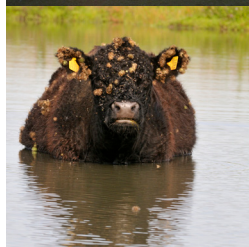
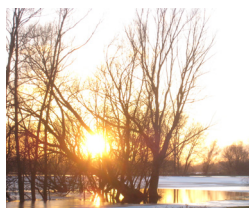


Uiterwaardvergraving Meinerswijk
hydraulica en morfologie




Gemeente Arnhem
Datum ontvangst : 29-05-2012
Zaaknummer : 2012-04-00157

Uiterwaardvergraving Meinerswijk

hydraulica en morfologie

referentie	projectcode	status
RW 1809-303-70/tom/081	RW1809-303-70	definitief 02
projectleider	projectdirecteur	datum
R. Lohrmann	mw. ir. C.M. Sluis	23 april 2012

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	R. Lohrmann	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Aanleiding	1
1.2. Doel voorliggend product	1
1.3. Leeswijzer	2
2. BESCHRIJVING VOORKEURSVARIANT	3
2.1. Locatie	3
2.2. Uitwerking projectontwerp	4
3. AFBAKENING	7
3.1. Gebiedsvisie	7
3.2. Maatregelen waterveiligheid	7
3.3. Toetsing aan de hand van de gebiedsvisie	8
4. EFFECTANALYSE	9
4.1. Beoordelingskader	9
4.2. Methodiek	9
4.3. Schematisatie	10
4.3.1. Beschrijving referentiesituatie	10
4.3.2. Interventieniveau vegetatie ontwikkeling	10
4.3.3. Interventieniveau bodemligging	11
5. HYDRAULICA	13
5.1. Inleiding	13
5.2. Uitgangspunten	13
5.3. Hydraulische effecten	14
5.3.1. Maatgevende hoogwaterstand op as rivier	15
5.3.2. Beheermarge	16
5.3.3. Maatgevende hoogwaterstand buiten as rivier	16
5.3.4. Afvoerverdeling bij maatgevende hoogwaterstand	18
5.3.5. Afvoerverdeling bij normaal hoogwater	18
5.4. Hinder of schade	19
5.4.1. Waterstanden en/of inundatiefrequentie van uiterwaard	19
5.4.2. Stroombeeld in de uiterwaard	19
5.4.3. Stroombeeld en dwarsstroming in vaarweg bij aan- en aftakkingen nevengeul	21
5.4.4. Afvoerverdeling bij normaal hoogwater	31
5.4.5. Afvoerverdeling bij lage afvoeren	31
5.5. Effectbeoordeling	31
6. BODEMLIGGING EN MORFOLOGIE	33
6.1. Inleiding	33
6.2. Methodiek	33
6.3. Uitgangspunten	33
6.4. Resultaten berekeningen	34
6.4.1. Afvoer 6.000 m ³ /s	34
6.4.2. Afvoer 8.000 m ³ /s	38
6.4.3. Aanzanding en erosie van het zomerbed	38
6.4.4. Aanzanding en erosie van de uiterwaard en nevengeulen	39
6.4.5. Baggerbezwaar	39
6.5. Effectbeoordeling	42

7. MAATREGELEN EN EVALUATIE	43
7.1. Mitigerende en compenserende maatregelen	43
7.1.1. Dwarsstroming	43
7.1.2. Vaardiepte bij OLR	43
7.2. Leemten in kennis en informatie	43
8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	45
8.1. Hydraulische effecten	45
8.2. Hinder en schade	45
8.3. Bodemligging en morfologie	46
8.4. Ingrepen buiten bouwstenen	46
9. REFERENTIELIJST	47
laatste bladzijde	47
BIJLAGEN	aantal blz.
I Begrippenlijst	1
II Opzet modellering en schematisatie	8
III Tekeningen	7
IV Stroombeelden bij Boven-Rijn afvoer van 8.000 m ³ /s	5
V Stroombeelden bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s	5
VI Detailafbeeldingen sedimentatie/erosie	5
VII Detailafbeeldingen waterstandsverandering bij MHW	1
VIII Toponiemenkaart	1

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

De hoogwatersituaties van 1993 en 1995 hebben aangetoond dat de bescherming van het rivierengebied in Nederland blijvende aandacht vraagt. Er wordt verwacht dat de rivierafvoer in de toekomst alleen nog maar meer toeneemt. Het kabinet heeft daarom in 2000 besloten om toekomstige hoge afvoeren veilig naar zee af te voeren door de rivieren meer de ruimte te geven in plaats van enkel de dijken te verhogen.

In de Planologische Kern Beslissing (PKB) Ruimte voor de Rivier zijn maatregelen opgenomen, die er samen voor moeten zorgen dat de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s op de Rijn bij Lobith op korte termijn (voor 2015) veilig zijn doorgang kan vinden. Het doel van deze maatregelen is om de wettelijke norm voor hoogwaterveiligheid te halen en 4 miljoen bewoners in het rivierengebied te beschermen tegen hoogwater. Er zijn in Nederland 39 locaties aangewezen waar Ruimte voor de Rivier maatregelen getroffen worden, de Uiterwaardvergraving Meinerswijk (R09-3) is daar één van.

Een uiterwaardvergraving ter hoogte van Meinerswijk, enkele kilometers benedenstrooms van het splitsingspunt IJsselkop, is noodzakelijk om bij maatgevend hoogwater (MHW) het rivierwater beter te verdelen over de Neder-Rijn en de IJssel. Door maatregelen op de IJssel zou deze rivier teveel water gaan afvoeren ten opzichte van de Neder-Rijn. De vergraving bij Meinerswijk leidt bij hoogwater tot een waterstanddaling op de Neder-Rijn, waardoor de optimale afvoerverdeling tussen Neder-Rijn en IJssel vanaf de IJsselkop weer wordt hersteld. De rivierkundige taakstelling voor waterstandsdeling is gesteld op 7 cm in de Neder-Rijn tussen kmr 882 en 883.

Naast het verbeteren van de veiligheid is een andere belangrijke doelstelling van Ruimte voor de Rivier het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het rivierengebied, om daarmee het rivierengebied economisch, ecologisch en ruimtelijk te versterken. Hierin heeft Rijkswaterstaat nauw samengewerkt met de gemeente Arnhem. Door de uitvoering van de Ruimte voor de Rivier maatregelen worden delen van de gebiedsvisie van de gemeente Arnhem gerealiseerd.

Rijkswaterstaat is de initiatiefnemer voor deze maatregel uit de PKB Ruimte voor de Rivier. Het voorkeursalternatief (VKA) voor deze maatregel is bestuurlijk vastgelegd op 14 maart 2011 en uitgewerkt naar de voorkeursvariant (VKV). De VKV is op 22 juni 2011 in een overleg tussen de gemeente Arnhem en PDR bestuurlijk vastgesteld. Aansluitend hierop is het projectontwerp opgesteld en op 21 december 2011 heeft de Staatssecretaris van I&M daaraan zijn goedkeuring gehecht door middel van een zogeheten SNIP 3 beslissing. Het projectontwerp zal een waterstandsdeling opleveren van 7,9 cm. De in de PKB opgenomen taakstelling voor waterstandsdeling bedraagt 7 cm. De overwaarde van 0,9 cm zal benut worden als beheerruimte benodigd voor veranderingen in vegetatie- en sedimentatieontwikkeling.

1.2. Doel voorliggend product

Op 21 december 2011 heeft de Staatssecretaris het SNIP3-besluit genomen op basis van Adviesnota SNIP 3 met onderliggende documenten. Hiermee is het projectontwerp vastgesteld. Voorliggende rapportage betreft de onderbouwing voor de vergunningaanvragen door de desbetreffende bevoegd gezagen in de regio voor de realisatie van de Uiterwaardvergraving Meinerswijk. De vastgestelde vergunningen geven inhoud aan het besluit van de Staatssecretaris en maken realisatie mogelijk.

1.3. Leeswijzer

De opbouw van voorliggend rapport is als volgt:

- hoofdstuk 2 beschrijft het projectontwerp. Hier geven wij een beschrijving van de locatie en zetten wij de uitwerking van het projectontwerp uiteen;
- hoofdstuk 3 geeft een korte toelichting op de gebiedsvisie en maatregelen in het kader van waterveiligheid;
- hoofdstuk 4 behandelt de effectanalyse voor de aspecten hydraulica en morfologie. Het beoordelingskader en de methodiek worden kort besproken. Vervolgens wordt een beschrijving gegeven van de referentiesituatie waarna dieper wordt ingegaan op de effecten op de afzonderlijke punten uit het beoordelingskader;
- hoofdstuk 5 geeft de resultaten weer van de effectenanalyse van het projectontwerp op het gebied van waterbeweging;
- hoofdstuk 6 geeft de resultaten weer van de effectenanalyse van het projectontwerp op het gebied van bodemligging en morfologie;
- hoofdstuk 7 geeft een beschrijving van de mitigerende en compenserende maatregelen;
- hoofdstuk 8 beschrijft conclusies en aanbevelingen.

Een lijst met gebruikte begrippen en afkortingen is weergegeven in bijlage I.

2. BESCHRIJVING VOORKEURSVARIANT

2.1. Locatie

Het projectgebied ligt aan de zuidelijke oever van de Neder-Rijn, net benedenstreams van het splitsingspunt IJsselkop, waar het Pannerdensch Kanaal zich splits in de IJssel en de Neder-Rijn. Het projectgebied bestaat uit een drietal deelgebieden (afbeelding 2.1):

- Meinerswijk¹:
 - dit gebied ligt ten westen van de Mandelabrug en wordt begrensd voor de Eldense Dijk in het zuiden en de Neder-Rijn in het westen en noorden;
- Stadsblokken:
 - het buitendijks gebied tussen de Mandelabrug en de John Frostbrug ten zuiden van de Neder-Rijn en ten noorden van de Malburgse dijk;
- Bakenhof:
 - het gebied tussen de John Frostbrug en de Sacharovbrug. Overigens houdt volgens de scope van dit project het projectgebied op ter hoogte van de nevengeul aan de oostkant van de Bakenhof.

Door het gebied loopt de Groene Rivier (zie toponiemenkaart achterin dit rapport). Op 17 december 1932 is aan de gemeente Arnhem concessie verleend voor het bedijken van de polder Malburgen. Ter compensatie voor het verlies aan winterbed moest door de gemeente Arnhem een Groene Rivier in stand worden gehouden.

Het gebied ten westen van de Mandelabrug is door de gemeente Arnhem ingericht als uiterwaardpark en grotendeels onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Het betreft over het algemeen grasland en waterplassen die ontstaan zijn door kleiwinning (er stonden hier meerdere steenfabrieken). De Plas van Bruil is ontstaan door zandwinning. Veel van de winplaatsen zijn later gebruikt als stortplaats.

De bewoning in het gebied is extensief. De eigenaren van het gebied zijn de gemeente Arnhem, de Rijksoverheid, het waterschap Rivierenland, Staatsbosbeheer en vastgoedontwikkelaar Phanos BV.

Afbeelding 2.1. Projectgebied Uiterwaardvergraving Meinerswijk



¹ Dit project heet Uiterwaardvergraving Meinerswijk. Meinerswijk verwijst hierbij naar het gehele projectgebied inclusief Stadsblokken en een deel Bakenhof.

2.2. Uitwerking projectontwerp

De VKV is een uitwerking van het VKA tot een definitief projectontwerp. Het Projectontwerp bestaat uit 6 bouwstenen, weergegeven in afbeelding 2.2. Deze bouwstenen worden hieronder kort toegelicht. Tekeningen van het projectontwerp (tekening 2001 en 2002) zijn in bijlage III opgenomen.

Afbeelding 2.2. Nummering en situering van de bouwstenen



Tabel 2.1. Beschrijving van de bouwstenen

bouwsteen	ingreep/toekomstige functie	type werkzaamheden
bouwsteen D	geul in Groene Rivier versterking brugpijlers John Frostbrug	grond ontgraven constructieve aanpassing
bouwsteen F	F1 verlaging zomerkade F2-F3 geul ten westen van de Plas van Bruil F4 herstel Sleuteldam	grond ontgraven en verwerken grond ontgraven grond verwerken
bouwsteen O*	aanleg instroomdrempel	grond verwerken
bouwsteen Q	dempen gemaalsloot	grond verwerken
bouwsteen V	weghalen van lage begroeiing en puin	-
bouwsteen W	weghalen van struweel tussen bomenlaan	-

Bouwsteen D: Geul in Groene Rivier

Bouwsteen D houdt in dat in de Groene Rivier bij de John Frostbrug een geul uitgegraven wordt. In een gebied van 11,5 ha wordt een geul gegraven met maximaal een geulbodem van NAP + 6,00 m. Hierdoor ontstaat een permanente waterpartij. Op de noordoever van de geul in de Groene Rivier, tussen bouwsteen D en Stadblokken, kan struweel zich ontwikkelen. Het struweel langs de noordoever vormt één geheel met de verruiging bij de instroomdrempel.

Als gevolg van het graven van deze geul dienen enkele pijlers van de John Frostbrug te worden versterkt. Hierbij wordt uitgegaan van een nieuwe funderingsconstructie rondom enkele bestaande pijlerfunderingen voorzien van een bekleding aan de buitenzijde wat afgestemd wordt op het bestaande karakter van de brugpijlers.

Bouwsteen F

Bouwsteen F bestaat uit drie maatregelen:

F1: het verlagen van de zomerkade ten noorden van de Plas van Bruil tot gemiddeld NAP + 11,50 m (tussen NAP + 10,50 m en NAP + 12,00 m) over een lengte van circa 1.100 m;

F2-F3: geul ten westen van de Plas van Bruil (graven van een geul met een lengte van circa 600 m en bovenbreedte van circa 50 m);

F4: herstel van de Sleuteldam over een lengte van circa 40 m.

Met deze maatregelen wordt een substantiële waterstandsverlaging bij hoogwater bereikt.

Bouwsteen O*: Aanleg instroomdrempel

De Groene Rivier wordt met een instroomdrempel gescheiden van de Neder-Rijn. Ecologisch gezien zal de instroomdrempel als oeverwal fungeren. Op het noordelijke gedeelte zal enige verruiging worden toegestaan. De vegetatie langs de noordoever van de geul in de Groene Rivier vormt één geheel met de verruiging bij de instroomdrempel. De instroomdrempel wordt, nabij de te ontgraven geul in de groene rivier, over een lengte van circa 170 verhoogd tot NAP + 11,60 m. Het overige deel van de instroomdrempel wordt verhoogd tot NAP + 11,20 m en heeft in totaal een lengte van circa 1.250 m. De instroomdrempel wordt vanaf de John Frostbrug tot aan de Malburgse bandijk aangelegd.

Bouwsteen Q: Dempen gemaalsloot

Het dempen van de voormalige gemaalsloot, die parallel aan het regelwerk naast de Mandelabrug loopt, levert een positieve bijdrage aan de taakstelling, doordat hiermee een vermindering van de hydraulische weerstand wordt gerealiseerd. De sloot wordt over een lengte van circa 200 m gedempt.

Bouwsteen V: Weghalen van lage begroeiing en puin

Het verwijderen van puin en steenachtige materialen in de kribvakken en vegetatie aan de rivierzijde langs de Neder-Rijn ter hoogte van Stadsblokken levert een bijdrage aan de hydraulische taakstelling.

Bouwsteen W: Weghalen van struweel tussen bomenlaan

Het weghalen van laag struweel zodat een bomenlaan overblijft langs de Uitweg, heeft een positief effect op de rivierkundige taakstelling doordat de hydraulische weerstand van het gebied afneemt.

3. AFBAKENING

3.1. Gebiedsvisie

De gemeente Arnhem heeft een gebiedsvisie opgesteld. Om gebruik en beleving van de uiterwaarden van Meinerswijk te verhogen, is het doel van deze gebiedsvisie ook de toegankelijkheid en recreatieve gebruikswaarde van het gebied te vergroten. Hierbij is het van belang de cultuurhistorie toegankelijk te maken om de identiteit en historische waarde van het gebied kracht bij te zetten. Daarmee ontwikkelt zich een uiterwaardenpark, dat als recreatief uitloopgebied van de stad Arnhem fungeert.

Om de ruimtelijke kwaliteit te vergroten zijn in de gebiedsvisie enkele maatregelen opgenomen die tot gevolg hebben dat de ruwheid van de uiterwaard wordt vergroot ten opzichte van de huidige situatie. Dit zijn: beperkte toename in ruigere vegetatie van de Groene Rivier, verondieping oevers van bestaande plassen, oobosontwikkeling, oeverwalvorming ter plaatse van de verlaagde zomerkade en verruiging op de instroomdrempel en noordelijke oever van de geul in de Groene Rivier. Dit bij de totale gebiedsvisie behorende streefbeeld is weergegeven op tekening 2005 in bijlage III.

3.2. Maatregelen waterveiligheid

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het realiseren van de waterveiligheid en neemt hiervoor rivierkundige maatregelen in Meinerswijk. Naast veiligheid is het aspect ruimtelijke kwaliteit een doelstelling van het project. Voor de invulling van de ruimtelijke kwaliteit is nauw samengewerkt met de gemeente Arnhem; de bouwstenen worden gerealiseerd in lijn met het streefbeeld van de gebiedsvisie (zie bijlage III, tekening 2003 en tekening 2005 voor beide streefbeelden).

Mede gezien het tijdsplan is het niet mogelijk om de gebiedsontwikkeling en rivierverruiming als 1 integraal project uit te voeren. Toch is er zeker wel sprake van interactie en afstemming tussen beide; de maatregelen in het kader van de waterveiligheid maken onderdeel uit van de beoogde gebiedsvisie. Onderstaand zijn de twee fases benoemd waar Rijkswaterstaat en de gemeente Arnhem vanuit gaan:

- fase 1:
 - waterveiligheid:
 - realisatie van de bouwstenen in het kader van Ruimte voor de Rivier door Rijkswaterstaat;
 - gebiedsvisie:
 - realisatie recreatief netwerk en cultuurhistorische elementen door de gemeente Arnhem;
- fase 2:
 - gebiedsvisie:
 - realisatie overige onderdelen van de gebiedsvisie door de gemeente Arnhem.

Bestuurlijk is afgesproken dat de rivierkundige aanpassingen in het plangebied (fase 1, waterveiligheid) uiterlijk 2015 operationeel moeten zijn. De uiterwaardvergraving vormt een uitwerking van de eerste fase waarvan Rijkswaterstaat initiatiefnemer is. Oftewel: een uitwerking van de bouwstenen in het kader van Ruimte voor de Rivier, waarbij de bouwstenen zo worden uitgevoerd dat ze passen binnen de kaders van het streefbeeld van de totale gebiedsvisie (tekening 2005 in bijlage III).

3.3. Toetsing aan de hand van de gebiedsvisie

De beoordeling van de hydraulische en morfologische effecten van de 'bouwstenen voor waterveiligheid' gaat uit van voltooiing van het streefbeeld van de totale gebiedsvisie. De realisatie van dit streefbeeld is de verantwoordelijkheid van de gemeente Arnhem en valt buiten de scope van het project uiterwaardvergraving Meinerswijk. Ingrepen die buiten de bouwstenen zijn voorzien betreffen:

- realisatie recreatief netwerk en cultuurhistorische elementen (fase 1, gebiedsvisie);
- (beperkte) toename in ruigere vegetatie van de Groene Rivier, verondieping oevers van bestaande plassen, ooibosontwikkeling (fase 2, gebiedsvisie).

De gemeente Arnhem stelt aan de hand van de gebiedsvisie een bestemmingsplan op. Op het moment dat veranderingen in het gebied buiten de bouwstenen plaatsvinden dient dit binnen de aangenomen kaders van het streefbeeld en corresponderend interventiebeeld (tekening 2041 in bijlage III) plaats te vinden. Een ontwikkeling die leidt tot een hoger ruwheid door vegetatie- of sedimentatieontwikkeling is niet toelaatbaar. De rivierbeheerder (Rijkswaterstaat Oost-Nederland) ziet daar als vergunningverlenend en handhavend bevoegd gezag op toe.

Als gevolg van bovenstaande is sprake van de volgende fasering:

- In 2015 zijn de bouwstenen gerealiseerd maar is de ruwheid van de vegetatie nog niet tot ontwikkeling gekomen. Er is sprake van een overgangperiode waarin de daling van de MHW iets groter is dan in deze rapportage is opgenomen.
- Na realisatie van de gebiedsvisie is sprake van de effecten zoals hierna worden omschreven. De waterstanddaling is minder dan na aanleg van de bouwstenen maar boven de taakstelling van 7cm die vanuit het PKB is opgelegd.

4. EFFECTANALYSE

4.1. Beoordelingskader

De effecten van het projectontwerp voor het thema hydraulica en morfologie zijn in kaart gebracht. Tabel 4.1 presenteert het beoordelingskader voor de effectbeschrijving van het thema hydraulica en morfologie.

Tabel 4.1. Beoordelingskader effectbeschrijving

aspect	criterium	toe te passen model
MHW	7,90 cm op rivierkilometer 882	WAQUA
dwaarsstroming	0,15 m/s bij in- en uitstroompunt uiterwaard	WAQUA
afvoerverdeling bij MHW (bij aftakkingspunt)*	verandering afvoerverdeling < 5 m ³ /s ten opzicht van referentie voor Qbr = 16.000 m ³ /s verandering afvoerverdeling < 20 m ³ /s ten opzicht van referentie voor Qbr = 10.000 m ³ /s verandering afvoerverdeling < 1 m ³ /s ten opzicht van referentie voor Qbr = 1.020 m ³ /s	WAQUA
morfologie	vaardiepte > = 2,80 m (bij OLR) gemiddelde vaardiepte >= 4,00 m (bij OLR)	WAQMORF

* De genoemde criteria zijn de standaardcriteria uit het Rivierkundig Beoordelingskader. Voor Ruimte voor de Rivier projecten is het criterium 'afvoerverdeling' niet één op één van toepassing. Zeker voor de maatregel Meinerswijk is dit van belang, omdat deze maatregel juist tot doel heeft de afvoerverdeling effectief te beïnvloeden bij een Boven-Rijn afvoer van 15.000 m³/s. Voor maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier geldt dat tijdelijk (tot 2015) bij de splitsingspunten Pannerdensche Kop en IJsselkop maximale afwijkingen van respectievelijk 50 en 25 m³/s bij een Boven-Rijnafvoer van 15.000 m³/s zijn toegestaan. Het totale pakket aan RvdR-maatregelen moet in 2015 de werkelijke afvoerverdeling bij deze splitsingspunten bij een Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s weer in overeenstemming brengen met de beleidsmatige afvoerverdeling.

4.2. Methodiek

Voor de beoordelingen van de aspecten en criteria gaat het om een relatieve vergelijking ten opzichte van de autonome ontwikkeling: de situatie die in 2020 zou optreden als het project geen doorgang vindt. Per criterium wordt een kwantitatieve beoordeling gegeven, echter wanneer dat niet mogelijk is wordt een kwalitatieve beoordeling gegeven. Bij een kwalitatieve beoordeling lopen de scores van - - tot + +. In tabel 4.2 is dit toegelicht.

Ten aanzien van het concept 'autonome ontwikkeling' is een waarschuwing hier op zijn plaats. Een belangrijke autonome ontwikkeling in de directe omgeving van het plangebied betreft de teruglegging van de Rijnkade door de gemeente Arnhem. Hiervoor is separaat voor Ruimte voor de Rivier vergunning verleend door Rijkswaterstaat Oost Nederland. Een voorwaarde in deze vergunning is dat de gemeente zal/zou proberen om de aanzanding die het gevolg is van de kadeteruglegging, en het hieraan gerelateerde extra baggerbezwaaar, via mitigerende maatregelen in het Ruimte voor de Rivier project Meinerswijk zoveel mogelijk terug te dringen. Samen met de gemeente is uitvoerig gewerkt aan deze oplossing. Deze vindt zijn beslag in de instroomdrempel (maatregel O*), die - zoals later in dit rapport zal blijken - een positief effect heeft op de vermindering van de aanzanding door beide projecten. Op deze plaats is het van belang aan te merken dat de teruglegging van de Rijnkade is meegenomen als autonome ontwikkeling. Voor de effectanalyse betekent dit dat soms een onderscheid moet worden gemaakt in autonome situatie volgens het rivierkundig beoordelingskader (dan maakt de kaderteruglegging deel uit van de autonome situatie) en autonome situatie als in de PKB referentiesituatie (zonder Rijnkade-teruglegging), wanneer het effect wordt bepaald op waterstandverlaging.

Tabel 4.2. Scores met hun betekenis voor de effectbepaling

score	betekenis
--	aanzienlijke verslechtering ten opzichte van de autonome situatie
-	geringe verslechtering ten opzichte van de autonome situatie
0	verbetering noch verslechtering ten opzichte van de autonome situatie
+	geringe verbetering ten opzichte van de autonome situatie
++	aanzienlijke verbetering ten opzichte van de autonome situatie

4.3. Schematisatie

4.3.1. Beschrijving referentiesituatie

In afbeelding 2.1 is een overzicht gegeven van het projectgebied. Het gebied bestaat voor het grootste deel uit kleine open wateren en weilanden. Met name tussen Stadsblokken en Malburgen is de Groene Rivier fysiek goed herkenbaar. Dit gebied staat ook in de huidige situatie bij hoogwater onder water.

De huidige situatie is doorgerekend met het WAQUA-model. Als referentiesituatie worden deze gegevens gebruikt om een vergelijking te maken met de situatie na voltooiing van de maatregelen, als onderdeel van het projectontwerp.

In overleg met Rijkswaterstaat PDR zijn in het model de bestaande doorlaatwerken (vaak ook regelwerken genoemd) en brugpijlers niet opgenomen. Dit is conform het originele PKB model en van belang voor de samenhang met de overige PKB maatregelen.

4.3.2. Interventieniveau vegetatie ontwikkeling

Het streefbeeld (van de gebiedsvisie) van het projectontwerp vormt het vertrekpunt. Er moet beheer plaatsvinden om het streefbeeld in stand te kunnen houden. De situatie die het moment weergeeft waarop beheer moet plaatsvinden noemen we het interventiebeeld.

Op de interventiewaardenkaart (tekening 2041 en tekening 2044 bijlage II) is voor alle deelgebieden aangegeven welk vegetatietype nog juist toelaatbaar is binnen de rivierkundige randvoorwaarden. Bij overschrijding van deze maximale vegetatieruwheden is de te realiseren waterstanddaling (de rivierverruiming taakstelling) niet langer gegarandeerd.

Zodra in enig vlak de maximale vegetatieruwheden worden overschreden moeten de vegetatiehoogte c.q. de vegetatiestructuur met gerichte beheermaatregelen worden teruggebracht tot onder het interventieniveau. Het beheer, zoals beschreven in het volgende hoofdstuk, is er op gericht beneden het interventieniveau te blijven. De interventieniveaus (bovengrens) staan opgenomen in tabel 4.3. Een ondergrens van de vegetaties is in deze situatie niet van toepassing.

Tabel 4.3. Interventieniveaus

streefbeeld: vegetatie/eenheid	streefbeeld: omschrijving	interventiebeeld vegetatietype *	interventieniveau *
plassen/open water	ondiep en diep water, al dan niet met drijvende of ondergedoken waterplanten	waterbodem	- n.v.t.
natuurlijk grasland	extensief beheerde graslanden	natuurlijke graslanden,	- vegetatie in winter lager dan 10 cm
rivierduinlandschap/ oeverwal	zandige oeverwal met pioniersvegetatie en klein onderdeel struweel	verruigd grasland	- gewassen lager dan 20 cm
kruidenrijk grasland	droge ruigte	droge ruigte	- gewassen lager dan 55 cm
oevervegetatie	natte ruigte	natte ruigte	- gewassen lager dan 35 cm
laanbeplanting; hoogstam boomgaard	open stammenbos boven natuurlijk grasland (laanbeplanting)	hoogstam boomgaard	- stammen vrij van zijtakken onder maximaal peil (onder)vegetatie in winter lager dan 10 cm

* De eenheden en interventieniveaus zijn afgeleid uit de typebeschrijvingen in het Handboek Stromingsweerstand Vegetatie in Uiterwaarden [ref. 1.].

Zoals in bovenstaande tabel 4.3 is opgenomen is het streefbeeld gelijk aan het vegetatietype (interventiebeeld). Uitzondering hierop is de verlaagde zomerkade. Hier is een ander interventieniveau aangehouden en is de vegetatie geschematiseerd als verruigd grasland. Op de zomerkade mogen enkele solitaire bomen tot ontwikkeling komen om daarmee te voldoen aan de ruimtelijke kwaliteit zoals de gemeente Arnhem dat in de gebiedsvisie voor ogen heeft.

4.3.3. Interventieniveau bodemligging

Ten gevolge van sedimentieprocessen zal de bodemligging van de zomerkade en de geulen in de loop der tijd veranderen. In het interventiebeeld is daarom een verhoogde bodemligging opgenomen van:

- geulen NAP + 6,70 m; Het interventieniveau van de bodemligging van de geul in de Groene Rivier en de geul ten westen van de Plas van Bruil.
- Lage deel zomerkade NAP + 11,00 m; Het interventieniveau van de bodemligging van het deel van de zomerkade dat na aanleg lager ligt dan NAP + 11,00 m;
- Overige deel zomerkade 10 cm boven aanlegniveau; Het interventieniveau van de bodemligging van de zomerkade dat na aanleg hoger ligt dan NAP + 11,00 m is vastgesteld op een verhoging van 10 cm (boven het aanlegniveau).

Bovenstaande is op tekening 2045 in bijlage III weergegeven.

5. HYDRAULICA

5.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de effectenanalyse van het projectontwerp beschreven op het gebied van waterbeweging. In paragraaf 5.2 volgt een kort overzicht van de uitgangspunten voor de hydraulische modellering. Een uitgebreide beschrijving van de modelopzet en schematisaties van het projectontwerp, zijn gepresenteerd in bijlage II. Bij de beschrijving van de resultaten van de effectbeschouwing zijn hydraulische effecten en effecten die betrekking hebben op hinder en schade onderscheiden, zoals dat ook in het 'Rivierkundig beoordelingskader versie 2.01' [ref. 1.] is gedaan.

5.2. Uitgangspunten

Voor het bepalen van de hydraulische effecten, zijn de modellen gebruikt die ons ter beschikking zijn gesteld door Rijkswaterstaat PDR. De effecten zijn beoordeeld op basis van de modelresultaten.

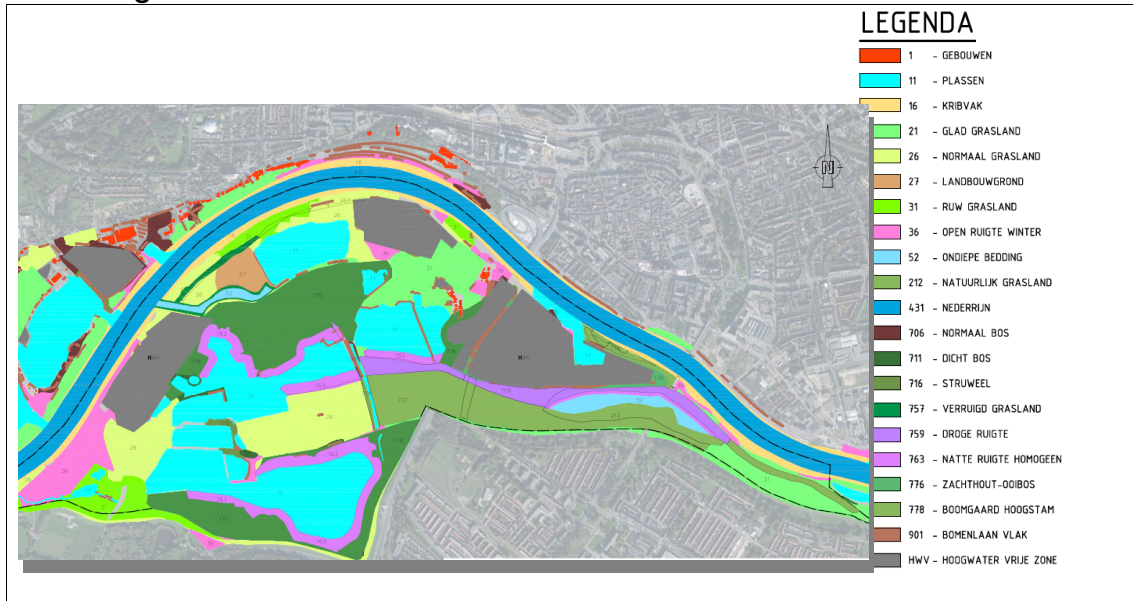
De volgende uitgangspunten zijn aangehouden bij het analyseren van de hydraulische effecten van de maatregelen:

- de gebruikte WAQUA-versie is 2006.01;
- het vigerende referentiemodel is Simona_rijn_pkb_3_4;
- de gebruikte baseline versie is 3.31;
- het gebruikte rekenrooster is rij40m_41.rgf (HR2001 verbeterd);
- de geldende codering voor de vegetatietypen is gegeven in de MS Excel-file 'HR2001-PKB-HR2006 060921' en het bestand 'ruw.k416jul07a';
- de rivierkundige beoordeling is gedaan op basis van Rivierkundig Beoordelingskader, versie 2.0.1, 1 juli 2009;
- als basis voor Baseline schematisaties en WAQUA-invoer, is gebruik gemaakt van aangeleverde bestanden van SNIP 2A [ref. 2.];
- als input voor de ruwheden, zie afbeelding 5.1 en tekening 2041 in bijlage III, is de situatie van 2020 (gebiedsvisie gemeente Arnhem) gehanteerd;
- de werктаakstelling van het Ruimte voor de Rivier project vergraving Meinerswijk is bepaald op 7,90 cm waterstanddaling (besluit SNIP 3, 3 januari 2012), te behalen ter hoogte van rivierkilometer 882-883. De taakstelling en het interventieniveau zijn door de projectdirectie bepaald op 7,00 cm waterstanddaling;
- de waterstandsverschillen zijn gebaseerd op de last25.

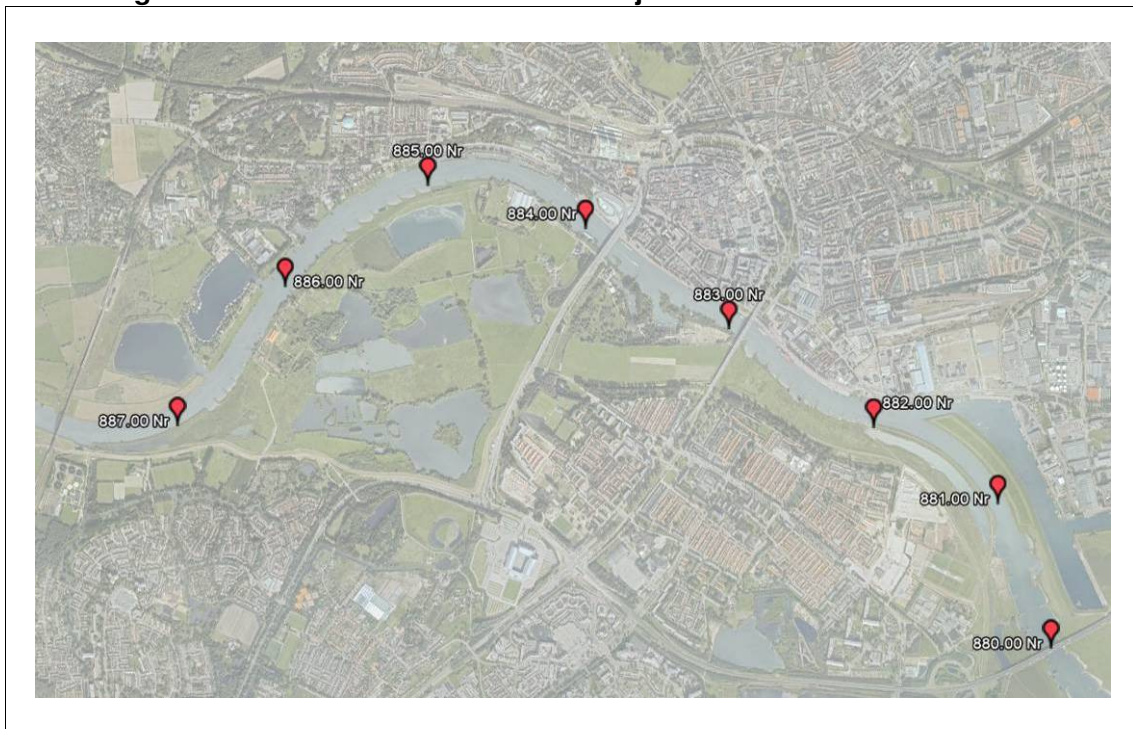
In overleg met Rijkswaterstaat PDR zijn in het model de brugpijlers en bestaande doorlaatwerken niet meegenomen. Ook in de kalibratie van het randvoorwaardenboek zijn deze niet opgenomen. Het effect van de regelwerken is in de SNIP 2A-fase door Arcadis reeds onderzocht [ref. 3.] en kwam uit op ordegrootte 30 cm net bovenstrooms van de werken in de uiterwaard, en orde 8 cm op de as van de rivier ter hoogte van het taakstellingstraject.

De rivierkilometers staan in afbeelding 5.2 weergegeven.

Afbeelding 5.1. Ruwhedenkaart



Afbeelding 5.2. Rivierkilometers in de Neder-Rijn



5.3. Hydraulische effecten

Hydraulische effecten zijn effecten die het gevolg zijn van het projectontwerp. De volgende effecten vallen hieronder:

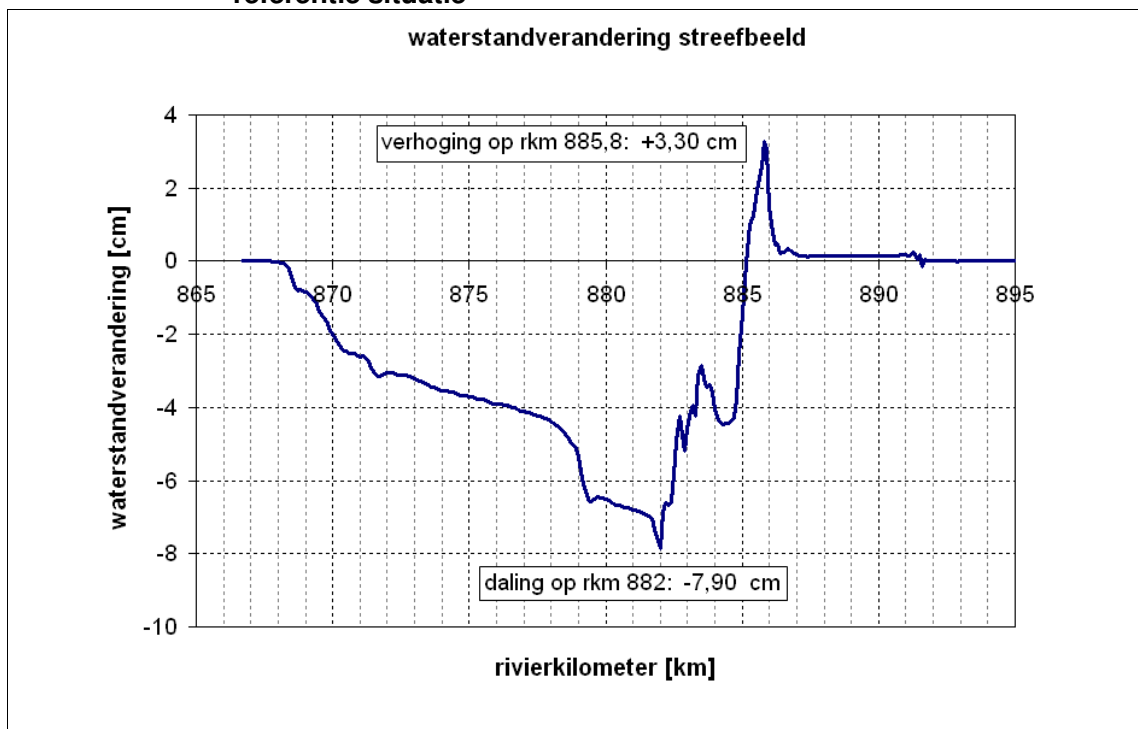
- de wijziging van de maatgevende hoogwaterstand op de as van de rivier;
- de wijziging van de hoogwaterstand buiten de as van de rivier;
- de wijziging van de afvoerverdeling bij maatgevende hoogwaterstand;
- de wijziging van de afvoerverdeling bij normaal hoogwater.

In de volgende paragrafen worden deze hydraulische effecten beschreven.

5.3.1. Maatgevende hoogwaterstand op as rivier

De werктаakstelling door Rijkswaterstaat PDR is een verlaging van de waterstand met 7,90 cm op het traject rkm 882-883, bij een maatgevende hoogwater afvoer (MHW). Het effect van de maatregelen op de waterstand op de as van de rivier, bij een MHW in de Boven-Rijn bij Lobith van 16.000 m³/s, is uitgevoerd met een vaste afvoerverdeling met Rijnkade teruglegging. In afbeelding 5.3 is het effect van de maatregelen van het projectontwerp op de waterstand langs de as van de rivier weergegeven. De rivierkilometers zijn reeds in afbeelding 5.2 weergegeven.

Afbeelding 5.3. Verandering van de waterstand langs de rivier as ten opzichte van de referentie situatie



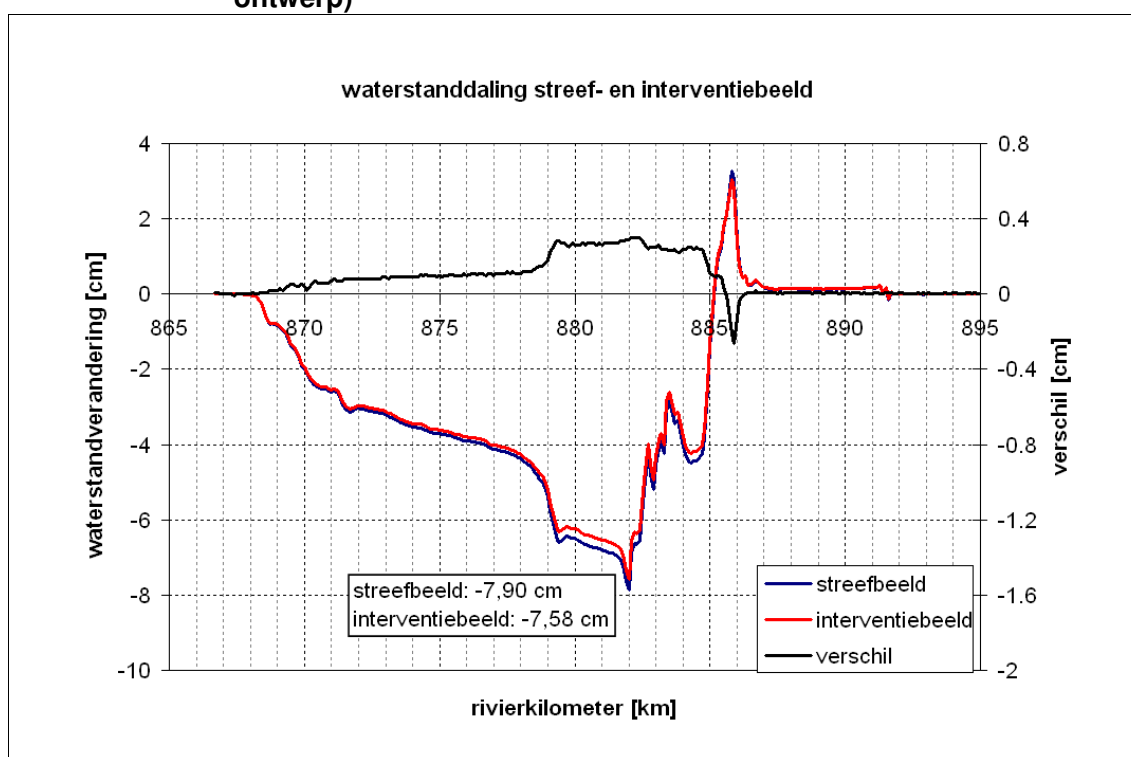
De maximale daling is 7,90 cm bij rkm 882. Het projectontwerp voldoet hiermee aan de werктаakstelling en heeft een beheerruimte van 0,90 cm conform de projectopdracht. Bij rkm 885,80, waar de geul ten westen van de Plas van Bruil uitkomt in de rivier, is een lokale verhoging van 3,30 cm berekend. Dit komt door de rivierverruiming ter plaatse van de Plas van Bruil. De verruiming leidt tot een afname van de stroomsnelheid. Het verlies van energie in snelheidshoogte wordt gecompenseerd door een verhoging van de waterstand. De rivierverruiming bij de Plas van Bruil draagt bovenstrooms wel duidelijk bij aan de gewenste waterstandsverlaging, en is dan ook een noodzakelijk onderdeel van het projectontwerp om de hydraulische werктаakstelling te realiseren. Daarnaast maakt deze maatregel deel uit voor het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit.

5.3.2. Beheermarge

De ruwheid in de Groene Rivier heeft grote invloed op de waterstanddaling. Het is daarom van belang dat verruiging van de Groene Rivier wordt voorkomen. Dit betekent dat de beheermarge in de Groene Rivier op nul moet worden gehouden.

Het interventiebeeld moet voldoen aan de taakstelling die door Rijkswaterstaat PDR is opgelegd: een verlaging van de waterstand met 7,00 cm op het traject rkm 882-883, bij een maatgevende hoogwater afvoer (MHW). Het effect van de maatregelen op de waterstand op de as van de rivier, bij een MHW in de Boven-Rijn bij Lobith van 16.000 m³/s, is uitgevoerd met een vaste afvoerverdeling met Rijnkade teruglegging. In afbeelding 5.4 is het effect van de maatregelen van het interventiebeeld op de waterstand langs de as van de rivier weergegeven.

Afbeelding 5.4. Verandering van de waterstand bij interventiebeeld langs de rivieras ten opzichte van de referentiesituatie en het streefbeeld (projectontwerp)



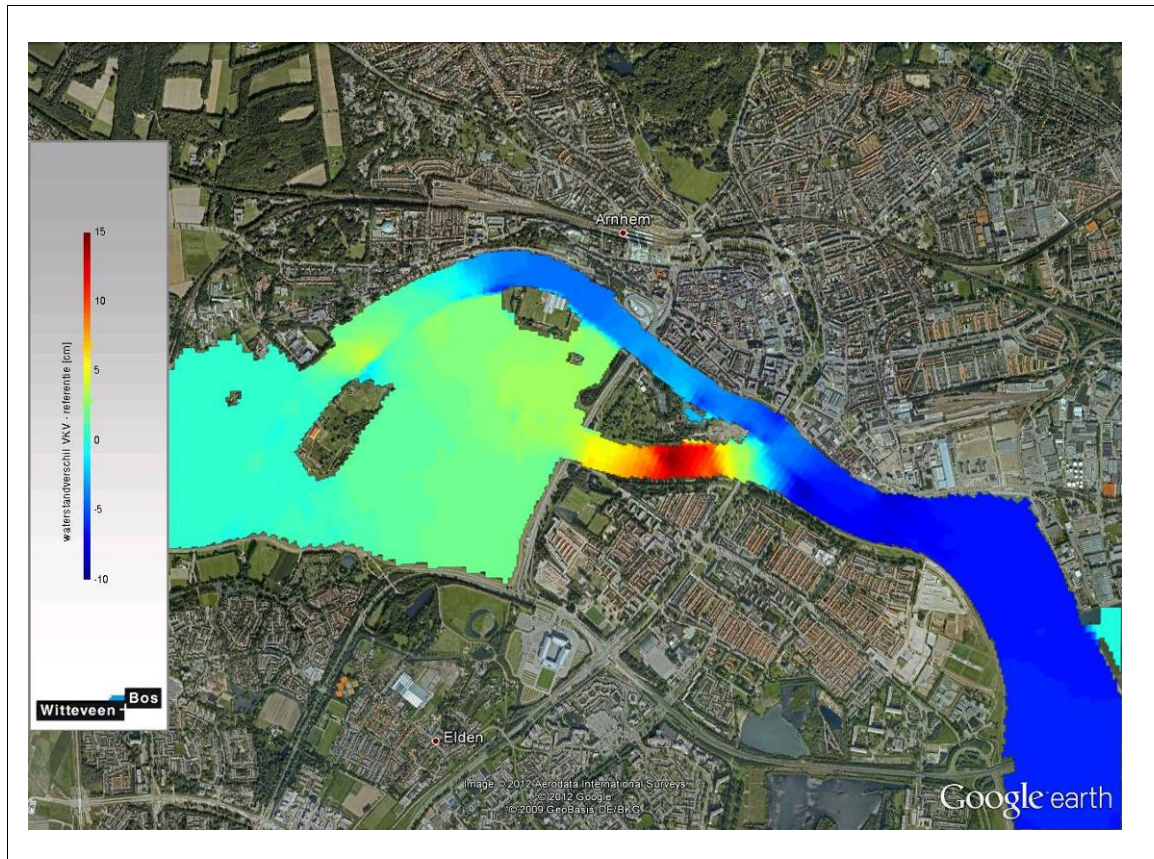
In afbeelding 5.4 is te zien dat de waterstandsverlaging 7,58 cm is en dat hiermee de taakstelling bij het interventiebeeld gehaald wordt. Het verschil tussen streefbeeld en interventiebeeld is maximaal 0,50 cm op het traject rkm 879-882.

5.3.3. Maatgevende hoogwaterstand buiten as rivier

Niet alleen de waterstandverandering in de as van de rivier, maar ook de waterstanden buiten de as van de rivier, zijn van belang voor de rivierkundige beoordeling. Hierbij moet worden gekeken of door plaatselijke verhogingen belangen van derden worden geschaad. In afbeelding 5.5 is het effect van de maatregelen op de waterstand buiten de as van de rivier weergegeven.

Afbeelding 5.5 laat een duidelijke verlaging van de waterstand zien over de hele Neder-Rijn tot aan het aantakpunt ter hoogte van de Plas van Bruil. Benedenstrooms van de Plas van Bruil is een waterstandstijging van 3,30 cm waarneembaar (zie paragraaf 5.3.2). In het gebied Meinerswijk is een waterstandverhoging van maximaal circa 2,00 cm te zien.

Afbeelding 5.5. Verandering van de waterstand buiten de rivier as ten opzichte van de referentie situatie



Verder is in afbeelding 5.5 de significante waterstandverhoging in de Groene Rivier te zien, tussen de John Frostbrug en de Nelson Mandelabrug. Deze is maximaal 13 cm. Dit is een extra waterstandverhoging voor de dijk bij Malburgen (Malburgse Bandijk). Deze verhoging wordt veroorzaakt door:

- extra verruwing ten opzicht van de referentiesituatie. Deze verruwing bestaat uit natte en droge ruigte tussen bouwsteen D en de Stadsblokken;
- een toename van het debiet dat door de Groene Rivier stroomt. Dit is inherent aan het verschijnsel uiterwaardvergraving: de uiterwaard krijgt een groter aandeel van de rivierafvoer te verwerken.

Het effect van de 13 cm waterstandsverhoging is getoetst [ref. 8.]. Naar aanleiding van overleg met Waterschap Rivierenland is besloten mitigerende maatregelen op te nemen in het projectplan Waterwet. Het Waterschap Rivierenland heeft aangegeven dat de waterkering na uitvoering van het projectontwerp, inclusief mitigerende maatregelen, voldoet aan de veiligheidsvereisten voor alle faalmechanismen.

Langs de Grote Griet en de Drielsedijk is de waterstandverhoging maximaal 1,8 cm. Voor het waterschap Rivierenland is de veiligheid van de waterkering (dijk) getoetst. Op basis van de effectbeoordeling veiligheid primaire waterkering [ref. 5.], wordt geconcludeerd dat

de dijk, na realisatie van het de maatregelen in het projectontwerp, voldoet op alle faalmechanismen. Stroomafwaarts van het aantakpunt (rkm 887) verandert de waterstand niet.

5.3.4. Afvoerverdeling bij maatgevende hoogwaterstand

Bij een afvoer van 16.000 m³/s door de Boven-Rijn en de voorgenomen hydraulische aanpassingen, zullen de afvoerverdelingen tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel worden beïnvloed. De berekende verdeling tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel is weergegeven in tabel 5.1. Hierbij is gerekend met een situatie zonder Rijnkade verlegging, omdat deze tot de autonome ontwikkeling behoort.

Tabel 5.1. Berekende afvoerverdeling voor MHW (16.000 m³/s) bij Pannerdensch Kop en IJsselkop

situatie	Pannerdensch Kop				IJsselkop			
	afvoer (m ³ /s) Pannerdensch Kan.		afvoer (m ³ /s) Waal		afvoer (m ³ /s) IJssel		afvoer (m ³ /s) Neder-Rijn	
referentie	6.006,10	37,50 %	9.994,00	62,50 %	2.588,90	16,20 %	3.423,70	21,30 %
Projectontwerp	6.012,80	37,60 %	9.987,20	62,40 %	2.567,40	16,00 %	3.451,80	21,60 %
verschil Projectontwerp - referentie	+ 6,70		- 6,80		- 21,50		+ 28,10	

Een van de doelstellingen van het project uiterwaardvergraving Meinerswijk, is het beïnvloeden van de afvoerverdeling bij de IJsselkop. Door de rivierverruimende maatregel Meinerswijk stroomt meer water door de Neder-Rijn, ten koste van de IJssel (28,10 m³/s). Bovendien trekt deze maatregel meer water aan vanaf de Pannerdensch Kop. De gezamenlijke capaciteit van Neder-Rijn en IJssel neemt immers toe. Deze extra afvoer via het Pannerdensch Kanaal komt vrijwel geheel ten goede aan de Neder-Rijn. In tabel 5.1 is te zien dat de debietverdeling tussen Neder-Rijn en IJssel met het projectontwerp meer opschuift naar de gewenste verdeling.

5.3.5. Afvoerverdeling bij normaal hoogwater

Ook bij een afvoer van 10.000 m³/s door de Boven-Rijn en de voorgenomen hydraulische aanpassingen, zullen de afvoerverdelingen tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel worden beïnvloed. De berekende verdeling tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel is weergegeven in tabel 5.2. Hierbij is wederom gerekend met een situatie zonder Rijnkade verlegging, omdat deze tot de autonome ontwikkeling behoort.

Tabel 5.2. Berekende afvoerverdeling voor NHW (10.000 m³/s) bij Pannerdensch Kop en IJsselkop

situatie	Pannerdensch Kop				IJsselkop			
	afvoer (m ³ /s) Pannerdensch Kan.		afvoer (m ³ /s) Waal		afvoer (m ³ /s) IJssel		afvoer (m ³ /s) Neder-Rijn	
referentie	3.501,2	35,0 %	6.498,8	65,0 %	1.427,8	14,3 %	2.073,4	20,7 %
Projectontwerp	3.505,9	35,1 %	6494,1	64,9 %	1.413,1	14,1 %	2.092,8	20,9 %
verschil Projectontwerp - referentie	+ 4,7		- 4,7		- 14,7		+ 19,4	

Uit tabel 5.2 blijkt dat de Neder-Rijn 19,4 m³/s extra trekt. Hiermee wordt voldaan aan het criterium van maximaal 20 m³/s.

5.4. Hinder of schade

De hydraulische effecten die mogelijk hinder of schade tot gevolg kunnen hebben, als gevolg van het projectontwerp, zijn wijzigingen van:

- waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard bij MHW en normaal hoogwater;
- het stroombeeld in de uiterwaard;
- het stroombeeld in vaarweg bij aan- en aftakking van de nevengeul;
- de afvoerverdeling bij normaal hoogwater;
- de afvoerverdeling bij lage afvoeren.

In de volgende paragrafen worden deze hydraulische effecten beschreven.

5.4.1. Waterstanden en/of inundatiefrequentie van uiterwaard

Doordat de waterstanden in de Groene Rivier stijgen, zal de hinder voor bewoners en gebruikers toenemen. Met uitzondering van de Groene Rivier, zullen de waterstanden in het hele gebied bij MHW maximaal 2 à 3 cm stijgen. Noot: dit is een worst-case situatie, aangezien door maatregelen op de IJssel een groot deel van de toename van de afvoer door de Neder-Rijn weer teniet zal worden gedaan. De pakketsommen van PDR geven hier uitsluitend over.

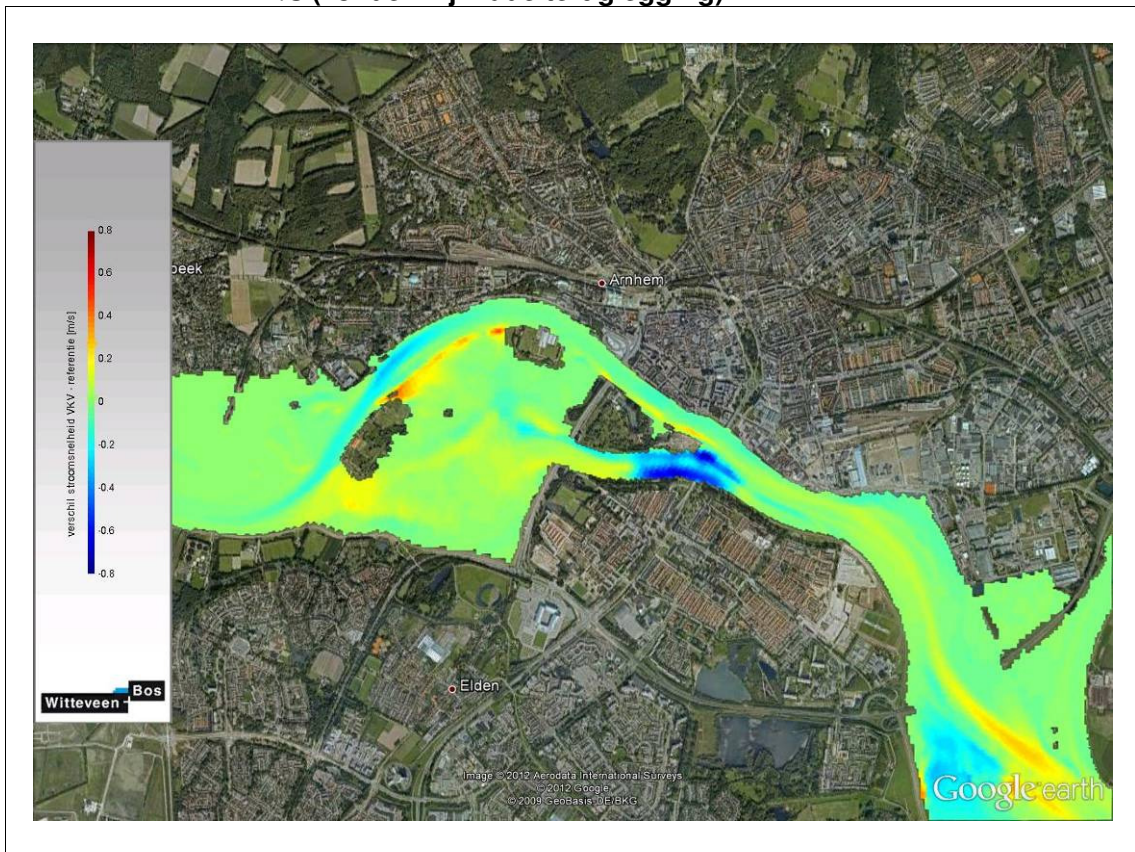
Een grotere impact heeft de verlaging van bouwsteen F1. In de huidige situatie overstroomt de kade, waarin het projectontwerp bouwsteen F is gepland, circa 1/100 jaar. In het projectontwerp stroomt water zowel via de geul ten westen van de Plas van Bruil (bouwsteen F2-F3), als via de (deels) verlaagde kade (bouwsteen F1) naar de Plas van Bruil. Via bouwsteen F2-F3 kan water vanuit de Neder-Rijn gemiddeld 22,8 dagen per jaar de Plas van Bruil bereiken. Via bouwsteen F1 bereikt het water gemiddeld 13,8 dagen per jaar de Plas van Bruil. Dit betekent dat bewoners en gebruikers beperkte overlast hebben.

De voornaamste hinder ten gevolge van maatregel F is echter het wegvallen van de hoogwatervluchtroute over het westelijke deel van de huidige zomerkade. Het projectontwerp voorziet echter in een alternatief voor de bewoners rondom de steenfabriek Elden, die hier nu gebruik van maken. Dit alternatief bestaat uit een voorziening in de vorm van twee afmeerpalen waar langs een drijvende steiger kan worden afgemeerd. Vanaf deze steiger kan met een bootje pendeldiensten worden verzorgd. De gemeente Arnhem faciliteert deze voorziening verder in overleg met de bewoners.

5.4.2. Stroombeeld in de uiterwaard

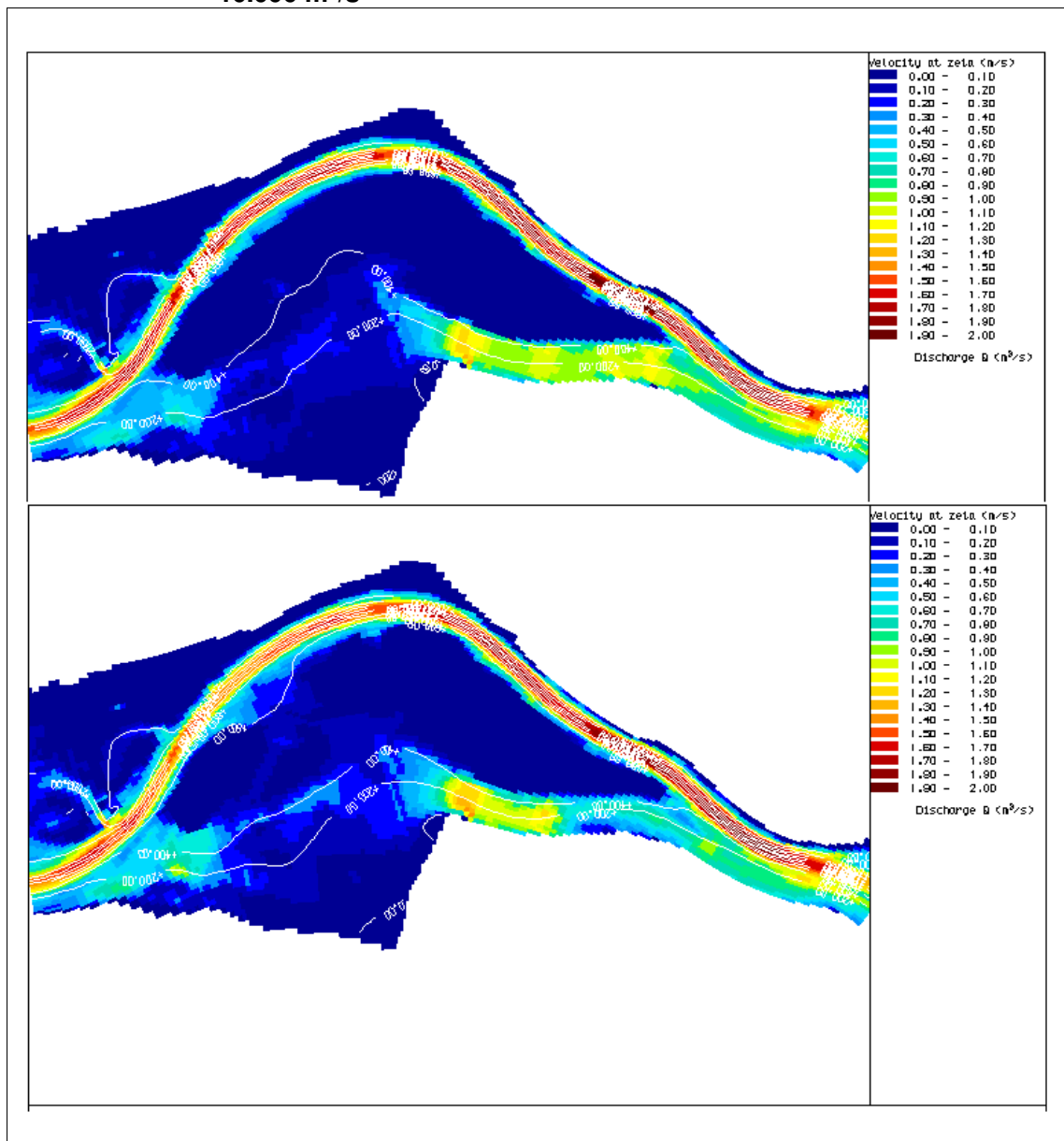
Afbeelding 5.6 geeft een overzicht van de verandering van het stroombeeld in de uiterwaard. Duidelijk te zien zijn de hogere stroomsnelheden in de uiterwaard en de lagere stroomsnelheden in de vaarweg. De veranderingen zijn het grootst bij de zomer kadeverlaging van bouwsteen F. Deze kade kan zonder beschermende maatregelen te maken krijgen met extra erosie. Vanuit de ruimtelijke kwaliteit is het gewenst dat er dynamiek ontstaat op de verlaagde zomerkade, rivierdynamiek genoemd. Hoeveel dynamiek zal ontstaan is niet te zeggen. In het inrichtingsplan wordt dit nader beschreven.

Afbeelding 5.6. Veranderingen stroomsnelheden bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s (zonder Rijnkade teruglegging)



In afbeelding 5.7 zijn onder elkaar 2 situaties geprojecteerd om de verschillen van de stroombanen in de referentiesituatie en het projectontwerp zichtbaar te maken. Elke witte lijn stelt een stroombaan voor. Tussen elk paar stroombanen stroomt een debiet van 200 m³/s. De totale som aan afvoer staat langs de stroombanen aangegeven, waarbij vanaf de zuidelijke rand van het model wordt geteld. Ter verduidelijking van de stroomverandering, is de verandering in stroomsnelheden op de achtergrond weergegeven. De bovenste situatie geeft de stroomlijnen in de referentiesituatie bij een afvoer van 10.000 m³/s. In de onderste situatie staan optredende stroomlijnen in het projectontwerp bij eenzelfde afvoer. Ook hier is duidelijk het effect van de verlaging van de kade als onderdeel van bouwsteen F te zien.

Afbeelding 5.7. Veranderingen stroombeeld in uiterwaard bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s



5.4.3. Stroombeeld en dwarsstroming in vaarweg bij aan- en aftakkingen nevengeul

De dwarsstroming in de Neder-Rijn, als gevolg van het projectontwerp, is bepaald door langs de vaarweg de dwarsstroming uit te rekenen bij de instroom- en uitstroomopeningen van de meestromende uiterwaard. Dwarsstromen kunnen hinderlijk zijn voor de scheepvaart en dienen beperkt te blijven. Het rivierkundig beoordelingskader kent geen specifieke eisen ten aanzien van dwarsstromingen die het gevolg zijn van meestromende uiterwaarden. Bij gebrek hieraan is getoetst aan de criteria voor dwarsstromen bij de in- en uitstroomopeningen van nevengeulen. Het voornaamste verschil tussen een meestromende uiterwaard en een nevengeul is dat een nevengeul (een permanent watervoerende, tweezijdig op de rivier aangesloten watergang die niet de hoofdstroom is) bij lagere debieten al zijn bankfull situatie bereikt. Een nevengeul zal dus veel meer dagen per jaar zijn kritieke debiet ten aanzien van dwarsstromingen bereiken of overschrijden. In het geval van de ui-

terwaard Bakenhof-Stadsblokken-Meinerswijk is pas sprake van een meestromende (bankfull) situatie bij debieten vanaf circa 6.000 m³/s, wanneer de instroomdrempel van NAP + 11,20 m net overstroomt. Deze situatie wordt gemiddeld maar circa zes dagen per jaar bereikt of overschreden. Bij toepassing van de criteria voor een continu meestromende nevengeul is een zekere terughoudendheid dus op zijn plaats.

In overleg met Rijkswaterstaat Oost Nederland is vastgesteld dat de situatie bij 6.000 m³/s, 8.000 m³/s en 10.000 m³/s wordt beschouwd, om zo een uitspraak te kunnen doen per potentiële knelpuntlocatie over het gedrag onder verschillende omstandigheden. Een overschrijding bij 10.000 m³/s komt minder vaak voor; onder deze omstandigheden kan gemakkelijker een eventueel resterende overschrijding worden geaccepteerd, indien geen effectieve mitigerende maatregelen mogelijk zijn. In dat geval kan de vaarwegbeheerder (RWS-ON) een aanwijzing aan schippers geven, bijvoorbeeld door (tijdelijke) vaarwegmarkering.

Er wordt geëist dat de dwarsstromingen maximaal 0,15 m/s zijn onder de heersende condities (is $Q_{\text{nevengeul}} > 50 \text{ m}^3/\text{s}$). Bij kleinere debieten door de nevengeul mag de stroomsnelheid dwars op de vaargeul maximaal 0,30 m/s bedragen. In deze paragraaf zijn de locaties afzonderlijk behandeld en vergeleken met de referentie situatie.

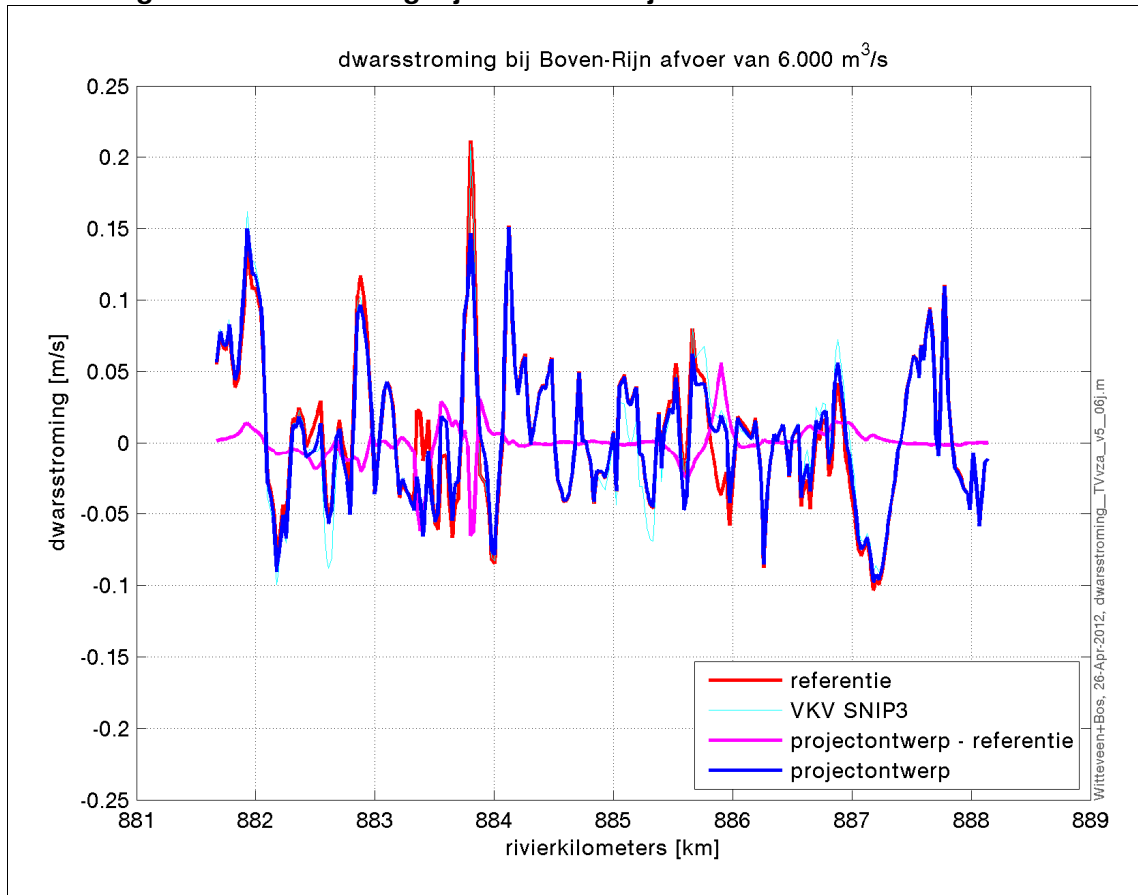
Dwarsstromen zijn bepaald als loodrechte component van de stroming op een zogenaamde bakenlijn. De bakenlijn volgt de kribkoppen, welke langs de zuidelijke oever van de Neder-Rijn liggen. Dwarsstromen zijn bepaald bij een afvoer van 6.000 m³/s (vrije afvoerverdeling) en 8.000 m³/s (vrije afvoerverdeling) voor de referentie en het projectontwerp. Ter indicatie zijn ook stroomsnelheden bij een hogere afvoer (10.000 m³/s, vaste afvoerverdeling) berekend. In dit hoofdstuk zijn stroombeelden afgebeeld voor een afvoer van 6.000 m³/s. In bijlage IV en V zijn stroombeelden bij een afvoer van respectievelijk 8.000 m³/s en 10.000 m³/s weergegeven.

Ten opzicht van SNIP3 zijn een aantal ingrepen ingebracht om de dwarsstroming te beperken:

- de instroomdrempel van de Groene Rivier is anders vormgegeven: de aansluiting op de Malburgse bandijk is geoptimaliseerd. Deze aanpassing leidt tot een gunstiger stroombeeld bij de Bakenhof. Om de overschrijding van het criterium ter hoogte van rkm 882.6 te ondervangen is de instroomdrempel lokaal over een lengte van circa 170 m opgehoogd tot NAP + 11,60 m.
- oevertaanpassing Nelson Mandelabrug. De oever onder de Nelson Mandelabrug is afgegraven, van NAP + 10,74 m naar NAP + 9,00 m.

In afbeelding 5.8 is de grootte van de dwarsstroming bij een Bovenrijn-afvoer van 6.000 m³/s langs het gehele gebied gepresenteerd. Dit heeft een positief beeld in de rivieras en een negatief beeld richting Meinerswijk. In afbeelding 5.9 is de de dwarsstroming ruimtelijk gepresenteerd. Zoals blijkt uit de afbeeldingen en tabel 5.3 heeft het projectontwerp nergens een dwarsstroming groter dan 0,15 m/s. De aangepaste instroomdrempel en de verlaging van de oever bij de Nelson Mandelabrug blijken effectief.

Afbeelding 5.8. Dwarsstroming bij een Boven-Rijn afvoer van 6.000 m³/s

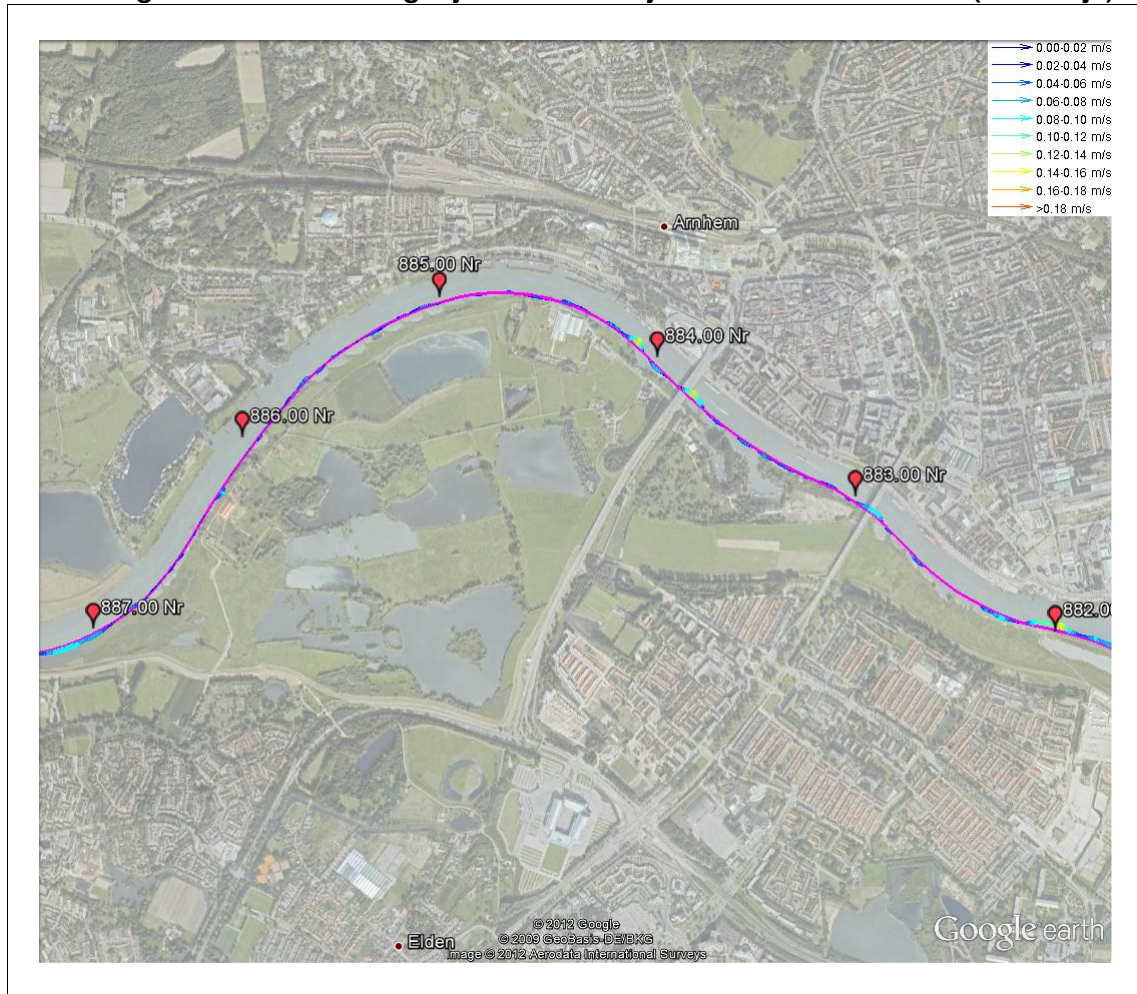


In tabel 5.3 zijn de maximale dwarsstromingen gegeven.

Tabel 5.3. Kritische locaties dwarsstroming bij 6.000 m³/s

rkm (km)	referentie (m/s)	Projectontwerp (m/s)	VKV SNIP3 (m/s)
881,9	0,14	0,15	0,16
883,8	0,21	0,15	0,21
884,8	0,15	0,15	0,15

Afbeelding 5.9. Dwarsstroming bij een Boven-Rijn afvoer van 6.000 m³/s (ruimtelijk)

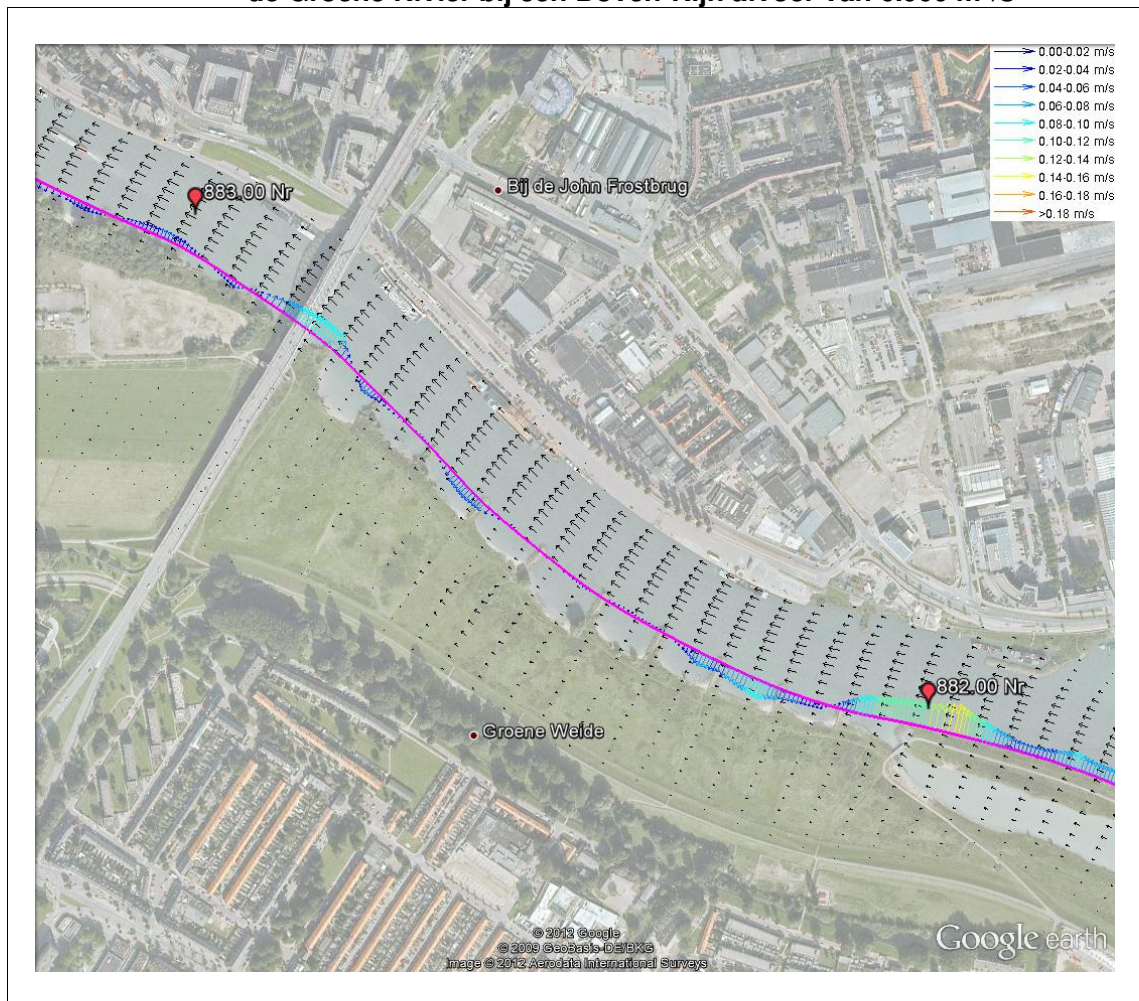


Stroombeeld en dwarsstroming bovenstrooms van de aftakking

In afbeelding 5.10 zijn de berekende stroomsnelheden, ter hoogte van de aftakking van de Groene Rivier, te zien bij een Bovenrijn-afvoer van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Er is te zien dat de stroomsnelheid richting de as van de rivier vanuit de bestaande nevengeul Bakenhof voldoet aan de norm. De dwarsstroming is maximaal $0,15 \text{ m/s}$.

Richting de uiterwaard loopt de dwarsstroming op tot $0,09 \text{ m/s}$. Net bovenstrooms van de John Frostbrug wisselt de dwarsstroming van richting. De maximale dwarsstroming naar de rivieras loopt op tot maximaal $0,09 \text{ m/s}$ en blijft daarmee binnen het criterium. De instroomdrempel is ter hoogte van rkm 882,6 lokaal verhoogd tot NAP + $11,60 \text{ m}$ om de dwarsstroming te beperken.

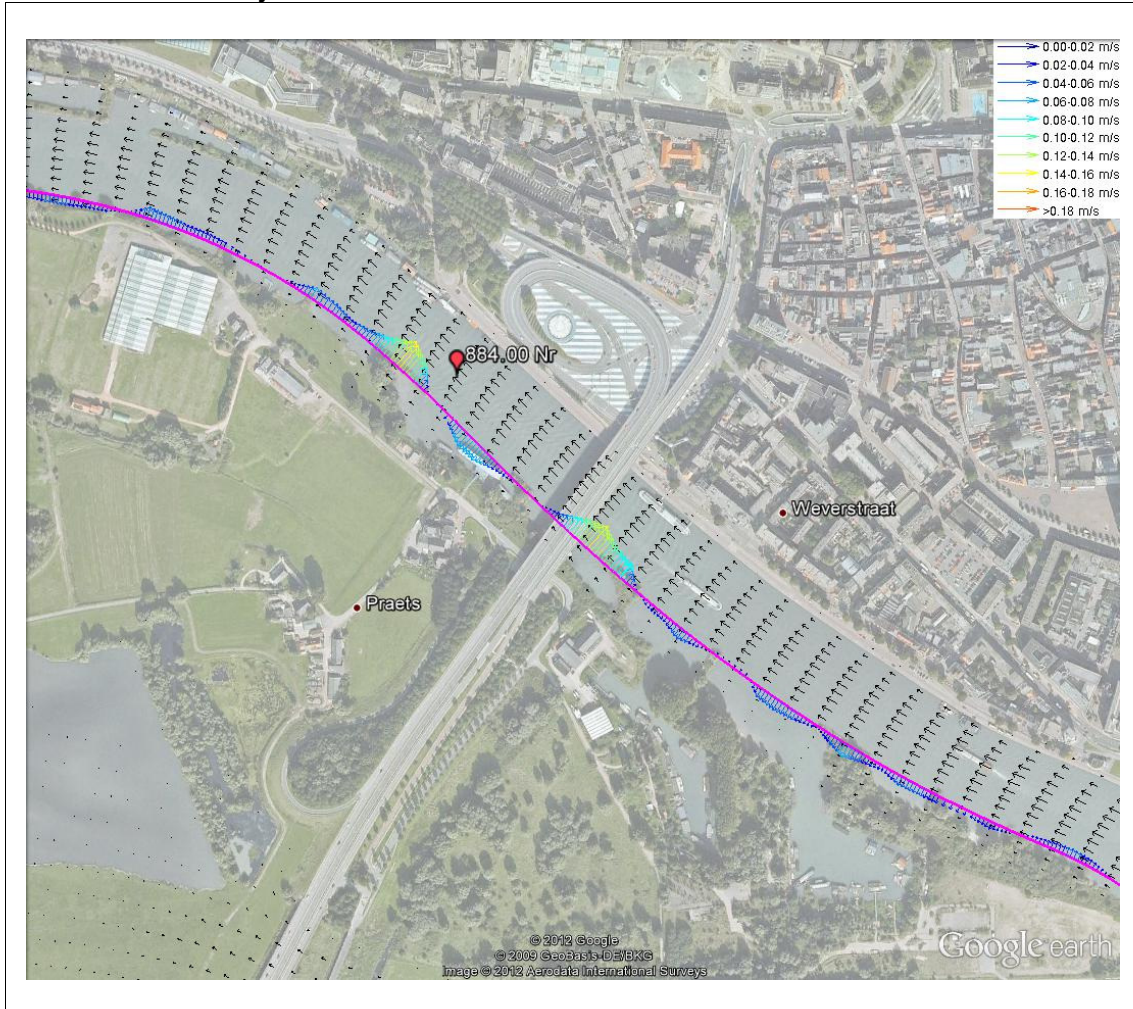
Afbeelding 5.10. Stroombeeld en dwarsstroming bovenstrooms van de aftakking van de Groene Rivier bij een Boven-Rijn afvoer van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Stroombeeld en dwarsstroming bij steenfabriek

In afbeelding 5.11 is het stroombeeld weergegeven in de vaarweg ter hoogte van de steenfabriek en de Nelson Mandelabrug.

Afbeelding 5.11. Stroombeeld en dwarsstroming nabij de steenfabriek bij een Boven-Rijn afvoer van 6.000 m³/s

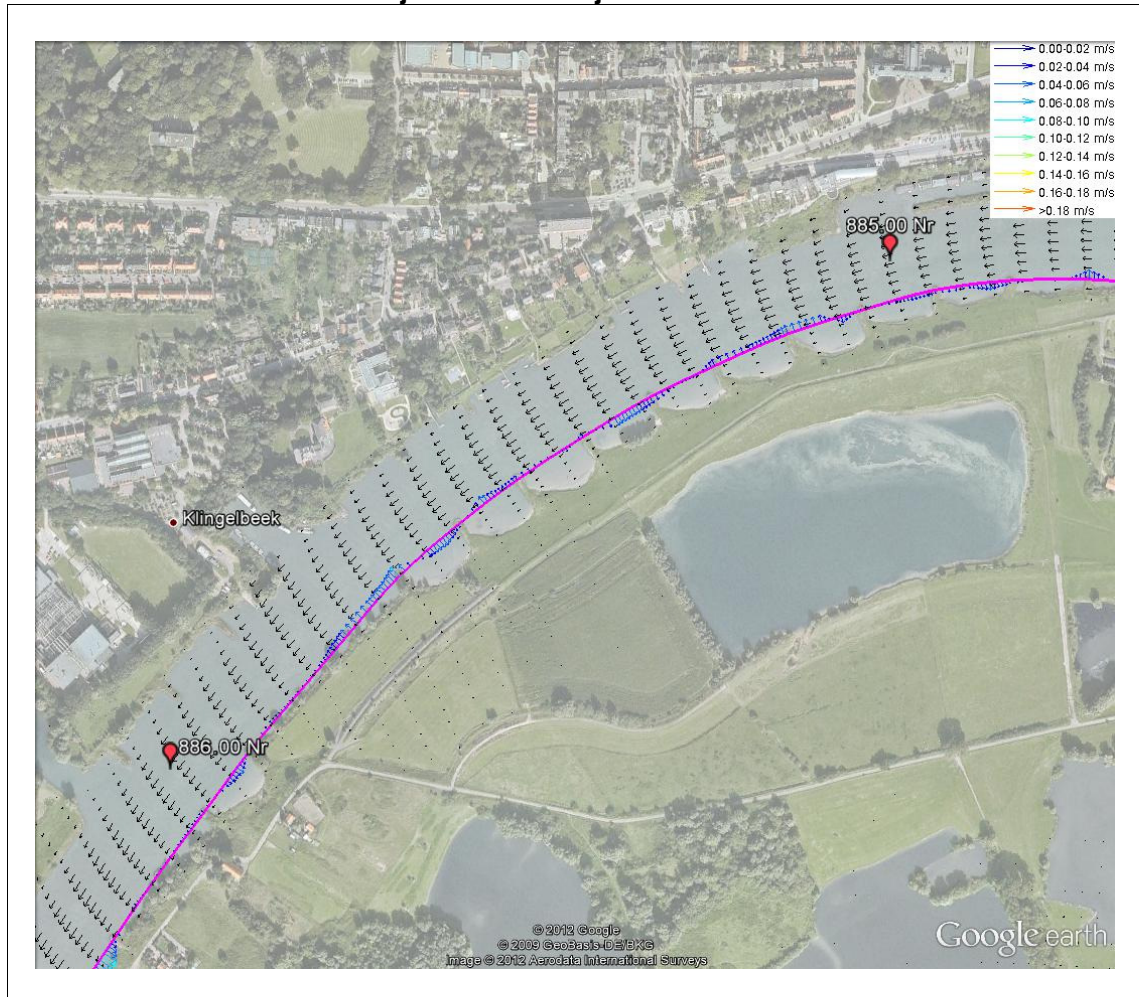


Net voor de Nelson Mandelabrug is voor een afvoer van 6.000 m³/s een dwarsstroming berekend van 0,15 m/s richting de rivieras, wat minder is dan in de referentiesituatie. Als mitigerende maatregel is hier ingevoerd dat de bestaande oever onder de Nelson Mandelabrug wordt verlaagd naar NAP + 9,00 m.

Stroombeeld en dwarsstroming bij Plas van Bruil (bouwsteen F1-F2-F3)

In afbeelding 5.12 is het stroombeeld weergegeven in de vaarweg, ter hoogte van de Plas van Bruil bij een afvoer van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$. De waterstand is bij deze afvoer dermate laag, dat deze bouwsteen nog niet volledig meestroomt. Dit resulteert in relatief lage stroomsnelheden in dwarsrichting. In tabel 5.4 en 5.5 staan ook de berekende stroomsnelheden in dwarsrichting voor hogere afvoeren weergegeven.

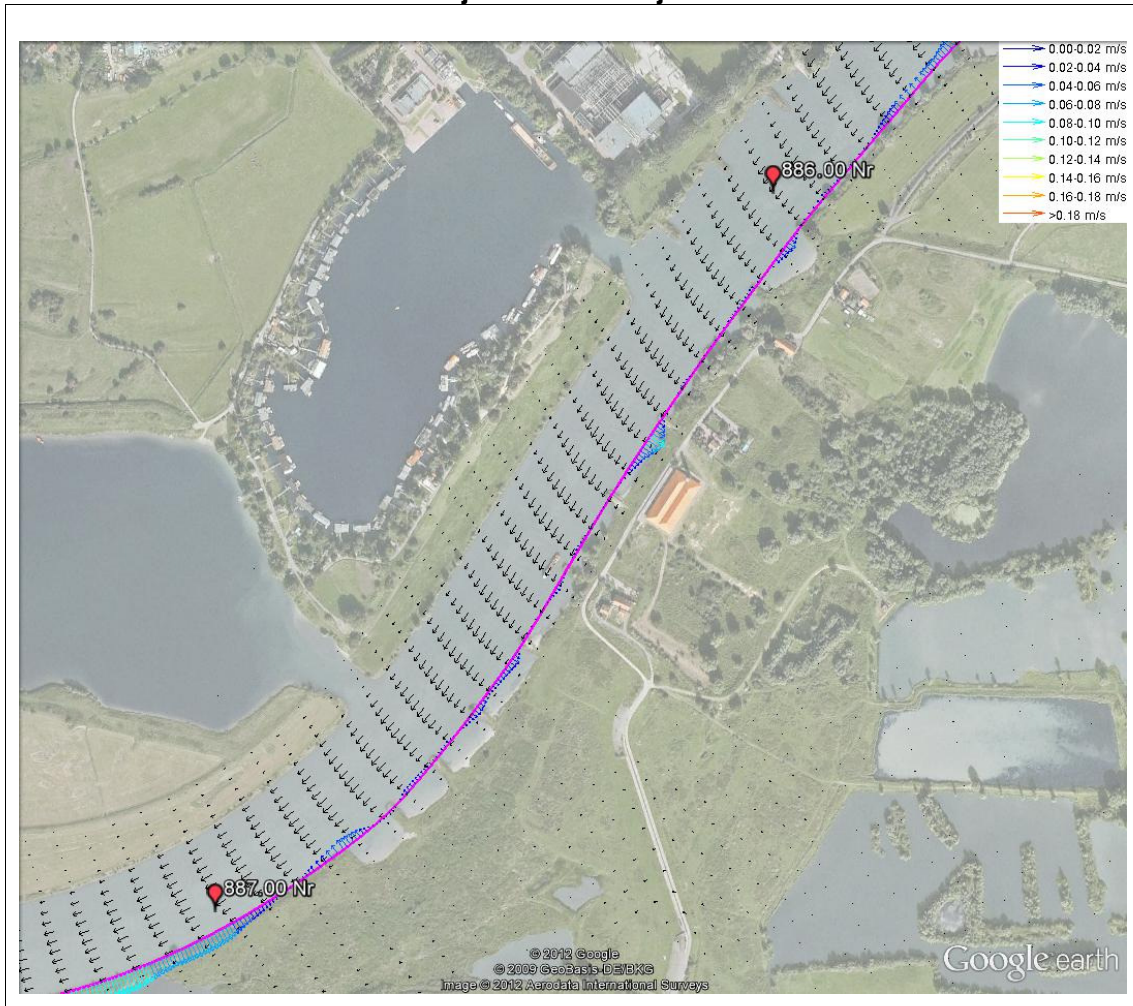
Afbeelding 5.12. Stroombeeld en dwarsstroming bij het aantakingspunt van de Plas van Bruil bij een Boven-Rijn afvoer van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Stroombeeld en dwarsstroming bij aantakingspunt nevengeul (benedenstrooms)

In afbeelding 5.13 is het stroombeeld nabij het aantakingspunt van de nevengeul en de vaarweg weergegeven bij een afvoer van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Hier stroomt de Groene Rivier terug in de Neder-Rijn. Door de brede aantakking zijn de dwarsstromen hier beperkt. In tabel 5.4 en 5.5 is een overzicht weergegeven van de stroomsnelheden die op de locatie van afbeelding 5.13 optreden bij verschillende afvoeren.

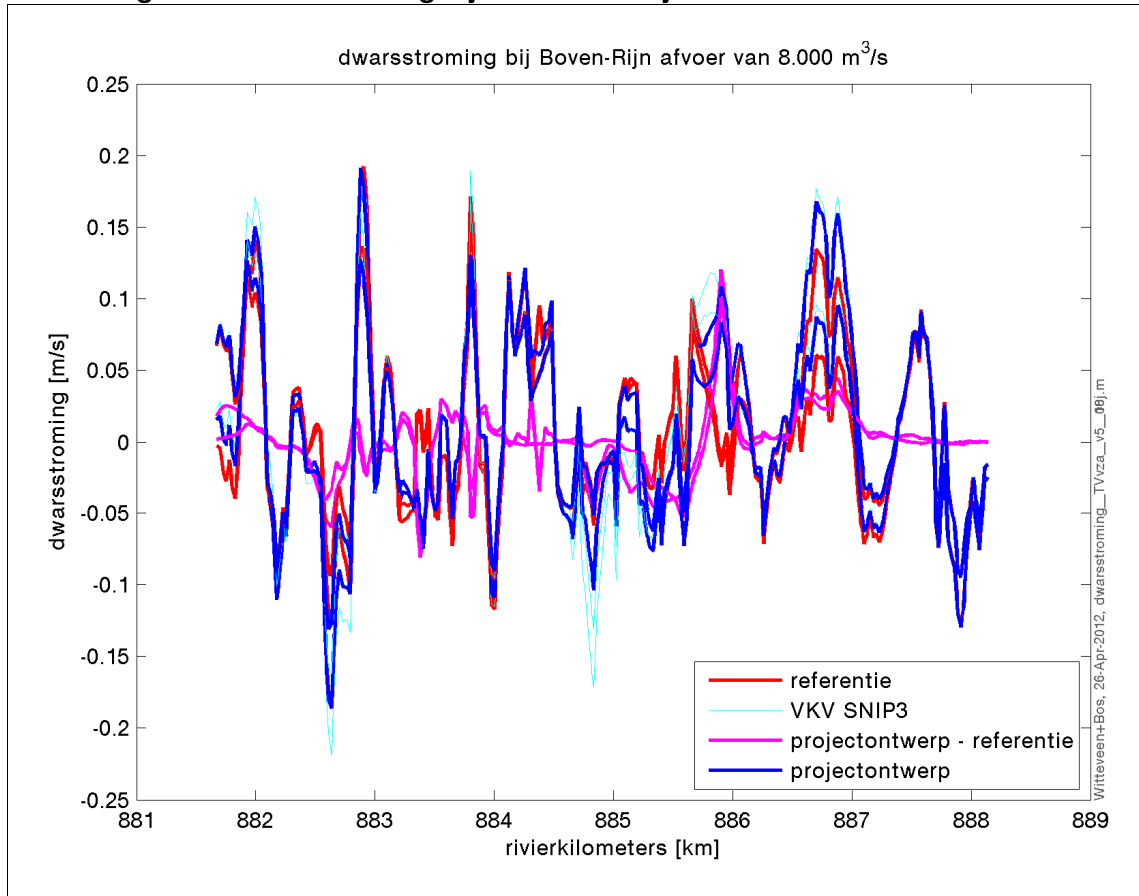
Afbeelding 5.13. Stroombeeld en dwarsstroming bij het aantakingspunt van de Groene Rivier bij een Boven-Rijn afvoer van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Dwarsstroming bij Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s

Ook voor hogere afvoeren is de dwarsstroming bepaald. In afbeelding 5.14 is het verloop van de dwarsstroming bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s getoond.

Afbeelding 5.14. Dwarsstroming bij een Boven-Rijn afvoer van 8.000 m³/s



In tabel 5.4 is de maximale dwarsstroming weergegeven. In afbeelding 5.14 en tabel 5.4 is te zien dat de maximale dwarsstroming lager is dan het criterium van 0,15 m/s. Voor een ruimtelijke weergave van de dwarsstroming bij 8.000 m³/s zie bijlage IV.

Tabel 5.4. Kritische locaties dwarsstroming bij 8.000 m³/s

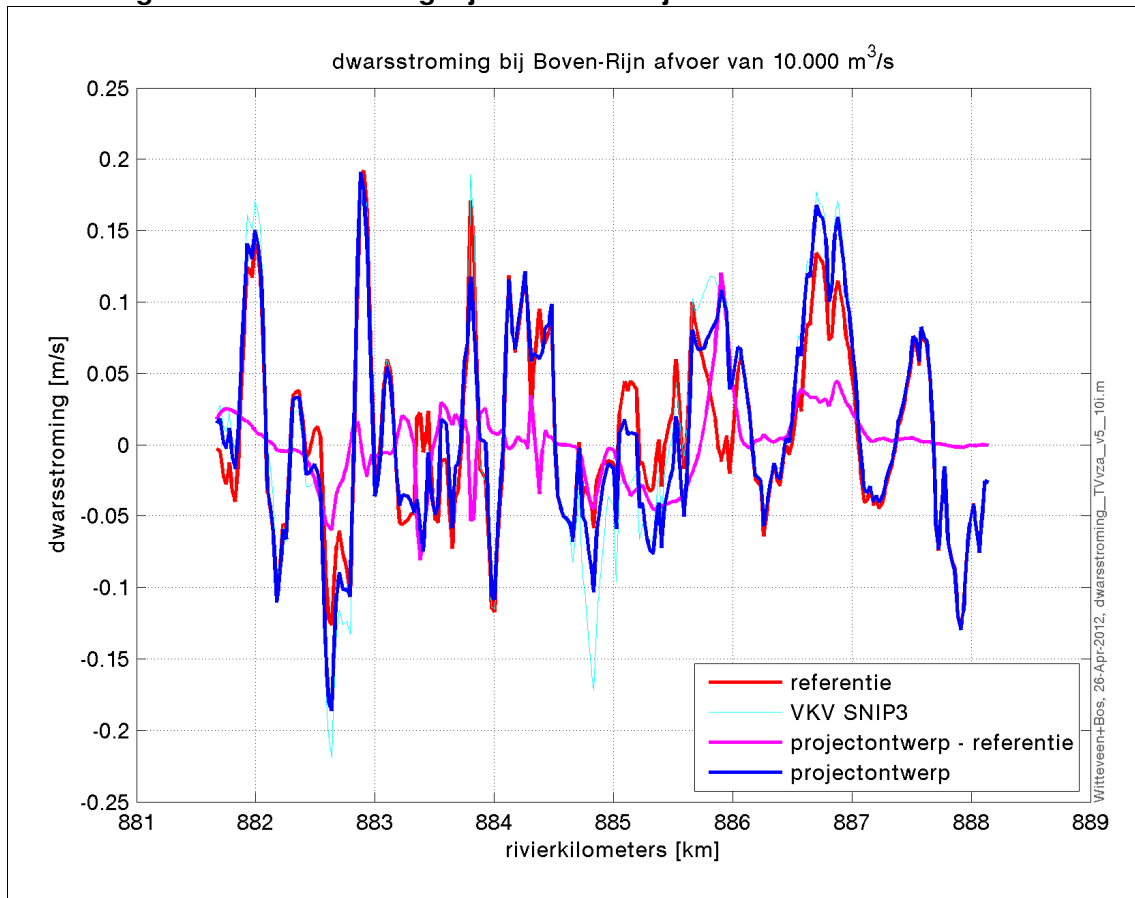
rkm (km)	referentie (m/s)	projectontwerp (m/s)	VKV SNIP3 (m/s)
882,6	- 0,09	- 0,13	- 0,16
883,8	0,16	0,13	0,17

De aangepaste instroomdrempel en de verlaging van de oever bij de Nelson Mandelabrug blijken effectief.

Dwarsstroming bij Boven-Rijnafvoer van 10.000 m³/s

In afbeelding 5.15 is het verloop van de dwarsstroming bij een Boven-Rijnafvoer van 10.000 m³/s getoond.

Afbeelding 5.15. Dwarsstroming bij een Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s



In tabel 5.5 is de maximale dwarsstroming weergegeven.

Tabel 5.5. Kritische locaties dwarsstroming bij 10.000 m³/s

rkm (km)	referentie (m/s)	projectontwerp (m/s)	VKV SNIP3 (m/s)
881,9-882,0	0,14	0,15	0,17
882,6	- 0,13	- 0,19	- 0,22
882,9	0,19	0,19	0,18
883,8	0,17	0,12	0,19
884,8	- 0,06	- 0,10	- 0,17
886,7	0,13	0,17	0,18
886,9	0,12	0,16	0,17

In afbeelding 5.15 en tabel 5.5 is te zien dat de dwarsstroming bij een Boven-Rijnafvoer van 10.000 m³/s op verschillende plaatsen boven het criterium van 0,15 m/s uitkomt en tevens boven de dwarsstroming in de referentiesituatie. Een Bovenrijn-afvoer van 10.000 m³/s komt echter vrij weinig voor. Wij adviseren dan ook om op de kritische plaatsen de scheepvaart middels vaarwegmarkering (tijdelijk) te attenderen op de gevaarlijke situatie. Voor een ruimtelijke weergave van de dwarsstroming bij 10.000 m³/s zie bijlage V.

Conclusies

Bij Boven-Rijn afvoeren van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s treden geen stroomsnelheden in dwarsrichting op die het criterium van 0,15 m/s overschrijden.

Bij een Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s treden op enkele plaatsen stroomsnelheden in dwarsrichting op die het criterium van 0,15 m/s overschrijden. Met de vaarwegbeheerder worden afspraken gemaakt over aanpassingen van de vaarwegmarkering.

5.4.4. Afvoerverdeling bij normaal hoogwater

Zoals ook in paragraaf 5.3.4 is weergegeven, zullen de afvoerverdelingen tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel ook bij een afvoer van 10.000 m³/s door de Boven-Rijn en de voorgenomen hydraulische aanpassingen worden beïnvloed. De berekende verdeling tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel is reeds weergegeven in tabel 5.2.

De afvoerverdeling verandert iets ten opzichte van de referentiesituatie. Verwacht mag worden, dat dit niet tot hinder of schade aan andere functies en eigendommen van derden zal leiden.

5.4.5. Afvoerverdeling bij lage afvoeren

Bij een lage afvoer van 1.020 m³/s door de Boven-Rijn zal de Meinerswijk niet meestromen en zullen de afvoerverdelingen tussen Waal, Neder-Rijn en IJssel niet worden beïnvloed.

5.5. Effectbeoordeling

In tabel 5.6 is de effectbeoordeling weergegeven. Vanwege het feit dat de dwarsstroomsnelheden niet boven de gestelde 0,15 m/s komen (en het een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie betreft) wordt de dwarsstroming als licht positief beoordeeld.

Tabel 5.6. Effectbeoordeling autonome situatie en projectontwerp

aspect	criterium	autonoom	projectontwerp
MHW	7,9 cm op rkm 882	0	+
dwarsstroming	0,15 m/s bij in- en uitstroompunt uiterwaard	0	+
afvoerverdeling bij MHW (bij aftakkingspunt)	afvoerverdeling in juiste richting beïnvloed	0	++

6. BODEMLIGGING EN MORFOLOGIE

6.1. Inleiding

Sedimentatie is een belangrijk onderwerp voor Meinerswijk. Ten eerste omdat een uiterwaardverruiming kan leiden tot meer sedimentatie in het zomerbed. De gemeentelijke teruglegging van de Rijnkade veroorzaakt daar bovenop een significante aanzanding. Voor beide effecten heeft de maatregel Meinerswijk een belangrijke mitigerende maatregel opgenomen in de vorm van de instroomdrempel. Deze zorgt ervoor dat de uiterwaard minder vaak zal meestromen dan dat nu het geval is. Hierdoor neemt het aantal dagen per jaar, waarop gunstigere condities voor erosie/afname van sedimentatie ontstaan, toe. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de effectenanalyse van het projectontwerp beschreven op het gebied van morfologie. Eerst volgt een kort overzicht van de uitgangspunten. Vervolgens komen de resultaten van de morfologische analyse aan bod en tot slot wordt het Rivierkundig Beoordelingskader gevolgd om de effecten op bodemligging en morfologie te beschrijven.

6.2. Methodiek

Voor de beoordelingen van de aspecten en criteria gaat het om een relatieve vergelijking ten opzichte van de autonome ontwikkeling: de situatie die in 2020 zou optreden als het project geen doorgang vindt. Per criterium wordt een kwantitatieve beoordeling gegeven, echter wanneer dat niet mogelijk is wordt een kwalitatieve beoordeling gegeven. Bij een kwalitatieve beoordeling lopen de scores van - - tot + +. In tabel 6.1 is dit toegelicht.

Tabel 6.1. Scores met hun betekenis voor de effectbepaling

score	betekenis
- -	aanzienlijke verslechtering ten opzichte van de autonome situatie
-	geringe verslechtering ten opzichte van de autonome situatie
0	verbetering noch verslechtering ten opzichte van de autonome situatie
+	geringe verbetering ten opzichte van de autonome situatie
+ +	aanzienlijke verbetering ten opzichte van de autonome situatie

6.3. Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden bij het analyseren van de morfologische effecten van de maatregelen:

- er is gebruik gemaakt van het programma WAQMORF;
- er is niet morfodynamisch gerekend. Morfologische veranderingen hebben een effect op de hydraulica, wat vervolgens de morfologie weer verandert. Deze effecten zijn niet meegenomen;
- de morfologische berekeningen zijn na overleg met RWS DON uitgevoerd zonder de Rijnkadeverlegging en beslaan daarom alleen de invloed van het projectontwerp.

Sedimentatie en erosie kunnen hinder opleveren voor gebruikers en functies. Door sedimentatie kan de benodigde vaardiepte voor scheepvaart in gevaar komen en de afvoercapaciteit afnemen en door erosie kunnen constructies of waterkeringen ondermijnd worden.

Morfologische berekeningen zijn gedaan met behulp van WAQMORF. Het product van WAQMORF is de verwachte verandering van bodemligging ten opzichte van een referentie situatie. Het gebruikte WAQMORF instrumentarium is in overleg met Rijkswaterstaat Oost-Nederland toegepast.

Het maximaal toegestane baggerbezwaar in de beun is door RWS-ON gesteld op 7.531 m³ bij een WAQMORF berekening met een Boven-Rijn afvoer van 6.000 m³/s. Dit volume komt overeen met de variant uit de SNIP3 fase, waarbij de zomerkade in zijn geheel op NAP + 11,50 m ligt. Voor een Boven-Rijn afvoer van 8.000 m³/s is het maximaal toegestane baggerbezwaar bij een kade op NAP + 11,50 m op 11.845 m³ gelegd (zie bijlage VIII).

6.4. Resultaten berekeningen

WAQMORF geeft een advies welke afvoerniveaus een ingreep het beste karakteriseren aan de hand van een vragenlijst. De drempelafvoer, waarbij de ingreep bankvol gaat meestromen, is daarbij een belangrijke parameter. Omdat de Groene Rivier in de nieuwe situatie meestroomt bij een hoogwaterafvoer vanaf 5.800 m³/s vraagt WAQMORF om invoer van een hoogwaterafvoer van 6.000 m³/s. Deze afvoer ligt vrij dicht bij de drempelafvoer. Door de procedure ook met een hogere afvoer te doorlopen (8.000 m³/s), zullen sedimentatie- en erosiepatronen duidelijker zichtbaar worden. In bijlage II is de volledige vragenlijst van de WAQMORF-berekeningen gegeven. Erosie en sedimentatiepatronen zijn bepaald voor afvoeren van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s. De benodigde WAQUA berekeningen zijn uitgevoerd met vrije afvoerverdeling.

6.4.1. Afvoer 6.000 m³/s

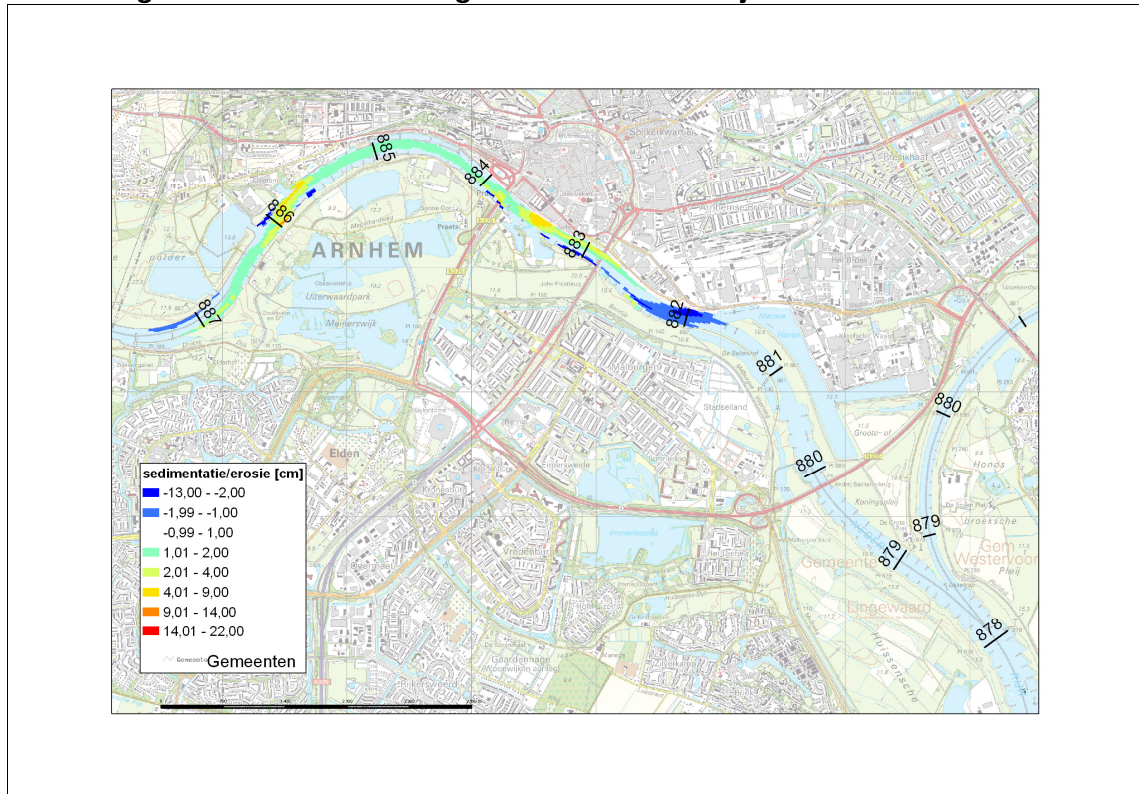
De uiterwaard stroomt in het voorkeursvariant mee bij een afvoer hoger dan 5.800 m³/s. Op basis van deze drempelafvoer wordt een WAQMORF-berekening uitgevoerd met een Boven-Rijn afvoer van 6.000 m³/s.

Tabel 6.2. Overstromingdebiet inlaatdrempel (bouwsteen O*)

	huidige situatie (referentie)	VKV
hoogte bouwsteen O* (inlaatdrempel)	NAP + 10,80 m	NAP + 11,20 m
overstroomt bij Q Lobith (m ³ /s)	5.258	5.876

In afbeelding 6.1 is het erosie- en sedimentatiepatroon tussen de oevers bij een afvoer van 6.000 m³/s weergegeven zonder Rijnkadeteruglegging.

Afbeelding 6.1. Bodemverandering tussen de oevers bij een afvoer van 6.000 m³/s



In de Neder-Rijn vindt voornamelijk sedimentatie plaats tussen het punt waar de Groene Rivier aftakt en het punt waar de uiterwaard in de Neder-Rijn aantakt (rkm 883-887). Ter hoogte van bouwsteen F wordt relatief veel sedimentatie verwacht, wat in overeenstemming is met het verschil in stroomsnelheden uit afbeelding 5.5. In bijlage VI zijn gedetailleerde afbeeldingen van de sedimentatie en erosie weergegeven.

De kadeverlaging (F1) in de Voorkeursvariant zorgt voor een extra daling van de waterstand bij MHW-afvoer. Daarnaast zal er een extra baggerbezwaar uit voortvloeien. De verwachting van riviermorfologische experts van Witteveen+Bos is dat er sprake zal zijn van sedimenttransport vanuit de rivier, richting de Plas van Bruil. Een deel van dit sediment zal naar verwachting worden afgezet op de vooroever van de verlaagde zomerkade. Dit draagt positief bij aan de uitstraling van een zandige oeverwal. De vormgeving van de zomerkade is in het Projectontwerp geoptimaliseerd op basis van morfologie, dwarsstroming en wensen van Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland en de gemeente Arnhem. De aanpassing zorgt voor een afname van het totale baggerbezwaar, maar levert geen rivieroeverdynamiek. Met WAQMORF kan geen uitspraak worden gedaan over eventueel sedimenttransport uit de rivier, richting de verlaagde zomerkade en/of de Plas van Bruil. Daarom wordt in deze toetsing aan vaardieptes uitgegaan van de worst case, waarin alleen de rivier wordt beschouwd.

Tussen de John Frostbrug en de Nelson Mandelabrug treedt erosie op bij Stadsblokken (bouwsteen V). Ook bij de loswal bij de Westervoortsedijk vindt erosie plaats. De geringe erosie vindt hier plaats op een plek waar de vaardiepte thans te gering is (zie afbeelding 6.5). Dit is dus een positief effect van de maatregel Meinerswijk.

De totale hoeveelheden sedimentatie en erosie bij jaargemiddelde bodemverandering zijn in tabel 6.3 weergegeven. Het betreft een sommatie van volumes tussen de oevers (zijnde

vaargeul en kribvakken). Er wordt netto sedimentatie verwacht in het projectgebied bij een afvoer van 6.000 m³/s. Bij deze berekening is gebruik gemaakt van de door WAQMORF berekende jaargemiddelde sedimentatie, dit betreft een over lange periode gemiddelde bodemverandering. De volumes zijn als gevolg van de gekozen methodiek waarschijnlijk een overschatting van de te verwachten effecten.

Tabel 6.3. Volumes sedimentatie en erosie tussen de oevers van rkm 878-888

	volumes (10 ³ m ³)
sedimentatie	10,8
erosie	-2,2

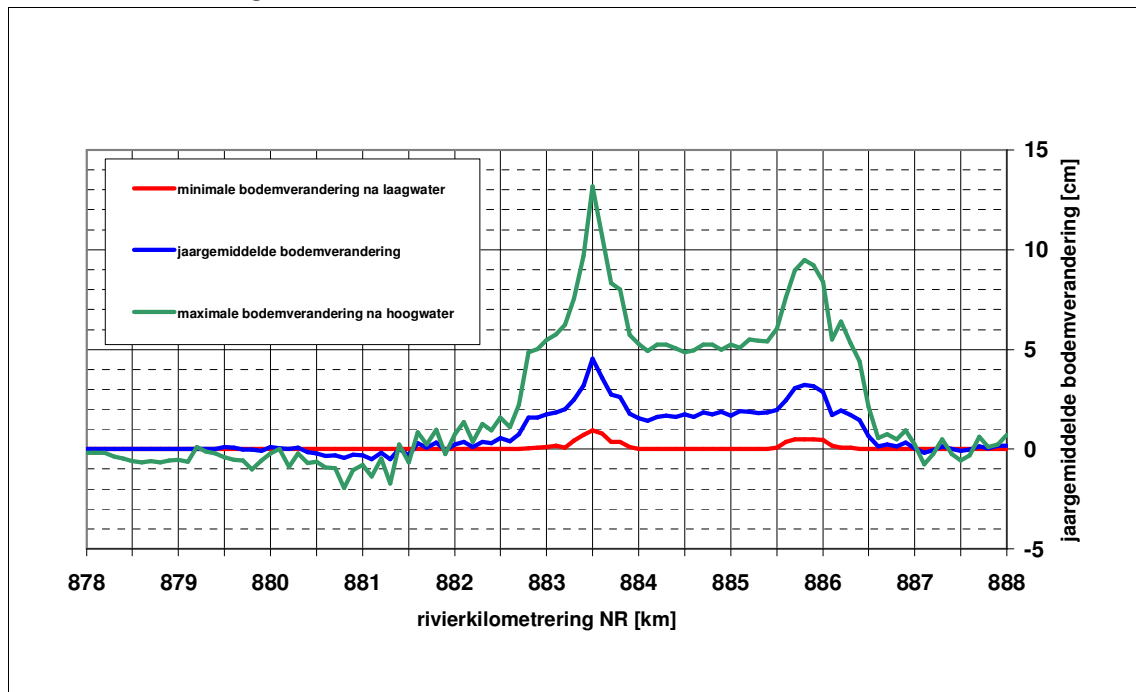
De volumes in tabel 6.3 zijn kleiner dan gevonden in SNIP 3 voor de Voorkeursvariant. Dit heeft een aantal oorzaken:

- de Rijnkadeverlegging is niet in de berekening meegenomen;
- de vormgeving van de zomerkade is geoptimaliseerd om het baggerbezwaar en de dwarsstroming te beperken;
- de afvoer waarbij de Groene Rivier mee gaat stromen is gewijzigd van 5200 m³/s naar 5800 m³/s.

De morfologische effecten op lange termijn zijn niet onderzocht, omdat met WAQMORF geen terugkoppeling naar de waterbeweging gemaakt kan worden. De initiële veranderingen geven echter al een goede indicatie voor de effecten op langere termijn.

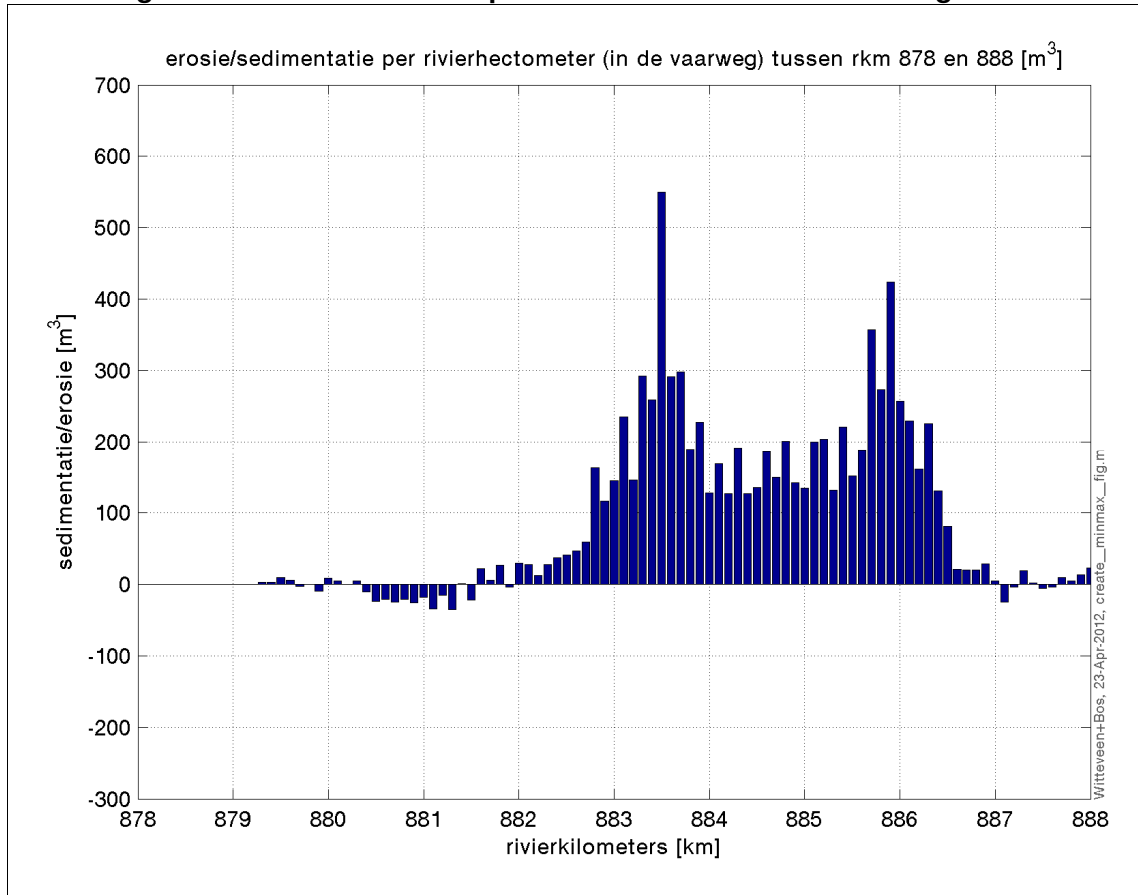
Afbeelding 6.2 toont naast de jaargemiddelde bodemverandering ook de minimale bodemverandering (na laagwater) en de maximale bodemverandering (na hoogwater). Hierbij is tegenstelling tot de volumes in tabel 6.3 alleen de vaargeul in beschouwing genomen.

Afbeelding 6.2. Bodemveranderingen in vaargeul, berekend met behulp van WAQMORF



De verspreiding van de volumes aan jaargemiddelde sedimentatie binnen de vaargeul over het projectgebied zijn in afbeelding 6.3 gegeven.

Afbeelding 6.3. Erosie/sedimentatie per rivierhectometer in de vaarweg



Het totaal aan jaargemiddeld sedimentatie binnen de vaargeul is gelijk aan 8.064 m³. Uit afbeelding 6.1, afbeelding 6.2 en afbeelding 6.3 komen duidelijk twee aanzandingsgebieden naar voren:

1. tussen de John Frostburg en de Nelson Mandelabrug
2. nabij de Plas van Bruil

De volumes in sedimentatie in deze aanzandingsgebieden is in tabel 6.4 gegeven.

Tabel 6.4 Sedimentatievolumes

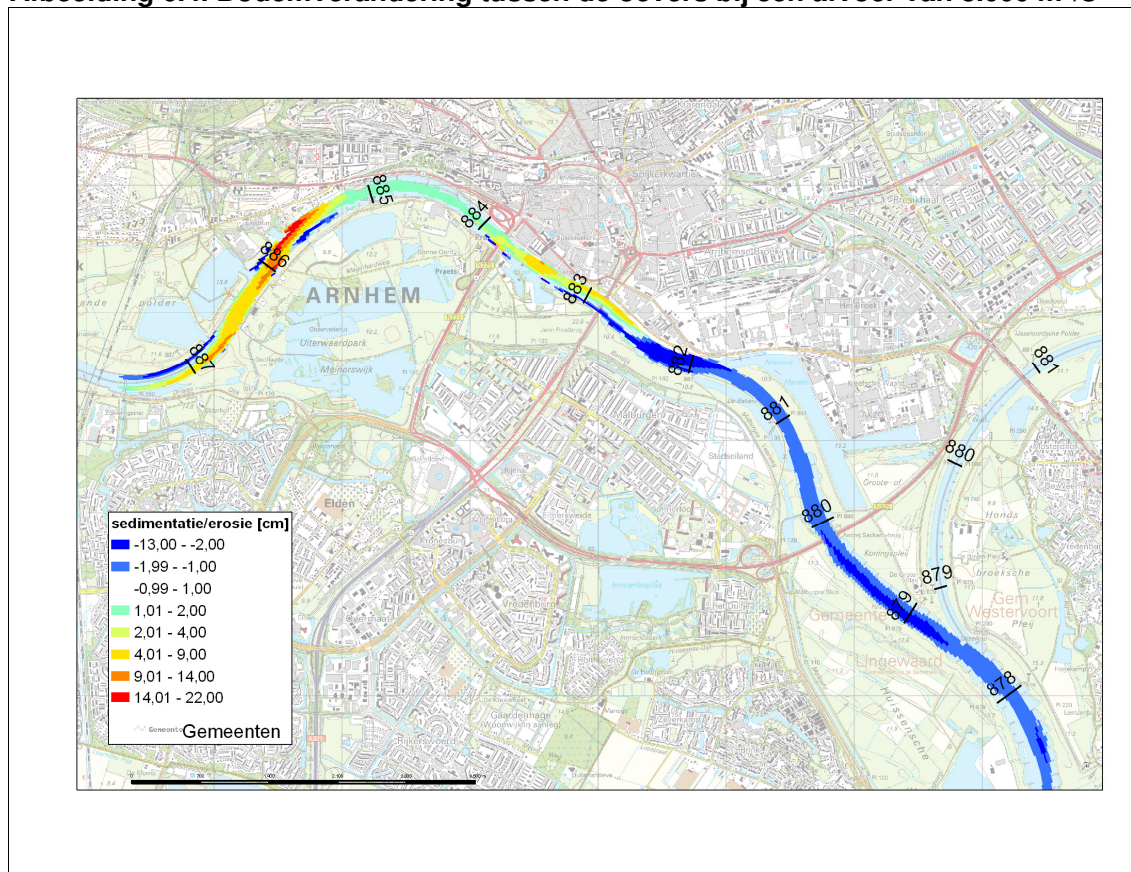
locatie	sedimentatie op basis van minimale bodemverandering (m ³)	sedimentatie op basis van jaargemiddelde bodemverandering (m ³)	sedimentatie op basis van maximale bodemverandering (m ³)
totale projectgebied (rkm 878 – rkm 888)	696	8,375	25,340
tussen John Frostburg – Nelson Mandelabrug (m ³)	325	1,691	5,048
nabij Plas van Bruil (m ³)	207	1,311	3,832
overige delen (m ³)	164	5,373	16,460

De volumes in tabel 6.4 betreffen een overschatting van het sedimentatievolume dat verwijderd moet worden. In de praktijk wordt in de vaargeul alleen op kritische locaties gebaggerd. Deze locaties worden bepaald op basis van de waterdieptes bij OLR. In paragraaf 6.4.5 wordt hier nader op ingegaan.

6.4.2. Afvoer 8.000 m³/s

In afbeelding 6.4 is de verwachte bodemverandering tussen de oevers behorende bij een gemiddelde afvoer van 8.000 m³/s weergegeven zonder kadeteruglegging.

Afbeelding 6.4. Bodemverandering tussen de oevers bij een afvoer van 8.000 m³/s



Er treedt in het geval van een afvoer van 8.000 m³/s beperkte erosie op tussen de Nelson Mandelabrug en de steenfabriek (bouwsteen F). Langs de Stadsblokken (bouwsteen V) wordt erosie verwacht.

De afbeeldingen 6.1 en 6.4 tonen dat de grootste sedimentatie waarschijnlijk op zal treden rond dezelfde locaties. Daarmee laten beide berekeningen een consistent beeld zien.

6.4.3. Aanzanding en erosie van het zomerbed

Bovenstrooms van de John Frostbrug is sedimentatie te verwachten langs de kade in Arnhem, ordegrootte 0,04 tot 0,06 m. Omdat hierbij de teruglegging van de Rijnkade niet is meegenomen, is deze sedimentatie het gevolg van de ingrepen voor Meinerswijk.

Daarnaast is geringe sedimentatie te verwachten tussen de steenfabriek en het aantakpunt van de Neder-Rijn en de uiterwaard van Meinerswijk. De stroomsnelheden zullen hier enigszins afnemen als gevolg van het meestromen van de uiterwaard. Hierdoor is minder water beschikbaar voor de vaarweg. Verwacht mag worden, dat er matige sedimentatie zal optreden in de buitenbocht. De aanzanding zou verder beperkt kunnen worden door lokaal maatregelen te nemen, bijvoorbeeld door een verdere verhoging van de instroomdrempel bij de inlaat, of door kribverlenging, eilandkribben of een langsdam. Op bestuurlijk niveau is

in overleg tussen PDR (A. Velema) en RWS-ON (J. de Ruig) hierover echter afgesproken dat dit soort maatregelen in het zomerbed in het kader van het project Meinerswijk niet zullen worden genomen. Eventuele resterende effecten op erosie en sedimentatie zijn onvermijdelijk bij uiterwaardmaatregelen.

Het valt op, dat de erosie zich concentreert op de aftak- en aantakpunten. Voor en na deze locaties laten de resultaten enige bodemverandering zien. De bodemveranderingen zijn orde 10 cm.

6.4.4. Aanzanding en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

In de Groene Rivier zal voornamelijk sedimentatie plaatsvinden. De ondergrond van de uiterwaard bestaat voornamelijk uit grasland. Gras is erosiebestendig tot hoge stroomsnelheden (2,00 m/s, Helpdesk Water, 2010). De stroomsnelheden in de Groene Rivier blijven onder deze grens van 2,00 m/s.

Het is daarom niet te verwachten dat de bodem van de Groene Rivier zal eroderen bij de maatgevende afvoer.

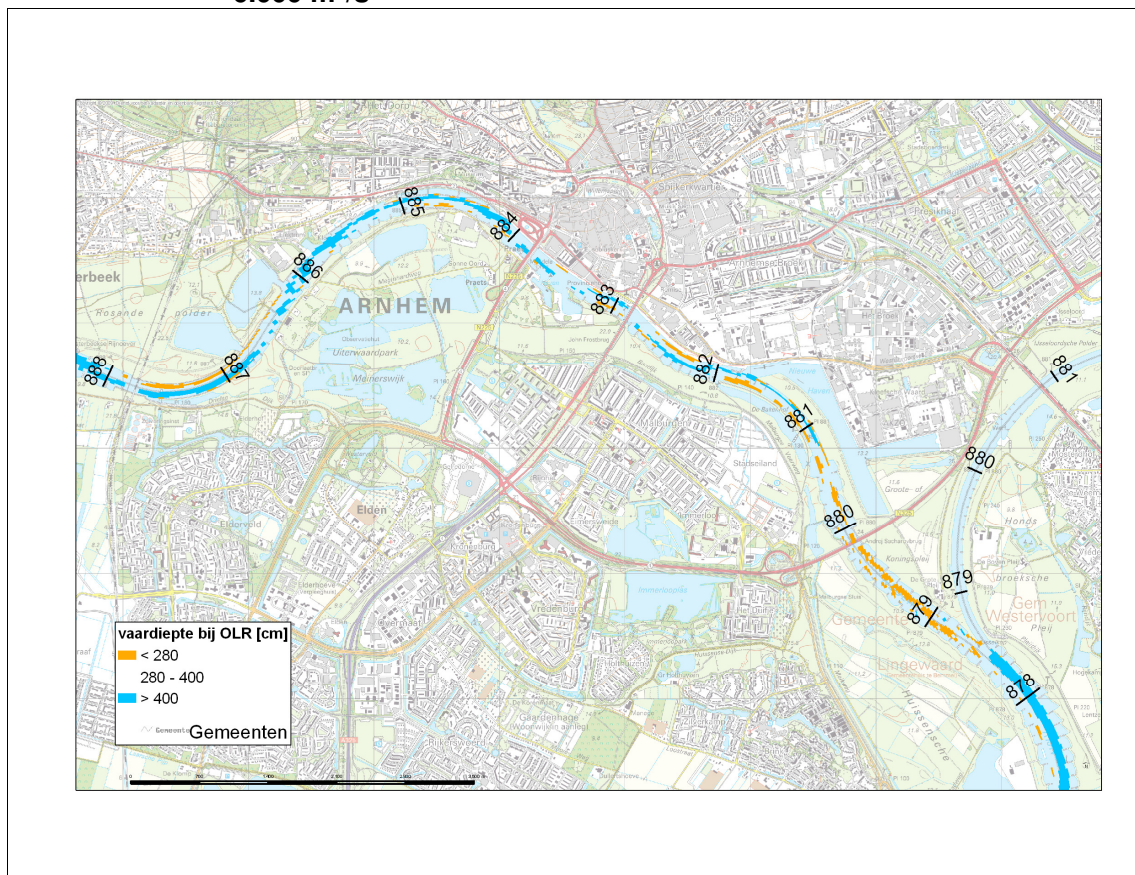
Sedimentatie zou een probleem kunnen vormen in de Groene Rivier, omdat het doel is dat deze op een zelfde niveau mee zal blijven stromen. Een snelle sedimentatie ter hoogte van het aftakpunt is niet wenselijk omdat dit direct tot een verlaging van het doorstroomprofiel leidt. Mogelijk zijn hier daarom enige onderhoudswerkzaamheden te verwachten. Om deze zoveel mogelijk te voorkomen, is het instroomtalud van de geul in de Groene Rivier zo flauw mogelijk ontworpen.

In de berekeningen is uitgegaan van de situatie na aanleg. De verwachte aanzanding van de oeverwal bij bouwsteen F is niet meegenomen in de berekeningen. Deze oeverwal kan hoger en breder worden als gevolg van aanzanding. Hierdoor neemt op termijn de inundatiefrequentie af (paragraaf 5.4.1) en zal de sedimentatie in het zomerbed ook afnemen (paragraaf 6.4.3). De snelheid en omvang van deze gevolgen hangen echter volledig af van de toekomstige hoogwaters en zijn daarom niet te voorspellen. Er wordt natuurlijke rivierdynamiek geïntroduceerd, waarover nog weinig praktijkkennis voorhanden is. Monitoring is gewenst om deze kennis verder op te bouwen.

6.4.5. Baggerbezwaar

De scheepvaart wordt gehinderd als de vaardiepte lokaal kleiner wordt dan 2,80 m. Het referentieniveau hiervoor is de overeengekomen lage rivierstand (OLR). Een tweede voorwaarde genoemd in het Rivierkundig Beoordelingskader is dat de gemiddelde waterdiepte bij OLR tenminste 4,00 m bedraagt. In afbeelding 6.5 is de waterdiepte bij OLR gepresenteerd na een bodemverandering op basis van $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Met oranje is aangegeven waar de waterdiepte bij OLR kleiner is dan 2,80 m. Dit zijn de locaties waarin de praktijk als eerste gebaggerd zal moeten worden. Met blauw is aangegeven waar de waterdiepte bij OLR groter is dan 4,00 m.

Afbeelding 6.5. Waterdiepte bij OLR met bodemverandering op basis van afvoer: 6.000 m³/s



In afbeelding 6.5 is te zien dat een vaardiepte van 2,8 m niet wordt gehaald:

- bovenstrooms van de Andrej Sacharovbrug (buiten het plangebied);
- bovenstrooms van de John Frostbrug;
- tussen de John Frostbrug en de Nelson Mandelabrug;
- in de binnenbocht net bovenstrooms van de Plas van Bruil;
- in de binnenbocht bij de uitlaat van de Groene Rivier, waar de Groene Rivier weer uitmondt in de Neder-Rijn.

Bovenstrooms van de Andrej Sacharovbrug wordt de beperkte diepte bepaald door de beperkte diepte in de referentiesituatie.

Sedimentatie en erosie kunnen hinder opleveren voor gebruikers en functies. Door sedimentatie kan de benodigde vaardiepte voor scheepvaart in gevaar komen en de afvoercapaciteit afnemen en door erosie kunnen constructies of waterkeringen ondermijnd worden. Erosie nabij constructies vindt plaats bij de loswal bij de Westervoortsedijk, de inlaat van de Groene Rivier en in de buitenbocht bij de Plas van Bruil. Op de laatste twee locaties zijn kribben aanwezig. Tussen de kribben zal geen erosie optreden. Aan de kop van de kribben mogelijk wel. Door regelmatige monitoring uit te voeren, zal in kaart moeten worden gebracht of langs de koppen erosie optreedt en in welke mate. Wanneer blijkt dat de stabiliteit van de kribben in gevaar komt zullen aanvullende maatregelen genomen moeten worden. Ter plaatse van de bouwsteen V wordt oppervlakkig gelegen puin en steenachtige materialen op de oever weggenomen. Dit materiaal levert geen constructieve bijdrage aan de stabiliteit van de situatie. Aanbevolen wordt om het effect is van het wegnemen van dit materiaal de eerst jaren te monitoren.

Door de erosie en sedimentatie bij een afvoer van 6.000 m³/s bij de vaardiepte bij OLR op te tellen, kunnen de extra benodigde baggerhoeveelheden worden bepaald. Dit is weergegeven in tabel 6.5. Deze resultaten hebben betrekking op de vaarweg op het traject tussen de IJsselkop en de Spoorbrug bij Oosterbeek (rkm 878 tot rkm 888). Dit komt overeen met het morfologische invloedsgebied van het project.

Tabel 6.5. Bezwaarlijke sedimentatie volumes (op basis van afvoer 6.000 m³/s) zonder Rijnkade teruglegging

	diepte < 2,80 m	diepte < 4,00 m
referentie situatie	42.197 m ³	46.2086 m ³
projectontwerp op basis van 6.000 m ³ /s	42.427 m ³	46.8219 m ³
effect (verschil SNIP5-referentie)	230 m ³	6.133 m ³

In tabel 6.6 zijn de hoeveelheden te baggeren materiaal op genomen als uitgegaan wordt van een Rijnafvoer van 8.000 m³/s.

Tabel 6.6. Bezwaarlijke sedimentatie volumes (op basis van afvoer 8.000 m³/s) zonder Rijnkade teruglegging

	diepte < 2,80 m	diepte < 4,00 m
referentie situatie	42197 m ³	462086 m ³
projectontwerp op basis van 8.000 m ³ /s	41308 m ³	472347 m ³
effect (verschil SNIP5-referentie)	- 889 m ³	10.261 m ³

Het totaal baggerbezwaar wordt bepaald door de bezwaarlijke volumes ten opzichte van een gemiddelde vaardiepte van 4,00 m ten opzichte van OLR. Immers, dit geeft het grootste extra baggerbezwaar.

Het projectontwerp levert zonder de kadeteruglegging van de gemeente Arnhem een baggerbezwaar op van circa 6.100 m³. Dit komt overeen met circa 8.600 m³ in de beun (door baggeren komt 40 % extra volume in de beun van een baggerschip). De hinder die dit met zich meebrengt beperkt zich tot 5 dagen per jaar (uitgaande van de getallen voor een bochtige en smalle rivier uit het Beoordelingskader). In de smalle Neder-Rijn, waar in het projectgebied zelfs eenrichtingsverkeer is ingesteld, is hiermee maximaal 6.250 tot 7.500 m³/jaar te baggeren (in de beun). Het projectontwerp zit hier circa 1.000 m³ boven. Anderzijds blijft het baggerbezwaar onder het gestelde maximum van 7.531 m³ (zie paragraaf 6.3). Het projectontwerp zit hier met 6.100 m³ onder.

Uitgaande van een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s is het baggerbezwaar 10.300 m³. Ook dit volume ligt onder het gestelde criterium van 11.845 m³ (zie paragraaf 6.3).

De hoeveelheden sedimentatie als gevolg van het projectontwerp zijn klein in relatie tot het initieel baggerbezwaar om de rivier op diepte te brengen (orde 3 % tot 5 %). De mitigerende maatregel 'aanleg instroomdrempel', die onderdeel uitmaakt van het projectontwerp, heeft een dubbel positief effect. Hij reduceert zowel de aanzanding veroorzaakt door de Ruimte voor de Riviermaatregel, als de aanzanding ten gevolge van de kadeteruglegging.

Het baggerbezwaar wordt veroorzaakt door:

- de beperkte diepte in de referentiesituatie, vooral bovenstrooms van de John Frostbrug en zeker de Andrej Sacharovbrug), waardoor er geen ruimte is voor beperkte sedimentatie;

- de benodigde taakstelling in relatie tot het korte riviertraject. Hierdoor verandert de waterbeweging aanzienlijk en dat leidt tot veel plaatsen met extra sedimentatie of erosie. Mogelijk dat dit op den duur kan leiden tot een geringe aanpassing van de vaarweg waardoor het jaarlijkse baggerbezwaar kleiner wordt. Bij de samenstelling van het pakket van maatregelen is juist gelet op maatregelen die gunstig uitpakken voor de vaardiepte voor de scheepvaart. Daarom is de verhouding tussen de taakstelling en de hinder voor scheepvaart in dit project gunstig;
- bij de aantakking/inlaat van de Groene Rivier vindt bovenstrooms erosie plaats en benedenstrooms sedimentatie (afbeelding 6.1). Juist bovenstrooms is de waterdiepte te klein. Gesteld mag worden dat het projectontwerp dus een gunstig effect heeft op het baggerbezwaar bij de inlaat van de Groene Rivier.

In SNIP 2A, SNIP 3 en SNIP5 zijn verschillende maatregelen bedacht en doorgerekend om het baggerbezwaar te verminderen. Belangrijkste maatregelen zijn de hoogte van instroomdrempel en het verloop van de kade bij de Plas van Bruil. Hierin is een optimum gezocht tussen het beperken van de baggerhoeveelheid, het halen van de taakstelling en de landschappelijke kwaliteit van het gebied.

6.5. Effectbeoordeling

In tabel 6.7 is de effectbeoordeling weergegeven. Zowel voor de vaardiepte van 2,80 m bij OLR als de gemiddelde vaardiepte van 4,00 m bij OLR geldt dat het projectontwerp iets slechter wordt dan de referentiesituatie. Ten opzichte van de autonome situatie levert het projectontwerp een positief effect. De absolute effecten zijn bovendien klein ten opzichte van de taakstelling.

Tabel 6.7. Effectbeoordeling autonome situatie en projectontwerp

aspect	criterium	autonoom	projectontwerp
morfologie	vaardiepte > = 2,80 m (bij OLR)	- -	-
	gemiddelde vaardiepte > = 4,00 m (bij OLR)	- -	-

7. MAATREGELEN EN EVALUATIE

7.1. Mitigerende en compenserende maatregelen

7.1.1. Dwarsstroming

De dwarsstroming levert in het projectontwerp bij de Boven-Rijn afvoeren 6.000 m³/s en 8.000 m³/s geen overschrijding van het criterium op. Bij een Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s treden op enkele plaatsen stroomsnelheden in dwarsrichting op die het criterium van 0,15 m/s overschrijden. Met de vaarwegbeheerder worden afspraken gemaakt over aanpassingen van de vaarwegmarkering.

7.1.2. Vaardiepte bij OLR

Het volume dat weggebaggerd moeten worden om een gegarandeerde vaardiepte van 2,80 m bij OLR te krijgen, of een gemiddelde vaardiepte van 4,00 m, neemt toe. Het gaat echter om een klein percentage ten opzichte van de totale hoeveelheden (respectievelijk 3 % en 5 %).

In het belang van de dubbele doelstelling van het programma Ruimte voor de Rivier (waterstandsverlaging en verbetering ruimtelijke kwaliteit) wordt voorgesteld hier geen structurele maatregelen tegen te nemen in het kader van project Meinerswijk. Het projectontwerp levert een baggerbezwaar op van circa 6.100 m³. Dit komt overeen met circa 8.600 m³ in de beun. Dit baggerbezwaar blijft onder het gestelde maximum van 7.531 m³ (baggerbezwaar bij een zomerkade op NAP + 11,50 m).

Uitgaande van een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s is het baggerbezwaar in beun 10.300 m³. Ook dit volume ligt onder het gestelde criterium van 11.845 m³ (zomerkade 11.50). Dit getal is waarschijnlijk een overschatting als gevolg van de gehanteerde methode. Bovendien zal na verloop van tijd de aanzanding nabij de Plas van Bruil verder afnemen, wanneer de zomerkade daar weer aangroeit ten gevolge van sedimentaanvoer uit de rivier.

7.2. Leemten in kennis en informatie

Het baggerbezwaar kan gestort worden in diepe delen van de rivier, waarbij het nergens ondieper mag worden dan OLR - 4,00 m. Het is echter onbekend in hoeverre dit mogelijk is nabij het projectgebied.

Langs de kribben tussen rkm 885-886 wordt geringe erosie verwacht. Door regelmatige monitoring uit te voeren, zal in kaart moeten worden gebracht of langs de koppen daadwerkelijk erosie optreedt en in welke mate. Wanneer blijkt dat de stabiliteit van de kribben in gevaar komt, zullen aanvullende maatregelen genomen moeten worden.

Ten aanzien van morfologie is de stand van de kennis in Nederland nog onvoldoende om de sedimentatie in het winterbed en de uitwisseling tussen zomer- en winterbed goed te kunnen bepalen. Reden is, dat er nog onvoldoende metingen zijn uitgevoerd voor sedimentatie en sedimenttransporten tijdens hoge afvoeren. Bovendien is elk gebied weer anders voor wat betreft stroming en morfologie, zodat er geen algemeen geldende kennisregels beschikbaar zijn.

8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1. Hydraulische effecten

De conclusie op gebied van hydraulische effecten zijn:

- het projectontwerp bereikt een waterstandsval van 7,90 cm op rkm 882. Hiermee voldoet het projectontwerp aan de werктаakstelling. Ter hoogte van rkm 885,80 vindt een lokale stijging van 3,3 cm plaats. Dit is een plaatselijke verhoging die inherent is aan de taakstelling;
- buiten de as van de rivier vindt een significante stijging van de waterstand plaats op de Groene Rivier. Deze stijging van 13,00 cm is te verklaren door zowel een toename van het debiet door de Groene Rivier als een toename van de ruwheid ten opzichte van de referentie situatie. Langs de Grote Griet en de Drielsedijk vindt een kleinere toename van de waterstand plaats van 1,80 cm. Dit is acceptabel voor het waterschap;
- de debietverdeling tussen Neder-Rijn en IJssel bij MHW schuift met het projectontwerp meer op naar de gewenste verdeling. Dit is een positieve constatering, het is een van de doelstellingen van het project om de debietverdeling te beïnvloeden. Het gevolg daarvan is, dat niet strikt wordt voldaan aan de eis die het Rivierkundig Beoordelingskader [ref. 1.] stelt voor afvoerverdeling bij MHW. Dit criterium wordt overschreden omdat het juist een doelstelling van dit project is om de afvoerverdeling te beïnvloeden;
- bij een afvoer van normaal hoogwater wordt voldaan aan de eis die het Rivierkundig Beoordelingskader [ref. 1.] stelt.

8.2. Hinder en schade

De conclusies die betrekking hebben op de hinder en schade zijn:

- de waterstanden in de Groene Rivier stijgen en de overstromingsfrequentie van bouwsteen F1 neemt significant toe. Dit resulteert bij hoge waterstanden in een toenemende hinder voor gebruikers van het gebied rondom de Plas van Bruil. Het gebruik van dit gebied is ten tijde van hoge waterstanden echter beperkt en daarmee is de toename van hinder niet significant. In overige delen van de uiterwaard vindt geen verandering in overstromingsfrequentie plaats;
- het projectontwerp leidt tot een toename van stroomsnelheden in de uiterwaard en een afname van stroomsnelheden in de vaarweg. Dit resulteert echter niet in een toename van hinder of schade;
- bij Boven-Rijn afvoeren van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s zijn de stroomsnelheden in dwarsrichting kleiner of gelijk aan het criterium van 0,15 m/s. Bovendien levert het projectontwerp voor beide gevallen een significante verbetering bij de Nelson Mandelabrug ten opzichte van de referentiesituatie. Bij een Boven-Rijn afvoer van 10.000 m³/s treden lokaal stroomsnelheden in dwarsrichting op die het criterium van 0,15 m/s overschrijden. De veranderingen die optreden ten gevolge van Ruimte voor de Rivier zijn echter voornamelijk geconcentreerd bij de in- en uitstroom van de Groene Rivier. Hiervoor kan (tijdelijke) vaarwegmarkering aangebracht worden;
- de afvoerverdeling bij normaal hoogwater verandert iets ten opzichte van de referentiesituatie. Verwacht mag worden dat dit niet tot hinder of schade aan andere functies en eigendommen van derden zal leiden;
- de afvoerverdeling bij lage afvoeren verandert niet. Immers, de maatregelen in de uiterwaard stromen niet mee bij deze lage afvoeren.

8.3. Bodemligging en morfologie

Het projectontwerp levert een baggerbezwaar op van 6.100 m³. Dit komt overeen met circa 8.600 m³ in de beun. In de Neder-Rijn is maximaal 6.250 tot 7.500 m³/jaar te baggeren (in de beun). Het projectontwerp zit hier circa 1.000 m³ boven. De baggerbezwaren voldoen aan de gestelde criteria; de volumes zijn lager dan het baggerbezwaar bij een zomerkade op NAP + 11,50 m.

Ter hoogte van de steenfabriek en bouwsteen F wordt de grootste sedimentatie verwacht. Hier is door optimalisatie van de hoogte van de zomerkade bij de Plas van Bruil de aanzanding geminimaliseerd zonder te veel in te leveren op de taakstelling en de ruimtelijke kwaliteit.

Tussen de John Frostbrug en de Nelson Mandelabrug treedt erosie op bij de Stadsblokken (bouwsteen V). Ook bij de loswal bij de Westervoortsedijk vindt erosie plaats. De geringe erosie leidt niet tot problemen.

8.4. Ingrepen buiten bouwstenen

De invloed van onderdelen uit de gebiedsvisie die niet binnen de bouwstenen vallen, kan kwalitatief beschreven worden. Onderscheid wordt gemaakt in:

1. droge ruigte tussen Groene Rivier en Stadsblokken. De droge ruigte begint vanaf oostelijke richting op de instroomdrempel en loopt tussen Stadsblokken en de Groene Rivier door. De ruigte maakt ook onderdeel uit van de bouwsteen 'geul in de Groene Rivier', maar valt hier grotendeels buiten. Richting de IJssellinie neemt de omvang van de ruigte langzaam af. De droge ruigte zorgt voor een toename van de ruwheid ten opzichte van de referentiesituatie en daarmee heeft de ruigte invloed op de rivierkundige effecten;
2. natuurlijk grasland in de Groene Rivier. In de referentiesituatie bestaat de Groene Rivier grotendeels uit normaal grasland. Onder invloed van de gebiedsvisie is dit gewijzigd naar natuurlijk grasland. De invloed van deze wijzigingen is kleiner dan de droge ruigte beschreven onder het vorige punt;
3. ooibos en natte ruigte in het westelijke deel van de uiterwaard. Het oppervlak aan ooibos en natte ruigte neemt aanzienlijk toe ten opzichte van de referentiesituatie. Dit gebeurt echter in een gebied waar zeer lage stroomsnelheden optreden. De invloed van dit onderdeel van de gebiedsvisie op het stroombeeld en de waterstanddaling is daarmee zeer gering.

Geconcludeerd wordt dat de invloed van de ingrepen buiten de bouwstenen (realisatie gebiedsvisie fase 2) voornamelijk is toe te schrijven aan de droge ruigte tussen Stadsblokken en de Groene Rivier. Deze ruigte maakt echter ook deels onderdeel uit van de bouwsteen 'geul in de Groene Rivier'. Zonder de invloed van de toegevoegde ruigte buiten de bouwstenen zou de waterstanddaling op basis van expert judgement op circa 9,0 cm komen.

9. REFERENTIELIJST

1. Rijkswaterstaat (2009). Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 2.01, Rijkswaterstaat Waterdienst, d.d. 1 juli 2009, 11.
2. Arcadis (2011). Voorbereiding planstudie Meinerswijk voorkeursalternatief Rivierkundig. Rijkswaterstaat PDR, d.d. 23 februari 2011. C03021910435.020.
3. Arcadis (2010). Onderzoek ten behoeve van planstudie uiterwaardvergraving Meinerswijk. Rijkswaterstaat PDR, d.d. 7 december 2010. C01012.100083/SD.
4. Rijkswaterstaat (2011), SNIP 2A Meinerswijk, Bijlage 1: Bevindingennota, brief RvdR/2011/1190, d.d. 16 mei 2011.
5. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (1998), Technisch rapport voor erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding, Delft.
6. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007), Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen.
7. Helpdesk Water (2010). Vraag 0911-0037: Toelaatbare stroomsnelheden grasbekleding.
8. Witteveen+Bos (2011), effectbeoordeling, veiligheid primaire waterkering, referentie: RW1809-303-70/torm/055, d.d. 26 maart 2012.
9. Witteveen+Bos (2011), Uiterwaardvergraving Meinerswijk, hydraulica en morfologie referentie: RW1809-188-22/dijw/023, d.d. 28 november 2011.

BIJLAGE I BEGRIPPENLIJST

Tabel I.1. Begrippenlijst

autonome ontwikkeling	De ontwikkeling van het milieu en andere factoren in het geval de voorgenomen activiteit niet wordt uitgevoerd; het betreft alleen die ontwikkelingen die kunnen worden afgeleid uit vastgesteld beleid.
beoordelingscriteria	Maatstaven aan de hand waarvan de beoordeling van het projectontwerp plaatsvindt.
compensatie	Het herontwikkelen van natuurwaarden die verloren gaan door een ingreep. Compensatie kan zowel kwantitatief als kwalitatief plaatsvinden.
compenserende maatregel	Maatregel om de nadelige gevolgen van de voorgenomen activiteit voor het milieu te compenseren.
dijk	Opgeworpen aarden wal (vaak met steenglooing versterkt) die dienst doet als waterkering langs of om enig water (hoger dan een kade).
Ecologische Hoofdstructuur (EHS)	Een landelijk netwerk van bestaande natuurgebieden ('kernegebieden'), nieuwe natuurgebieden ('natuurontwikkelingsgebieden') en verbindingen tussen natuurgebieden ('robuuste verbindingzones').
geohydrologie	
GLG	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (gemiddelde grondwaterstand in het drogere zomerseizoen).
GHG	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (gemiddelde grondwaterstand in het natere winterseizoen).
inrichtingsplan	Het inrichtingsplan betreft het verder uitgewerkte Projectontwerp
inundatiefrequentie (overstromingsfrequentie)	Het gemiddeld aantal keren per tijdseenheid (jaar) waarin een dijkkringgebied onder water loopt. De kans op overstroming hangt nauw samen met de overschrijdingsfrequenties van de maatgevende hoogwaterstand en de sterkte van de dijken rondom het dijkkringgebied.
m.e.r.	M.e.r. is de afkorting voor de m.e.r.-procedure.
MER	MER is de afkorting voor het milieueffectrapport in de m.e.r.-procedure. Dit rapport geeft voldoende milieu-informatie om het milieu een volwaardige plaats te laten innemen in de besluitvorming.
mitigerende maatregel	Maatregel om de nadelige gevolgen van de voorgenomen activiteit voor het milieu te voorkomen of te beperken.
PKB	Planologische Kern Beslissing
SNIP	Het Spelregelkader Natte Infrastructuurprojecten (SNIP) is sinds 2002 van toepassing op alle projecten binnen de deelprogramma's voor aanleg hoofdwatersystemen (waterkeren en waterbeheren).
Rijkswaterstaat PDR	Rijkswaterstaat Programma Directie Ruimte voor de Rivier
Uiterwaard	Laagliggend gedeelte van de rivierbedding tussen zomerbed en winterbed.
voorkeursalternatief (VKA)	Het in SNIP 2A voorgestelde alternatief.
voorkeursvariant(VKV)	De in SNIP 3 uiteindelijk vastgestelde variant.

BIJLAGE II OPZET MODELLERING EN SCHEMATISATIE

Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44

onderwerp modelopzet Baseline/WAQUA
projectcode RW1809-303-70
referentie RW1809-303-70/torm/082
opgemaakt door ir. A. Zoon
datum opmaak 24 april 2012
bijlagen -

aan -
kopie -

1. INLEIDING

Voor de hydraulische berekeningen van het projectontwerp van het project 'uiterwaardvergraving Meinerswijk' is gebruik gemaakt van de Baseline schematisatie en het WAQUA model uit SNIP3. Dit model is destijds gebruikt om de hydraulische en morfologische gevolgen te bepalen van de SNIP3 voorkeursvariant. Het model is verder geoptimaliseerd op gebied van dwarsstroming en morfologie. Bovendien zijn schoonheidsfoutjes uit de baselineschematisatie gehaald.

Voorliggende notitie beschrijft de opbouw van het gebruikte WAQUA model, de uitgangspunten, de aanpassingen die aan het model zijn gedaan om de hydraulische en morfologische effecten van de variant te bepalen.

2. WAQUA-MODEL

Voor de analyse van hydraulische effecten is gebruik gemaakt van het Simona_rijn_pkb_3_4 model. Dit model beschrijft de volledige Rijntakken.

De effecten van de maatregelen uit deze studie zijn met behulp van Baseline gewijzigd in het WAQUA-model. Overige maatregelen, die buiten de scope van deze studie vallen (bijvoorbeeld andere 'ruimte voor de rivier'-projecten), worden niet meegenomen. Hierdoor geeft het model uitsluitend de te verwachten individuele effecten weer voor het projectgebied Meinerswijk.

3. UITGANGSPUNTEN

Voor het bepalen van de hydraulische en morfologische effecten hebben wij de modellen gebruikt die ons ter beschikking zijn gesteld door Rijkswaterstaat PDR. De effecten hebben wij beoordeeld op basis van de resultaten.

Hydraulica

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden bij het analyseren van de hydraulische effecten van de maatregelen:

- de gebruikte WAQUA-versie is 2006.01;
- het vigerende referentiemodel is Simona_rijn_pkb_3_4;
- de gebruikte baseline versie is 3.31;
- het gebruikte rekenrooster is rij40m_41.rgf (HR2001 verbeterd);
- de geldende codering voor de vegetatietypen is gegeven in de MS Excel file 'HR2001-PKB-HR2006 060921' en het bestand 'ruw.k416jul07a';
- de rivierkundige beoordeling is gedaan op basis van Rivierkundig Beoordelingskader versie 2.0.1, 1 juli 2009;
- de werктаakstelling van het Ruimte voor de Rivier project vergraving Meinerswijk is door de project directie bepaald op 7,9 cm waterstanddaling, te behalen ter hoogte van rivier kilometer 882-883. De taakstelling is vastgesteld op 7,0 cm.

In het model zijn de het bestaande regelwerken (onderdeel van de IJssellinie) niet meegenomen.

Morfologie

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden bij het analyseren van de morfologische effecten van de maatregelen:

- er is gebruik gemaakt van het programma WAQMORF;
- er is niet morfodynamisch gerekend. Morfologische veranderingen hebben een effect op de hydraulica, wat vervolgens de morfologie weer verandert. Deze effecten zijn niet meegenomen.

4. MODELSCHEMATISATIE

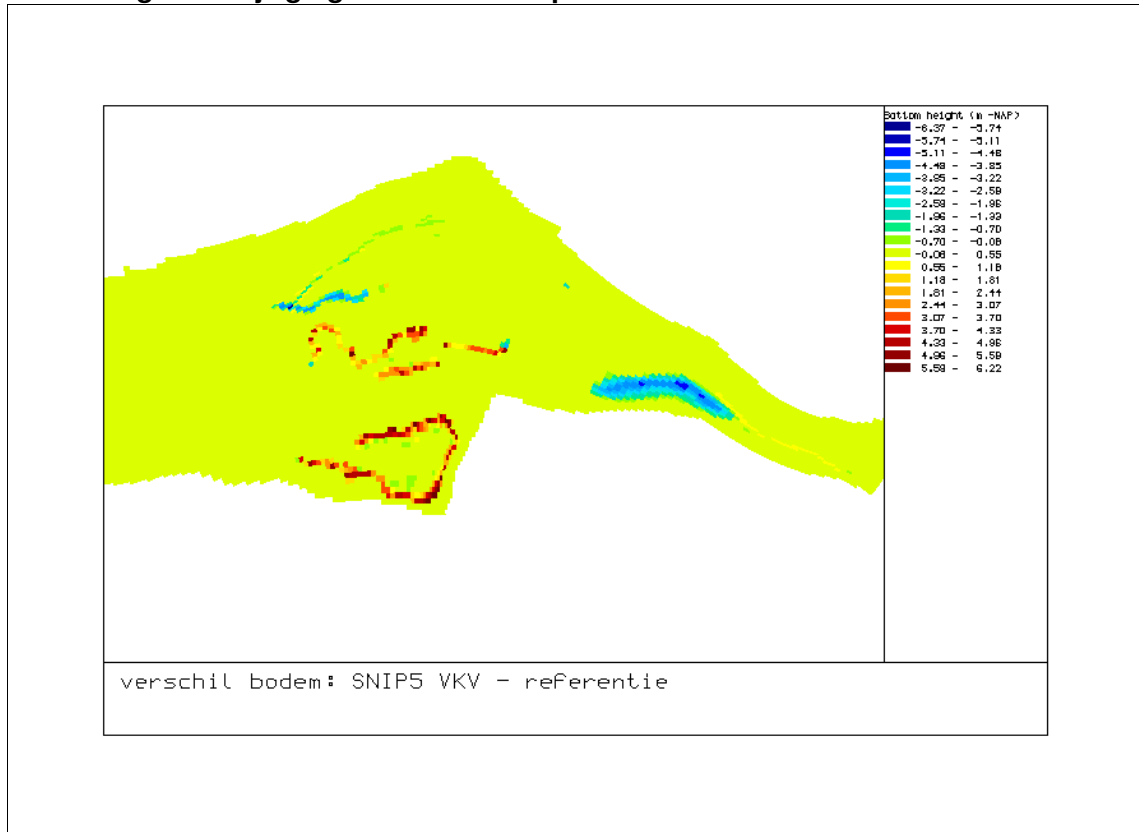
De VKV is een uitwerking van het voorkeursalternatief tot een definitief projectontwerp. Het projectontwerp bestaat uit 6 bouwstenen. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 2 van dit rapport.

5. PROJECTONTWERP

5.1. Bodemligging

In afbeelding 5.1 zijn de aanpassingen van de bodem ten opzichten van de referentie situatie weergegeven. Hierin zijn de verschillende bouwstenen duidelijk te herkennen. Ook is duidelijk de gebiedsvisie terug te zien. In de gebiedsvisie worden oevers als natte ruigte geschematiseerd.

Afbeelding 5.1. Wijzigingen bodem ten opzichte van referentie situatie

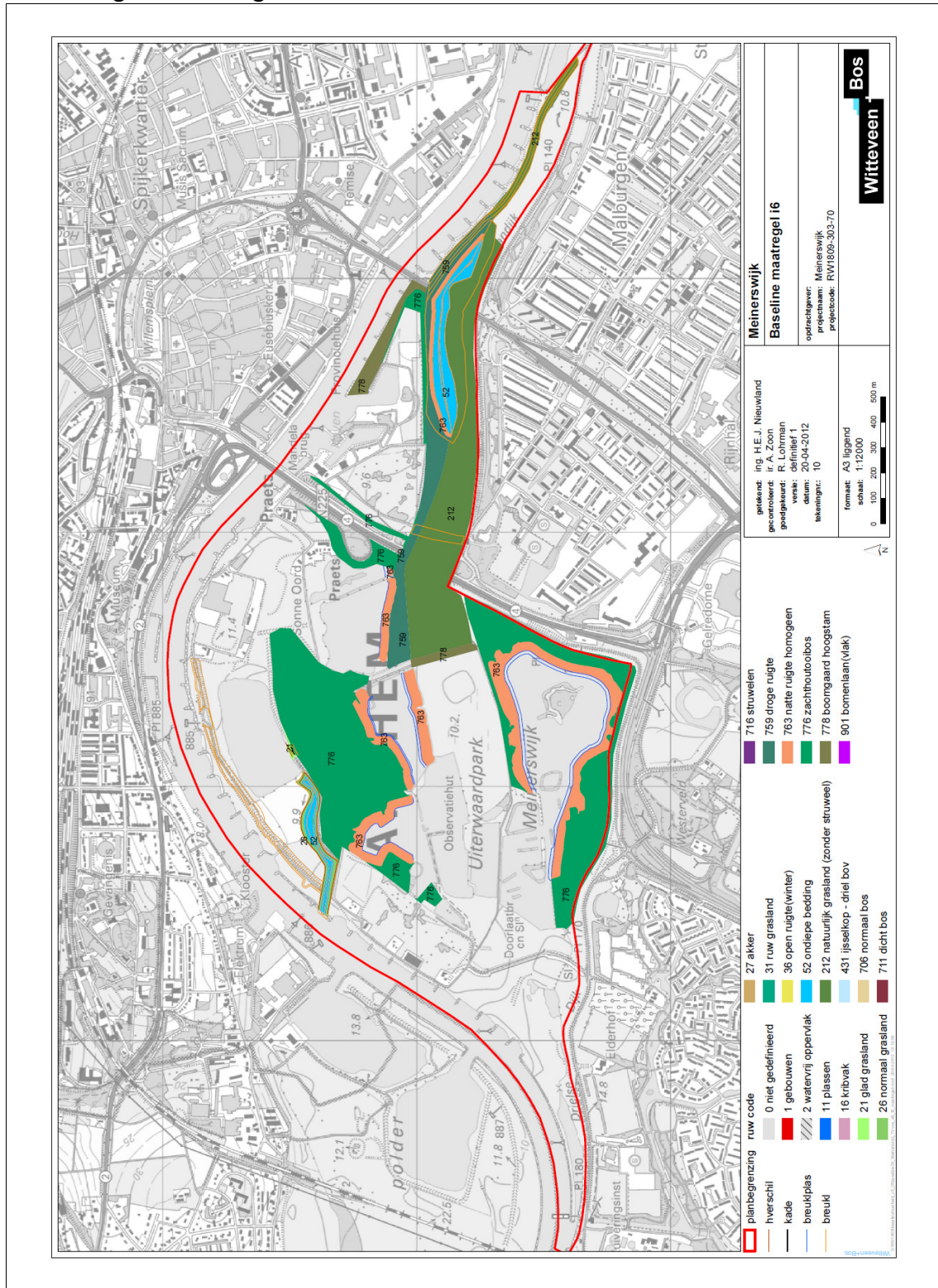


5.2. Bodem ruwheden

Streefbeeld

In afbeelding 5.2 zijn de ruwheden en breuklijnen weergegeven die de baselinemaatregel van het streefbeeld beschrijven. In de legenda staat een beschrijving van de codes.

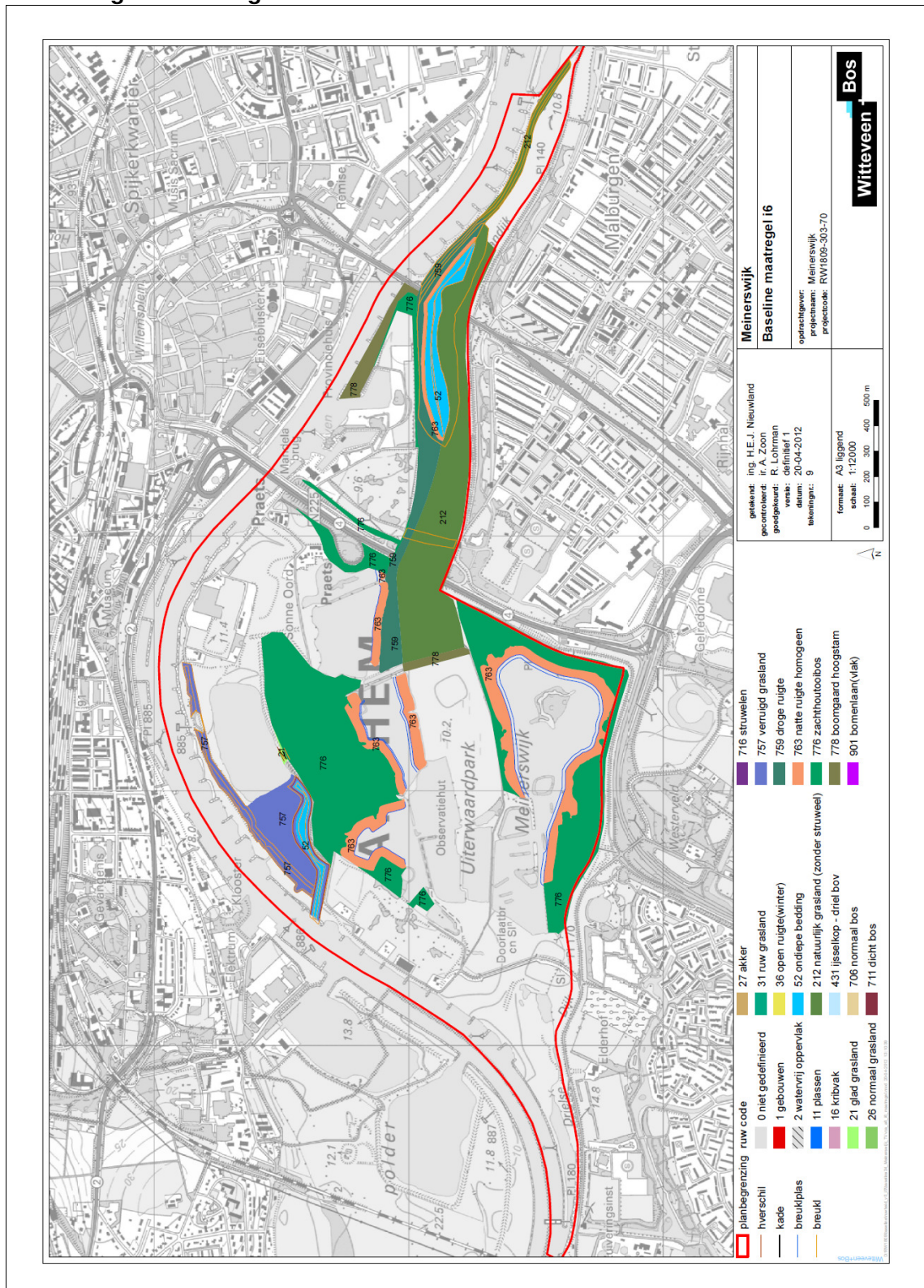
Afbeelding 5.2. Maatregel streefbeeld



Interventiebeeld

In afbeelding 5.3 zijn de ruwheden en breuklijnen weergegeven die de baselinemaatregel van het interventiebeeld beschrijven. In de legenda staat een beschrijving van de codes. Ten opzichte van het streefbeeld wordt alleen verruwing van bouwsteen F toegestaan.

Afbeelding 5.3. Maatregel interventiebeeld



De zomerkade Plas van Bruil bestaat uit een oeverwal. Door het ontbreken van deze ruwheidscode is besloten de oeverwalvorming te schematiseren als veruigd grasland (ruwco-

de 757). Dit geldt ook voor de oevers van de aansluiting tussen Neder-Rijn en Plas van Bruil.

5.3. Optimalisaties ten opzicht van SNIP3

De volgende optimalisaties zijn in de Baseline schematisatie ingebracht ten opzicht van de schematisatie SNIP3 om de dwarsstroming in het projectgebied te beperken:

- lokale verhoging instroomdrempel tot NAP +11,60 m (ter hoogte van rkm 882.6);
- oeververlaging onder de Nelson Mandelabrug tot NAP +9,00 m.

De volgende optimalisaties zijn in de Baseline schematisatie ingebracht ten opzicht van de schematisatie SNIP3 om de sedimentatie in het projectgebied te beperken:

- wijziging van configuratie van bouwsteen F, de zomerkade. Deze loopt nu af van NAP + 12,00 m tot NAP + 10,50 m. In de SNIP3 variant lag de complete zomerkade op NAP + 10,50 m.

5.4. Rijnkadeverlegging

In de taakstellingsberekening wordt de kadeverlegging als een onttrekking bovenstrooms en toevoeging benedenstrooms. Hierbij wordt 100 m³/s per seconde onttrokken en toegevoegd. Deze methodiek is in de SNIP 2A-studie geverifieerd [ref. 2.]. Overige berekeningen (overige afvoeren) zijn uitgevoerd zonder Rijnkadeverlegging (en dus zonder onttrekking-toevoeging).

6. WAQMORF PROCEDURE

De inschatting van morfologische effecten van het projectontwerp is gebaseerd op analyses met WAQMORF. Deze tool geeft op basis van WAQUA-berekeningen een schatting van de bodemveranderingen als gevolg van ingrepen in de uiterwaard van de rivier.

WAQMORF geeft een advies welke afvoerniveaus een ingreep het beste karakteriseren aan de hand van een vragenlijst. De drempelafvoer, waarbij de ingreep bankvol gaat meestromen, is daarbij een belangrijke parameter. Omdat de Groene Rivier in de nieuwe situatie meestroomt bij een hoogwaterafvoer vanaf 5.800 m³/s vraagt WAQMORF om invoer van een hoogwaterafvoer van 6.000 m³/s. Deze afvoer ligt vrij dicht bij de drempelafvoer. Door de procedure ook met een hogere afvoer te doorlopen (8.000 m³/s), zullen sedimentatie- en erosiepatronen duidelijker zichtbaar worden. De benodigde WAQUA berekeningen zijn uitgevoerd met vrije afvoerverdeling.

In tabel 6.1 staat de doorlopen vragenlijst.

Tabel 6.1. WAQMORF-procedure

vraag	antwoord voor 6.000 m ³ /s berekening	antwoord voor 8.000 m ³ /s berekening
zijn hiervan reeds WAQUA resultaten beschikbaar?	ja	ja
bevestig met ja of begin opnieuw	ja	ja
in welke tak ligt het project? Het nummer van de relevante tak is	2 (Pannerdensch Kanaal & Neder-Rijn-Lek)	2 (Pannerdensch Kanaal & Neder-Rijn-Lek)
in welke rivierstuk ligt het project? Het nummer van het relevante rivierstuk is:	2 (Neder-Rijn stuwpand Driel)	2 (Neder-Rijn stuwpand Driel)
het projectgebied ligt in het traject Neder-Rijn stuwpand Driel. Bevestig met ja of nee:	ja	ja
is de maatregel stroomvoerend voor alle afvoeren met getrokken stuwen?	nee	nee
de maatregel wordt stroomvoerend bij afvoeren [m ³ /s] bij Lobith vanaf:	5.800	5.800
de meeste uiterwaarden worden stroomvoeren bij afvoeren vanaf 4.000 m ³ /s. Is dan ook sprake van een bankvullende afvoer door de maatregel?	nee	nee
door de maatregel stroomt een bankvullende afvoer bij een rivierafvoer van ...	5.800	5.800
zijn WAQUA resultaten met Q3 = 6000 m ³ /s beschikbaar?	ja	nee
de WAQUA berekening is uitgevoerd met Q3=... m ³ /s	-	8.000
invoerblok van 3 WAQVIEW xzy-exportfiles bij Q=... m ³ /s	-	-

WAQMORF berekent drie karakteristieke bodemveranderingen in het zomerbed in dynamisch evenwicht:

- jaargemiddelde. Dit is de jaargemiddelde bodemverandering;
- Minmorf. Dit is de bodemverandering aan het einde van het laagwaterseizoen;
- Maxmorf. Dit is de bodemverandering aan het einde van het hoogwaterseizoen.

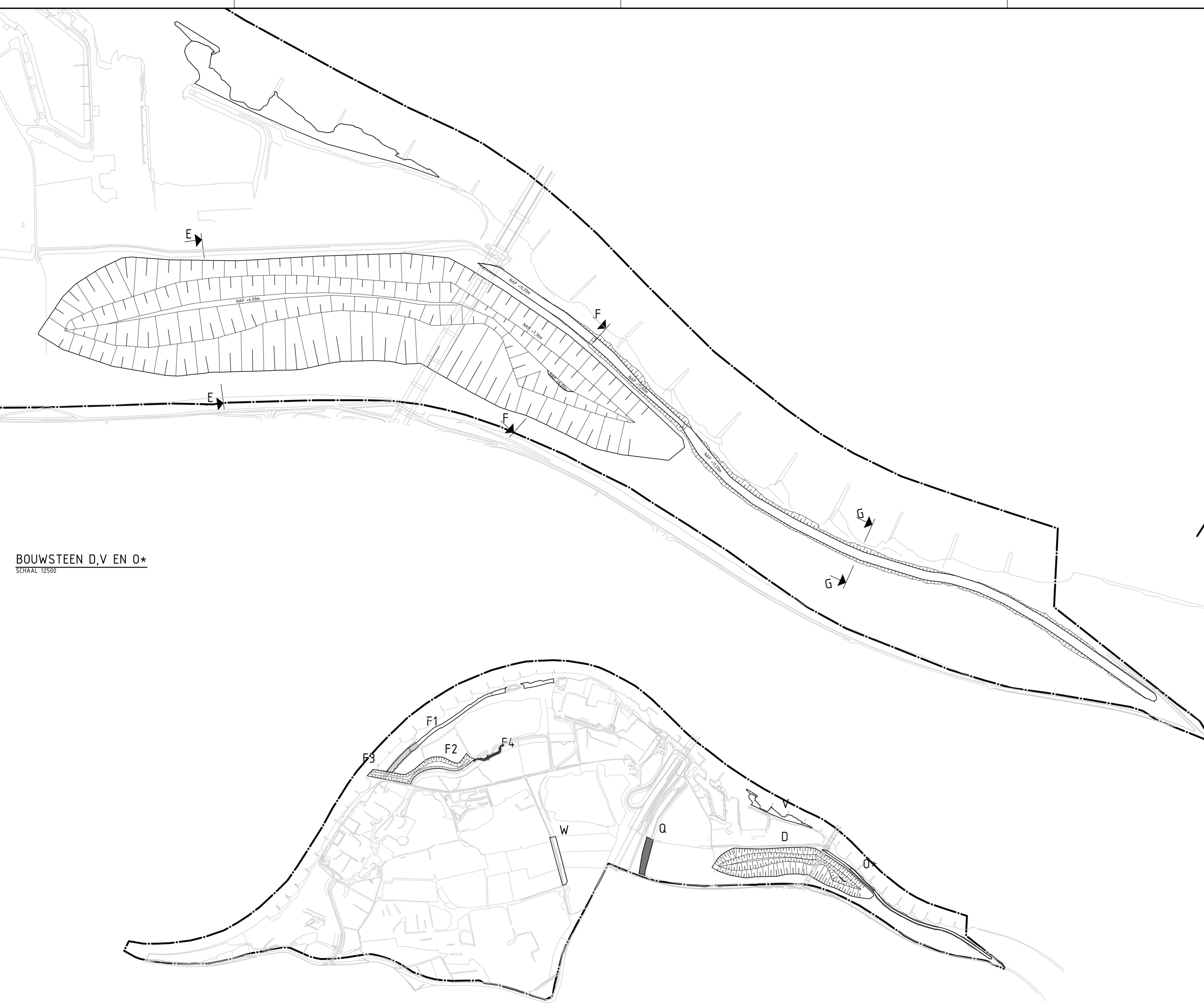
Deze minimale en maximale bodemverandering geeft een mate van de spreiding van rond de jaargemiddelde sedimentatie.

Het baggerbezwaar is in de rapportage hydraulica en morfologie bepaald door de jaargemiddelde sedimentatie in centimeters om te rekenen naar volume aan sedimentatie in de vaargeul. Om dit in perspectief te plaatsen is ook een berekening uitgevoerd naar de toename van het baggerbezwaar ten opzicht van de huidige situatie. Dit is bereikt door de jaargemiddelde sedimentatie bij huidige bodem op te tellen.

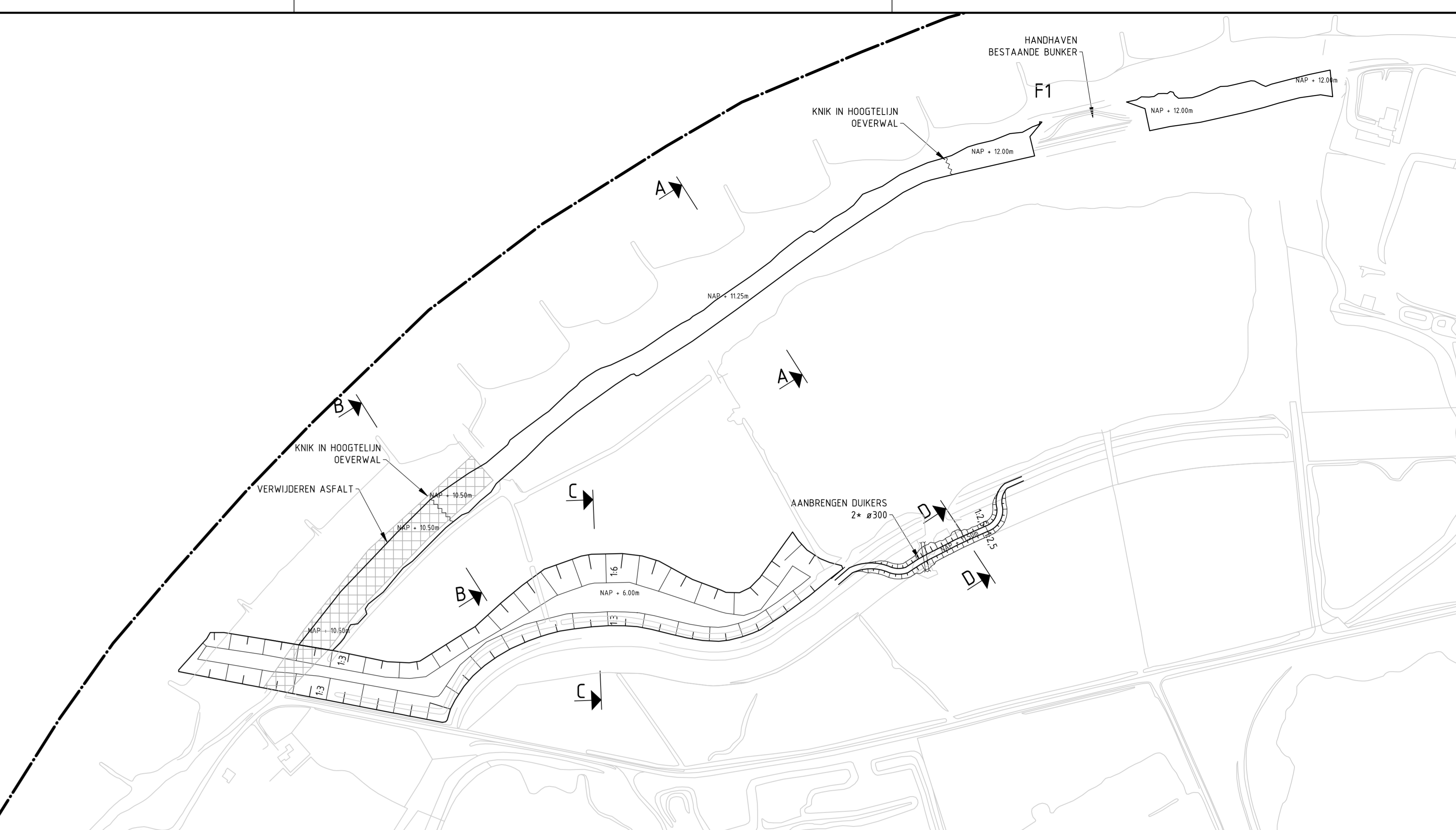
7. REFERENTIES

1. Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in grote Rivieren, versie 2.01, d.d. 1 juli 2009;
2. Arcadis (2011), Voorbereiding planstudie Meinerswijk voorkeursalternatief rivierkundig, Rapportnummer: C03021.910435.020;
3. Rijkswaterstaat (2009). Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren, versie 2.01, Rijkswaterstaat Waterdienst, d.d. 1 juli 2009.

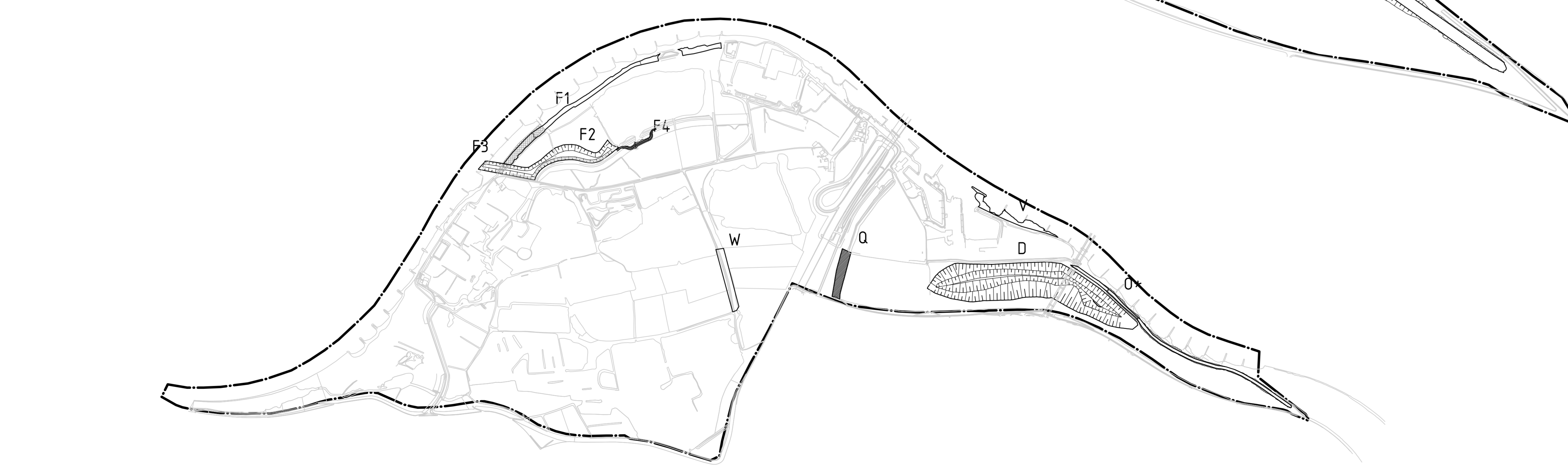
BIJLAGE III TEKENINGEN



BOUWSTEEN D, V, E EN O*
SCHAAL 1:2500



BOUWSTEEN F1 T/M F4
SCHAAL 1:2500



OVERZICHT BOUWSTENEN
SCHAAL 1:10.000

LEGENDA

— BEGRENZING PROJECTGEBIED

BOUWSTENEN FASE 1

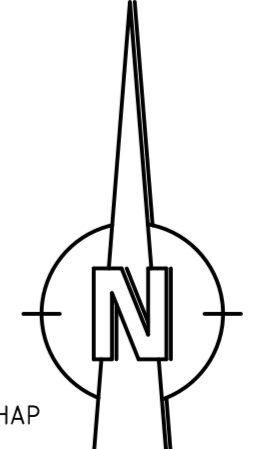
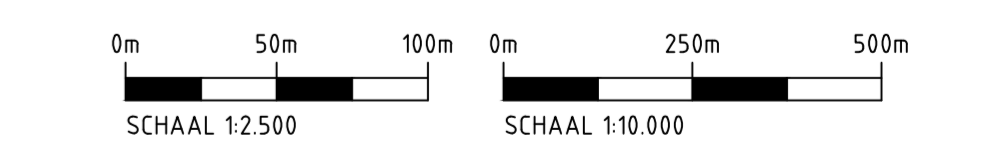
- D GEUL IN GROENE RIVIER
- F1 VERLAGING ZOMERKADE
- F2-F3 GEUL TEN WESTEN VAN PLAS VAN BRUIL
- F4 HERSTEL SLEUTELDAM
- O+ AANLEG INSTROOMDREMPEL
- G DEMPEN GEMAALSLOOT
- V WEGHALEN VAN LAGE BEGROEING EN PUIN
- W WEGHALEN VAN STRUWEL TUSSEN BOMEN/AAN

BOUWSTENEN FASE 2

- VERONDIEPING DEVERS
- ODIBOSONTWIKKELING
- REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
- NATUURLIJK GRASLAND (GROENE RIVIER)

OPMERKINGEN

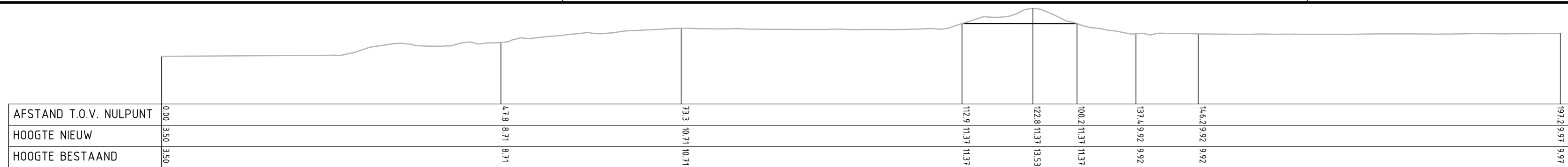
- VOOR DOORSNEDEN ZIE TEKENING RW1809-303-2002
- TALUD VARIABEL TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
- BOUWSTEEN V EN W LEIDEN NIET TOT EEN WIJZIGING IN BODEMHOOGTE
- AAN ZUIDZIJDE VAN BOUWSTEEN O BIJ HET GEMAAL WORDT EEN DEEL (5m) NIET GEDEMP



RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK

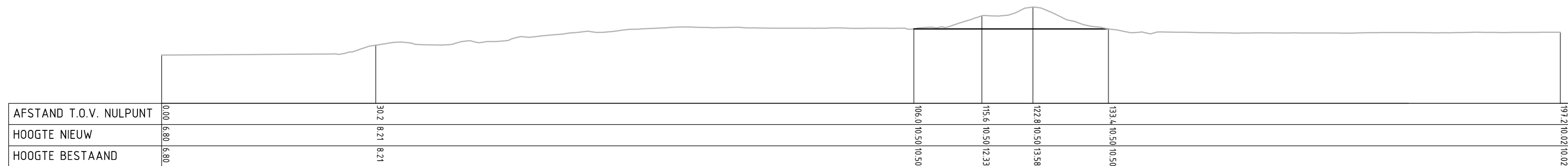
Projectontwerp
Plankaart fase 1 waterveiligheid
Overzichtstekening

Witteveen Bos	Getekend	W. Leusink	Schaal	1:2500 1:10.000
	Gecontroleerd	T. Worm		
	Gegekeurd	R. Lohrmann		
	Datum	08-03-2012		
Postbus 233 7409 AE Deventer Telefoon 0570 69 79 11 Telefax 0570 69 73 44				RW1809.303.2001
				Formaat A1L



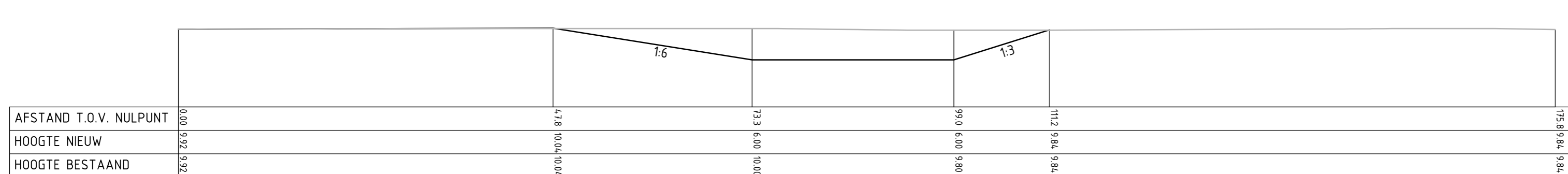
DOORSNEDE A-A

SCHAAL 1500



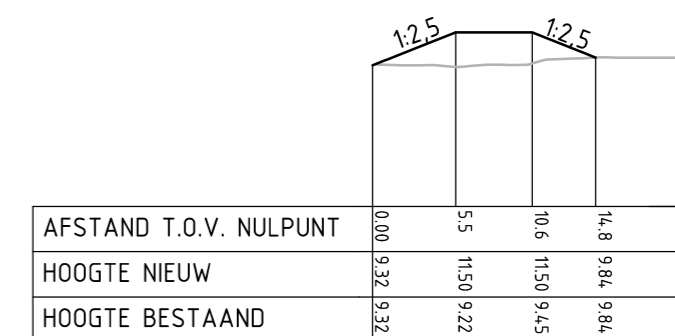
DOORSNEDE B-B

SCHAAL 1500



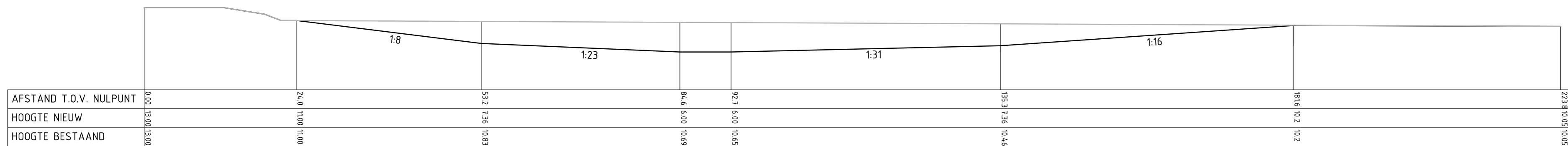
DOORSNEDE C-C

SCHAAL 1500



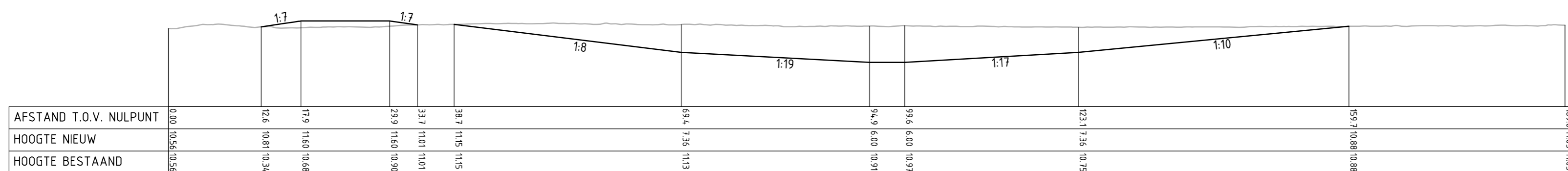
DOORSNEDE D-D

SCHAAL 1500



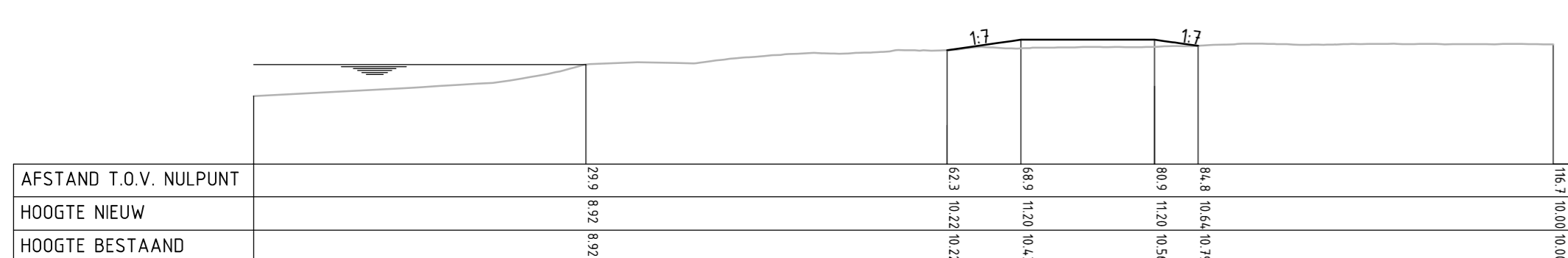
DOORSNEDE E-E

SCHAAL 1500



DOORSNEDE F-F

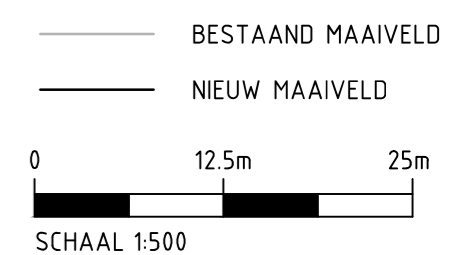
SCHAAL 1500



DOORSNEDE G-G

SCHAAL 1500

LEGENDA



OPMERKINGEN

MATEN IN m
HOOGTEMAATVOERING IN m tov NAP

RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK

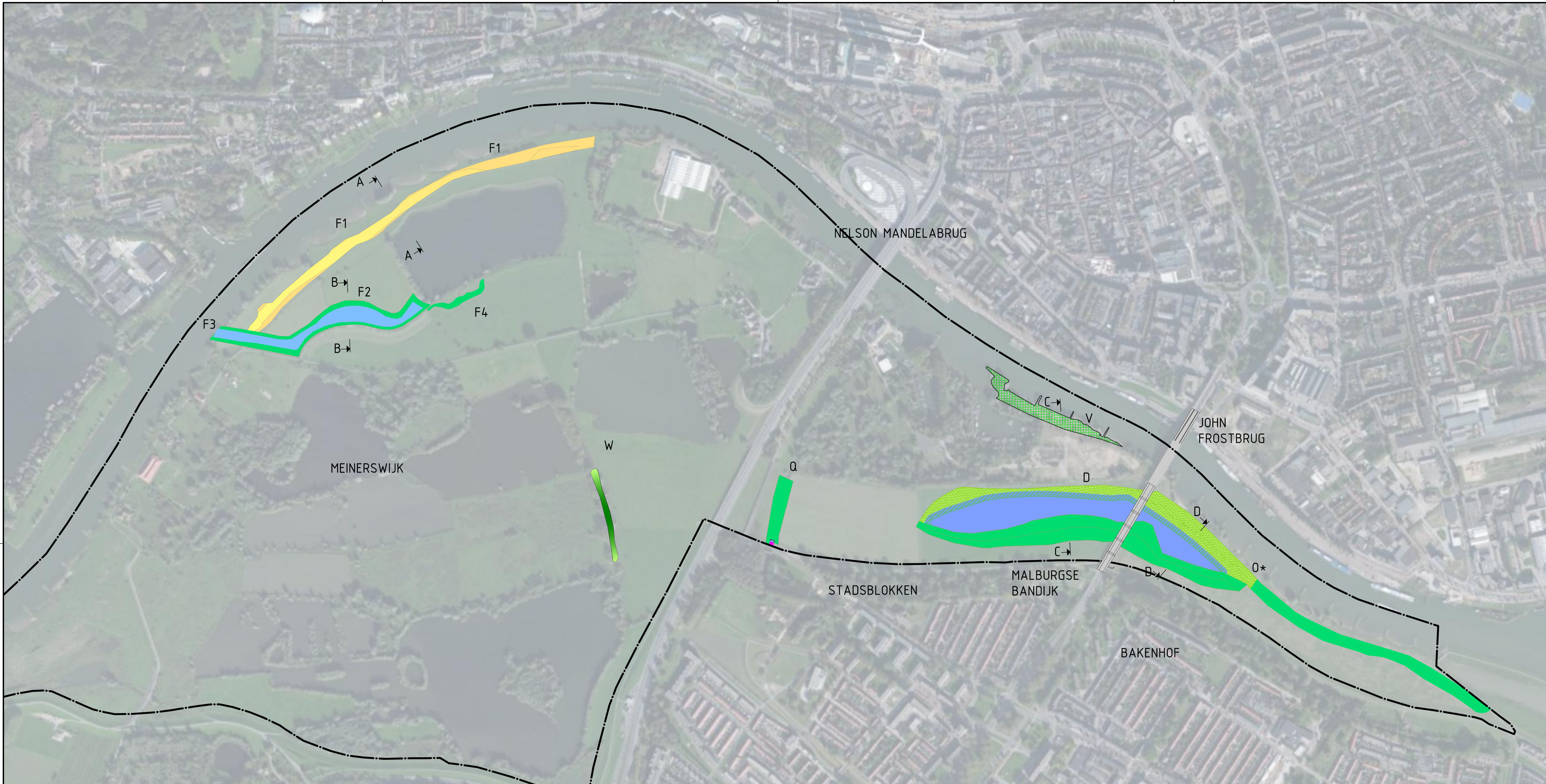
Projectontwerp
Plankaart fase 1 waterveiligheid
Dwarsprofielen

Witteveen + Bos

Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44




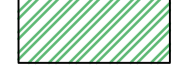



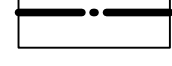
Getekend W.Leusink
Gecontroleerd T.Worm
Goedgekeurd R.Lohrmann
Datum 08-03-2012

G	
F	
E	
D	
C	
B 20-04-2012	L. de Gier
A 20-03-2012	W.Leusink
Wijzigingen	
Schaal	1:500
RW1809.303.2002	
Formaat	A2



STREEFBELD
SCHAAL 1:2500

LEGENDA

-  WATER
-  RIVIERDUINLANDSCHAP
-  OEVERSTRANDJE
-  OEVERVEGETATIE
-  NATUURLIJK GRASLAND
-  KRUIDENRIJK GRASLAND
-  BOOMGAARD HOOGSTAM
-  BEGRENZING PROJECTGEBIED

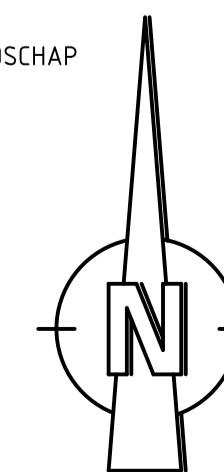
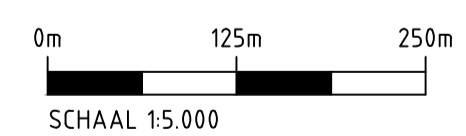
BOUWSTENEN FASE 1

- D GEUL IN GROENE RIVIER
- F1 VERLAGING ZOMERKADE
- F2-F3 GEUL TEN WESTEN VAN PLAS VAN BRUIL
- F4 HERSTEL SLEUTELDAM
- O* AANLEG INSTROOMDREMPEL
- Q DEMPEN GEMAALSLOOT
- V WEGHALEN VAN LAGE BEGROEIING EN PUIN
- W WEGHALEN VAN STRUWEL TUSSEN BOMENLAAN

REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
INRICHTEN TERREIN WESTELIJK VAN PLAS VAN BRUIL ALS RIVIERDUIN LANDSCHAP

BOUWSTENEN FASE 2

- VERONDIEPING OEVERS
- OEBOSONTWIKKELING
- REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
- NATUURLIJK GRASLAND (GROENE RIVIER)

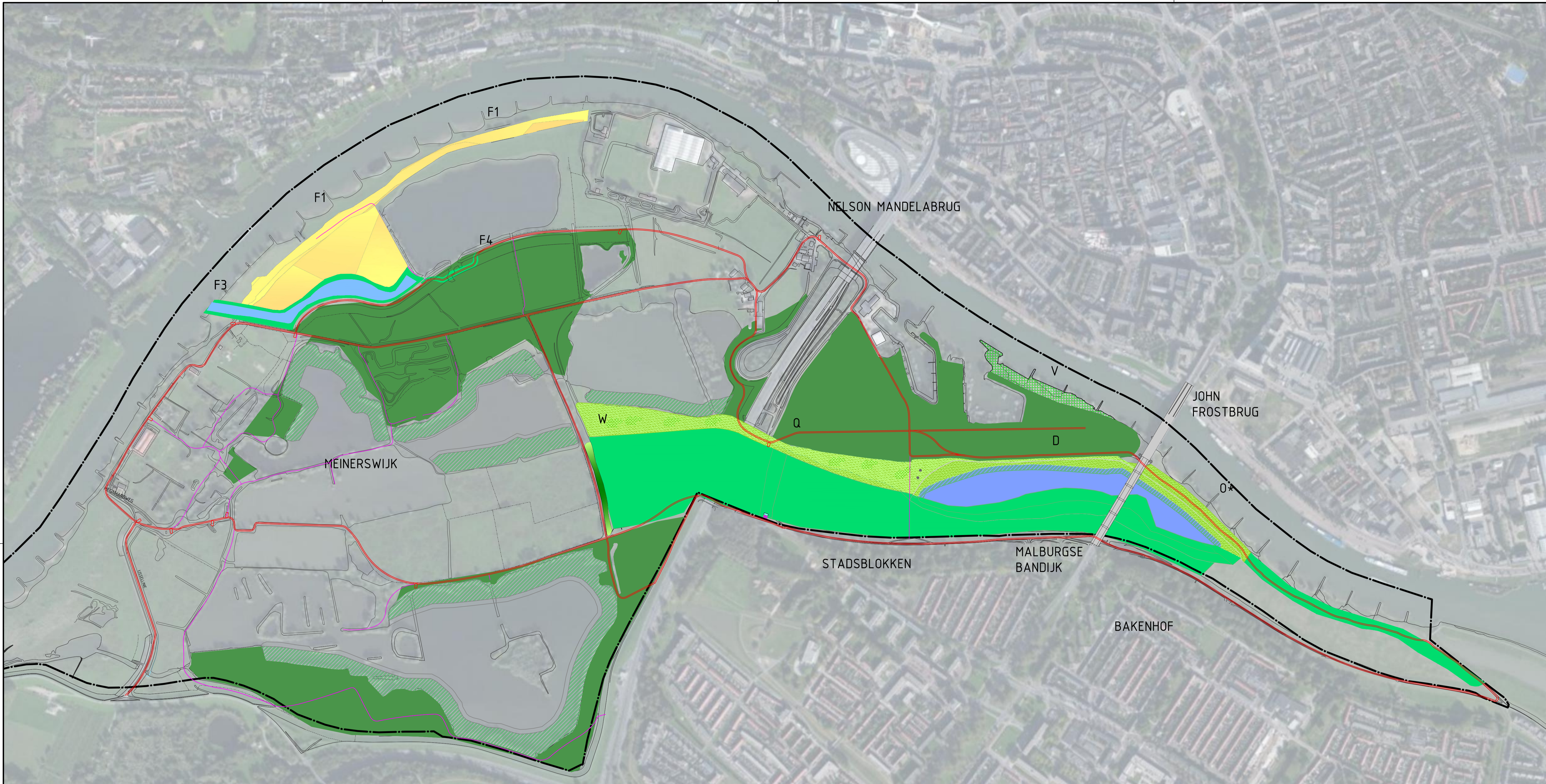


RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK




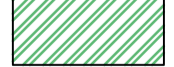




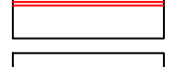
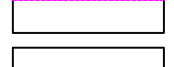
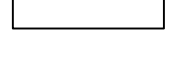
Projectontwerp
Streefbeeld fase 1 waterveiligheid
Overzichtstekening

Witteveen	Bos	Getekend <u>W. Leusink</u>	Schaal 1:5000
Postbus 233 7400 AE Deventer Telefoon 0570 69 79 11 Telefax 0570 69 73 44	Gecontroleerd <u>T. Worm</u> Goedgekeurd <u>R. Lohrmann</u> Datum 08-03-2012		Formaat A1

G	_____
F	_____
E	_____
D	_____
C	_____
B	20-04-2012 L. de Gier
A	20-03-2012 W.G. Brand
Wijzigingen	



LEGENDA

-  WATER
-  RIVIERDIJNLANDSCHAP
-  OEVERSTRANDJE
-  OEVERVEGETATIE
-  NATUURLIJK GRASLAND
-  KRUIDENRIJK GRASLAND
-  OOBOS
-  BOOMGAARD HOOGSTAM
-  FIETSPAD
-  STRUINPAD
-  BEGRENZING PROJECTGEBIED

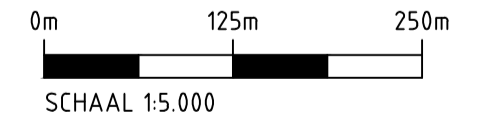
BOUWSTENEN FASE 1

- D GEUL IN GROENE RIVIER
- F1 VERLAGING ZOMERKADE
- F2-F3 GEUL TEN WESTEN VAN PLAS VAN BRUIL
- F4 HERSTEL SLEUTELDAM
- O+ AANLEG INSTROOMDREMPEL
- Q DEMPEN GEMAALSLOOT
- V WEGHALEN VAN LAGE BEGROEIING EN PUIN
- W WEGHALEN VAN STRUWEL TUSSEN BOMENLAAN

REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
INRICHTEN TERREIN WESTELIJK VAN PLAS VAN BRUIL ALS RIVIERDIJN LANDSCHAP

BOUWSTENEN FASE 2

- VERONDIEPING OEVERS
- OOBOSONTWIKKELING
- REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
- NATUURLIJK GRASLAND (GROENE RIVIER)



RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK

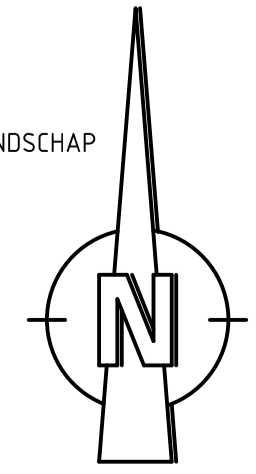
Projectontwerp
Streefbeeld fase 2 gebiedsvisie
Overzichtstekening

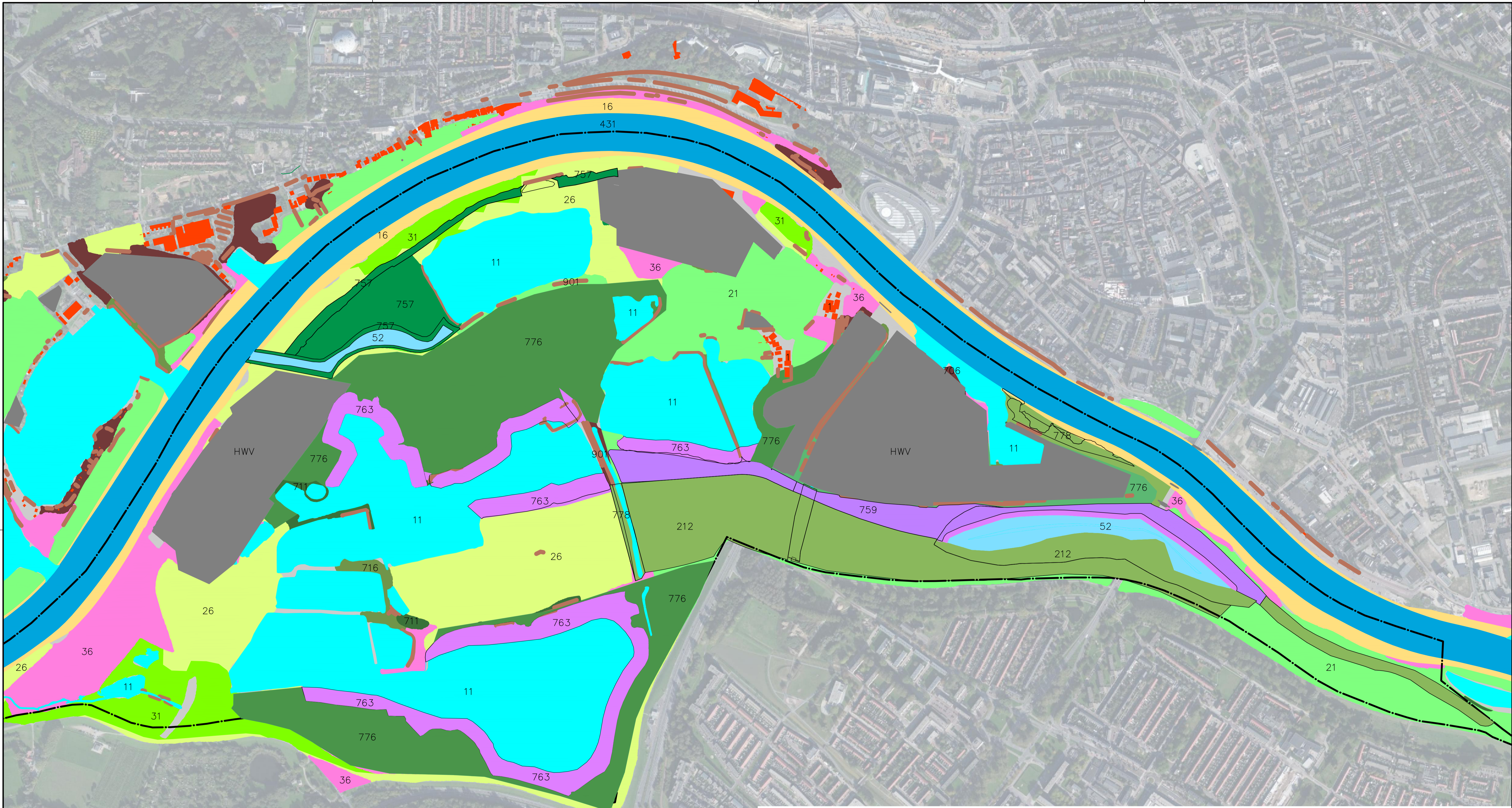
Witteveen Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend **W. Leusink**
Gecontroleerd **T. Worm**
Goedgekeurd **R. Lohrmann**
Datum **08-03-2012**

G		
F		
E		
D		
C		
B	20-04-2012	L. de Gier
A	20-03-2012	W.G. Brand
Wijzigingen		
Schaal	1:5000	
Projectnr	RW1809-303-2005	
Formaat	A1	

STREEFBEELD
SCHAAL 1:2500

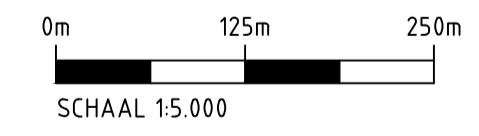




OVERZICHTSTEKING
schaal 1:5.000

LEGENDA

- 1 - GEBOUWEN
- 11 - PLASSEN
- 16 - KRIBVAK
- 21 - GLAD GRASLAND
- 26 - NORMAAL GRASLAND
- 27 - LANDBOUWGROND
- 31 - RUW GRASLAND
- 36 - OPEN RUIGTE WINTER
- 52 - WATERBODEM
- 212 - NATUURLIJK GRASLAND
- 431 - NEDERRIJN
- 706 - NORMAAL BOS
- 711 - DICHT BOS
- 716 - STRUWHEEL
- 757 - VERRIJGD GRASLAND
- 759 - DROGE RUIGTE
- 763 - NATTE RUIGTE HOMOGEN
- 776 - ZACHTHOUT-DOBOS
- 778 - BOOMGAARD HOOGSTAM
- 901 - BOMENLAAN VLAK
- HWV - HOOGWATER VRIJE ZONE



RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK

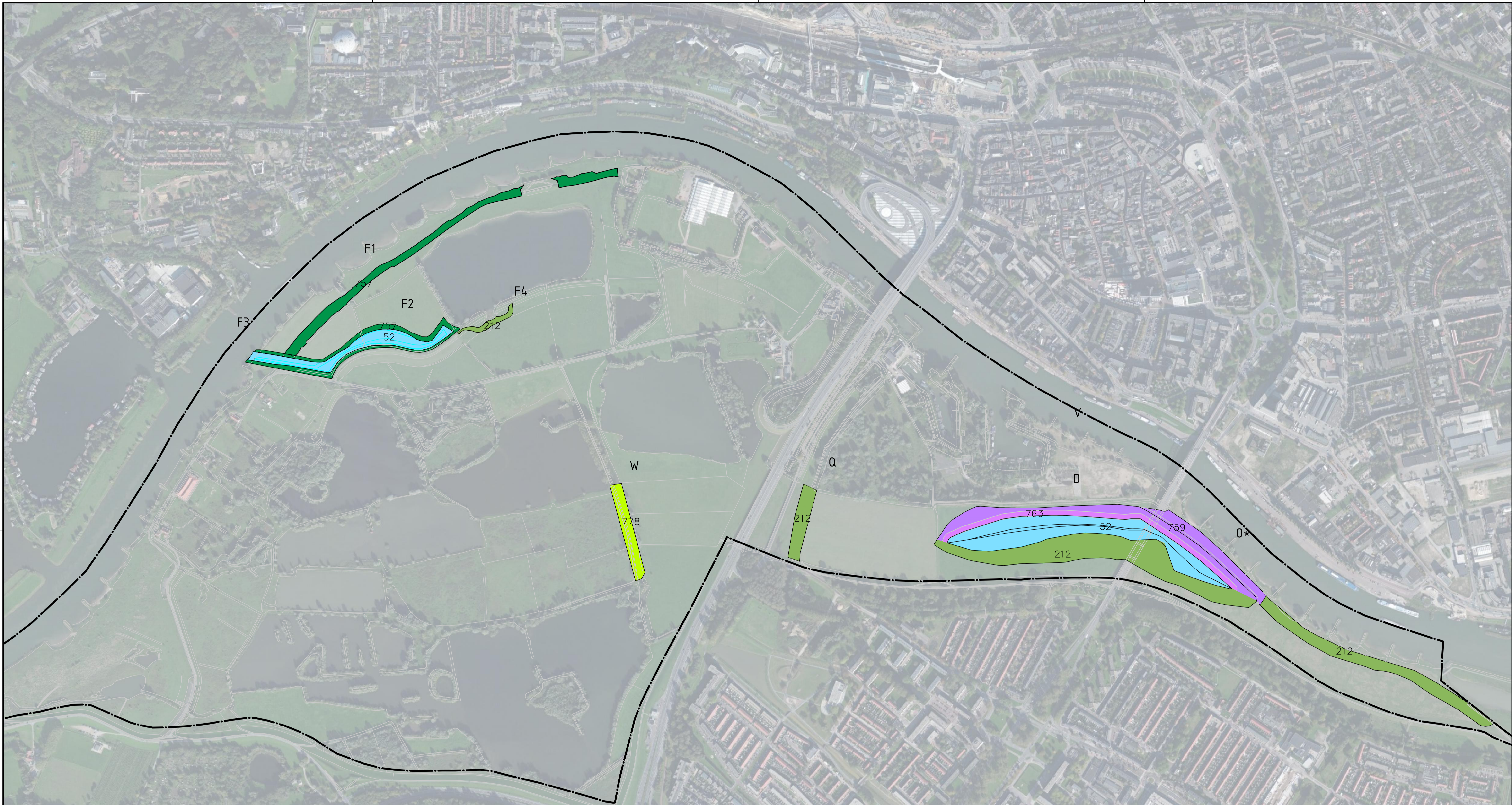
Projectontwerp
Interventiewaardenkaart fase 2 gebiedsvisie
Overzichtstekening

Getekend	W.G. Brand	Schaal	15.000
Gecontroleerd	T. Worm		
Goedgekeurd	R. Lohmann		
Datum	08-03-2012	Formaat	A1

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

RW1809.303.2041

CAD TEK.: P:\R\RW1809-303\Aanpak\2012\RW1809-303-200-bericht\DEFINITIEVE TEKENING\RW1809-303-2041-bag



OVERZICHTSTEKING
schaal 1:5.000

LEGENDA

- 52 - WATERBODEM
- 212 - NATUURLIJK GRASLAND
- 757 - VERRUID GRASLAND
- 759 - DROGE RUIGTE
- 763 - NATTE RUIGTE HOMOGEN
- 778 - BOOMGAARD HOOGSTAM
- BEGRENZING PROJECTGEBIED

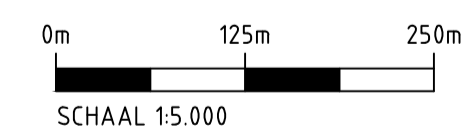
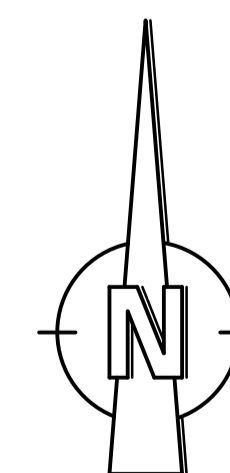
INTERVENTIEWAARDEN

code	vegetatietype	interventiewaarde vegetatie
52	waterbodem	nvt
212	natuurlijk grasland	vegetatie in winter lager dan 10 cm
757	verruigd grasland	gewassen lager dan 20 cm
759	droge ruigte	gewassen lager dan 55 cm
763	natte ruigte	gewassen lager dan 35 cm
778	boomgaard hoogstam	stammen vrij van zijtakken onder maximaal peil (onder)vegetatie in winter lager dan 10 cm

BOUWSTENEN FASE 1

- D GEUL IN GROENE RIVIER
- F1 VERLAGING ZOMERKADE
- F2-F3 GEUL TEN WESTEN VAN PLAS VAN BRUIL
- F4 HERSTEL SLEUTELDAM
- 0* AANLEG INSTRONDREMPSEL
- Q DEMPEN GEMAALSLOOT
- V WEGHALEN VAN LAGE BEGROEIING EN PUIN
- W WEGHALEN VAN STRUWEL TUSSEN BOMENLAAN

REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
INRICHTEN TERREIN WESTELIJK VAN PLAS VAN BRUIL ALS RIVIERDUIN LANDSCHAP



RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK

Projectontwerp
Interventiewaardenkaart Fase 1 waterveiligheid
Vegetatieontwikkeling

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend L. de Gier
Gecontroleerd T. Worm
Goedgekeurd R. Lohrmann
Datum 25-04-2012

G	_____	Schaal	15.000
F	_____		
E	_____		
D	_____		
C	_____		
B	_____		
A	_____		
Wijzigingen	_____		
		Formaat	A1

RW1809.303.2044

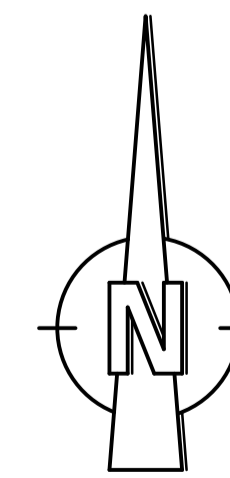


OVERZICHTSTEKING
schaal 1:5.000

BOUWSTENEN FASE 1

- D GEUL IN GROENE RIVIER
- F1 VERLAGING ZOMERKADE
- F2-F3 GEUL TEN WESTEN VAN PLAS VAN BRUIL
- F4 HERSTEL SLEUTELDAM
- O* AANLEG INSTROOMDREMPEL
- Q DEMPEN GEMAALSLOOT
- V WEGHALEN VAN LAGE BEGROEIING EN PUIN
- W WEGHALEN VAN STRUWHEEL TUSSEN BOMENLAAN

REALISATIE RECREATIEF NETWERK EN CULTUURHISTORISCHE ELEMENTEN
INRICHTEN TERREIN WESTELIJK VAN PLAS VAN BRUIL ALS RIVIERDIJN LANDSCHAP



0m 125m 250m
SCHAAL 1:5.000

RIJKSWATERSTAAT
RvdR UITERWAARDVERGRAVING MEINERSWIJK

Projectontwerp
Interventiewaardenkaart Fase 1 waterveiligheid
Sedimentatieontwikkeling

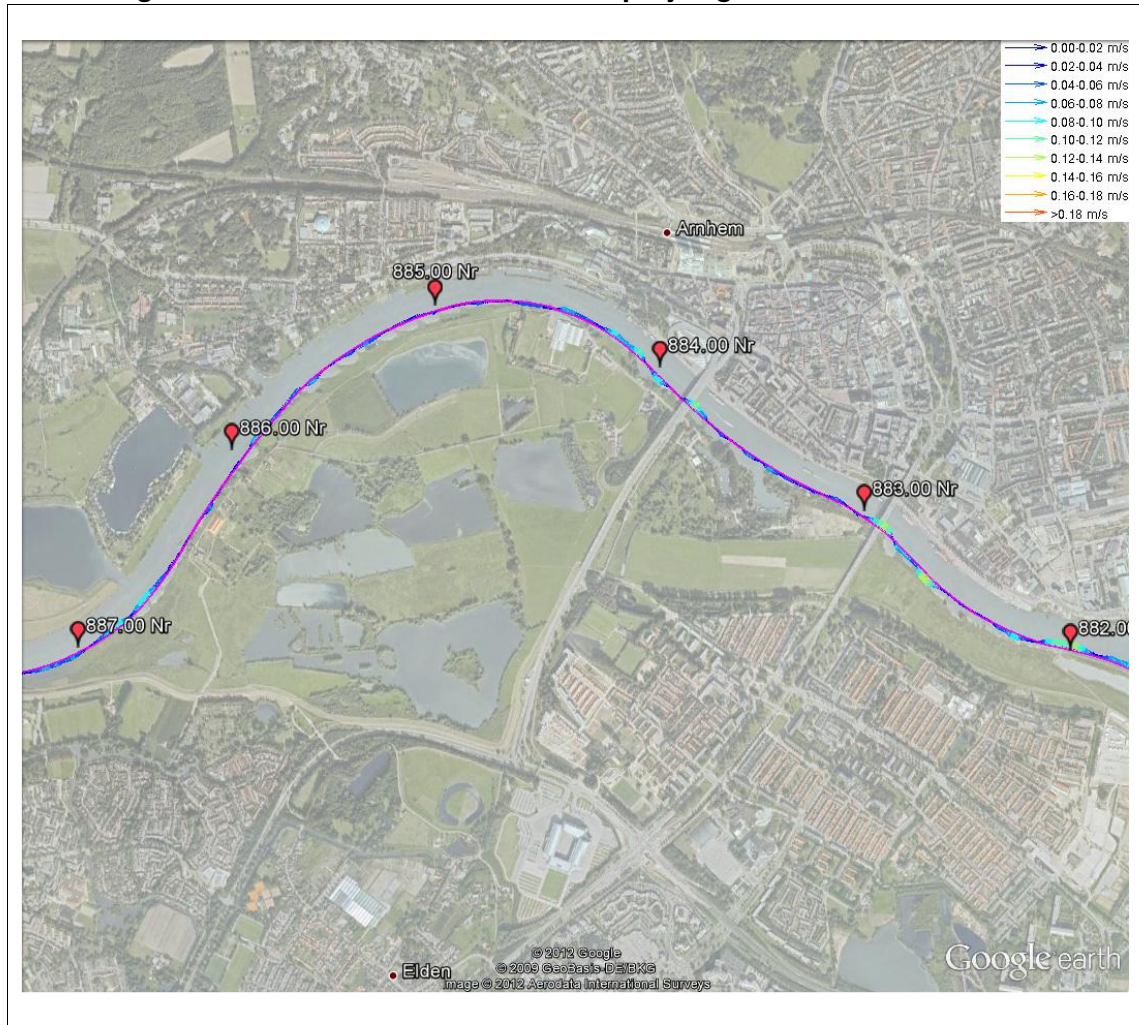
Witteveen **Bos**
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend L. de Gier
Gecontroleerd T. Worm
Goedgekeurd R. Lohmann
Datum 25-04-2012

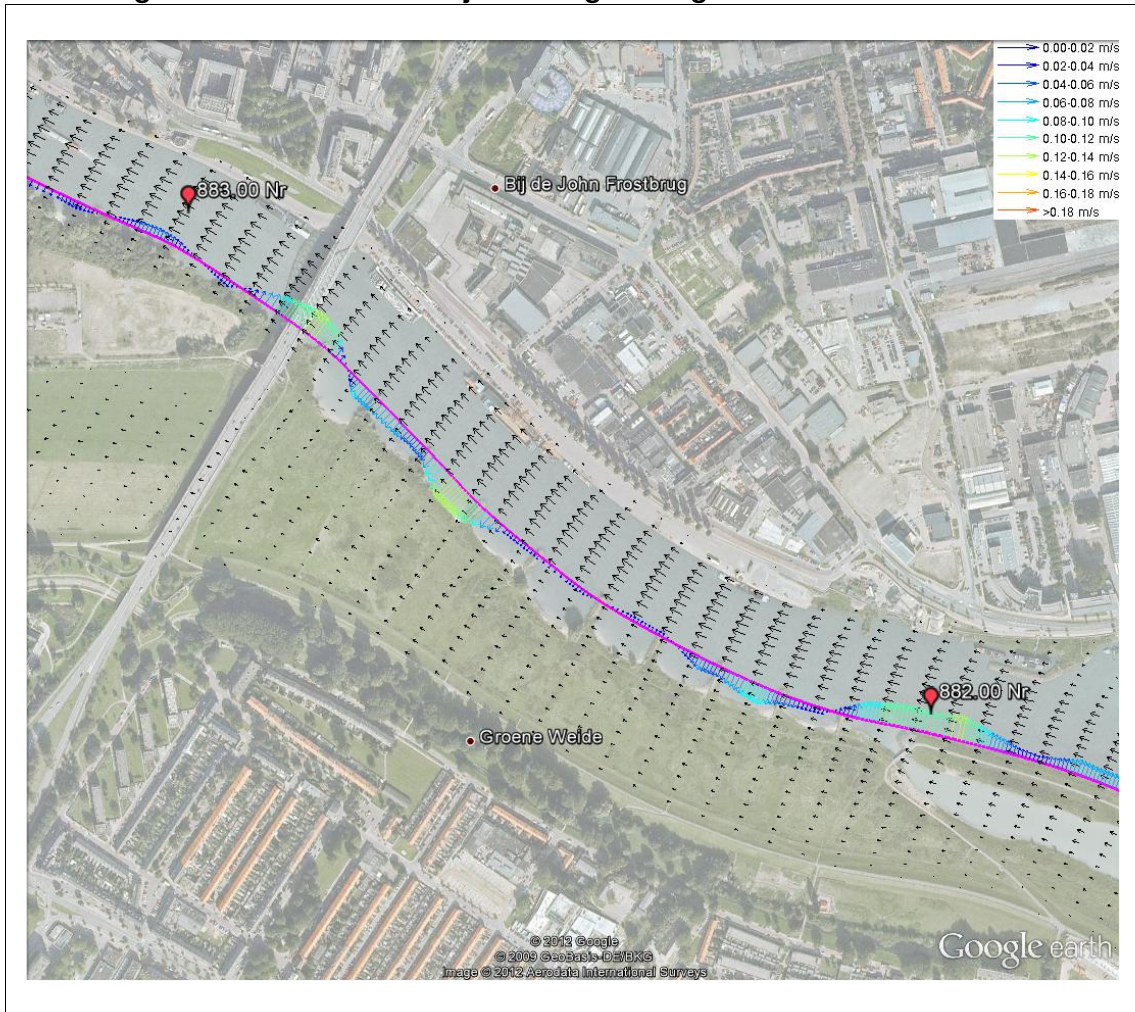
G	_____
F	_____
E	_____
D	_____
C	_____
B	_____
A	_____
Wijzigingen	_____
Schaal	1:5.000
Formaat	A1
Projectnummer	RW1809.303.2045

BIJLAGE IV STROOMBEELDEN BIJ BOVEN-RIJN AFVOER VAN 8.000 M³/S

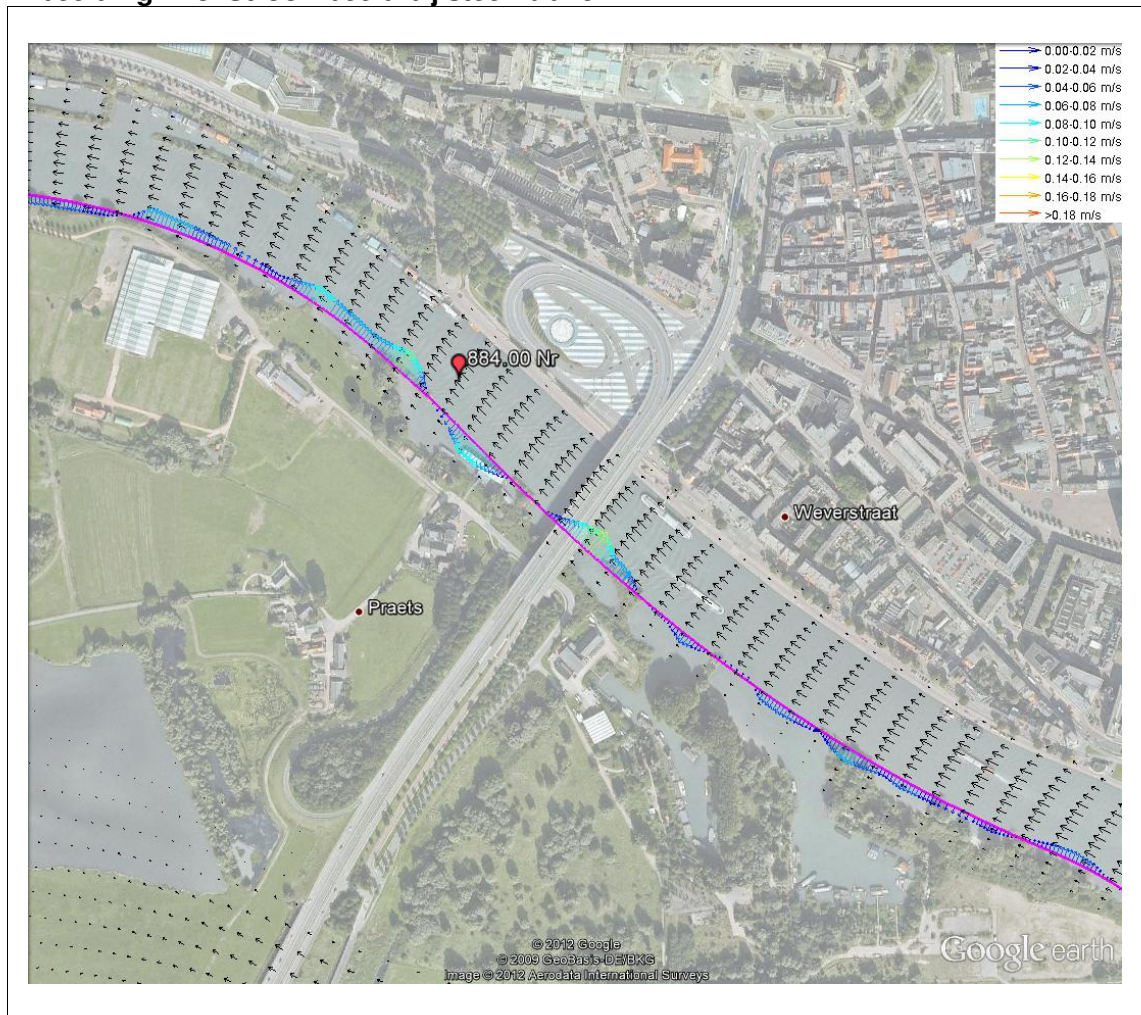
Afbeelding IV.1. Totaaloverzicht stroombeeld projectgebied



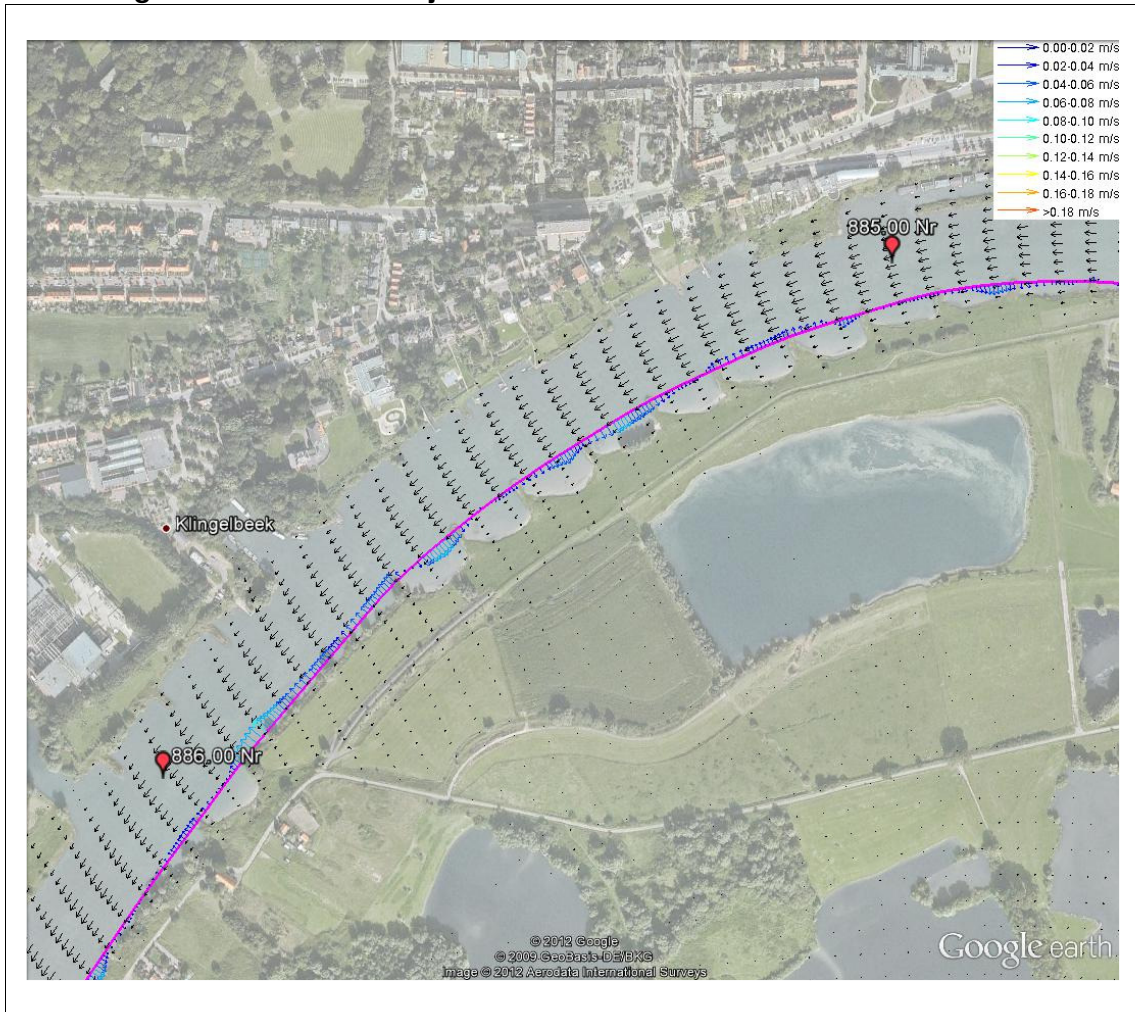
Afbeelding IV.2. Stroombeeld nabij aftakking nevengeul



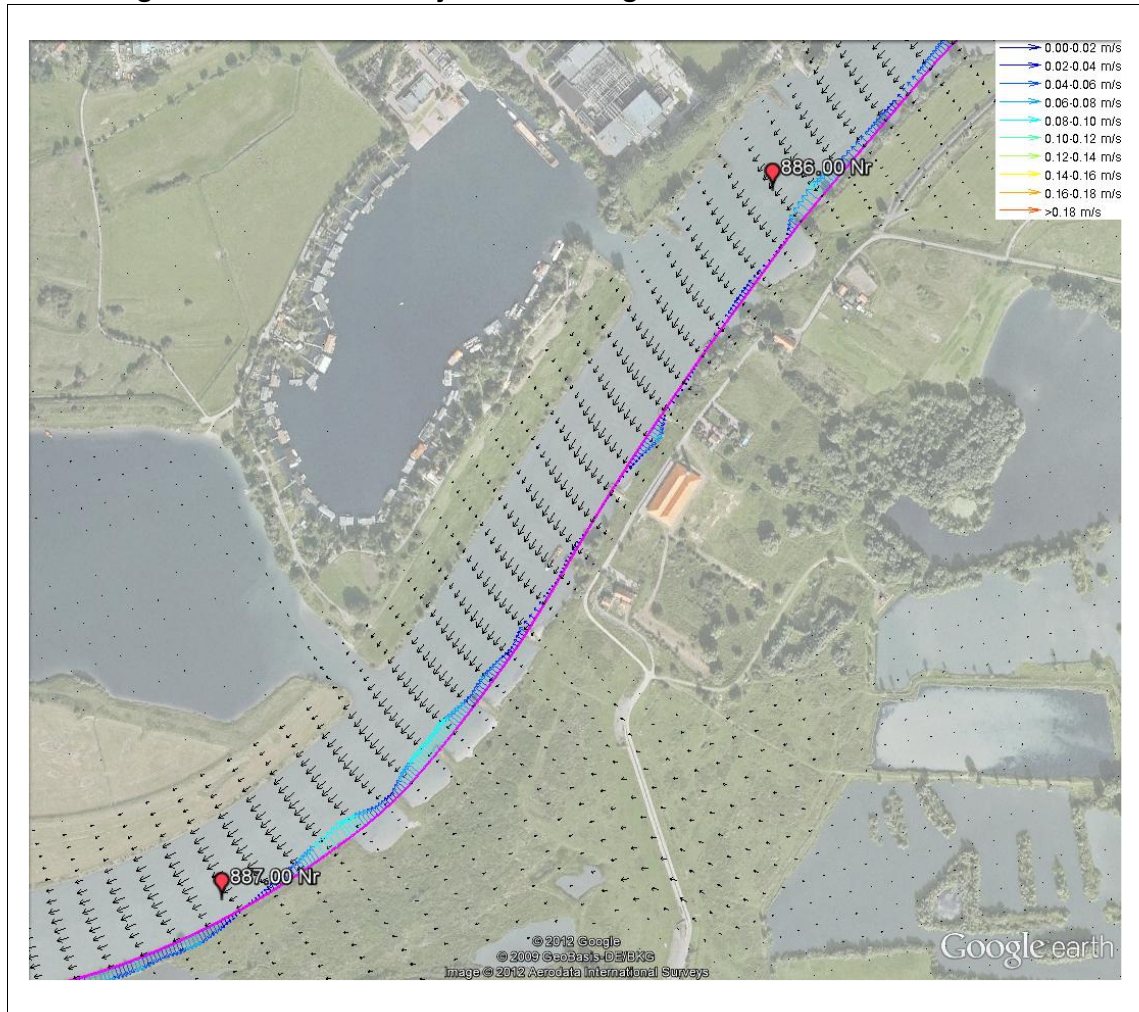
Afbeelding IV.3. Stroombeeld bij steenfabriek



Afbeelding IV.4. Stroombeeld bij de Plas van Bruil

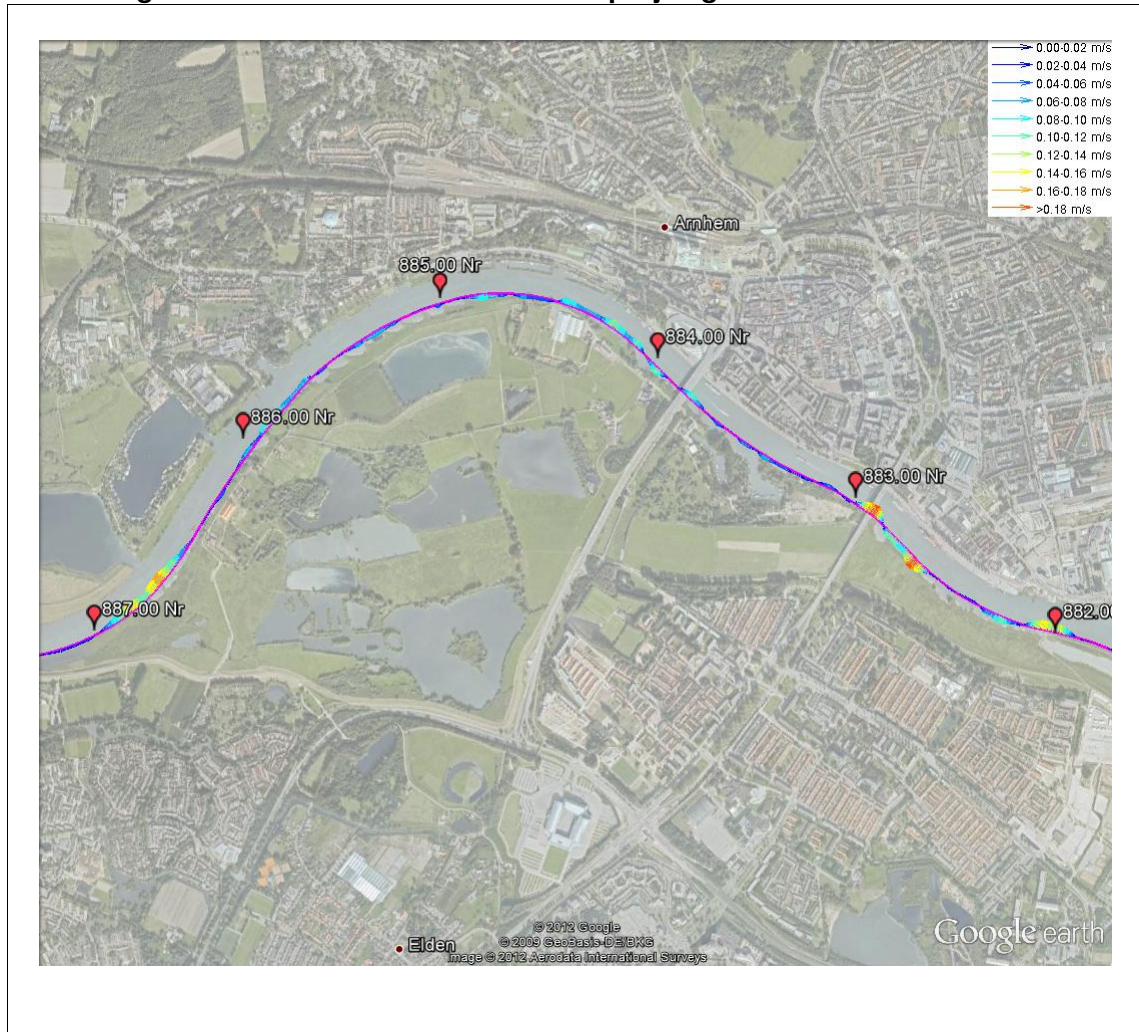


Afbeelding IV.5. Stroombeeld bij de aantakking van de Groene Rivier

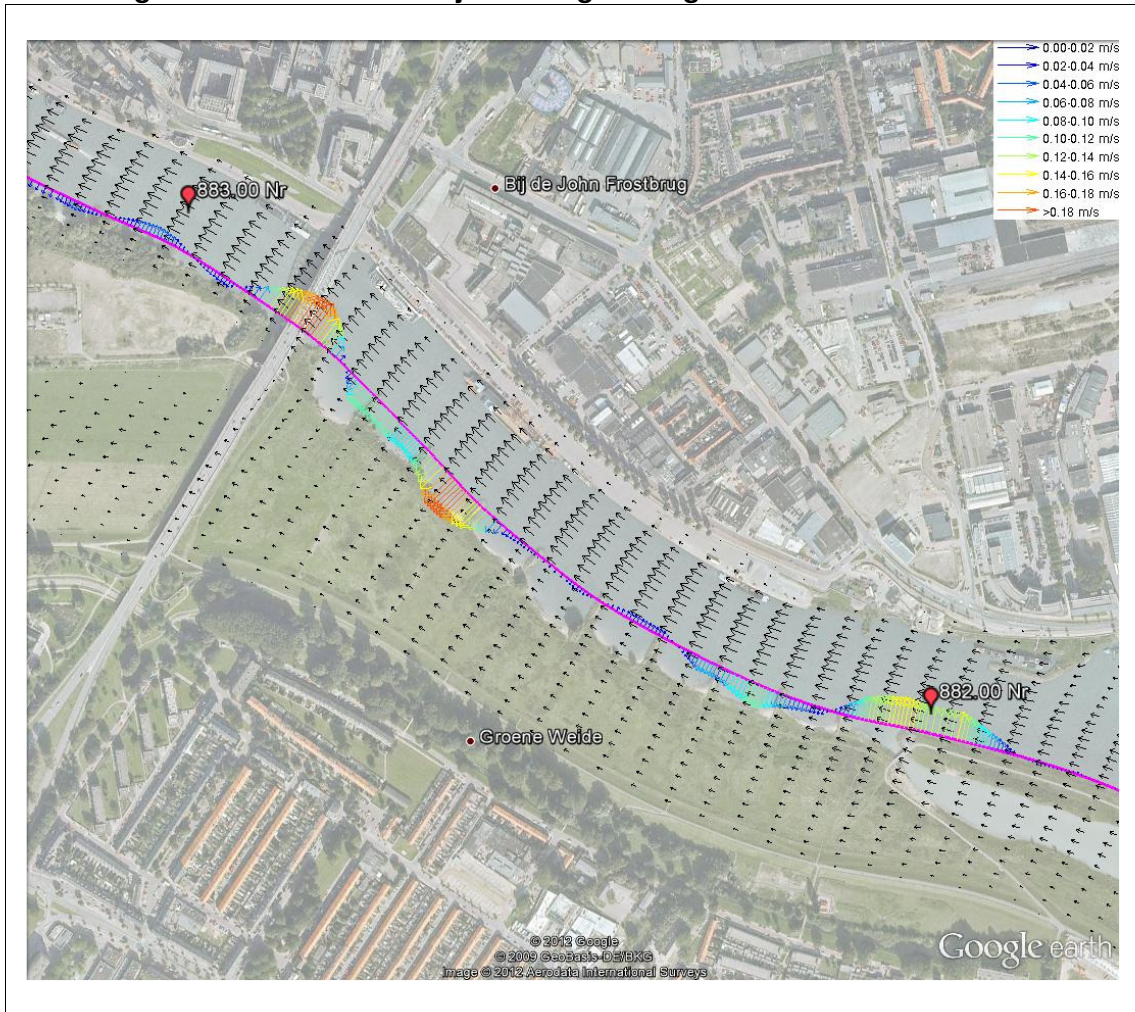


BIJLAGE V STROOMBEELDEN BIJ BOVEN-RIJN AFVOER VAN 10.000 M³/S

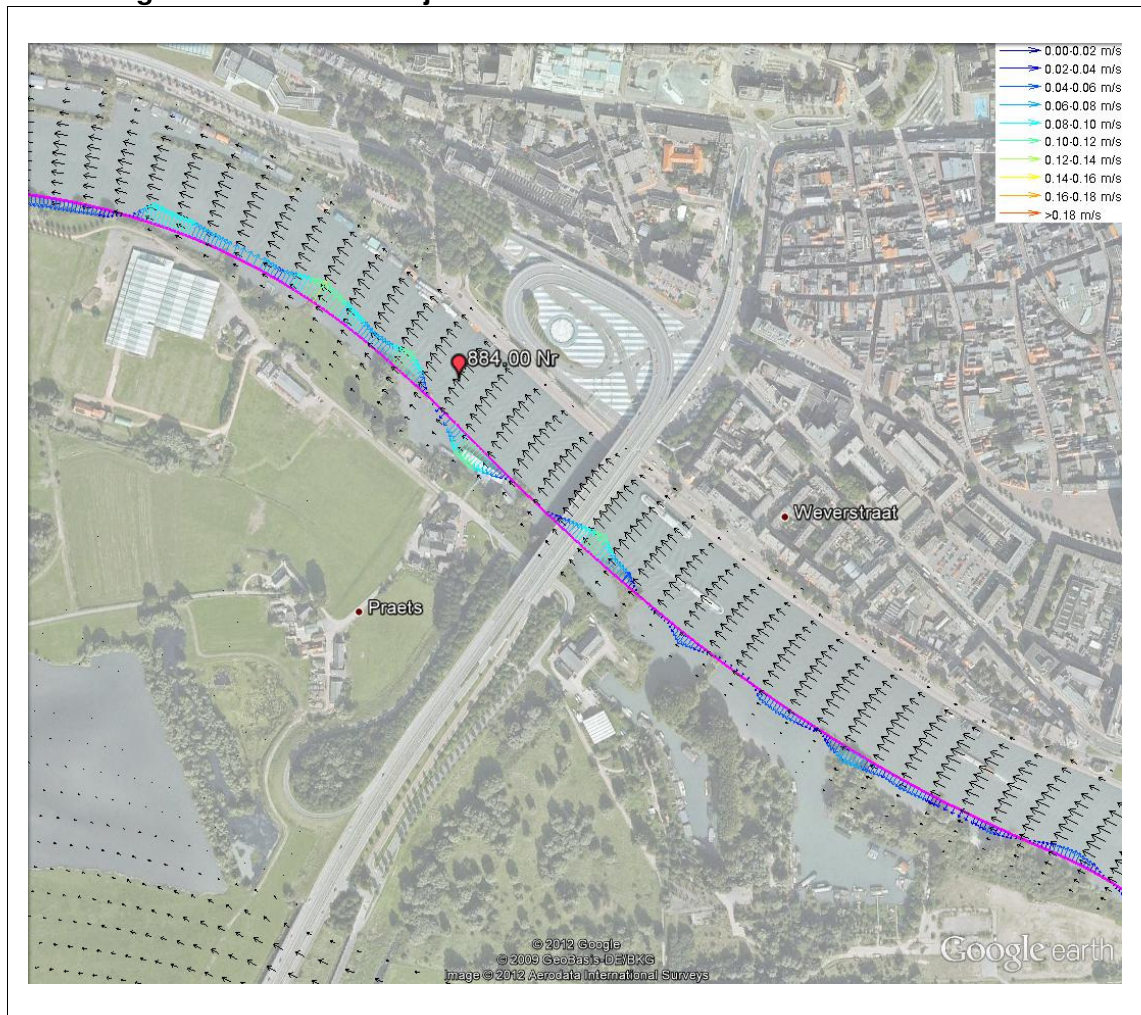
Afbeelding V.1. Totaaloverzicht stroombeeld projectgebied



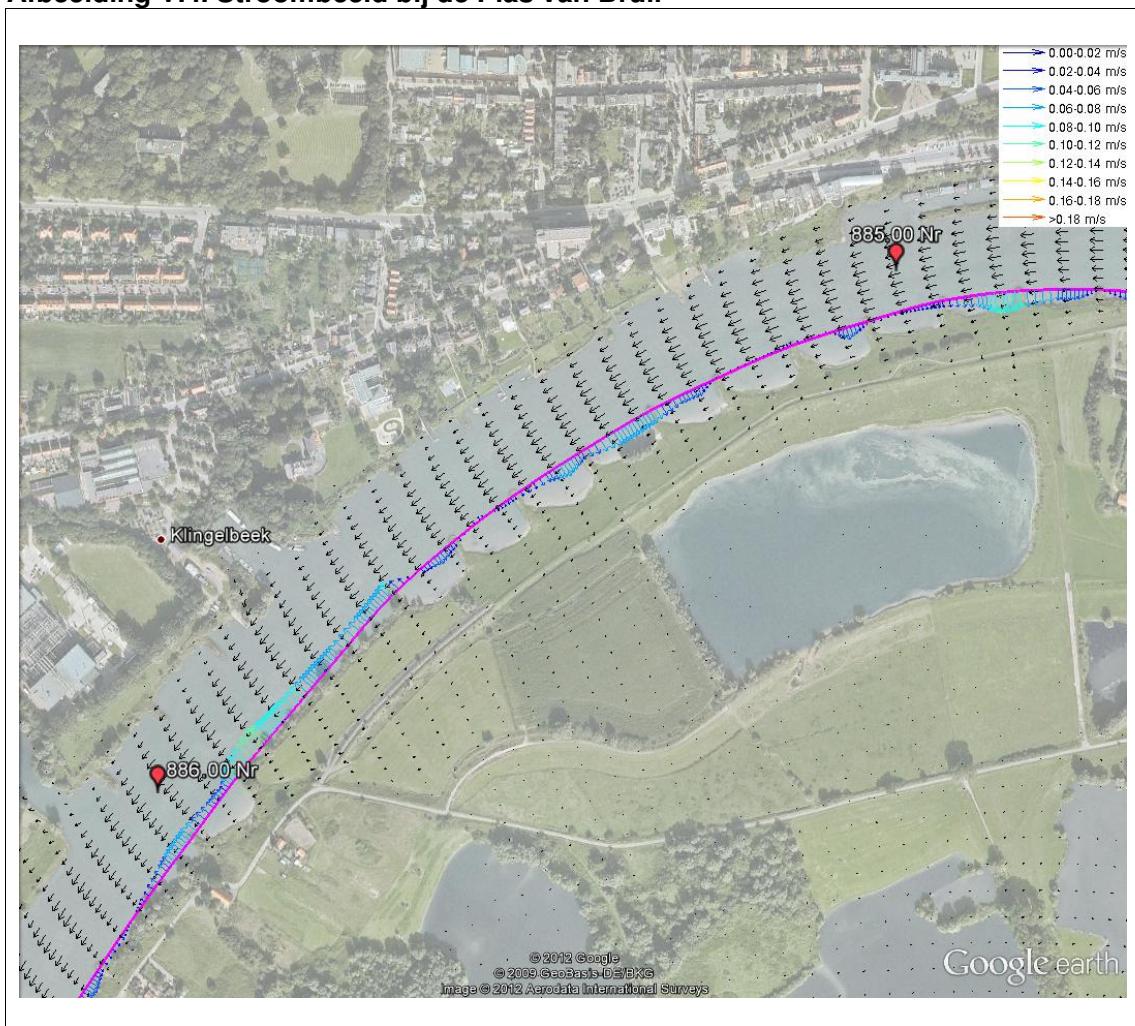
Afbeelding V.2. Stroombeeld nabij aftakking nevengeul



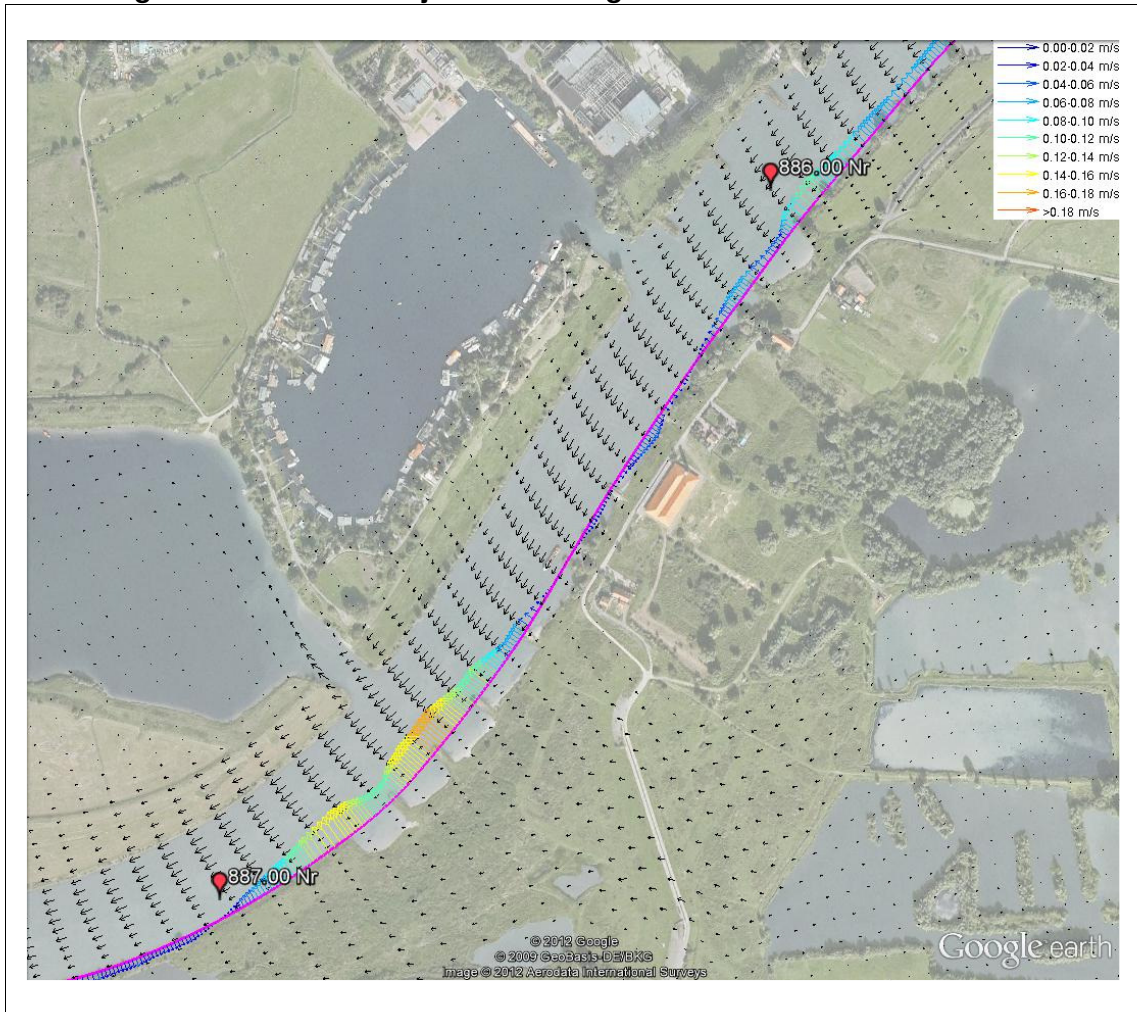
Afbeelding V.3. Stroombeeld bij steenfabriek



Afbeelding V.4. Stroombeeld bij de Plas van Bruil

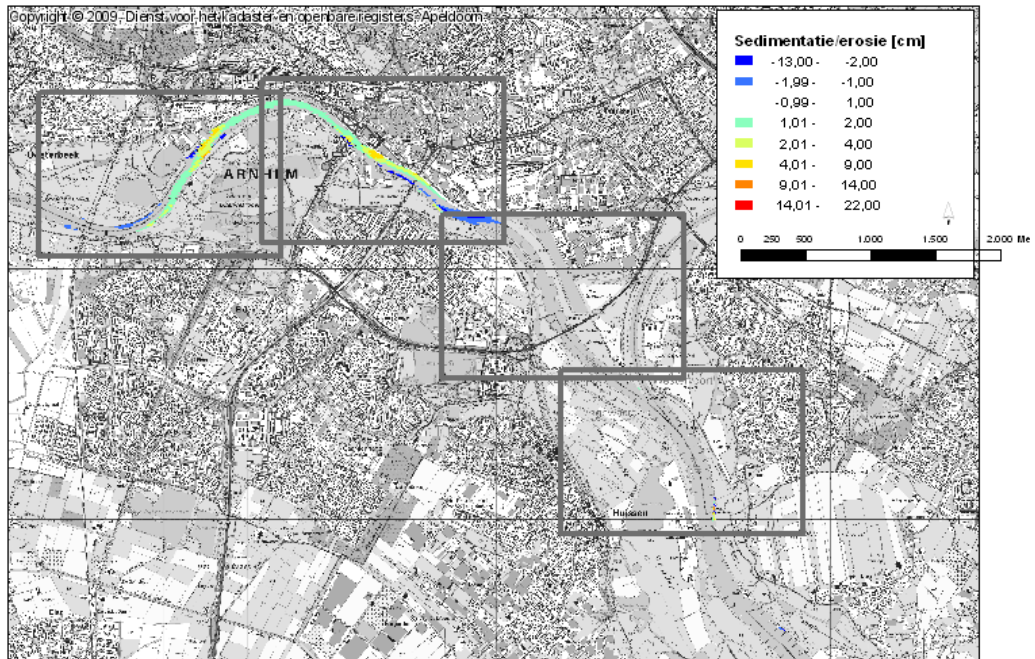


Afbeelding V.5. Stroombeeld bij de aantakking van de Groene Rivier

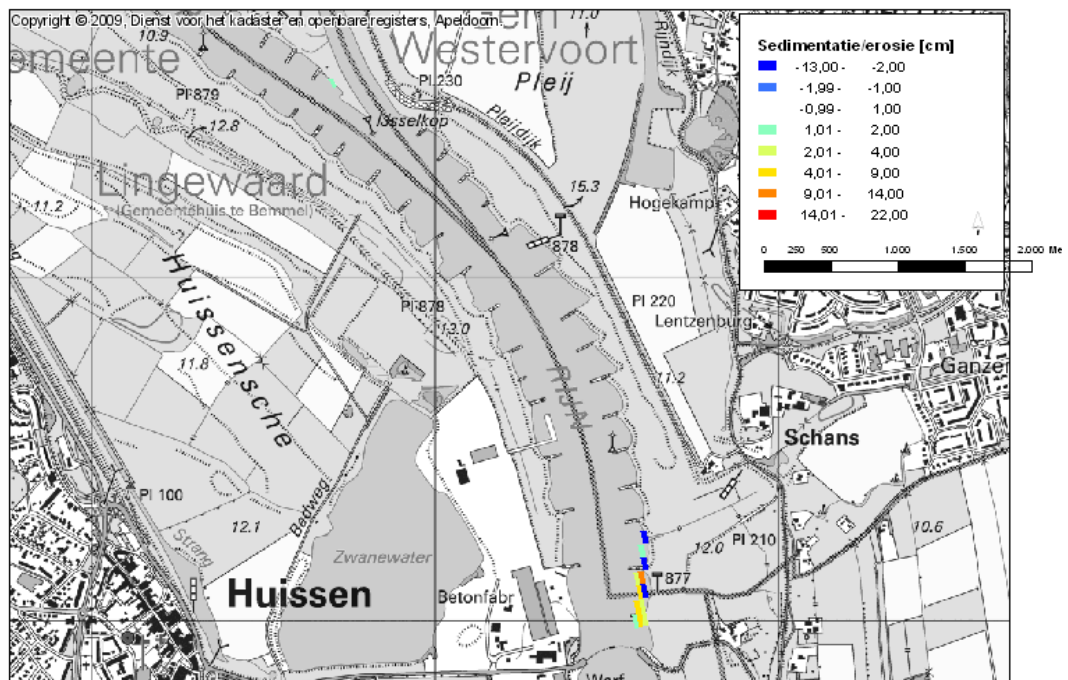


BIJLAGE VI DETAILAFBEELDINGEN SEDIMENTATIE/EROSIE

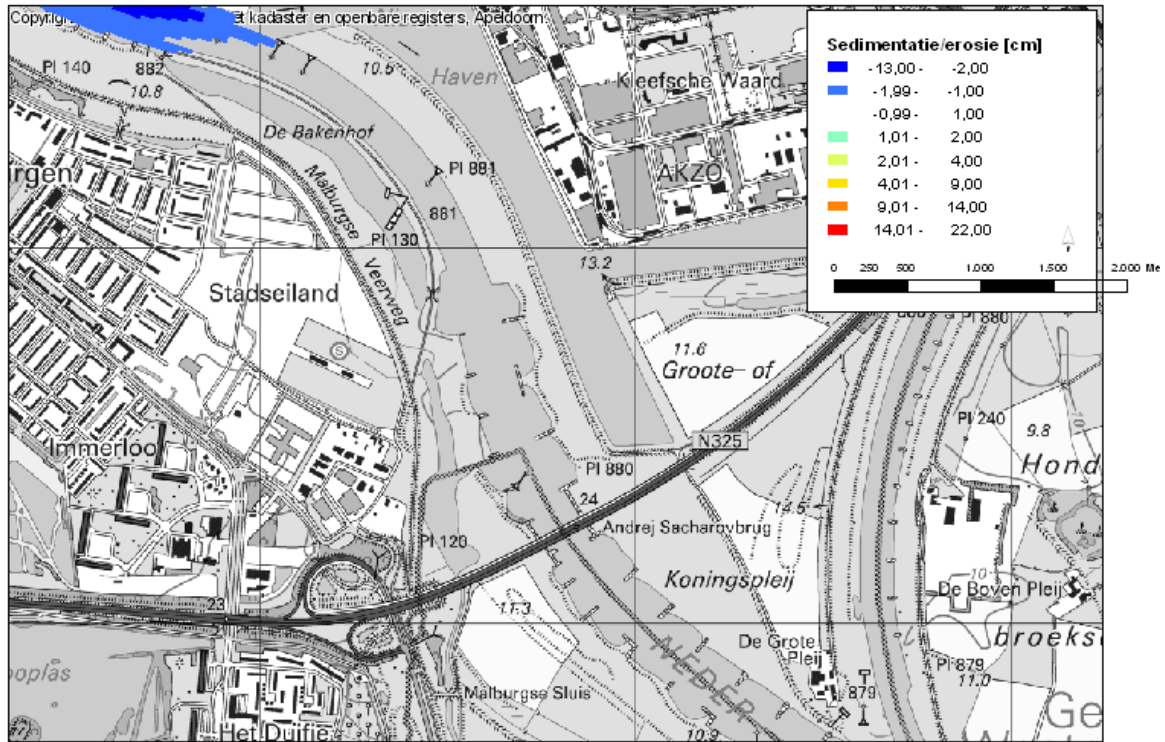
Afbeelding VI.1. Sedimentatie/erosie in cm totale projectgebied bij een afvoer 6.000 m³/s



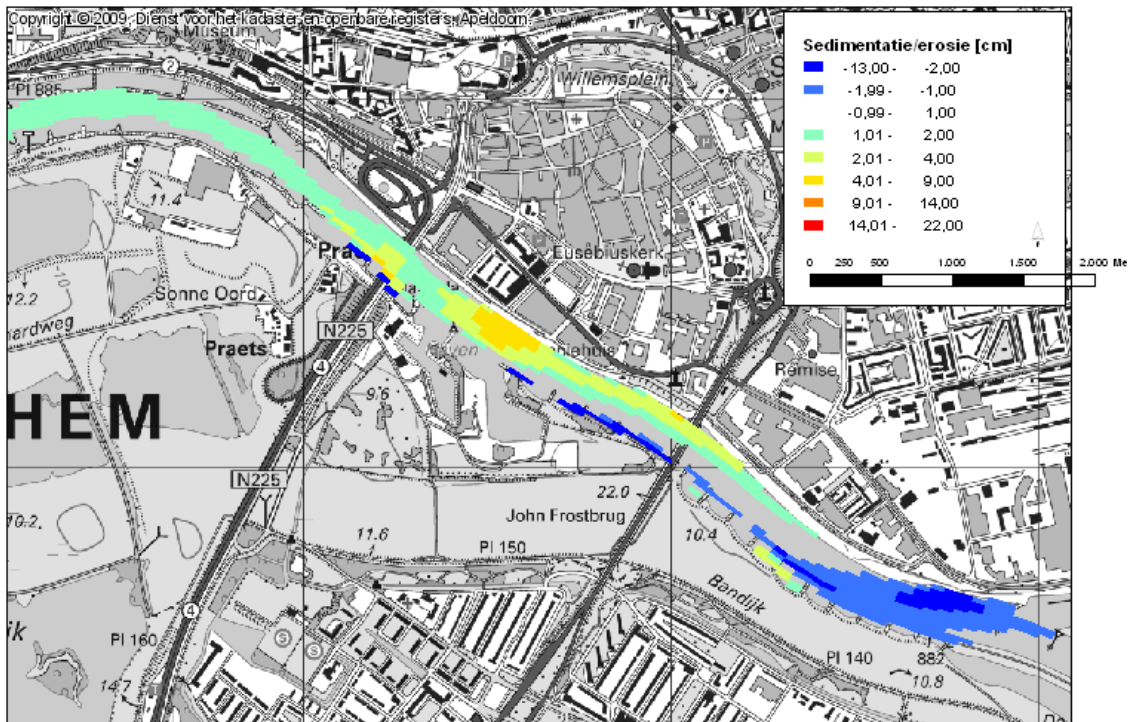
Afbeelding VI.2. Sedimentatie/erosie in cm IJsselkop bij afvoer 6.000 m³/s



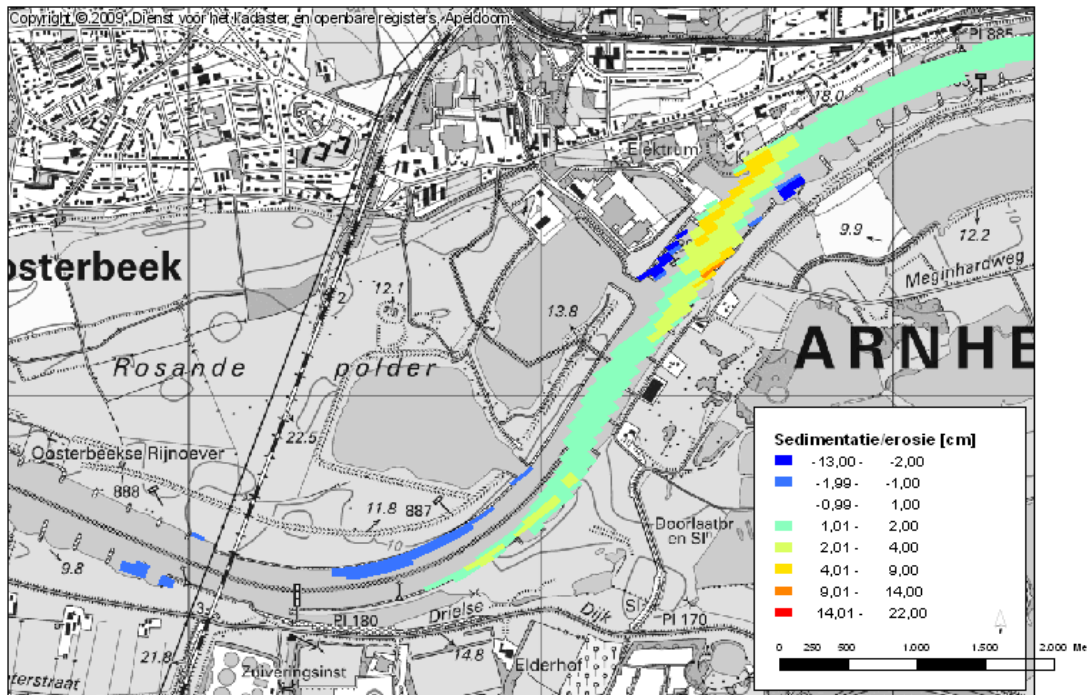
Afbeelding VI.3. Sedimentatie/erosie in cm Bakenhof bij een afvoer 6.000 m³/s



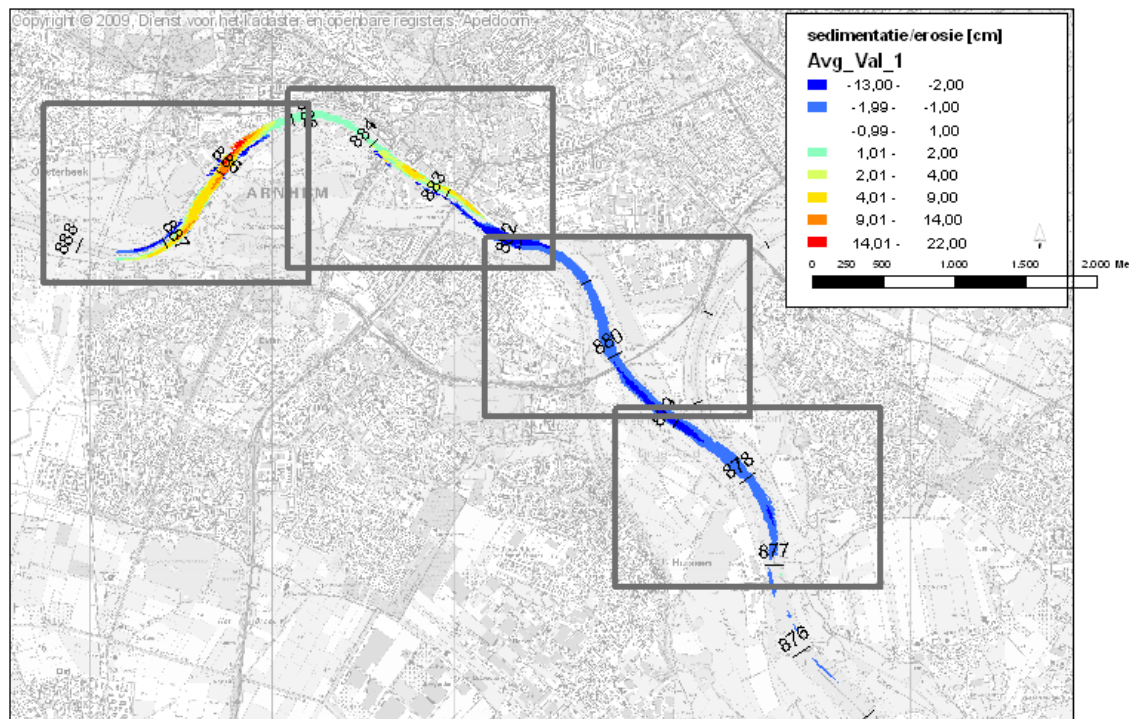
Afbeelding VI.4. Sedimentatie/erosie in cm aftakking Groene Rivier bij een afvoer 6.000 m³/s



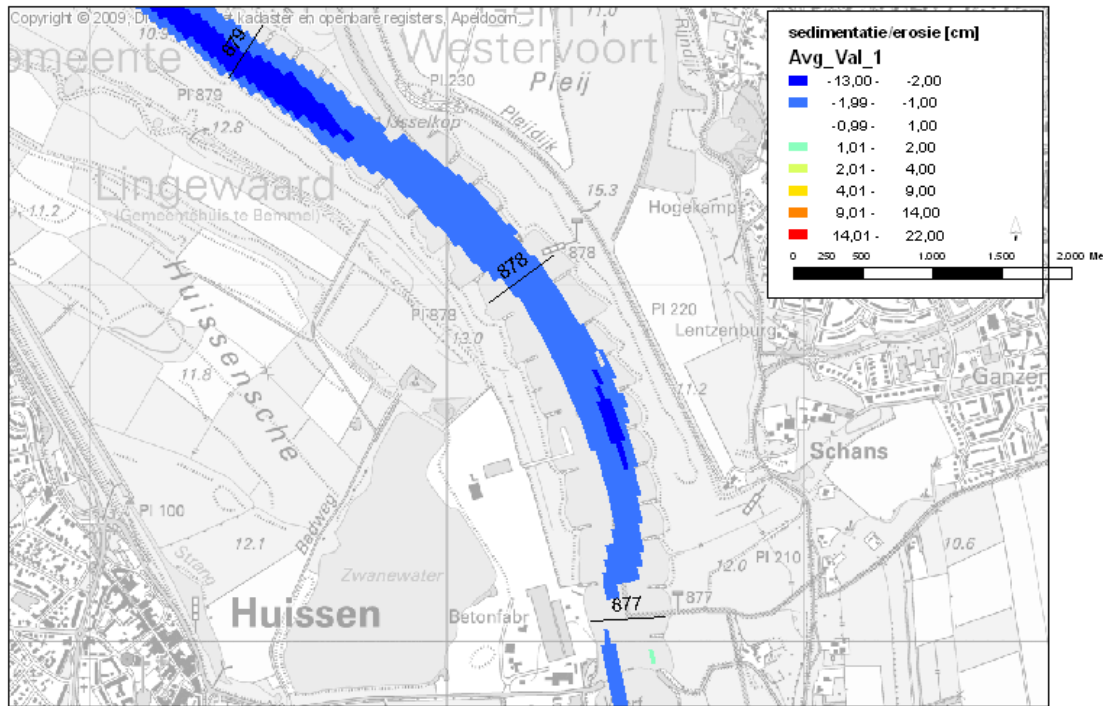
Afbeelding VI.5. Sedimentatie/erosie in cm aantakking Groene Rivier bij een afvoer 6.000 m³/s



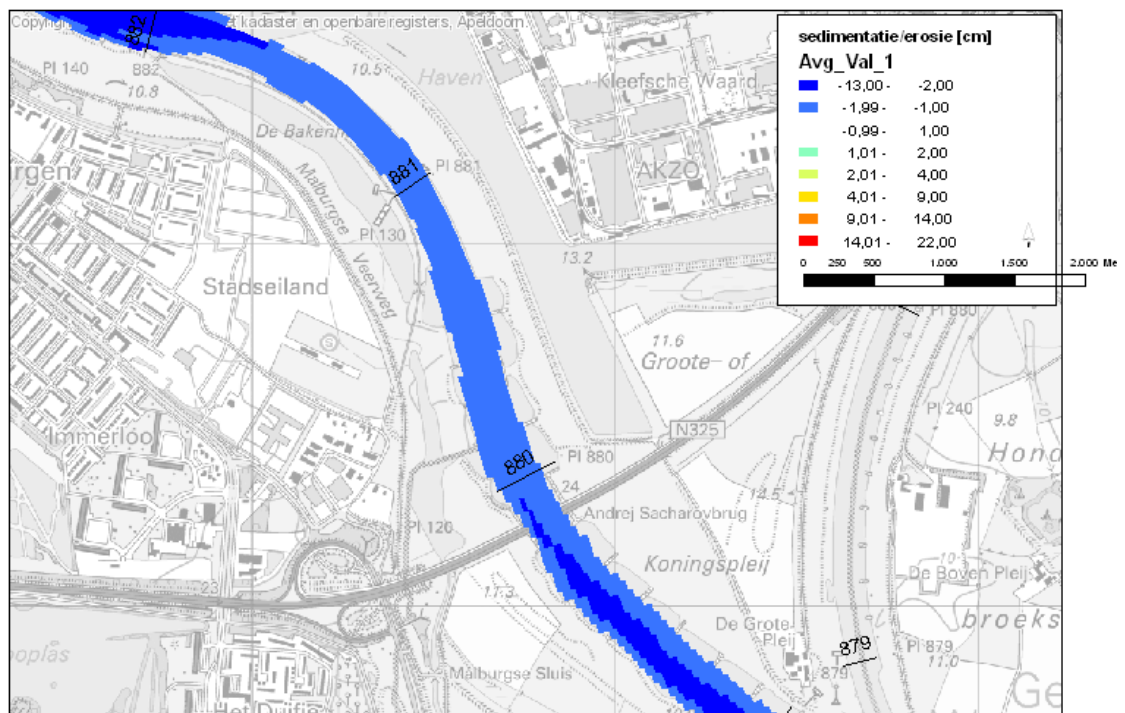
Afbeelding VI.6. Sedimentatie/erosie in cm totale projectgebied bij een afvoer 8.000 m³/s



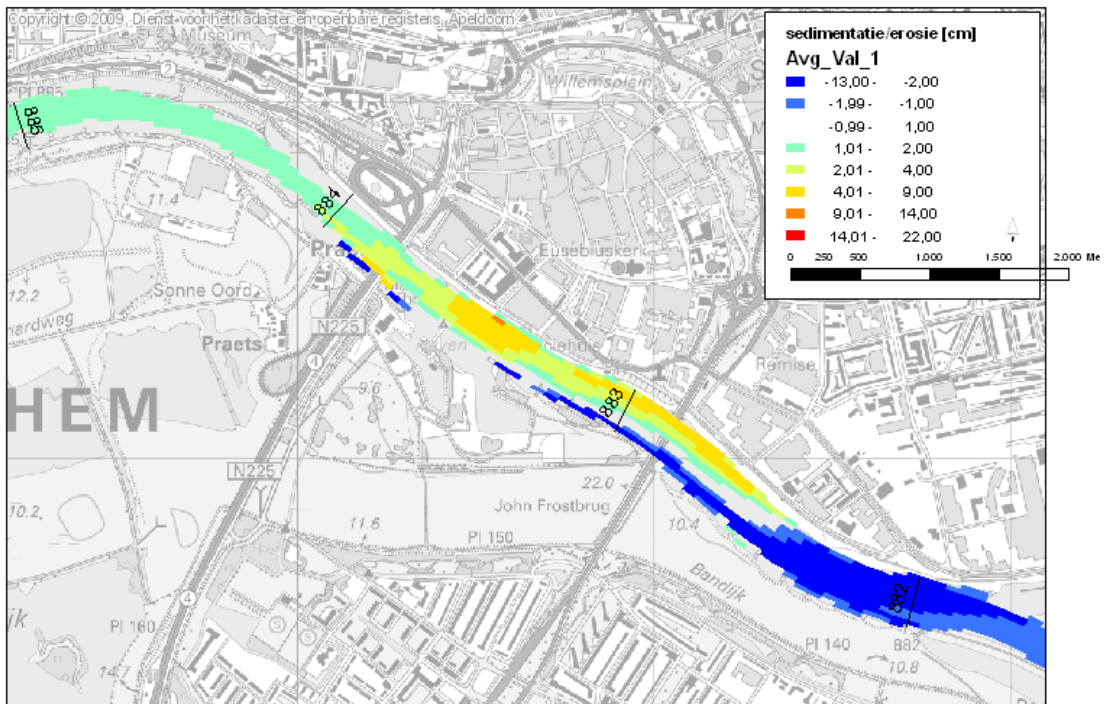
Afbeelding VI.7. Sedimentatie/erosie in cm IJsselkop bij een afvoer 8.000 m³/s



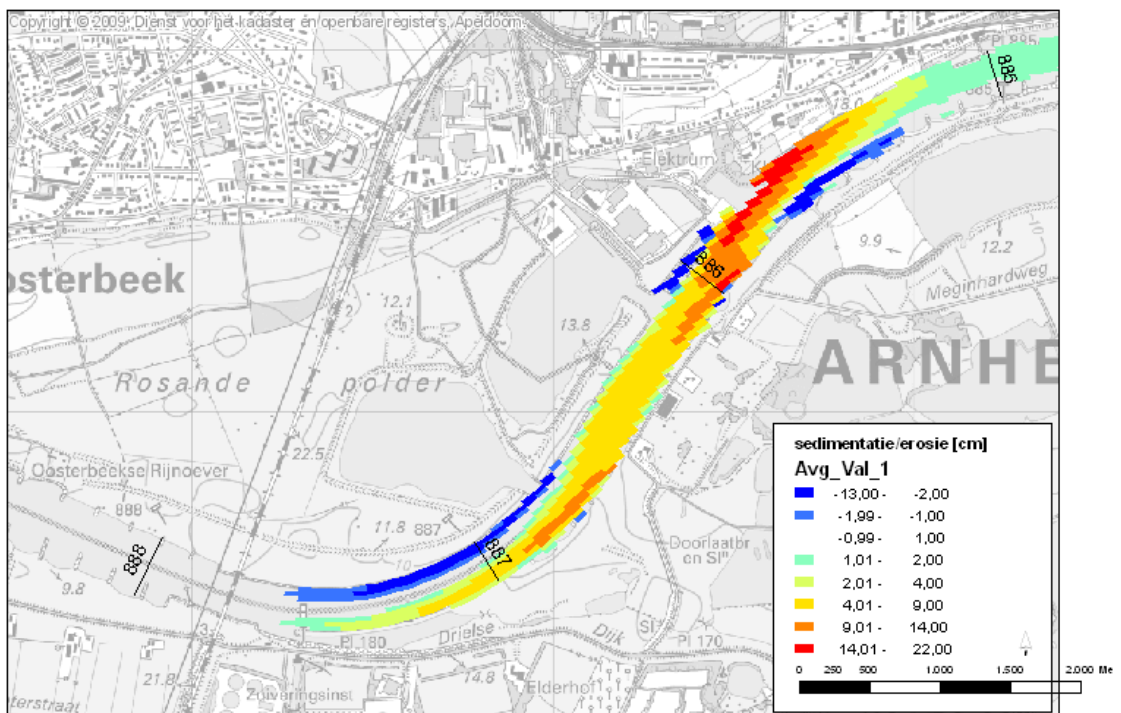
Afbeelding VI.8. Sedimentatie/erosie in cm Bakenhof bij een afvoer 8.000 m³/s



Afbeelding VI.9. Sedimentatie/erosie in cm aftakking Groene Rivier bij een afvoer 8.000 m³/s

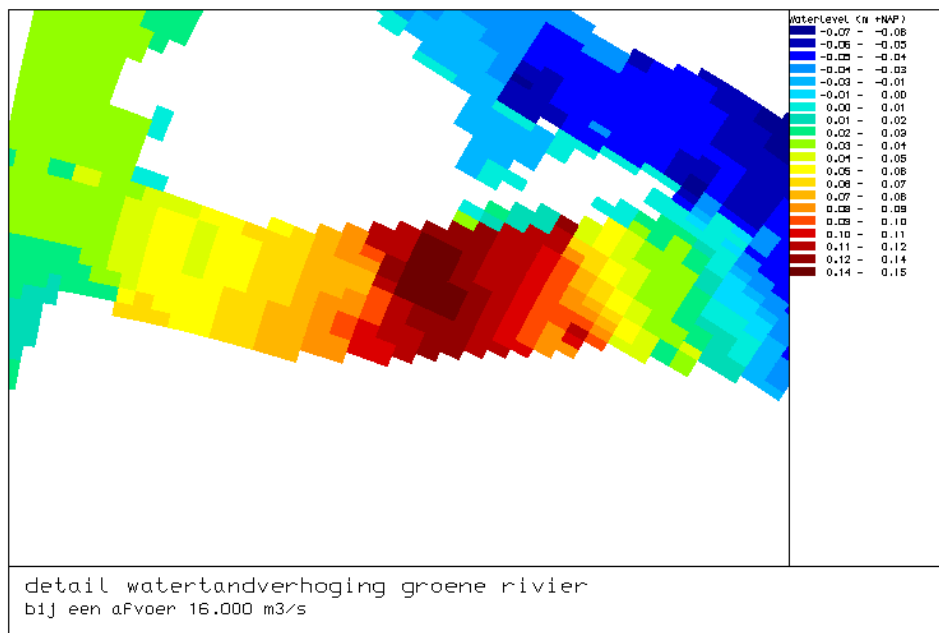


Afbeelding VI.10. Sedimentatie/erosie in cm aantakking Groene Rivier bij een afvoer 8.000 m³/s



BIJLAGE VII DETAILAFBEELDINGEN WATERSTANDSVERANDERING BIJ MHW

Afbeelding VII.1. Waterstandsverandering Groene Rivier bij MHW



BIJLAGE VIII TOPONIEMENKAART

