



Rivierkundig effectbeoordeling - Tijdelijke voorzieningen buitendijks OL3



Projectnummer
Projectomschrijving
Documentnummer
Versienummer
Versiedatum

P0020293
Dijkversterking IJsseldijk Zwolle - Olst
20293-RAP-01083
2.0
28 maart 2024

1	Inleiding	6
1.1	Introductie	6
1.2	Doel van deze rapportage	6
1.3	Leeswijzer	6
2	Aanlegfase en tijdelijke voorzieningen	8
2.1	Introductie	8
2.2	Overzicht typen tijdelijke voorzieningen	8
2.3	Motivatatie en overzicht beoogde locaties loswallen	9
2.4	Motivatatie en overzicht locaties depots	10
2.5	Fasering aanlegfase	11
3	Beoordelingsmethodiek	12
3.1	Introductie	12
3.2	Beoordeling rivierkundige effecten	12
3.2.1	Achtergrondinformatie	12
3.2.2	Beoordelingsaspecten	12
4	Rivierkundige effectenbeoordeling van de uitvoeringstrajecten	16
4.1.1	Introductie	16
4.2	Analyse: Hoogwaterveiligheid	16
4.2.1	Hoogwaterreferentie op de as van de rivier	16
4.2.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	18
4.2.3	Afvoerverdeling bij IJsselkop	18
4.2.4	Invloed op ijsafvoer	19
4.3	Analyse: Hydraulische hinder en schade	19
4.3.1	Waterstanden en inundatiefrequentie uiterwaarden	19
4.3.2	Stroombeeld in de uiterwaard	19
4.3.3	Stroombeeld in de vaarweg	21
4.3.4	Effecten op afvoerverdeling IJsselkop	23
4.3.5	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	23
4.3.6	Waterstand en stroombeeld in vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren	23



4.4	Analyse: Morfologische effecten	24
4.4.1	Sedimentatie en erosie van het zomerbed (en oevers)	24
4.4.2	Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen	25
5	Conclusies	26
5.1	Introductie	26
5.2	Hoogwaterveiligheid	26
5.2.1	Hoogwaterreferentie op de as van de rivier	26
5.2.2	Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier	26
5.2.3	Afvoerverdeling IJsselkop	26
5.2.4	Invloed op ijsafvoer	26
5.3	Hydraulische hinder en schade	27
5.3.1	Waterstanden en inundatiefrequentie van de uiterwaarden	27
5.3.2	Stroombeeld in de uiterwaard	27
5.3.3	Stroombeeld in de vaarweg	27
5.3.4	Afvoerverdeling IJsselkop bij O.L.A.	27
5.3.5	Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken	27
5.3.6	Waterstand en stroombeeld in vaargeul in Nederlands-Duitse grensregio	27
5.4	Morfologische effecten	27
5.4.1	Morfologische effecten in het zomerbed	27
5.4.2	Morfologische effecten in het winterbed	28
5.5	Optimalisatieproces	28
6	Referenties	29
7	Bijlagen	30
7.1	Onderverdeling uitvoeringstrajecten, dijkmodules en dijktrajecten	31
7.2	Tijdelijke voorzieningen per dijktraject	33
7.3	Multi-criteria analyse van alle uitvoeringstrajecten (Ontwerploop 1)	34
7.3.1	Introductie	34
7.3.2	Hoogwaterveiligheid	34
7.3.3	Hydraulische hinder en schade	37
7.4	WAQUA-modellering van uitvoeringstraject 1 (Ontwerploop 1)	40
7.4.1	Uitgangspunten	40
7.4.2	Analyse: Hoogwaterveiligheid	43
7.4.3	Analyse: Hydraulische hinder en schade	44
7.4.4	Analyse: Morfologische effecten	46



7.5	Schematisatie referentiesituatie	48
7.6	Schematisatie variant tijdelijke voorzieningen uitvoeringstraject 1 (Ontwerploop 1)	49



1 Inleiding

1.1 Introductie

Waterschap Drents-Overijsselse Delta heeft opdracht gegeven tot de dijkversterking van het traject Zwolle-Olst. Dit traject heeft een totale lengte van 28,9 kilometer. Dit complexe project is naast een maatschappelijke en technische opgave, ook een logistiek uitdagend. Langs het volledige traject moet gedurende de realisatie werkzaamheden mogelijk worden gemaakt. Ook moet aan- en afvoer, en opslag van grondstoffen en materieel worden georganiseerd. Met inachtneming van de waterveiligheid en het beperken van omgevingshinder en milieueffecten, is het noodzakelijk de tijdelijke voorzieningen op een verantwoorde wijze in te richten.

Een aanzienlijk deel van de tijdelijke voorzieningen bevindt zich in het buitendijkse gebied, wat leidt tot een tijdelijk ruimtebeslag in het buitendijkse gebied. Deze tijdelijke voorzieningen kunnen dus de waterstanden, het stroombeeld en de morfologie van de IJssel beïnvloeden. Gezien de mogelijke consequenties van dergelijke effecten is het daarom noodzakelijk een uitvoerige analyse te maken van deze effecten en potentiële risico's die kunnen ontstaan. Op deze manier kunnen keuzes met betrekking tot de tijdelijke voorzieningen worden geoptimaliseerd, kunnen rivierkundige effecten worden geminimaliseerd en kan - waar nodig - geanticipeerd worden op de effecten om deze aanvaardbaar te maken.

De uitvoering van de dijkversterking vindt gefaseerd plaats, waardoor nooit alle tijdelijke voorzieningen tegelijkertijd aanwezig zijn. De locaties van alle vijftien uitvoeringstrajecten zijn weergegeven in Afbeelding 1.1. In de uitvoeringsplanning worden vier uitvoeringstrajecten tegelijkertijd uitgevoerd.

In deze rapportage wordt een rivierkundige effectenbeoordeling uitgevoerd van de uitvoeringstrajecten en tijdelijke voorzieningen die volgen uit ontwerploop 2. Voor de effectenstudie voor ontwerploop 1 wordt verwezen naar [ref 6].

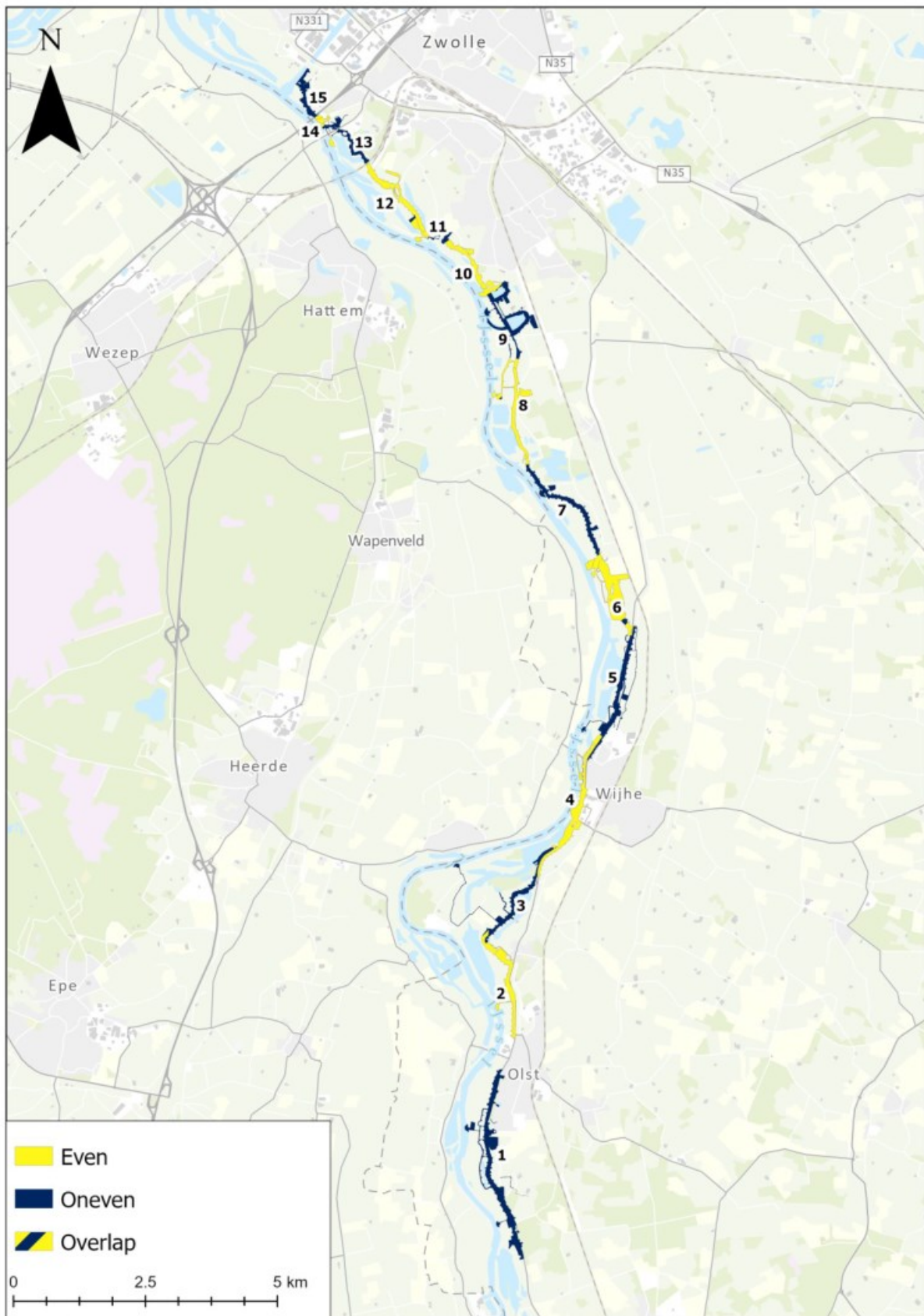
1.2 Doel van deze rapportage

Het doel van deze rapportage is een overzicht te geven van de tijdelijke rivierkundige effecten die op kunnen treden ten gevolge van de (combinaties van) tijdelijke voorzieningen die in gebruik worden genomen voor de dijkversterking Zwolle-Olst.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een toelichting op de verschillende typen tijdelijke voorzieningen die worden voorzien in de uitvoeringstrajecten en geeft een overzicht van de definitieve locaties voor de loswallen en depots. In hoofdstuk 3 wordt de beoordelingsmethodiek gegeven die is toegepast voor het vaststellen van rivierkundige effecten ten gevolge van de tijdelijke voorzieningen. Hoofdstuk 4 presenteert de tijdelijke rivierkundige effectenbeoordeling. Dit rapport sluit af met de conclusies in hoofdstuk 5 waarin de resultaten van de effectenbeoordeling worden samengevat.





Afbeelding 1.1 overzicht en nummering van de uitvoeringstrajecten van dijkversterking Zwolle - Olst

2 Aanlegfase en tijdelijke voorzieningen

2.1 Introductie

De dijkversterking wordt gedurende 5 jaar gerealiseerd, waarbij de dijkversterking wordt opgedeeld in 15 uitvoeringstrajecten. Elk uitvoeringstraject wordt één aaneengesloten periode in gebruik genomen. Er zullen maximaal 4 uitvoeringstrajecten tegelijkertijd worden uitgevoerd.

Voor de werkzaamheden tijdens de aanlegfase moeten voor de aan- en afvoer, en voor de opslag van grondstoffen en materieel tijdelijke voorzieningen worden ingericht binnen ieder uitvoeringstraject. De meeste noodzakelijke, tijdelijke voorzieningen liggen in de uiterwaard. Hiervoor zijn meerdere redenen:

- Het beperken van verkeershinder op de N337;
- Het beperken van verkeershinder in dorpskernen/woonwijken;
- MKI (milieu-impact) reductie van 90% ten opzichte van vervoer over de weg;
- Zo min mogelijk verslechtering van de bestaande verkeersveiligheid.

Voor een uitgebreidere toelichting wordt verwezen naar het Projectbesluit [ref 9].

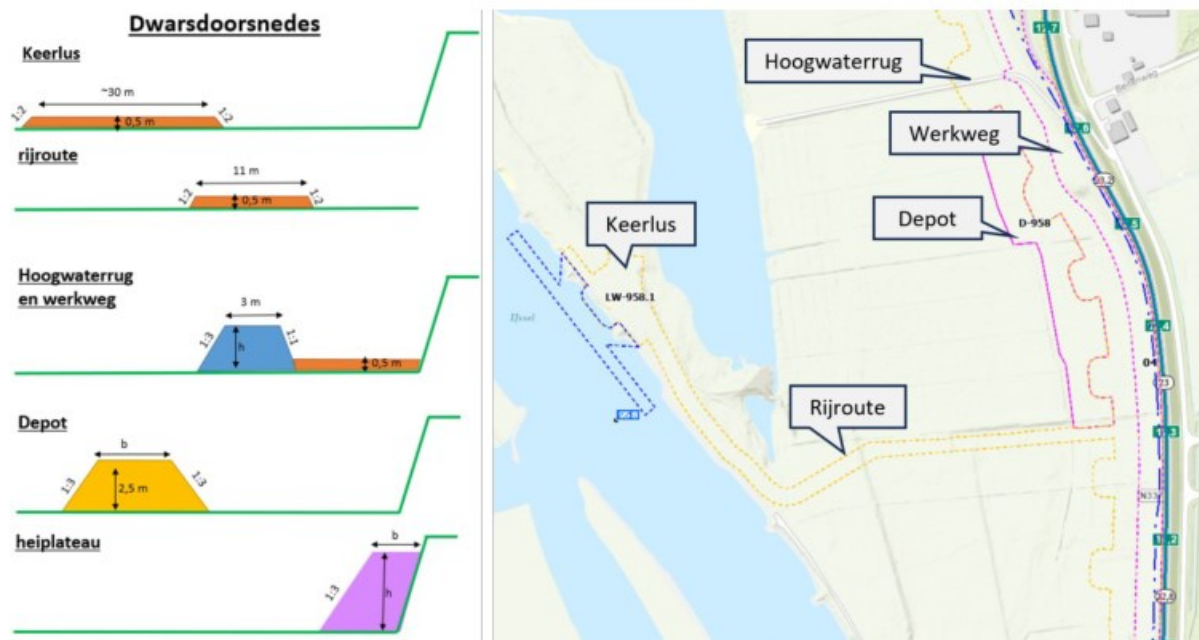
2.2 Overzicht typen tijdelijke voorzieningen

De onderstaande typen tijdelijke voorzieningen zullen in de uiterwaarden van de IJssel worden voorzien. Afbeelding 2.1 toont schetsmatige doorsneden van de verschillende tijdelijke voorzieningen;

- **Hoogwaterrug:** in delen langs het uitvoeringstraject wordt een hoogwaterrug in de uiterwaard aangelegd om de overstromingsfrequentie voor het uitvoeringstraject te verminderen. De hoogte van de hoogwaterrug is bepaald op basis van de waterstand met een gemiddelde overschrijdingsduur van 5 dagen per jaar. De rivierwaartse taludhelling is 1:3 en het dijkwaartse taludhelling is 1:1;
- **Werkwegen:** dit zijn verbindingroutes tussen de keerlussen, depots en werkwegen langs de dijk. Ook liggen werkwegen ingeklemd tussen de hoogwaterrug en de dijk. De werkwegen komen 0,5 m boven maaiveld te liggen. In een enkel geval ligt er alleen een werkweg en geen hoogwaterrug, dan heeft de werkweg een taludhelling van 1:2 aan de rivierwaartse kant. Een enkele werkweg ligt op een bestaande kade. In dat geval wordt het maaiveld niet verhoogd en worden alleen rijplaten op de kade gelegd;
- **Tijdelijke Depots:** deze depots worden ingericht om tijdelijk grondstoffen zoals zand, klei en steen op te slaan. Het volume en de vorm van een buitendijkse depot verschilt per locatie. De hoogte van een depot is 2,5 m boven maaiveld en de taluds hebben een helling van 1:3;
- **Tijdelijke Loswallen:** locaties langs de rivier ingericht voor het aanmeren van schepen en pontons. Via deze loswallen worden grond (klei, zand) en damwanden aan- en afgevoerd. Afhankelijk van de beschikbare ruimte, worden deze loswallen tussen de kribben geplaatst, tussen de kribvakken wordt een ponton afgemeerd of een tijdelijke kade gerealiseerd en via een keerlus verbonden met de uiterwaard. Indien er niet voldoende ruimte is wordt de oever afgegraven, of in een enkel geval tijdelijk een krib (deels) verwijderd.
- **Keerlus:** stukken terrein bedoeld om met groot materieel te kunnen draaien en keren. De exacte afmetingen van de keerlussen verschillen, maar zijn in de orde van 30 m x 30 m. De keerlussen liggen 0,5 m boven maaiveld. Deze zijn voorzien van een taludhelling van 1:2;
- **Heiplateau:** in bepaalde uitvoeringstrajecten wordt er over een beperkte lengte van circa 100 m tegen de dijk een heiplateau aangelegd om de damwanden in de dijk te realiseren. Dit is enkel noodzakelijk in trajecten waarbij er op de kruin van de dijk te weinig ruimte is door de bestaande N-weg om de damwand op een verantwoorde en veilige manier te realiseren. Het gaat hierbij om dijkmodules 4, 7.2, 11, 14.1, 14.2 (laatste 100 m) en 14.3 (eerste 100 m). Het heiplateau is op kruinhoogte circa 15 m breed. De hoogte varieert afhankelijk van de hoogte van de dijk, met als conservatief uitgangspunt dat het heiplateau 1 m onder kruinhoogte ligt van de dijk. De heiplateaus worden verder niet in beschouwing genomen, omdat nadat een heiplateau in stelling is geweest, een hoogwaterrug wordt aangelegd en de hoogwaterrug grotere rivierkundig effecten heeft (en dus maatgevend is);
- **Afsluitingen:** op drie plekken worden delen volledig watervrij gemaakt om de uitvoering van de werkzaamheden mogelijk te maken. Dit betreft het Katerveercomplex binnen uitvoeringstraject 14, en de Materiaalhaven en Kolenhaven binnen uitvoeringstraject 9.



Gedurende de voorbereiding van de dijkversterking zijn de tijdelijke voorzieningen geoptimaliseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van berekeningen uit een eerdere fase van dit project [ref 1]. Zo zijn locaties van depots komen te vervallen, zijn de locaties aangepast, of zijn de vormen van de depots meer gestroomlijnd. Daarnaast is de hoogte van de hoogwaterdijken geoptimaliseerd en is er een continue dialoog met Rijkswaterstaat over de locaties van de loswallen, zijn loswallen aangepast en zijn ongunstige loswallocaties komen te vervallen. De motivatie voor de loswallen en depots wordt hierna toegelicht. Ook wordt een overzicht gegeven van de beoogde loswallen en depots.



Afbeelding 2.1 schematisch doorsnede van tijdelijke voorzieningen (links) voorbeeld locaties van de tijdelijke voorzieningen, m.u.v. heiplateau, in de uiterwaard (rechts).

2.3 Motivatie en overzicht beoogde locaties loswallen

Voor de dijkversterking wordt circa 1,2 miljoen kuub klei aangevoerd. Uit de grondbalans blijkt dat ordegrootte dezelfde hoeveelheid zand wordt afgevoerd. Daarnaast wordt circa 19.000 ton aan stalen damwanden aangevoerd. Samen vormt dit circa 95% van het materiaalgebruik. Als uitgangspunt is gehanteerd dat zand, klei en stalen damwanden via water wordt getransporteerd, om hinder voor de omgeving¹ te beperken.

Voor de aan- en afvoer van grond is het daarom noodzakelijk loswallen aan te leggen. De afweging van de locaties waar deze loswallen het beste gepositioneerd kunnen worden om de effecten met betrekking tot ecologie, rivierkunde en nautiek zo klein mogelijk te houden, wordt uitgebreid toegelicht in [ref 8]. Door IJsselwerken zijn de volgende selectiecriteria gehanteerd bij het beoordelen en selecteren van de loswallocaties:

- binnen ieder uitvoeringstraject ligt een loswal;
- indien mogelijk moeten meerdere uitvoeringstrajecten vanaf dezelfde loswal kunnen worden gerealiseerd;
- zo min mogelijk loswallen met een zo groot mogelijke spreiding over de rivier;
- indien er meerdere opties voor een uitvoeringstraject zijn, dan is er de voorkeur voor locaties waar de rivier breder is en dus minder hinder (scheepvaartmaatregelen) oplevert.

Tijdens het selectieproces zijn verschillende gezamenlijke sessies gehouden, waarbij door de specialisten en werkvoorbereider integraal is gekeken naar verschillende potentiële loswallocaties per uitvoeringstraject. Doel van deze integrale beschouwingen was om uiteindelijk de meest geschikte locatie(s) met de minste negatieve effecten over te houden. Op het gebied van rivierkunde is kwalitatief gekeken naar opstuwingseffecten, dwarsstroming en morfologische effecten (in relatie tot de waterdieptekaarten). Hiervoor zijn als input referentieberekeningen met het WAQUA-model gebruikt voor de afvoeren 6.000 m³/s, 8.000 m³/s en 16.000 m³/s. Uit dit iteratieve proces is uiteindelijk een lijst met voorkeurslocaties en terugvalopties ontstaan, welke door RWS is beoordeeld. Voor een

¹ vaarweg, omwonenden, (jacht)havens, veerponten, bedrijven, beschermde gebieden, natuurwaarden, aanwezige kabels en leidingen, grondeigendom, archeologische verwachtingswaarden en de aanwezigheid van ontplofbare oorlogsresten

uitgebreide toelichting op de integrale afweging van de (definitieve en vervallen) loswallocaties wordt verwezen naar [ref 8].

Voorliggende rapportage beschrijft alleen de effecten van de definitieve loswallocaties. De definitieve locaties van de loswallen zijn samengevat in Tabel 2.1.

Loswal	Locatie [rivierkilometer]	Uitvoeringstraject ²
LW 955	Tussen krib 955,250R en 955,340R	UT1 (rkm 952-957)
LW 958.1	Tussen krib 958,080R en 958,150R	UT2 (rkm 957-959) + UT3 (rkm 959-964)
LW 965	Bestaande loswal Wijhe ter hoogte van krib 965,020R	UT4 (rkm 964-965)
LW 966	Gestreckte oever tussen krib 966,160R en benedenstroomse uitstroom effluent. Ter hoogte van 966,270R	UT5 (rkm 966-968)
LW 969	Ter hoogte van 969,270R	UT6 (rkm 968-970)
LW 971	Tussen krib 971,000R en 971,080R	UT7 (rkm 970-972)
LW 973	Ter hoogte van rkm 973,395R	UT8 (rkm 972-974) + UT9 (rkm 974-975)
LW 975	In invaart van Noordhaven Harculo	UT10 (rkm 975-976,5)
LW 977	Tussen krib 976,770R en 976,840R	UT11 (rkm 976,5-977) + UT12 (rkm 977-979)
LW 979	Ter hoogte van rkm 979,180R	UT13 (rkm 979-980) + UT14 (Katerveer)
LW 980	Bestaande loswal aan linkeroever 979,850L	UT15 (rkm 980-Zwolle-IJsselkanaal, Spoolde sluis)

Tabel 2.1 Overzicht van de definitieve loswallocaties

2.4 Motivatie en overzicht locaties depots

Depots zijn om de volgende drie redenen van belang voor de dijkversterking:

1. Op depots wordt klei in depot gezet om de dijk tijdens realisatie snel hoogwaterveilig, zoals opgenomen in het hoogwaterveiligheidsplan, te kunnen maken in geval van hoogwater.
2. Op depots wordt vrijkomend materiaal tijdelijk opgeslagen ten behoeve van hergebruik. Wanneer het vrijkomend materiaal, zoals dijkbekleding en zand, civiel- en milieutechnisch voldoet, wordt het materiaal zoveel als mogelijk in het project hergebruikt. Tevens wordt de ecologisch waardevolle leeflaag hergebruikt. Dit kan betekenen dat dit tijdelijk opgeslagen dient te worden in een depot. Ook voor het tijdelijk opslaan van overig materieel is depotruimte nodig.
3. De depots zijn een risicobeperkende buffer tussen logistiek (aan- en afvoer met schepen) en realisatie (het bouwen van de dijk); gebruik van depotlocaties voorkomt dat het werk onnodig stagneert bij bijvoorbeeld laagwater. Het bulkmateriaal dat wordt aangevoerd, zal indien mogelijk direct in de dijk worden verwerkt.

Een deel van de depots kan niet binnendijks worden geplaatst. Omdat buitendijkse depots de stroming beïnvloeden, moeten de locaties van deze buitendijkse depots zorgvuldig worden overwogen. De redeneerlijn voor de selectie

² In het vervolg is uitvoeringstraject aangeduid met UT.



van de uiteindelijke depots wordt uitgebreid toegelicht in [ref 9]. Voor de afweging en optimalisatie van de verschillende depots wordt verwezen naar [ref 8].

De definitieve buitendijkse depots die uit het selectie- en ontwerpproces volgen zijn samengevat in Tabel 2.2. Tijdens dit selectie- en ontwerpproces waren de volgende integrale randvoorwaarden van belang:

- minimaal één depotlocatie voor uitvoeringstrajecten zonder N337 op de kruin en minimaal twee depotlocaties (één binnendijks & één buitendijks) voor uitvoeringstrajecten met N337 op de kruin (beperkt hinderduur van langstransport en faciliteert snelheid);
- zo min mogelijk impact op natuur met beschermde status (kwetsbare natuur);
- zo min mogelijk rivierkundige effecten;
- zo veel mogelijk op grond in eigendom van publieke partijen en zo min mogelijk partijen;
- zo ver mogelijk bij woningen vandaan (beperken omgevingshinder);
- zo dicht mogelijk bij een loswal (minimaliseren vervoersbewegingen);
- depotgrootte minimaal 1 hectare (versnippering voorkomen);

Gedurende het ontwerpproces zijn de ligging en geometrie van de depots geoptimaliseerd.

Depots [rivierkilometer]	Locatie [dijkkilometer]	Uitvoeringstraject
952	18,2	UT1
953	18,5	
955	20,4	
958	23,1	UT2 en UT3
959	24,9	UT3
964A	27,7	UT4
966	29,4	UT5
969	32,8	UT6
973	36,9	UT8
977	42,3	UT11 en UT12
978	43,3	UT12
980	45,9	UT15

Tabel 2.2 Overzicht van de definitieve buitendijkse depots

2.5 Fasering aanlegfase

Voor de beoordeling van de rivierkundige effecten van de aanlegfase is een lijst aan uitgangspunten gehanteerd over de fasering. Enkele voorbeelden ter illustratie van welke uitgangspunten zijn meegenomen zijn:

- Er zijn maximaal vier uitvoeringstrajecten tegelijk in uitvoering. Voor de uitvoeringstrajecten zie Afbeelding 1.1 en bijlage 7.1
- Om hinder op de N377 te beperken kan binnen UT1 tot en met UT5 maar één traject tegelijkertijd gerealiseerd worden.
- UT11 en UT12 kunnen niet tegelijk worden uitgevoerd in verband met een nabijgelegen woning en fietspont die bereikbaar moeten blijven.
- UT12 en UT13 kunnen wegens de nabijgelegen woning en de doorgaande fietsroute niet tegelijk worden uitgevoerd.



3 Beoordelingsmethodiek

3.1 Introductie

Op 6 mei 2021 en op 3 november 2022 zijn er met Rijkswaterstaat gesprekken geweest waarin de volgende uitgangspunten voor de rivierkundige effectenbeoordeling van de tijdelijke voorzieningen zijn vastgesteld:

- wanneer de tijdelijke voorzieningen enkel in de zomer aanwezig zijn of < 6 maanden, is in principe geen beoordeling nodig (in sommige gevallen enkel een korte toelichting o.b.v. expert judgement);
- de tijdelijke voorzieningen moeten worden beoordeeld op tijdelijke effecten wanneer ze in de winter blijven liggen.

Op dit moment is er een voorlopige planning van de voorkeursvolgorde voor de uitvoeringstrajecten. Hieruit blijkt dat de uitvoeringsduur voor elk traject langer is dan 6 maanden. Daarom moeten voor alle uitvoeringstrajecten de rivierkundige effecten ingeschat worden.

Er zijn geen wettelijke criteria voor de effectenbeoordeling van tijdelijke voorzieningen, zoals deze er wel zijn voor een permanente situatie (Rivierkundig Beoordelingskader, RBK [ref 3]). Echter kan dezelfde werkwijze en analogie zoals in het RBK gebruikt worden als leidraad en worden de resultaten aan Rijkswaterstaat voorgelegd ter goedkeuring. De rivierkundige effecten worden in beeld gebracht voor drie rivierkundige hoofdthema's: hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie. Deze thema's sluiten ook aan op de thema's in het RBK.

De beoordelingsmethodiek van rivierkundige effecten voor de uitvoeringstrajecten wordt hierna besproken. Het uitwerkingsniveau van de rivierkundige effecten in de aanlegfase is afgestemd met Rijkswaterstaat op 29 september 2023.

3.2 Beoordeling rivierkundige effecten

3.2.1 Achtergrondinformatie

Voor alle uitvoeringstrajecten is voor het thema 'hoogwaterveiligheid' en 'hydraulische hinder en schade' een kwalitatieve afweging (in de vorm van een multi-criteria analyse) gemaakt van de te verwachten effecten om zo een idee te krijgen welke uitvoeringstrajecten tot de grootste effecten leiden. Hieruit volgt dat de uitvoeringstrajecten die de grootste invloed hebben op de waterveiligheid, niet per definitie het slechtst scoren op het thema 'hydraulische hinder en schade' en vice versa. Deze beoordeling is ter naslagwerk toegevoegd aan deze rapportage in bijlage 7.3.

Daarnaast is voor het verkrijgen van inzicht in de kwantitatieve effecten die op kunnen treden ten gevolge van de tijdelijke voorzieningen een WAQUA-modelstudie uitgevoerd van uitvoeringstraject 1, zoals deze in ontwerploop 1 was vastgesteld. Dit uitvoeringstraject kwam als één van de meest kritische uitvoeringstrajecten uit de multi-criteria analyse. Deze kwantitatieve inzichten zijn als onderbouwing gebruikt voor de verdere beoordeling van rivierkundige effecten voor alle uitvoeringstrajecten die in deze rapportage aan bod komt. De resultaten van deze modelstudie zijn toegevoegd in bijlage 7.4.

Ten slotte zijn in een eerdere studie rivierkundige effecten ten gevolge van diverse tijdelijke voorzieningen in beeld gebracht [ref 1]. Deze inzichten worden ook gebruikt als achtergrondinformatie bij de rivierkundige effectenbeoordeling van alle individuele uitvoeringstrajecten.

3.2.2 Beoordelingsaspecten

Deze rapportage behandelt de rivierkundige effecten voor alle individuele uitvoeringstrajecten waarbinnen de ligging en geometrische eigenschappen van de tijdelijke voorzieningen zijn vastgesteld. Specifiek worden drie thema's behandeld: (1) Hoogwaterveiligheid, (2) Hydraulische hinder en schade en (3) Morfologie. De drie thema's en de bijhorende beoordelingsmethodiek worden hieronder uiteengezet:



Hoogwaterveiligheid

Voor het thema Hoogwaterveiligheid staan waterstandseffecten en de daaruit volgende veranderingen in afvoerdeling bij de Hoogwaterreferentie (Bovenrijnafvoer van 16.000 m³/s) op de IJsselkop (waar het Pannerdensch Kanaal opsplijt in de Nederrijn en de IJssel) centraal. Uit [ref 1] volgt dat de waterstandseffecten binnen de uitvoeringstrajecten worden gedomineerd door de aanwezigheid van depots en de hoogwaterrug langs de dijk. Omdat de ligging en geometrie van deze voorzieningen in ontwerploop 2 niet significant gewijzigd zijn ten opzichte van ontwerploop 1, kunnen als eerste stap de inschattingen van waterstandseffecten op de rivieras uit [ref 1] worden overgenomen voor de individuele uitvoeringstrajecten.

Tijdens de aanlegfase zullen echter meerdere uitvoeringstrajecten tegelijk in gebruik zijn. Volgens de meest recente planning die op het moment van rapporteren beschikbaar is, zijn maximaal vier uitvoeringstrajecten tegelijk in gebruik. Het maatgevende, netto waterstandseffect volgt dus uit een superpositie van de waterstandseffecten van de vier individuele uitvoeringstrajecten. Om het opstuwingseffect van meerdere uitvoeringstrajecten die tegelijk in gebruik zijn in te schatten kan de lokale opstuwings van ieder uitvoeringstraject niet simpelweg worden opgeteld, omdat dit een sterke overschatting zou leveren van het totale opstuwingseffect. De maximale opstuwings die per uitvoeringstraject optreedt, werkt in bovenstroomse richting namelijk door als stuwkromme, en neemt exponentieel in omvang af. Deze afname moet dus in rekening worden gebracht bij het combineren van de opstuwingsseffecten van meerdere uitvoeringstrajecten.

Vanwege het grote aantal mogelijk combinaties van gelijktijdige uitvoeringstrajecten is een analytische methode ingezet om het cumulatieve opstuwingseffect in te schatten. Het cumulatieve opstuwingseffect op de rivieras van een serie van meerdere ingrepen kan met behulp van een exponentiële afname van een kleine verstoring ('exponential-decay') in waterstand worden bepaald met behulp van de volgende vergelijkingen (voor het geval van twee gelijktijdige uitvoeringstrajecten), op basis van [ref 7]:

$$dz_{x<X} = dz_{\text{werkkerrein op } x=0} * e^{(-\ln(2)*x/X_{0,5})}$$

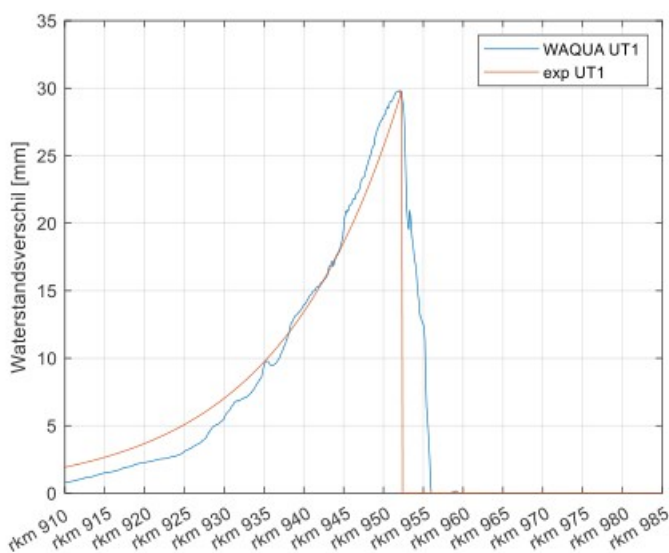
$$dz_{x=X} = dz_{\text{werkkerrein op } x=X} + dz_{\text{werkkerrein op } x=0} * e^{(-\ln(2)*X/X_{0,5})}$$

$$dz_{x1>X} = dz_{x=X} * e^{(-\ln(2)*x1/X_{0,5})}$$

$x = 0$ staat voor de locatie van het meest benedenstroomse uitvoeringstraject en $x = X$ staat voor de locatie van een uitvoeringstraject dat zich X meter bovenstrooms van $x = 0$ bevindt. Vervolgens begint de parameter x_1 in de derde vergelijking bovenstrooms van $x=X$ weer vanaf 0, omdat dit de afstand relatief tot de totale benedenstroomse verstoring in de waterstand is.

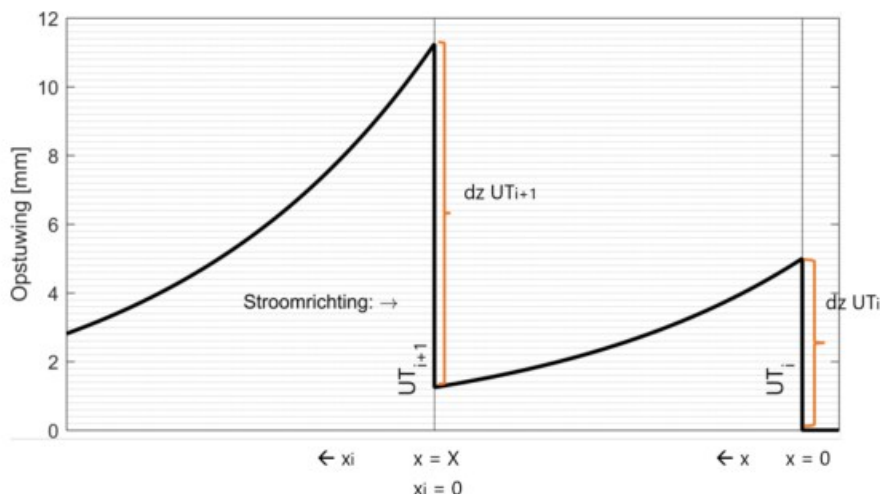
Hierin is $X_{0,5}$ de halveerafstand in exponentiële afname, die kan worden afgeleid uit reeds uitgevoerde WAQUA-berekeningen waarin stuwkrommen van ingrepen onder vergelijkbare condities en riviersystemen zijn geanalyseerd (bijlage 7.4). Deze is vastgesteld op 10,7 km voor uitvoeringstraject 1 en is ook overgenomen voor alle overige uitvoeringstrajecten. Een vergelijking tussen een dergelijke (individuele) analytische stuwkromme en een gemodelleerde stuwkromme met het WAQUA-model voor uitvoeringstraject 1 wordt getoond in Afbeelding 3.1.





Afbeelding 3.1 De berekende opstuwingskromme van uitvoeringstraject 1 in WAQUA en de analytische stuwkromme

Met behulp van de hierboven gepresenteerde vergelijkingen kunnen gecombineerde opstuwingseffecten worden bepaald, waarin het uitdoven van het waterstandseffect door middel van een stuwkromme dus wordt gerespecteerd. Schematisch ziet een geschakeld opstuwingseffect ten gevolge van twee uitvoeringstrajecten er uit zoals het theoretische voorbeeld dat is gepresenteerd in Afbeelding 3.2. Variabele $dz UT_{i=1,...,i=n}$ is de opstuwing voor de individuele uitvoeringstrajecten.



Afbeelding 3.2 Schematische weergave van gecombineerd waterstandseffect ten gevolge van twee uitvoeringstrajecten. Stromingsrichting van links naar rechts

De gecombineerde effecten worden bepaald door de stuwkrommes van 4 trajecten te projecteren op de bijbehorende rivierkilometers. In totaal zijn er 1336 combinaties van 4 gelijktijdige uitvoeringstrajecten mogelijk. Bij het uitvoeren van deze analyse gelden de volgende uitgangspunten:

- per combinatie worden 4 uitvoeringstrajecten beschouwd (conform paragraaf 2.5);
- in totaal zijn er 1336 combinaties mogelijk, die allemaal zijn doorgerekend;
- de depots in de uitvoeringstrajecten zijn volledig gevuld;
- de maximale opstuwing treedt altijd op aan de bovenstroomse zijde van het uitvoeringstraject;
- de halveringslengte is bepaald aan de hand van de WAQUA-berekeningen van uitvoeringstraject 1 met een Bovenrijnafvoer van 16.000 m³/s (bijlage 7.4). Deze is vastgesteld op 10,7 km en overgenomen voor alle andere uitvoeringstrajecten.

Tot zover zijn alleen (1) de waterstandseffecten op de as bepaald. Deze worden door vertaald naar (2) waterstandseffecten buiten de rivieras en (3) de afvoerverdeling ter plaatse van de IJsselkop aan de hand van een interpretatie van de resultaten uit de WAQUA-analyse voor uitvoeringstraject 1 uit bijlage 7.4. Ten slotte wordt er voor (4) ijsafvoer kwalitatief gekeken naar hoe deze wordt beïnvloed door de tijdelijke voorzieningen.

Hydraulische hinder en schade

Voor de volgende aspecten wordt gebruik gemaakt van een combinatie van de beschikbare WAQUA-analyse voor uitvoeringstraject 1 en een kwalitatieve beschouwing van het riviersysteem: (1) inundatiefrequentie uiterwaarden, (2) stroombeeld in de uiterwaard, (3) afvoerverdeling op de IJsselkop bij O.L.A. en (4) invloed op ijsafvoer.

Ten slotte wordt er ook gekeken naar (5) het stroombeeld in de vaargeul om te beoordelen of scheepvaart hinder kan ondervinden ten gevolge van de tijdelijke voorzieningen. Vrijwel alle tijdelijke voorzieningen liggen in de uiterwaarden op een aanzienlijke afstand vanaf de vaargeul, met uitzondering van de loswallen, die langs de oevers van de IJssel worden geplaatst, waardoor deze kunnen leiden tot problematische effecten met betrekking tot dwarsstroming voor schepen. Deze effecten zijn kwalitatief ingeschat op basis van WAQUA-simulaties van de referentiesituatie, waarvan zowel de dwarsstroming bij een Bovenrijnafvoer van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s, als de stroombanen bij 16.000 m³/s zijn geanalyseerd. Een uitgebreide kwalitatieve analyse van de effecten op dwarsstroom is gerapporteerd in [ref 8]. De voorliggende rapportage vat de belangrijkste conclusies samen.

Morfologische effecten

De tijdelijke voorzieningen die relatief ver weg in de uiterwaarden liggen hebben een verwaarloosbaar effect op het stroombeeld in de hoofdgeul. Dit blijkt uit beschikbare WAQUA simulaties uit een eerdere projectfase (lagere afvoeren dan HWR voor de situaties uit [ref 1]). Morfologische effecten in de vaargeul (1) worden vooral veroorzaakt door de loswallen, die direct aan de hoofdgeul grenzen. Daarom wordt de analyse van morfologische effecten in het zomerbed gebaseerd op de kwalitatieve analyse van morfologische effecten ten gevolge van de loswallen, zoals deze is gerapporteerd in [ref 8]. De morfologische gevolgen worden ook vergeleken met de marge die de huidige bodemligging biedt, aan de hand van ref 10. Deze rapportage vat de belangrijkste conclusies uit deze analyses samen.

Ten tweede wordt gekeken naar (2) morfologische effecten in het winterbed. Deze hangen nauw samen met het stroombeeld in de uiterwaard. Voor een beoordeling van deze effecten wordt een kwalitatieve analyse gecombineerd met de WAQUA-modellering voor uitvoeringstraject 1 (bijlage 7.4).



4 Rivierkundige effectenbeoordeling van de uitvoeringstrajecten

4.1 Introductie

De effectenbeoordeling voor de thema's 'Hoogwaterveiligheid' en 'Hydraulische hinder en schade' worden in de volgende paragrafen behandeld. In dit rapport is geen gebiedsbeschrijving opgenomen, omdat de beschreven rivierkundig effecten allemaal tijdelijk van aard zijn. De geïnteresseerde lezer wordt verwezen naar [ref 6] voor een gebiedsbeschrijving.

4.2 Analyse: Hoogwaterveiligheid

4.2.1 Hoogwaterreferentie op de as van de rivier

Waterstandseffect op de as voor de individuele uitvoeringstrajecten

Voor elk uitvoeringstraject is een verwachte opstuwing bepaald aan de hand van de inzichten die zijn verkregen uit de WAQUA resultaten uit [ref 1]. Vervolgens is expert judgement gebruikt om het effect van ontwerpaanpassingen mee te nemen. Gebleken is dat opstuwing vooral veroorzaakt wordt door de depots en hoogwaterruggen.

De ingeschatte effecten per uitvoeringstraject staan vermeld in Tabel 4.1. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de grootste opstuwing optreedt bij de start van elk uitvoeringstraject.

Ter controle zijn de opstuwingseffecten voor uitvoeringstraject 1 (UT1) vergeleken met WAQUA-modellering (bijlage 7.4.2). De uitkomst van deze berekening staat ook vermeld in Tabel 4.1. De ingeschatte effecten met behulp van expert judgement heeft dezelfde orde van grootte als de berekende opstuwing met het WAQUA-model, maar is aan de conservatieve kant.

Uitvoeringstraject	Ingeschatte opstuwing (cm)	Berekende opstuwing met WAQUA (cm)	Start uitvoeringstraject (rkm)
UT1	5,0	3,0	952,4
UT2	1,9	-	957,2
UT3	0,9	-	959,0
UT4	2,2	-	963,5
UT5	1,5	-	965,8
UT6	0,8	-	968,1
UT7	1,4	-	969,5
UT8	0,7	-	971,8
UT9	1,3	-	974,0
UT10	0,7	-	975,5
UT11	0,7	-	976,5



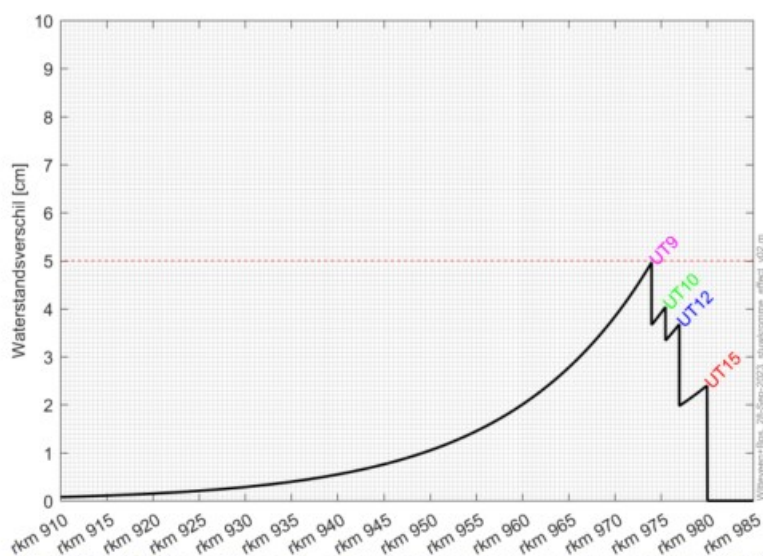
UT12	1,7	-	977,0
UT13	0,9	-	979,0
UT14	0,0	-	979,9
UT15	2,4	-	980,0

Tabel 4.1 Ingeschatte opstuwing (in cm) per uitvoeringstraject (UT) en de start locatie van elk UT.

Waterstandseffect op de as voor combinaties van 4 uitvoeringstrajecten

De gecombineerde waterstandseffecten op de rivieras zijn bepaald voor alle denkbare combinaties, bestaande uit vier verschillende uitvoeringstrajecten. Vervolgens is een selectie gemaakt welke uitvoeringstrajecten mogelijk tegelijk in uitvoering gaan (zie uitgangspunten in paragraaf 2.5).

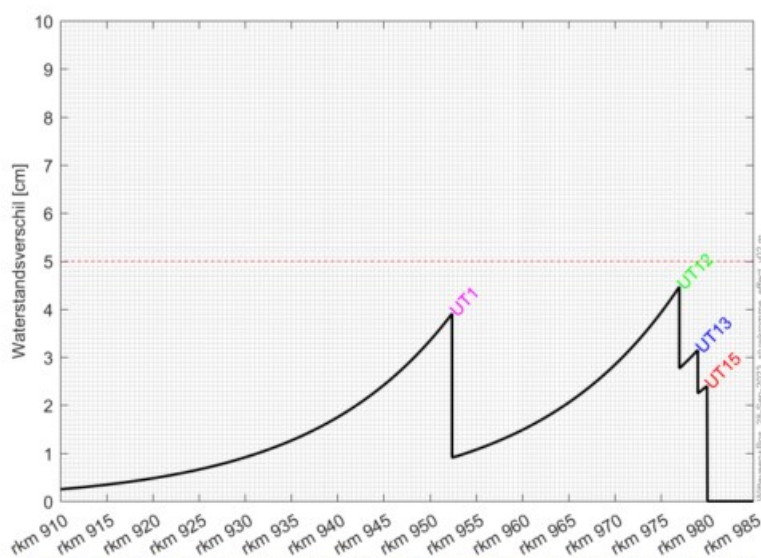
Uit deze analyse volgt dat de maximale opstuwing van de mogelijke combinaties van uitvoeringstrajecten 5,0 cm bedraagt ³. De maatgevende combinatie van uitvoeringstrajecten is UT9, UT10, UT12 en UT15. De opstuwingskromme hiervan is weergegeven in Afbeelding 4.1.



Afbeelding 4.1 Gecombineerde opstuwingskrommes van uitvoeringstrajecten 9, 10, 12 en 15. Maatgevende combinatie (die conform uitgangspunten haalbaar is) die leidt tot maximaal 5 cm opstuwing.

Bovenstrooms van het projectgebied is de opstuwing maximaal bij de combinatie van UT1, UT12, UT13 en UT15. De opstuwingskromme hiervan is weergegeven in Afbeelding 4.2.

³ Er zijn combinaties van uitvoeringstrajecten die leiden tot maximaal 6,0 cm opstuwing, maar deze voldoen niet aan de voorwaarden van de fasering (paragraaf 2.5).



Afbeelding 4.2 Gecombineerde opstuwingskrommes van uitvoeringstrajecten 1, 12, 13 en 15

Verder blijkt uit de analyse dat de mediaan en het gemiddelde van de maximale gecombineerde opstuwing op basis van alle denkbare combinaties 3,6 cm bedraagt.

Conclusie

De maximale opstuwing gedurende de aanlegfase is ingeschat op 5,0 cm. Deze inschatting is besproken met Rijkswaterstaat Oost-Nederland op 29 september 2023.

4.2.2 Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier

Het opstuwend effect ten gevolge van de uitvoeringstrajecten treedt ook op buiten de as van de rivier. Uit de analyse van de WAQUA-simulaties voor uitvoeringstraject 1 (bijlage 7.4.2) kunnen de volgende conclusies worden getrokken, die ook van toepassing zijn op alle uitvoeringstrajecten:

- direct benedenstrooms van de start van de uitvoeringstrajecten neemt de opstuwing af als gevolg van de herverdeling van water binnen het dwarsprofiel van de rivier (er stroomt hier minder water door de oostelijke uiterwaard);
- lokaal bij de verschillende tijdelijke voorzieningen zijn de waterstandseffecten relatief groot en stralen uit naar de omgeving;
- de waterstandseffecten zijn ook merkbaar in de uiterwaarden aan de overzijde van de IJssel;
- waterstandseffecten langs de dijk zijn in de buurt van tijdelijke voorzieningen (lokaal) maximaal 1 - 2 cm groter dan op de rivieras;
- lokale effecten rondom tijdelijke voorzieningen verschillen per uitvoeringstraject omdat deze afhankelijk zijn van de typen, omvang, locatie en oriëntatie van de voorzieningen. Daar is het dwarsprofiel van de rivier relevant.

Conclusie

De maximale tijdelijke opstuwing is voorgelegd aan de waterkeringbeheerders van Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Rijn & IJssel en Waterschap Drents Overijsselse Delta. Deze waterkeringbeheerders voorzien geen problemen en zijn akkoord met deze effecten.

4.2.3 Afvoerverdeeling bij IJsselkop

Een voorwaarde voor ingrepen langs de rivieren is dat de afvoerverdeeling op de splitsingspunten in de Rijntakken niet te veel mag wijzigen. De RBK-eis stelt dat voor HWR een maximale verandering in afvoerverdeeling van $\Delta 5 \text{ m}^3/\text{s}$ mag optreden. Voor de IJssel is de afvoerverdeeling ter plaatse van de IJsselkop maatgevend. Dit splitsingspunt ligt ter hoogte van rivierkilometer 867,7. Het meest bovenstroomse uitvoeringstraject (UT1) ligt op rivierkilometer 955. De afstand tussen het meest bovenstroomse uitvoeringstraject en het splitsingspunt is ongeveer 87 km.

Wanneer een maximale (gecombineerde) opstuwing van 5 cm optreedt op rivierkilometer 955, kan met behulp van een analytische stuwkromme worden afgeleid dat de resterende opstuwing op rivierkilometer 867,7 ongeveer 0,2 mm bedraagt. Deze opstuwing is dermate klein dat er geen verandering in afvoerverdeling wordt verwacht.

Conclusie

Veranderingen in afvoerverdeling op de IJsselkop ten gevolge van de tijdelijke voorzieningen zijn verwaarloosbaar.

4.2.4 Invloed op ijsafvoer

De tijdelijke voorzieningen zijn extra obstructies in de uiterwaard en kunnen de ijsafvoer daarmee potentieel hinderen. De kans dat een strenge winter gelijktijdig optreedt met de aanwezigheid van de tijdelijke voorzieningen is zeer klein vanwege de beperkte duur van de werkzaamheden.

De werkwegen door de uiterwaard en de keerlussen liggen een halve meter boven maaiveld. Dit betekent dat bij HWR de waterdiepte op deze wegen dusdanig groot is, zodat het ijs over deze tijdelijke constructies probleemloos wordt afgevoerd.

De hoogwaterrug ligt parallel aan de stroomlijnen en de kruinhoogte ligt onder het lokale waterpeil horende bij de HWR. De depots blokkeren de doorstroming meer, maar zijn in veel gevallen al geoptimaliseerd om zo optimaal mogelijk in de stroming van de rivier te liggen.

Conclusie

Met name de depots zouden een obstakel kunnen zijn voor de geleidelijke afvoer van ijs. De depots zijn in veel gevallen zo optimaal mogelijk in de stromingsrichting van de rivier gepositioneerd. De hoogwaterruggen liggen parallel aan de stroomlijnen. De kans op een strenge winter (en ijsafvoer) gedurende de aanlegfase is echter zeer klein.

4.3 Analyse: Hydraulische hinder en schade

4.3.1 Waterstanden en inundatiefrequentie uiterwaarden

De bestaande (zomer-)kades in de uiterwaarden worden niet afgegraven gedurende de aanlegfase. De opstuwing bij de afvoeren waarbij de uiterwaarden inunderen is kleiner of gelijk aan de opstuwing bij hoogwaterreferentie (maximaal 5 cm).

Op basis van de opstuwing die ontstaat ten gevolge van de tijdelijke voorzieningen, is te verwachten dat de omringende uiterwaarden in het projectgebied en bovenstrooms van het projectgebied gedurende de aanlegfase:

- gemiddeld één dag per jaar vaker zullen inunderen dan in de huidige situatie;
- uitgedrukt in de (verwachte) waterstand bij Lobith inunderen de uiterwaarden bij een 0 tot 5 cm lagere waterstand dan in de huidige situatie.

Dit is een tijdelijk gevolg van de realisatie van de dijkversterking.

Conclusie

De uiterwaarden in de direct omgeving van het projectgebied zullen tijdens de aanlegfase gemiddeld hooguit één dag per jaar vaker inunderen. Dit is het gevolg van de tijdelijke voorzieningen in de uiterwaarden die leiden tot een maximale opstuwing van ongeveer 5 cm.

4.3.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Het stroombeeld in de uiterwaard wordt - vooral in de buurt van de voorzieningen - sterk beïnvloed door de tijdelijke voorzieningen. De volgende veranderingen in stroombeeld vallen op voor uitvoeringstraject 1, maar kunnen worden toegepast op alle individuele uitvoeringstrajecten:

1. de hoogwaterrug zorgt ervoor dat de stroomsnelheid langs de dijk sterk vermindert. Bij lagere afvoeren zorgt de hoogwaterrug ervoor dat het gebied erachter droog blijft;
2. lokaal kan de stroomsnelheid bij vernauwingen toenemen;
3. achter grote obstakels, zoals de depots, neemt de stroomsnelheid sterk af;



4. na het einde van de hoogwaterrug neemt de stroomsnelheid af en ontstaat een stromingsluwe zone. Dit is het gevolg van schaduwwerking;
5. de stroomsnelheden op de westelijke uiterwaard blijven nagenoeg onveranderd. Enkel wanneer de uiterwaard op zijn smalste is en de tijdelijke voorzieningen het doorstroomoppervlakte nog verder verkleinen, is er een (beperkte) toename in stroomsnelheid zichtbaar;
6. de veranderingen in stroombeeld blijven over het algemeen binnen de omgevingsgrenzen van het uitvoeringstraject. Dit betekent ook dat de individuele uitvoeringstrajecten los kunnen worden beoordeeld. Echter kunnen de tijdelijke voorzieningen vlak na het uitvoeringstraject ook in de naastliggende uiterwaarden veranderingen in stroomsnelheden veroorzaken, omdat de oorspronkelijke debietverdeling tussen het zomerbed en de uiterwaard niet direct hersteld is. Deze veranderingen zullen klein zijn.

Bovenstaande effecten zijn afhankelijk van het type tijdelijke voorzieningen, de locatie in de uiterwaard (en daarmee de afstand tot de rivieras) en het lokale stromingspatroon.

Conclusie

Veranderingen in stroombeeld op de uiterwaarden zijn beperkt. Met name langs de hoogwaterrug neemt de stroomsnelheid af. Zeer lokaal, in de buurt van wegen en depots kan de stroomsnelheid toenemen. In de smalste delen van de rivier is ook een (beperkt) effect merkbaar in de hoofdgeul en op de uiterwaarde aan de andere zijde van de rivier.



4.3.3 Stroombeeld in de vaarweg

Het stroombeeld in de vaarweg verandert als volgt:

1. de stroomsnelheden nemen op verschillende plekken (merkbaar) toe. Doordat de tijdelijke voorzieningen de stroming in de uiterwaard beïnvloeden, zal er meer of minder water door het zomerbed stromen. Hoe verder de voorzieningen van de hoofdgeul af liggen, hoe kleiner de invloed op de dwarsstroming;
2. de tijdelijke voorzieningen dicht bij het zomerbed kunnen een relatief groot effect hebben op de dwarsstroming. Dit houdt in dat met name de loswallen het stroombeeld in de vaarweg beïnvloeden. Binnen een uitvoeringstraject is er dus vooral ter hoogte van de loswallen een effect te verwachten op de dwarsstroming. In de overige delen van de uitvoeringstrajecten speelt dwarsstroming nauwelijks rol, want de tijdelijke voorzieningen hebben hierop een zeer beperkt effect.

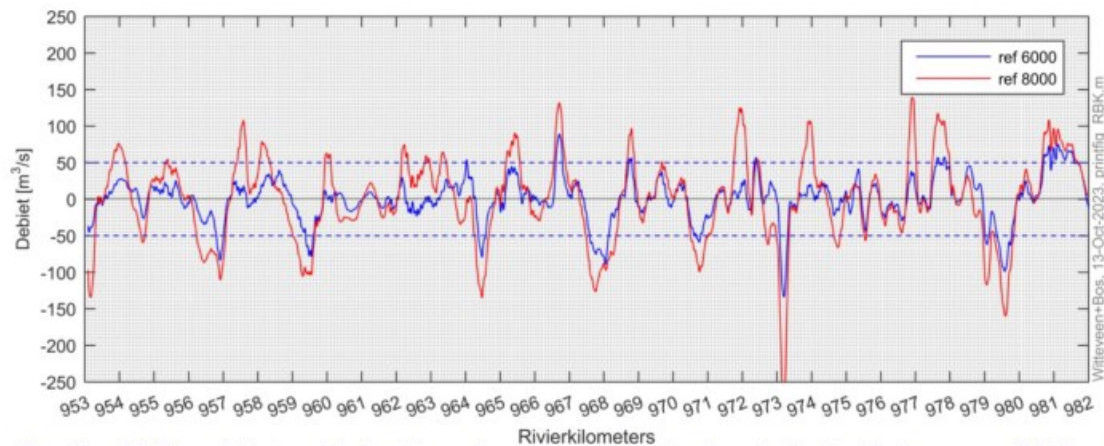
Er gelden twee criteria voor de dwarsstroming afhankelijk van het dwarsdebiet [ref 3]:

- criterium bij dwarsdebiet groter dan $50 \text{ m}^3/\text{s}$: dwarsstroming $< 0,15 \text{ m/s}$;
- criterium bij dwarsdebiet kleiner dan $50 \text{ m}^3/\text{s}$: dwarsstroming $< 0,30 \text{ m/s}$.

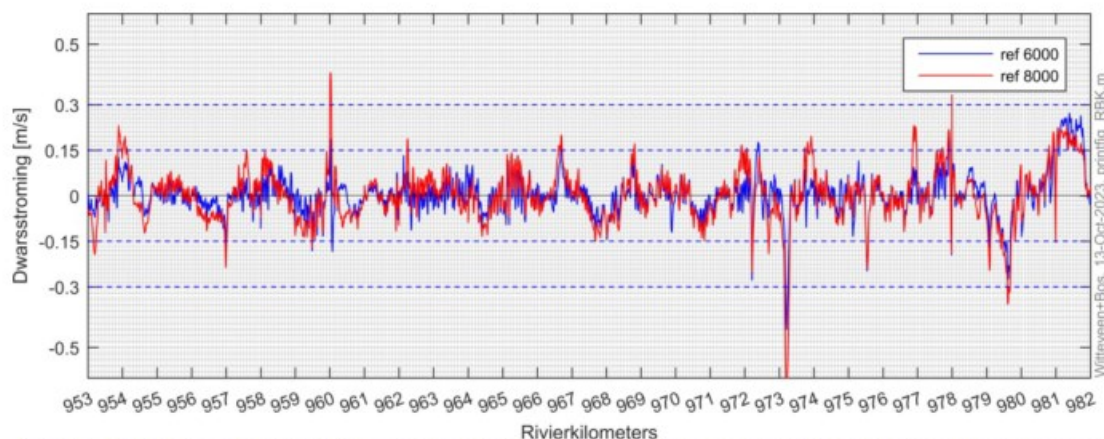
In paragraaf 2.3 is een overzicht gegeven van de definitieve locaties van de loswallen. De loswallen worden per dijktraject - en in relatie tot de stroombanen voor de referentiesituatie bij $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ - gepresenteerd in bijlage 7.2.⁴ In deze paragraaf wordt per loswallocatie benoemd wat de te verwachten dwarsstroomeffecten zijn. Voor een uitgebreide afweging en selectie van loswallocaties wordt verwezen naar [ref 8]. Hierbij is ook de dwarsstroming meegenomen in de afweging.

Of een tijdelijke toename in dwarsstroming problematisch is, hangt af van de referentiesituatie. In gebieden waar al een sterke dwarsstroming aanwezig is, is een verdere toename hiervan onwenselijk, met name vanwege nautische veiligheid. Mogelijke loswallocaties waar de situatie omtrent dwarsstroom al kritisch was, zijn zoveel mogelijk vervallen. Voor locaties waar de dwarsstroming toeneemt als gevolg van de tijdelijke maatregelen kunnen aanvullende maatregelen worden getroffen om de nautische veiligheid te waarborgen, zoals het plaatsen van waarschuwingsborden.

Ter volledigheid geven Afbeelding 4.3 en Afbeelding 4.4 het dwarsdebiet en de dwarsstroming weer voor de referentiesituatie bij $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$.



Afbeelding 4.3 Dwarsdebiet op de bakenlijn van de rechteroever in de referentiesituatie, bij afvoeren van 8.000 en $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Positief = richting uiterwaarde



Afbeelding 4.4 Dwarsstroming op de bakenlijn van de rechteroever in de referentiesituatie, bij afvoeren van 8.000 en 6.000 m³/s. Positief = richting uiterwaarde

Loswal LW955 (UT1: tussen krib 955,250R en 955,340R)

Het dwarsdebiet is op deze locatie beperkt doordat het traject relatief recht is. De stroombanen volgen de oriëntatie van de hoofdgeul. Het verwijderen van de kribben en het plaatsen van de ponton veranderen het stroombeeld, maar niet significant. In de referentie voldoet de locatie ruimschoots aan de dwarsstroomcriteria. Hierdoor worden op deze locatie geen problemen voorzien.

Loswal LW958,1 (UT2 + UT3: tussen krib 958,080R en 958,105R)

De ponton bij LW958,1 is niet aanwezig bij hogere afvoeren. De afgraving aan de noordzijde heeft een klein effect op de dwarsstroming. De dwarsstroming is in de referentie beperkt en voldoet ruimschoots aan de norm. Voor deze loswallocatie worden geen dwarsstromingsproblemen verwacht.

Loswal LW965 (UT4: bestaande loswal Wijhe ter hoogte van krib 965,020R)

Doordat er gebruik wordt gemaakt van een bestaande loswal, wordt geen verandering in dwarsstroming verwacht ten opzichte van de referentiesituatie.

Loswal LW966 (UT5: gestrekte oever tussen krib 966,160R en benedenstroomse uitstroom effluent, ter hoogte van 966,450R)

De loswal ligt op het punt waarop de dwarsstroming omslaat van richting. De locatie voldoet in de referentie (net) aan de dwarsstroomcriteria. De afgegraven oever verstoort het stroombeeld lokaal, maar zal niet tot een significante verslechtering van de dwarsstroming leiden.

Loswal LW969 (UT6: ter hoogte van 969,270R)

De rivier is op dit traject relatief recht. In de referentie is de dwarsstroming hier beperkt. De afgewogen loswallocaties bij UT6 waren daarom niet onderscheidend qua dwarsstroming.

Loswal LW971 (UT7: tussen krib 971,000R en 971,080R)

In de referentiesituatie stroomt het water voornamelijk bovenstrooms van de tijdelijke voorziening terug het zomerbed in. Het restant van het water dat verder stroomafwaarts terug het zomerbed instroomt zal dat door de tijdelijke voorzieningen eerder bovenstrooms doen. De dwarsstroming neemt daarom toe door de tijdelijke voorzieningen. Bij een afvoer van 6.000 m³/s is de dwarsstroming naar verwachting voldoende laag. Bij een afvoer van 8.000 m³/s voldoet de referentiesituatie precies en is overschrijding van het dwarsstroomcriterium niet uit te sluiten. Daarom worden aanvullende maatregelen aanbevolen, zoals waarschuwingsborden.

Loswal LW973 (UT8 + UT9: Ter hoogte van rkm 973,395R)

In de referentie is deze locatie al problematisch met betrekking tot dwarsstroming. Op deze locatie zijn geen aanpassingen van de oever voorzien. Aanwezige pontons worden vanaf 4.000 m³/s verwijderd en vormen dus ook geen obstructies vanaf middelhoge afvoeren. Daarnaast is er geen tot zeer beperkt extra effect door de werkweg.

Loswal LW975 (UT10: in invaart van Noordhaven Harculo)

De loswal en andere tijdelijke voorzieningen liggen niet dicht bij het zomerbed, waardoor er geen effect wordt verwacht op de dwarsstroming.

Loswal LW977 (UT11 + UT12: tussen krib 976,770R en 976,840R)

In de referentiesituatie is er op deze locatie een hoge uitstroom waarbij het dwarsstroomcriterium bij een afvoer van 8.000 m³/s overschreden wordt. De tijdelijke voorzieningen zullen de dwarsstromingspiek mogelijk enigszins naar het noorden verplaatsen.

Loswal LW979 (UT13 + UT14: ter hoogte van 979,180R)

Door de versmalling van de uiterwaard als gevolg van de IJsselbrug, ontstaat er in de referentiesituatie dwarsstroming richting het zomerbed, met name ter hoogte van de uitstroomopening van de nevengeul en direct bovenstrooms van de IJsselbrug. De loswal ligt tussen de IJsselbrug en de uitstroomopening van de nevengeul in op een plek waar de dwarsstroming in de referentiesituatie wel voldoet aan de dwarsstroomcriteria. Verwachting is dat de tijdelijke voorzieningen alleen een gering effect hebben ter plaatse van loswal, omdat de naast gelegen zomerkade hoger is. De uitstroom vanuit de nevengeul wordt niet gehinderd.

Loswal LW980 (UT15: Bestaande loswal aan linkeroever 979,850L)

Er wordt geen effect verwacht vanwege het gebruik van een bestaande loswal

Conclusie

De tijdelijke voorzieningen kunnen zorgen voor een lokale verandering in dwarsstroming ter hoogte van de loswallen. Op de locaties waar al een (te) sterke dwarsstroming heerst, kan tijdelijk de dwarsstroming verder toenemen. Tijdens de ontwerpfase zijn de disciplines nautiek en rivierkunde van Rijkswaterstaat betrokken geweest bij het afwegen en optimaliseren van loswallocaties. Tijdens de aanlegfase kan er altijd worden geanticipeerd op potentiële risico's voor nautische veiligheid door het plaatsen van waarschuwborden.

4.3.4 Effecten op afvoerverdeling IJsselkop

Voor de tijdelijke voorzieningen geldt dat bij een lage afvoer (O.L.A. = 1.020 m³/s) het water enkel in het zomerbed stroomt waar tijdelijke voorzieningen een verwaarloosbaar effect hebben. Daarnaast was de invloed op de afvoerverdeling op de IJsselkop al verwaarloosbaar bij de hoogwaterreferentie. De tijdelijke voorzieningen hebben om deze reden geen effect op de afvoerverdeling bij de O.L.A.

Conclusie

Er worden geen veranderingen verwacht met betrekking tot afvoerverdeling bij lage afvoeren ter plaatse van de IJsselkop als gevolg van de tijdelijke voorzieningen.

4.3.5 Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken

De tijdelijke voorzieningen zorgen voor een afname van het doorstroomoppervlak in de uiterwaarden. Dit betekent dat er geen water onttrokken wordt van het zomerbed.

Conclusie

De tijdelijke voorzieningen leiden niet tot onttrekking van water uit het zomerbed.

4.3.6 Waterstand en stroombeeld in vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren

In het geval van de tijdelijke voorzieningen zijn de effecten op de waterstand enkel te merken op de IJssel en zijn er al nagenoeg geen effecten meer op de IJsselkop. Dit betekent dat bij de grensregio er ook geen effecten meer merkbaar zijn van de tijdelijke voorzieningen.

Conclusie

De tijdelijke voorzieningen hebben geen effect op de waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio.



4.4 Analyse: Morfologische effecten

4.4.1 Sedimentatie en erosie van het zomerbed (en oevers)

Veranderingen in het stroombeeld binnen de vaargeul worden vooral veroorzaakt door de loswallen. De andere tijdelijke voorzieningen liggen in de meeste gevallen dusdanig van de hoofdgeul verwijderd, dat deze het stroombeeld in de vaargeul, en dus de morfologie, niet of nauwelijks beïnvloeden. Dit houdt in dat morfologische veranderingen vooral beperkt blijven tot locaties rondom de loswallen.

Voor de definitieve configuratie van loswallocaties (zie bijlage 7.2⁴) wordt hierna een kwalitatief oordeel gegeven over de te verwachten morfologische veranderingen en de gevolgen die dit heeft op de beschikbare waterdiepte. De beschikbare waterdiepte (c.q. norm) wordt gebaseerd op [ref 10]. Voor een uitgebreide afweging en selectie van alle loswallocaties wordt verwezen naar [ref 8]. Hierbij is ook de sedimentatie en erosie van het zomerbed meegenomen in de afweging.

Loswal LW955 (UT1: tussen krib 955,250R en 955,340R)

De loswal ligt in de buitenbocht van een flauwe rivierbocht, waar de waterdiepte op dit moment voldoet aan de norm. Aan de linkeroever ligt een stuk waar de zomerbedligging niet voldoet aan de norm. Het plaatsen van de loswal vraagt om verwijdering van een deel van de teen van twee kribben. De mate waarmee de teen opgeschoven wordt, is geminimaliseerd door vaarwegversmalling en toepassing van een smaller werkschip. Netto zal door de kribaanpassingen aanzanding ontstaan op een plek waar de waterdiepte al (te) gering is. Doordat de teen van twee kribben in oeverwaartse richting wordt opgeschoven, spant de sedimentatielengte over drie kribvlakken. Wegens de tijdelijke aard van de loswal blijft de ernst van deze sedimentatie beperkt. Daarnaast kan in de aanlegfase lokaal baggeronderhoud plaats kunnen vinden om de minimale vaardiepte te garanderen.

Loswal LW958,1 (UT2 + UT3: tussen krib 958,080R en 958,105R)

Loswal LW958,1 leidt alleen aan de noordzijde van de loswal tot sedimentatie (bij de noordelijke krib). Hier is volgens huidige waterdiepte enige ruimte voor sedimentatie.

Loswal LW965 (UT4: bestaande loswal Wijhe ter hoogte van krib 965,020R)

Om de diepgang te vergroten voor schepen die aanmeren bij de bestaande loswal Wijhe, wordt een deel van de rivierbedding verontdiept. De uitdieping vindt plaats in een gebied dat bij normale afvoeren stromingsluw is. Daarmee zorgt de verdieping voor verwaarloosbare veranderingen in stroomsnelheden in het zomerbed en heeft de loswal geen morfologisch effect bij lage afvoeren.

Loswal LW966 (UT5: gestrekte oever tussen krib 966,160R en benedenstroomse uitstroom effluent, ter hoogte van 966,450R)

De waterdiepte voldoet langs dit traject bijna overal ruimschoots. Indien een loskade wordt toegepast in plaats van een losponton, hoeft de oever daar niet afgegraven te worden en treedt er enige sedimentatie op aan de zuidzijde als gevolg van een lokale taludaanpassing. Tijdelijke erosie ter hoogte van de loskade leidt niet tot problemen.

Loswal LW969 (UT6: ter hoogte van 969,270R)

Bij LW969 kunnen de kribben in stand worden gehouden. Er is baggerwerk nodig ter plaatse van de afmeerplek en in de vaarweg is nauwelijks sedimentatieruimte. De extra sedimentatie is beperkt, maar kan leiden tot ontoereikende waterdiepte. Een mogelijke beheersmaatregel is het monitoren van de bodemligging en de vaarweg extra baggeren indien dit nodig is.

Loswal LW971 (UT7: tussen krib 971,000R en 971,080R)

Op deze locatie is er voldoende marge voor sedimentatie (> 50cm). De plaatsing van de loswal leidt daarom niet tot een overschrijding van de waterdieptenorm.

Loswal LW973 (UT8 + UT9: Ter hoogte van rkm 973,395R)

Voor deze loswal wordt er enkel een loskade toegevoegd. Als gevolg hiervan kan er tijdelijk erosie optreden. De mate van erosie is beperkt, waardoor de situatie voor nautiek en de situaties voor constructies in de uiterwaard veilig blijft. Het is onbekend of kabels en/of leidingen het zomerbed doorkruisen.



Loswal LW975 (UT10: in invaart van Noordhaven Harculo)

Deze loswal komt in de ingang naar de Noordhaven te liggen. Hiermee ligt de loswal uit de stroming en zal bij normale afvoeren daarom geen morfologische veranderingen tot gevolg hebben.

Loswal LW977 (UT11 + UT12: tussen krib 976,770R en 976,840R)

Deze loswal ligt in de buitenbocht in een gebied waarbij in de binnenbocht de waterdiepte niet voldoet. Tijdelijke erosie als gevolg van de loswal leidt daarmee niet tot problemen. Hierbij wordt opgemerkt dat de loswal buiten de vaargeul ligt. Optie is om als beheersmaatregel als onderdeel van de loswal het betreffende deel van de vaargeul te monitoren en te ploegen.

Loswal LW979 (UT13 + UT14: ter hoogte van 979,180R)

Waterdiepte voldoet niet aan de norm aan zijde van loswal. Door de plaatsing van een loswal is lokaal erosie te verwachten. Daardoor zijn er geen negatieve gevolgen voor morfologie te verwachten. Aan overzijde van LW979 is de vaarweg wel op diepte.

Loswal LW980 (UT15: Bestaande loswal aan linkeroever 979,850L)

Omdat er gebruik wordt gemaakt van een bestaande loswal, treden er geen bijkomende morfologische effecten op.

De hierboven voorzieningen zijn tijdelijk van aard. Morfologische effecten zijn alleen significant als de lokale sedimenttransportcapaciteit groot is. Dit gebeurt als er gedurende de uitvoeringsjaren een tenminste bovengemiddelde afvoer (Bovenrijnafvoer van $>4.000 \text{ m}^3/\text{s}$) passeert. In het geval dat dit gebeurt, zal na afronding van een aanlegfase (als de tijdelijke voorzieningen zijn weggehaald) de bodemligging op den duur gaan naar de evenwichtsbodemligging horende bij de nieuwe, permanente situatie waarin de dijkversterking is uitgevoerd. Op locaties waar de verwachting is dat er te veel tijdelijke, lokale morfologische ontwikkelingen optreden ten gevolge van de loswallen, kan gemonitord worden en - indien nodig - baggeronderhoud worden uitgevoerd.

Conclusie

Als er een bovengemiddeld hoge afvoer optreedt tijdens de aanlegfase kunnen er morfologische ontwikkelingen optreden als gevolg van de tijdelijke voorzieningen. In de meeste gevallen leiden de voorziene morfologische ontwikkelingen niet tot knelpunten in de rivier. Op locaties waar knelpunten worden verwacht, wordt aangeraden te monitoren en baggeronderhoud te plegen, indien nodig.

Eventuele morfologische veranderingen zijn van tijdelijke aard, omdat de bodemligging zal bewegen naar de bodemligging horende bij de nieuwe, permanente situatie nadat de aanlegfase is afgerond.

4.4.2 Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

De tijdelijke voorzieningen kunnen effect hebben op de morfologie in de uiterwaard. Waarbij de exacte sedimentatie en erosie afhankelijk is van het uitvoeringstraject, de waterstand en het lokale stroombeeld. Over het algemeen hebben de meeste tijdelijke voorzieningen een lokale afname in stroomsnelheid tot gevolg. Hierbij zal sedimentatie ontstaan. In de gebieden waar de stroomsnelheid in de uiterwaard merkbaar toeneemt (vooral op- en rondom de tijdelijke voorzieningen), kan er erosie ontstaan.

Door de aanwezigheid van de hoogwaterrug is de dijk beschermt tegen erosie. In het geval dat het water over de hoogwaterrug heen stroomt, kan er sedimentatie ontstaan op de werkwegen. Dit levert geen knelpunten op omdat deze mate van sedimentatie beperkt zal zijn, en werkwegen eenvoudig schoon te vegen zijn.

De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld stroomt alleen mee bij afvoeren hoger dan $12.000 \text{ m}^3/\text{s}$, waardoor de kans klein is dat dit voor komt gedurende de aanlegfase van 5 jaar. De gevolgen zijn afhankelijk van welke uitvoeringstrajecten er op dat moment in uitvoering zijn. Alleen uitvoeringstrajecten die benedenstrooms liggen van het instroompunt van de hoogwatergeul hebben namelijk invloed. Als gevolg van de tijdelijke voorzieningen op die trajecten zou er meer afvoer door de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gaan waardoor de hoeveelheid erosie en sedimentatie in de hoogwatergeul kan toenemen ten opzichte van de referentiesituatie.

Conclusie

Er worden geen problematische morfologische effecten verwachten op de uiterwaarden en in de nevengeulen.



5 Conclusies

5.1 Introductie

Tijdens de aanlegfase van dijkversterking Zwolle - Olst worden tijdelijke voorzieningen geplaatst in de uiterwaarden van de IJssel. Deze tijdelijke voorzieningen bevinden zich binnen - in totaal - 15 uitvoeringstrajecten. Uit de voorlopige uitvoeringsplanning blijkt dat de uitvoeringsduur voor elk uitvoeringstraject langer is dan 6 maanden. Hier moeten voor alle tijdelijke voorzieningen (gebundeld per uitvoeringstraject) in kaart worden gebracht welke rivierkundige effecten deze tijdelijke voorzieningen tot gevolg kunnen hebben.

Deze rapportage behandelt de effectenbeoordeling van alle tijdelijke voorzieningen die na ontwerploop 2 zijn vastgesteld. Het merendeel van de effecten is kwalitatief beoordeeld. Bij deze beoordeling bouwt voort op eerder uitgevoerde WAQUA-simulaties voor één uitvoeringstraject, en maakt gebruik van inzichten die in eerdere fases van dit project zijn opgedaan.

De rivierkundige effecten zijn in beeld gebracht aan de hand van de drie rivierkundige hoofdthema's: hoogwaterveiligheid, hinder en schade en morfologie. De belangrijkste bevindingen voor deze thema's worden hieronder toegelicht.

5.2 Hoogwaterveiligheid

5.2.1 Hoogwaterreferentie op de as van de rivier

Tijdens de aanlegfase zullen in maximaal vier uitvoeringstrajecten tegelijkertijd tijdelijke voorzieningen aanwezig zijn in de uiterwaarden van de IJssel. Daarom zijn - naast opstuwingeffecten ten gevolge van individuele uitvoeringstrajecten - ook gecombineerde opstuwingeffecten van belang. Aan de hand van analytische stuwkrommeberekeningen zijn de gecombineerde opstuwingeffecten voor alle mogelijke combinaties uitvoeringstrajecten (bestaande uit 4 simultane trajecten) bepaald. Hieruit volgt dat de maximale opstuwing op de rivieras gedurende de aanlegfase is ingeschat op 5,0 cm bij hoogwaterreferentie.

5.2.2 Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier

Naast waterstandseffecten op de as, zijn ook de waterstandseffecten buiten de rivieras beoordeeld. Aan de hand van de WAQUA-simulatie voor uitvoeringstraject 1 is vastgesteld dat lokaal, rondom de voorzieningen de waterstandseffecten groter kunnen uitvallen dan op de as. Dit is vooral voor de voorzieningen dicht bij de dijk van belang. Hier kan de opstuwing 1 - 2 cm lokaal hoger uitvallen dan de opstuwing op de rivieras.

De maximale tijdelijke opstuwing is voorgelegd aan de waterkeringbeheerders van Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Rijn & IJssel en Waterschap Drents Overijsselse Delta. Deze waterkeringbeheerders voorzien geen problemen en zijn akkoord met deze effecten.

5.2.3 Afvoerverdeling IJsselkop

Resterende waterstandsveranderingen ter plaatse van de IJsselkop zijn dermate laag, dat de resulterende verandering in afvoerverdeling op de IJsselkop verwaarloosbaar is tijdens de aanlegfase.

5.2.4 Invloed op ijsafvoer

Sommige tijdelijke voorzieningen zouden een obstakel kunnen zijn voor de geleidelijke afvoer van ijs, met name de depots. De depots zijn in veel gevallen al geoptimaliseerd om zo optimaal mogelijk in de stroming van de rivier te liggen. De hoogwaterruggen liggen parallel aan de stroomlijnen. De kans op ijsafvoer gedurende de aanlegfase is zeer klein.



5.3 Hydraulische hinder en schade

5.3.1 Waterstanden en inundatiefrequentie van de uiterwaarden

De uiterwaarden in de nabijheid van het projectgebied zullen tijdens de aanlegfase gemiddeld hooguit één dag per jaar vaker inunderen. Dit is het gevolg van de tijdelijke voorzieningen in de uiterwaarden die leiden tot een maximale opstuwing van ongeveer 5 cm.

5.3.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Veranderingen in stroombeeld op de uiterwaarden zijn beperkt. Met name langs de hoogwaterruggen neemt de stroomsnelheid af. Zeer lokaal, in de buurt van wegen en depots kan de stroomsnelheid toenemen. In de smalste delen van de rivier is ook een (beperkt) effect merkbaar in de hoofdgeul en op de uiterwaarde aan de andere zijde van de rivier.

5.3.3 Stroombeeld in de vaarweg

Binnen een uitvoeringstraject is er vooral ter hoogte van de loswallen een effect te verwachten op de dwarsstroming. Deze tijdelijke voorzieningen kunnen zorgen voor een lokale verandering in dwarsstroming ter hoogte van de loswallen. Op de locaties waar al een (te) sterke dwarsstroming heerst, kan tijdelijk de dwarsstroming verder toenemen. Tijdens de ontwerpfase zijn de disciplines nautiek en rivierkunde van Rijkswaterstaat betrokken geweest bij het afwegen en optimaliseren van loswallocaties. Tijdens de aanlegfase kan er altijd worden geanticipeerd op mogelijke risico's voor nautische veiligheid door het plaatsen van waarschuwingborden. Rondom loswal LW971 is dit mogelijk aan de orde. Voor de andere loswallen worden geen aanvullende risico's voor nautische veiligheid verwacht.

5.3.4 Afvoerverdeling IJsselkop bij O.L.A.

Tijdens deze afvoer zijn veranderingen in de waterstand verwaarloosbaar en worden daarom geen effecten verwacht op de afvoerverdeling ter plaatse van de IJsselkop.

5.3.5 Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken

De tijdelijke voorzieningen leiden tot een afname in doorstroomoppervlak. Daarom wordt er geen toename in onttrekking van water uit het zomerbed verwacht.

5.3.6 Waterstand en stroombeeld in vaargeul in Nederlands-Duitse grensregio

De tijdelijke voorzieningen hebben geen effect op de waterstand en stroombeeld in de vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio.

5.4 Morfologische effecten

5.4.1 Morfologische effecten in het zomerbed

Net als voor de dwarsstroming, zullen vooral rondom de loswallen morfologische effecten verwacht worden, omdat de aanwezigheid van deze voorzieningen van invloed kunnen zijn op het stroombeeld in het zomerbed. Morfologische effecten kunnen alleen optreden als de lokale sedimenttransportcapaciteit daartoe in staat is. Dit gebeurt als er gedurende de uitvoeringsjaren een (middel)hoge afvoer passeert. In het geval dat dit gebeurt, zal na afronding van een aanlegfase (als de tijdelijke voorzieningen zijn weggehaald) de bodemligging op den duur gaan naar de evenwichtsbodemligging horende bij de nieuwe, permanente situatie waarin de dijkversterking is uitgevoerd. Op locaties waar de verwachting is dat er te veel tijdelijke, lokale morfologische ontwikkelingen optreden ten gevolge van de loswallen, kan gemonitord worden en - indien nodig - baggeronderhoud worden uitgevoerd. Dit is mogelijk het geval voor loswallen LW955 en LW969. Voor de andere loswallen zijn geen knelpunten voorzien.



5.4.2 Morfologische effecten in het winterbed

De primaire waterkering wordt afgeschermd van erosie door de hoogwaterrug. Verder worden er op andere locaties ook geen problematische morfologische effecten verwacht op de uiterwaarden en in de nevengeulen.

5.5 Optimalisatieproces

Gedurende de voorbereiding van de dijkversterking zijn de ligging en geometrie van de tijdelijke voorzieningen geoptimaliseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van rivierkundige berekeningen uit een eerdere fase van dit project. Zo zijn locaties van depots komen te vervallen, of zijn de locaties aangepast. Ook zijn de vormen van de depots meer gestroomlijnd. Daarnaast is de hoogte van de hoogwaterruggen geoptimaliseerd en heeft er een continue dialoog met Rijkswaterstaat plaatsgevonden over de locaties van de loswallen en zijn hierbij ongunstige locaties komen te vervallen.



6 Referenties

- ref 1. IJsselwerken (2022). 'IJsselwerken Tijdelijke voorzieningen buitendijks - Quickscan rivierkundige effecten'. 1 april 2022, 2023-PNT-00703.
- ref 2. Witteveen+Bos (2019). 'Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - rivierkunde', 24 juni 2019, 105830/19-010.533, definitief 02.
- ref 3. Rijkswaterstaat (2019). Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren. Versie 5.0
- ref 4. Rijkswaterstaat (2018). Betrekkingslijnen Rijn. Versie 2018
- ref 5. Rijkswaterstaat (2007). Baseline maatregelen - Eisen en richtlijnen
- ref 6. IJsselwerken (2023). 'Rivierkundige effectbeoordeling Dijkversterking'21 juli 2023, 20293-RAP-01082.
- ref 7. [REDACTED] (2018). 1D analytical models for time dependent river evolution. Lecture Notes River Dynamics II. TU Delft.
- ref 8. IJsselwerken (2023). Vaarwegmanagementplan. Concept in bewerking, 20293-DMP-00231.
- ref 9. IJsselwerken (2023). Motivering en overwegingen Ontwerp Projectbesluit IJsselwerken ; dijkversterking IJsseldijk tussen Zwolle en Olst. Concept in bewerking, 20293-VGA-00346. .
- ref 10. Rijkswaterstaat (2019). Waterdieptekaarten Rijntakken RWS ON



7 Bijlagen



7.1 Onderverdeling uitvoeringstrajecten, dijkmodules en dijktrajecten

Uitvoeringstrajecten	Dijkmodules	Dijktrajecten
UT1	Zuid 1	Traject 1.1
		Traject 1.2
		Traject 2
		Traject 3
UT2	Zuid 2	Traject 4
		Traject 5.1
UT3	Zuid 3	Traject 5.2
		Traject 6
UT4	Midden-Zuid 1	Traject 7.1
		Traject 7.2
UT5	Midden-Zuid 2	Traject 8
		Traject 9a
UT6 (PP)	Midden-Zuid 3	Traject 9b
		Traject 10.1
UT7	Midden-Noord 1	Traject 10.2
		Traject 11
UT8	Midden-Noord 2	Traject 12.1
		Traject 12.2
		Traject 12.3
UT9	Midden-Noord 3	Traject 13.1a
		Traject 13.1b
UT10	Noord 1	Traject 13.2
		Traject 13.3
UT11		Traject 13.4
UT12		



UT13		Noord 2	
			Traject 14.1
			Traject 14.2
	UT14		Traject 14.3
UT15		Noord 3	Traject 15.1
			Traject 15.2
			Traject 15.2

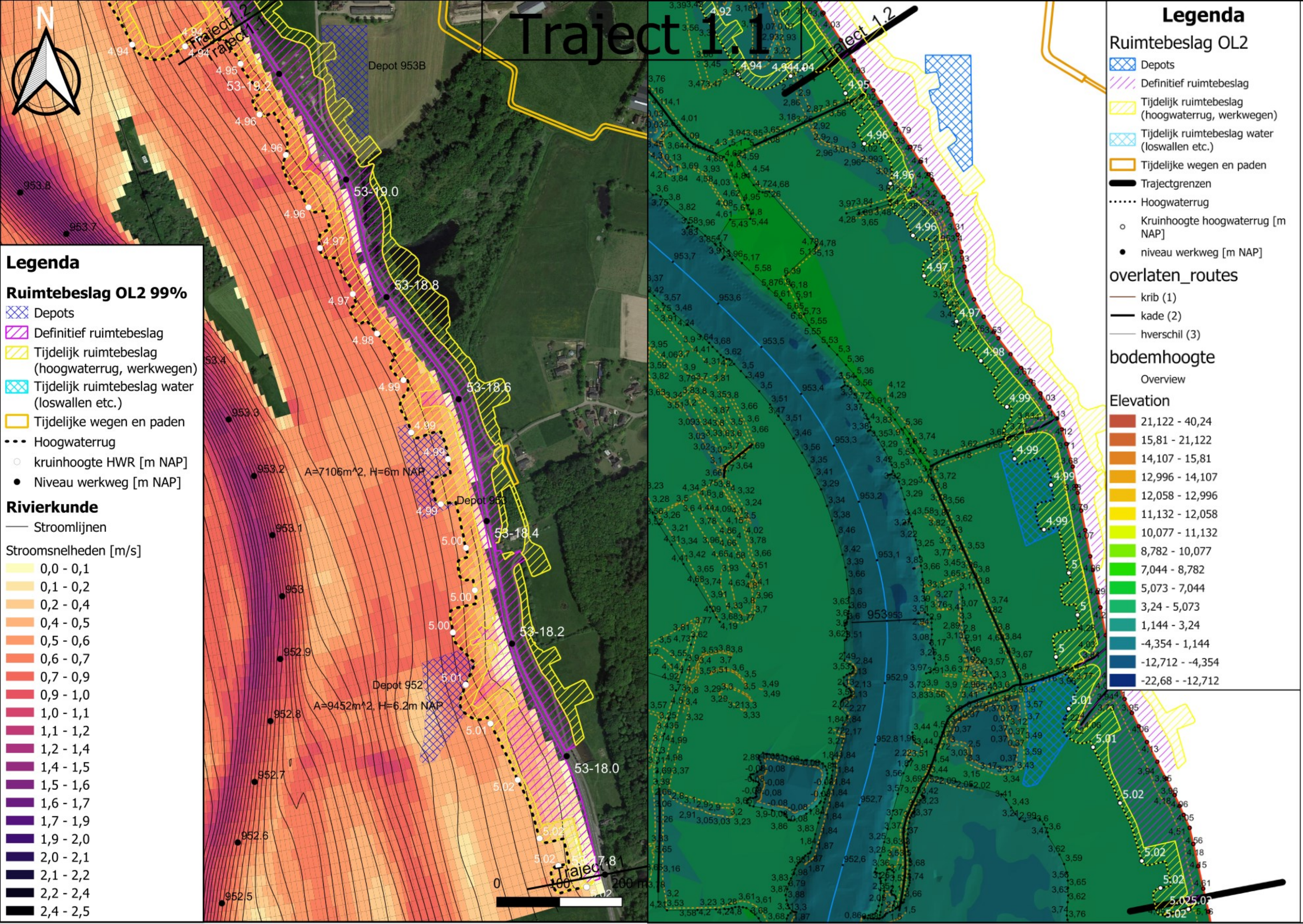


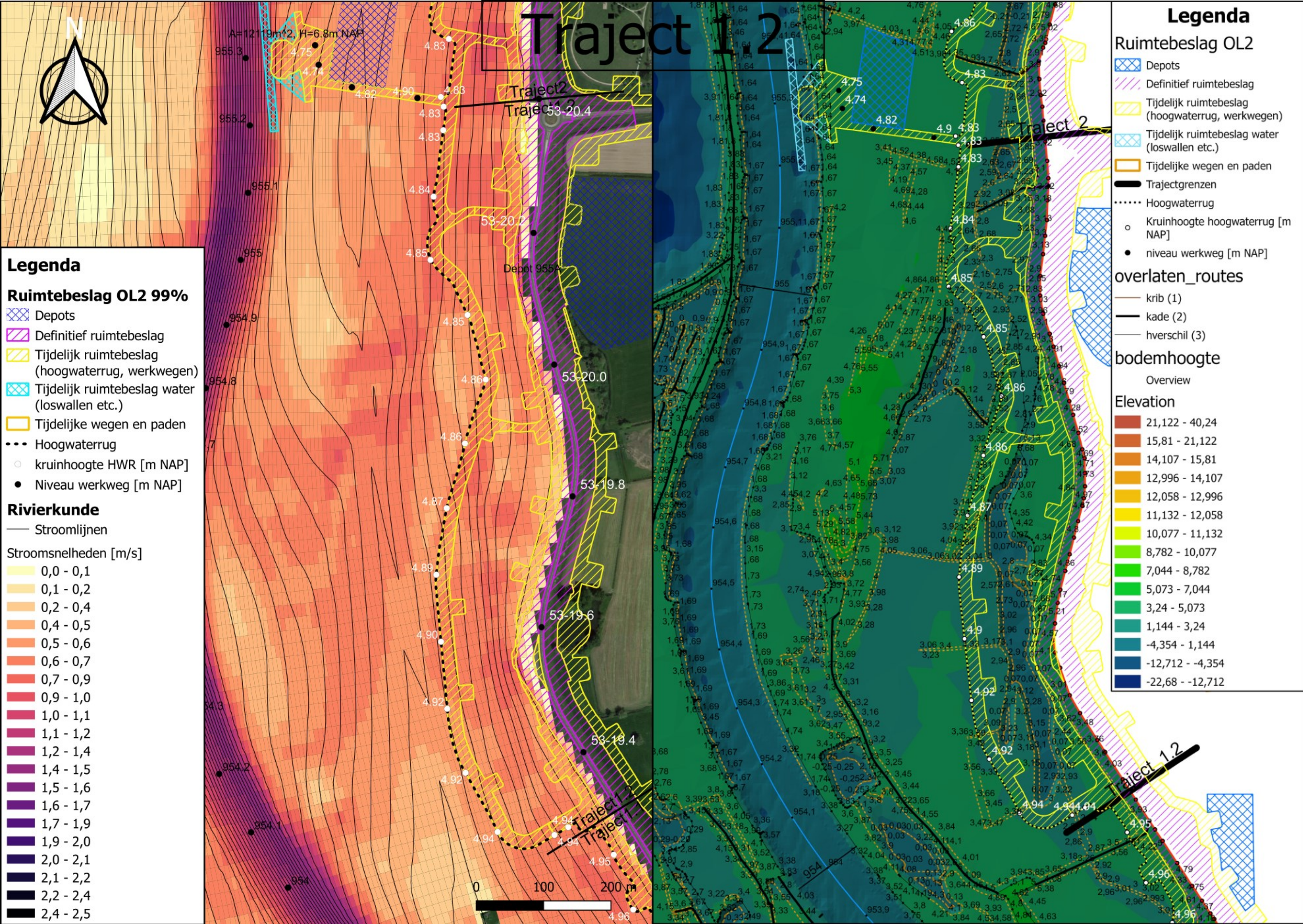
7.2 Tijdelijke voorzieningen per dijktraject⁴

De getoonde stroombanen behoren bij de referentiesituatie en worden gebruikt voor een kwalitatieve beoordeling van de rivierkundige effecten.

⁴ De kaarten in de bijlage bevatten titels met OL2 (99%). De inhoud van de bijlage is voor OL3 (100%) echter onveranderd ten opzichte van OL2 (99%). Deze bijlage is daarom ook van toepassing op OL3 (100%).









Traject 2

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

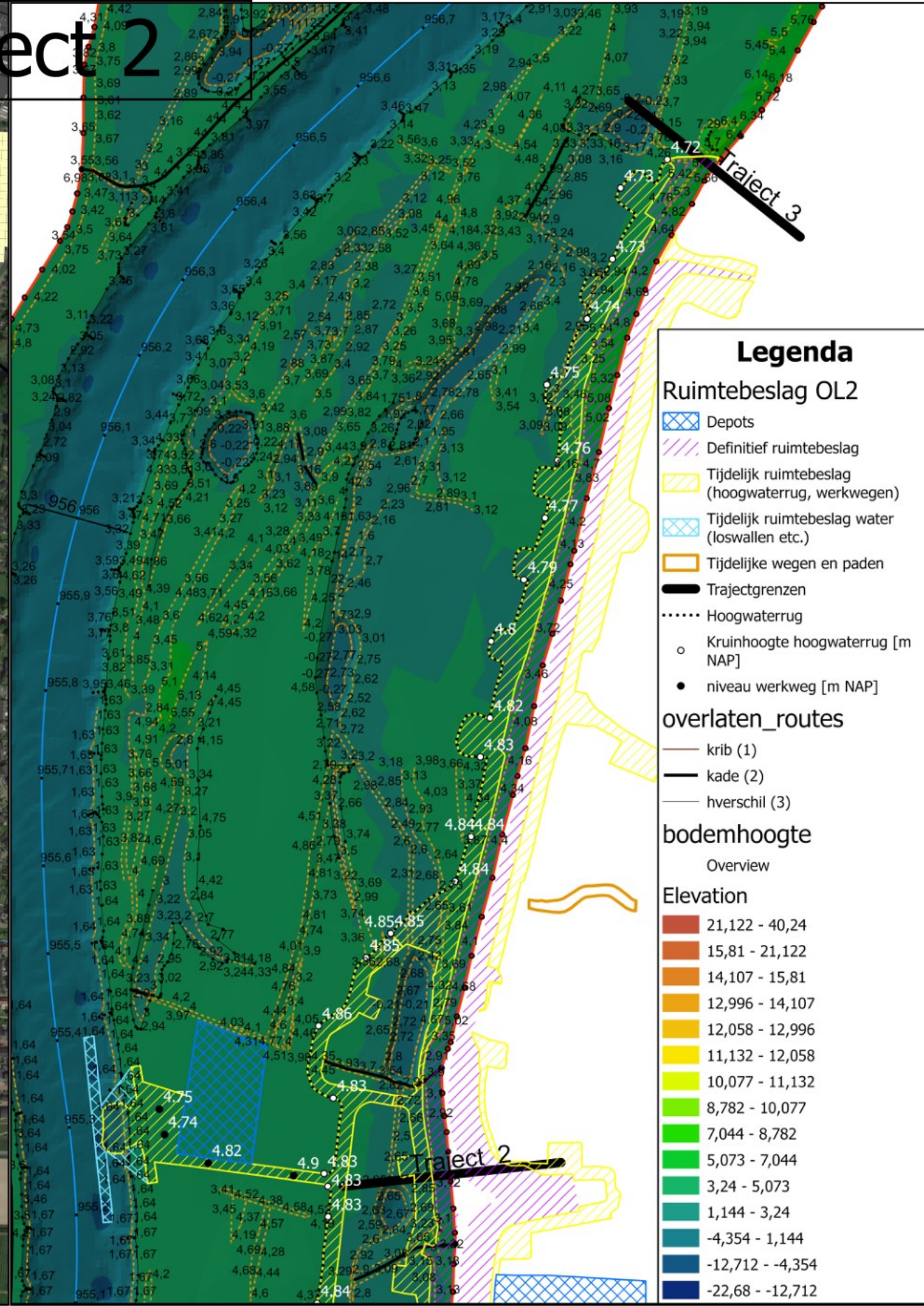
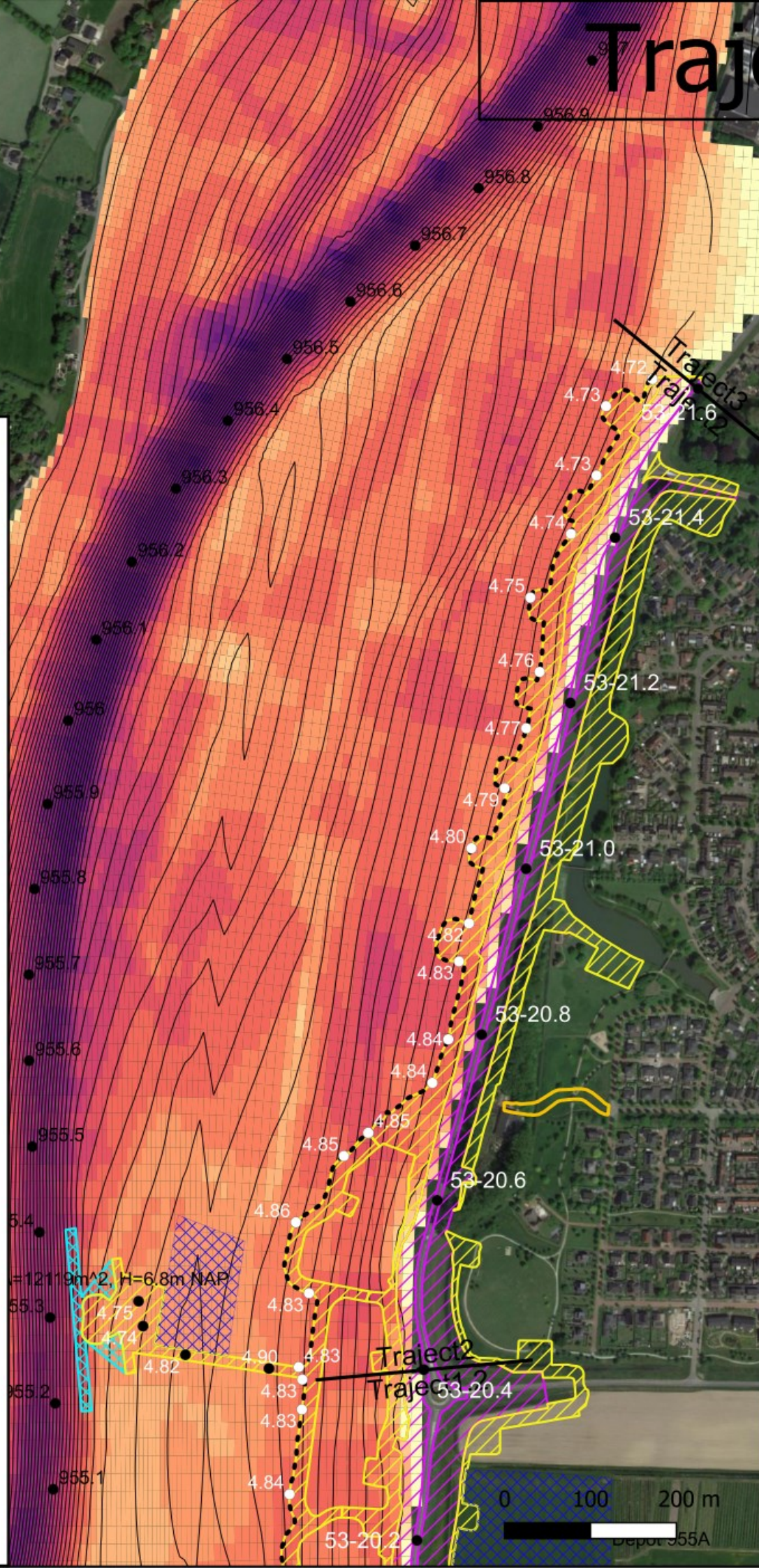
- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

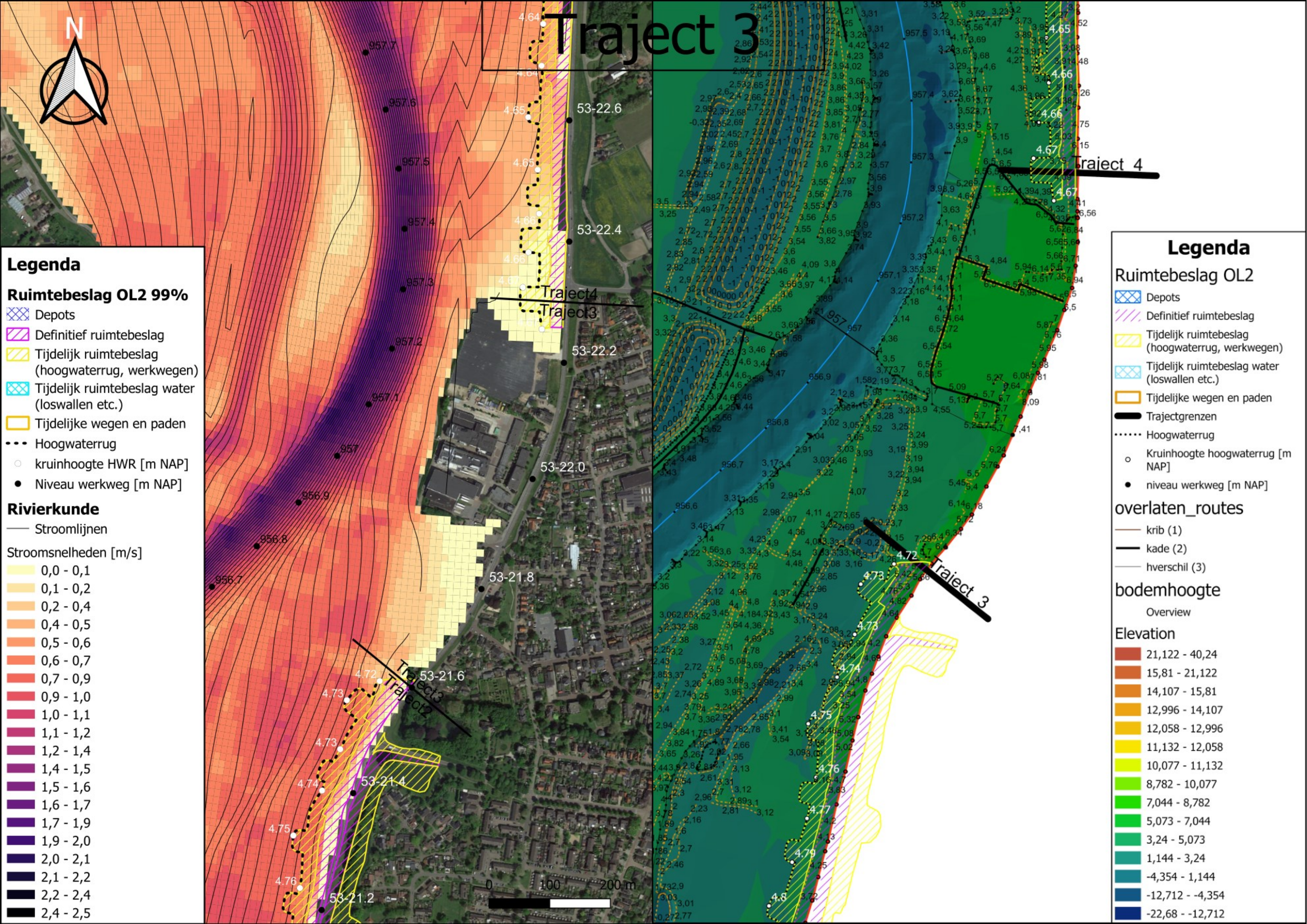
Rivierkunde

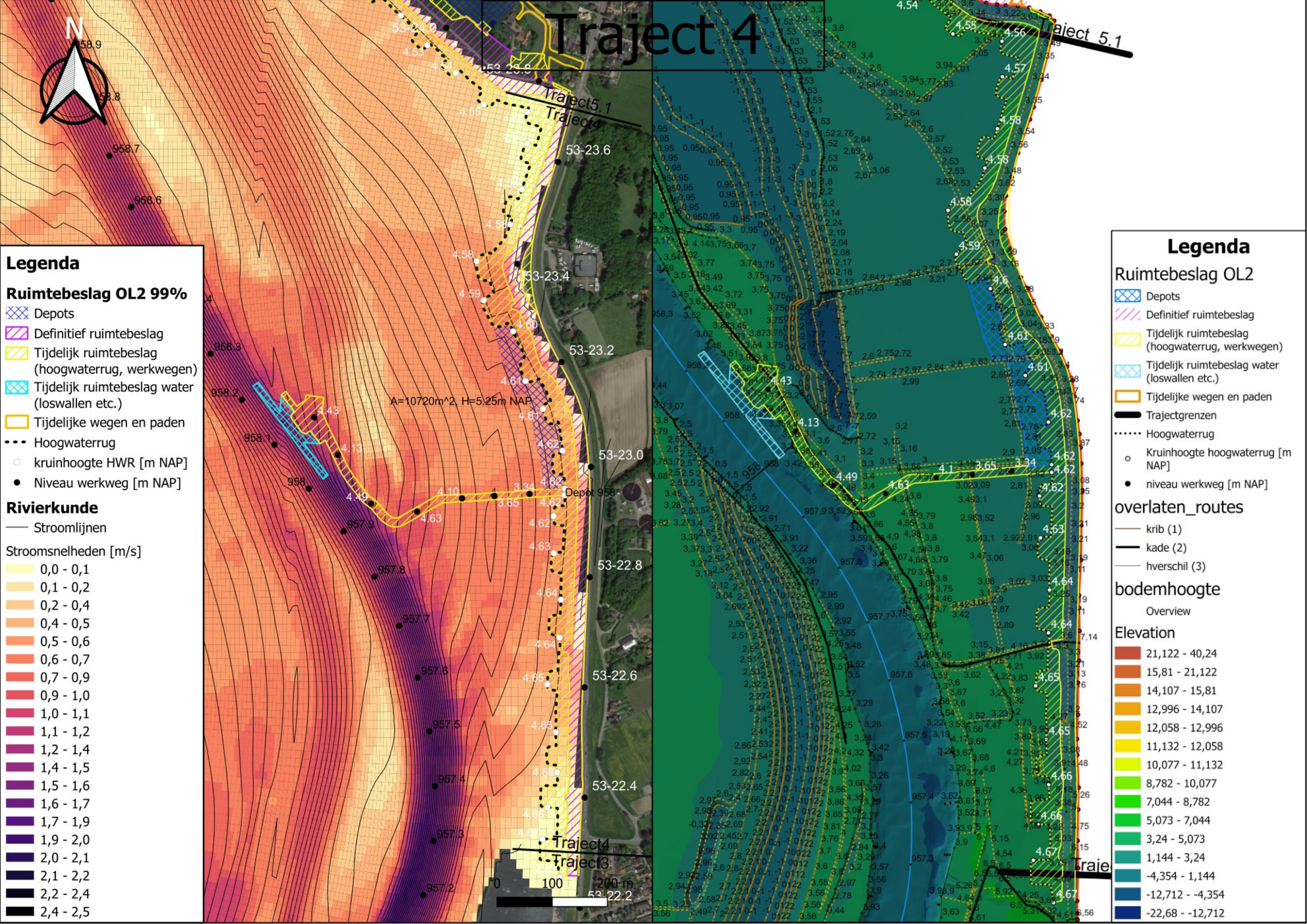
- Stroomlijnen

Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5







Traject 4

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

Depots

Definitief ruimtebeslag

Tijdelijk ruimtebeslag
(hoogwatterrug, werkwegen)

Tijdelijk ruimtebeslag water
(loswallen etc.)

Tijdelijke wegen en paden

Hoogwatterrug

kruinhoogte HWR [m NAP]

Niveau werkweg [m NAP]

RivierkundeStroomlijnen**Stroomsnelheden [m/s]**0,0 - 0,10,1 - 0,20,2 - 0,40,4 - 0,50,5 - 0,60,6 - 0,70,7 - 0,90,9 - 1,01,0 - 1,11,1 - 1,21,2 - 1,41,4 - 1,51,5 - 1,61,6 - 1,71,7 - 1,91,9 - 2,02,0 - 2,12,1 - 2,22,2 - 2,42,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

Depots

Definitief ruimtebeslag

Tijdelijk ruimtebeslag
(hoogwatterrug, werkwegen)

Tijdelijk ruimtebeslag water
(loswallen etc.)

Tijdelijke wegen en paden

Trajectgrenzen

Hoogwatterrug

Kruinhoogte hoogwatterrug [m NAP]

niveau werkweg [m NAP]

overlaten_routeskrib (1)kade (2)hverschil (3)**bodemhoogte**

Overview

Elevation21,122 - 40,2415,81 - 21,12214,107 - 15,8112,996 - 14,10712,058 - 12,99611,132 - 12,05810,077 - 11,1328,782 - 10,0777,044 - 8,7825,073 - 7,0443,24 - 5,0731,144 - 3,24-4,354 - 1,144-12,712 - -4,354-22,68 - -12,712

A=10720m², H=5.25m NAP

Depot 958

0 100 200 m



Traject 5.1

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

- Stroomlijnen

Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlaten_routes

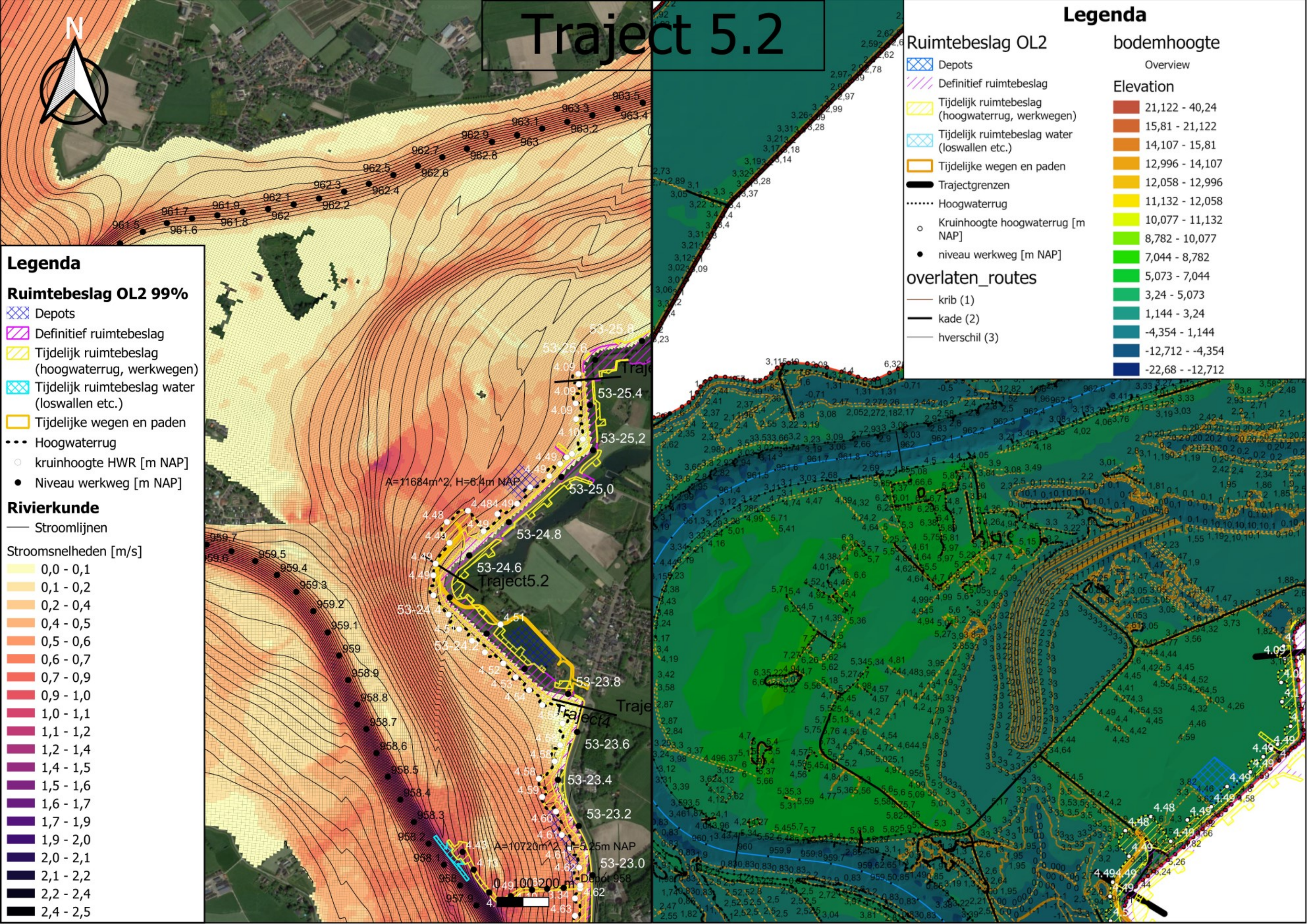
- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

Overview

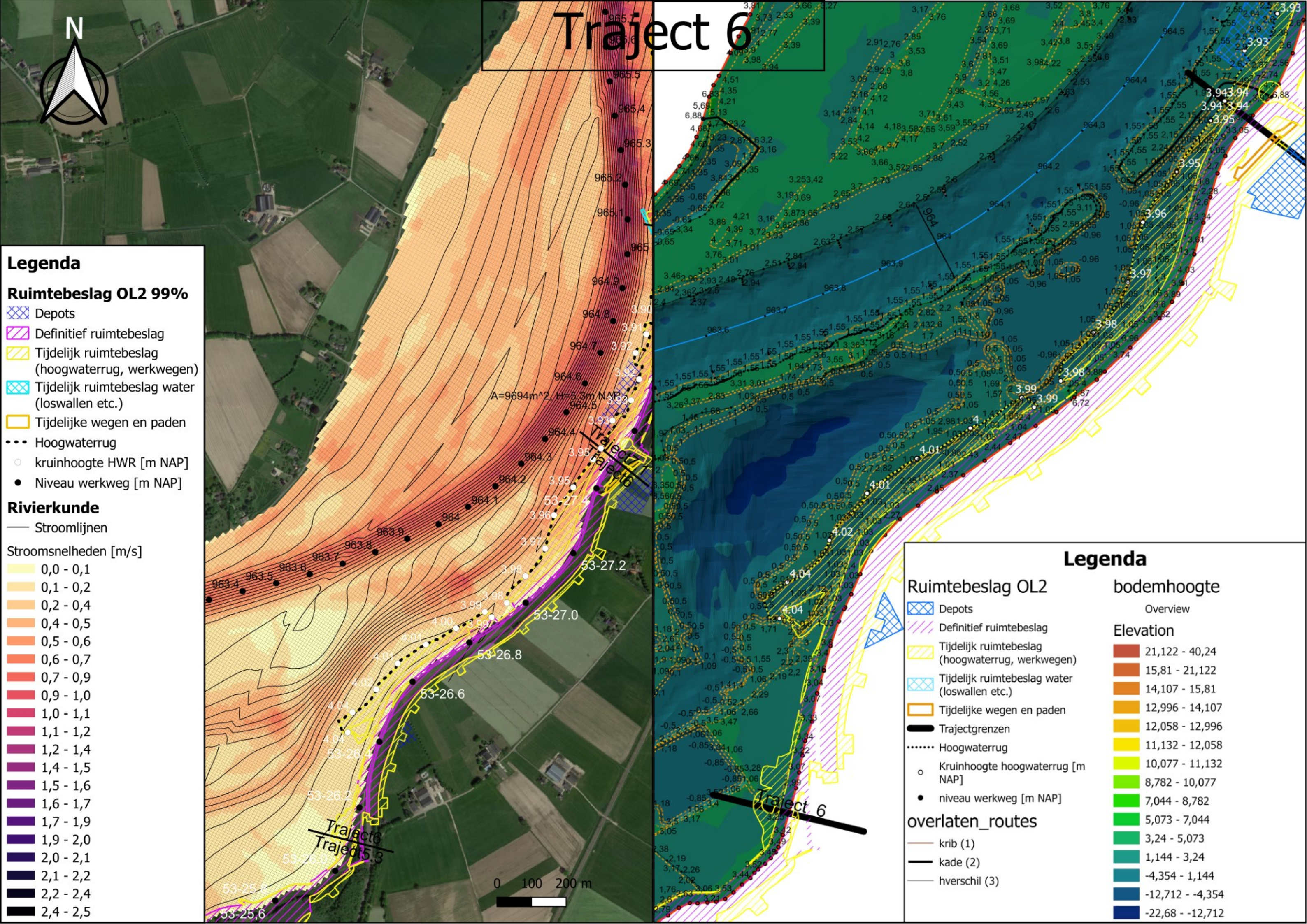
Elevation

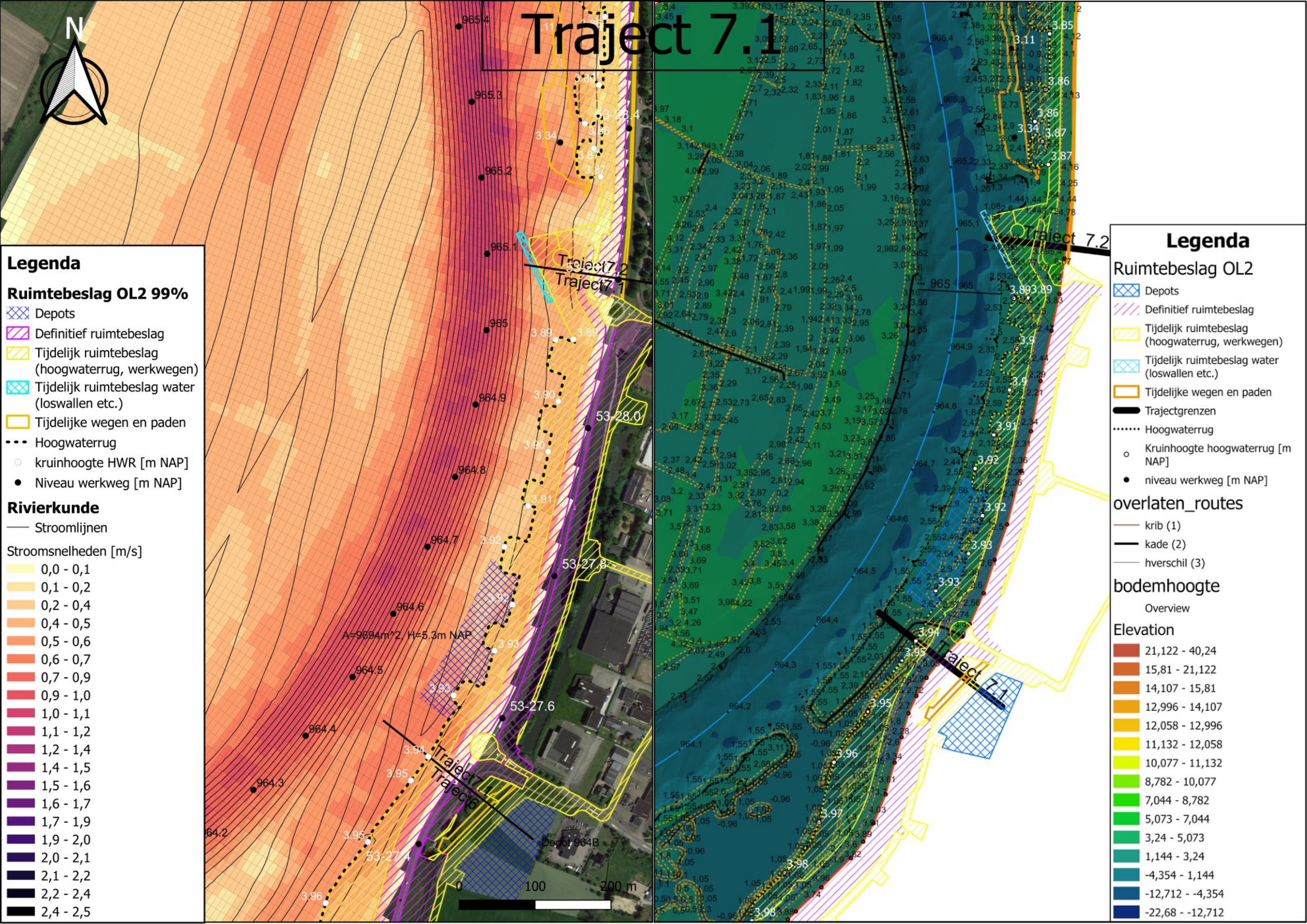
- 21,122 - 40,24
- 15,81 - 21,122
- 14,107 - 15,81
- 12,996 - 14,107
- 12,058 - 12,996
- 11,132 - 12,058
- 10,077 - 11,132
- 8,782 - 10,077
- 7,044 - 8,782
- 5,073 - 7,044
- 3,24 - 5,073
- 1,144 - 3,24
- 4,354 - 1,144
- 12,712 - -4,354
- 22,68 - -12,712



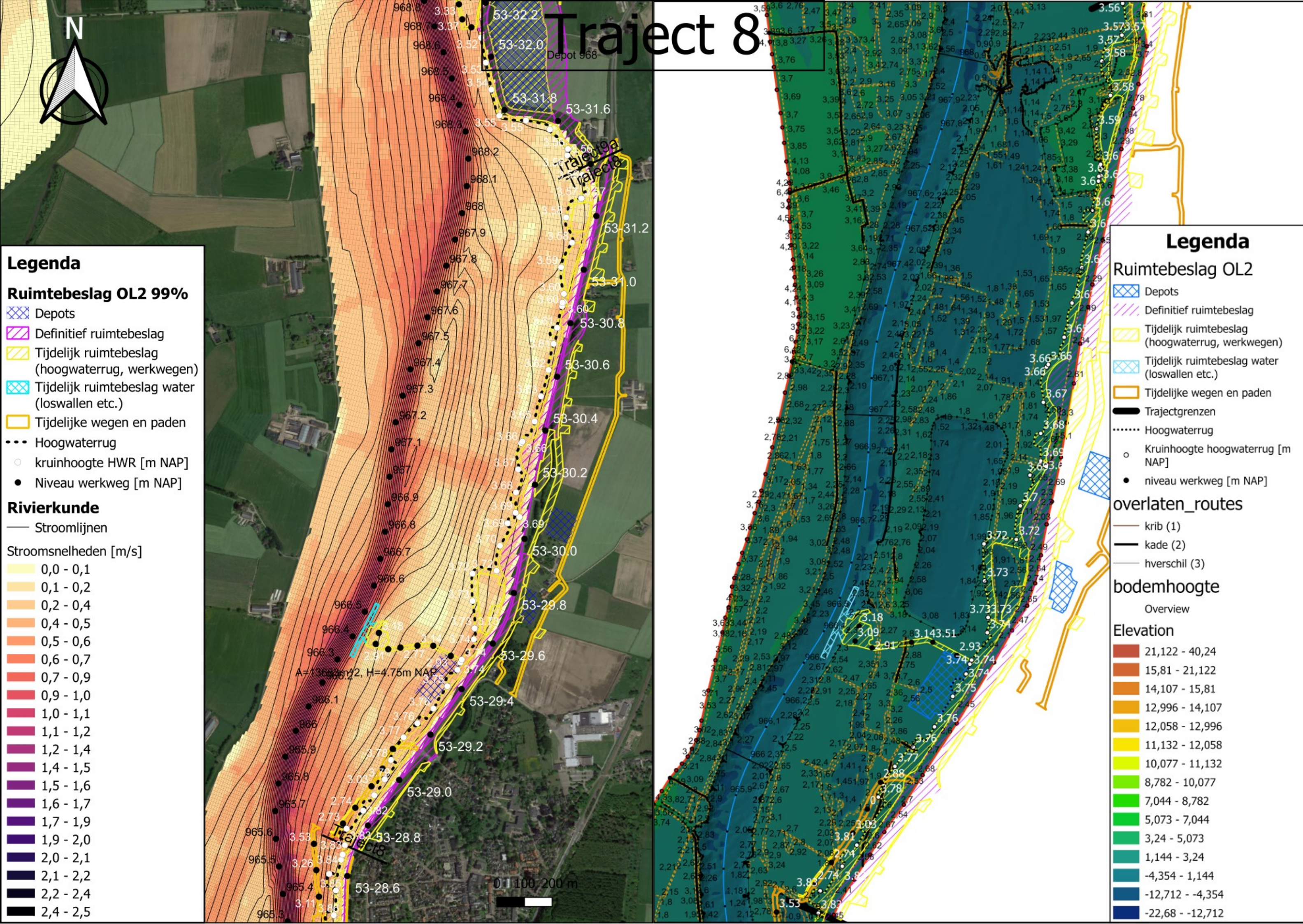


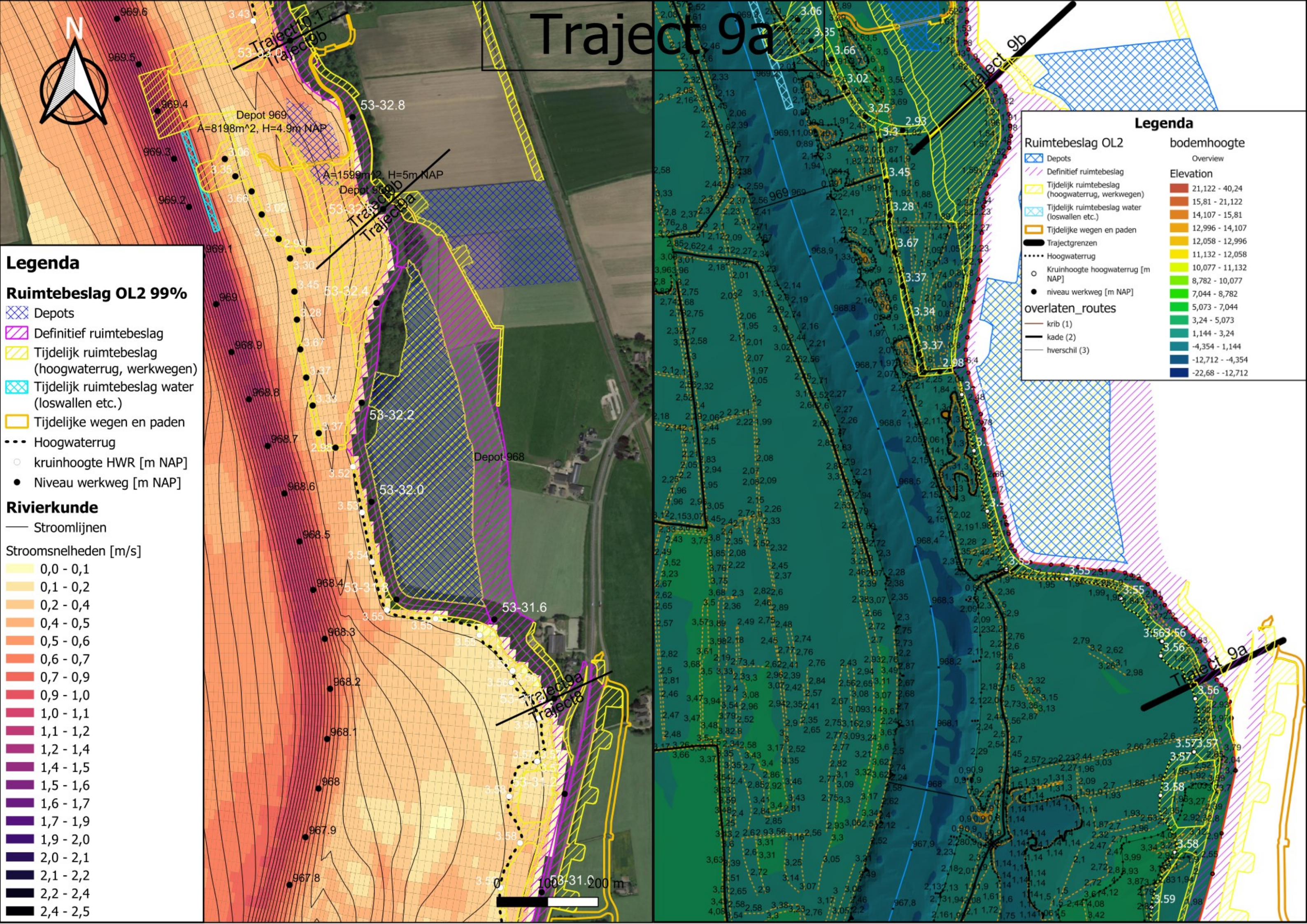
21,122 - 40,24
15,81 - 21,122
14,107 - 15,81
12,996 - 14,107
12,058 - 12,996
11,132 - 12,058
10,077 - 11,132
8,782 - 10,077
7,044 - 8,782
5,073 - 7,044
3,24 - 5,073
1,144 - 3,24
-4,354 - 1,144
-12,712 - -4,354
-22,68 - -12,712

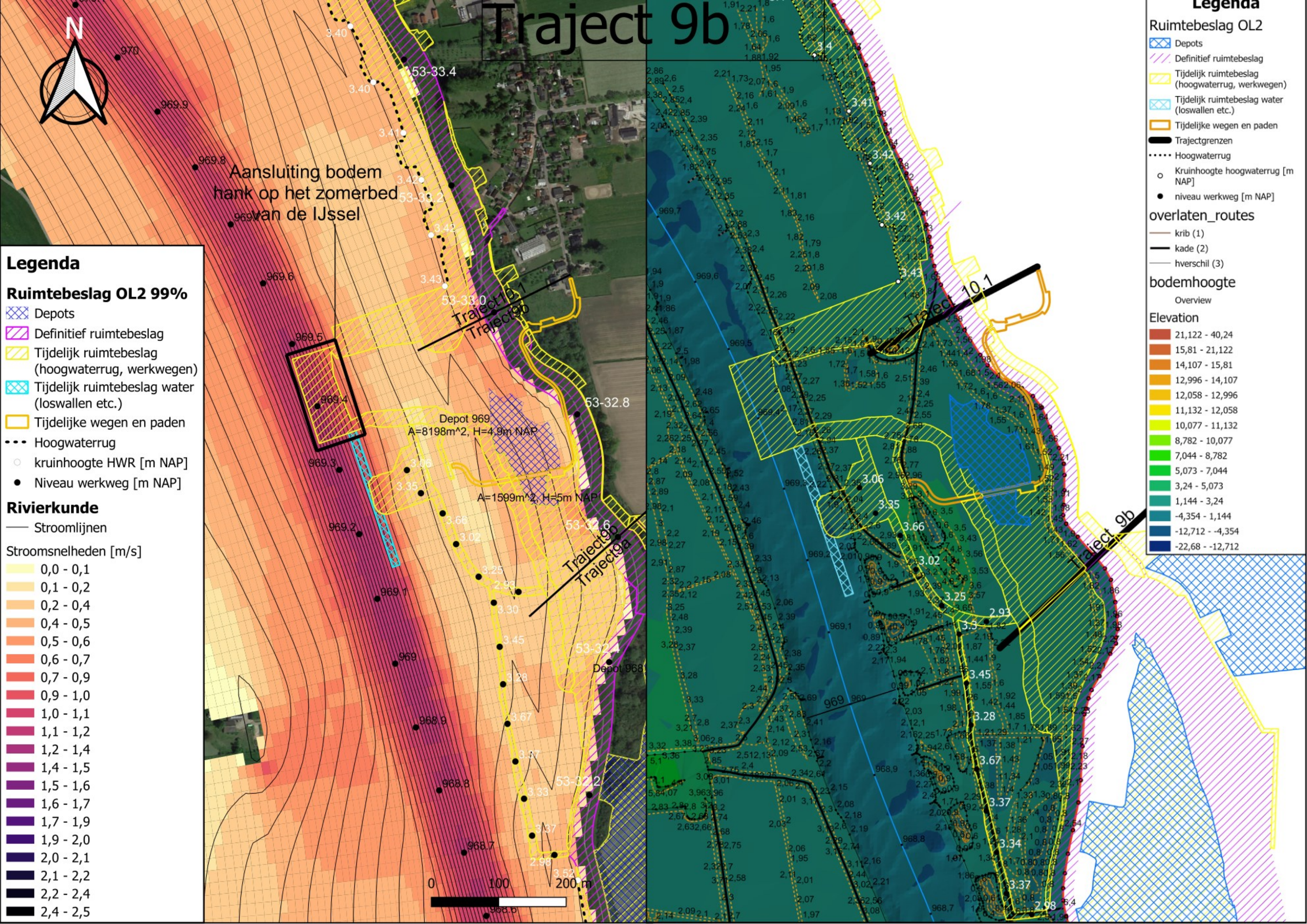












Traject 9b



Aansluiting bodem
hank op het zomerbed
van de IJssel

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

Depots

Definitief ruimtebeslag

Tijdelijk ruimtebeslag
(hoogwaterrug, werkwegen)

Tijdelijk ruimtebeslag water
(loswallen etc.)

Tijdelijke wegen en paden

Hoogwaterrug

kruinhoogte HWR [m NAP]

Niveau werkweg [m NAP]

RivierkundeStroomlijnen**Stroomsnelheden [m/s]**0,0 - 0,10,1 - 0,20,2 - 0,40,4 - 0,50,5 - 0,60,6 - 0,70,7 - 0,90,9 - 1,01,0 - 1,11,1 - 1,21,2 - 1,41,4 - 1,51,5 - 1,61,6 - 1,71,7 - 1,91,9 - 2,02,0 - 2,12,1 - 2,22,2 - 2,42,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

Depots

Definitief ruimtebeslag

Tijdelijk ruimtebeslag
(hoogwaterrug, werkwegen)

Tijdelijk ruimtebeslag water
(loswallen etc.)

Tijdelijke wegen en paden

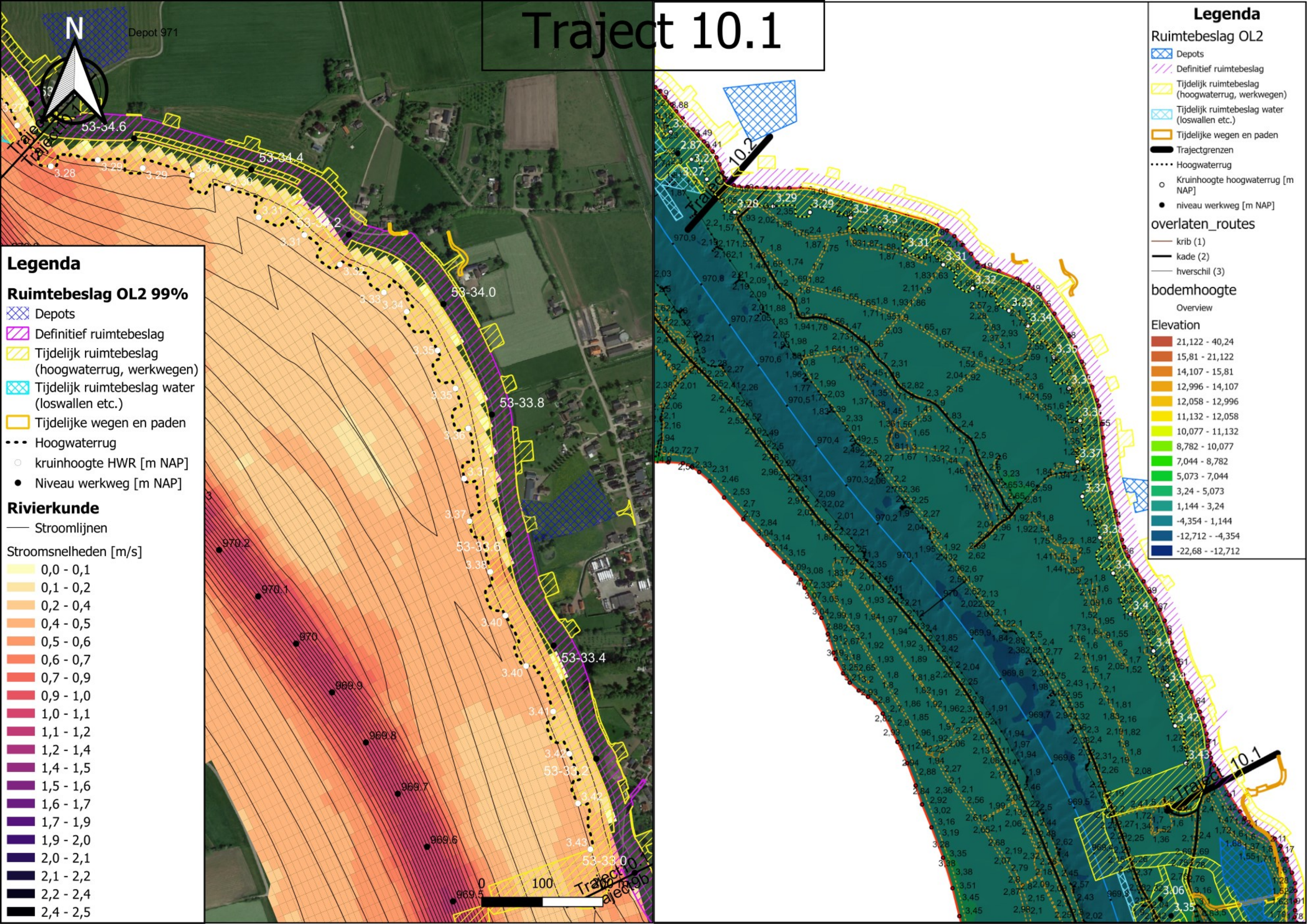
Trajectgrenzen

Hoogwaterrug

Kruinhoogte hoogwaterrug [m
NAP]

niveau werkweg [m NAP]

overlatten_routeskrib (1)kade (2)hverschil (3)**bodemhoogte****Overview****Elevation**21,122 - 40,2415,81 - 21,12214,107 - 15,8112,996 - 14,10712,058 - 12,99611,132 - 12,05810,077 - 11,1328,782 - 10,0777,044 - 8,7825,073 - 7,0443,24 - 5,0731,144 - 3,24-4,354 - 1,144-12,712 - -4,354-22,68 - -12,712



Traject 10.1

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlaten_routes

- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

Overview

Elevation

- 21,122 - 40,24
- 15,81 - 21,122
- 14,107 - 15,81
- 12,996 - 14,107
- 12,058 - 12,996
- 11,132 - 12,058
- 10,077 - 11,132
- 8,782 - 10,077
- 7,044 - 8,782
- 5,073 - 7,044
- 3,24 - 5,073
- 1,144 - 3,24
- 4,354 - 1,144
- 12,712 - -4,354
- 22,68 - -12,712

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

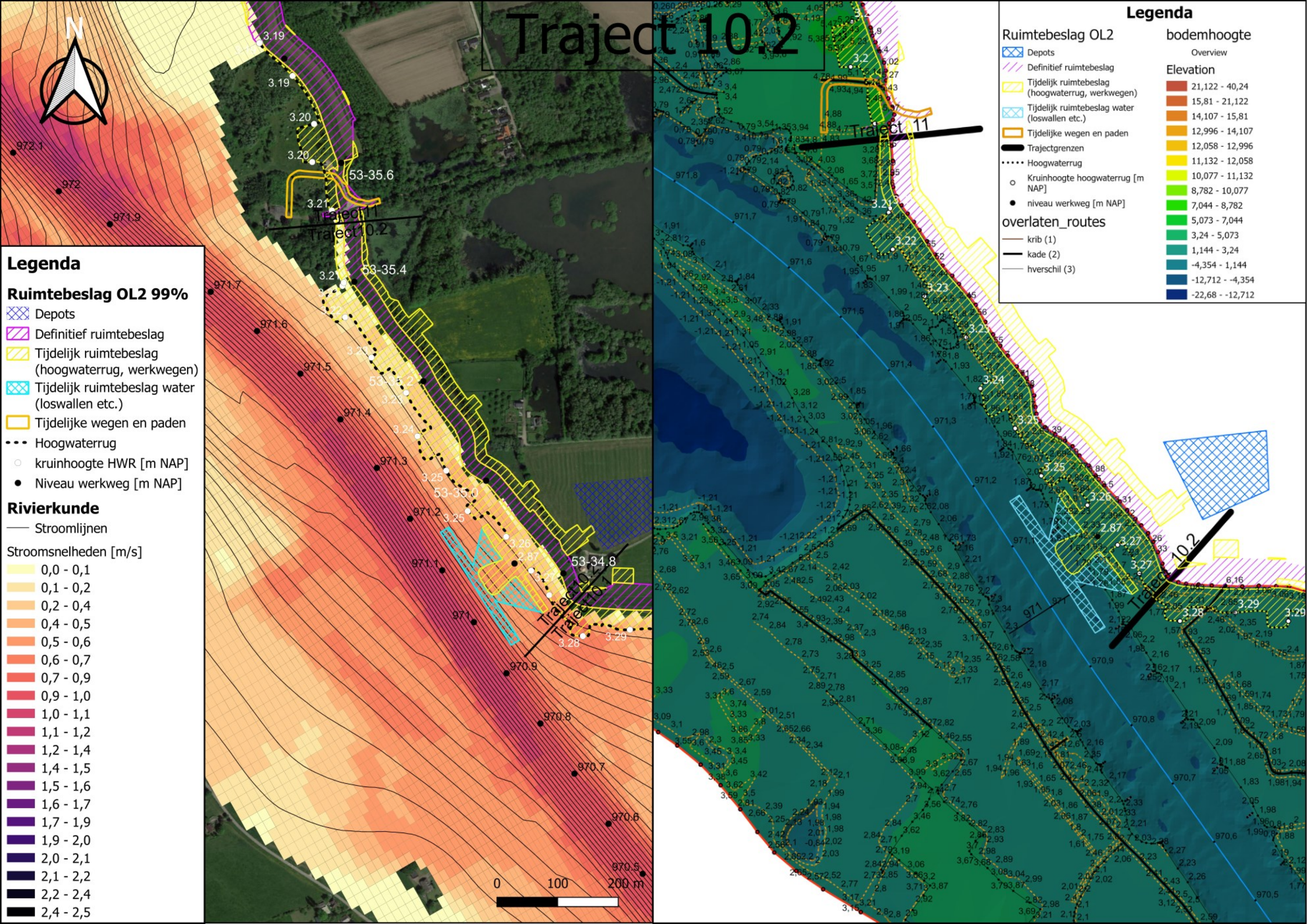
- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

Stroomlijnen

Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5



Traject 10.2

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlatten_routes

- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

Overview

Elevation

21,122 - 40,24
15,81 - 21,122
14,107 - 15,81
12,996 - 14,107
12,058 - 12,996
11,132 - 12,058
10,077 - 11,132
8,782 - 10,077
7,044 - 8,782
5,073 - 7,044
3,24 - 5,073
1,144 - 3,24
-4,354 - 1,144
-12,712 - -4,354
-22,68 - -12,712

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

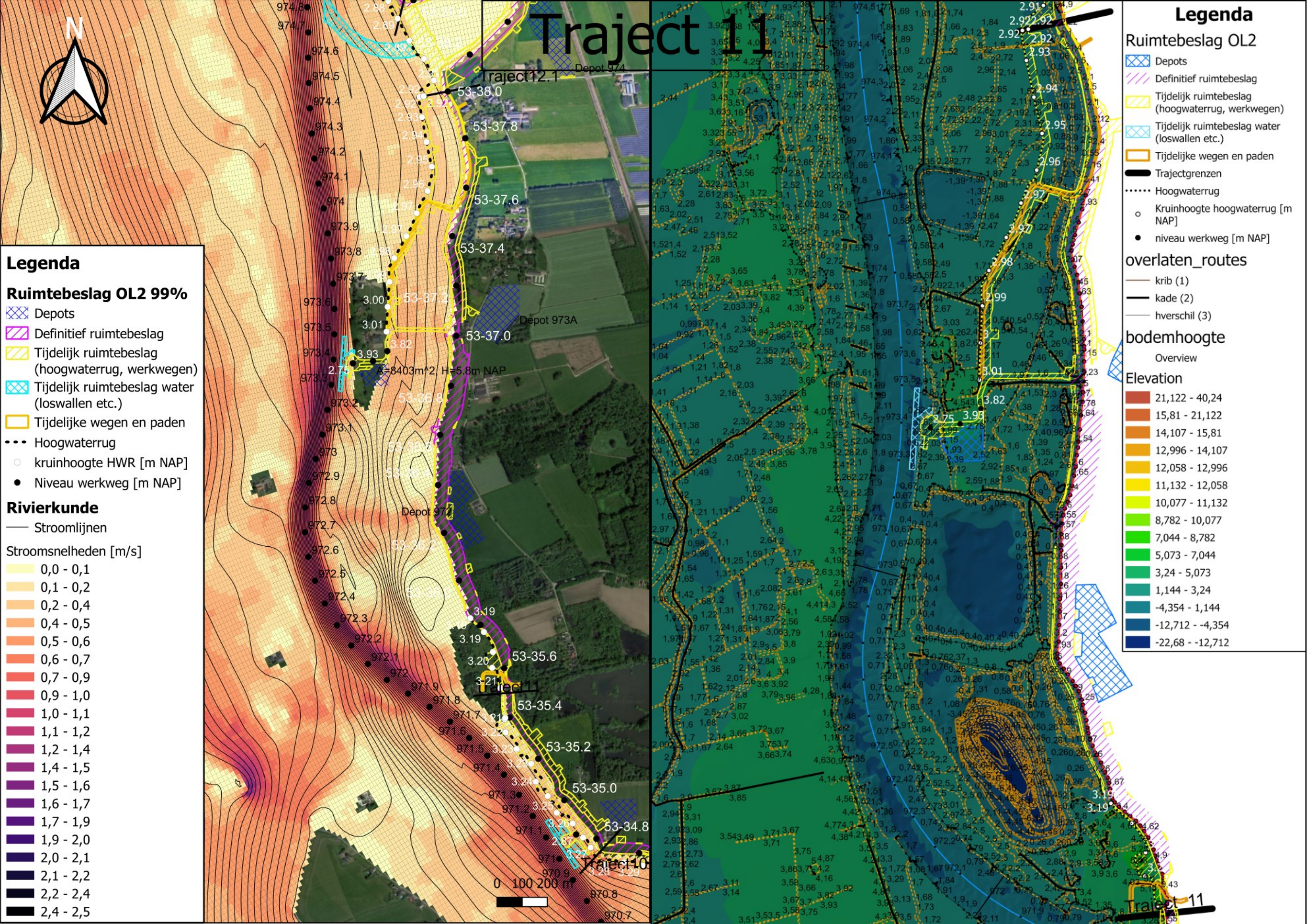
Rivierkunde

Stroomlijnen

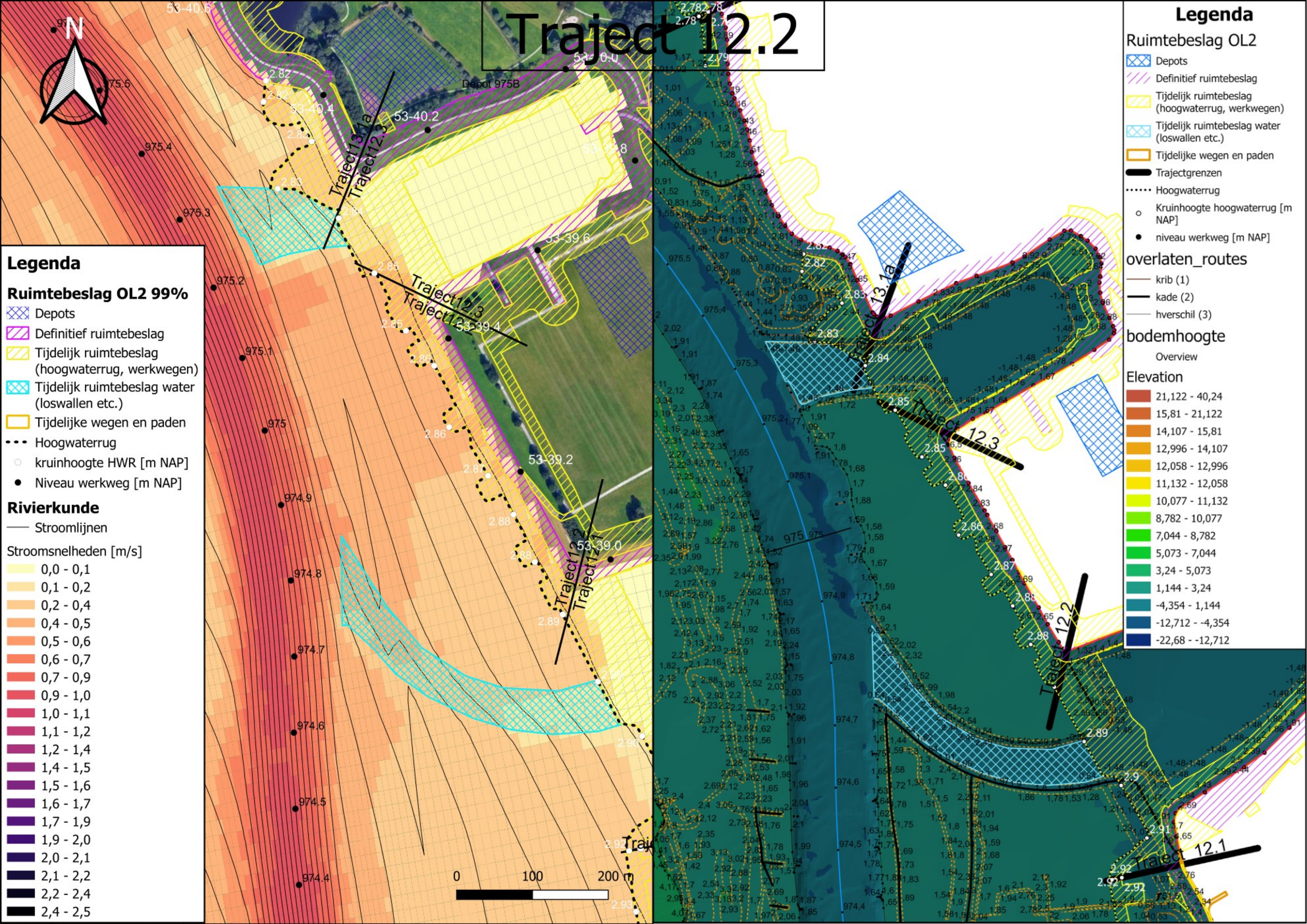
Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5

0 100 200 m







Traject 12.2



Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

- Stroomlijnen
- Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlatten_routes

- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

Overview

Elevation

- 21,122 - 40,24
- 15,81 - 21,122
- 14,107 - 15,81
- 12,996 - 14,107
- 12,058 - 12,996
- 11,132 - 12,058
- 10,077 - 11,132
- 8,782 - 10,077
- 7,044 - 8,782
- 5,073 - 7,044
- 3,24 - 5,073
- 4,354 - 1,144
- 12,712 - -4,354
- 22,68 - -12,712



Traject 12.3



Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

- Stroomlijnen

Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlaten_routes

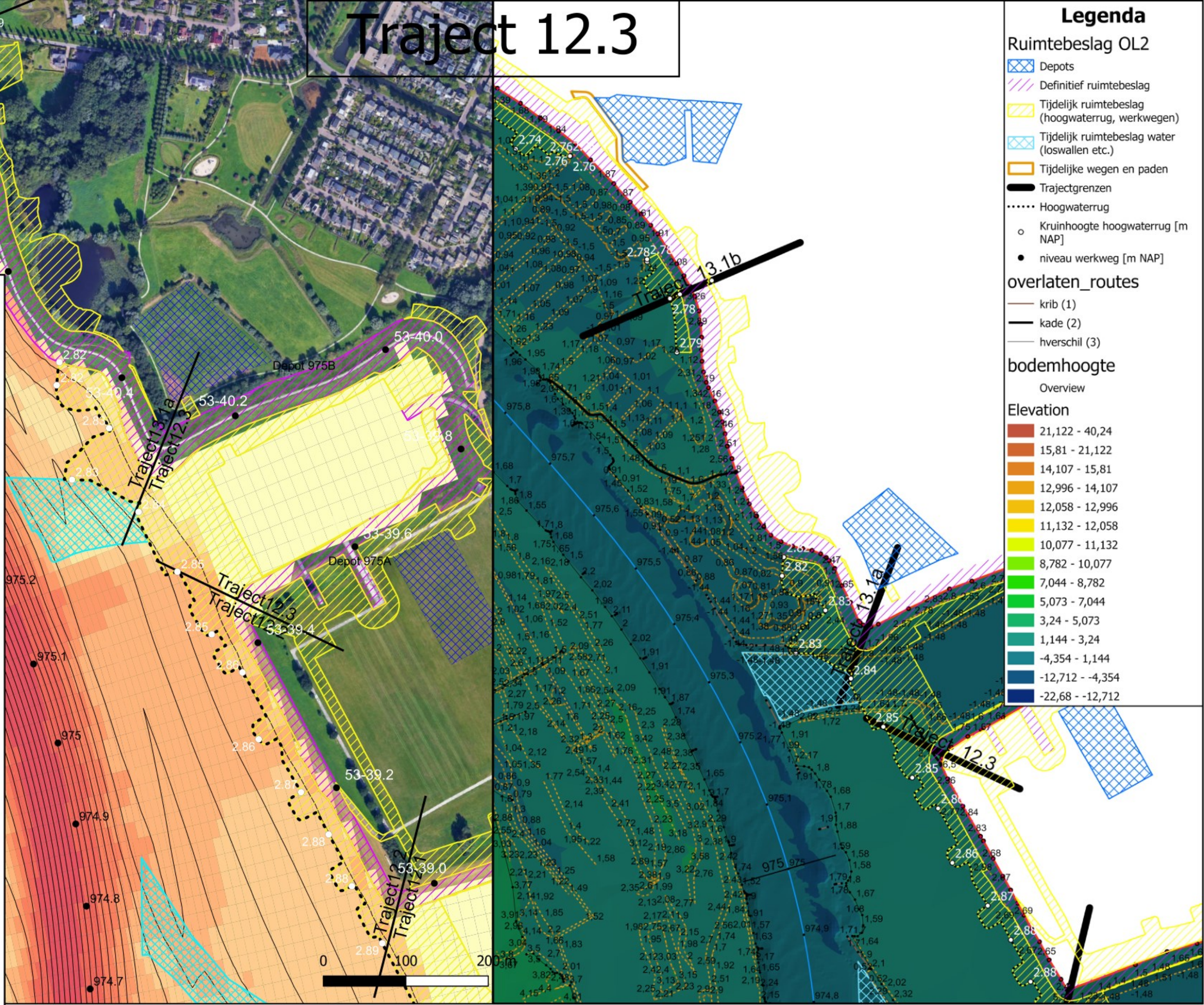
- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

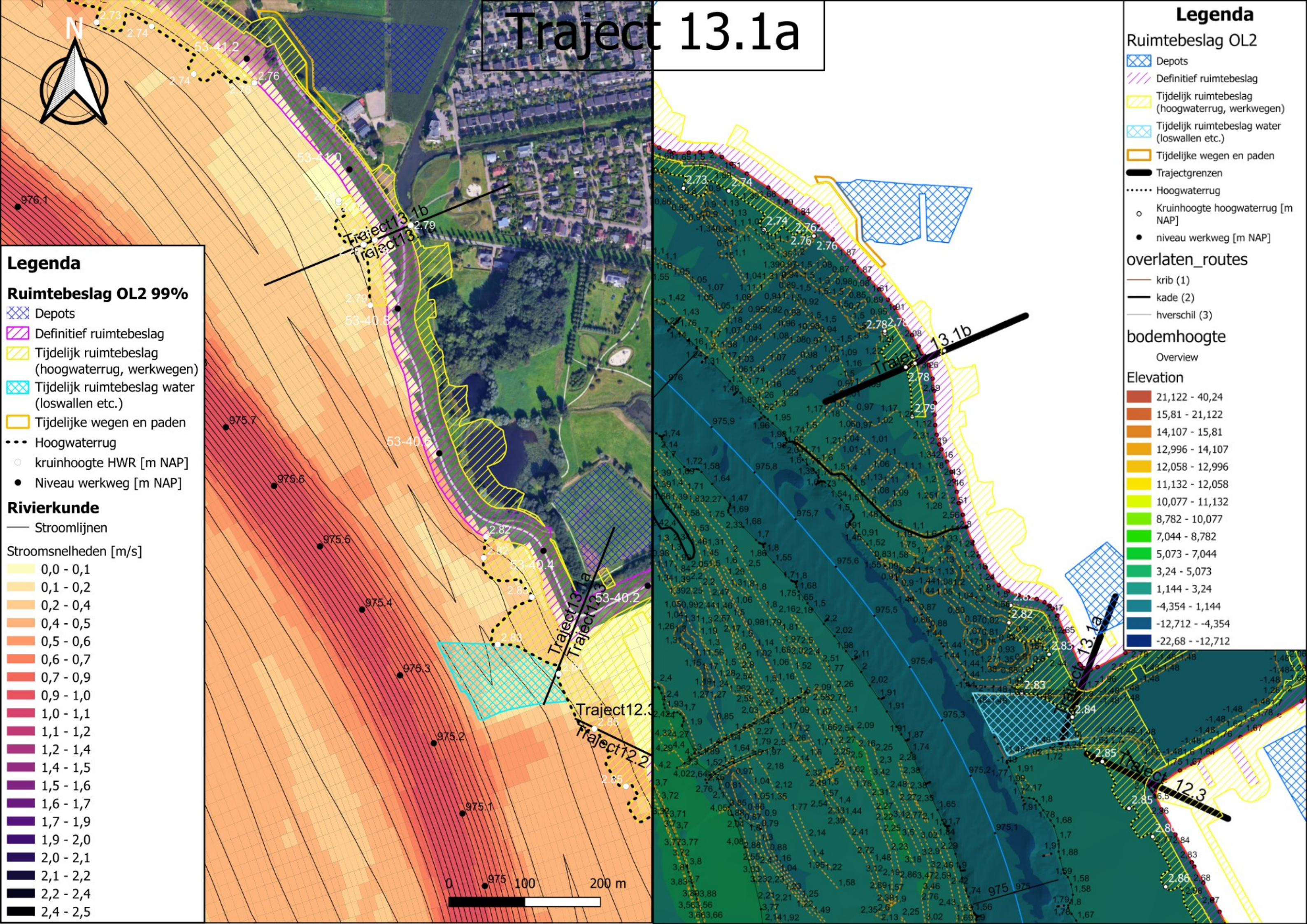
bodemhoogte

Overview

Elevation

- 21,122 - 40,24
- 15,81 - 21,122
- 14,107 - 15,81
- 12,996 - 14,107
- 12,058 - 12,996
- 11,132 - 12,058
- 10,077 - 11,132
- 8,782 - 10,077
- 7,044 - 8,782
- 5,073 - 7,044
- 3,24 - 5,073
- 1,144 - 3,24
- 4,354 - 1,144
- 12,712 - -4,354
- 22,68 - -12,712





Traject 13.1a

Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

- Stroomlijnen
- Stroomsnelheden [m/s]
 - 0,0 - 0,1
 - 0,1 - 0,2
 - 0,2 - 0,4
 - 0,4 - 0,5
 - 0,5 - 0,6
 - 0,6 - 0,7
 - 0,7 - 0,9
 - 0,9 - 1,0
 - 1,0 - 1,1
 - 1,1 - 1,2
 - 1,2 - 1,4
 - 1,4 - 1,5
 - 1,5 - 1,6
 - 1,6 - 1,7
 - 1,7 - 1,9
 - 1,9 - 2,0
 - 2,0 - 2,1
 - 2,1 - 2,2
 - 2,2 - 2,4
 - 2,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

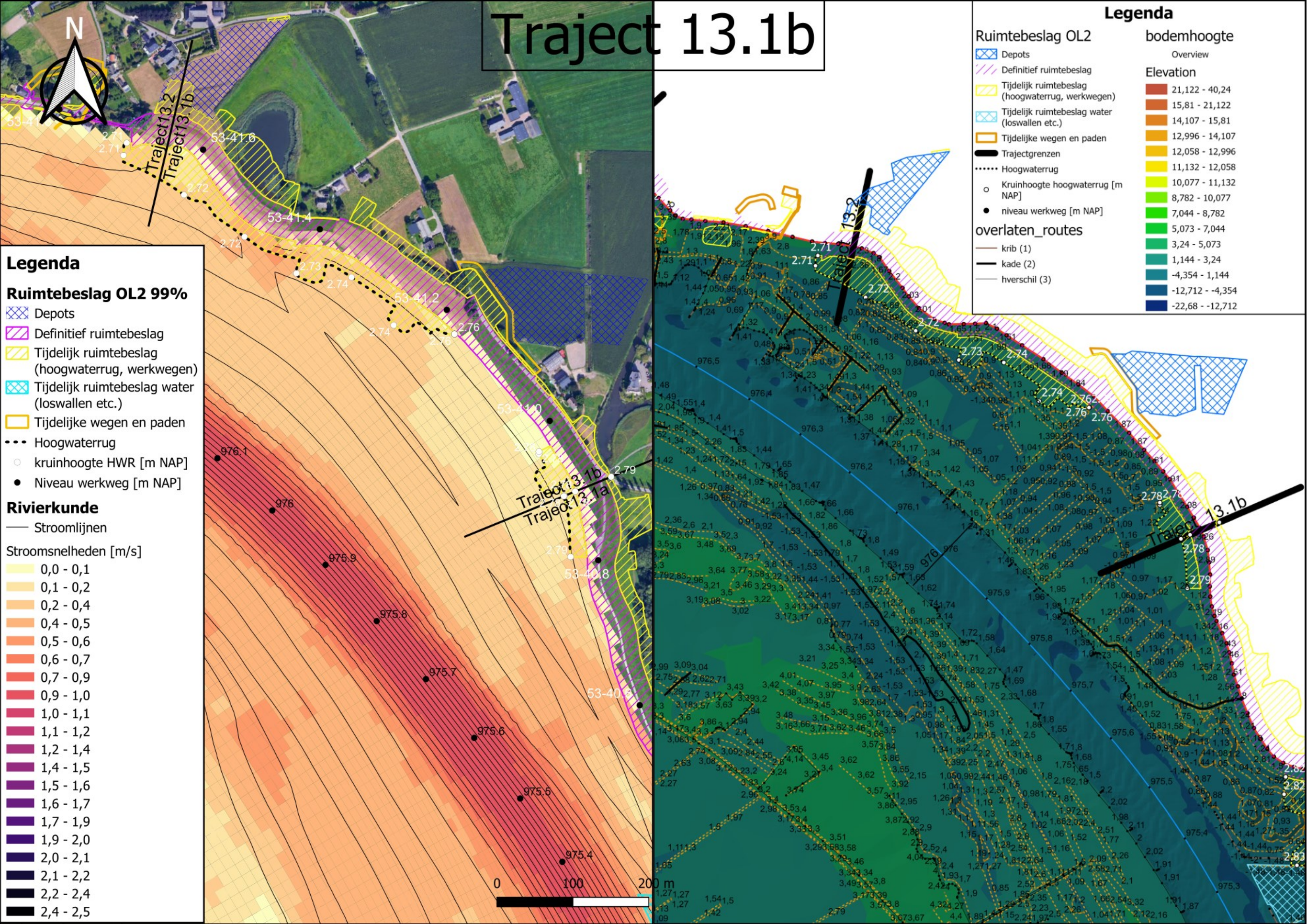
overlaten_routes

- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

- Overview
- Elevation
 - 21,122 - 40,24
 - 15,81 - 21,122
 - 14,107 - 15,81
 - 12,996 - 14,107
 - 12,058 - 12,996
 - 11,132 - 12,058
 - 10,077 - 11,132
 - 8,782 - 10,077
 - 7,044 - 8,782
 - 5,073 - 7,044
 - 3,24 - 5,073
 - 4,354 - 1,144
 - 12,712 - -4,354
 - 22,68 - -12,712

Traject 13.1b



Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

Stroomlijnen

Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlatten_routes

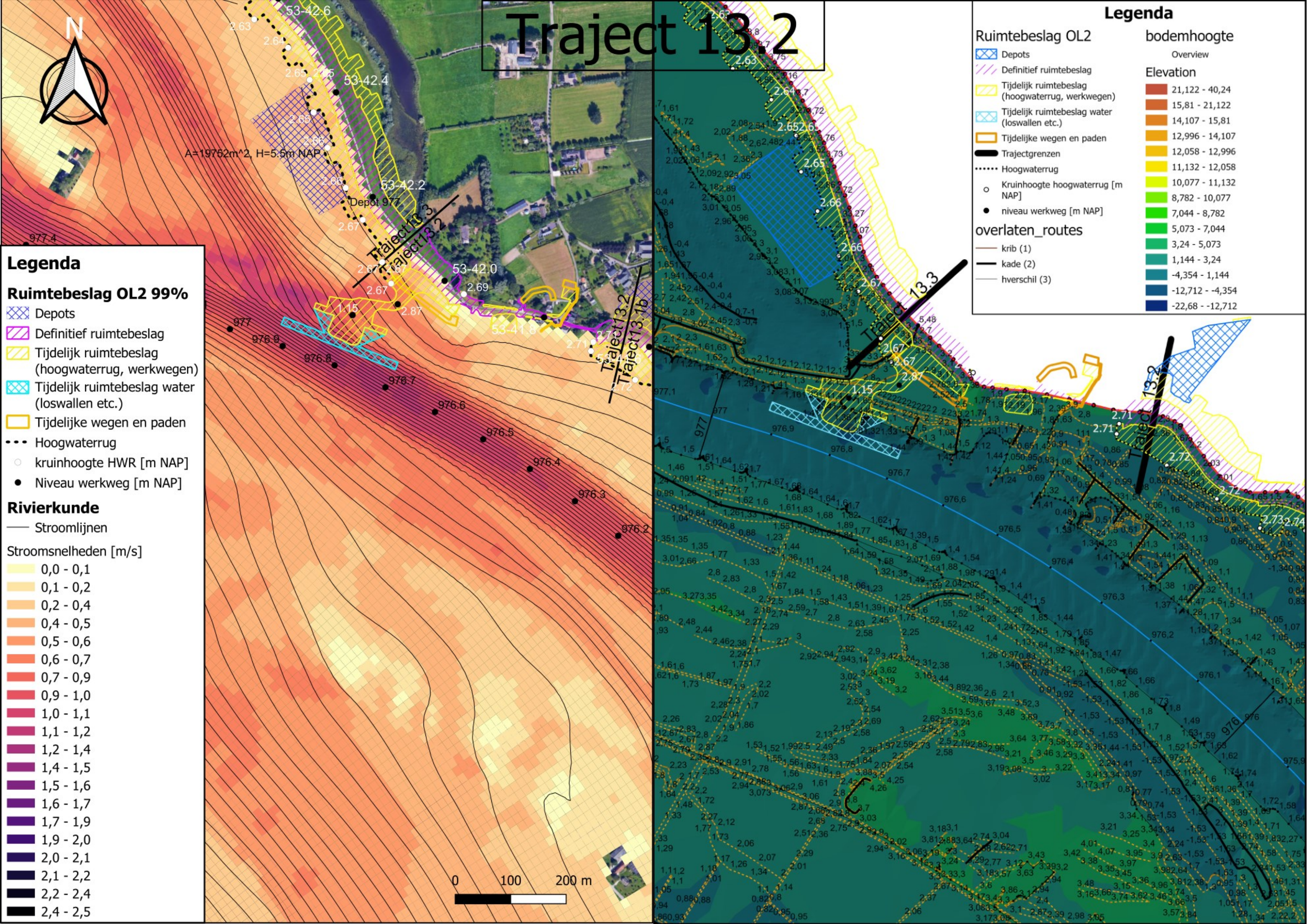
- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

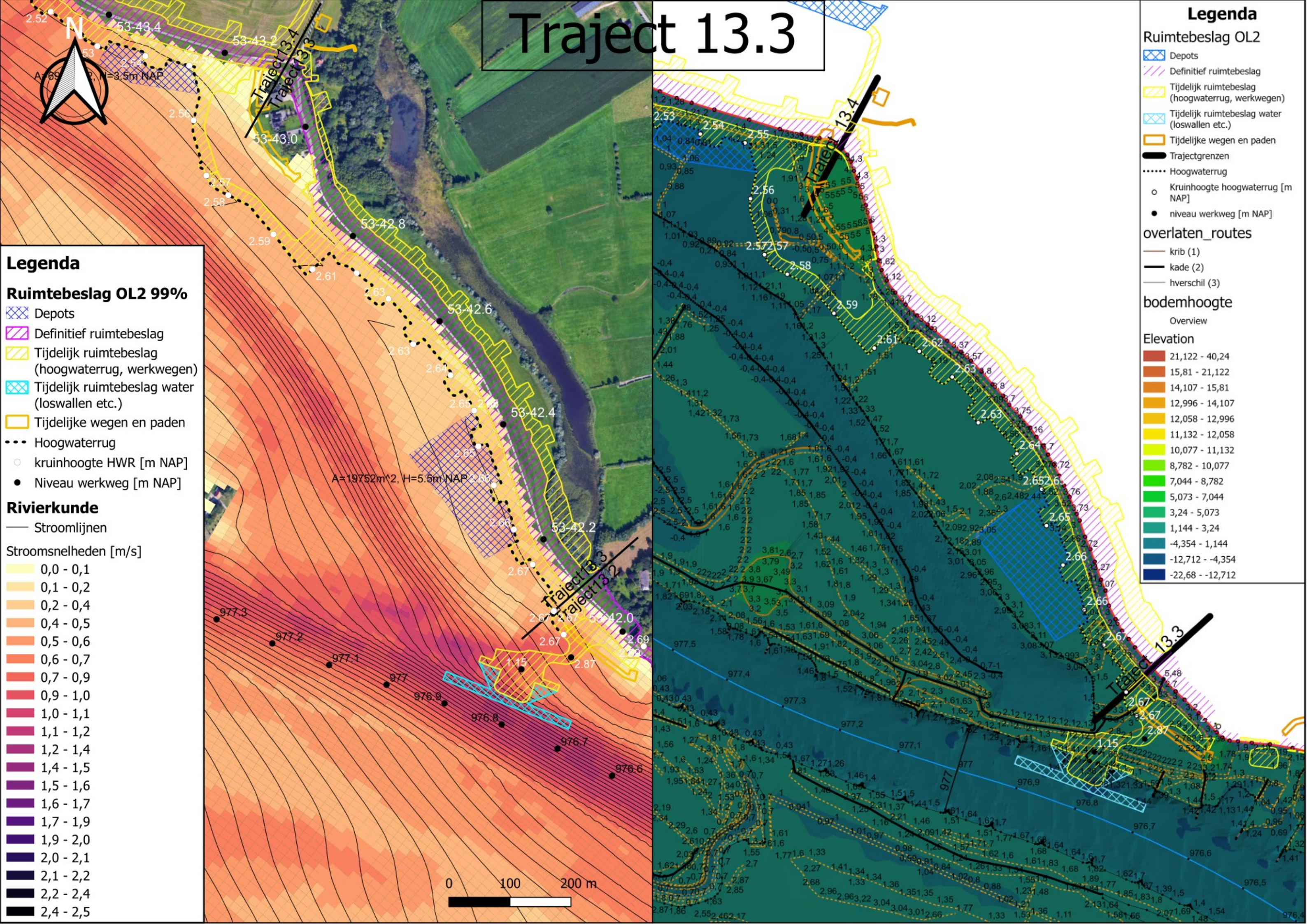
Overview

Elevation

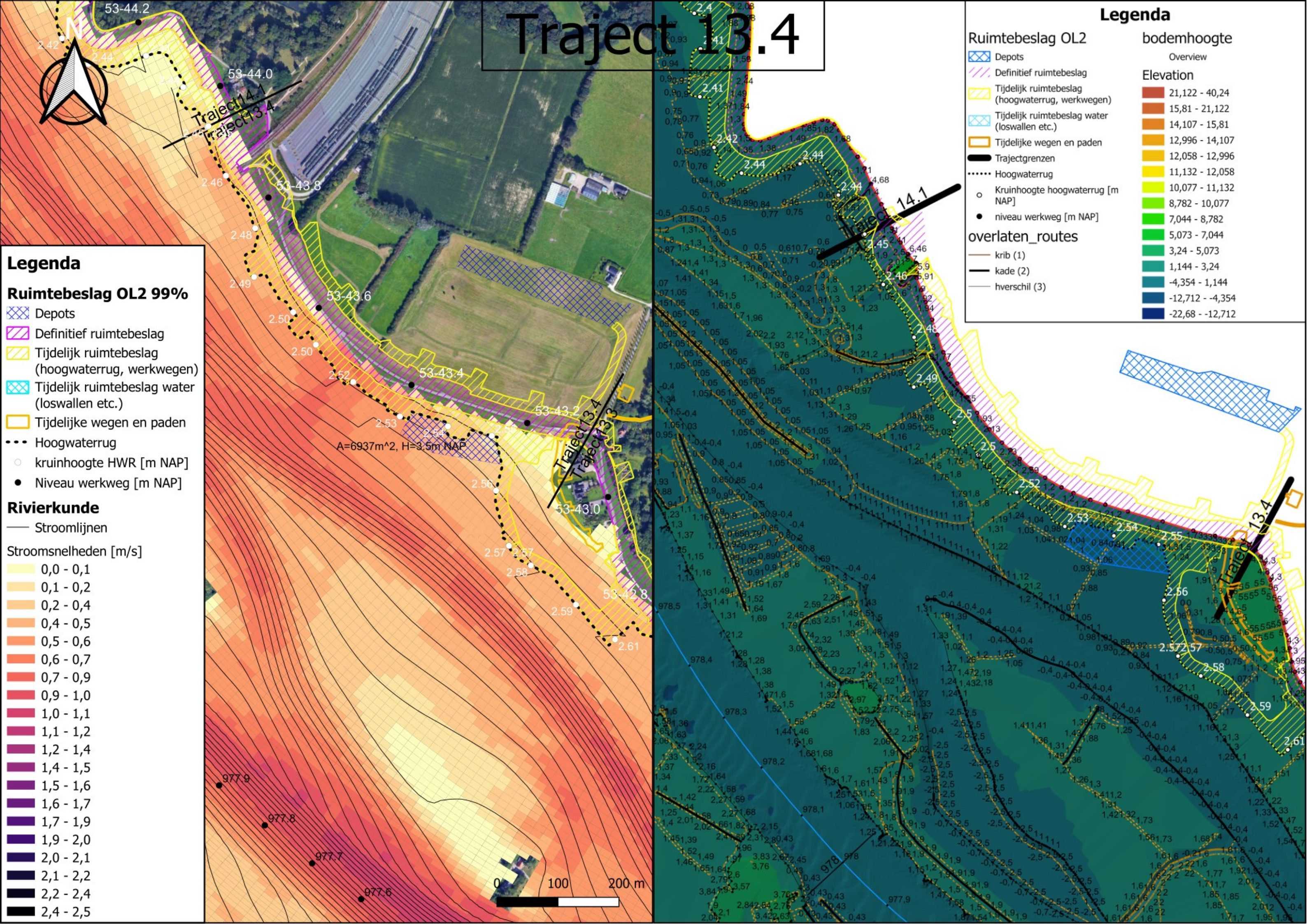
- 21,122 - 40,24
- 15,81 - 21,122
- 14,107 - 15,81
- 12,996 - 14,107
- 12,058 - 12,996
- 11,132 - 12,058
- 10,077 - 11,132
- 8,782 - 10,077
- 7,044 - 8,782
- 5,073 - 7,044
- 3,24 - 5,073
- 4,354 - 1,144
- 12,712 - -4,354
- 22,68 - -12,712



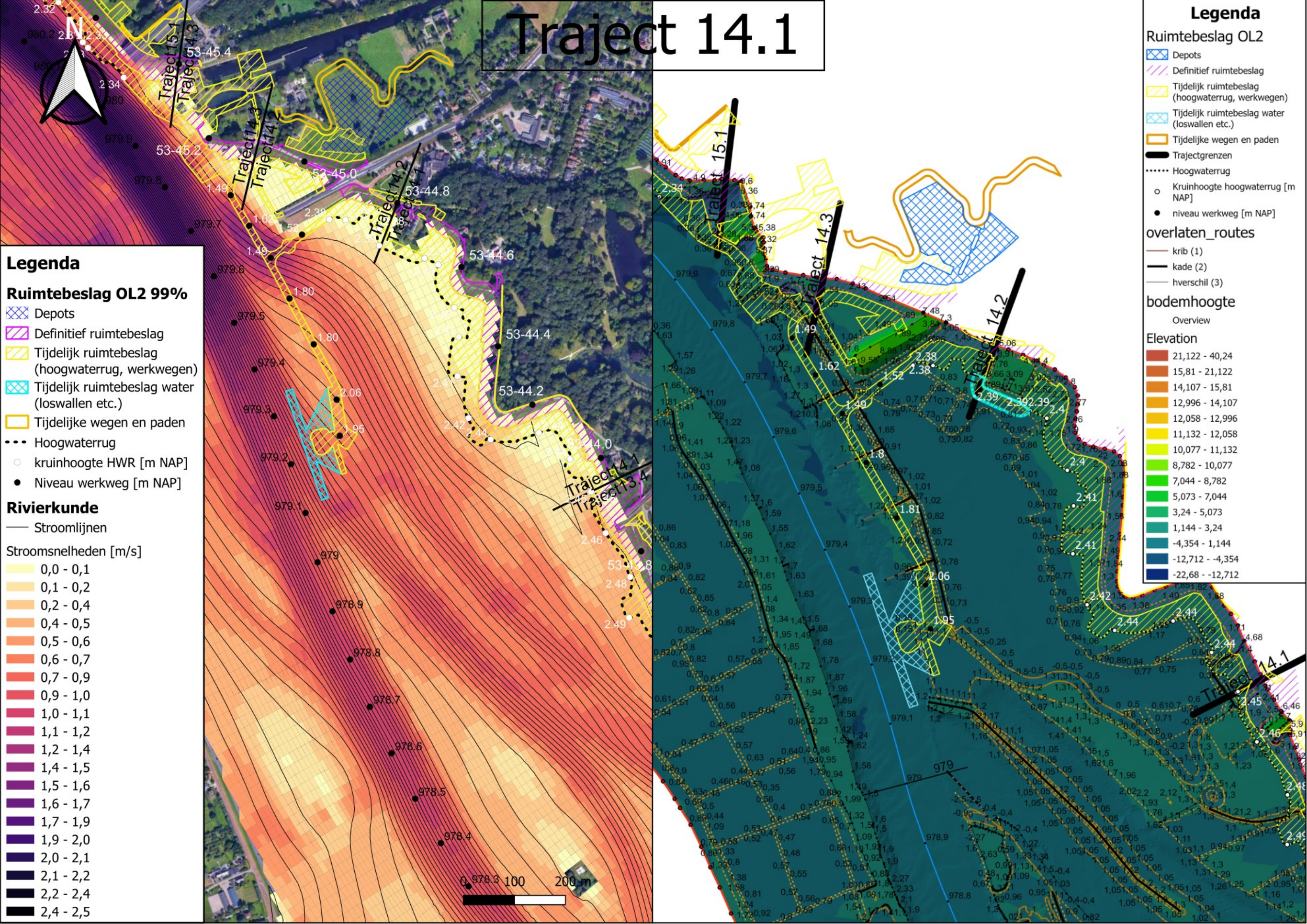
Traject 13.3

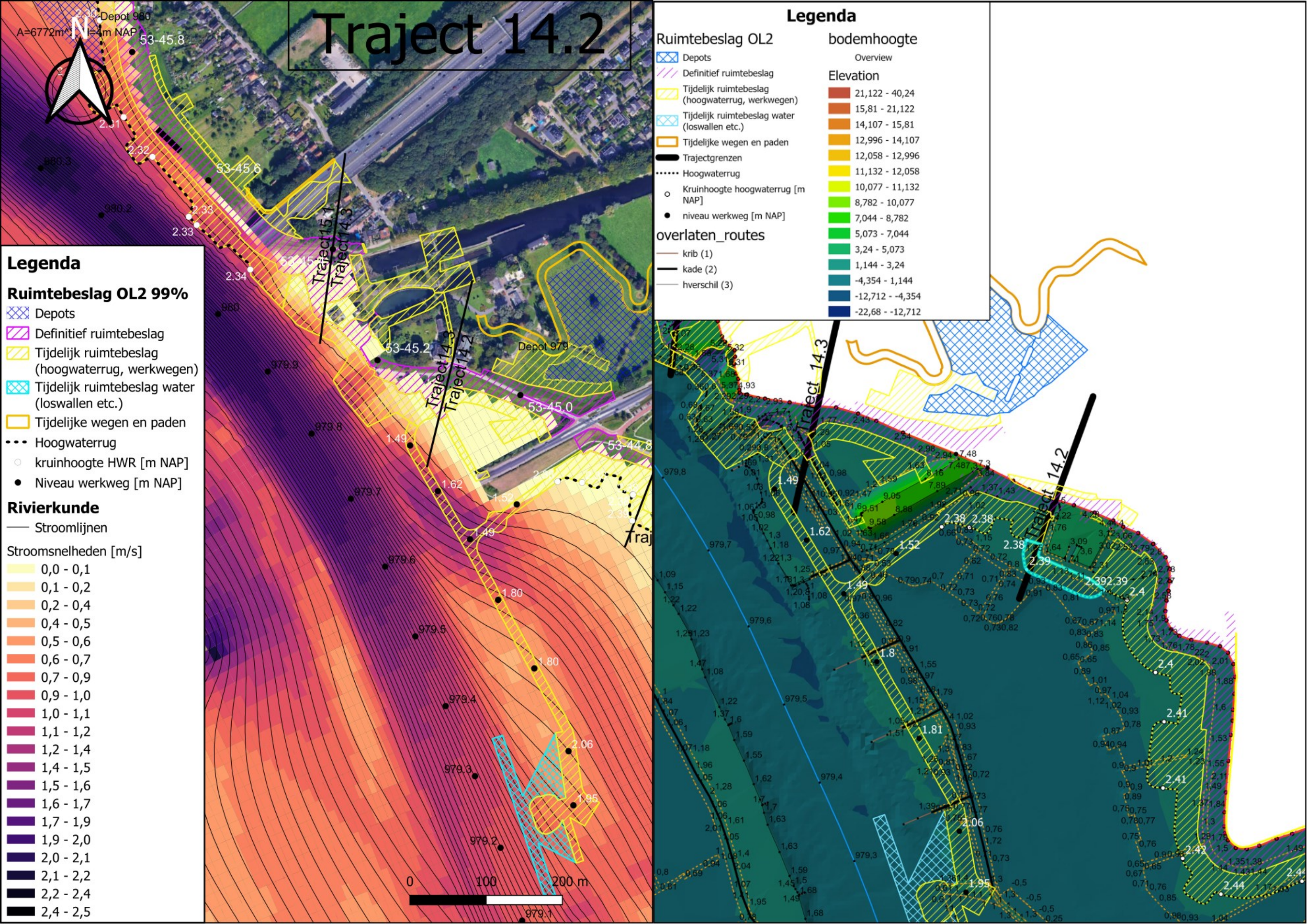


Traject 13.4

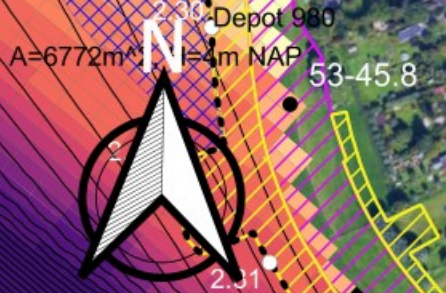


Traject 14.1





Traject 14.2



Legenda

Ruimtebeslag OL2 99%

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Hoogwaterrug
- kruinhoogte HWR [m NAP]
- Niveau werkweg [m NAP]

Rivierkunde

Stroomlijnen

Stroomsnelheden [m/s]

- 0,0 - 0,1
- 0,1 - 0,2
- 0,2 - 0,4
- 0,4 - 0,5
- 0,5 - 0,6
- 0,6 - 0,7
- 0,7 - 0,9
- 0,9 - 1,0
- 1,0 - 1,1
- 1,1 - 1,2
- 1,2 - 1,4
- 1,4 - 1,5
- 1,5 - 1,6
- 1,6 - 1,7
- 1,7 - 1,9
- 1,9 - 2,0
- 2,0 - 2,1
- 2,1 - 2,2
- 2,2 - 2,4
- 2,4 - 2,5

Legenda

Ruimtebeslag OL2

- Depots
- Definitief ruimtebeslag
- Tijdelijk ruimtebeslag (hoogwaterrug, werkwegen)
- Tijdelijk ruimtebeslag water (loswallen etc.)
- Tijdelijke wegen en paden
- Trajectgrenzen
- Hoogwaterrug
- Kruinhoogte hoogwaterrug [m NAP]
- niveau werkweg [m NAP]

overlatten_routes

- krib (1)
- kade (2)
- hverschil (3)

bodemhoogte

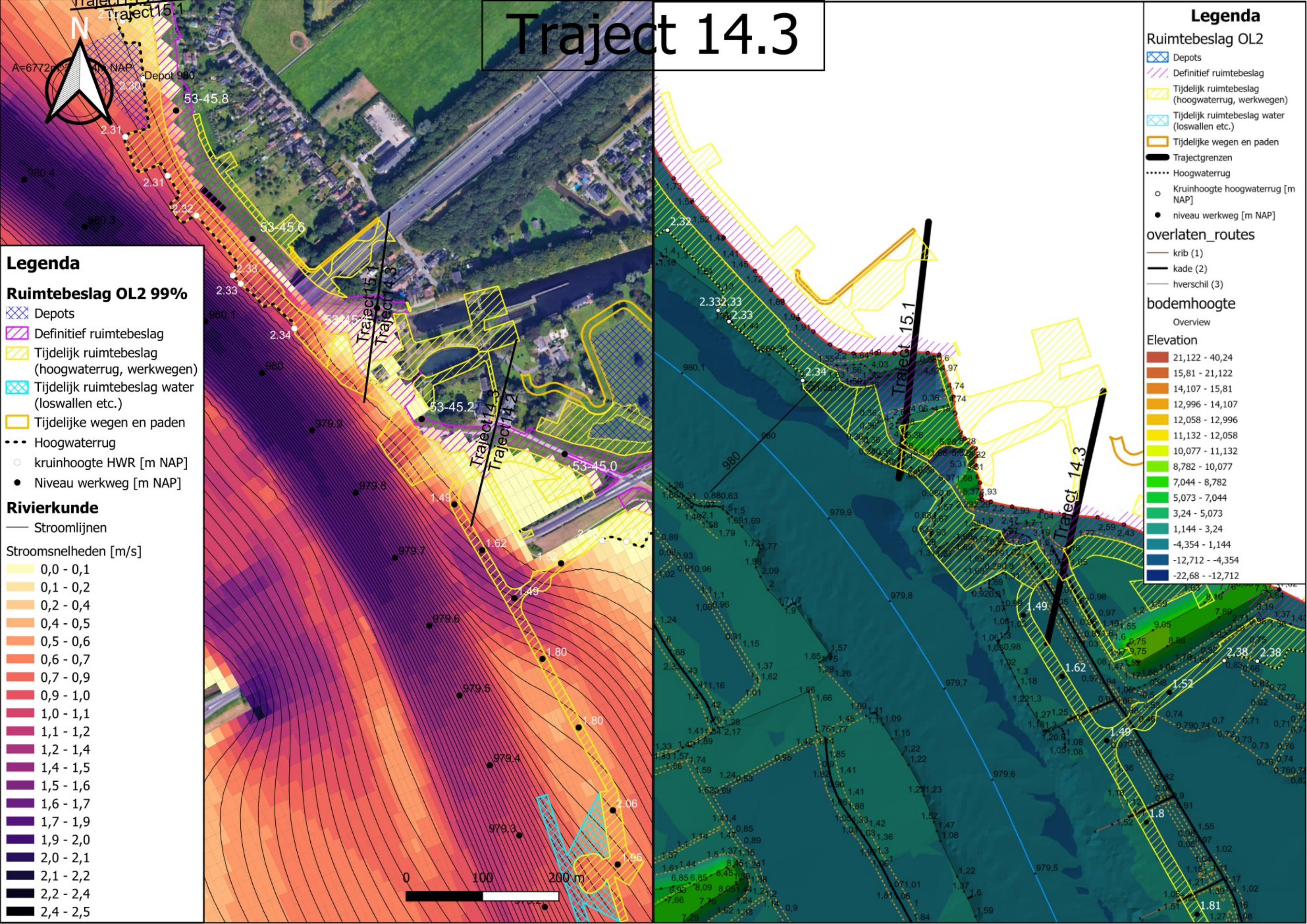
Overview

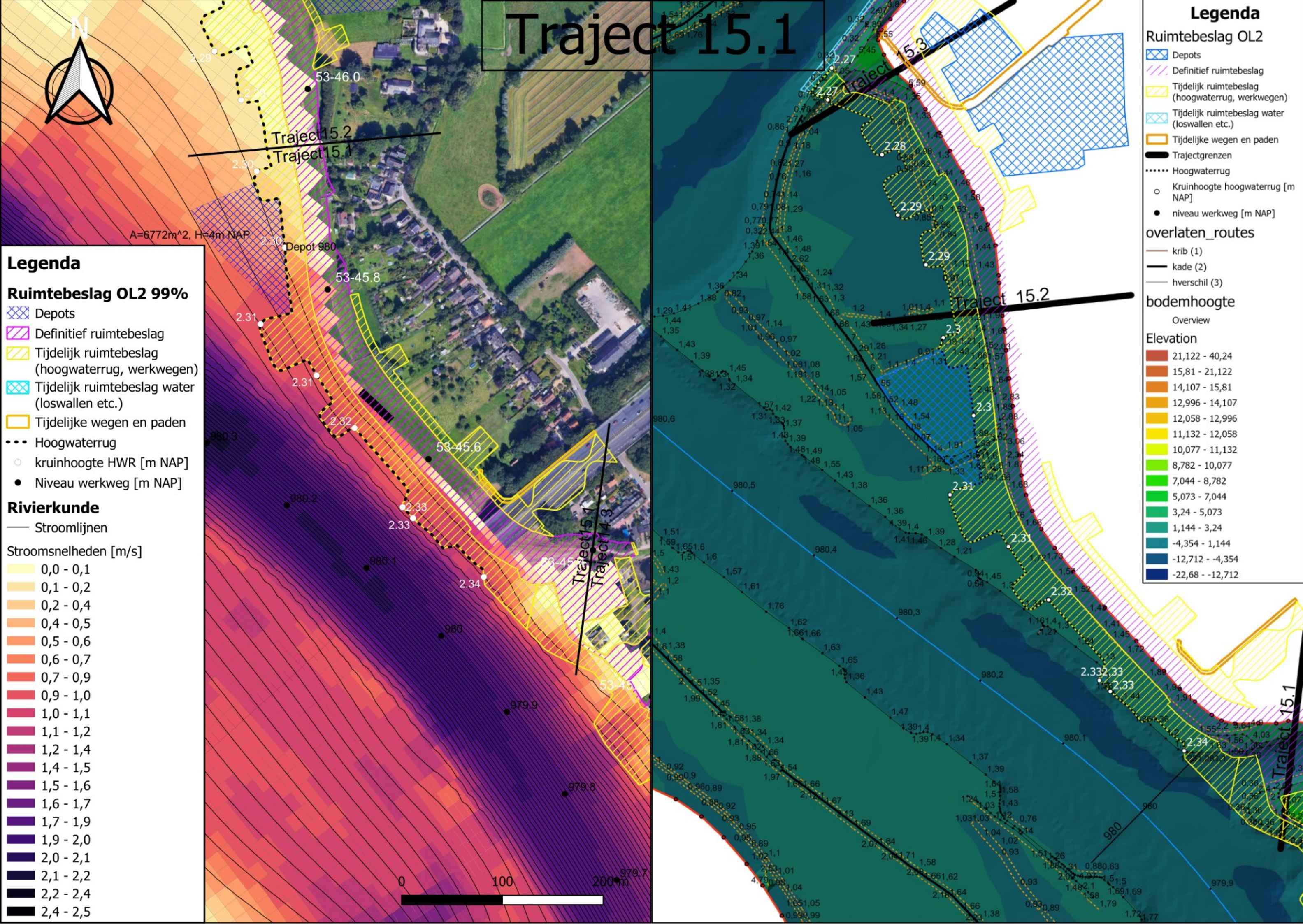
Elevation

21,122 - 40,24
15,81 - 21,122
14,107 - 15,81
12,996 - 14,107
12,058 - 12,996
11,132 - 12,058
10,077 - 11,132
8,782 - 10,077
7,044 - 8,782
5,073 - 7,044
3,24 - 5,073
1,144 - 3,24
-4,354 - 1,144
-12,712 - -4,354
-22,68 - -12,712

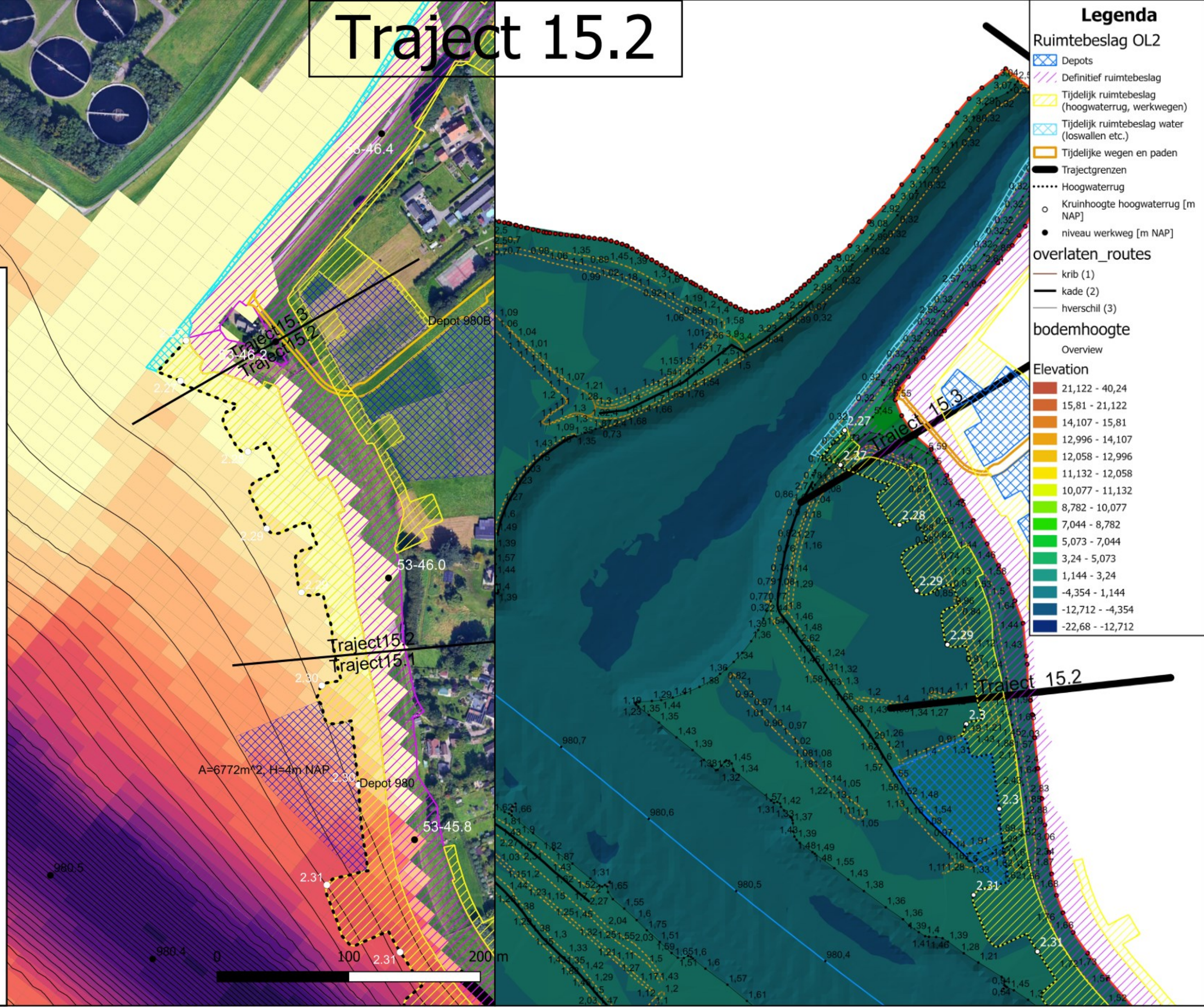
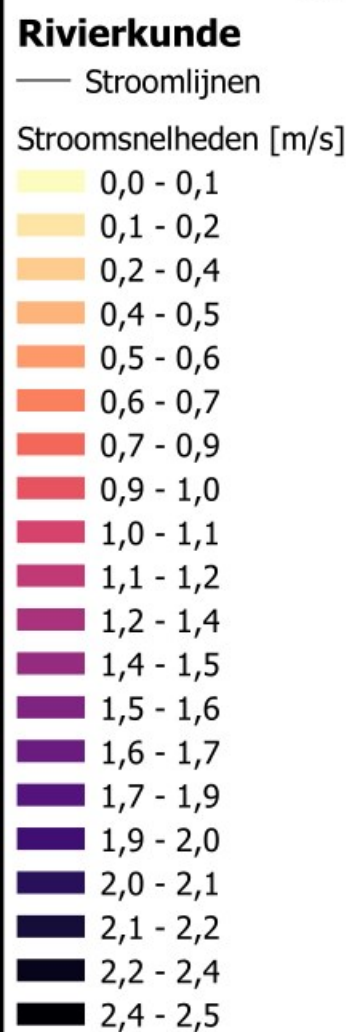
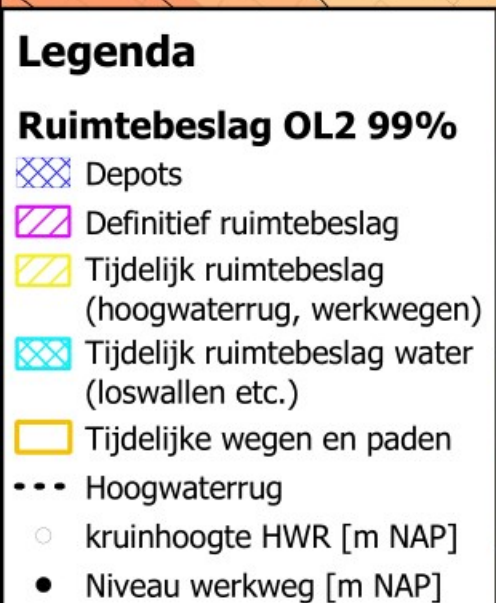


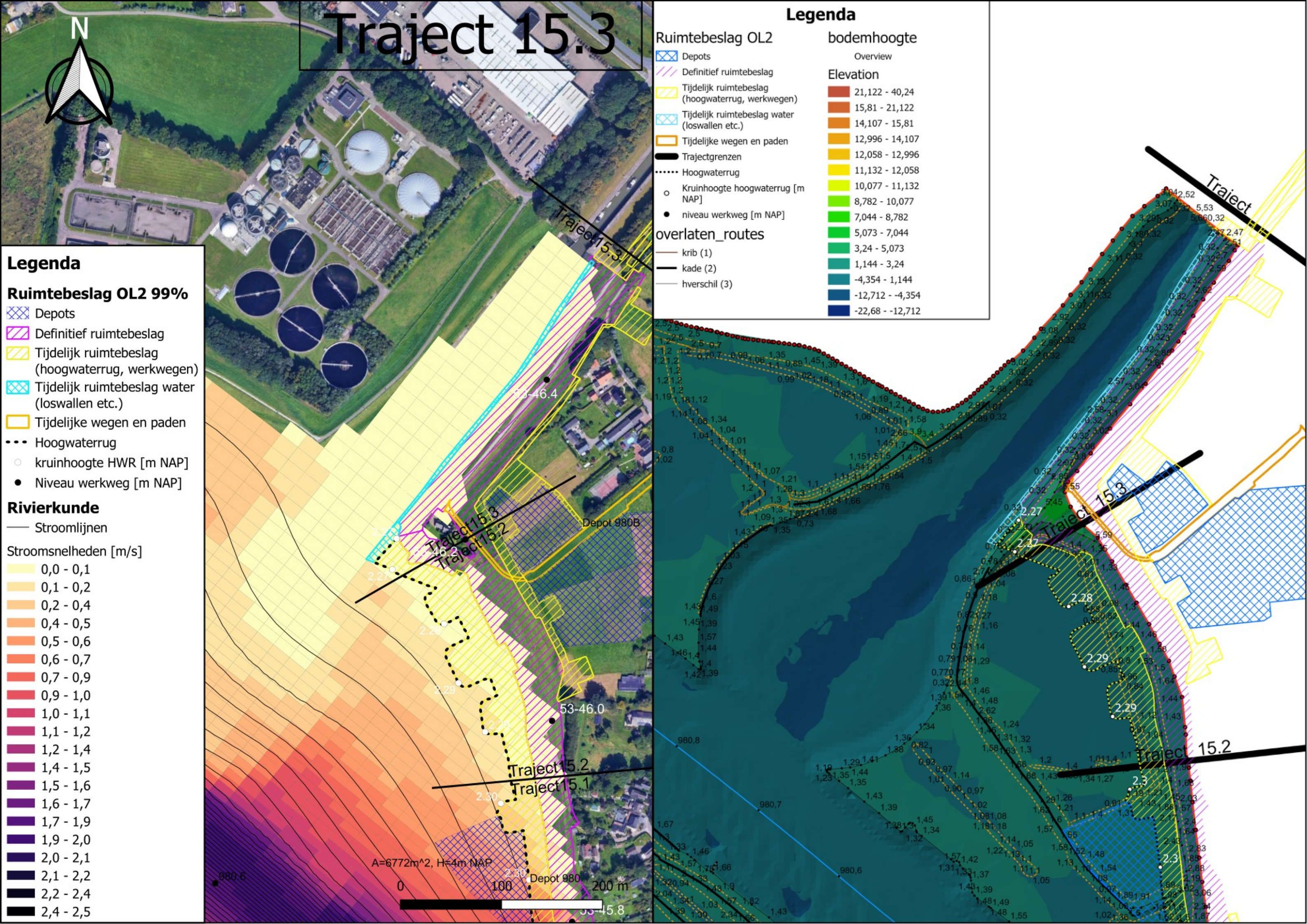
Traject 14.3





Traject 15.2





7.3 Multi-criteria analyse van alle uitvoeringstrajecten (Ontwerploop 1)

7.3.1 Introductie

Deze bijlage behandelt een multi-criteria analyse van alle uitvoeringstrajecten op het gebied van het thema 'Hoogwaterveiligheid' en 'Hydraulische hinder en schade'. Vervolgens worden voor de 4 meest kritische uitvoeringstrajecten voor beide thema's een toelichting gegeven. Daarmee is deze bijlage een verdere uitwerking van het gesprek dat op 3 november 2022 is gevoerd met Rijkswaterstaat.

7.3.2 Hoogwaterveiligheid

Voor het thema 'Hoogwaterveiligheid' is specifiek gekeken naar de effecten van de tijdelijke voorzieningen op de waterstand in de as van de rivier. Tabel 7.1 bevat een afweging van de ernst van de rivierkundige effecten, afgesplitst naar de typen voorzieningen die binnen het uitvoeringstraject liggen. In de eindbeoordeling van de uitvoeringstrajecten zijn de verschillende voorzieningen gewogen naar de bijdrage die de voorzieningen hebben op de waterstandverschillen. Zo heeft een depot meer effect op de waterstand dan een werkweg achter de hoogwaterrug ref 1].

Hieronder staan de vier meest kritische trajecten benoemd, met betrekking op het thema 'hoogwaterveiligheid'. Per uitvoeringstraject wordt beschreven welke onderdelen hoofdzakelijk verantwoordelijk zijn voor de waterstandseffecten op de rivieras.

Uitvoeringstraject 1

Uitvoeringstraject ligt bovenstrooms van Olst, zie Afbeelding 1.1. Uitvoeringstraject 1 is het meest kritische uitvoeringstraject op het gebied van hoogwaterveiligheid, hiervoor zijn meerdere redenen (Afbeelding 7.1 linksboven, en bijlage 7.2⁴ voor dijksegmenten 1.1, 1.2 en 2):

1. de lengte van het uitvoeringstraject is relatief lang: 4 km. Ook is de uiterwaard smal ten opzichte van de andere uitvoeringstrajecten. De combinatie leidt ertoe dat de tijdelijke voorzieningen binnen dit uitvoeringstraject relatief grote effecten;
2. in dit uitvoeringstraject bevinden zich de meeste depots. Uit een eerdere analyse blijkt dat de depots van alle voorzieningen relatief de grootste effecten hebben op de hoogwaterveiligheid ref 1]. Op basis van ref 1] zijn de depots in uitvoeringstraject 1 geoptimaliseerd qua locatie en vorm, maar desondanks wordt er nog effect verwacht, omdat het een smal gedeelte van de IJssel blijft.
3. De hoogwaterrug ligt in delen van het uitvoeringstraject relatief ver van de waterkering ten opzichte van andere uitvoeringstrajecten (zie ook bijlage 7.2⁴), waardoor het doorstroomoppervlakte verder versmald wordt.

Uitvoeringstraject 2

Uitvoeringstraject 2 ligt benedenstrooms van Olst, zie Afbeelding 1.1. Uitvoeringstraject 2 (Afbeelding 7.1 rechtsboven en bijlage 7.2⁴ voor dijksegmenten 4 en 5.1) is een van de vier meest kritische uitvoeringstrajecten. Dit komt vooral doordat de rivier hier een smalle breedte heeft. De ligging van de hoogwaterrug levert binnen dit uitvoeringstraject de grootste bijdrage aan de waterstandsverhoging. Naast de hoogwaterrug, levert het depot in dit uitvoeringstraject ook een relatief grote bijdrage aan de opstuwing.

Uitvoeringstraject 4

Uitvoeringstraject 4 ligt ter hoogte van Wijhe, zie Afbeelding 1.1. Binnen dit uitvoeringstraject levert de hoogwaterrug (Afbeelding 7.1 linksonder en bijlage 7.2⁴ voor dijksegmenten 6, 7.1 en 7.2) een relatief grote bijdrage aan de opstuwing. Daarnaast komen op een smal stuk in de uiterwaard ook een depot en een keerlus vlak bij elkaar te liggen. Ten opzichte van depots in andere uitvoeringstrajecten is het depot in UT4 relatief klein en is de vorm gestroomlijnd. Binnen het uitvoeringstraject levert de verzameling van alle tijdelijke voorzieningen, in combinatie met een smalle doorsnede, een relatief grote opstuwing op.

Uitvoeringstraject 15

Het laatste uitvoeringstraject ligt ter hoogte van Zwolle, zie Afbeelding 1.1, en is qua lengte (~ 1km) een relatief kort traject, maar opnieuw is de ruimte (c.q. breedte) voor de rivier erg beperkt (Afbeelding 7.1 rechtsonder en bijlage 7.2⁴ voor dijksegmenten 15.1, 15.2 en 15.3). Hierdoor zorgen zowel de hoogwaterrug als het depot voor veel opstuwing. Relatief gezien ligt de keerlus ook erg ongunstig en zal dit keerlus ten opzichte van de andere keerlus

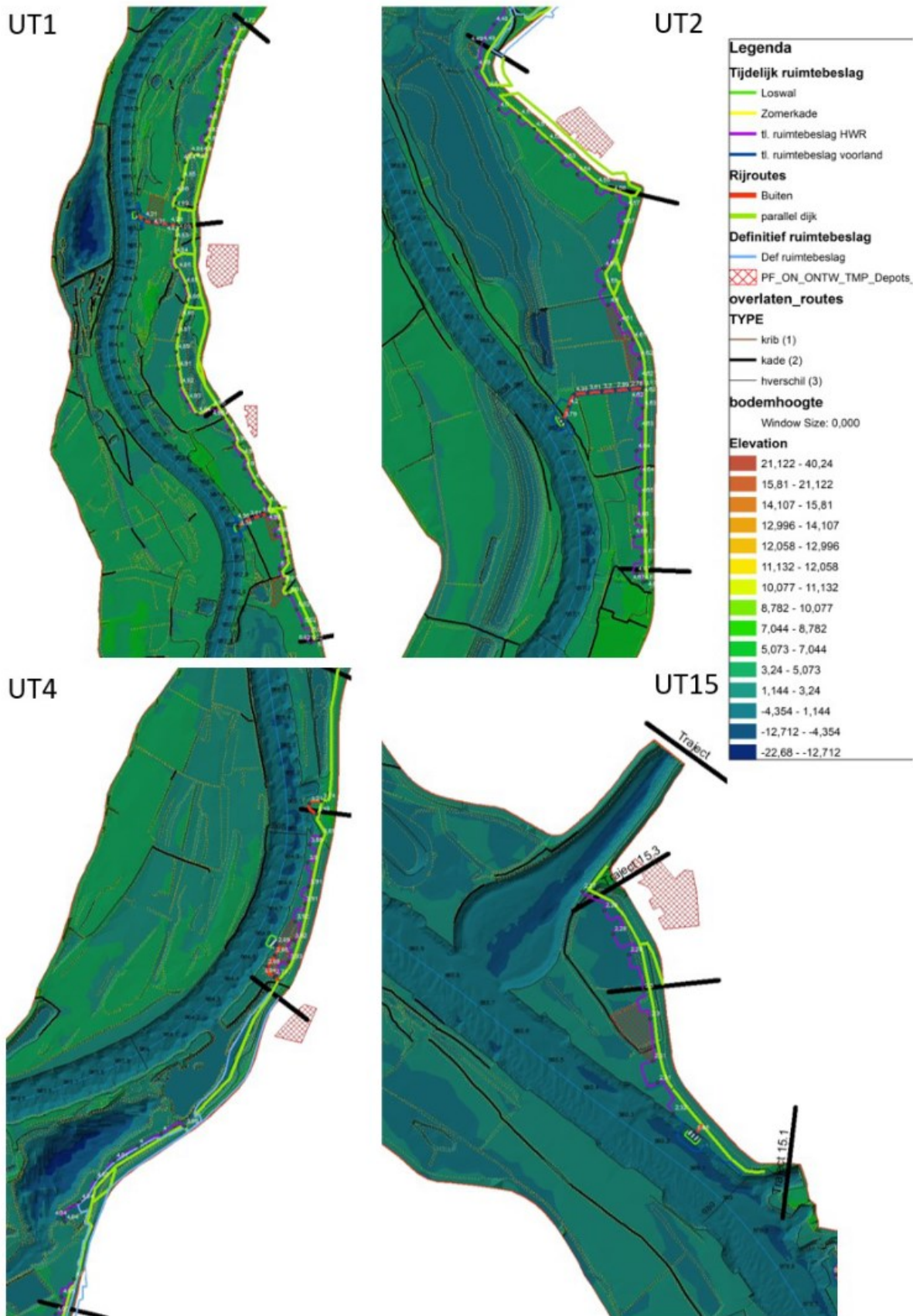


veel effect geven. Gezamenlijk dragen alle tijdelijke voorzieningen in dit uitvoeringstraject bij aan een hoge opstuwing.

Uitvoerings- traject	Depot	Hoogwaterrug incl. werkweg	Keerlus	Werkweg	Anders	Conclusie
UT1	++	++	+	0		++
UT2	+	++	+	0	++*	++
UT3	0/+	+	0	0/+		+
UT4	0/+	++	+	0	++*	++
UT5	+	+	++	+		+
UT6	0/+	0/+	0/+	0/+		
UT7		++	0/+	+		+
UT8	0	+	0	0	0/+*	+
UT9	0	++	0/+	0/+	0/+**	+
UT10		+		0		+
UT11		+	++	++		+
UT12	+	+				+
UT13		+	0/+	0/+	+	+
UT14					0/+**	+
UT15	++	++	++	+		++

Tabel 7.1 beoordeling uitvoeringstrajecten hoogwaterveiligheid. 0 = geen effecten, 0/+ = minimale effecten, + = effecten ++ = grote effecten. Bij anders betekent * heiplateau en ** een damwand afscheiding. De effecten zijn per type voorziening onderling vergeleken, dus ++ bij hoogwaterrug is niet dezelfde orde effecten als ++ bij keerlus.



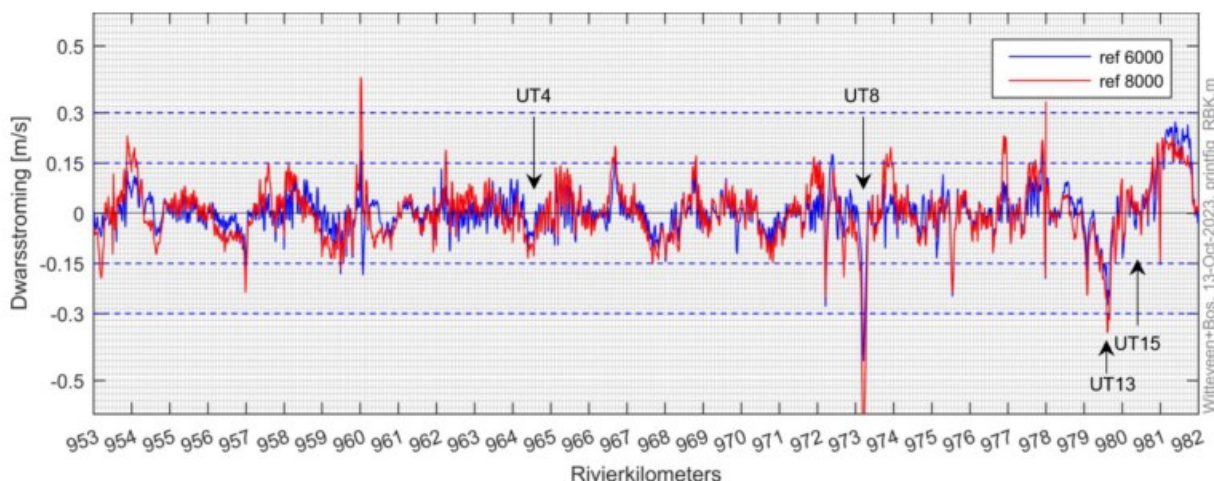


Afbeelding 7.1 Tijdelijke voorzieningen in de meest kritische uitvoeringstrajecten conform ontwerploop 1. Linksboven UT1, Rechtsboven UT2, Linksonder UT4 en rechtsonder UT15.

7.3.3 Hydraulische hinder en schade

Voor de inschatting van de effecten van de tijdelijke voorzieningen op het thema 'Hydraulische hinder en schade' is nagegaan welke uitvoeringstrajecten potentieel het meeste effect hebben op dwarsstroming. De vier meest kritische uitvoeringstrajecten zijn uiteindelijk geselecteerd op basis van de combinatie van (kwalitatieve) waterstandseffecten van de tijdelijke voorzieningen op de rivieras en op basis van de dwarsstroming in de referentiesituatie.

Afbeelding 7.2 bevat de dwarsstroming op de rand van de vaarweg in de referentiesituatie. Op basis van deze resultaten wordt de (toename in) dwarsstroming beoordeeld voor de verschillende uitvoeringstrajecten. De dwarsstroming is berekend voor een Bovenrijn afvoer van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s.



Afbeelding 7.2 dwarsstroming in de referentiesituatie [ref 1] met de kritische locaties incl. uitvoeringstraject gemarkeerd.

De relatieve beoordeling van de effecten op de dwarsstroming staat in Tabel 7.2. Als de verwachting is dat de dwarsstroming toeneemt, maar op die locatie in de referentiesituatie bijna geen dwarsstroming optreedt, dan is het resultaat minder kritisch dan voor de situatie waarin er al een hoge dwarsstroming in de referentiesituatie optreedt die door de tijdelijke situatie nog verder toeneemt. De vier meest kritische uitvoeringstrajecten zijn gemarkeerd in Afbeelding 7.2 en worden hierna toegelicht.

Uitvoeringstraject 4

Ter hoogte van uitvoeringstraject 4 (rkm 964,6) is de dwarsstroming in de referentiesituatie al groter dan 0,15 m/s (bij 8.000 m³/s, zie Afbeelding 7.2). Tussen rkm 964,5 en 964,6 is de oostelijke uiterwaard zeer smal en zijn daar de volgende tijdelijke voorzieningen voorzien: een keerlus, een werkweg, een depot en een hoogwaterrug (Afbeelding 7.3 linksboven).

Door de tijdelijke voorzieningen wordt het water dat normaal gesproken door de oostelijke uiterwaard stroomt, naar het zomerbed gedwongen. Dit leidt tot een toename van de dwarsstroming en een toename in dwarsstromingsdebiet. Hiermee verslechtert de dwarsstroming significant en is uitvoeringstraject 4 een kritisch traject.

Uitvoeringstraject 8

Langs uitvoeringstraject 8 treedt in de referentiesituatie een lokale piek van de dwarsstroming op van circa 0,6 m/s (bij 8.000 m³/s) als gevolg van een permanent hoogwatervrijterrein (zie Afbeelding 7.2). De volgende tijdelijke voorzieningen worden bij dit kritische punt ingericht: een keerlus, een depot en een werkweg (Afbeelding 7.3 rechtsboven en bijlage 7.2 voor dijksegment 11).

Door de plaatsing van de keerlus en het depot neemt de dwarsstroming toe op een locatie waar het criterium al ruimschoots overschreden wordt. De werkweg wordt ook in dit gebied geplaatst, maar omdat het tussen het depot en hoogwatervrijterrein ligt, worden er ten gevolge van de werkweg geen effecten verwacht. De bestaande situatie in combinatie met de tijdelijke voorzieningen maken uitvoeringstraject 8 een kritisch uitvoeringstraject.

Uitvoeringstraject 13

Ter hoogte van uitvoeringstraject 13 is de dwarsstroming in de referentiesituatie circa 0,33 m/s (bij 8.000 m³/s, zie Afbeelding 7.2), omdat door de IJsselbrug de uiterwaard versmalt en het water uit de uiterwaard terug het zomerbed in moet stromen. Op dit punt zijn een werkweg en een keerlus in de uiterwaard voorzien (Afbeelding 7.3 links onder en bijlage 7.2⁴ voor dijksegment 14.2). Deze tijdelijke voorzieningen kunnen leiden tot een verdere bundeling van de stroming naar het zomerbed, waardoor de dwarsstroming toeneemt. De combinatie van een hoge dwarsstroming in de referentiesituatie en de toevoeging van tijdelijke voorzieningen zorgen ervoor dat dit een kritisch traject is.

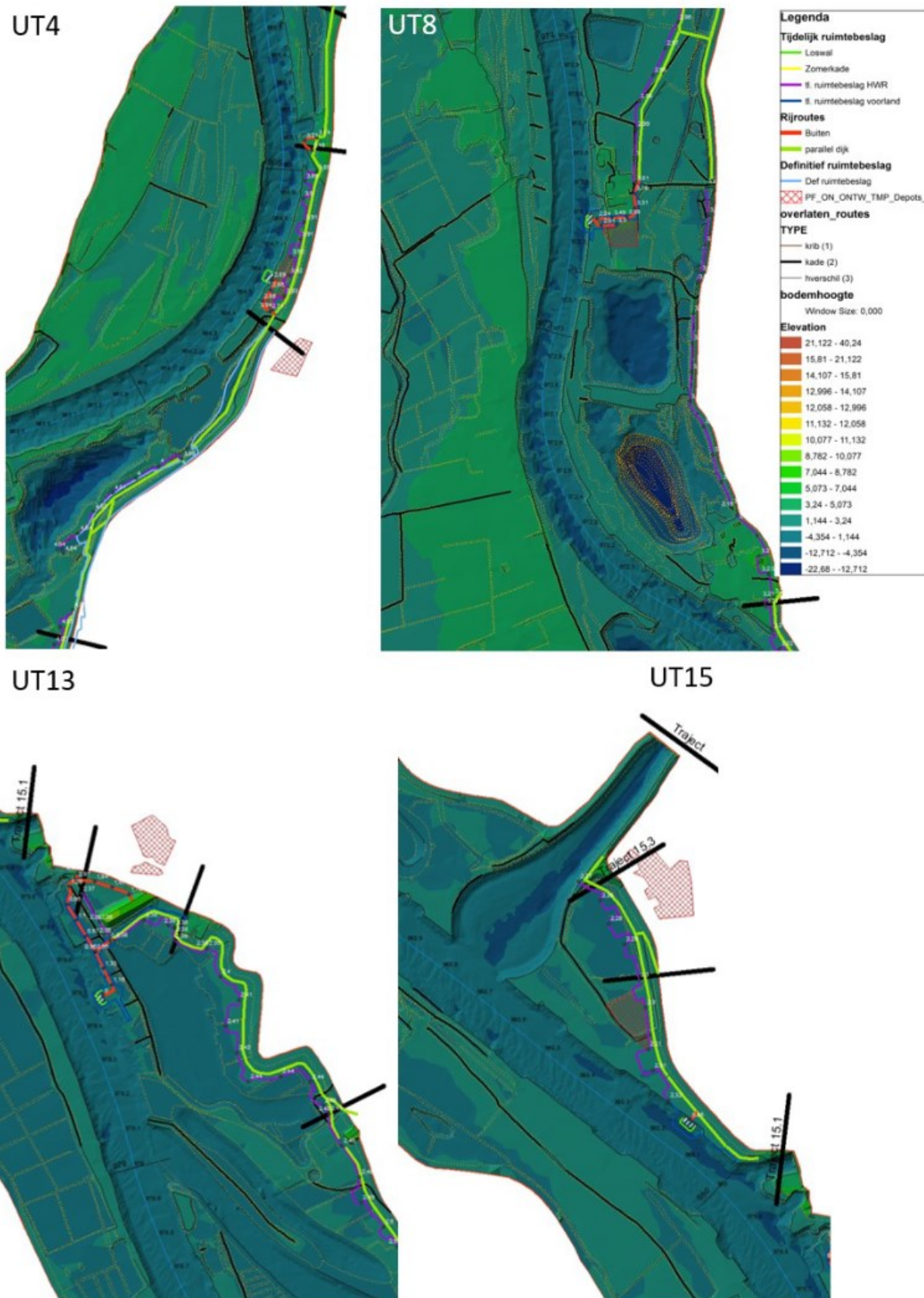
Uitvoeringstraject 15

In de referentiesituatie treedt er rondom uitvoeringstraject 15 geen problematisch hoge dwarsstroming op (Afbeelding 7.2). In een smal gedeelte van de uiterwaard worden de volgende tijdelijke voorzieningen geplaatst: een keerlus, een werkweg en een hoogwaterrug (Afbeelding 7.3 rechtsonder). De verwachting is dat deze tijdelijke voorzieningen ervoor zorgen dat er een hoge dwarsstroming ontstaat in combinatie met een hoog dwarsdebiet. Om deze reden is uitvoeringstraject 15 een kritisch traject.

	Depot	Hoogwaterrug incl. werkweg	Keerlus	Werkweg	Anders	Conclusie
UT1	0	0	+	+		+
UT2	0	0	++	0	0	++
UT3	0	0	0	0		0
UT4	+	0	++	+	0	++
UT5	0	0	++	0		++
UT6	0	0	+	+		+
UT7		0	+	+		+
UT8	0	0	+	0	0	0/+
UT9	0	0	+	0	0	+
UT10		0		0		0
UT11		0	++	+		++
UT12	0	0				0
UT13		0	+	++	0	++
UT14					0	0
UT15	0	0	++	+		++

Tabel 7.2 Beoordeling uitvoeringstrajecten dwarsstroming. 0 = geen effecten, 0/+ = minimale effecten, + = effecten ++ = grote effecten. Bij anders betekent * heiplateau en ** een damwand afscheiding. De effecten zijn per type voorziening met elkaar geschaald, dus + bij depot is niet dezelfde orde effecten als ++ bij keerlus.





Afbeelding 7.3 de vier meest kritische uitvoeringstrajecten uit ontwerploop 1 voor dwarsstroming.

7.4 WAQUA-modellering van uitvoeringstraject 1 (Ontwerploop 1)

7.4.1 Uitgangspunten

Introductie

Om de kwalitatieve beoordeling van de rivierkundige effecten te onderbouwen en te verifiëren, worden de rivierkundige effecten ten gevolge van de tijdelijke voorzieningen in uitvoeringstraject 1 (zoals vastgelegd in ontwerploop 1) in beeld gebracht met behulp van een WAQUA-simulatie. Voor het berekenen van de rivierkundige effecten van de tijdelijke voorzieningen in uitvoeringstraject 1, zijn de aanpassingen in de uiterwaard geschematiseerd aan de hand van [ref 5]. De effecten zijn bepaald door middel van een vergelijking tussen de huidige situatie (c.q. de referentiesituatie) en de situatie waarin het ontwerp van de tijdelijke voorzieningen in uitvoeringstraject 1 zijn verwerkt (c.q. de variant). In deze paragraaf worden de referentiesituatie en de variant beschreven met betrekking tot de bodemhoogte, vegetatieruwheden, overlaten. De naamgeving van de referentie en de variant staat in Tabel 7.3.

Naamgeving rapportage	Naamgeving Baseline	Ingemixte maatregelen	Baseline referentie
Referentie	Beno185-v2	ij_herxer_a1 ij_zoref_a3 ij_herxer_v01	rijn- beno18_5_20m_ijssel- v1
Variant	Beno185_v2_e1	ij_herxer_a1 ij_zoref_a3 ij_herxer_v01 ij_dijzo_e1	rijn- beno18_5_20m_ijssel- v1

Tabel 7.3 Overzicht naamgeving van de referentie en de variant

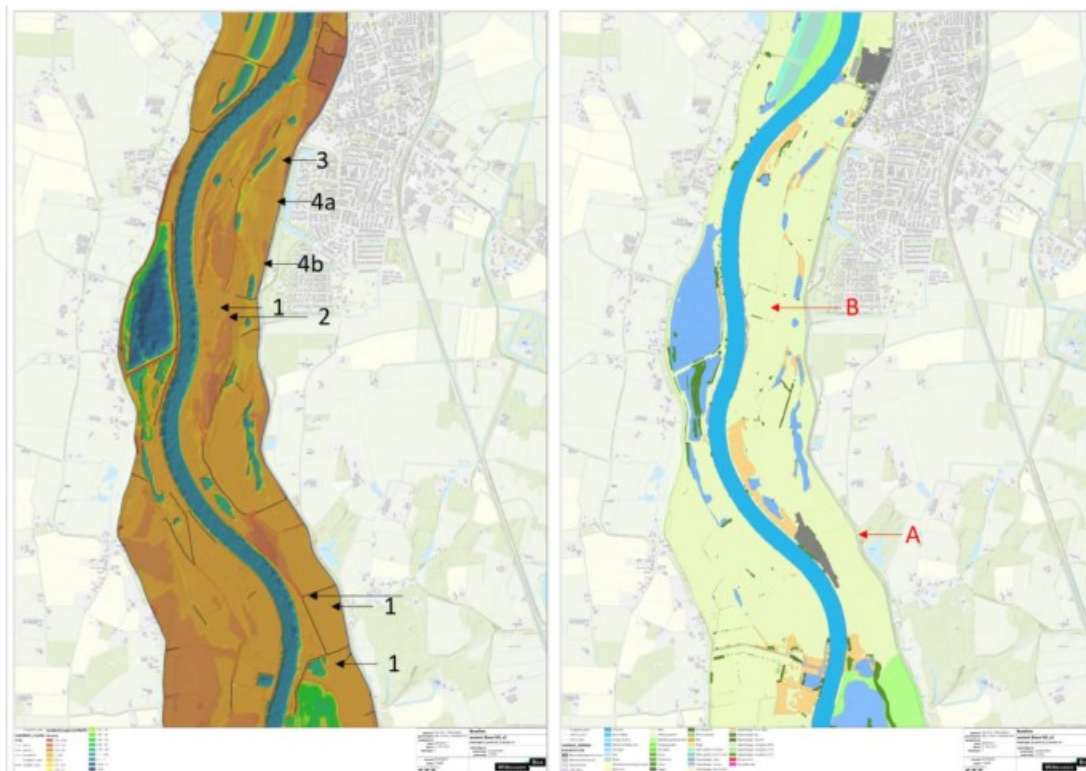
Verdere uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de WAQUA-modellering zijn hieronder toegelicht:

- bodemhoogte van uiterwaaraanpassingen zijn ingericht volgens het definitieve tijdelijke ruimtebeslag;
- voor ruwheden van depots en de hoogwaterrug is vegetatielegger Gras & Akker gehanteerd;
- voor ruwheden van werkwegen en keerlussen is vegetatielegger Verhard gehanteerd;
- de Baseline- en WAQUA-modellen die op 21 maart 2022 ter beschikking zijn gesteld door Rijkswaterstaat, zijn gebruikt. Onderstaand overzicht toont de versie van de software en modellen:
 - Arcgis-versie: 10.3.1;
 - Baseline-versie: 5.3.4;
 - Simona-versie: 2021;
 - Baseline-referentie: Baseline-rijn-beno18_5-v1;
 - WAQUA-deelmodel van de referentie: waqua-rijn-beno18_5_20m_ijssel-v1;
- de volgende maatregelen zijn ingemixt voor het actualiseren van de referentiesituatie:
 - ij_herxer_a1
 - ij_zoref_a3
 - ij_herxer_v01
- de waterstandsverschillen zijn gebaseerd op de zogenaamde last 25;
- gehanteerde ruwheidsdefinities zijn: roughcombination-general-2015_5-v1, roughcombination-rijn_nrlk-2015_5-v2;
- rivierkundige effecten zijn bepaald tijdens de Hoogwaterreferentie (HWR): 16.000 m³/s. Deze afvoer heeft een herhalingsjijd van 1/1250 jaar. Bij deze afvoer stroomt de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld mee;
- er is uitgegaan van een vaste afvoerverdeling ter plaatse van de splitsingspunten;
- er is enkel gerekend met stationaire afvoerniveaus;
- de rivierkundige effecten zijn getoetst aan het Rivierkundig Beoordelingskader versie 5.0 ref 3].



Referentiesituatie

De bodemligging van de referentiesituatie is weergegeven in Afbeelding 7.4 en in bijlage 7.5. De referentiesituatie voor dit project is de huidige staat van het rivierlandschap, inclusief vergunde (maar nog niet uitgevoerde) ingrepen. Het ruwheidsmodel van de referentiesituatie is weergegeven in Afbeelding 7.4 en in bijlage 7.5. De nummers in Afbeelding 7.4 corresponderen met de indicatie van de tijdelijke voorzieningen in Afbeelding 7.5.



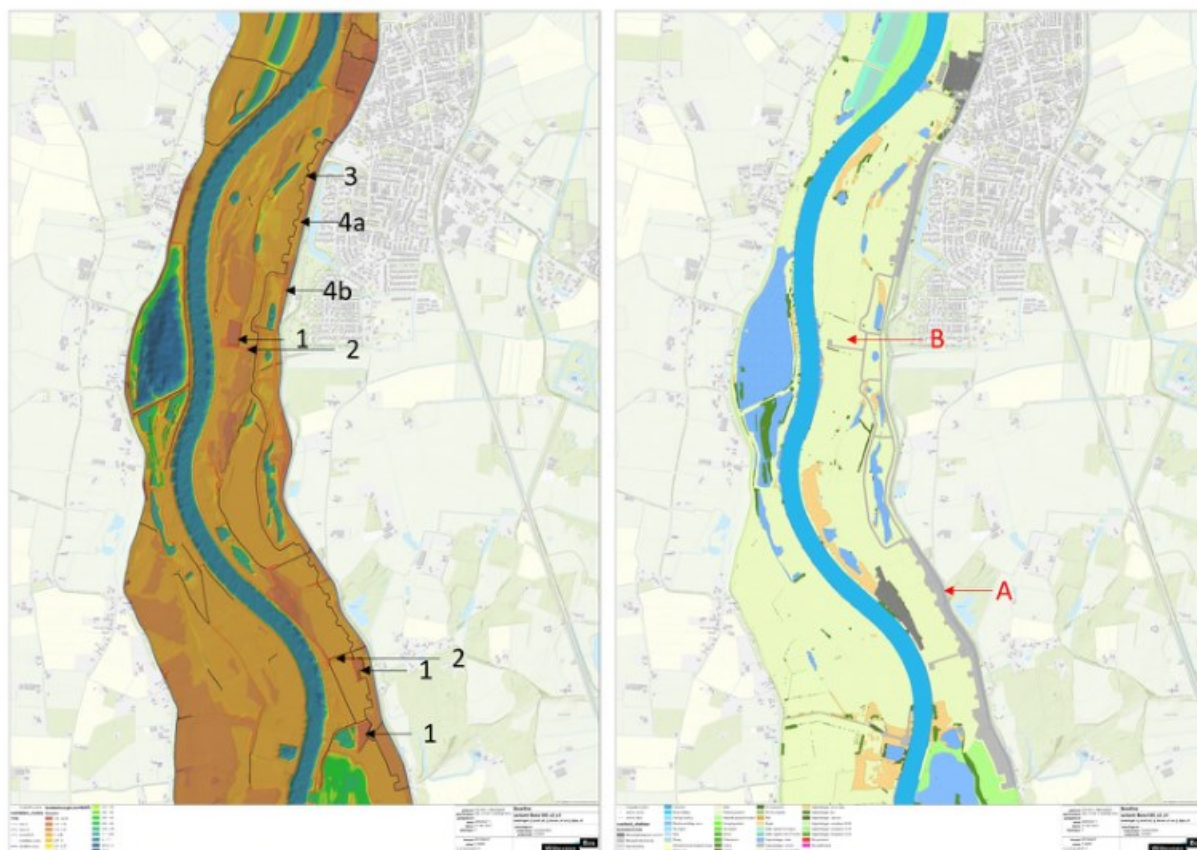
Afbeelding 7.4 Hoogtemodel van de referentie (links) en het ruwheidsmodel (rechts). Inclusief nummer en letter aanduiding.

Variant tijdelijke voorzieningen UT1

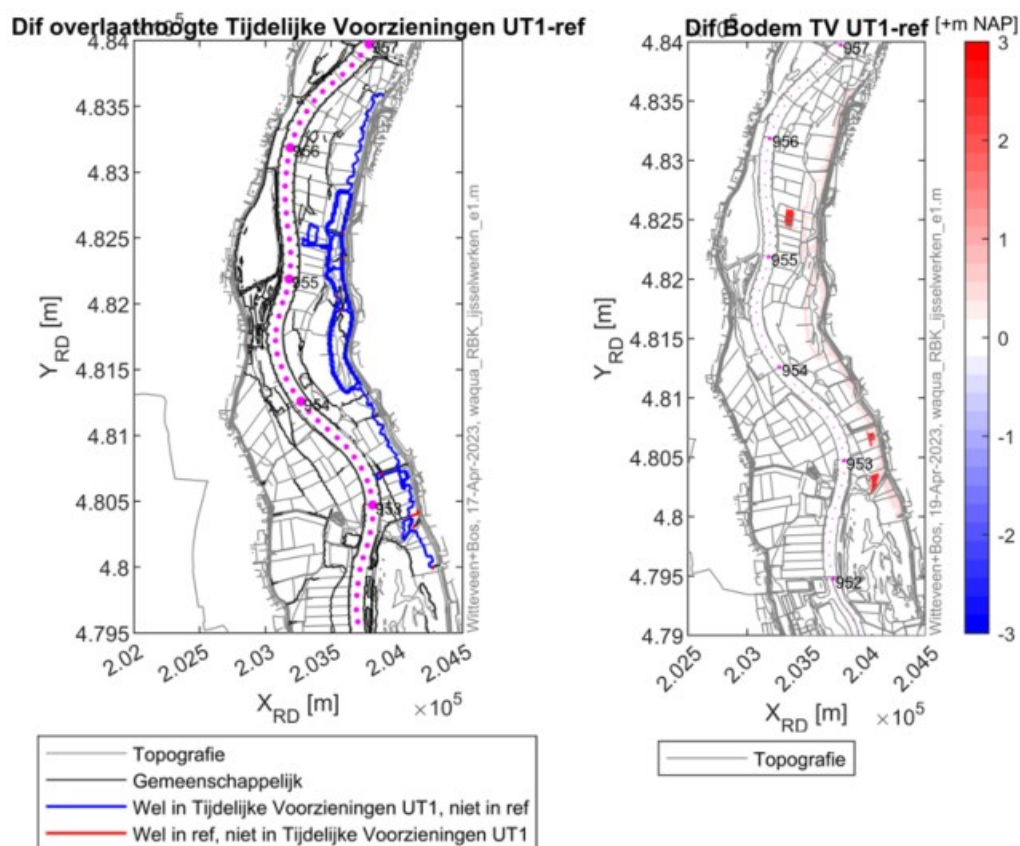
De bodemligging van de variant en het ruwheidsmodel zijn weergegeven in Afbeelding 7.5, Afbeelding 7.4 en in bijlage 7.6. De nummer- en letteraanduiding komen overeen met onderstaande toelichting (zie Afbeelding 7.5)

1. de depots hebben een wisselende vorm, maar hebben allen een kruinhoogte die 2,5 m boven het maaiveld uitsteekt. De taluds hebben een helling van 1:3. De ecotopenruwheid van depots is Gras & Akker;
2. de werkwegen en keerlussen liggen 0,5 m boven maaiveld met een taludhelling van 1:2. Op de werkwegen en keerlussen komen rijplaten te liggen. De ruwheid voor deze tijdelijke voorzieningen is Verhard;
3. de hoogwaterrug heeft een variërende hoogte (zie bijlage 7.2⁴ voor de hoogte aanduiding). De hoogte is bepaald op basis van een hoogwater-overschrijdingsfrequentie van 5 dagen, volgens [ref 4]. De ecotopenruwheid van de hoogwaterrug is Gras & Akker. Bij nummer 3b is te zien dat de hoogwaterrug verder in de uiterwaard ligt, omdat de werkwegen om de hoogwaardige ecologische zones worden gelegd. Op de overige delen ligt de hoogwaterrug zo dicht mogelijk langs de dijk (3a).
4. sommige werkwegen liggen volledig tussen de hoogwaterrug en de dijk, met uitzondering ter plaatse van hoogwaardige ecologische zones. Op deze plekken zijn de werkwegen voor de werkwegen om deze zones geplaatst. De werkwegen liggen 0,5 m boven maaiveld met een taludhelling van 1:1.

De tijdelijke voorzieningen zijn geïmplementeerd door middel van verschillen in bodemhoogte, bodemruwheid en overlaten op plaatsen waar de bodemhelling steiler is dan 1:7. In Afbeelding 7.6 is het verschil in bodemhoogte en het verschil in locaties van overlaten weergegeven tussen de variant en de referentie. Uit deze vergelijking volgt dat de tijdelijke voorzieningen zorgen voor een afname in doorstroomoppervlakte. Gezien de relatief grote afstand tot de vaargeul, wordt verwacht dat de tijdelijke voorzieningen weinig impact hebben op de thema's 'hydraulische hinder en schade', en 'morfologie'. De tijdelijke voorzieningen zullen hoofdzakelijk waterstandseffecten teweeg brengen. Deze effecten hebben - net als de voorzieningen een tijdelijke aard.



Afbeelding 7.5 Hoogtemodel van de variant (links) en het ruwheidsmodel (rechts). Inclusief nummer en letter aanduiding.

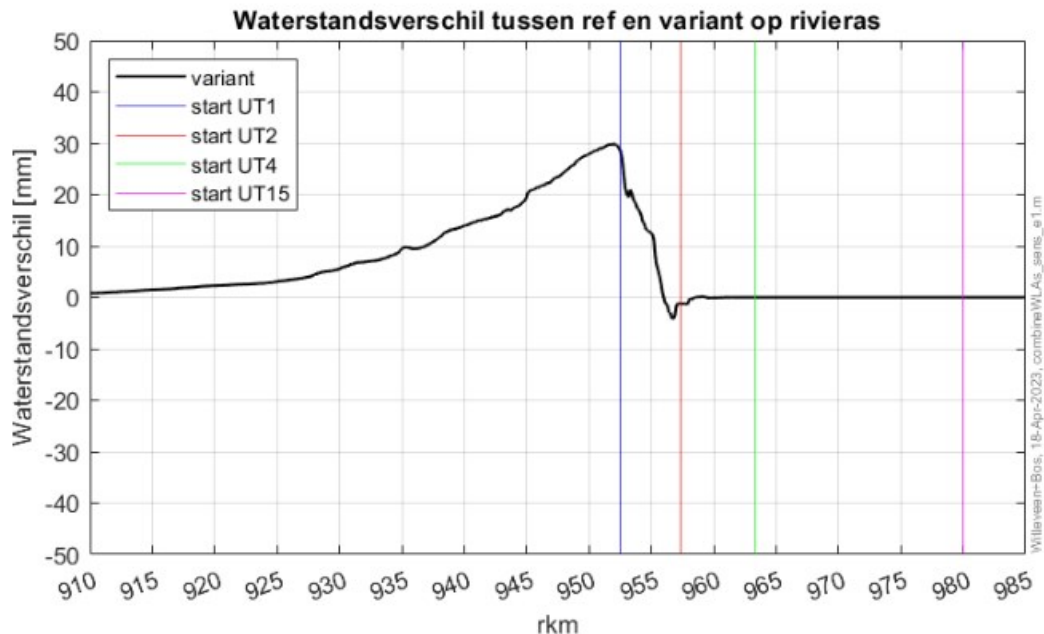


Afbeelding 7.6 verschil in overlaathoogte (links) en bodemhoogte (rechts) tussen de variant en de referentie.

7.4.2 Analyse: Hoogwaterveiligheid

Hoogwaterreferentie op de as van de rivier

Uitvoeringstraject 1 (UT1) zorgt voor een opstuwend effect op de rivieras van maximaal 3 cm (Afbeelding 7.7). Deze opstuwing is aanzienlijke in vergelijking tot de RBK-eis voor een permanente situatie. Deze eis stelt dat er geen opstuwing mag ontstaan ten gevolge van een permanente rivierkundige ingreep, waarbinnen foutmarge van 1 mm is toegestaan in verband met modelonzekerheid [ref 3].

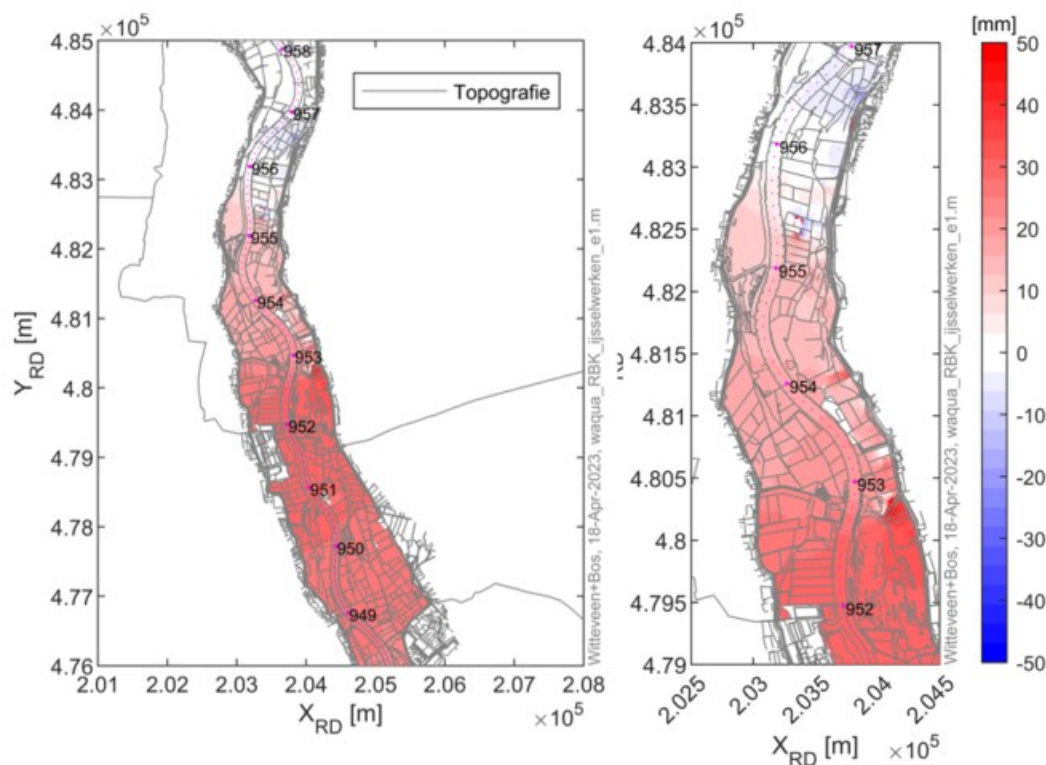


Afbeelding 7.7 Waterstandsverschil op de rivieras (mm) voor HWR voor UT1 ten opzichte van de referentie situatie. De stroomrichting is van links naar rechts. De gekleurde lijnen zijn de start van de 4 meest kritische uitvoeringstrajecten.

Hoogwaterreferentie buiten de as van de rivier

Het opstuwend effect ten gevolge van UT1 treedt ook op in het tweedimensionale vlak (Afbeelding 7.8). De belangrijkste resultaten staan hieronder benoemd:

- zowel in de oostelijke als in de westelijke uiterwaard is een opstuwend effect merkbaar, waarbij de maximale opstuwing circa 3 cm is;
- direct benedenstrooms van rivierkilometer 952 neemt de opstuwing af als gevolg van de herverdeling van water binnen het dwarsprofiel van de rivier (er stroomt hier minder water door de oostelijke uiterwaard);
- lokaal bij de verschillende tijdelijke voorzieningen zijn de waterstandseffecten relatief groot en stralen uit naar de omgeving.



Afbeelding 7.8 Verschil in waterstand bij een afvoer van 16.000 m³/s (HWR) tussen de variant en de referentie. Rechter afbeelding is een ingezoomde versie van de linker afbeelding.

Verandering in afvoerdeling op de IJsselkop

Een voorwaarde voor ingrepen langs de rivieren is dat de afvoerdeling op de splitsingspunten in de Rijntakken niet te veel mag wijzigen. De RBK-eis stelt dat voor HWR een maximale verandering in afvoerdeling van $\Delta 5$ m³/s mag optreden.

Op basis van de resultaten ten gevolge van UT1, blijkt dat bij de IJsselkop de waterstand met $\sim 0,5$ mm toeneemt. Deze verandering in de waterstand heeft een verwaarloosbare invloed op de afvoerdeling op de IJsselkop ($< 0,1\%$). Verwacht wordt, dat een combinatie van uitvoeringstrajecten ook een verwaarloosbare invloed heeft op de afvoerdeling.

7.4.3 Analyse: Hydraulische hinder en schade

Waterstanden en inundatiefrequentie uiterwaarden

De bestaande (zomer)kades in de uiterwaarden worden niet afgegraven gedurende de aanlegfase. Op basis van de opstuwingsresultaten van de variant is wel te verwachten dat de omringende uiterwaarden in het projectgebied en bovenstrooms van het projectgebied vaker zullen inunderen. Dit is een tijdelijk gevolg van de realisatie van de dijkversterking. Het is aan de beheerder(s) van de uiterwaarden om te besluiten of het tijdelijk vaker inunderen acceptabel is.

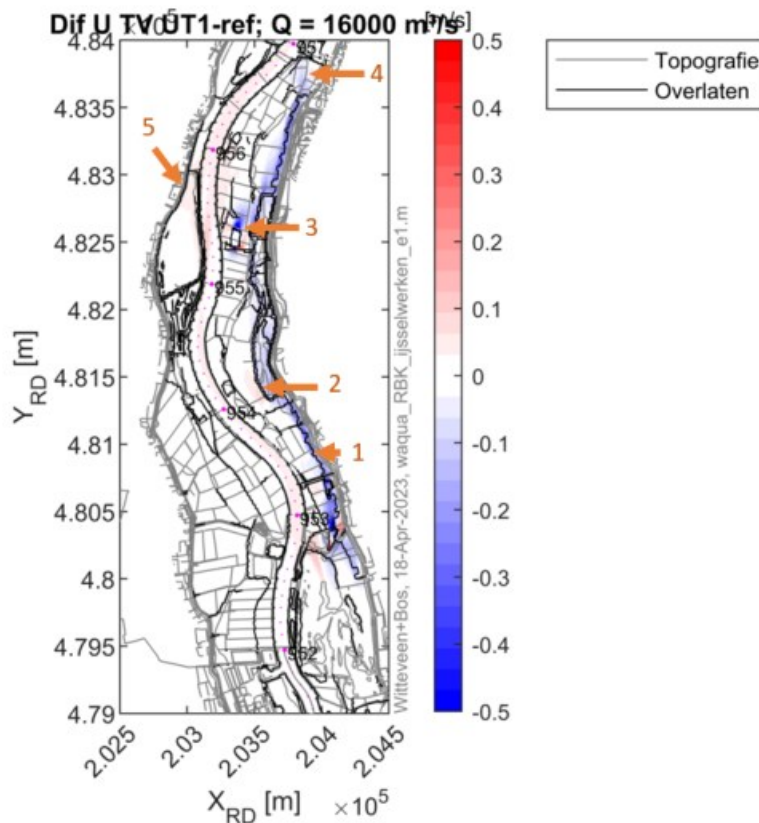
Stroombeeld in de uiterwaard

Het stroombeeld in de uiterwaard wordt sterk beïnvloed door de tijdelijke voorzieningen. De resultaten van de stromingsverschillen bij HWR voor UT1 worden getoond in Afbeelding 7.9. De volgende veranderingen in stroombeeld vallen op:

1. de hoogwaterrug zorgt ervoor dat de stroming langs de dijk sterk vermindert (zie nr. 1 in Afbeelding 7.9). Bij lagere afvoeren kan het zo zijn dat de hoogwaterrug ervoor zorgt dat het gebied erachter droog blijft;
2. lokaal kan bij vernauwingen de stroomsnelheid toenemen (zie nr. 2 in Afbeelding 7.9);
3. achter grote obstakels, zoals de depots, neemt de stroomsnelheid sterk af (zie nr. 3 in Afbeelding 7.9);
4. na het einde van de hoogwaterrug neemt de stroomsnelheid af en ontstaat een stromingsluwe zone. Dit is het gevolg van schaduwwerking (zie nr. 4 in Afbeelding 7.9);

- de stroomsnelheden op de westelijke uiterwaard blijven nagenoeg onveranderd. Enkel wanneer de uiterwaard op zijn smalste is en de tijdelijke voorzieningen het doorstroomoppervlakte nog verder verkleinen, is er een (beperkte) toename in stroomsnelheid zichtbaar (zie nr. 5 in Afbeelding 7.9).
- de veranderingen in stroombeeld blijven over het algemeen binnen de omgevingsgrenzen van het uitvoeringstraject. Echter kunnen de tijdelijke voorzieningen vlak na het uitvoeringstraject ook in de naastliggende uiterwaarden veranderingen in stroomsnelheden veroorzaken, omdat de oorspronkelijke debietverdeling tussen het zomerbed en de uiterwaard niet direct hersteld is.

Bovenstaande effecten zijn afhankelijk van het type tijdelijke voorzieningen, de locatie in de uiterwaard (en daarmee de afstand tot de rivieras) en het lokale stromingspatroon.



Afbeelding 7.9 verschil in stroomsnelheid tussen de variant en de referentiesituatie voor een afvoer van 16.000 m³/s

Stroombeeld in de vaarweg

Het stroombeeld in de vaarweg verandert op twee manieren:

- de stroomsnelheden nemen op verschillende plekken (merkbaar) toe: doordat de tijdelijke voorzieningen de stroming in de uiterwaard hinderen, zal er meer water door het zomerbed stromen (Afbeelding 7.9).
- de tijdelijke voorzieningen dicht bij het zomerbed kunnen een effect hebben op de dwarsstroming. Met name de werkwegen en de keerlussen kunnen hier een rol spelen.

Sterkere (dwars)stroming in de vaarweg is hoofdzakelijk voor de nautiek een aandachtspunt. Om er voor te zorgen dat de nautische veiligheid geborgd blijft, is het ontwerpproces van de tijdelijke voorzieningen een iteratief proces met ontwerpers, uitvoering, nautisch adviseurs en Rijkswaterstaat. Daarnaast kunnen bij loswallen aanvullende scheepvaartmaatregelen genomen worden om de nautische veiligheid te borgen.

In bijlage 7.3 is opgenomen welke uitvoeringstrajecten het meest kritisch zijn op basis van de referentiesituatie en de verwachten effecten van de tijdelijke situatie. Binnen een uitvoeringstraject is er alleen effect te verwachten op de dwarsstroming ter hoogte van een keerlus (bij een loswal), omdat deze verhoging dicht bij het zomerbed ligt. In de overige delen van de uitvoeringstrajecten speelt dwarsstroming nauwelijks rol, want de tijdelijke voorzieningen hebben hierop een zeer beperkt effect.

Effecten op afvoerdeling IJsselkop

Voor de tijdelijke voorzieningen geldt dat bij een lage afvoer ($OLA = 1.020 \text{ m}^3/\text{s}$) het water enkel in het zomerbed stroomt waar geen tijdelijke voorzieningen liggen. De tijdelijke voorzieningen hebben om deze reden geen effect op de afvoerverdeling.

Onttrekking water uit zomerbed Rijntakken

De tijdelijke voorzieningen zorgen voor een afname van het doorstroomoppervlak in de uiterwaarden. Dit betekent dat er geen water onttrokken wordt van het zomerbed.

Waterstand en stroombeeld in vaargeul in de Nederlands-Duitse grensregio bij lage en mediane Boven-Rijn afvoeren

In het geval van de tijdelijke voorzieningen zijn de effecten op de waterstand enkel te merken op de IJssel en zijn er al nagenoeg geen effecten meer op de IJsselpop. Dit betekent dat bij de grensregio er ook geen effecten meer merkbaar zijn van de tijdelijke voorzieningen.

7.4.4 Analyse: Morfologische effecten

Sedimentatie en erosie van het zomerbed

In de situaties waarbij de uiterwaarden meestromen, wijzigt de stroomsnelheid in het zomerbed als gevolg van de tijdelijke voorzieningen. Door de tijdelijke voorzieningen gaat een groter deel van de afvoer door het zomerbed. Hierdoor zijn de stroomsnelheden in het zomerbed groter dan in de referentiesituatie. Als een hoge afvoer optreedt, kan er hierdoor (extra) erosie ontstaan in het zomerbed. De hoogte van de afvoer waarbij erosie ontstaat is afhankelijk van wanneer de uiterwaard met tijdelijke voorzieningen meestroomt. De erosie wordt veroorzaakt door een geleidelijke toename van de stroomsnelheid ter hoogte van het uitvoeringstraject (Afbeelding 7.9). Hierdoor wordt verwacht dat het erosiepatroon ook geleidelijk is en niet het volledige projectgebied (28,9 km) beslaat, maar alleen ter hoogte van de uitvoeringstrajecten optreedt.

De voorzieningen zijn tijdelijk van aard, waardoor deze effecten alleen optreden als er gedurende de uitvoeringsjaren een hoge afvoer voorkomt. In het geval dat dit gebeurt, zal na afronding van een aanlegfase (als de tijdelijke voorzieningen zijn weggehaald) de bodemligging op den duur gaan naar de bodemligging horende bij de nieuwe, permanente situatie waarin de dijkversterking is uitgevoerd.

Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

De tijdelijke voorzieningen kunnen effect hebben op de morfologie in de uiterwaard. Waarbij de exacte sedimentatie en erosie afhankelijk is van het uitvoeringstraject, de waterstand en het lokale stroombeeld. Over het algemeen hebben de meeste tijdelijke voorzieningen een lokale afname in stroomsnelheid tot gevolg. Hierbij zal sedimentatie ontstaan. In de gebieden, zoals aangeduid in Afbeelding 7.9, waar de stroomsnelheid in de uiterwaard toeneemt, kan er erosie ontstaan. Door de hoogwaterdijk is de dijk beschermt tegen erosie. In het geval dat het water over de hoogwaterdijk heen stroomt, kan er sedimentatie ontstaan op de werkwegen. Dit levert geen knelpunten op omdat deze mate van sedimentatie beperkt zal zijn, en werkwegen eenvoudig schoon te vegen zijn.

De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld stroomt alleen mee bij afvoeren hoger dan $12.000 \text{ m}^3/\text{s}$, waardoor de kans klein is dat dit voor komt gedurende de aanlegfase van 5 jaar. De gevolgen zijn afhankelijk van welke uitvoeringstrajecten er op dat moment in uitvoering zijn. Alleen uitvoeringstrajecten die benedenstrooms liggen van het instroompunt van de hoogwatergeul hebben namelijk invloed. Als gevolg van de tijdelijke voorzieningen op die trajecten zou er meer afvoer door de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gaan waardoor de hoeveelheid erosie en sedimentatie in de hoogwatergeul kan toenemen ten opzichte van de referentiesituatie.

Sedimentatie en erosie van de uiterwaard en nevengeulen

De tijdelijke voorzieningen kunnen effect hebben op de morfologie in de uiterwaard. Waarbij de exacte sedimentatie en erosie afhankelijk is van het uitvoeringstraject, de waterstand en het lokale stroombeeld. Over het algemeen hebben de meeste tijdelijke voorzieningen een lokale afname in stroomsnelheid tot gevolg. Hierbij zal sedimentatie ontstaan. In de gebieden waar de stroomsnelheid in de uiterwaard merkbaar toeneemt (vooral op- en rondom de tijdelijke voorzieningen), kan er erosie ontstaan.

Door de aanwezigheid van de hoogwaterdijk is de dijk beschermt tegen erosie. In het geval dat het water over de hoogwaterdijk heen stroomt, kan er sedimentatie ontstaan op de werkwegen. Dit levert geen knelpunten op omdat deze mate van sedimentatie beperkt zal zijn, en werkwegen eenvoudig schoon te vegen zijn.

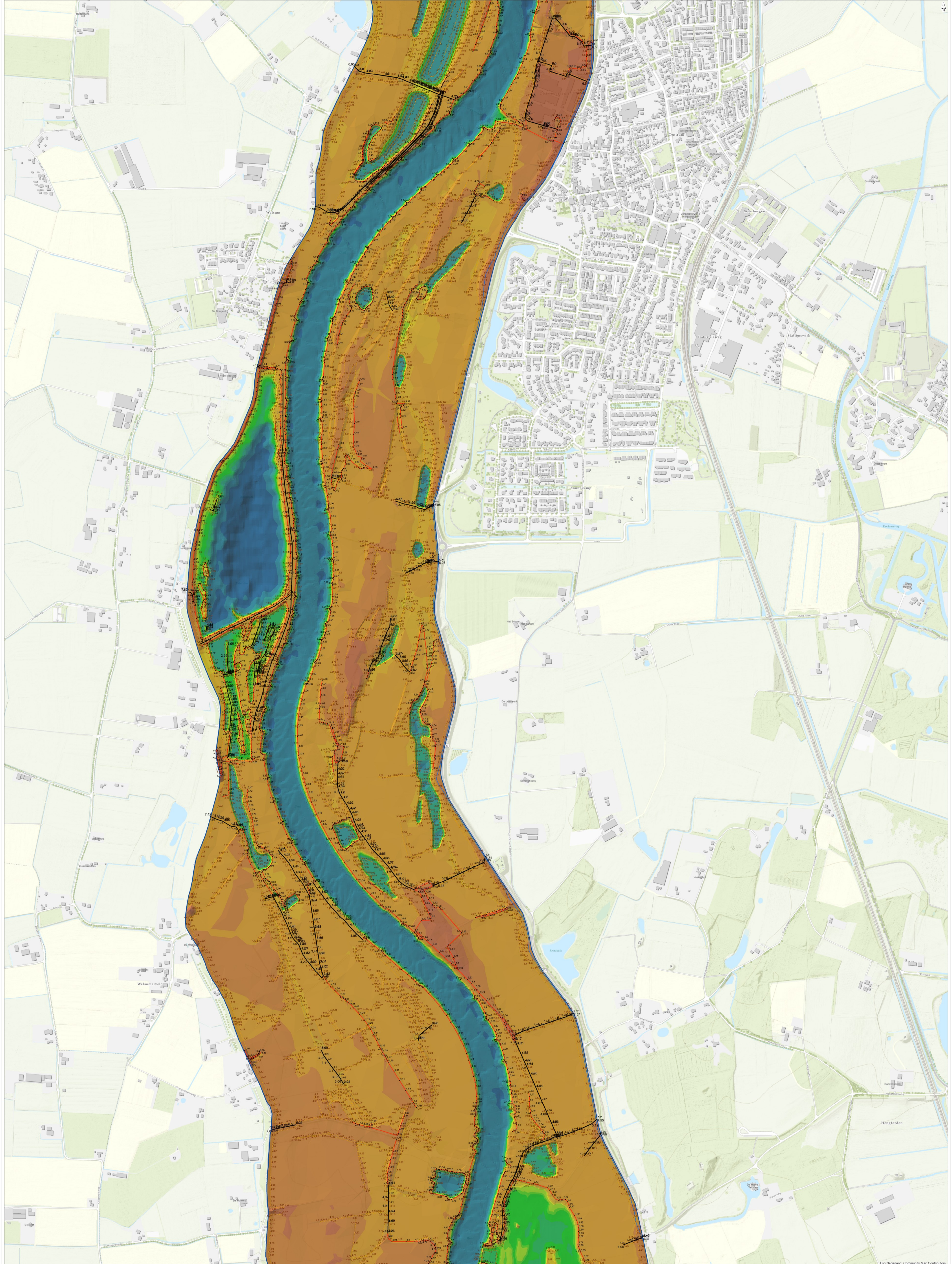


De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld stroomt alleen mee bij afvoeren hoger dan 12.000 m³/s, waardoor de kans klein is dat dit voor komt gedurende de aanlegfase van 5 jaar. De gevolgen zijn afhankelijk van welke uitvoeringstrajecten er op dat moment in uitvoering zijn. Alleen uitvoeringstrajecten die benedenstrooms liggen van het instroompunt van de hoogwatergeul hebben namelijk invloed. Als gevolg van de tijdelijke voorzieningen op die trajecten zou er meer afvoer door de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld gaan waardoor de hoeveelheid erosie en sedimentatie in de hoogwatergeul kan toenemen ten opzichte van de referentiesituatie.

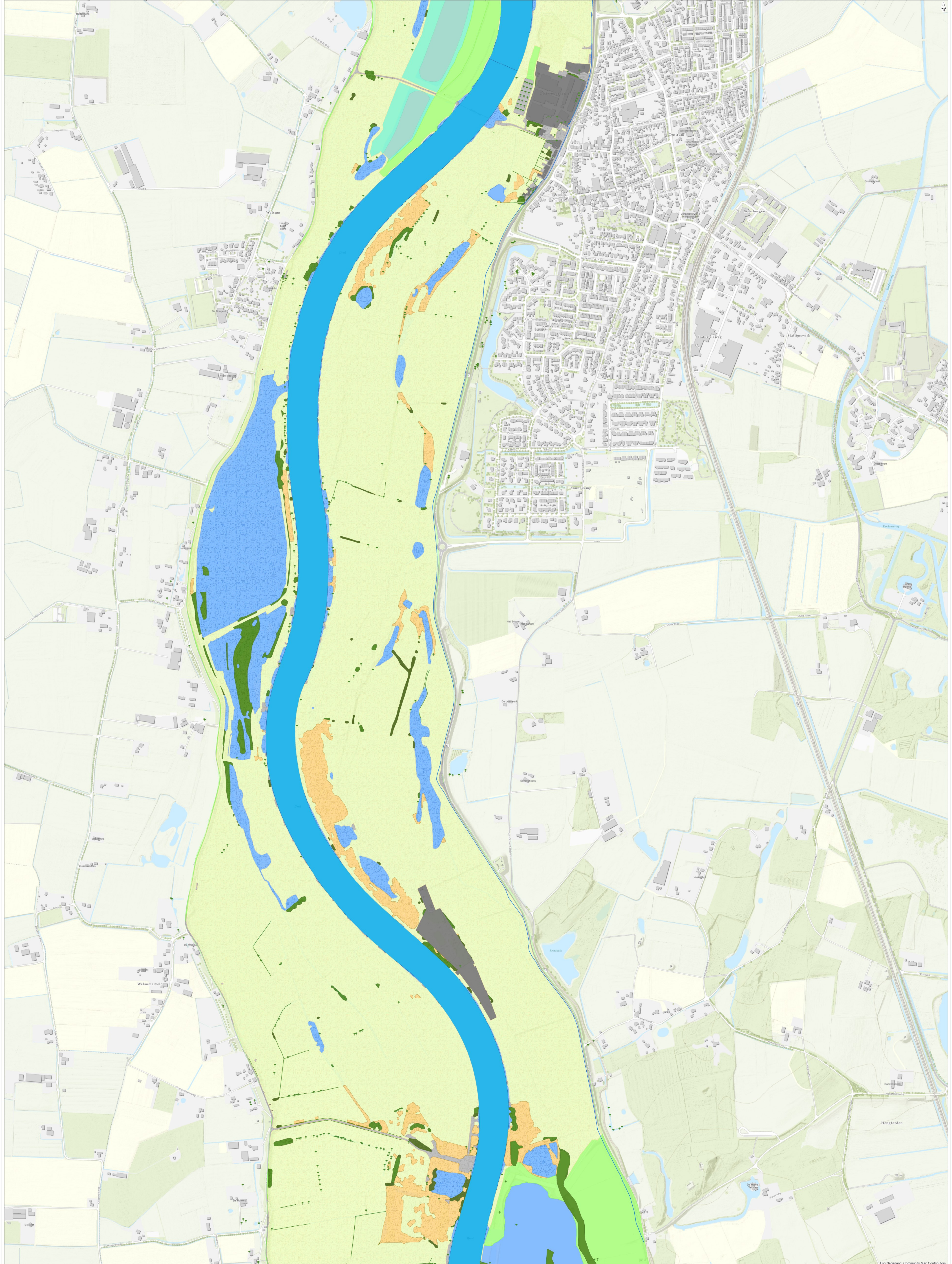


7.5 Schematisatie referentiesituatie





hoogwaterlijn_lijnen overlaten_routes TYPE — krib (1) — kade (2) — hverschild (3) — breuklijnen_routes — bandlijnen_routes		bodemhoogte (m+NAP) Elevation 7.26 - 40.69 5.32 - 7.26 4.26 - 5.32 3 - 4.26 2.37 - 3 2.11 - 2.37 1.94 - 2.11 7.26 - 40.69 5.32 - 7.26 4.26 - 5.32 3 - 4.26 2.37 - 3 2.11 - 2.37 1.94 - 2.11	1.65 - 1.94 1.48 - 1.65 1.06 - 1.48 0.68 - 1.06 -0.06 - 0.68 -1.1 - -0.06 -4 - -1.1 -30.42 - -4 -30.42
getekend: gecontroleerd: goedgekeurd: versie: definitief 1 datum: 17-04-2022 tekeningsnr: 3 formaat: A0 staand schaal: 1:4000 0 20 40 60 80 100 m		Baseline variant: Beno185_v2 maatregel: ij_zoref_a3, ij_herxer_a1 opdrachtgever: projectnaam: IJsselwerken projectcode: 122652 Witteveen 	



— hoogwaterlijn

+ ruwheid_punten

— ruwheid_lijnen

ruwheid_vlakken

RUWHEIDSCODE

■ Bebouwing/hoogwaterlijn

■ Bebouwd/verhard terrein

■ Steenbekleding

■ Vaste lagen

■ Zomerbed

■ Diepe bedding

■ Ondiepe bedding

■ Plashaven/slikkige oever

■ Nevengedeelte

■ Meer

■ Strang

■ Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat

■ Ruwe oever

■ Akker

■ Productiegrasland

■ Natuurlijk grasland/hooiland

■ Verruigd grasland

■ Boomgaard

■ Bomen

■ Productiebos

■ Ooibos

■ Heggen

■ Struweelgrijs

■ Pioniersvegetatie

■ Riet

■ Ruigte

■ Natte vegetatie homogeen

■ Natte vegetatie met 25% water

■ Vegetatielegger, water

■ Vegetatielegger, verhard

■ Vegetatielegger, gras en akker

■ Vegetatielegger, riet en ruigte

■ Vegetatielegger, bos

■ Vegetatielegger, struweel

■ Vegetatielegger, mengklasse 90/10

■ Vegetatielegger, mengklasse 70/30

■ Vegetatielegger, mengklasse 50/50

■ Niet gecodeerd

■ Niet gedefinieerd

getekend: [redacted]

gecontroleerd: [redacted]

goedgekeurd: [redacted]

versie: definitief 1

datum: 17-04-2022

tekeningsnr: 3

format: A0 staand

schaal: 1:4000

0 20 40 60 80 100 m

Baseline

variant: Beno185_v2

maatregel: ij_zoref_a3, ij_herxer_a1

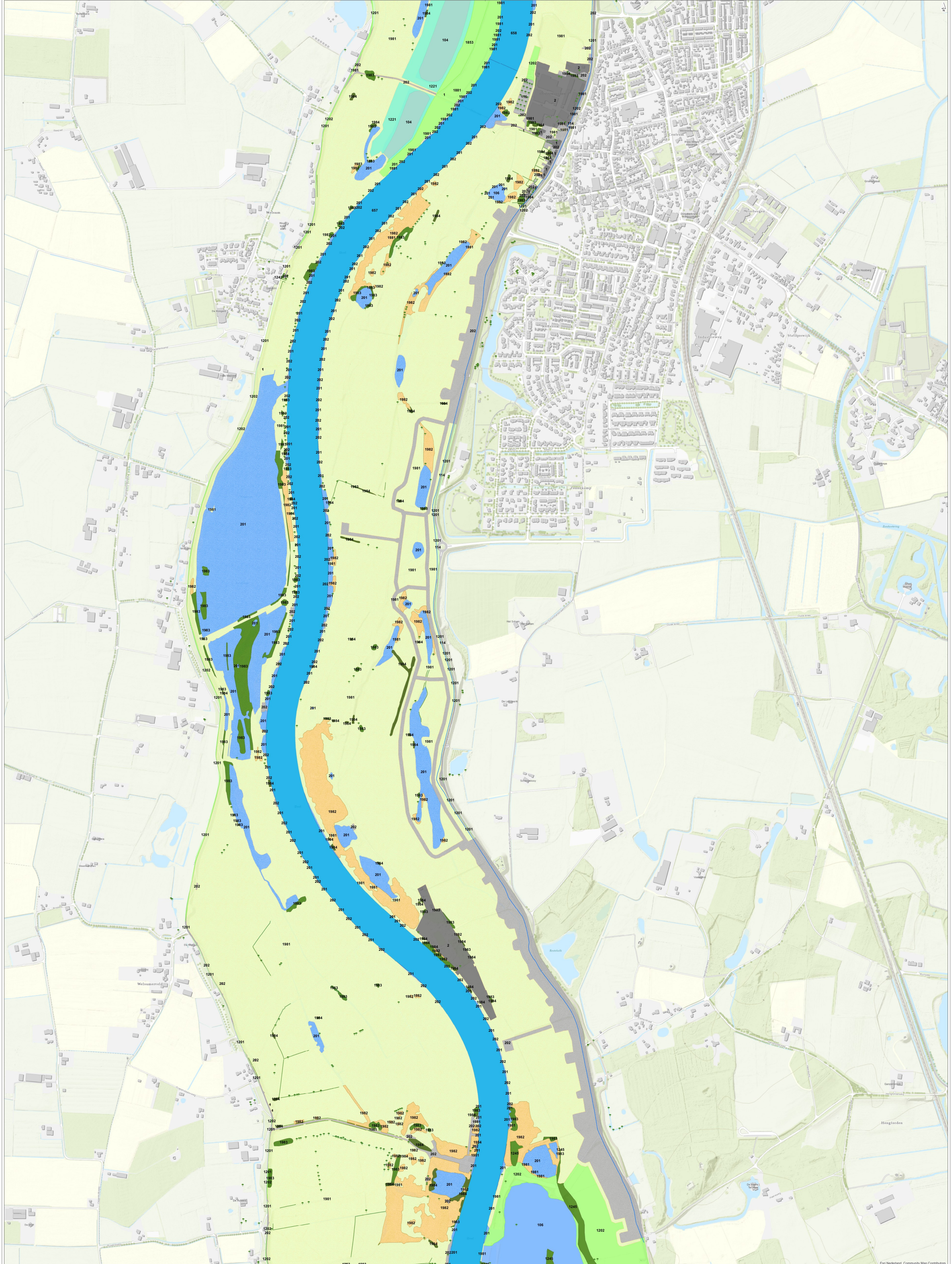
opdrachtgever: [redacted]

projectnaam: IJsselwerken

projectcode: 122652

7.6 Schematisatie variant tijdelijke voorzieningen uitvoeringstraject 1 (Ontwerploop 1)





— hoogwatervrij_lijnen

— ruwheid_punten

— ruwheid_lijnen

ruwheid_vlakken

RUWHEIDSCODE

■ Bebouwing/hoogwatervrij terrein

■ Bebouwd/verhard terrein

■ Steenbekleding

■ Vaste lagen

■ Zomerbed

■ Diepe bedding

■ Ondiepe bedding

■ Plas/haven/slikkige oever

■ Nevengedeel

■ Meer

■ Strang

■ Kribvakstrand/zandplaat/grindplaat

■ Ruwe oever

■ Akker

■ Productiegrasland

■ Natuurlijk grasland/hooiland

■ Vernieuwd grasland

■ Boomgaard

■ Bomen

■ Productiebos

■ Ooibos

■ Heggen

■ Struweelgriend

■ Pioniersvegetatie

■ Riet

■ Ruigte

■ Natte vegetatie homogeen

■ Natte vegetatie met 25% water

■ Vegetatielegger, water

■ Vegetatielegger, verhard

■ Vegetatielegger, gras en akker

■ Vegetatielegger, riet en ruigte

■ Vegetatielegger, bos

■ Vegetatielegger, struweel

■ Vegetatielegger, mengklasse 90/10

■ Vegetatielegger, mengklasse 70/30

■ Vegetatielegger, mengklasse 50/50

■ Niet gecodeerd

■ Niet gedefinieerd

getekend:

gecontroleerd:

goedgekeurd:

versie: definitief 1

datum: 17-04-2022

tekeningsnr: 3

format: A0 staand

schaal: 1:4000

0 20 40 60 80 100 m

Baseline

variant: Beno185_v2.e1

maatregel: ij_zoref.a3, ij_herxer.a1 en ij_dijzo.e1

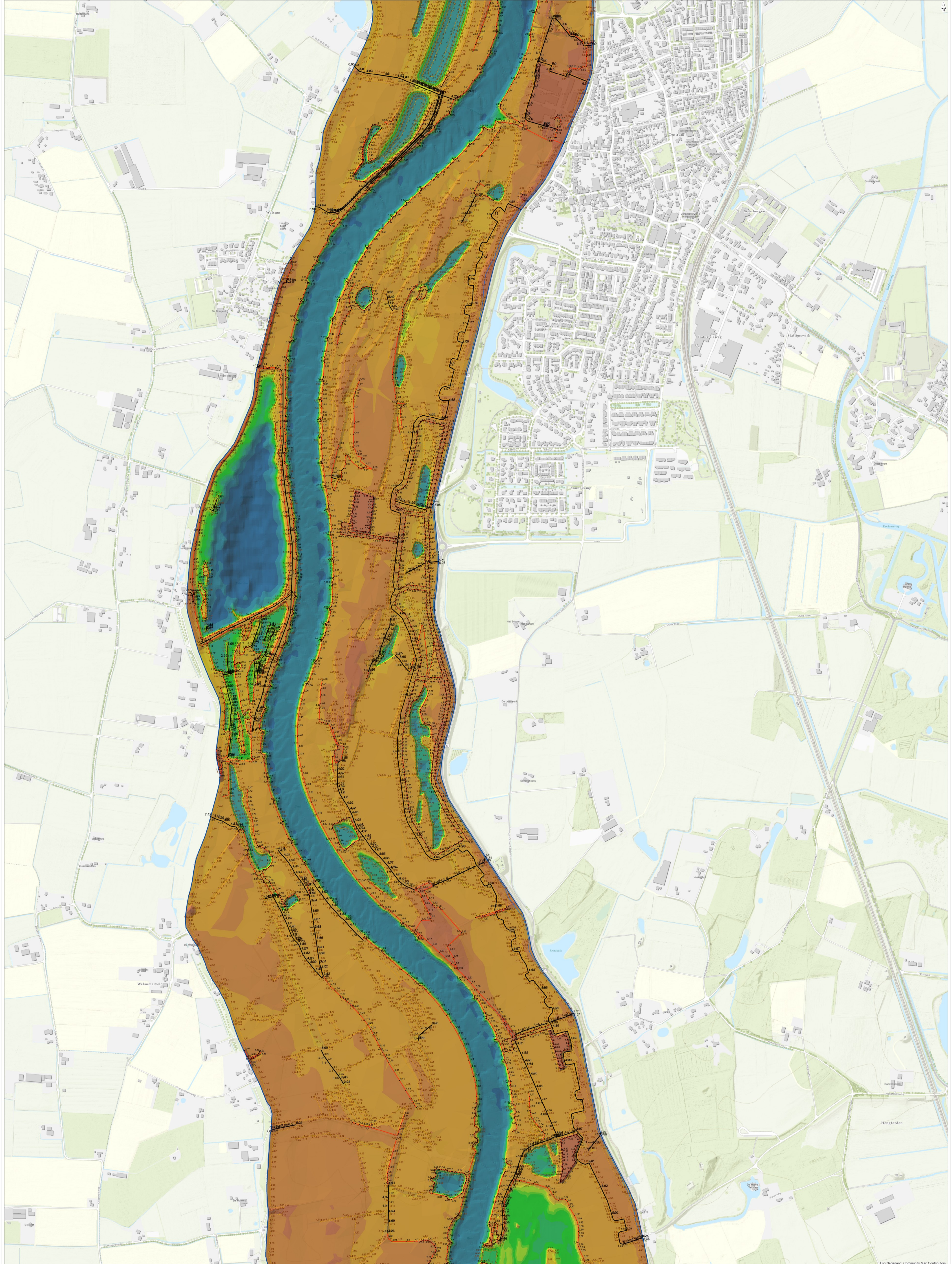
opdrachtgever:

projectnaam: Usselwerken

projectcode: 122652

Bos

Witteveen



hoogwaterlijn

overlaten_routes

TYPE

krib (1)

kade (2)

hverschl (3)

breuklijnen_routes

bandlijnen_routes

bodemhoogte (m+NAP)

Elevation

7.26 - 40.69

5.32 - 7.26

4.26 - 5.32

3 - 4.26

2.37 - 3

2.11 - 2.37

1.94 - 2.11

1.65 - 1.94

1.48 - 1.65

1.06 - 1.48

0.68 - 1.06

-0.06 - 0.68

-1.1 - -0.06

-30.42 - -4

-30.42

getekend:

gecontroleerd:

goedgekeurd:

versie: definitief 1

datum: 17-04-2022

tekeningsnr: 3

formaat: A0 staand

schaal: 1:4000

0 20 40 60 80 100 m

Baseline

variant: Beno185_v2_e1

maatregel: ij_zoref_a3, ij_herxer_a1 en ij_dijzo_e1

opdrachtgever:

projectnaam: IJsselwerken

projectcode: 122652

Witteveen

Bos