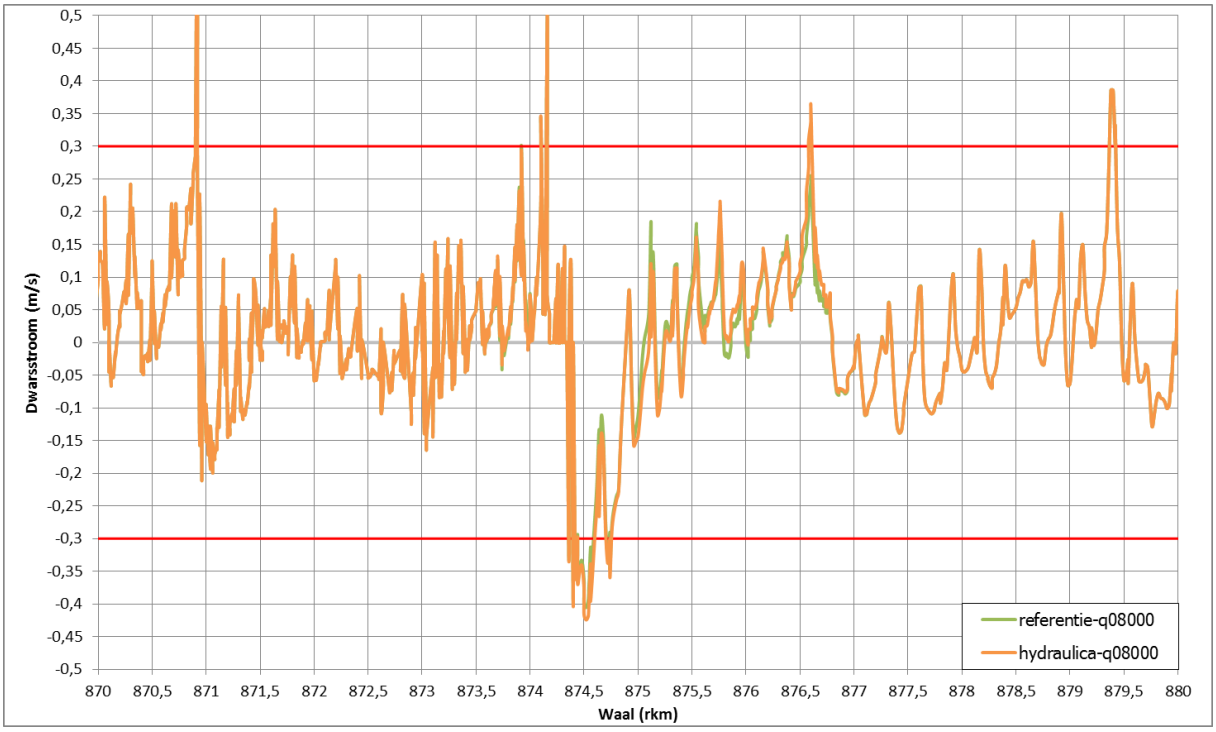
Naast grootte van de stroomsnelheid is dwarsstroming een ander aspect wat moet worden beoordeeld. De meeste veranderingen in geometrie en/of natuurontwikkeling bevinden zich in de uiterwaard achter (hoge) zomerkaden. Conform de verwachting is er weinig invloed is op de dwarsstroming. Voor afvoersituaties van 4.000, 6.000, 8.000 en 10.000 m³/s tonen de volgende figuren de dwarsstroming van *gendt_ref* (groene lijn) en de variant *gendt_a13* (oranje lijn) langs de rand van de vaarweg.



Figuur 7-7 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 4.000 m³/s (Lobith), *gendt_a13*



Figuur 7-8 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 6.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11*



Figuur 7-9 Dwarsstroming (m/s) langs de noordelijke rand van de vaarweg, Q = 8.000 m³/s (Lobith), *gendt_a11*

De verschillende figuren met de dwarsstroming laten zien dat bij alle afvoeren de effecten op de dwarsstroming beperkt zijn tot maximaal 0,06 m/s. Als gevolg van het herinrichting van de Gendtse waard is bij rkm 875,2 sprake van een toename van 0,12 m/s naar 0,18 m/s. Anderzijds is bij rkm 876,5 sprake van een forse vermindering van de dwarsstroming.

De verandering van stroombeeld in de vaarweg voldoet voor het alternatief *gendt_a13* aan de eisen van het RBK4.0.

7.2.4 Verandering in afvoerverdeling

Dit aspect is al voor een groot deel uitgewerkt in paragrafen 4.1.3 en 4.1.4. Onderstaande tabel bevat, naast de al eerder beschreven situaties bij 10.000 en 16.000 m³/s, ook de veranderingen bij 8.000 m³/s.

Tabel 7-3 Veranderingen in afvoerverdeling bij verschillende afvoeren te Lobith, variant *gendt_a10*

Rijntak	**8.000 m³/s**	**10.000 m³/s**	**16.000 m³/s**
Boven-Rijn	0	0	0
Waal	0	+1	-5
Pannerdensch Kanaal	0	-1	+5
Nederrijn / Lek	0	-0	+3
IJssel	-0	-0	+2

De verandering van afvoerverdeling bij verschillende afvoeren voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.2.5 Afvoerverdeling bij lage rivierafvoer (OLR)

De ingreep heeft geen invloed op het stroombeeld bij afvoeren lager dan 6.000 m³/s bij Lobith. Er wordt dan ook geen invloed op de afvoerverdeling bij OLR (1.020 m³/s bij Lobith, zie paragraaf 2.5) verwacht. Dit is onderbouwt met een simulatie op basis van het Splitsingspuntenmodel en een vrije afvoerverdeling. Het resultaat wordt getoond in Tabel 4-4.

Tabel 7-4 Afvoerverdeling bij lage Boven-Rijn afvoer (1.020 m³/s te Lobith), variant *gendt_a10*

Rijntak	***gendt_ref* (m³/s)**	***gendt_a10* (m³/s)**	***verschil* (m³/s)**
Boven-Rijn	1.020	1.020	0
Waal	799	799	0
Pannerdensch Kanaal	221	221	0
Nederrijn / Lek	28	28	0
IJssel	193	193	0

De verandering van afvoerverdeling bij OLR voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.2.6 Onttrekking water uit zomerbed

De ingreep onttrekt geen water uit het zomerbed; wel is er sprake van een ander stroombeeld als gevolg van de ingreep. Dit aspect wordt nader uitgewerkt in paragraaf 4.3.

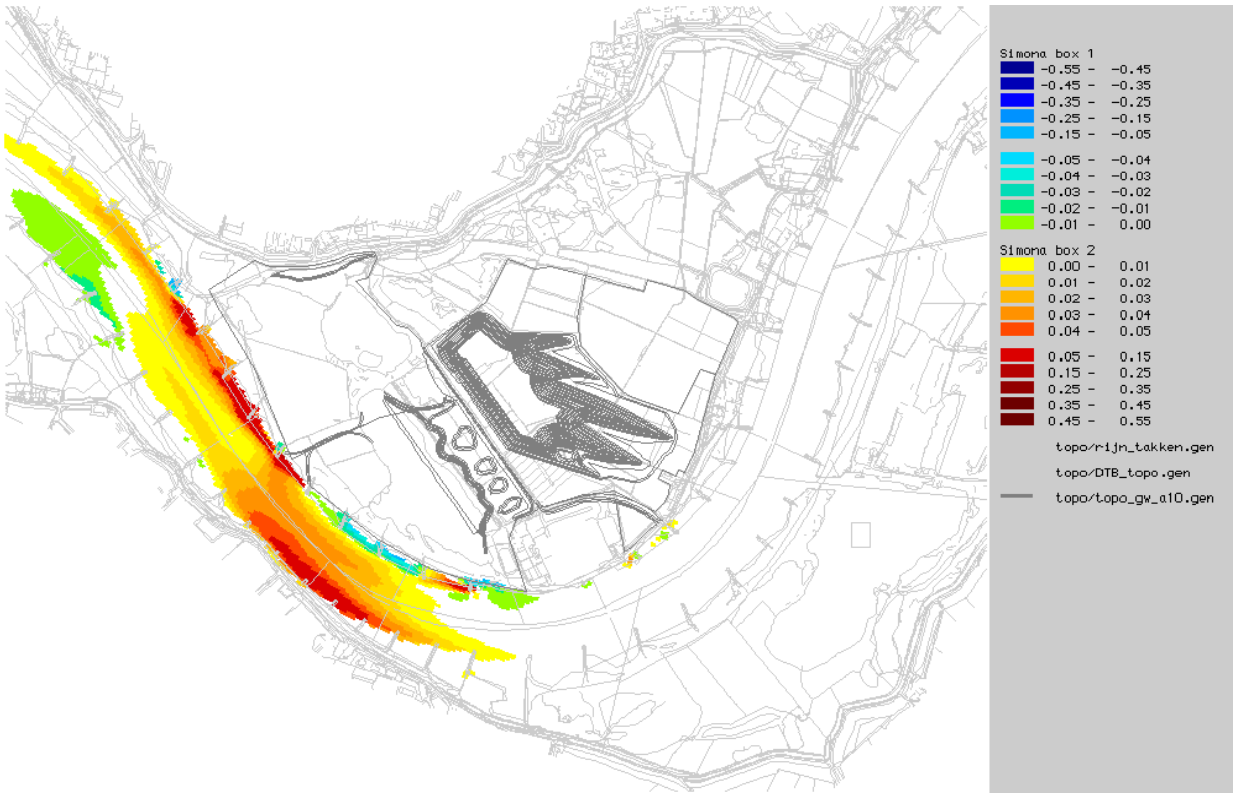
De afwezigheid van onttrekking van afvoer voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

7.3 Morfologische effecten

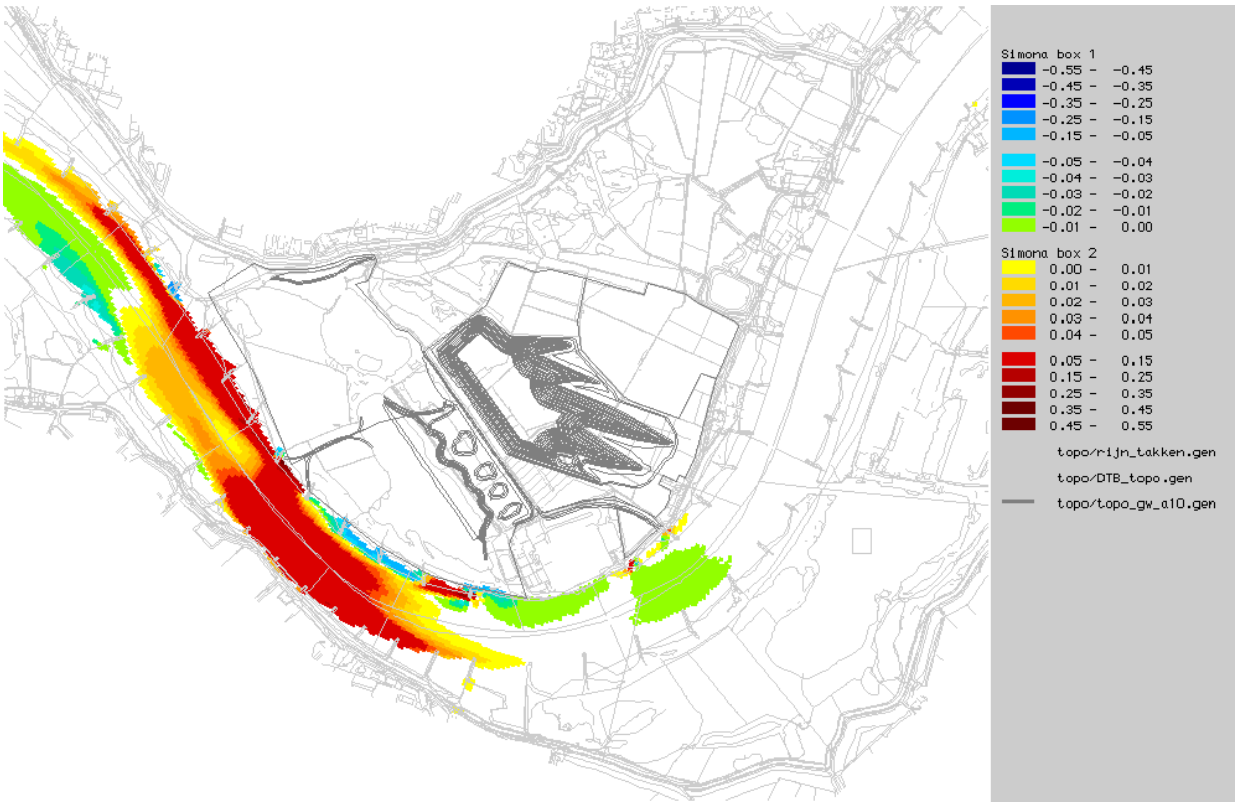
7.3.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed

Voor de morfologische effecten is gebruik gemaakt van WAQmorf. De resultaten worden getoond in de volgende drie figuren. Het volume aanzanding in de vaargeul bedraagt respectievelijk 2.870, 6.620 en 11.220 m³ voor de minimale, jaargemiddelde en maximale morfologische effecten. De aanzandingslengte bedraagt circa 650 meter.

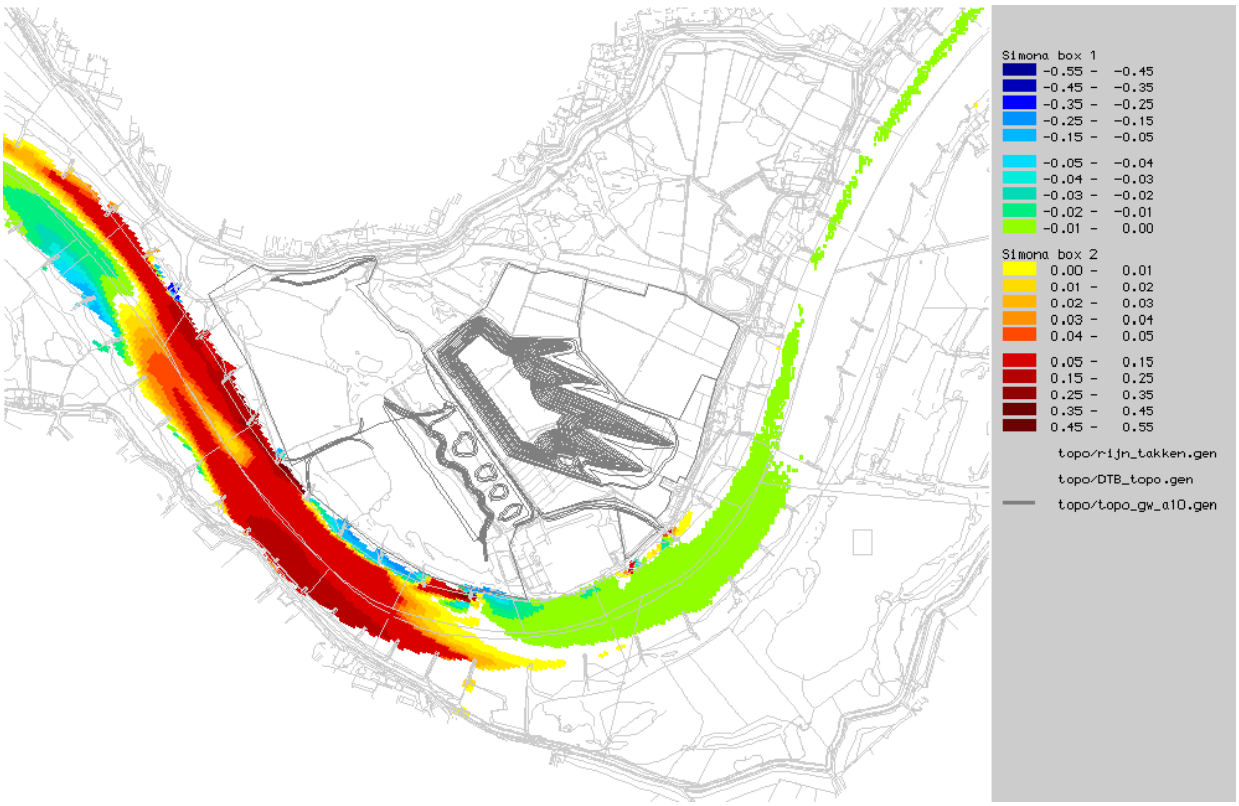
De mate van aanzanding ligt in de orde van dm's ter plekke van de aantakking naar het Vossegat. In deze mate voldoet de aanzanding niet aan RBK4.0.



Figuur 7-10 Morfologische effecten *gendt_a13*, veranderingen (m) na laagwater periode



Figuur 7-11 Morfologische effecten *gendt_a13*, jaargemiddelde veranderingen (m)

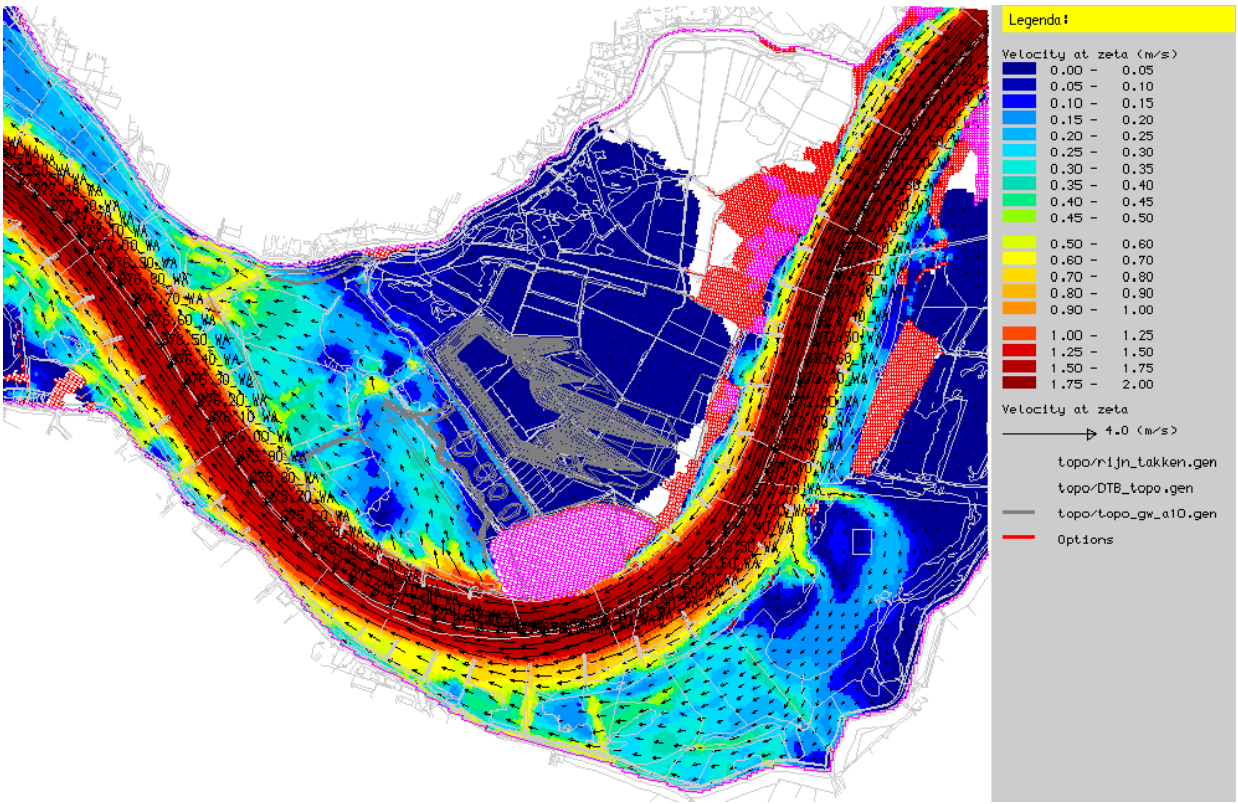


Figuur 7-12 Morfologische effecten *gendt_a13*, veranderingen (m) na hoogwater periode

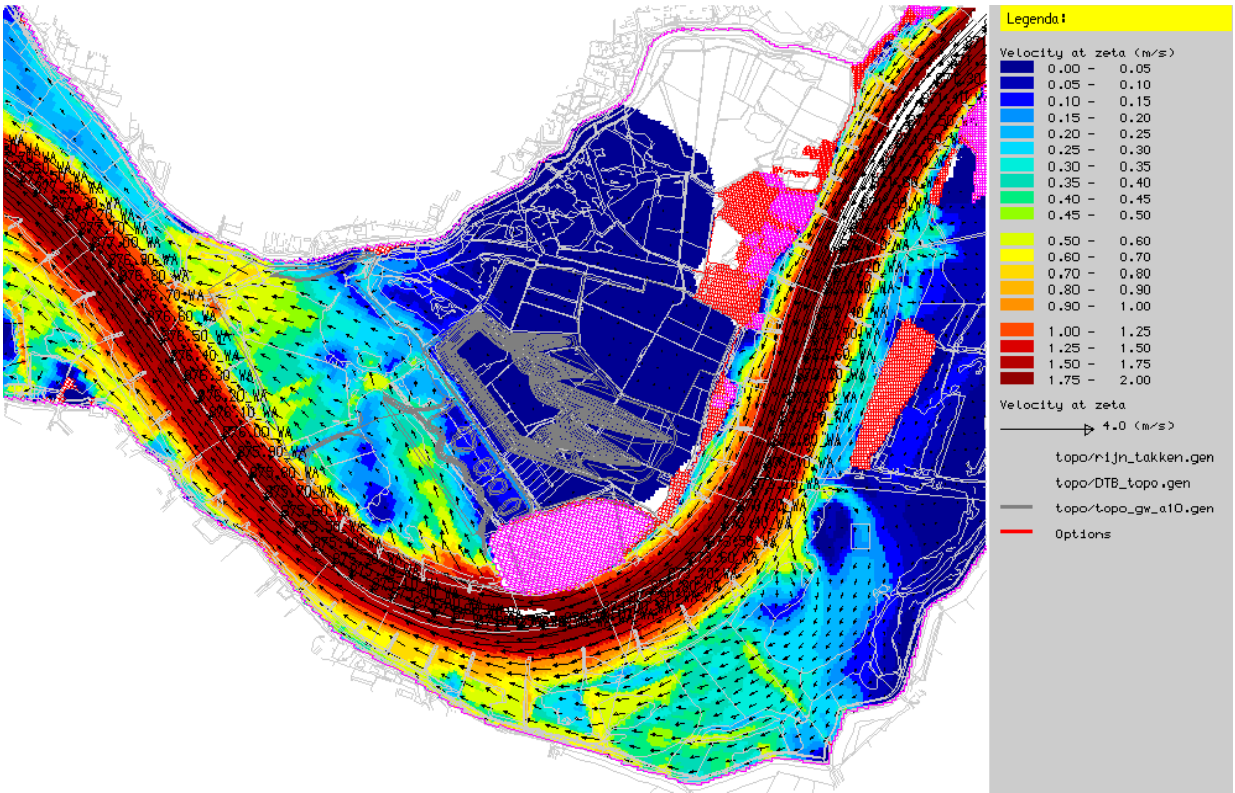
Of de morfologische effecten voldoen aan de eisen van het RBK4.0 is ter beoordeling van de rivierbeheerder. Het is duidelijk dat het verlagen van de oever een aanzienlijk morfologisch effect tot gevolg heeft.

7.3.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

Zoals al eerder is beschreven zijn de veranderingen van de stroomsnelheden in de uiterwaard relatief beperkt, zie paragraaf 7.2.2 Ook in absolute zin zijn de stroomsnelheden beperkt, zie Figuur 7-13 en Figuur 7-14. In het oostelijke deel van de Gendtse waard staat het water bijna stil (stroomsnelheid minder dan 0,05 m/s), in het westelijke deel van de uiterwaard zijn de stroomsnelheden lager dan 0,6 m/s. Bij deze lage stroomsnelheden is het risico op erosie van de uiterwaard beperkt. Sedimentatie zou kunnen optreden in de nieuw gegraven plas in het oostelijke deel. Vanwege de diepte van de plas is dit geen probleem.



Figuur 7-13 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a13*, afvoer 8.000 m³/s (Lobith)



Figuur 7-14 Stroomsnelheid (m/s) *gendt_a13*, afvoer 10.000 m³/s (Lobith)

De sedimentatie en erosie van de uiterwaard voldoet aan de eisen van het RBK4.0.

8 Samenvatting beoordeling conform RBK4.0

Zoals zichtbaar is in Tabel 8-1 voldoen de varianten *gendt_a10, gendt_a11* en *gendt_a12* niet aan het aspect van waterstandsverhoging bij MHW (16.000 m³/s bij Lobith). Het alternatief *gendt_a13* voldoet wel aan dit aspect. Met betrekking tot de sedimentatie van de vaargeul dient overleg met RWS-ON plaats te vinden. Op de overige aspecten voldoet het ontwerp wel aan RBK4.0.

Tabel 8-1 Overzicht beoordeling varianten Gendt conform RBK4.0

	$	Aspect	Criterium	Voldoet			
				gendt_a10	gendt_a11	gendt_a12	gendt_a13
Hoogwater-veiligheid	3.1.1	MHW-stand as rivier	Verhoging < 1 mm	nee	nee	nee	ja
		Bergend volume	Geen afname	ja	ja	ja	ja
	3.1.2	MHW-stand 2D	Verhoging < 1 mm	nee	nee	nee	ja
	3.1.3	Afvoerverdeling MHW	< 5 m³/s	ja	ja	ja	ja
	3.1.4	Afvoerverdeling hoogwater	< 20 m³/s	ja	ja	ja	ja
	3.1.5	IJsafvoer	Geen belemmering	ja	ja	ja	ja
Hinder of schade	3.2.1	Inundatie frequentie	Verandering	ja	ja	ja	ja
	3.2.2	Stroombeeld uiterwaard	Verandering	ja	ja	ja	ja
	3.2.3	Stroombeeld vaarweg	Verandering	ja	RWS-ON	RWS-ON	RWS-ON
	3.2.4	Afvoerverdeling hoogwater	< 20 m³/s	ja	ja	ja	ja
	3.2.5	Afvoerverdeling OLR	< 1 m³/s	ja	ja	ja	ja
	3.2.6	Onttrekking water	Verandering	ja	ja	ja	ja
Morfologische effecten	3.3.1	Erosie zomerbed/oevers	Geen/beperkt	ja	ja	ja	ja
		Sedimentatie vaargeul	Geen	RWS-ON	RWS-ON	RWS-ON	RWS-ON
		Generiek zomerbed	Geen/beperkt	RWS-ON	RWS-ON	RWS-ON	RWS-ON
	3.3.2	Sedimentatie nevengeul	Acceptabel	ja	ja	ja	ja
		Erosie nevengeul	Verplaatsing	ja	ja	ja	ja
		Stabiliteit constructies	Geen vermindering	ja	ja	ja	ja

9 Conclusies

Het voornemen 'natuur' van het MER Gendtse Waard voldoet niet aan RBK4.0, zie Tabel 8-1. De waterstandsverhoging bij MHW (16.000 m^3/s bij Lobith) is groter dan 1 mm (zowel in de as van de Waal als in de uiterwaard). Met betrekking tot de sedimentatie van de vaargeul dient overleg met RWS-ON plaats te vinden. Ook de varianten 'natuur plus' en 'cultuur' voldoen op deze aspecten niet aan het RBK4.0.

Het alternatief 'hydraulica' voldoet wel aan de eis met betrekking tot waterstandsverhoging. De aanvullende maatregelen die hiervoor nodig zijn (verlagen oever en aanpassen natuur) zorgen voor een groter morfologisch effect.

Op de overige aspecten voldoet het voornemen 'natuur' wel aan RBK4.0. Bij de varianten 'natuur plus' en 'cultuur' is nog sprake van een te hoge dwarsstroming bij 4.000 m^3/s.

10 Referenties

RWS, 2017: Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 4.0, 23 januari 2017

Bijlage 1

Afstemming met RWS Oost-Nederland

Van: Vos, Tijmen (ON) [mailto:tijmen.vos@rws.nl]
Verzonden: vrijdag 19 mei 2017 17:44
Aan: Ron Agtersloot <ron@agtersloot.nl>
Onderwerp: Definitief referentiemodel Gendtse waard - west

Beste Ron,

Met betrekking tot het definitieve referentiemodel voor het project Gendtse waard - west, het volgende. Het definitieve referentiemodel moet door jou zelf worden opgebouwd. De te gebruiken BASELINE referentieschematisatie hiervoor is baseline-rijn-beno15_5-v2. De te gebruiken WAQUA deelmodellen zijn waqua-rijn-beno15_5_20m_waal-v2 en waqua-rijn-beno15_5_20m_splp-v2. Deze kun je opvragen via de Helpdesk Water.

Voor een goede rivierkundige analyse is het nodig de referentieschematisatie uit te breiden met 15 maatregelen, die de stroming ter plaatse van het projectgebied beïnvloeden:

- 1 maatregel bevat noodzakelijke verbeteringen en actualisaties van de referentieschematisatie.
- 1 maatregel bevat de Stroomlijnuitwerking (DO) voor de Gendtse waard.
- 13 maatregelen betreffen verleende vergunningen.

Deze 15 maatregelen zijn gezipt bijgevoegd. Tevens is bijgevoegd:

- Het bestand maatregel_lijst.txt, dat de volgorde aangeeft waarin de maatregelen in de referentieschematisatie moeten worden opgenomen.

Verder wordt nog het volgende opgemerkt:

- Het rivierkundige onderzoek dient te bestaan uit een volledige toetsing aan het RBK, inclusief morfologische effecten.
- De te gebruiken BASELINE-versie is 5.3.1. Omdat dit een nieuwere versie is dan de versie waarmee de referentieschematisatie is opgebouwd, is het noodzakelijk om de afgeleide bestanden (hoogtemodel, overlaten, ruwheidspunten, -lijnen en -vlakken) opnieuw af te leiden voor de referentieschematisatie en naar WAQUA te vertalen. Er kunnen namelijk verschillen optreden tussen WAQUA-bestanden die met opeenvolgende BASELINE-versies zijn afgeleid. Opgemerkt wordt dat BASELINE versie 5.3.1 langzamer is dan 5.3.0 vanwege het herstel van enkele fouten. De gebruikte BASELINE-versie moet worden vastgelegd in de rapportage.
- De te gebruiken GIS-versie is ArcGIS 10.1 (dit is de versie die RWS zelf gebruikt), ArcGIS 10.3.1 of ArcGIS 10.4. De gebruikte GIS-versie moet worden vastgelegd in de rapportage.
- De maatregelen die voor dit onderzoek gemaakt worden, dienen te voldoen aan de eisen en richtlijnen die zijn opgesteld voor BASELINE protocol 4 maatregelen (voor zover van toepassing). Het document hierover kan op verzoek worden toegestuurd. Voor het maken van maatregelen is in BASELINE-versie 5.3.1 een invoermodule opgenomen.
- Uitvoering van Stroomlijn is een uitgangspunt in de berekeningen voor Waterwetaanvragen. In de referentieschematisatie is de vegetatie opgenomen conform de vegetatielegger inclusief de DO-uitwerking van Stroomlijn voor de Gendtse waard, aangevuld met vergunningen.

- Het ontwerp dient te worden opgesteld in uitsluitend leggerklassen (water, verhard, gras & akker, riet & ruigte, bos, struweel, mengklasse 90/10, mengklasse 70/30 en mengklasse 50/50). Het gebruik van handboekklassen en combinaties van handboekklassen (ook voor vaste k-waarden) is niet meer toegestaan. Daarnaast mag het ontwerp heggen en bomen bevatten. Het gebruik van lanen is niet meer toegestaan.
- De te gebruiken WAQUA-versie is SIMONA2016 (laatste patch). De gebruikte WAQUA-versie en het (eventuele) patchnummer moet worden vastgelegd in de rapportage.
- Het deelmodel waqua-rijn-beno15_5_20m_splp-v2 is opgezet op basis van een vrije afvoerverdeling. Dit deelmodel dient uitsluitend gebruikt te worden voor het bepalen van effecten op de afvoerverdeling en voor het bepalen van op te leggen afvoeren per cel op de ontrekkingsrand(en), zie verderop.
- Het deelmodel waqua-rijn-beno15_5_20m_waal-v2 is opgezet op basis van een vaste afvoerverdeling. Dit deelmodel dient gebruikt te worden voor het bepalen van alle andere effecten.
- Bij de deelmodellen is standaard invoer opgenomen voor negen afvoerniveau's. Indien er berekeningen nodig zijn met een ander afvoerniveau, dan dient hiervoor als basis de invoer gebruikt te worden van de lagere wel beschikbare afvoer. Hierbij dient aandacht besteed te worden aan de kunstwerken (keuze van de juiste sturing voor de betreffende afvoer) en aan de onttrekkingsrand(en). Op de onttrekkingsrand(en) dient een afvoer per cel te worden opgelegd, die gehaald dient te worden uit een run met het deelmodel waqua-rijn-beno15_5_20m_splp-v2 en de betreffende afvoer bij Lobith. Let hierbij ook op de keuze van de juiste sturing voor de betreffende afvoer.
- Het is niet toegestaan de instelling van de in de deelmodellen aanwezige regelwerken aan te passen.
- In de headers van de siminp's is aanvullende informatie opgenomen over de opbouw van de deelmodellen. Daarnaast zijn rapportages beschikbaar van de bouw van de referentieschematisatie en de bouw van de deelmodellen, deze kunnen op verzoek worden toegestuurd.
- Een aandachtspunt is dat de te beoordelen ontwerpen goed moeten functioneren in WAQUA. Het verder verfijnen van het rekenrooster is niet gewenst en zal bij beoordeling leiden tot een afwijzing. Indien het effect van de ingreep niet goed met het meegeleverde rooster bepaald kan worden, is een aanvullende analyse nodig. Hierbij kan gedacht worden aan het benaderen van de effecten door verschillende varianten door te rekenen.
- Een aandachtspunt is dat de effecten bij normaal hoog water bepaald dienen te worden bij een afvoerniveau waarbij het projectgebied meestroomt.
- Indien het project bij normale tot hoge afvoeren effect heeft op de stroomsnelheden in het zomerbed, dan kan een eerste inschatting van het morfologisch effect en zonodig ook de eerste ontwerpoptimalisatie gedaan worden met behulp van WAQMORF. Dit programma geeft zelf aan bij welk(e) afvoerniveau('s) er gekeken dient te worden. De vigerende versie wordt meegeleverd met SIMONA2016. De gebruikte WAQMORF-versie moet worden vastgelegd in de rapportage. Bij grote morfologische effecten kan een aanvullende analyse met DELFT3D nodig zijn.
- Indien het project pas bij zeer hoge afvoeren effect heeft op de stroomsnelheden in het zomerbed, dan kan WAQMORF niet worden ingezet en dient inzichtelijk gemaakt te worden wat de stroomsnelheidsveranderingen in het zomerbed zijn en op

basis hiervan dient een inschatting gemaakt te worden van de te verwachten morfologische effecten.

- Eventueel benodigde sedimentatieruimtekaarten worden op verzoek apart toegeleverd.
- Voor dit project dient RBK versie 4.0 gebruikt te worden. Dit kan worden gedownload van de Helpdesk Water.
- Indien het gebruik van de Villemonte-optie voor overlaten in WAQUA gewenst is, dan is dit alleen toegestaan nadat hierover contact is opgenomen met team rivierkunde van RWS-ON en onder begeleiding van Deltares.

Het gebruik van het referentiemodel is akkoord, mits de toegeleverde 15 maatregelen ingemixt worden. Voor het gebruik van de data, inclusief de referentieschematisatie, is een overeenkomst nodig. Deze overeenkomst wordt door Deltares met de aanlevering van de referentieschematisatie meegestuurd. Naast de schematisatie (BASELINE en WAQUA) dienen hierin ook de toegeleverde maatregelen opgenomen te worden. De overeenkomst dient ingevuld en ondertekend naar Deltares te worden teruggestuurd. Wij ontvangen van hen een kopie. Indien de data doorgestuurd worden naar een derde partij, dan dienen de bovenstaande aandachtspunten ook te worden doorgestuurd en dient die partij ook een gebruiksovereenkomst in te vullen en te ondertekenen, die ook naar Deltares wordt gestuurd. De voorwaarden waaronder de data ter beschikking gesteld worden, zijn bijgevoegd.

Met vriendelijke groet,

Tijmen Vos

.....
ing. T.C. (Tijmen) Vos
Adviseur Rivierkunde
.....
Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Eusebiusbuitensingel 66 | 6828 HZ Arnhem
Postbus 25 | 6200 MA Maastricht
.....
T +31 (0) 26 368 8911 (algemeen)
F +31 (0) 26 368 8134
M +31 (0) 6 2157 8803
tijmen.vos@rws.nl
www.rijkswaterstaat.nl
.....
Heeft u een nieuwe vraag voor RWS ON m.b.t. rivierkunde, wilt u deze dan sturen naar onze centrale mailbox ON-rivierkunde@rws.nl
.....
Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat
.....

Bijlage 2

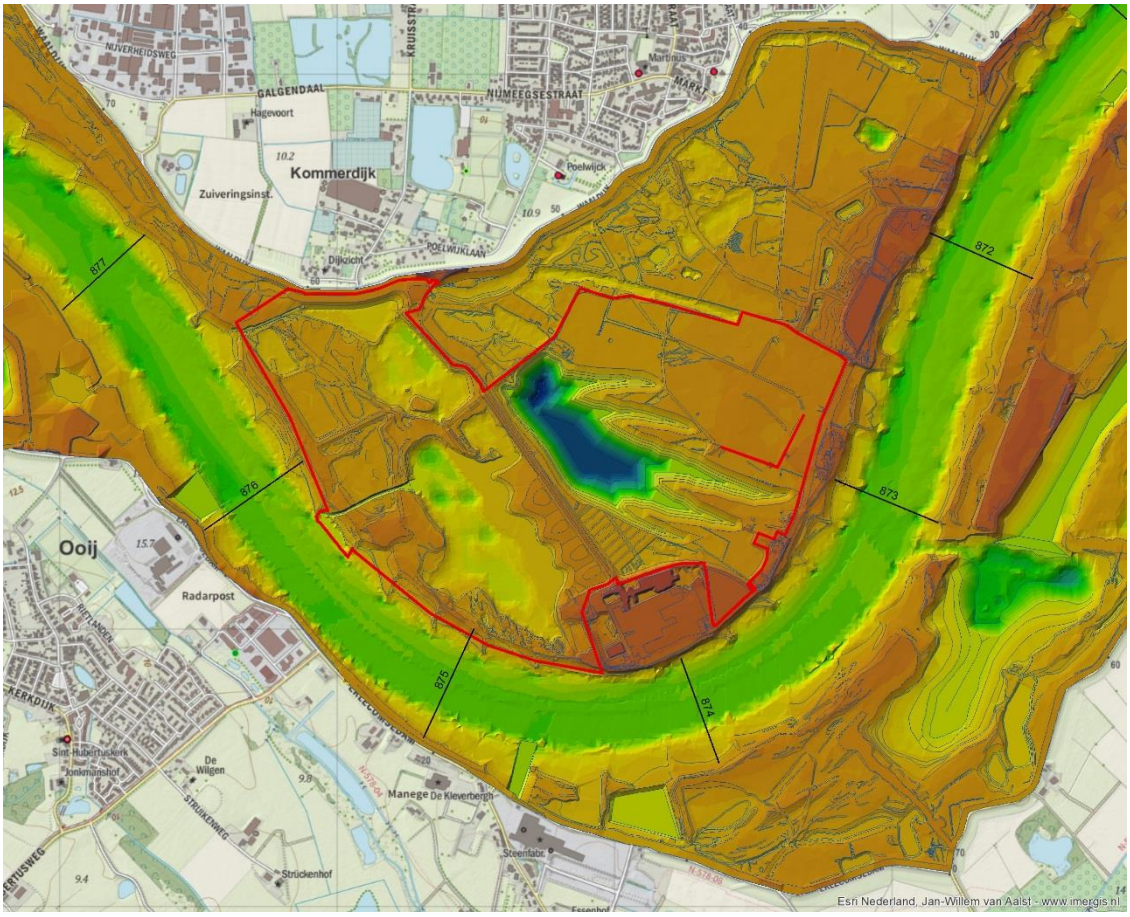
Overzicht van het ontwerpproces en de hydraulische modellen

Aan	Hans Hooijer (K3Delta), Jos van den Hurk (BWZ)
Van	Ron Agtersloot
Kopie	-
Datum	29 december 2017
Project	P0085.6, Herinrichting Gendtse Waard
Betreft	Beschrijving ontwerpproces variant *gendt_a10*

Beschrijving ontwerpproces variant *gendt_a10*

Herkomst van de basisvariant *gendt_a10*

De hydraulische beoordeling voor het MER Gendtse Waard is gemaakt voor variant *gendt_a10*. Zoals de nummering al aangeeft zijn er meerdere ontwerpen geweest die hydraulisch zijn onderzocht. De kennis die is opgedaan tijdens dit proces van "simulatie -> beoordeling -> ontwerp aanpassing -> simulatie …." is uiteindelijk verwerkt in de basisvariant *gendt_a10*. Om de keuzes die zijn gemaakt voor deze basisvariant te kunnen onderbouwen beschrijft voorliggende notitie (een groot deel van) de varianten die in het ontwerpproces zijn beoordeeld. Niet alle varianten zijn met Baseline gemaakt; verschillende keren is met een directe aanpassing in het WAQUA-model onderzocht wat het effect is van een kleine aanpassing. Ook zijn niet alle varianten volledig hydraulisch onderzocht; soms was één simulatie met 16.000 m³/s voldoende om een variant te laten afvallen.



Figuur 1 Ontwerp *gendt_a10*, hoogtemodel

	Baseline variant/ WAQUA schematisatie	Referentie Baseline variant	Baseline Maatregel	Oplever-datum	Omschrijving
1	gendt_a1	rijn-beno15_5-v1	ma_gendt_a1	17-02-2016	ontwerp Gendtse waard
2	gendt_a2	gendt_a1	ma_gendt_a2	15-03-2016	verkleinen hoogwatervrij terrein
3	gendt_a3	gendt_a1	ma_gendt_a3	15-03-2016	overlaat vervangen door bodem
4	gendt_a4	rijn-beno15_5-v1	ma_gendt_a1 ma_gendt_a2 ma_gendt_a3	08-04-2016	combineren a1, a2 en a3
5	gendt_a5	gendt_a4	ma_gendt_a5	09-04-2016	ophogen terrein en aanleg bos
6	gendt_a6	gendt_a4	ma_gendt_a6	10-04-2016	aanleg fietspad en verkleinen hoogwatervrij terrein
7	gendt_a7	gendt_ref	ma_gendt_a7	17-06-2017	
8	gendt_a8		ma_gendt_a8	20-07-2017	
9	gendt_a9		ma_gendt_a9	06-10-2017	
10	gendt_a9a		ma_gendt_a9a	09-10-2017	De variant is hetzelfde als gendt_a9, behalve de punt bij rkm 875,5. Deze is zoals gendt_ref
11	gendt_a10		ma_gendt_a10	17-11-2017	Baseline-ontwerp
12	gendt_a10b		ma_gendt_a10a	17-12-2017	Aanpassing van de natuurontwik-keling in noordwestelijke punt (langs de geul)

	WAQUA basis-schematisatie	WAQUA variant	Datum	Omschrijving
1	gendt_a6	gendt_a6a	09-05-2017	Aanpassing in schotjes t.o.v. a6
2		gendt_a6b	09-05-2017	Aanpassing in schotjes t.o.v. a6
3		gendt_a6c	10-05-2017	Aanpassing in overlaten/schotjes t.o.v. a6
4		gendt_a6d	16-05-2017	Correctie voor onjuiste ruwcodes t.o.v. a6c
5	gendt_a8	gendt_a8a	25-07-2017	Ruwheden van gendt_ref
6	gendt_a9a	gendt_a9b	10-10-2017	Aanpassing in overlaten t.o.v. a9a
7		gendt_a9c	16-10-2017	Aanpassing in schotjes/ruwheden t.o.v. a9a
8		gendt_a9d	17-10-2017	Aanpassing in schotjes/ruwheden t.o.v. a9a
9		gendt_a9e	17-10-2017	Aanpassing in bodem t.o.v. a9c
10		gendt_a9f	18-10-2017	Aanpassing in schotjes t.o.v. a9e
11		gendt_a9g	18-10-2017	Aanpassing in bodem, schotjes van a9f i.p.v. a9c
12		gendt_a9h	24-10-2017	Aanpassing in overlaten t.o.v. a9g
13		gendt_a9i	25-10-2017	Aanpassing in bodem/overlaten t.o.v. a9g
14		gendt_a9j	26-10-2017	Aanpassing in bodem/overlaten t.o.v. a9g
15	gendt_a10b	gendt_a10a	18-12-2017	Verlaging landtong tot 11,4 m+NAP
16		gendt_a10c	17-12-2017	Gendt_a10a & verlaging 2 kribben tot OLR + 1 m

Legenda's zoals gebruikt in de hierna volgende figuren:

Overige waarden

BEBOUWING / HOOGWATERVRIJ

- 1 Gebouw
- 2 Hoogwatervrij terrein
- 3 Pijler

VASTE K-NIKURADSE

- 101 Default
- 102 Diepe bedding
- 103 Ondiepe bedding
- 104 Strang
- 105 Nevengeul
- 106 Plas/haven/slikkige oever
- 111 Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat
- 112 Ruwe oever
- 113 Steenbekleding
- 114 Bebouwd/verhard terrein
- 115 Bebouwd terrrein
- 116 Verhard terrein
- 121 Akker
- 122 Strooisel
- 131 Vaste laag Nijmegen
- 132 Vaste laag St. Andries
- 133 Bodemkribben Erlecom

MANNING

- 301 Default
- 302 Diepe meerbodem
- 303 Ondiepe meerbodem
- 304 Diep getijdewater
- 305 Ondiep getijdewater
- 402 Vossemeer
- 403 Ketelmeer (oost)
- 404 Ketelmeer (west)

ZOMERBED

- 601-900 Zomerbed

HANDBOEK

- 1201 Productiegrasland
- 1202 Natuurlijk grasland/hooiland
- 1203 Verruigd grasland
- 1211 Akkerdistelruigte
- 1212 Droge ruigte
- 1213 Dauwbraamruigte
- 1214 Wilgenroosjeruigte
- 1215 Rietruigte
- 1221 Natte ruigte
- 1222 Zegge
- 1223 Rietgras
- 1224 Biezen
- 1225 Lisdodde
- 1226 Riet
- 1231 Zachthoutstruweel
- 1232 Griend
- 1233 Doornstruweel
- 1241 Productiebos (hardhout)
- 1242 Productiebos (zachthout)
- 1243 Productiebos (naaldhout)
- 1244 Hardhoutooibos
- 1245 Zachthoutooibos
- 1246 Boomgaard (laagstam)
- 1247 Boomgaard (hoogstam)
- 1250 Pioniervegetatie
- 1300-1379 Aanvullende vegetatiehoog
- 1801-1807 Combinaties natte vegetati
- 1808-1969 Overige combinaties

VEGETATIELEGGER

- 201 Water
- 202 Verhard
- 1981 Gras en akker
- 1982 Riet en ruigte
- 1983 Bos
- 1984 Struweel
- 1996 Mengklasse 90/10
- 1997 Mengklasse 70/30
- 1998 Mengklasse 50/50

Edge type

- Soft Edge
- Hard Edge

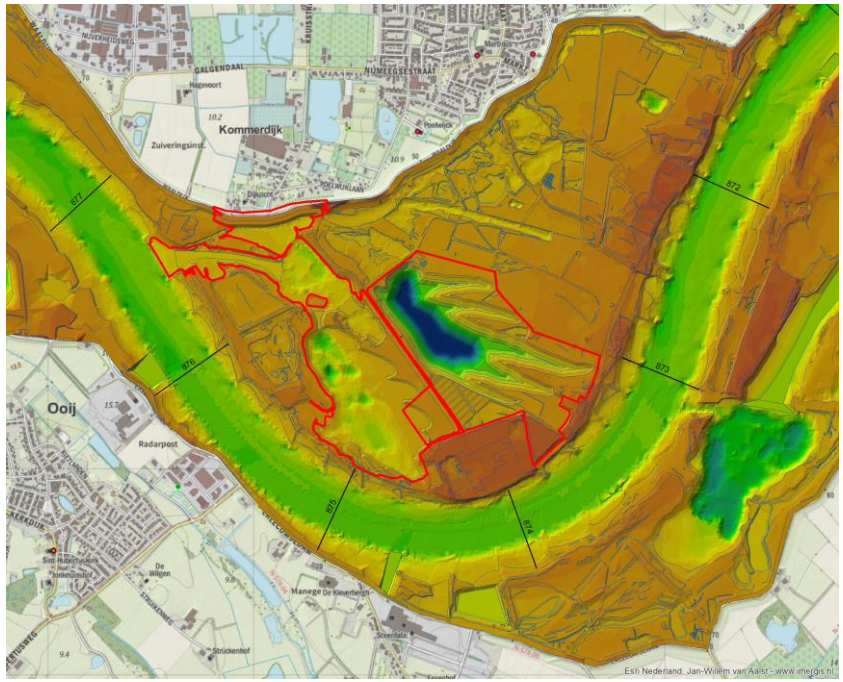
Elevation

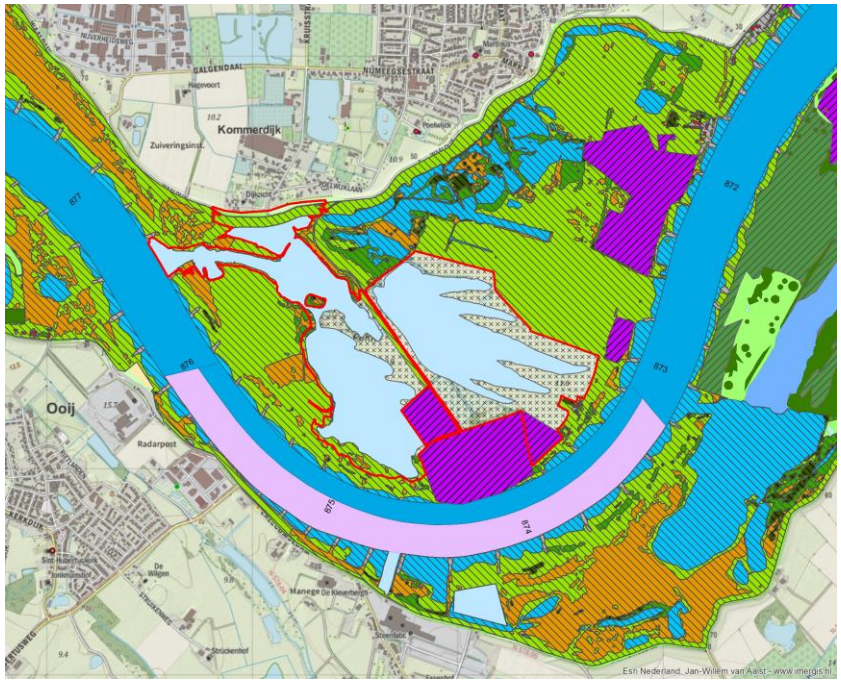
- 17,264 - 40,69
- 16,287 - 17,264
- 15,311 - 16,287
- 14,335 - 15,311
- 13,359 - 14,335
- 12,382 - 13,359
- 11,406 - 12,382
- 10,43 - 11,406
- 9,454 - 10,43
- 8,477 - 9,454
- 7,501 - 8,477
- 6,525 - 7,501
- 5,549 - 6,525
- 4,572 - 5,549
- 3,596 - 4,572
- 2,62 - 3,596
- 1,644 - 2,62
- 0,667 - 1,644
- -0,309 - 0,667
- -1,285 - -0,309
- -2,261 - -1,285
- -3,238 - -2,261
- -4,214 - -3,238
- -5,19 - -4,214
- -6,166 - -5,19
- -7,143 - -6,166
- -8,119 - -7,143
- -9,095 - -8,119
- -10,071 - -9,095
- -11,048 - -10,071
- -12,024 - -11,048
- -30,42 - -12,024

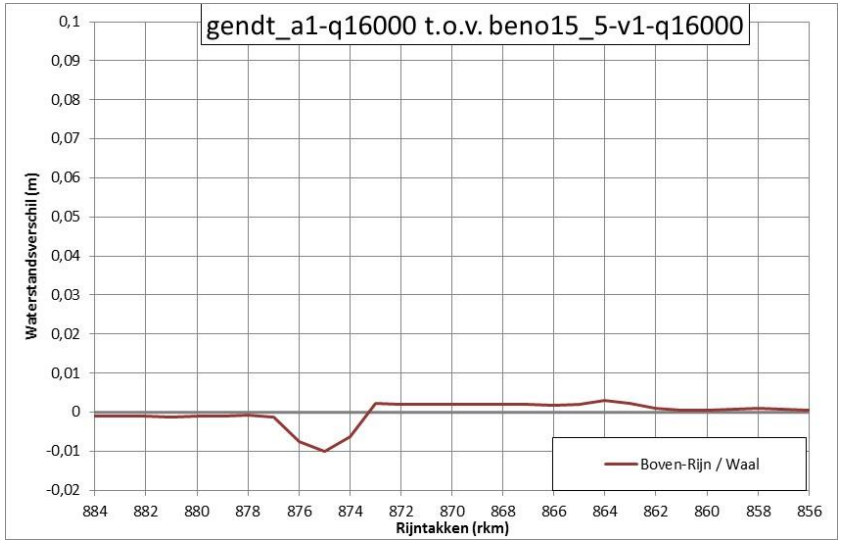
Legend

- omtrek_maatregel
- rivierkilometer_lijnen
- Open Topo

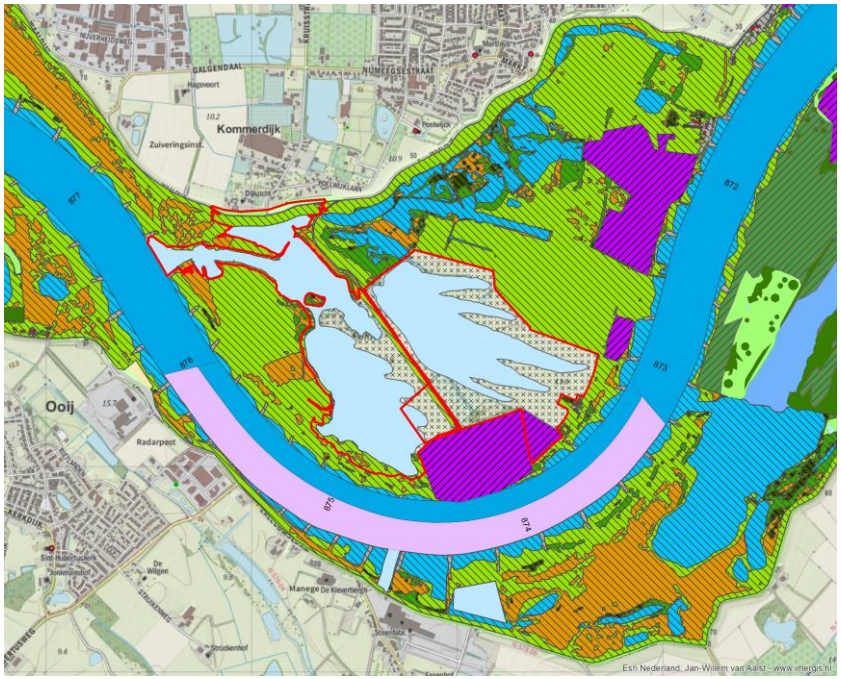
Gendt_a1 (februari 2016)

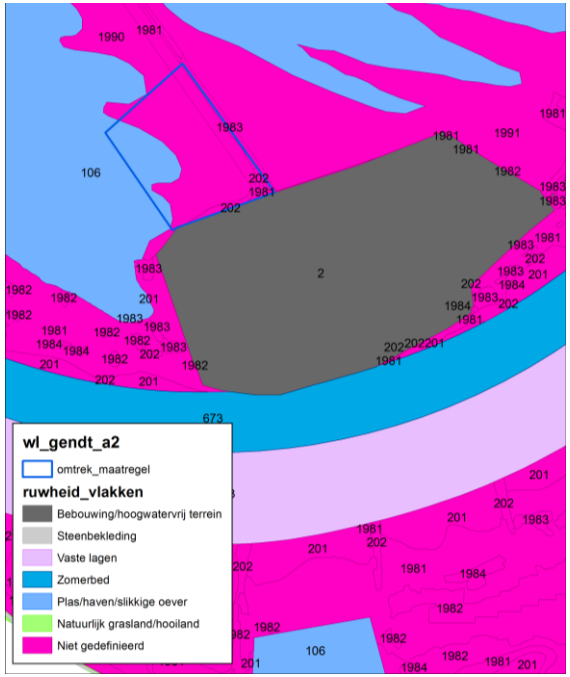


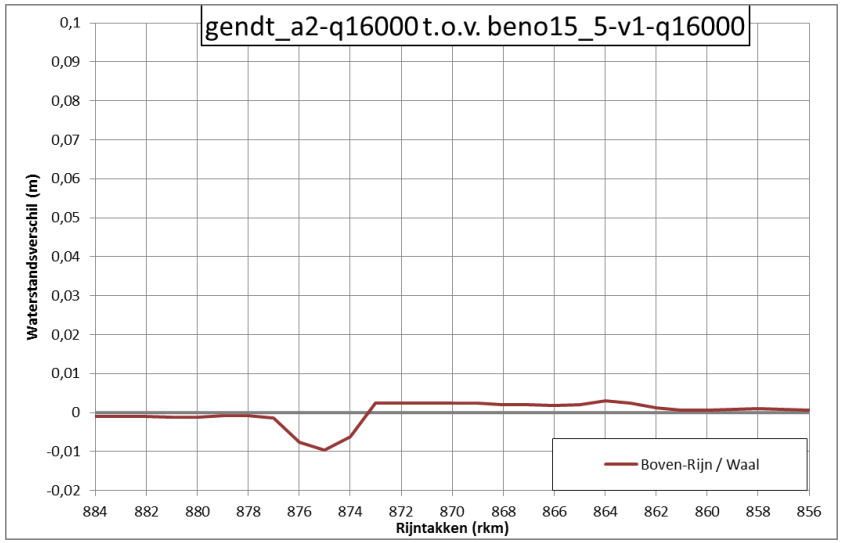




Gendt_a2 (maart 2016)

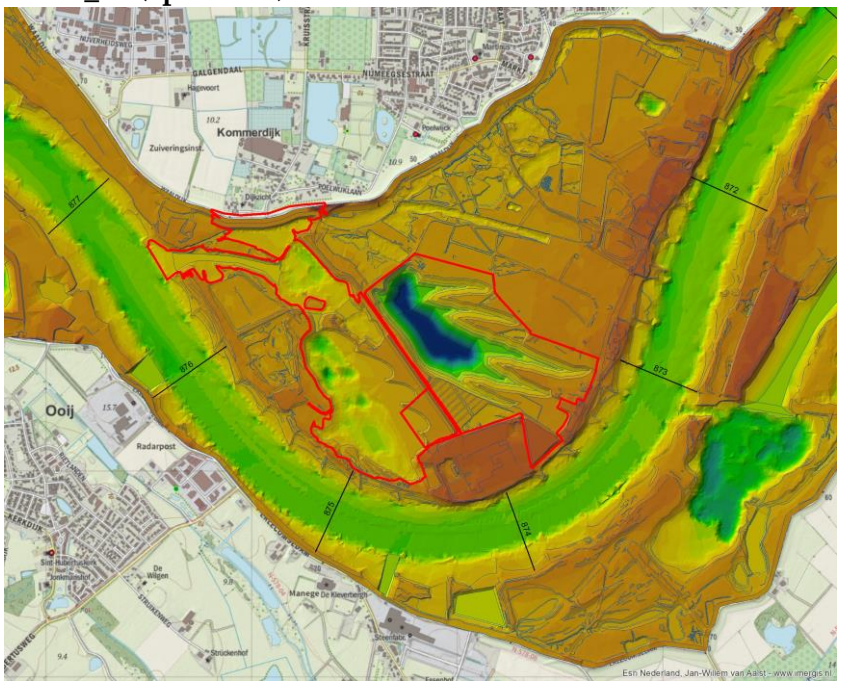


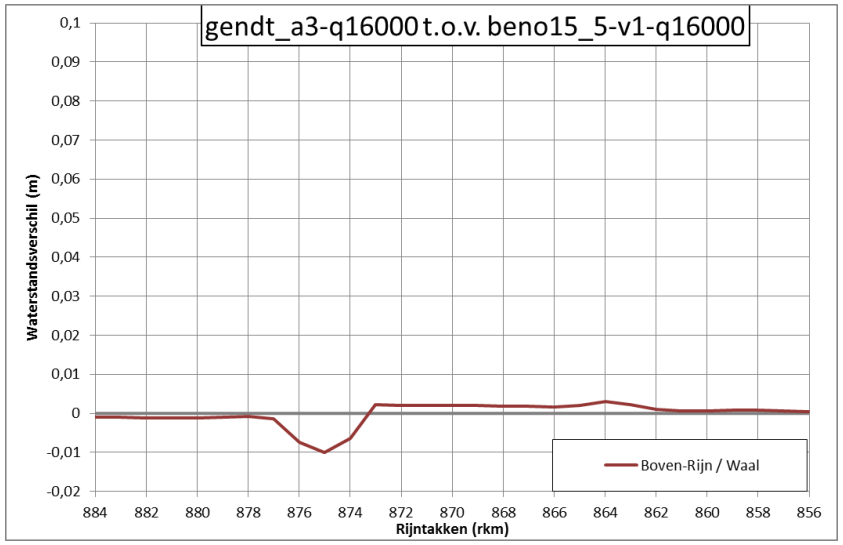




Het hoogwatrervrije terrein van de steenfabriek wordt kleiner gemaakt. Deze maatregel bestaat enkel uit een erase_hoogwatervrij terrein.

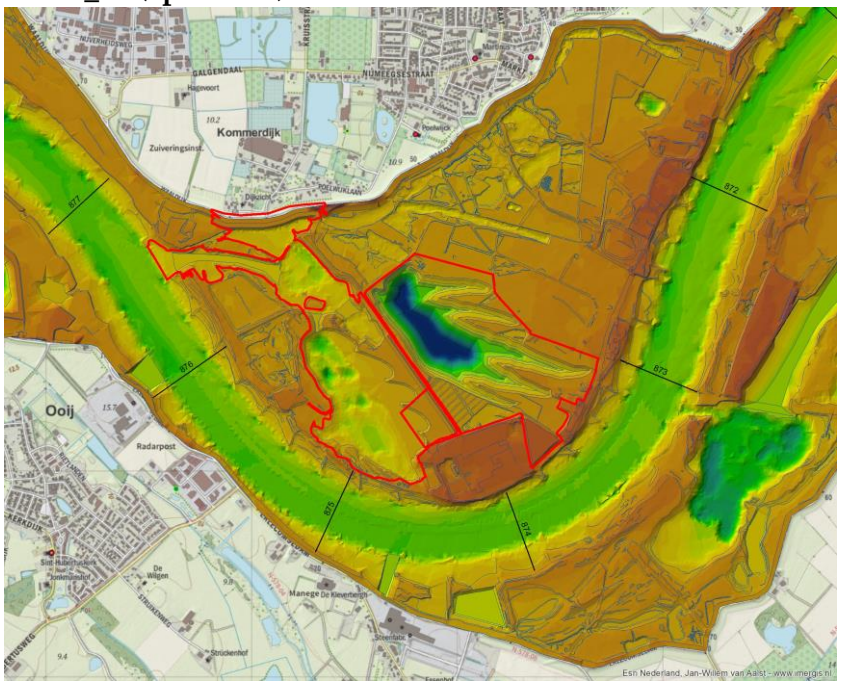
Gendt_a3 (april 2016)

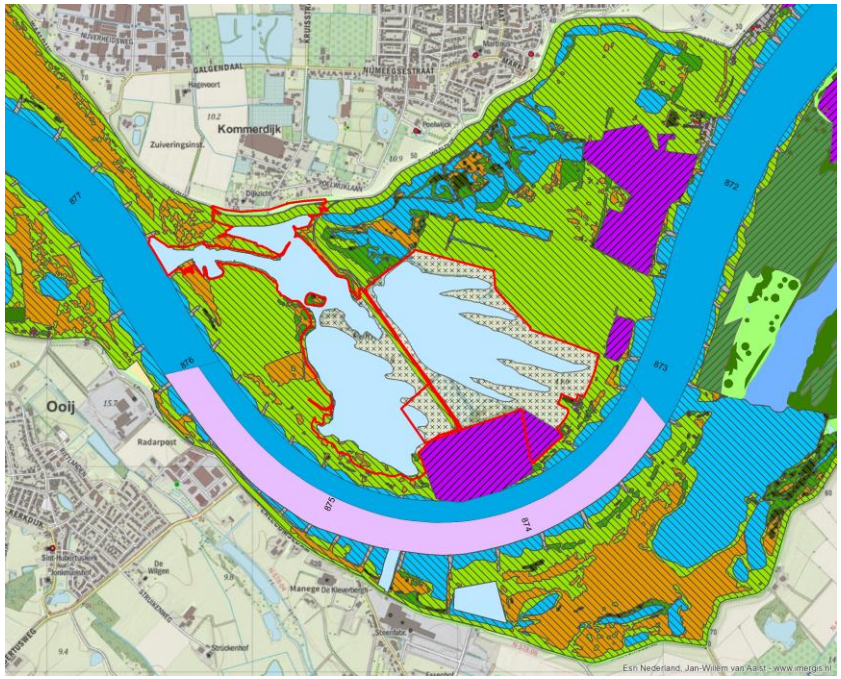


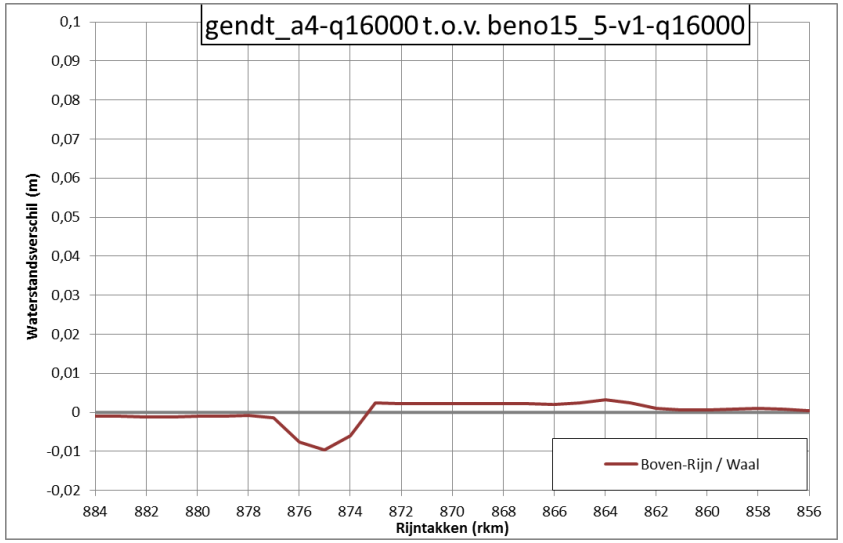


In de ontwerp maatregel (wl_gendt_a1) was pal naast de bestaande kade (weg naar steenfabriek) nog een hogere kade (13 m+NAP) neergelegd. In deze maatregel wordt zoveel mogelijk van deze twee kades vervangen door breuklijnen zodat de kades niet als overlaten maar als bodemhoogte worden opgenomen in de WAQUA-modellen.

Gendt_a4 (april 2016)

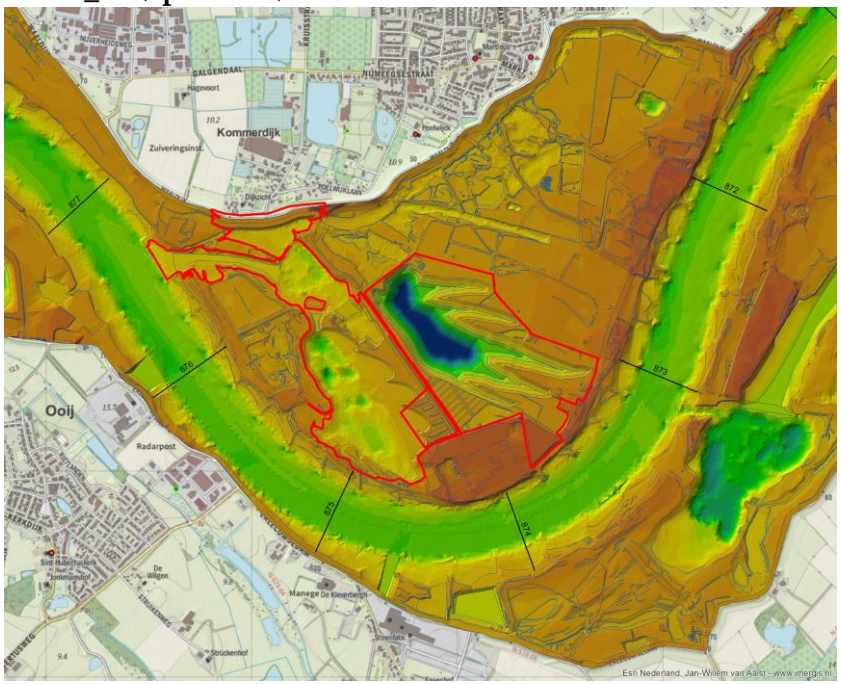


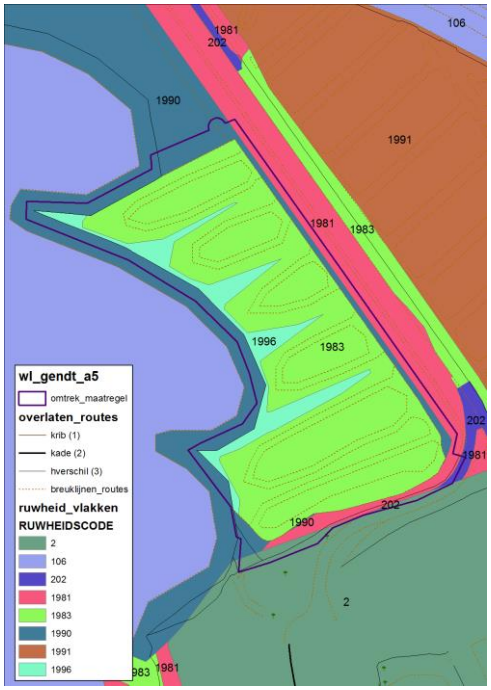


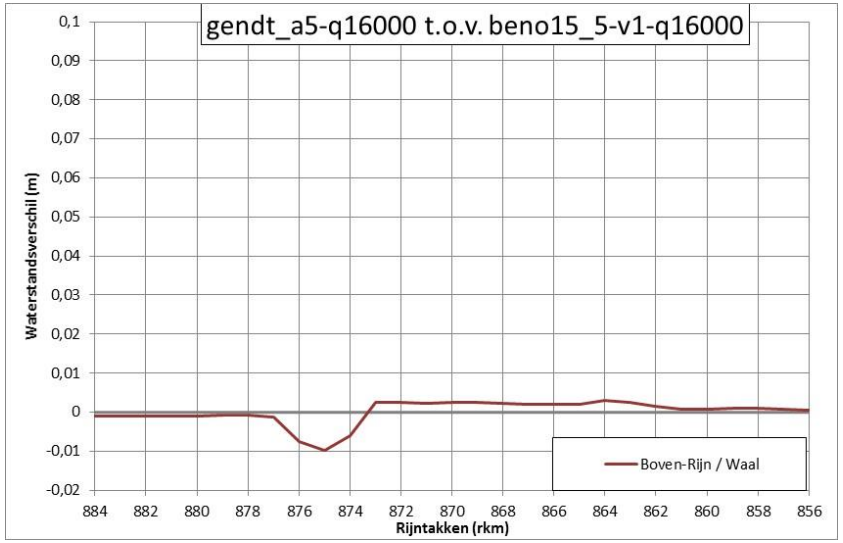


Dit is een combinatie van gendt_a1 (basis-ontwerp), gendt_a2 (correctie-hoogwatervrij terrein) en gendt_a3 (bodemhoogte van de weg naar de steenfabriek).

Gendt_a5 (april 2016)

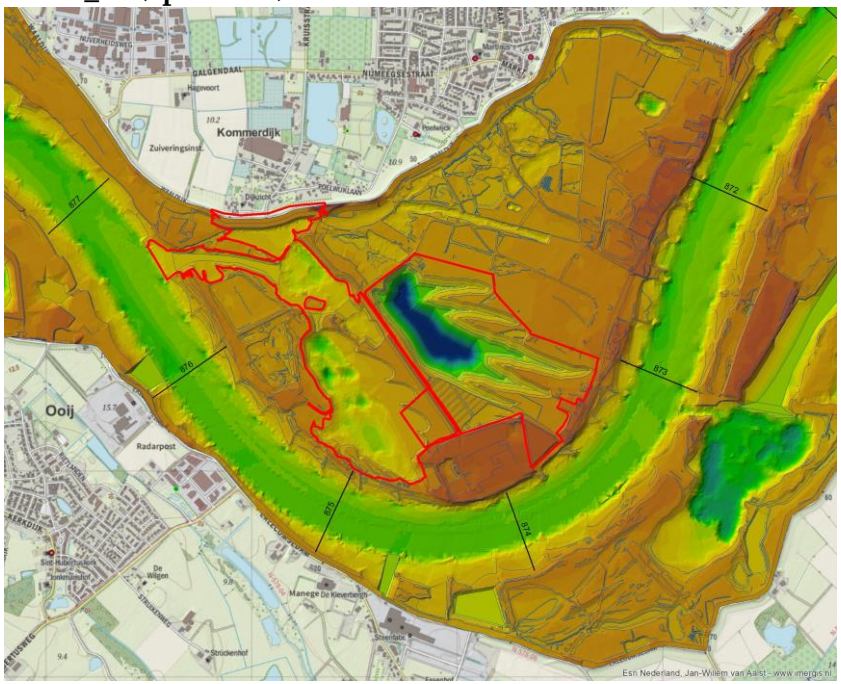


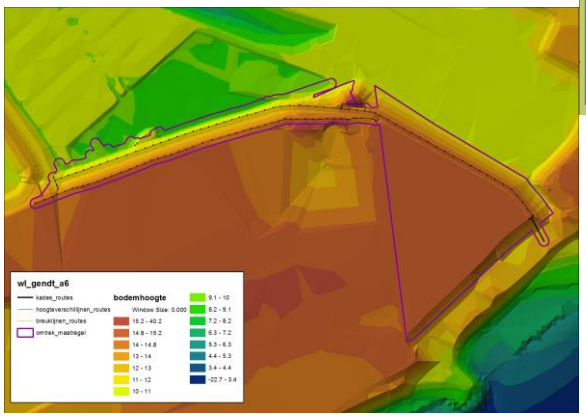


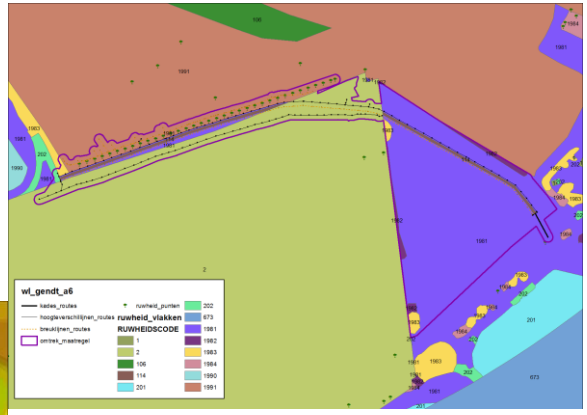


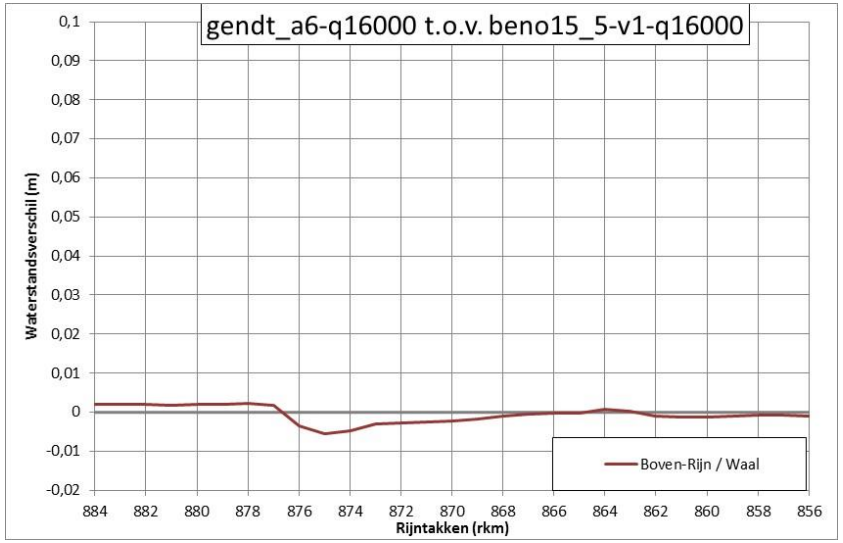
In deze maatregel wordt het een stuk terrein (ongeveer 2 ha) tussen plas en weg naar steenfabriek opgehoogd tot 11,5 m+NAP. Op dit terrein liggen 6 ovaalvormige heuveltjes met een hoogte van 12 m+NAP. Op 1,7 ha van dit opgehoogde terrein ligt bos, de resterende 0,3 ha bevat de mengklasse 70/30.

Gendt_a6 (april 2017)



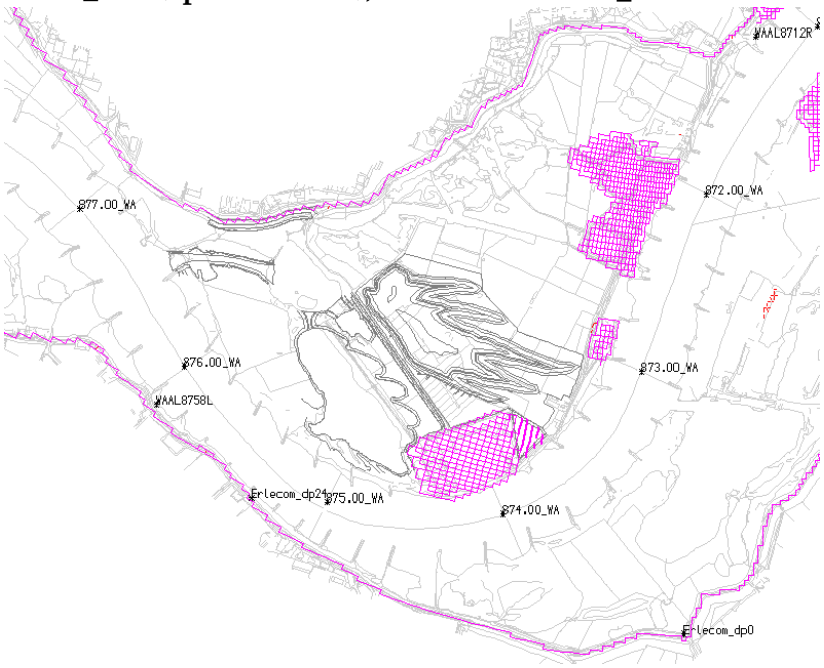


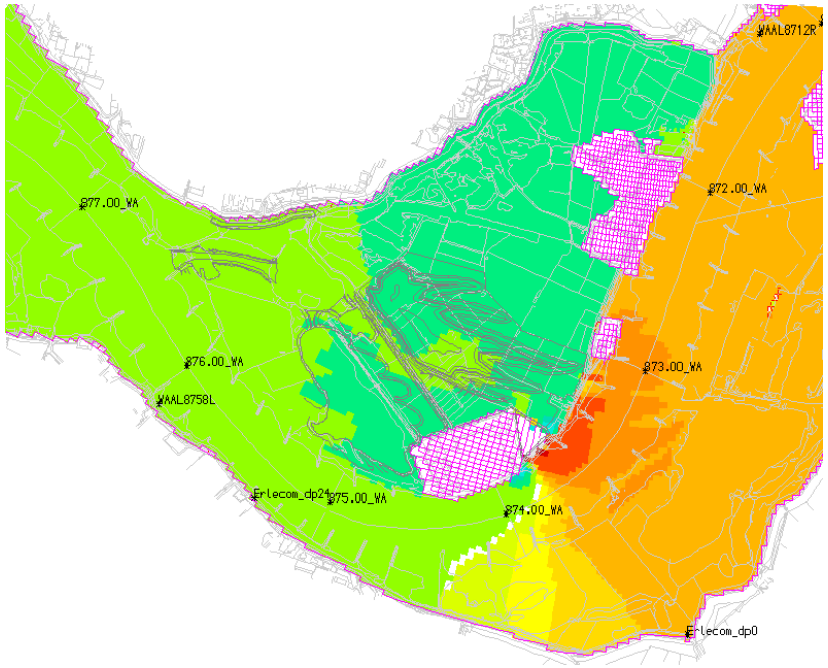


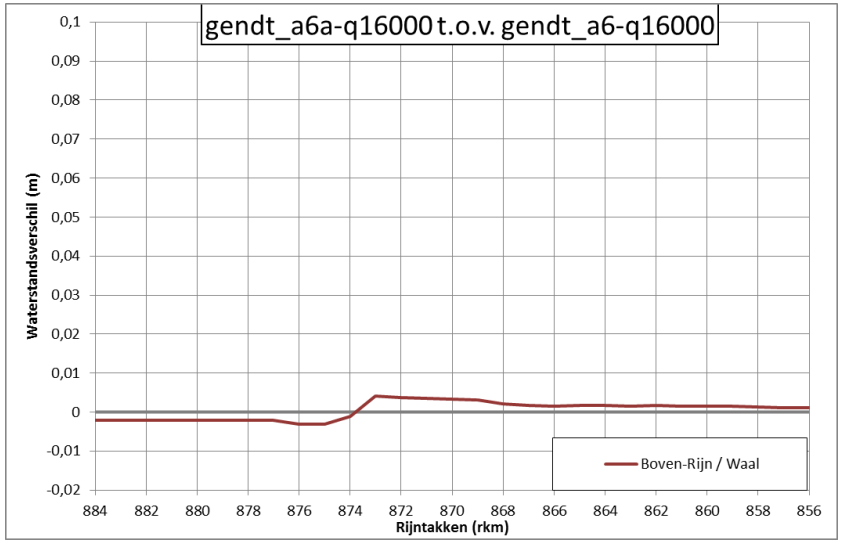


Correctie terrein rondom steenfabriek. In deze maatregel wordt een fietspad aangelegd het terrein van de steenfabriek op loopt en naar de kade parallel aan de Maas. Het fietspad begint op 11,5m en loopt geleidelijk naar een hoogte van 15m en sluit uiteindelijk aan op de zomerkade langs de Waal (15,5m). De ruwheden worden ook aangepast.

Gendt_a6X (april/mei 2016), subvariant Gendt_a6a

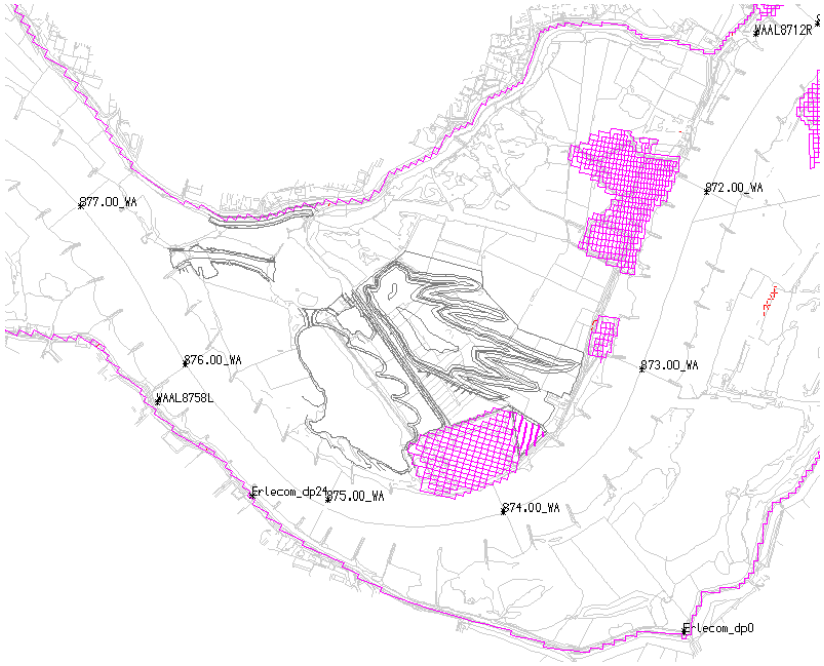


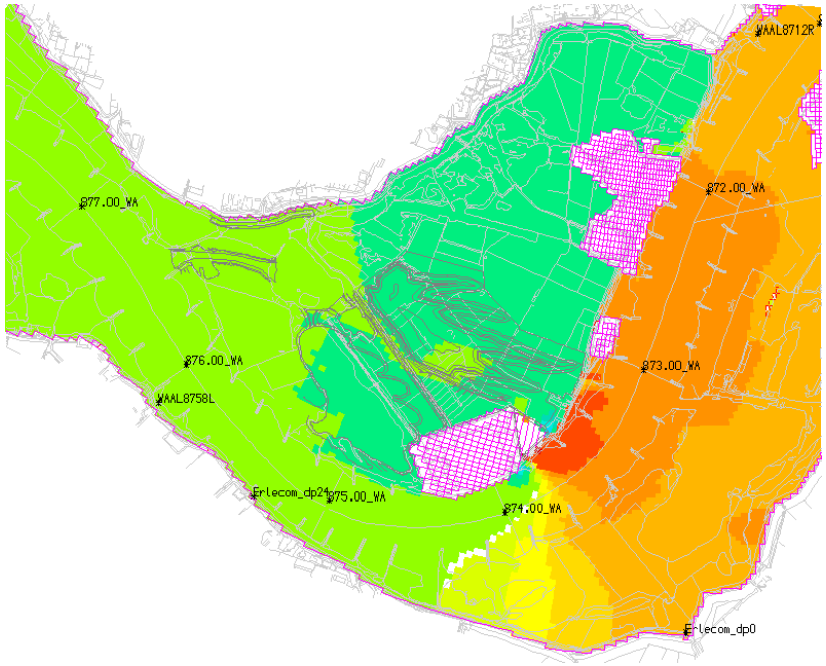


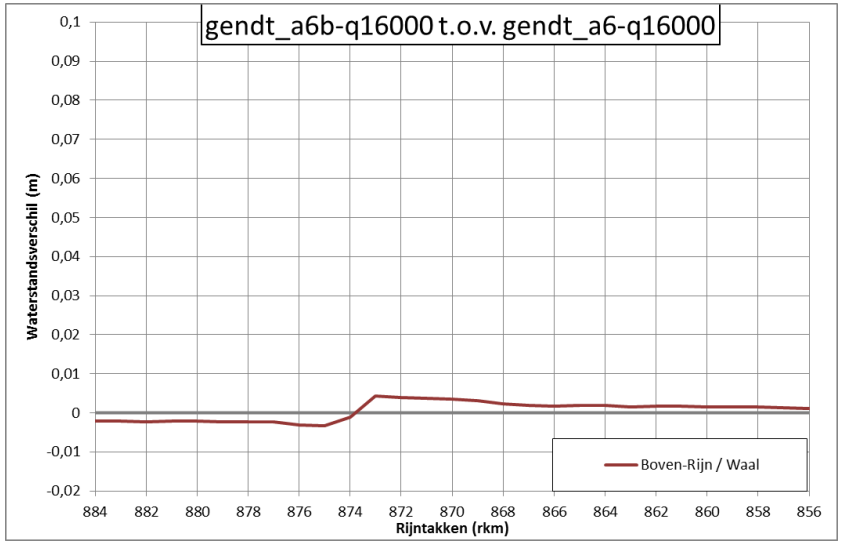


In deze variant is de uitbreiding van het hoogwatervrije terrein aan de oostzijde op WAQUA-niveau opgenomen. Deze uitbreiding zorgt voor een opstuwing van circa 4 mm,.

Gendt_a6b

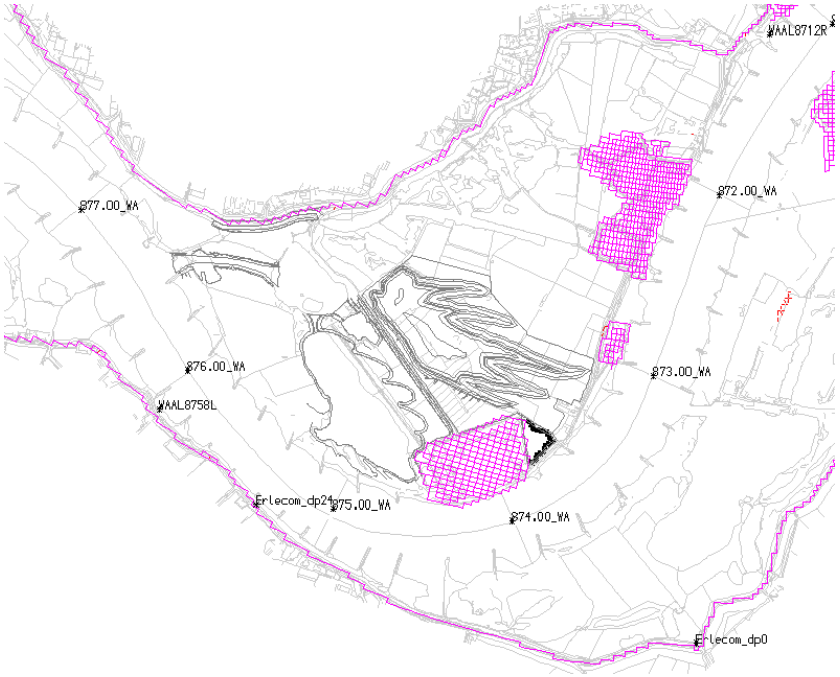


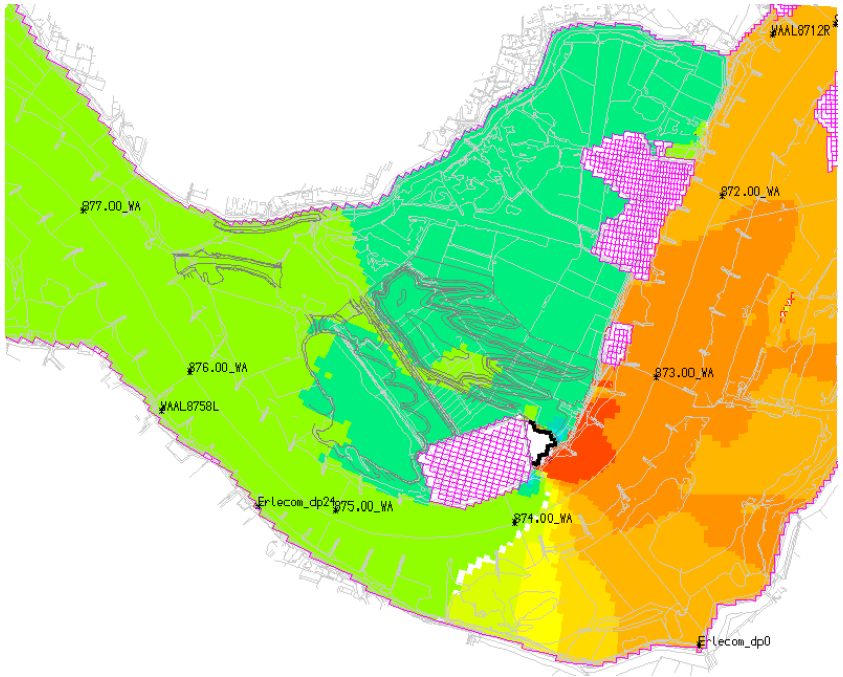


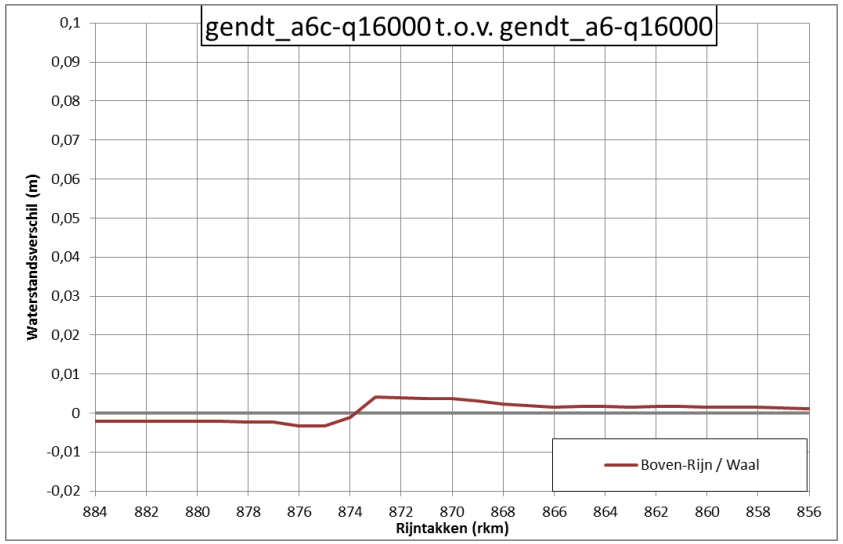


In deze variant is de uitbreiding van het hoogwatervrije terrein aan de oostzijde op WAQUA-niveau opgenomen conform gendt_a6a en vervolgens aangepast door de rand iets ruimer te maken. Het totaal zorgt voor een opstuwing van circa 4 mm, marginaal hoger dan de opstuwing van gendt_a6a.

Gendt_a6c

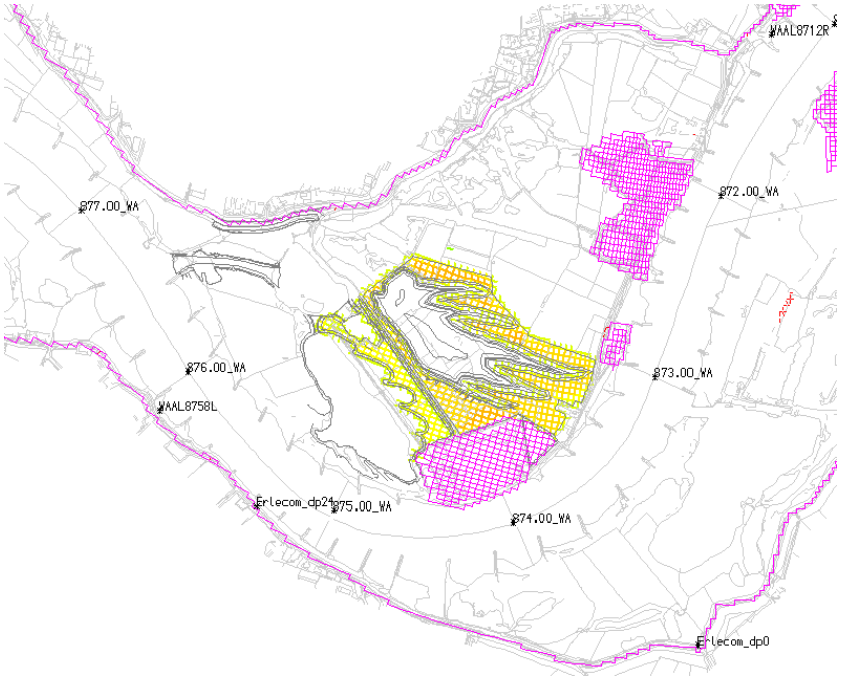


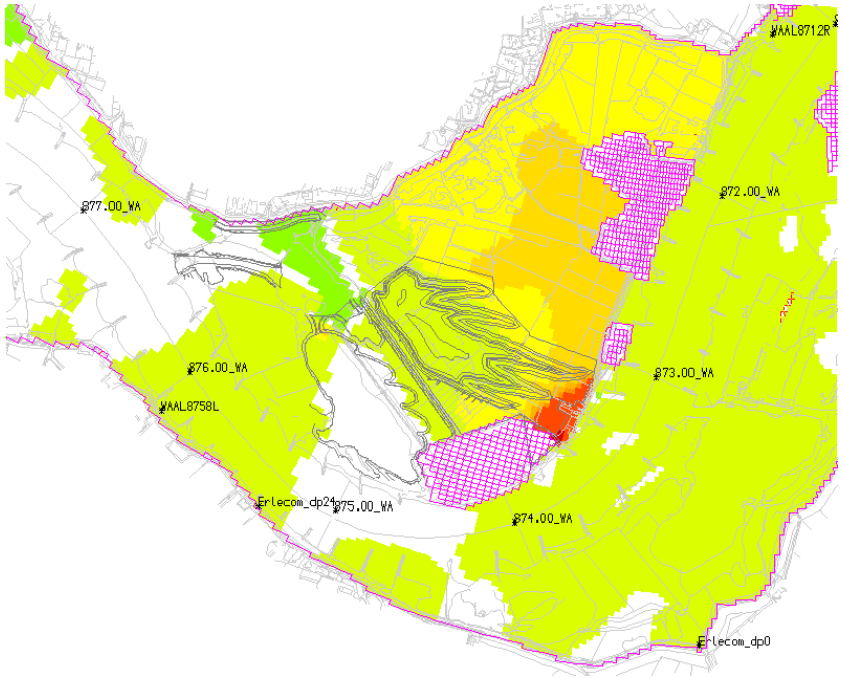


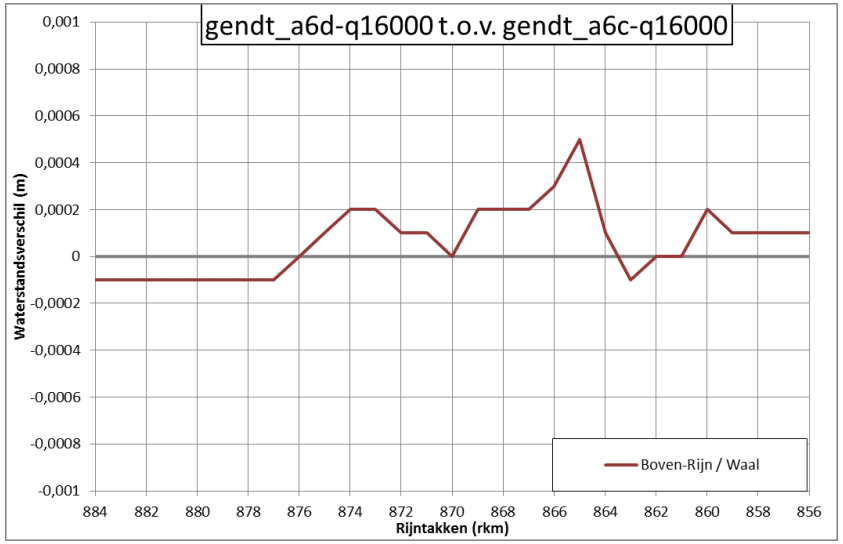


Langs de oostzijde van het nieuwe hoogwatervrije terrein is nu ook een overlaat neergelegd. De schotjes in dit model zijn conform gendt_a6b. De opstuwing neemt marginaal af.

Gendt_a6d

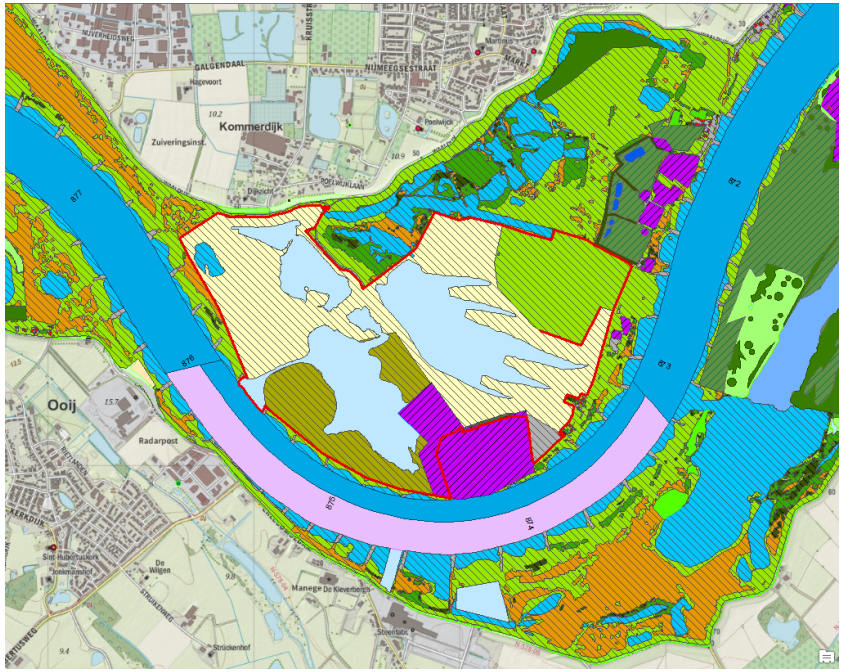


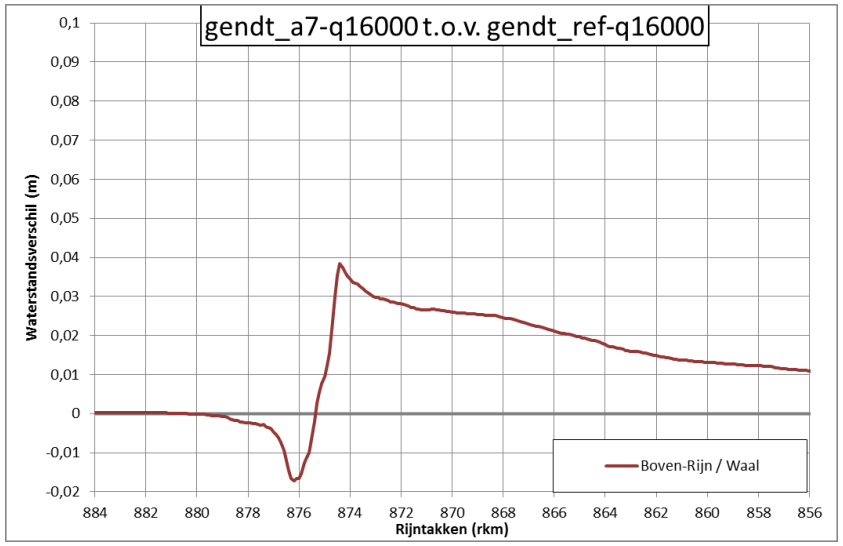




Bij een controle van de ruwcodes bleek dat voor de Vegetatielegger-ruwcodes gebruik was gemaakt van de oude ruwcodes (1991, 1992 en 1993) en niet van de huidige ruwcodes (1996, 1997 en 1998). Daarom is een snelle correctie gemaakt door de parameters van de huidige ruwcodes toe te kennen aan de oude ruwcodes in het WAQUA-model gendt_a6c. Dit zorgt voor een hogere ruwheid in de Gendtse Waard. Het effect op de waterstanden is nihil in de as van de Waal; de opstuwing is vrijwel identiek aan de opstuwing van gendt_a6c. Lokaal in de uiterwaard is wel sprake van hogere waterstanden.

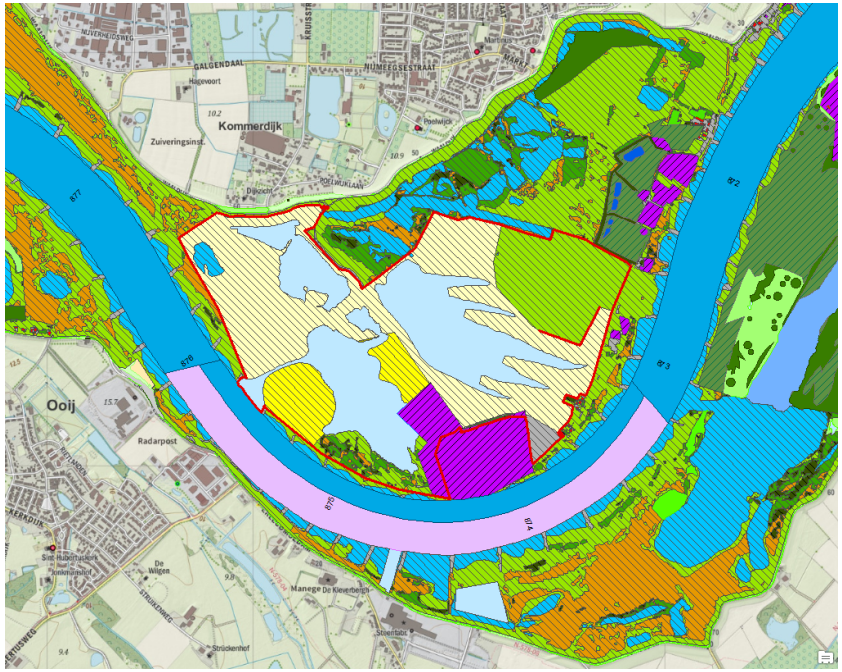
Gendt_a7 (juni 2017)

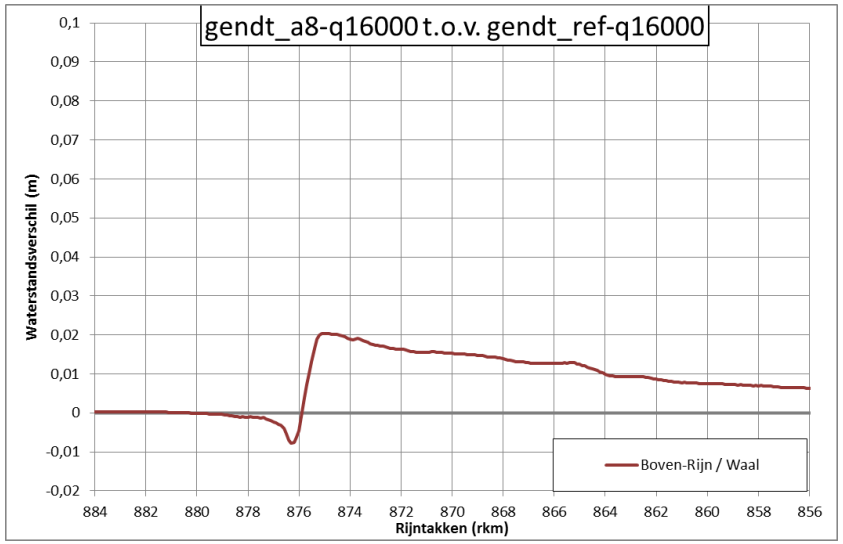




Volledig nieuw basisontwerp voor de Gendtse Waard. Uitstroomopening aan de noordzijde (rkm 876,5) is vervangen door een smallere uitstroomgeul die meer bovenstrooms ligt (rkm 875,8). Groot deel van het gebied heeft 90/10 en 70/30 als natuurontwikkeling gekregen. Huidige vergunning van steenfabriek is behouden als hoogwatervrij terrein.

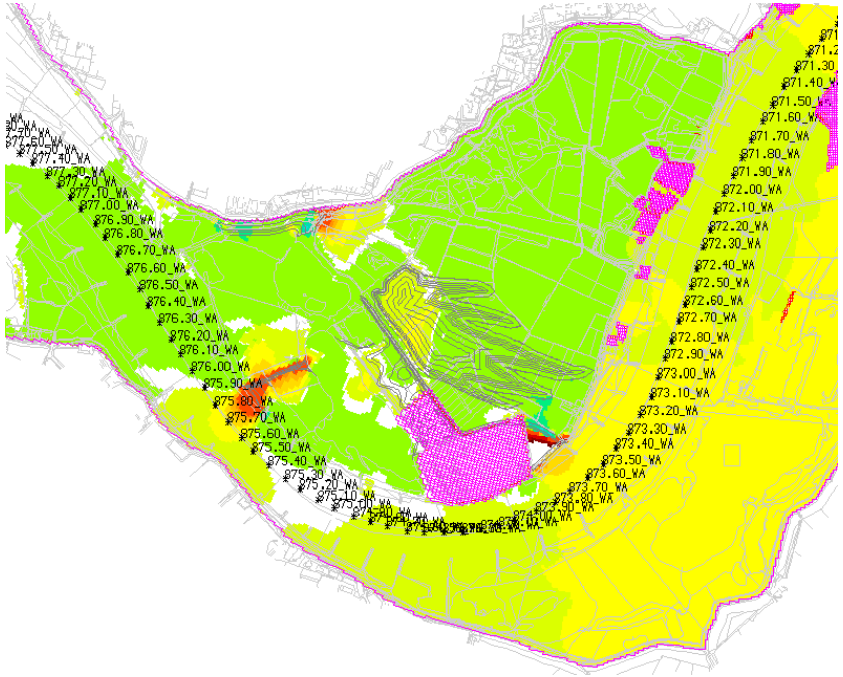
***Gendt_a8* (juli 2017)**

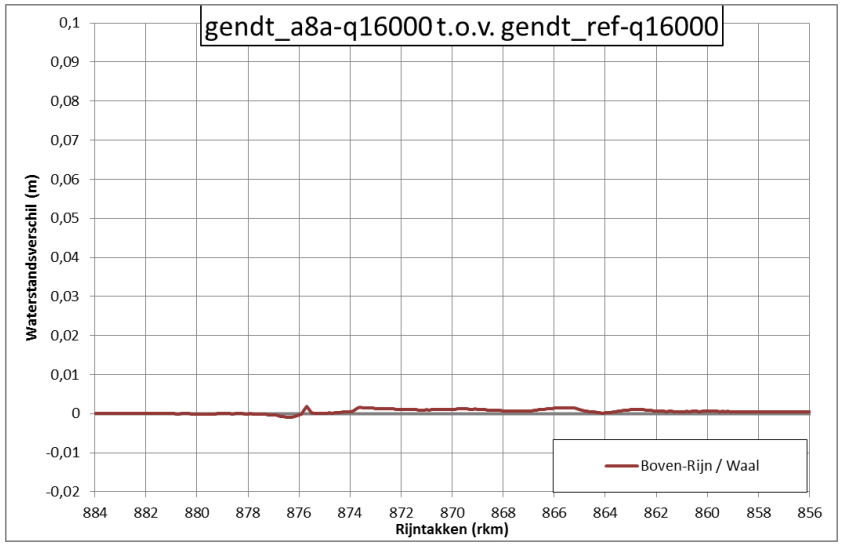




Ten opzichte van gendt_a7 minder natuurontwikkeling op de landtong benedenstrooms van de steenfabriek. De opstuwing neemt fors af van circa 4 cm naar circa 2 cm.

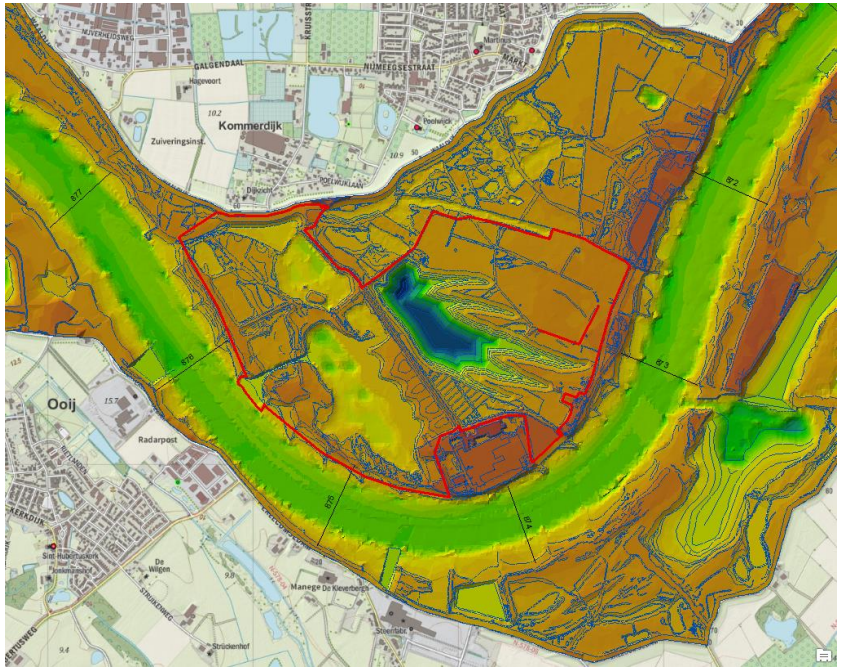
Gendt_a8a (juli 2017)

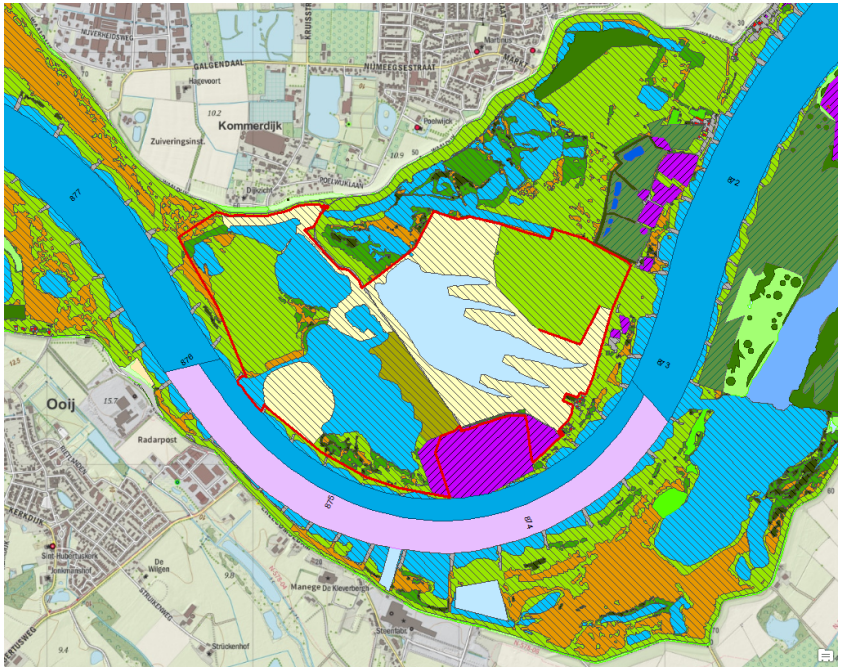


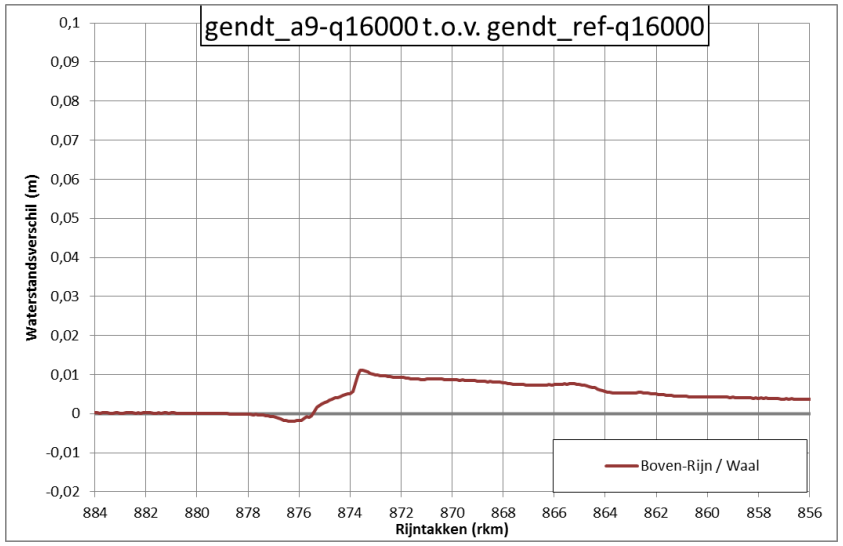


Het ontwerp is gelijk aan gendt_a8, alleen de natuurontwikkeling is niet meegenomen en gelijk gehouden aan de natuur in de referentiesituatie. Dit zorgt ervoor dat er (zo goed als) geen opstuwing meer is. N.b. dit betekent ook dat de oostelijke uitbreiding van de steenfabriek niet meer voorkomt in het model aangezien hier de ecotoop 'bebouwing' was opgelegd.

***Gendt_a9* (oktober 2017)**

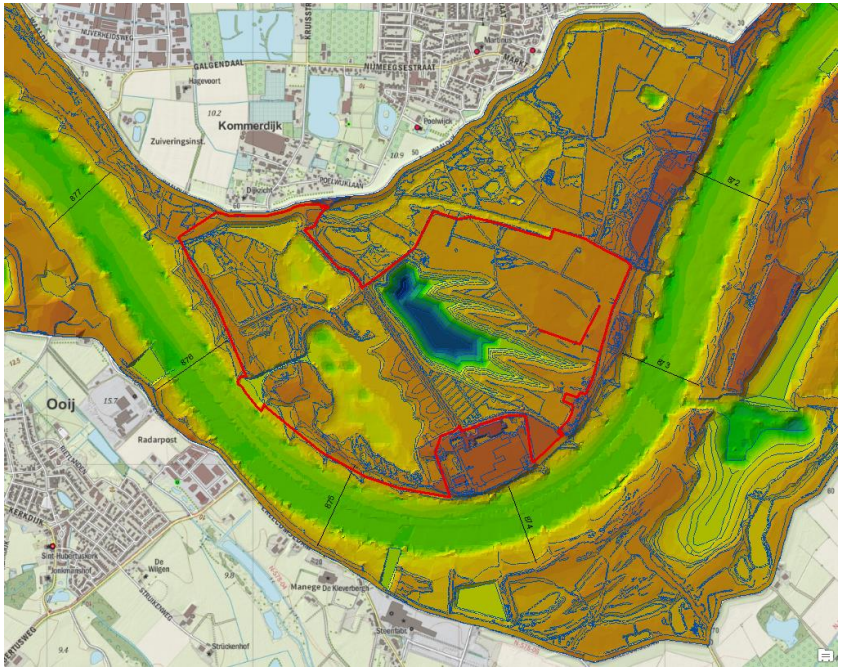


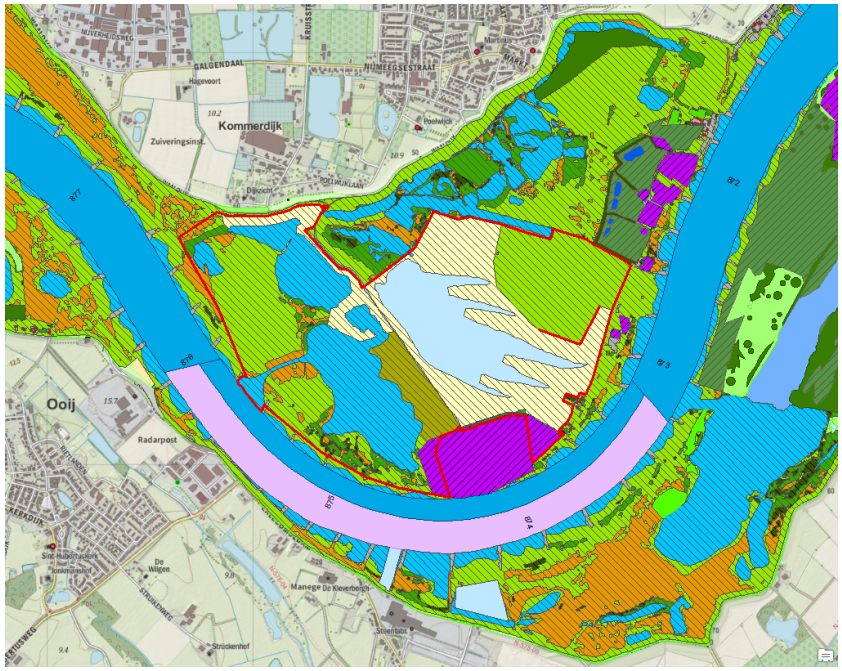


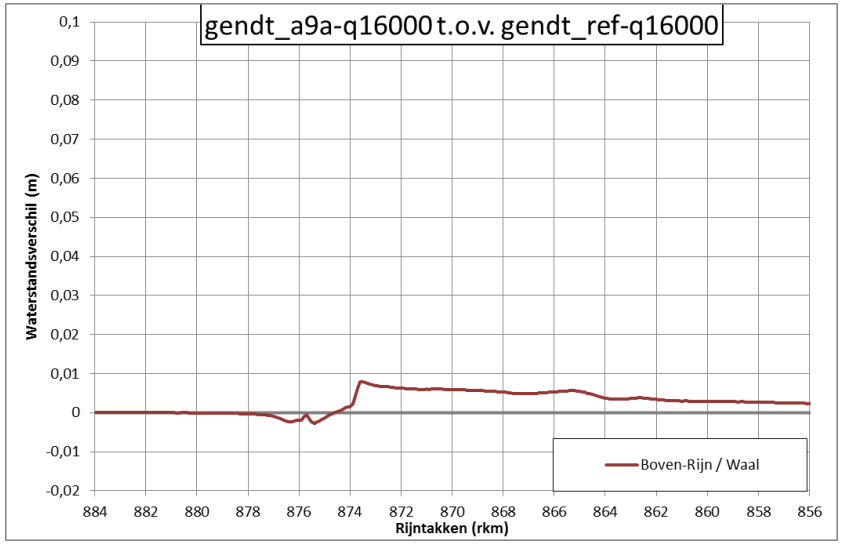


Ten opzichte van gendt_a8 is de natuurontwikkeling in de noordoostelijke punt van het gebied conform de referentiesituatie. Op de punt van de landtong is nu 90/10 opgelegd als natuurontwikkeling in plaats van 70/30 zoals in gendt_a8. Ten opzichte van gendt_a8 neemt de opstuwing met bijna 1 cm af tot circa 1,1 cm.

Gendt_a9a (oktober 2017)

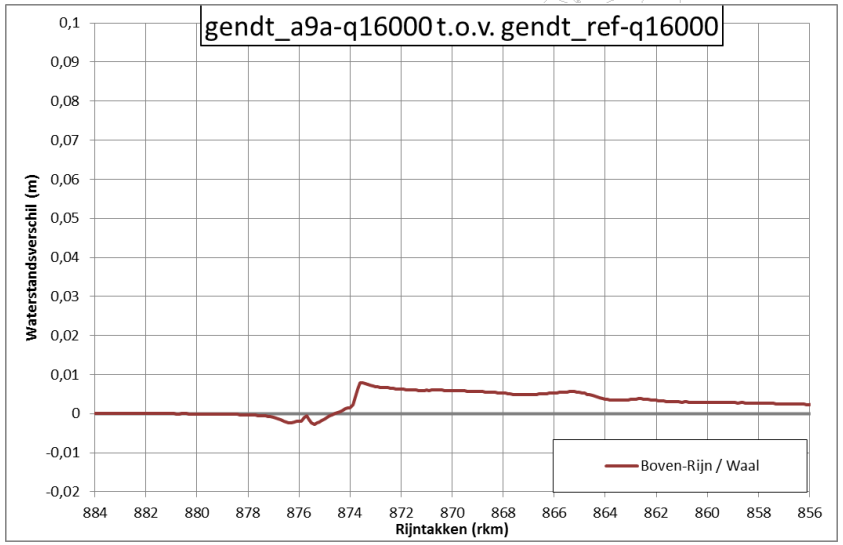


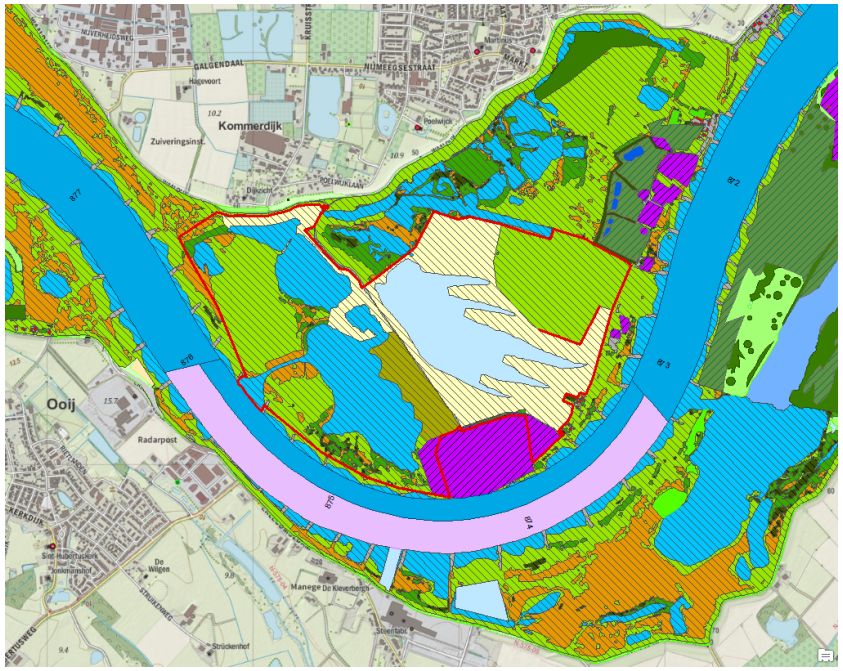




Ten opzichte van gendt_a9 is de natuurontwikkeling op de punt van de landtong conform de referentiesituatie. Ten opzichte van gendt_a9 neemt de opstuwing met circa 0,3 cm af tot circa 0,8 cm.

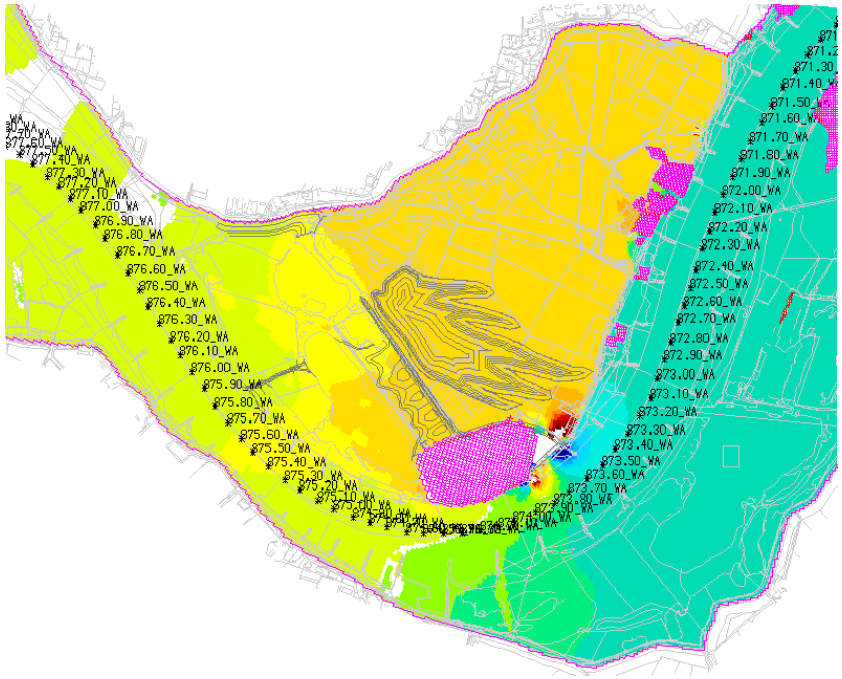
Gendt_a9b (oktober 2017)

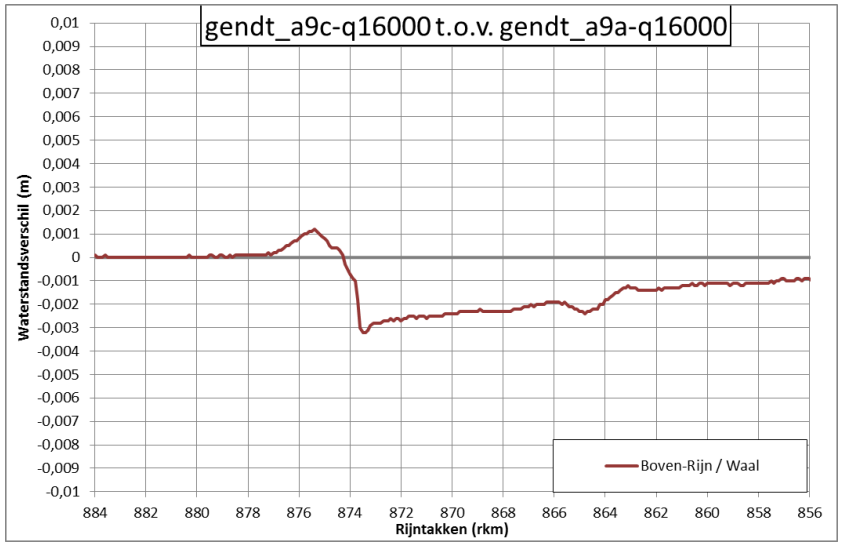




Ten opzichte van gendt_a9a is de rand rond de oostelijke uitbreiding van de steenfabriek aangepast. Dit heeft een (beperkt) waterstandsverhogend effect tot gevolg.

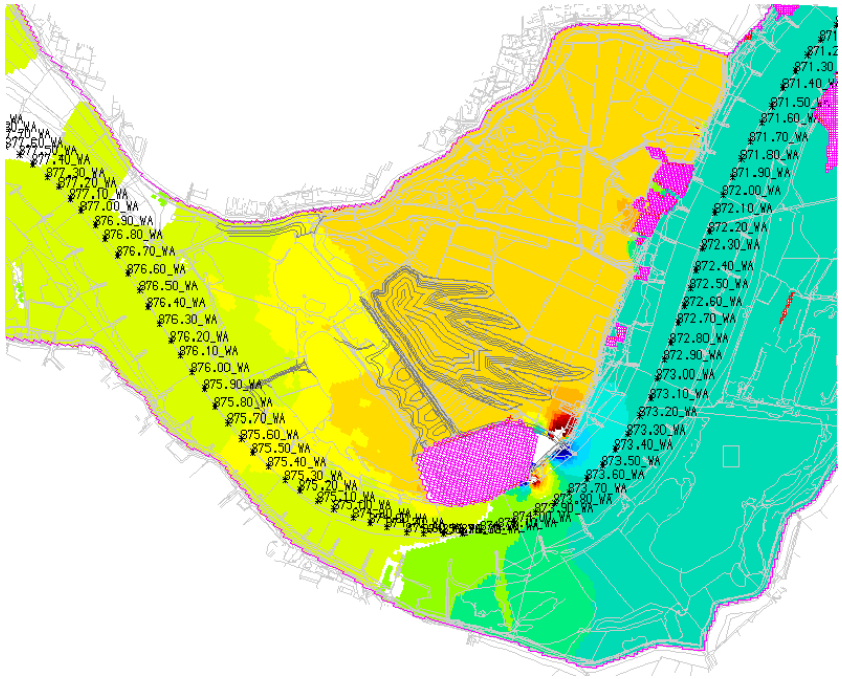
Gendt_a9c (oktober 2017)

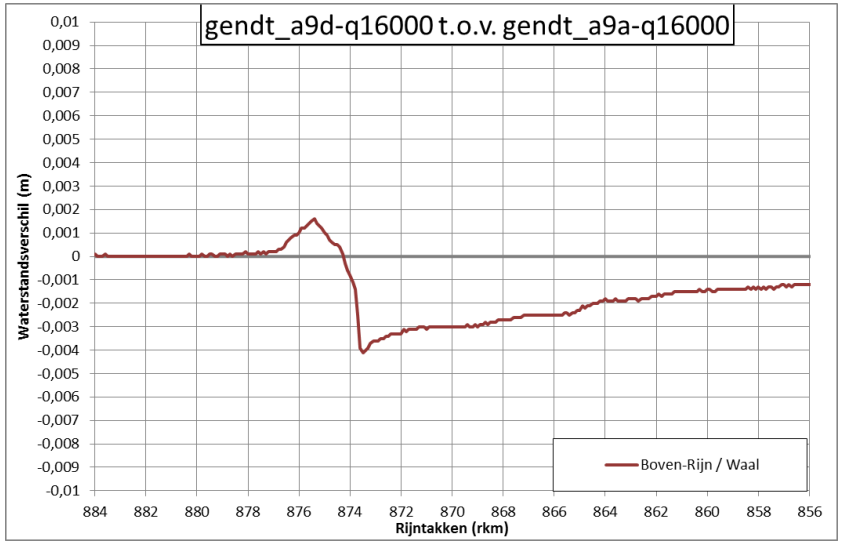




Ten opzichte van gendt_a9a is de uitbreiding van het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek verkleind (zie de zwarte lijnen). Dit zorgt voor een waterstands-verlaging van 0,3 cm.

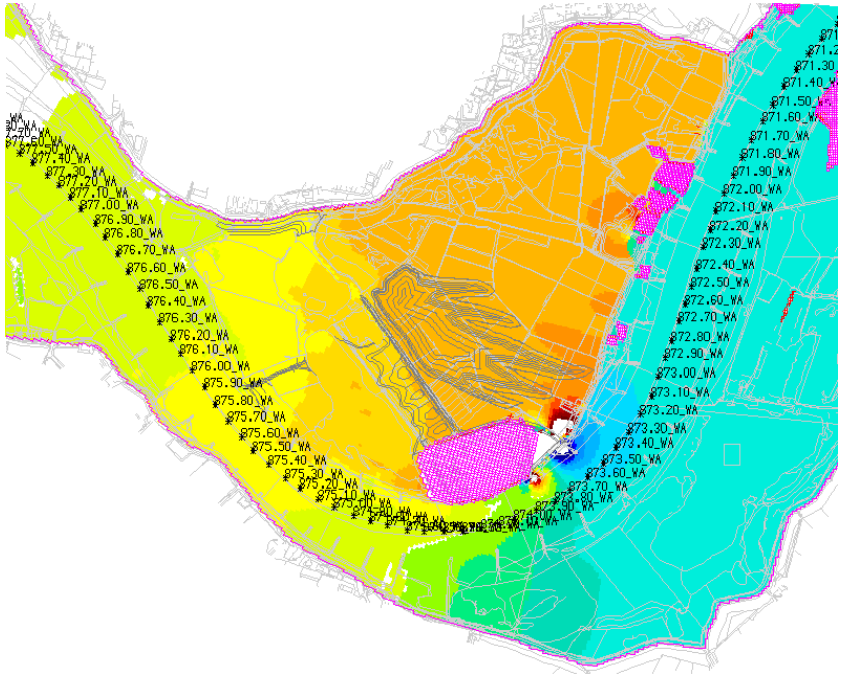
Gendt_a9d (oktober 2017)

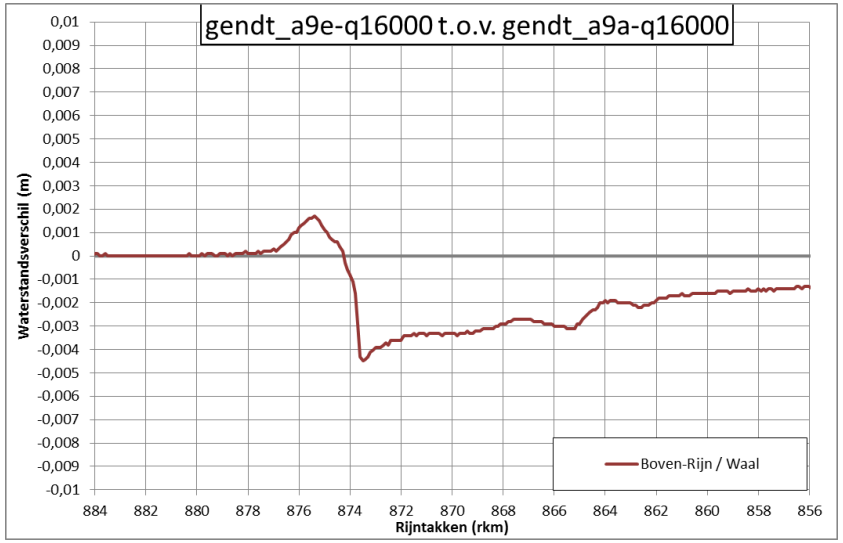




Ten opzichte van gendt_a9a is de uitbreiding van het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek verkleind (zie de zwarte lijnen). Dit zorgt voor een waterstands-verlaging van 0,4 cm.

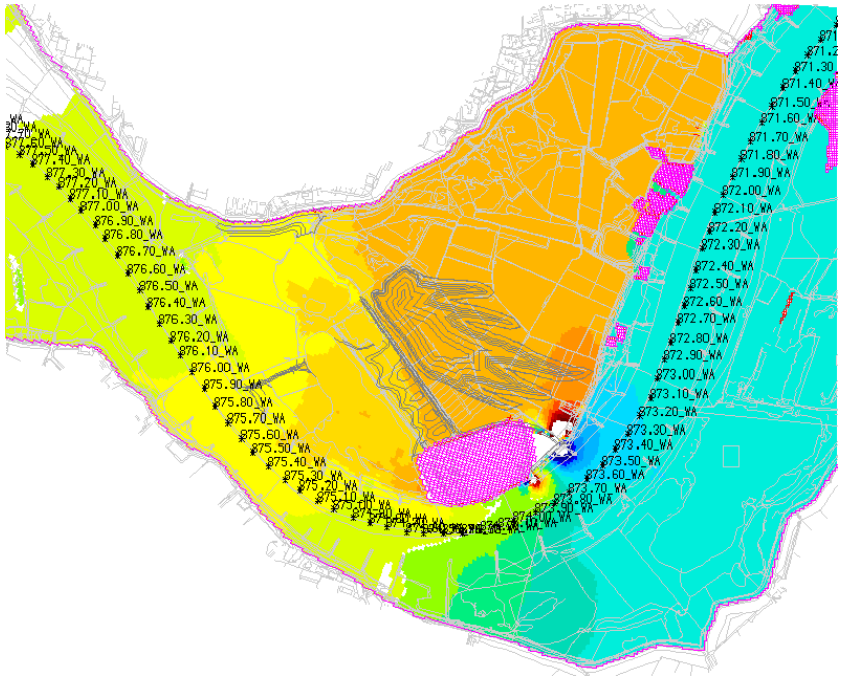
Gendt_a9e (oktober 2017)

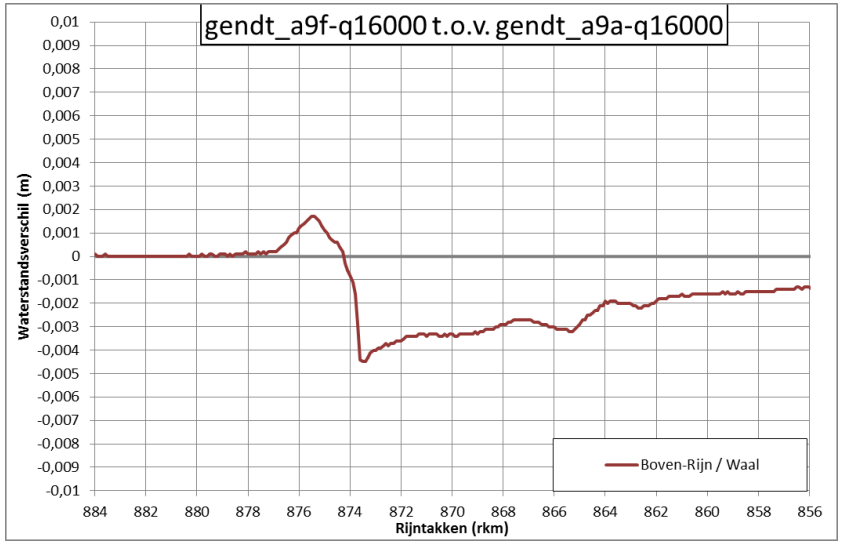




Ten opzichte van gendt_a9a is de uitbreiding van het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek verkleind conform gendt_a9d (zie de zwarte lijnen). Het deel van het terrein wat niet meer hoogwatervrij is is verlaagd met circa 0,5 m. Dit zorgt voor een beperkte waterstandsverlaging iets meer dan 0,4 cm.

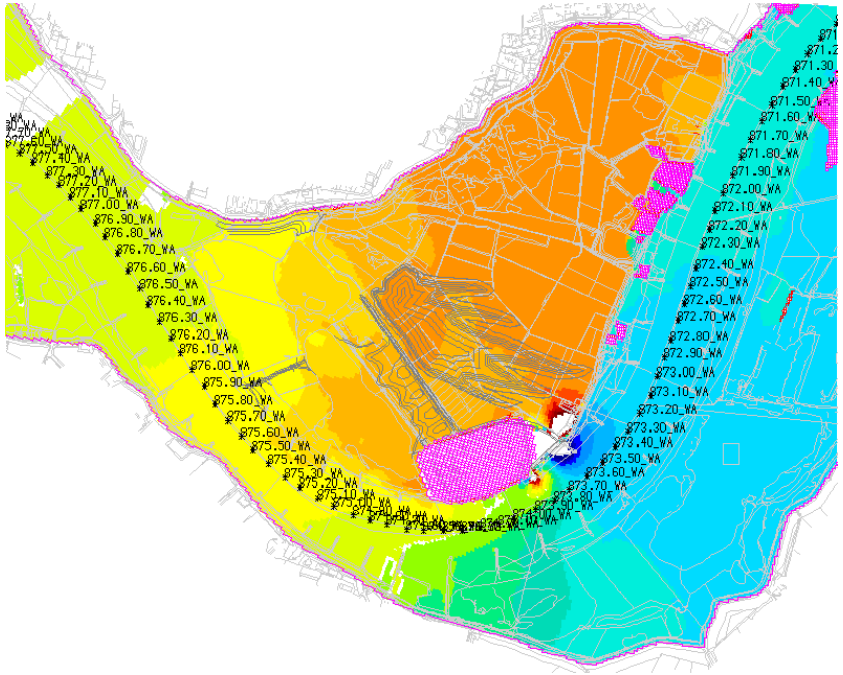
Gendt_a9f (oktober 2017)

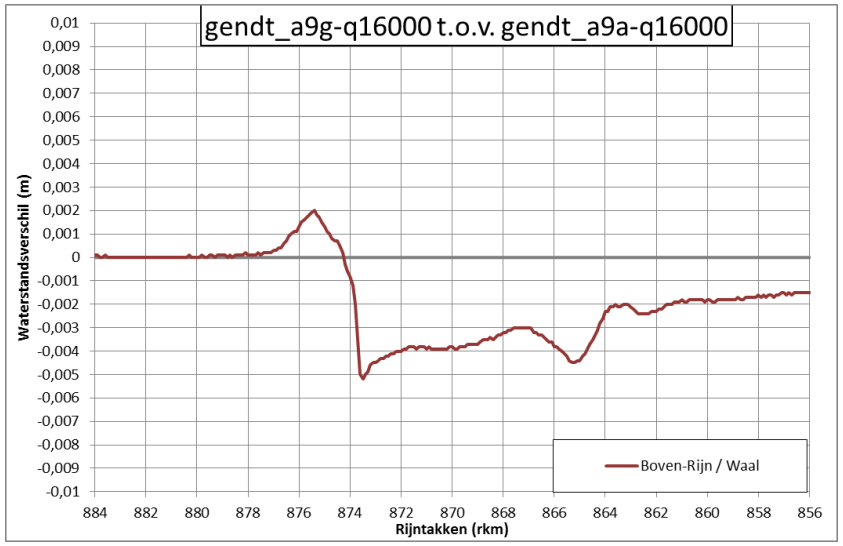




Ten opzichte van gendt_a9d is de uitbreiding van het hoogwatervrije terrein van de steenfabriek nog iets meer verkleind (zie de zwarte lijnen). Het deel van het terrein wat niet meer hoogwatervrij is is verlaagd met circa 0,5 m. Dit zorgt voor een beperkte waterstandsverlaging bijna 0,45 cm.

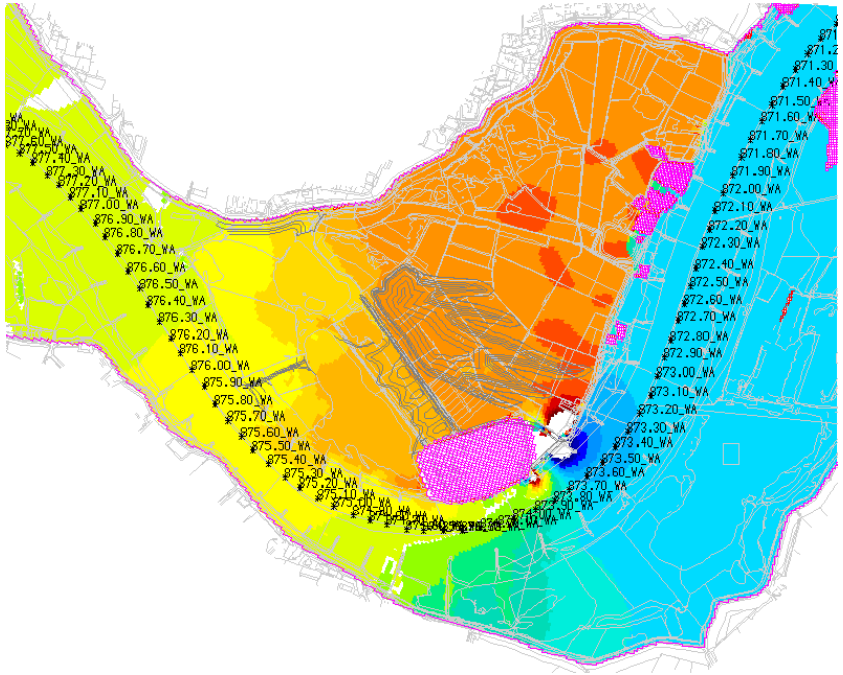
Gendt_a9g (oktober 2017)

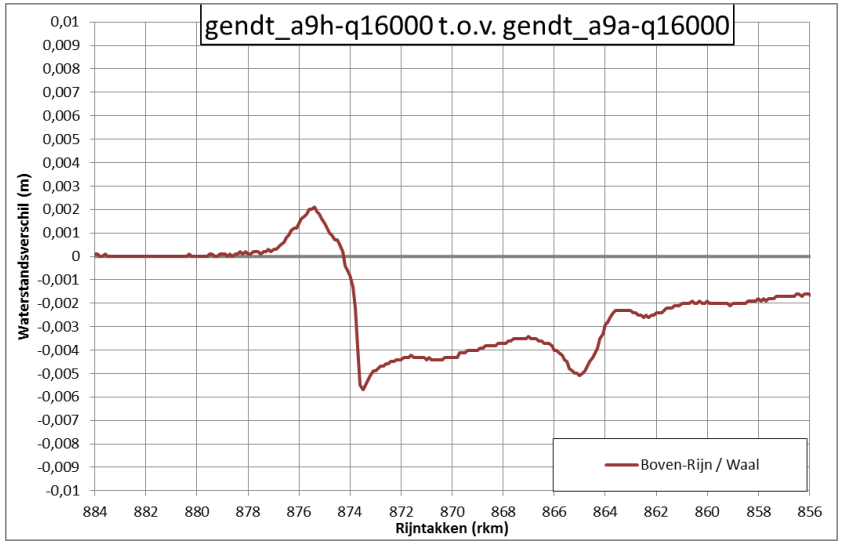




Ten opzichte van gendt_a9f is het deel van het oorspronkelijke hoogwatervrije terrein aan de oostzijde verlaagd met circa 1 m. In totaal is sprake van een waterstandsverlaging van 0,5 cm.

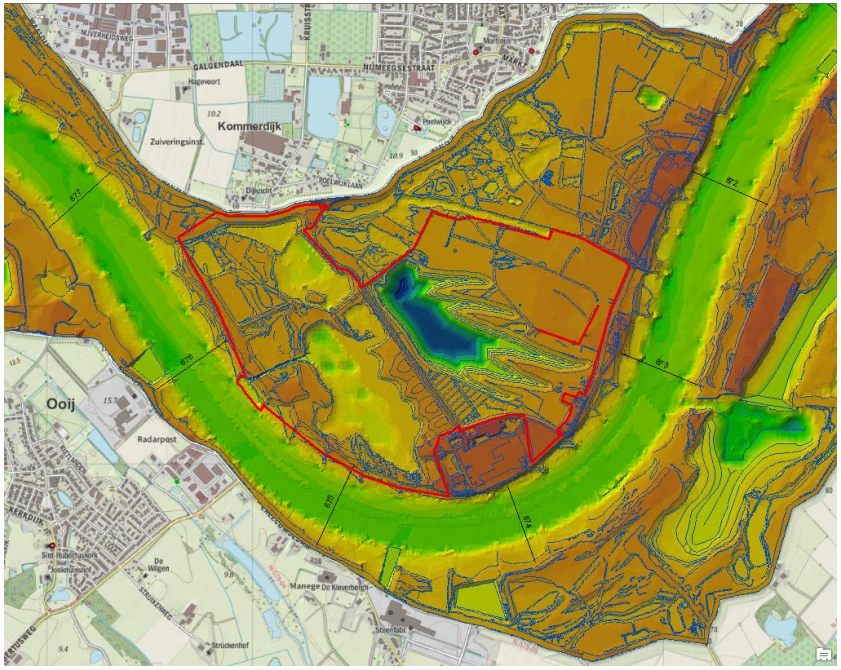
Gendt_a9h (oktober 2017)

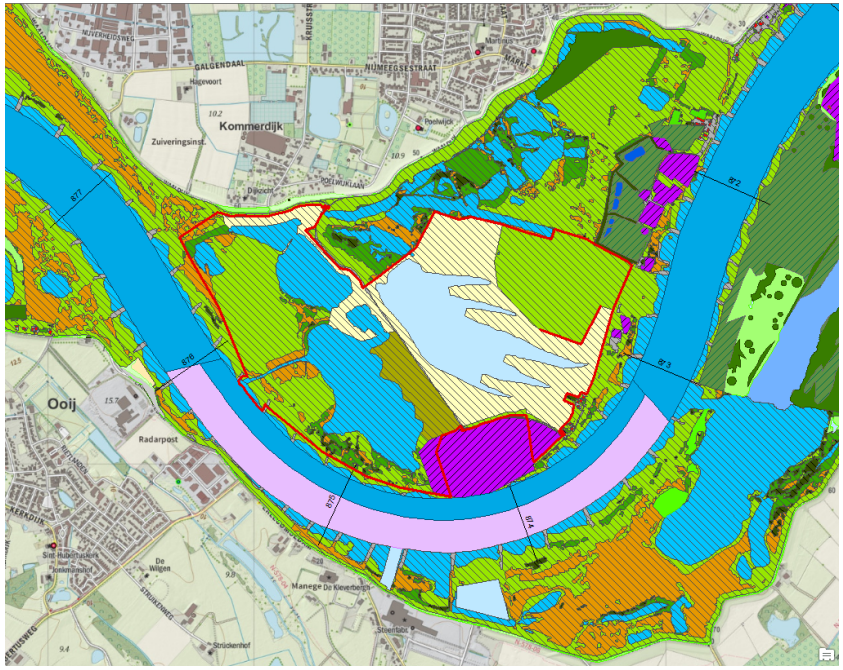


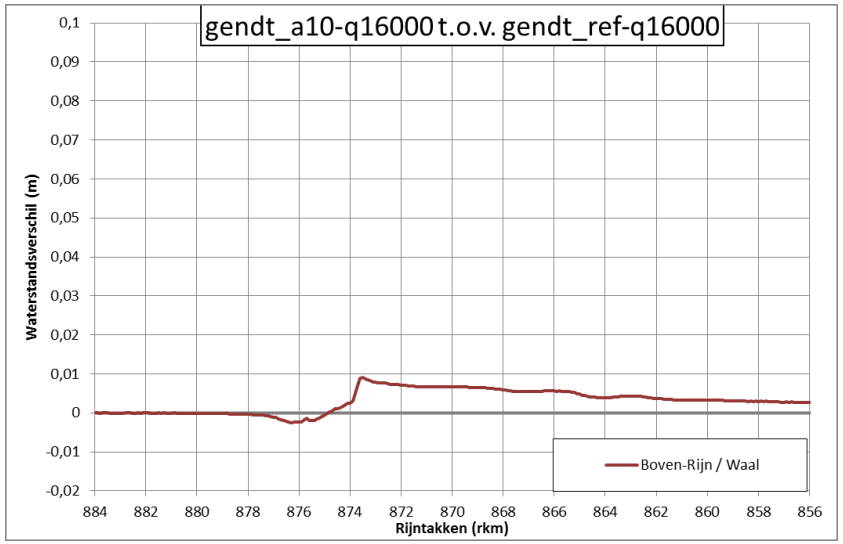


Ten opzichte van gendt_a9g is nog eens kritisch gekeken naar de ligging van de overlaten. Lokaal zijn deze overlaten aangepast en dit resulteert t.o.v. gendt_a9g in een extra verlaging van circa 0,05 cm. Ten opzichte van de referentiesituatie gendt_ref is het waterstandseffect vang gendt_a9h een verhoging van 0,2 cm.

Gendt_a10 (november 2017)

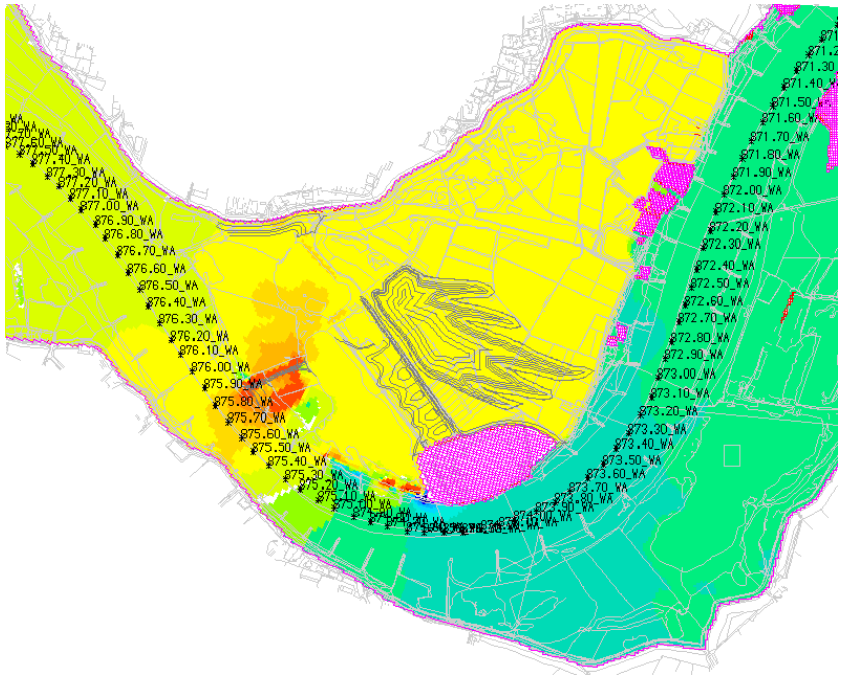


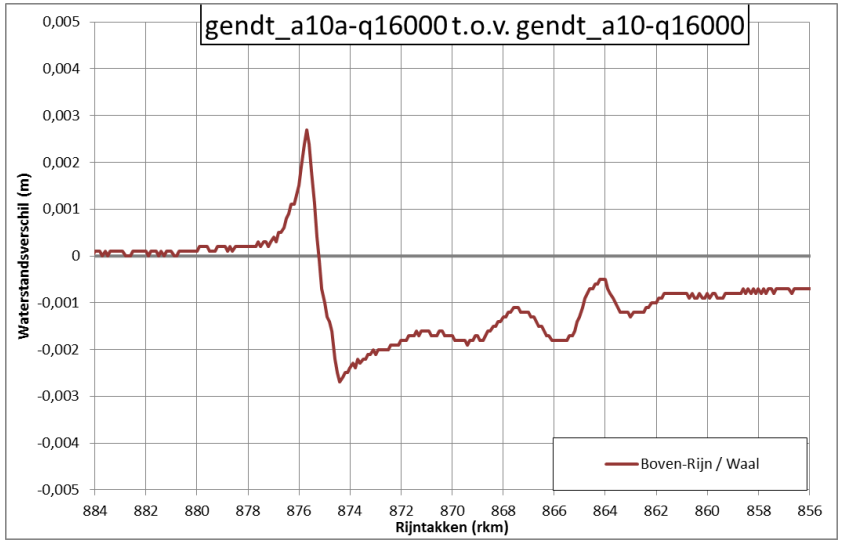




Ten opzichte van het ontwerp gendt_a9a is de vorm van de oostelijke uitbreiding van de steenfabriek aangepast en meer afgerond. Dit heeft ook kleine wijzigingen tot gevolg voor de ligging van het fietspad aan deze zijde van de steenfabriek. De uitstroomopening van de verbinding tussen de plas en de Waal ter hoogte van rkm 875,8 is versmald. Dit heeft een gunstig effect op zowel de morfologie als de dwarsstroming. Het positieve effect van de verruiming gaat hiermee echter verloren waardoor de opstuwing ten opzichte van gendt_a9a toeneemt met 0,1 cm tot 0,9 cm.

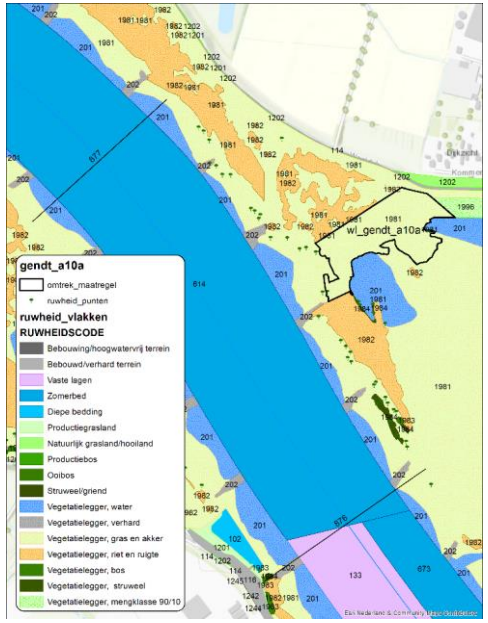
Gendt_a10a (december 2017)

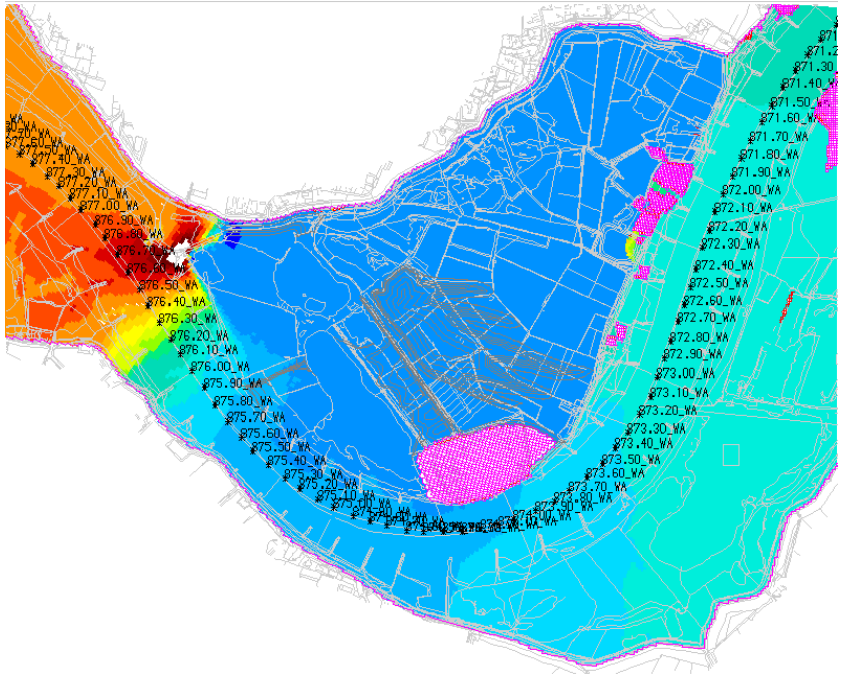


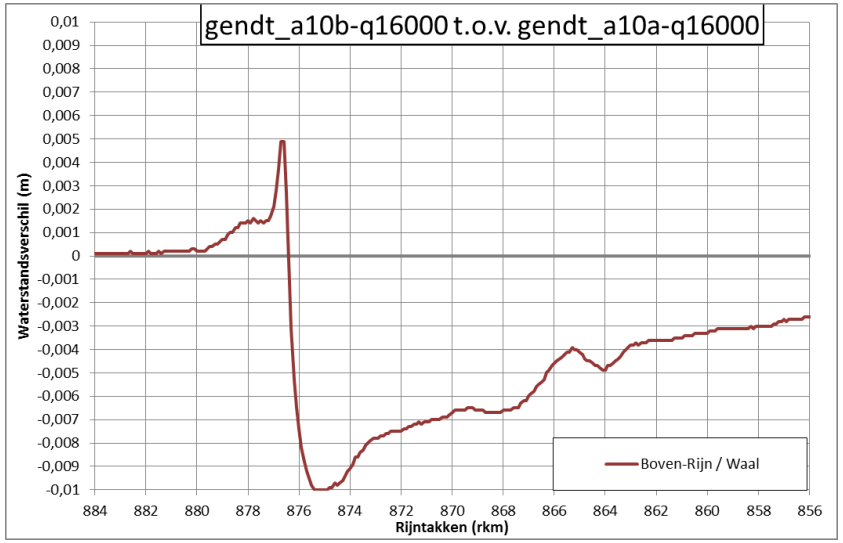


Ten opzichte van het ontwerp gendt_a10 is de landtong verlaagd tot een hoogte van circa 11,4 m+NAP. Hiertoe zijn zowel de bodem als de overlaten verlaagd. Ten opzichte van gendt_a10 zorgt deze aanpassing voor een waterstandsverlaging van bijna 0,3 cm.

Gendt_a10b (december 2017)

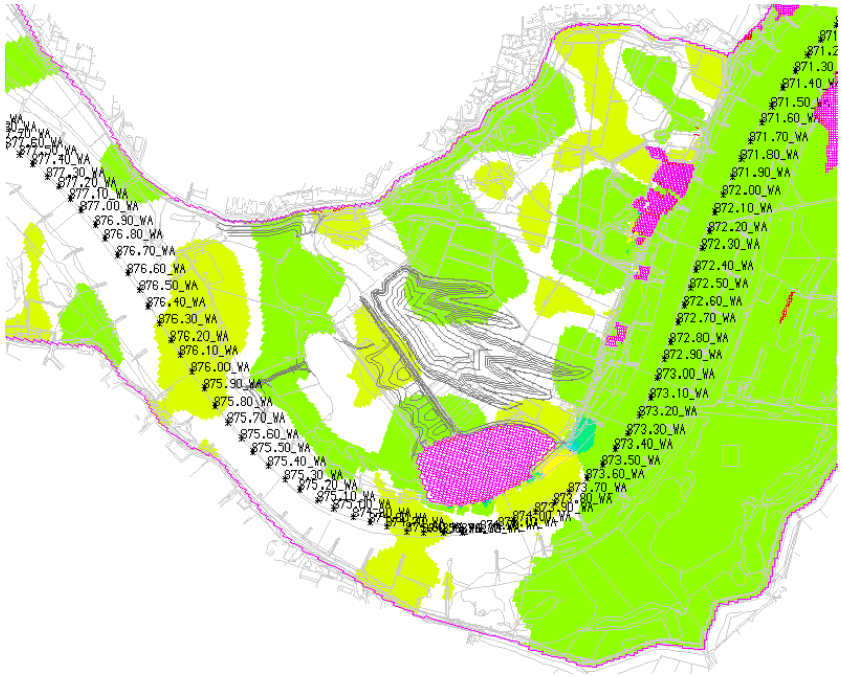


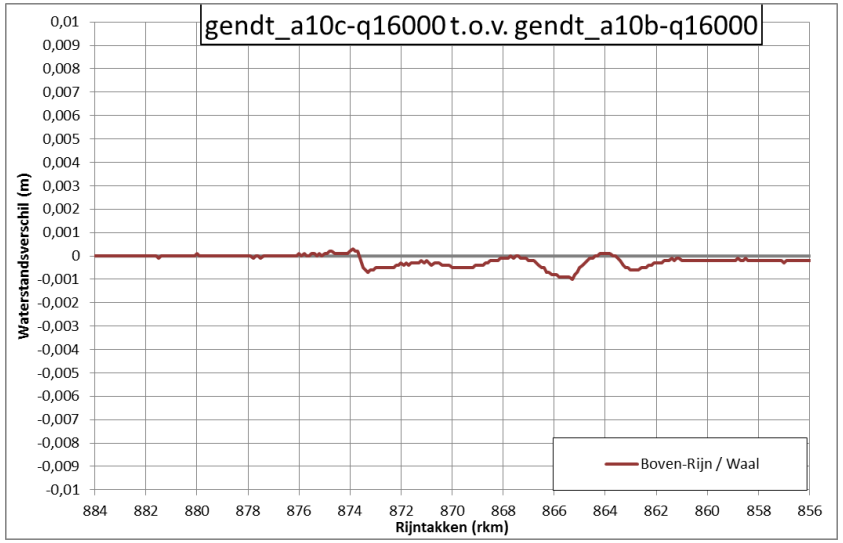




Het verwijderen van de natuurontwikkeling in de noordwestelijke punt van de uiterwaard over een oppervlakte van circa 3 Ha heeft een aanzienlijke waterstandsverlaging tot gevolg van circa 1 cm.

Gendt_a10c (december 2017)





In gendt_a10c is een kribverlaging opgenomen van de twee kribben aan de oostzijde van de steenfabriek. De kribben zijn verlaagd tot OLR + 1 meter, overeenkomend met circa 7,75 m+NAP. Deze aanpassing op zichzelf zorgt voor een waterstandsverlaging van bijna 0,1 cm. In combinatie met de eerdere aanpassingen van a10a (0,3 cm) en a10b (1,0 cm) is sprake van een waterstands-verlaging van ruim 1,3 cm. Hiermee zou dus voldoende compensatie gevonden kunnen worden.

Bijlage 3

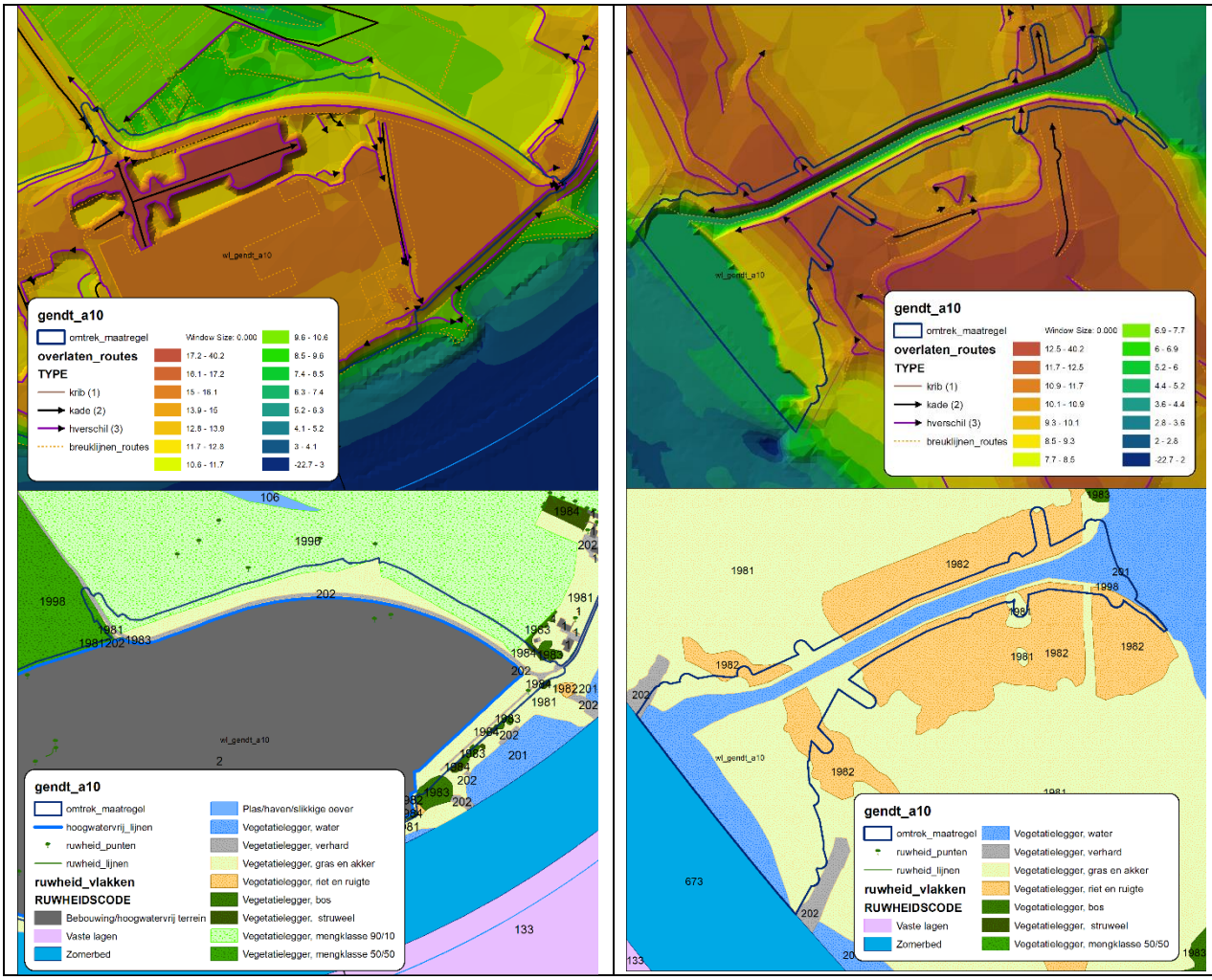
Meta-informatie Baseline-maatregel wl_gendt_a10

Metadata voor de maatregel: wl_gendt_a10

Beschrijving van de dataset

Deze Baseline maatregel is een onderdeel van herinrichting van de Gendtsche waard traject rkm 871-877. In de maatregel wordt 1)verbinding tussen westelijke plas en Waal versmald, 2) fietspad wordt rond terrein steenfabriek verlegd, en 3) hoogwatervrij terrein van steenfabriek aangepast.

Samenvatting



Doel van vervaardiging

WAQUA schematisatie maken om hydraulische effecten van ingreep te kunnen bepalen.

Producent van de dataset

H. Bouwmeester (GeoSpace)

Inhoudelijk contactpersoon

H. Bouwmeester (GeoSpace)
Ron Agtersloot (Agtersloot Hydraulisch Advies)

Type bestand

Meegeleverde bestanden:	
	Originele shapefiles (data/shapefiles)
X	Gebruikte bronbestanden (data/source)
	Aanvulling voor ruw.karak (waqua)

Karakteristieken en toepassingseisen		
Maatregel is gebaseerd op:	**gendt_ref**	
Ingemixte maatregelen:	**wl_gendt_a7, wl_gendt_a8, wl_gendt_a9a**	
Gebruikt Baseline Protocol		Protocol 3
		Protocol 4
	x	**Protocol 5**
Vegetatiecodering		PKB
		Handboek stromingsweerstand
	x	**Vegetatielegger**
Geschikt voor conversie naar	**x**	**WAQUA**
		Delft3D
		Sobek

Dataset herkomst	
Grenzen	
normaall	X
oeverl	X
secties	X
wc_omtrek	Bepaald door de invoermodule 2.8.
winbed	X

Hooglijn	
bandijk	X
breukl	De verbinding tussen westelijke plas en Waal wordt versmald. De bodem van de verbinding is breuklijn en ligt op 5m. De onderkant talud van fietspad is breuklijn met hoogtes geprikt op het referentiemodel. De meest zuidelijke lijn van het fietspad is breuklijn met een hoogte van 15m.
hverschil	• De verbinding tussen westelijke plas en Waal wordt versmald. De insteek van de verbinding is hoogteverschillijn met hoogtes geprikt op het referentiemodel. Daarop sluiten dwars hoogteverschillijnen aan, ook geprikt op het referentiemodel. • De bovenkant talud van het fietspad is hoogteverschillijn met een kruinhoogte van 15m. De kade in zuiden van hoge terrein van steenfabriek is vervangen door een hoogteverschillijn. • De teenhoogtes van alle hoogteverschillijnen zijn bepaald met de invoermodule op de nieuwe variant met maatregel reeds ingemixt.
kade	Twee kleine stukjes kade zijn opnieuw neergelegd met kruinhoogtes uit de referentie en teenhoogtes bepaald met de invoermodule op de nieuwe variant met maatregel reeds ingemixt.
krib	X

Hoogpunt	
oeverhgt	X
plashgt	X
winbedhgt	X
zombedhgt	X

Meetpunt	
meetpunt	X
uitvloc	X

Oppwater	
plassen	De verbinding tussen westelijke plas en Waal wordt versmald. Na inmixen is hoogtemodel afgeleid. Daarvan is contour van 8,50m afgeleid. Alles wat lager is dan 8,50 is aangetakte plas (ruwcode 201.

Overig	
bronput	X
kunstwrk	X

Rivgeom	
rivieras	X
rivierkm	X

Ruwheid	
bomen	X
ecoruw	• De verbinding tussen westelijke plas en Waal wordt versmald. Na inmixen is hoogtemodel afgeleid. Daarvan is contour van 8,50m afgeleid. Bij alles hoger is dan 8,50m is de ecoruw van de referentiesituatie teruggezet (gendt_ref). • Het fietspad rond steenfabriek heeft ruwcode 201 gekregen. Op het talud ten noorden van fietspad naar tasveld is gras (ruwcode 1981) neergelegd.
ecotoop	X
heggen	X
hwatvrij_l	De contour van het hoogwatervrije terrein is als hoogwatervrije lijn toegevoegd.
hwatvrij_v	Omdat het fietspad een stuk naar het zuiden wordt gelegd wordt het hoge terrein van de steenfabriek een stuk kleiner, en daarmee het hoogwatervrije terrein.
lanen	X
zombed	X

Opmerkingen
Gemaakt met ArcGIS versie 10.4, Baseline versie 5.3.1 en de invoermodule versie 2.8. De grens tussen hoge terrein en Waal in uiterste zuiden maatregel was geschematiseerd als kade. Deze komt niet in het hoogtemodel terug waardoor dit hoogtemodel er raar uitzag. In deze maatregel wordt de kade vervangen door een hoogteverschillijn zodat er een hoogtemodel en een overlaat komt te liggen. Het geheel is ook nog een hoogwatervrij terrein.

Inwinningsdata			
Bron:	hoogwatervrij.zip en verwijderen_hoogwatervrij_a10.zip	Inwinningsdatum:	9 november 2017
Bron:	verlegging_fietspas_v2.zip	Inwinningsdatum:	9 november 2017
Bron:	verbinding_a10.zip	Inwinningsdatum:	9 november 2017

Geldigheidsdatum
17 november 2017

Leveringsdatum
17 november 2017