

Documentcode
PL341.OWN.00599

Status
Definitief

Datum
17-9-2020

Versie
5.0

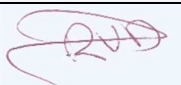
Projectcode
PL341

Activiteitcode
Opstellen ontwerpnota

Werkpakket code
WP32

ONTWERPNOTA "ONTWERP T.B.V. PROJECTBESLISSING MIRT3"

Krib- en oeververlaging Pannerdensch kanaal

Opgesteld: Roelant van Dam		Collegiale toets: Casper van Wijk		Vrijgave: Aart-Jan van 't Oever	
Functie: Technisch manager		Functie: Technisch manager		Functie: Projectmanager	
Paraaf		Paraaf		Paraaf	
Datum	17-09-2020	Datum	17-09-2020	Datum	17-09-2020

Wijzigingen

Versie	Omschrijving wijzigingen
1.0	Interne opmerkingen ON op v0.4 verwerkt
1.1	Interne review na verwerking review PTO RWS versie 4 mei 2020
2.0	Definitieve versie ten behoeve van review PTO RWS
3.0	Definitieve versie ten behoeve van toetsing PVP
4.0	Definitieve versie na eerste ronde verwerking toetscommentaar PVP
5.0	Definitieve versie na eindtoets PVP

Distributielijst

Organisatie	Functie	Aantal	Analoog (ja/nee)
Rijkswaterstaat	Projectteam	Digitaal	Nee
Ploegam	Projectteam	Digitaal	Nee

Projectgegevens:

Contactgegevens Opdrachtgever:
Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud (GPO)
T.a.v. Frank Melten
Arnhem
+31 6 5381 8076
Frank.melten@rws.nl

Contactgegevens Opdrachtnemer:
Ploegam
t.a.v. A.J.W van 't Oever
Postbus 12
5386 ZG GEFFEN
+31 6 5890 7648
a.oever@ploegam.nl

Inhoud

1.	Inleiding	4
1.1	Ten geleide	4
1.2	Aanleiding	4
1.3	Voorgeschiedenis project	4
1.4	Doelstelling en projectscope	5
1.5	Randvoorwaarden	6
1.6	Relatie met overige producten	7
1.7	Leeswijzer	7
2.	Gebiedskenmerken	10
2.1	Systeemomschrijving	10
2.2	Objecten	11
2.3	Raakvlakken	13
3.	Samenvatting definitief ontwerp KOP	14
3.1	Algemeen	14
3.2	Maatregelen op de oevers	16
3.3	Maatregelen op de kribben	19
3.4	Maatregelen bij kribvakken	20
4.	Uitgangspunten	22
4.1	Ontwerp gerelateerde uitgangspunten	22
5.	Ontwerpproces	25
5.1	Uitwerking van het VKA tot DO in 3 ontwerploops	25
5.2	Afwegingsproces oeverontwerp	26
5.3	Afwegingsproces kribontwerp	28
5.4	Doorgevoerde Optimalisaties op oevers en kribben	34
5.5	Duurzaamheid als ontwerpaspect en afwegingscriterium	38
6.	Definitief ontwerp (DO) verlaagde oevers en kribvakken	42
6.1	Doelstelling verlaagde oevers	42
6.2	Oeverontwerp	42
6.3	Oeverbescherming gestrekte oevers	51
6.4	Overige erosiebestendige maatregelen op oevers	57
7.	Definitief ontwerp (DO) kribben	60
7.1	Doelstelling verlaagde kribben	60
7.2	Uitwerking Voorkeursvariant	60
7.3	Bijzondere kribben	64
7.4	Kribbakens en lichtopstanden	67
7.5	Erosiebestendige maatregelen bij kribben en kribvakken	68
8.	Effectstudies	72
8.1	Rivierkundige effecten	72
8.2	Standzekerheid van waterkeringen en leikades	79
8.3	Geohydrologie	81
8.4	Te handhaven waterstaatkundige objecten	83
8.5	Natuur	85
8.6	Landschap en ruimtelijke kwaliteit	86

8.7	Archeologie	88
8.8	Bodem	88
8.9	Niet gesprongen explosieven	91
8.10	Scheepvaart	91
8.11	Sportvisserij en recreatie	92
8.12	Landbouw	93
8.13	Kabels, leidingen en Betuwetunnel	93
9.	Beheer en onderhoud	94
9.1	Doelstelling	94
9.2	Algemene onderhoudsinspanning	94
9.3	Specifieke aspecten en aandachtspunten	95
10.	Integrale veiligheid	98
10.1	BTO keuzes en veiligheidsrisico's	98
11.	Realisatie	102
11.1	Algemeen	102
11.2	Verlagen van de oevers	102
11.3	Verlagen van de kribben	106
11.4	Bekleden van kribvakken	113
11.5	Vorbereidend onderzoek	115

1. Inleiding

1.1 Ten geleide

De voorliggende Ontwerpnota voor project Krib- en Oeververlaging Pannerdensch kanaal (KOP) omschrijft het definitieve ontwerp (DO) en achterliggende ontwerpproces ten behoeve van de Projectbeslissing MIRT¹ en het Projectplan Waterwet (PpWW)². De ontwerpnota bestaat uit een zelfstandig leesbaar hoofddocument met technische tekeningen, 'artist impressions' en onderbouwende en verdiepende producten.

1.2 Aanleiding

Grote delen van Nederland lopen bij extreme rivierafvoeren het risico getroffen te worden door een overstroming. Met rivierverruimende maatregelen en versterking van de waterkeringen wordt het overstromingsrisico in Nederland beperkt. Het versterken van primaire keringen gebeurt binnen het nu lopende hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het (afgeronde) programma Ruimte voor de Rivier (RvR) was gericht op het vergroten van de afvoercapaciteit van de rivieren en het beperken van de waterstanden bij hoge afvoeren.

Onderdeel van het programma Ruimte voor de Rivier is de doelstelling om een waterstandverlaging van 11 cm te realiseren op kilometer 865 van de Boven-Rijn bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. Het project Oevergeul Boven-Rijn had tot doel om hiervan 4 centimeter te realiseren, de zogenaamde taakstelling. Met het niet doorgaan van Oevergeul Boven-Rijn, is het project Krib- en Oeververlaging Pannerdensch Kanaal als alternatief ontwikkeld.

Bij de start van het project Krib- en Oeververlaging Pannerdensch kanaal is geconstateerd dat de situatie in en langs de rivier veranderd is ten opzichte van 2014. Zo is de hoeveelheid ruigere, opstuwende vegetatie toegenomen en is de rivierbedding dieper geworden. Vanwege de veranderende situatie in het projectgebied is begin 2017 opnieuw het effect van de waterstandsdeling berekend in een nieuw model. Mocht het project Oevergeul Boven-Rijn nu worden uitgevoerd, dan zou het effect van die ingreep een waterstandsdeling van 5 centimeter zijn.

1.3 Voorgeschiedenis project

Het project bevindt zich momenteel in de Planuitwerkingsfase ten behoeve van de projectbeslissing. De Planuitwerkingsfase is gestart in mei 2019 en heeft als uitgangspunt het Voorkeursalternatief dat tot stand is gekomen in 2017 en vastgesteld is in de Verkenningfase SNIP2A³. Binnen de Verkenningfase heeft een afweging plaats gevonden over het traject van de krib- en oeververlaging binnen het Pannerdensch kanaal, het aantal te verlagen kribben, de locatie van de te verlagen oevers en het hoogteniveau van de te verlagen kribben en oevers. De keuze voor het Voorkeursalternatief (VKA) is gebaseerd op een effectbeoordeling van verschillende varianten op verschillende relevante

¹ Het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport, kortweg MIRT, is het investeringsprogramma van de rijksoverheid. Het programma kent 4 beslismomenten: 1) de startbeslissing, 2) de voorkeursbeslissing, 3) de projectbeslissing en 4) de opleverbeslissing.

Project Krib- en Oeververlaging Pannerdensch Kanaal bevindt zich in de voorbereiding van de projectbeslissing; de planuitwerkingsfase. Met de projectbeslissing wordt de realisatie van het voorgenomen project wettelijk en financieel mogelijk gemaakt. Startpunt van planuitwerkingsfase is het Voorkeursalternatief (VKA) uit de Verkenningfase. Het VKA is eind 2017 vastgesteld in het bestuurlijk overleg met de voorkeursbeslissing.

² Het projectplan is het instrument voor de waterbeheerder om grote projecten aan waterstaatswerken uit te voeren. Het projectplan vormt de basis voor het project. Hierin staat het werk beschreven en de wijze waarop het zal worden uitgevoerd.

³ MIRT3 volgt op SNIP2A. Project KOP is als Ruimte Voor de Rivier project gestart volgens de SNIP methodiek (Spelregels voor Natte Infrastructuur Projecten). De tweede beslissing, de voorkeursbeslissing is voorbereid in de Verkenningfase, ook wel de SNIP2A fase genoemd. Na de voorkeursbeslissing is overgestapt op de MIRT systematiek en wordt de planuitwerkingsfase ook wel aangeduid als de MIRT3 fase.

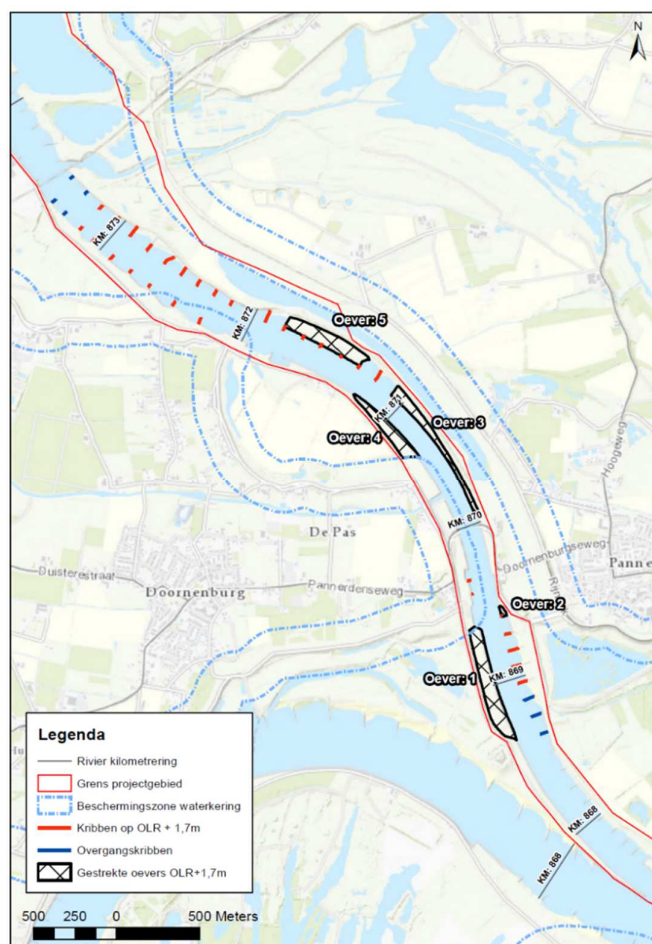
Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	4/115

aspecten, waaronder rivierkunde, natuur, impact omgeving, impact scheepvaart en beheer en onderhoud. In de Verkenningfase zijn verschillende combinaties van maatregelen onderzocht die tot de gewenste waterstandsaling leiden. Uit deze Verkenning bleek dat maatregelen niet te dicht bij de Pannerdensch Kop mogen plaatsvinden vanwege ongewenste effecten op de morfologie en op de afvoerverdeling tussen Waal en Pannerdensch Kanaal. Tevens werd duidelijk dat maatregelen stroomafwaarts van de spoortunnel van de Betuwelijn een dusdanig kleine bijdrage leveren aan het behalen van de taakstelling dat deze maatregelen onnodig en daarmee ongewenst zijn. In de Verkenningfase heeft de trechtering plaatsgevonden van alle mogelijke alternatieven naar het Voorkeursalternatief (VKA) voor het project Krib- en oeververlaging Pannerdensch Kanaal. Het VKA omvat het verlagen van ten hoogste 38 kribben en 5 oever langs het Pannerdensch Kanaal tot een minimum niveau van OLR +1,7m.

De **OLR** (Overeengekomen Lage Rivierwaterstand) is de waterstand die optreedt bij de Overeengekomen Lage Afvoer (OLA). Deze OLA is de afvoer die tijdens een langjarige periode over een gemiddelde van twintig dagen per jaar zonder ijsgang niet wordt bereikt. Voor het Pannerdensch Kanaal is dit de afvoer van 1020 m³/s bij Lobith. In het projectgebied is de OLR in feite een vlak dat met het verhang van de rivier meeloopt. Dit vlak loopt van NAP +7,10m bovenstrooms tot NAP +6,95 cm benedenstrooms van de kribverlagingen.

1.4 Doelstelling en projectscope

De hydraulische taakstelling van dit project is een waterstandverlaging van 5 cm bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith in de rivieras tussen rivierkilometer 864,5 en 865,5 op de Boven-Rijn. Dit effect dient behaald te zijn op 21-12-2022. Daarbij is het van belang dat de beleidsmatige waterverdeling tussen het Pannerdensch Kanaal en de Waal beheersbaar blijft. De maatregelen dienen te passen binnen de scope van het boven genoemde Voorkeursalternatief (VKA). Het ontwerp voldoet aan de hoofddoelstellingen en kan gerealiseerd worden binnen de randvoorwaarden tijd en geld.



Figuur 1-1: Het VKA vormt de projectscope en tevens het startpunt voor de Planuitwerkingsfase (bron: VSE uit SNIP2a fase)

Project KOP heeft **geen** doelstelling ten aanzien van:

- Het opstuwend effect van de brugpeilers van de ViA15 oeververbinding en mogelijke compensatie hiervan;
- Natuurontwikkeling of KRW doelstelling;
- Het verbeteren van de Landschappelijke- en Ruimtelijke Kwaliteit.

1.5 Randvoorwaarden

Het Definitief Ontwerp dient gerealiseerd te worden onder een aantal randvoorwaarden welke zijn meegegeven uit de Verkenningfase (VSE) en in de Planuitwerkingsfase zijn opgehaald bij stakeholders. Onderstaande opsomming geeft de ontwerpbepalende randvoorwaarden weer:

- De functionaliteit van de primaire keringen dient te worden gehandhaafd, de veiligheid van de gehele waterkering mag niet achteruit gaan en de waterveiligheid binnendijks mag niet verslechteren;
- De functionaliteit van de leikades dient te worden gehandhaafd;
- Bij lage waterstanden mag geen verschuiving in de afvoerdeling plaatsvinden;
- De afvoer naar het Pannerdensch Kanaal bij een Boven-Rijn-afvoer van 16.000 m³/s mag door het project met maximaal 100 m³/s toenemen t.o.v. de huidige afvoerdeling;
- Er mogen geen significante geohydrologische effecten op kwetsbare binnendijkse functies optreden;
- De scheepvaartveiligheid mag niet verslechteren als gevolg van de maatregelen;

- De aanzanding dient geminimaliseerd te worden ten opzichte van het Voorkeursalternatief binnen de taakstelling;
- De veerdienst Pannerden – Doornenburg mag niet aangetast worden. De veerdienst dient tenminste eenzelfde beschikbaarheid te houden en er mogen geen ongewenste stromingen optreden;
- Gemaal de Linge en gemaal Kandia dienen hun functie en functioneren te behouden;
- De Betuwetunnel mag niet aangetast worden;
- De waterstandsdeling dient gerealiseerd te zijn op 21-12-2022;
- Het Definitief Ontwerp dient afgestemd en akkoord bevonden te worden door de afdeling beheer en onderhoud District ON en Staatsbosbeheer;

1.6 Relatie met overige producten

De voorliggende ontwerpnota ten behoeve van de projectbeslissing staat niet op zich. Het heeft een relatie met de volgende producten:

- Het onderzoek Rivierkunde met documentnummer PL341.RAP.00632;
- Het Uitvoeringsontwerp (UO) (gereed 2021);
- Het risico allocatiedocument (RAD, gereed met UO);
- Het Uitvoeringsplan (gereed in UO fase);
- Het Scheepvaartmanagementplan;
- Het Grondstromenplan met documentnummer PL341.MSP.00667;
- De DO-raming;
- De effectstudies (beschreven in hoofdstuk 8 van onderhavige nota);
- Risicodossier Ontwerpfase;
- KES dossier;
- Het Rapport Integrale Veiligheid Ontwerpfase met documentnummer PL341.VGP.00145;
- M.e.r.-beoordelingsnotitie.

De kader stellende hoofdvergunningen:

- Projectplan op grond van de Waterwet (BG Rijkswaterstaat);
- Ontgrondingenvergunning (BG provincie Gelderland);
- Wet natuurbeschermingsvergunning en – ontheffing (BG LNV en RVO);
- Omgevingsvergunningen voor het uitvoeren van werk- of werkzaamheden en de activiteit kappen (BG gemeenten Lingewaard en Zevenaar);
- Watervergunning (waterschap Rivierland);

Naast die vergunningen zijn er nog een aantal andere vergunningen, ontheffingen en meldingen nodig, welke betrekking hebben op de wijze waarop het project uitgevoerd gaat worden. Deze zullen in een later stadium worden aangevraagd, nadat het Uitvoeringsontwerp, het uitvoeringsplan en het scheepvaartverkeersmanagementplan gereed zijn. Het betreft onder andere:

- Omgang met grond: blbi en bbk meldingen;
- Scheepvaartverkeer: scheepvaartverkeerswet / rijnvaartpolitiereglement;
- APV-ontheffing, indien bijvoorbeeld gewijzigde werktijden worden gehanteerd.

1.7 Leeswijzer

Voorliggende ontwerpnota beschrijft het Definitief Ontwerp (DO) voor de Planuitwerking Krib en Oeververlaging Pannerdensch Kanaal. Hoofdstuk 2 beschrijft de gebiedskenmerken van het project. Het geeft daarmee de nodige context voor de overige hoofdstukken. Hoofdstuk 3 beschrijft integraal maar zonder onderbouwing en toelichting het DO van de krib- en oeververlaging inclusief aanvullende maatregelen. Hoofdstuk 4 tot 7 beschrijven het ontwerpproces en de totstandkoming van het DO. Hoofdstuk 4 beschrijft daarin de ontwerpgerelateerde uitgangspunten, hoofdstuk 5 gaat in het ontwerpproces en optimalisaties ten opzichte van het Voorkeursalternatief uit de Verkenningfase. Hoofdstuk 6 beschrijft het oeverontwerp, hoofdstuk het kribontwerp 7. Vervolgens worden in hoofdstuk 8 de resultaten van de effectstudies besproken. Hoofdstuk 9 behandelt het beheer en

onderhoud, hoofdstuk 10 de integrale veiligheid en BTO keuzes. Deze ontwerpnota besluit met hoofdstuk 11 waarin de realisatie wordt toegelicht.

De volgende bijlagen behoren bij de ontwerpnota DO. De bijlagen bevatten onderbouwing van ontwerpbepalende keuzes. Er wordt verwezen via vermelding van de naam van het document en het documentnummer⁴.

Tabel 1-1: Bijlagen bij Ontwerpnota DO	
Naam	Documentnummer
Memo - Hydraulische belastingen en sterkte toplagen kribben	PL341.MEM.00614
Memo - Hydraulische belastingen en sterkte toplagen oevers en kribvakken	PL341.MEM.00615
Memo - Filterlagen onder zetsteen en waterbouwsteen	PL341.MEM.00616
Technische tekening - Toegangssituatie rijcurves oever 2	PL341.TEK.00631
Technische tekening - Inundatielijnen verlaagde oevers	PL341.TEK.00630
Technische tekening - Ontwerp oever 2 met krib 19	PL341.TEK.00629
Technische tekening - Principe profiel aansluiting oevers	PL341.TEK.00628
Technische tekening - Overzicht te verlagen oevers en kribben	PL341.TEK.00625
Technische tekening - Situatie ontgrondingsvergunning	PL341.TEK.00624
Technische tekening - Situatie omgevingsvergunning	PL341.TEK.00623
Technische tekening - Ontwerp Paddenpoel	PL341.TEK.00622
Technische tekening - Profielen omgevingsvergunning	PL341.TEK.00620
Technische tekening - Kribvakbekleding	PL341.TEK.00665
Tabel - Risico Inventarisatie en Evaluatie Ontwerpfase KOP	PL341.MEM.00619
Verkennd bodemonderzoek (5 x oevers, 1 x kribben)	PL341.BRA.00660
Archeologie – Oplegmemorandum	PL341.MEM.00699
Archeologie - briefrapport scheepswrak	PL341.PAR.00661
Archeologie - rapport datering kribben	PL341.MEM.00678
Archeologie - protocol toevalvondsten	PL341.MEM.00679
NGE onderzoek	PL341.PNG.00662
Grondstromenplan met grondbalans	PL341.MSP.00667
Uitvoeringsplan (concept)	PL341.MPU.00668
B&O plan en beheertabel	PL341.PBO.00669
Rapport Integrale Veiligheid Ontwerpfase	PL341.VGP.00145
Realisatieplanning krib- en oeververlaging op DO ontwerp	PL341.PLN.00670
Vegetatie- beheerkaart	PL341.ECO.00671
RIE met uitvoering- en objectrisico's	PL341.RAP.00619
Tabel met Object-eis allocaties	PL341.SPC.00697
Artist impression - Krib 4 toekomstig	PL341.TEK.00682
Artist impression - Krib 18 detail	PL341.TEK.00683
Artist impression - Krib 18	PL341.TEK.00684
Artist impression - Loswal oever 2 huidig	PL341.TEK.00685
Artist impression - Loswal oever 2 toekomstig	PL341.TEK.00686
Artist impression - Hoogwater	PL341.TEK.00687
Artist impression - Laagwater	PL341.TEK.00688
Artist impression - Oeververlaging met tekst	PL341.TEK.00689
Artist impression - Oeververlaging zonder tekst	PL341.TEK.00690
Artist impression - Uitvoeringswijze	PL341.TEK.00691

⁴ Alle documenten hebben naast een (intern of extern) kenmerk een uniek maar versie onafhankelijk documentnummer. Dit documentnummer wordt gebruikt voor verwijzingen en referentie in het documentmanagementsysteem.

Tabel 1-1: Bijlagen bij Ontwerpnota DO	
Naam	Documentnummer
Artist impression - Krib 4 huidig	PL341.TEK.00692

Naast bijlagen zijn er separate brondocumenten opgesteld waarin nadere onderbouwing wordt gegeven voor ontwerpkeuzes of effectbepalingen. De ontwerpnota is leesbaar zonder deze documenten. De documenten vormen daarom geen onderdeel van de ontwerpnota maar geven context en nadere onderbouwing. Dit betreft de onderstaande documenten waarin in de ontwerpnota verwezen wordt voor aanvullende context en onderbouwing. Bij verwijzing wordt gerefereerd naar de naam en het documentnummer.

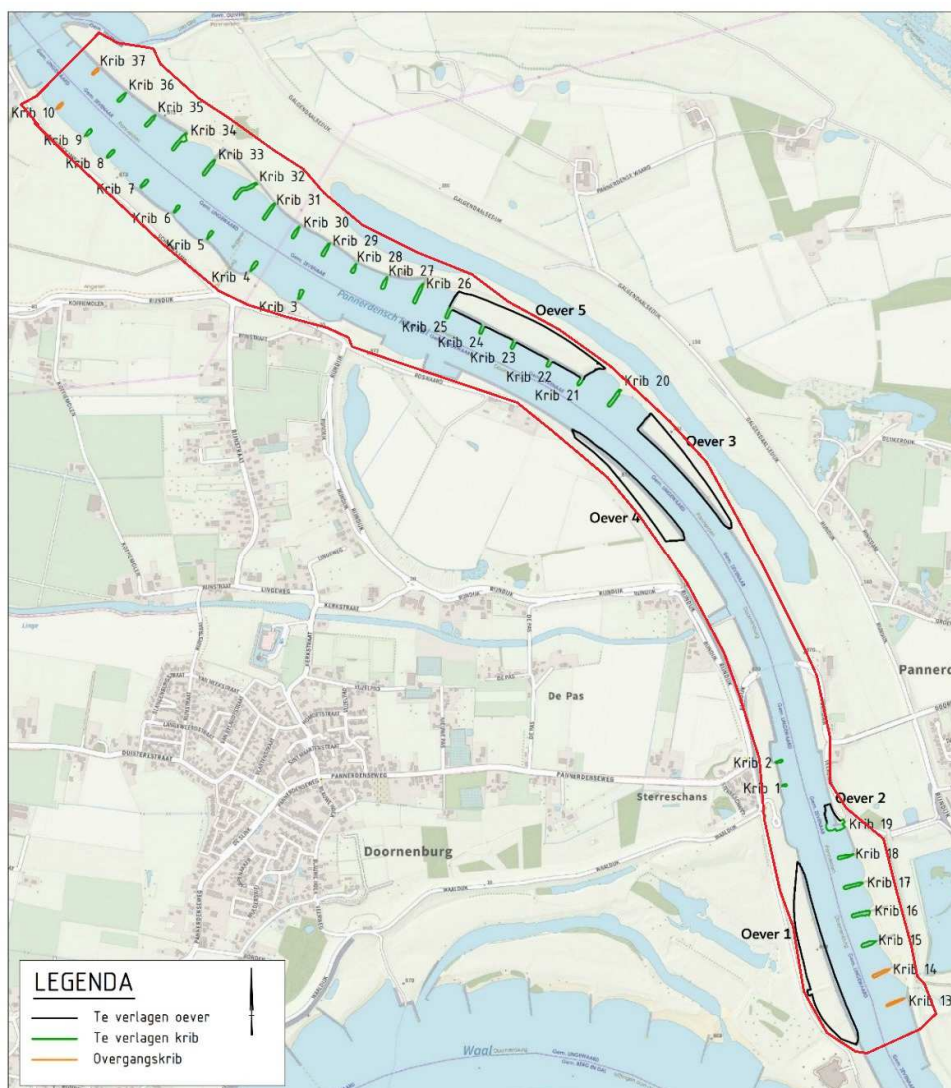
Tabel 1-2: Onderbouwende documenten bij de ontwerpnota DO	
Naam	Documentnummer
Rapportage Rivierkundig onderzoek	PL341.RAP.00632
Memo - Afweging keuze filterconstructie	PL341.MEM.00600
Memo - Expert judgement ijsgang over verlaagde kribben	PL341.MEM.00602
Memo - Expert analyse impact paddenpoel oever 1	PL341.MEM.00603
Memo - Ontwerptoets landschappelijke eisen	PL341.MEM.00604
Memo - Analyse oever- kribvak en kriberosie	PL341.MEM.00605
Memo - Ontwerp oeverconstructie gestrekte oever	PL341.MEM.00606
Memo - Afweging afwerking verlaagde krib	PL341.MEM.00607
Memo - Analyse standzekerheid waterkeringen	PL341.MEM.00608
Memo - Analyse beschikbaarheid veerdienst	PL341.MEM.00609
Memo - Geohydrologische vershilanalyse VKA - DO	PL341.MEM.00610
Memo - Stabiliteitsberekeningen leikaden	PL341.MEM.00601
Memo - Pipingberekening kade Roswaard	PL341.MEM.00611
Memo - Overzicht kabels en leidingen	PL341.MEM.00613
Memo - Ontwerp kribvakbekleding	PL341.MEM.00663
Productblad - geodoek	PL341.TEK.00672
MKI berekening filterconstructie	PL341.MEM.00673
Kaarten GIS analyse kribvakerosie	PL341.MEM.00674
Resultaten geofysisch onderzoek	PL341.RAP.00696
Beeldverslag visuele inspectie 1 april 2020	PL341.MEM.00693

2. Gebiedskenmerken

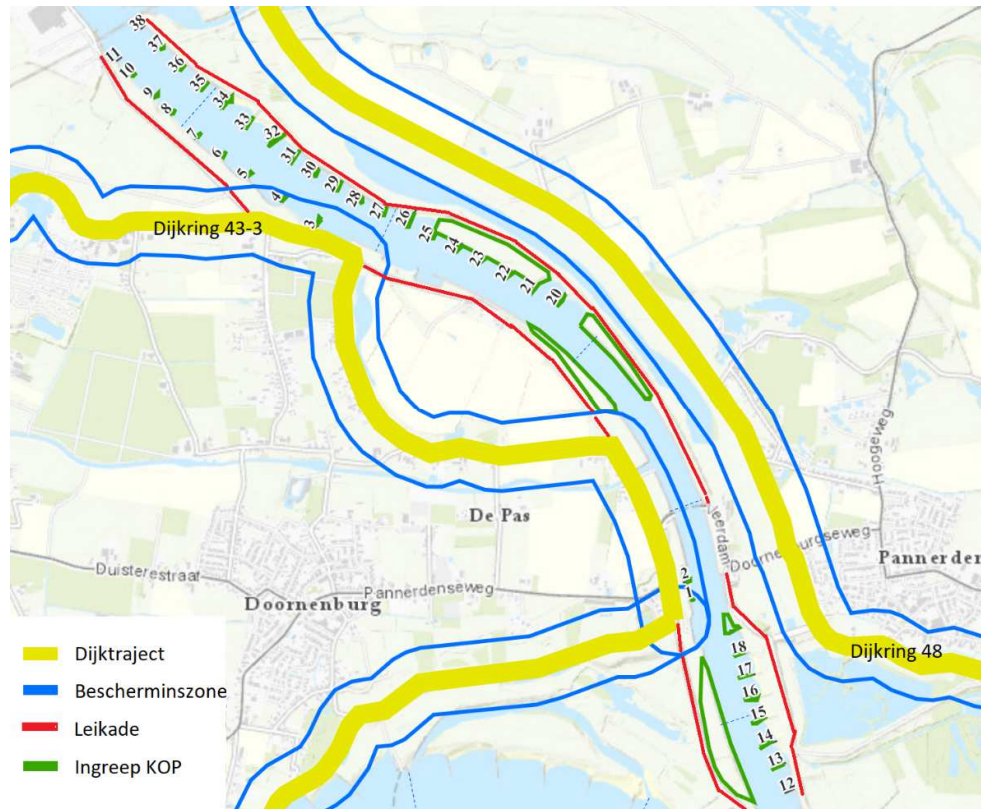
2.1 Systeemomschrijving

Ter hoogte van rivierkilometer 867,2 splitst de Bovenrijn zich in de Waal (2/3 van de totale afvoer) en het Pannerdensch Kanaal (1/3 van de totale afvoer). In het zomerbed bevinden zich zowel gestrekte afgestorte en deels gezette oevers als kribben met verdedigde en onverdedigde kribvakken. Aan weerszijden van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal bevindt zich een winterbed met relatief hoge oevers begrensd door leukaden.

Het linker winterbed wordt begrensd door afwisselend leukaden, primaire kering (dijktraject 43-3, Waterschap Rivierenland), de kade Roswaard en zomerkade Scherpekamp. Het rechter winterbed wordt begrensd door leukaden met daarachter de Groene rivier. De Groene rivier loopt benedenstrooms van het projectgebied vol vanuit De Keel bij lokale waterstanden van NAP +13,2m. De Groene rivier gaat meestromen via het regelwerk Pannerden als de Lobberdensche Waard inundeert vanuit de Boven Rijn. De Groene rivier wordt aan de rechteroever gekeerd door de primaire waterkering (dijktraject 48-1, Waterschap Rijn en IJssel). Onderstaande figuren geven het projectgebied weer.



Figuur 2-1: Projectgebied Krib- en oeververlaging Pannerdensch Kanaal.

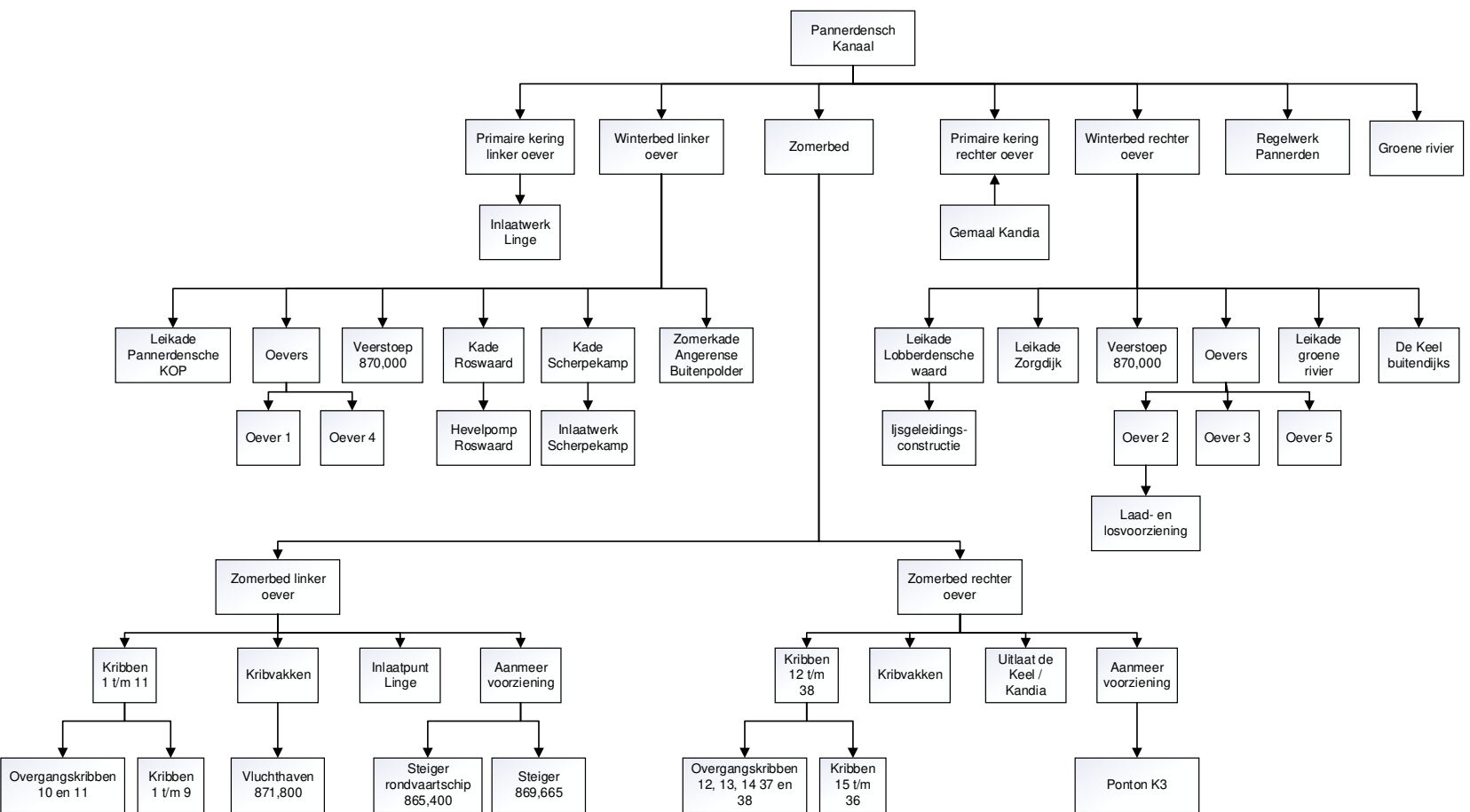


Figuur 2-2: Primaire keringen (dijktrajecten 48-1 en 43-3), zomerkades en leikades in Pannerdensch Kanaal

2.2 Objecten

In de bijlage Object-eis allocatie met documentnummer PL341.SPC.00697 is een overzicht gegeven van de objecten en de bijhorende eisen. In de tabel is een verwijzing opgenomen naar de documenten en paragrafen waar de desbetreffende eisen zijn behandeld.

Onderstaande figuur 2-3 geeft door middel van een objectenboom weer op welke wijze objecten met elkaar samenhangen.



Figuur 2-3: Objectenboom Pannerdensch Kanaal

2.3 Raakvlakken

Project KOP heeft raakvlakken met haar omgeving. Onderstaande overzicht geeft de belangrijkste raakvlakken en raakvlakprojecten. Als criterium voor het hier vermelden van een raakvlak is aangehouden: vermelden indien het raakvlak een rol speelt in het ontwerpproces en ontwerpafweging of het een relevante ontwikkeling is in het of nabij het projectgebied. Bron Raakvlakkenregister, VSE Planuitwerking en stakeholderanalyse SNIP2A fase:

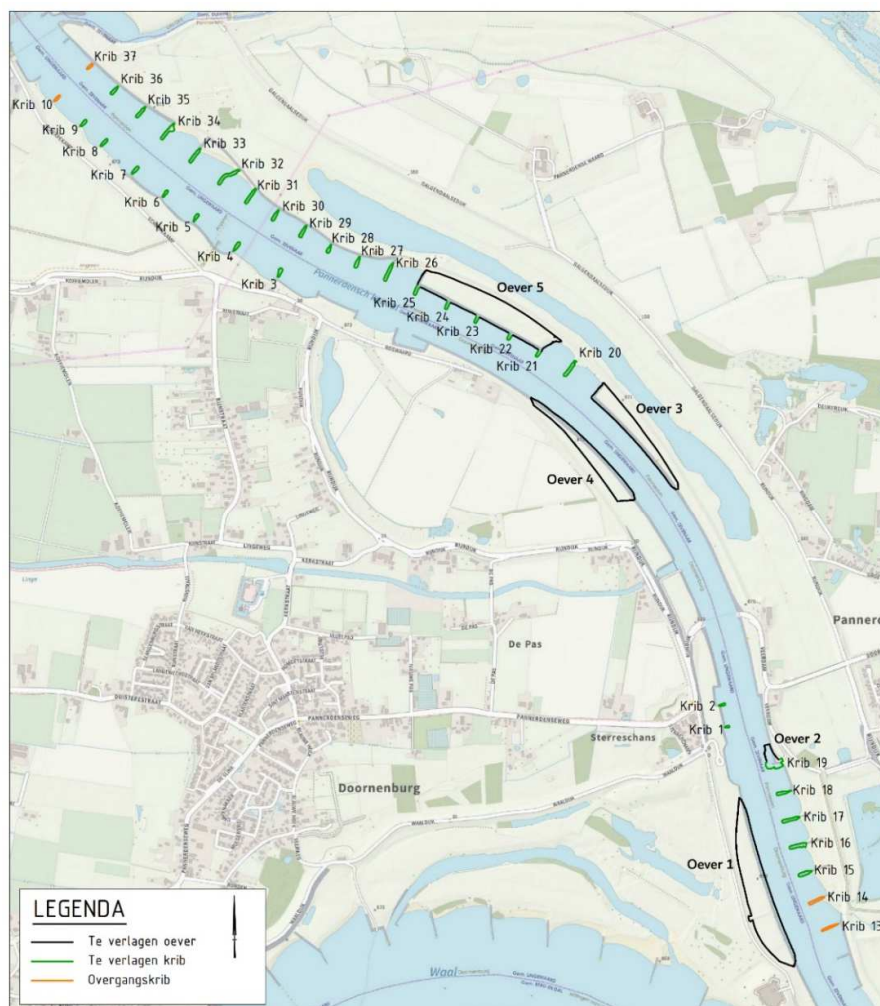
- ViA15 – De brugpijlers van de verlengde A15 komen in het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal te staan, circa 100 meter benedenstrooms van de projectgrens. Initiatiefnemer voor het project is RWS. De brugpijlers zorgen voor extra opstuwing in het winterbed. Compensatie van deze opstuwing in expliciet uit de projectscope van KOP gehaald;
- Betuwetunnel – De tunnelbuis van de Betuweroute vormt de benedenstroomse begrenzing van het projectgebied. De tunnel is in beheer bij ProRail. De maatregelen binnen het project mogen de tunnel niet aantasten. Voor KOP betekent dit dat werkzaamheden niet mogen leiden tot schade aan de tunnel dat de minimaal vereiste dekking op de tunnel niet mag worden onderschreden als gevolg van lange termijn erosie in het zomerbed. Dit wordt behandeld in paragraaf 8.13;
- Veerdienst Pannerden - Doornenburg – Midden in het projectgebied biedt de veerdienst een oeververbinding tussen Pannerden en Sterreschans (Doornenburg). De beschikbaarheid van de veerdienst mag niet afnemen. Dit raakvlak wordt specifiek behandeld in de separate memo Analyse beschikbaarheid veerdienst met documentnummer PL341.MEM.00609;
- Regelwerk Pannerden – Met het regelwerk wordt de afvoerverdeling bij de Pannerdensch Kop bij hoge afvoeren gestuurd. Aanpassingen aan de afvoercapaciteit van het kanaal vergen een aanpassing aan het regelwerk. De raakvlakken en nieuwe instellingen van het regelwerk worden behandeld in de rapportage Rivierkunde met documentnummer PL341.RAP.00632;
- Groene rivier – Deze geul loopt parallel van het Pannerdensch Kanaal vanaf het regelwerk tot aan de Keel. De Groene rivier wordt niet aangetast maar zorgt er door diens aanwezigheid wel voor dat de geohydrologische effecten op de rechteroever niet reiken tot aan de primaire kering van dijktraject 48-1. Zie hiervoor de separate memo geohydrologische vershilanalyse VKA – DO met documentnummer PL341.MEM.00610;
- Primaire waterkeringen – Het systeem Pannerdensch Kanaal wordt aan de linker en rechter oever begrenst door de primaire keringen van dijktrajecten 43-3 en 48-1. De standzekerheid dient gewaarborgd te blijven. Dit is nader uitgewerkt in de separate memo Standzekerheid waterkeringen met documentnummer PL341.MEM.00608;
- Overige keringen. Het systeem Pannerdensch Kanaal wordt aan de linker en rechter oever tevens begrenst door deze kades. De standzekerheid dient gewaarborgd te blijven. Dit is nader uitgewerkt in de separate memo Standzekerheid waterkeringen met documentnummer PL341.MEM.00608:
 - Zomerkade Klompenwaard, Roswaard (Particulier beheer) en regionale kering Scherpekamp (WSRL) rechteroever;
 - Leikade Zorgdijk en Groene Rivier rechteroever;
- Fort Pannerden – Het fort is gelegen aan oever 1. Het fort is een belangrijke toeristische trekpleister en recreatief knooppunt. Gedurende de realisatie dient het fort bereikbaar te blijven voor bezoekers en het aangrenzende terras bruikbaar;
- Recreatie en sportvisserij – In het projectgebied wordt gerecreëerd en vanaf de kribben wordt gevist. De kribben zijn vergunde visstekken met een bezettingsgraad van 50 tot 75%. Belanghebbende zijn lokale bewoners, recreanten, watersporters, de sportvisverenigingen en individuele vissers. De toegankelijkheid van de kribben na verlaging wordt separaat behandeld in het memo Afweging afwerking verlaagde kribben met documentnummer PL341.MEM.00607. In paragraaf 8.11 wordt effect op recreatie en visserij nader besproken.

3. Samenvatting definie ontwerp KOP

3.1 Algemeen

Met het definitief ontwerp (DO) van de Krib- en Oeververlaging van het Pannerdensch Kanaal wordt de beoogde waterstandsdeling van 5 cm behaald op rivierkilometer 865 bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. In de rapportage Rivierkunde met documentnummer PL341.RAP.00632, hoofdstuk 4.1 en paragraaf 8.1.1 van deze ontwerpnota is de waterstandsdeling nader toegelicht. De afvoerverdeling bij de splitsingspunten Waal – Pannerdensch Kanaal en bij het splitsingspunt IJssel – Nederrijn behoudt de vereiste verhouding. Zie hiervoor paragraaf ook 8.1.4. Voor de waterververdeling ten behoeve van de watervoorziening zijn vooral de lagere afvoeren van belang (ca. 1400 m³/s en lager). Doordat de maatregelen pas effect hebben vanaf ca. 2000 m³/s, zijn de effecten op de waterververdeling ten behoeve van de watervoorziening verwaarloosbaar. De morfologische effecten in termen van baggervolumes zijn verkleind ten opzichte van het vastgestelde Voorkeursalternatief en geminimaliseerd binnen de taakstelling. Zie hiervoor paragraaf 8.1.5.

Om een waterstandsverlaging van 5 cm te realiseren worden in totaal 35 kribben en vijf oevers met een totale oppervlak van 13,6 hectare verlaagd tot het niveau niet lager dan OLR +1,7m. Ter hoogte van oever 1 komt OLR +1,7m overeen met NAP +8,8m. Dit niveau komt ongeveer overeen met de waterstand bij een afvoer van 2200 m³/s bij Lobith. Bij een lagere afvoer heeft de krib- en oeververlaging dus geen effect op waterstanden en stroombeelden. De verlaagde oevers lopen onder een constant talud, flauwer dan 1:10, op naar het oorspronkelijke maaiveld. De verlaagde oevers worden voorzien van een oeverconstructie met waterbouwsteen. De insteek van de hoge zijde oeververlaging ligt tenminste 10 meter uit de teen van de achterliggende leikaden. De insteek van de kribverlaging ligt op de oeverlijn. Zie figuur 3-8 en 3-9. Dit is de scheidslijn tussen de begroeide oever en het zandige dynamische kribvak of het beklede kribvak. Onder een talud van 1:10 wordt aangesloten op het verlaagde kriblijf. Het verlaagde kriblijf zelf ligt onder een talud van 1:100.



Figuur 3-1: Overzicht van de te verlagen kribben en oevers in het DO

De meest bovenstroomse kribben (krib 13 en 14) en de twee meest benedenstroomse kribben (krib 10 en 37) zijn uitgevoerd als overgangskrib. Deze kribben vormen een stapsgewijze overgang van de niet verlaagde naar de wel verlaagde kribben waarmee ongewenste dwarsstroming wordt voorkomen. Binnen het projectgebied verslechtert de bevaarbaarheid daardoor niet. Van acht kribben (krib 3 t/m 10) is de insteek van de verlaging rivierwaarts verschoven ten opzichte van de oeverige kribben. Daarmee wordt aantasting van particuliere eigendommen en belangen voorkomen. Twee erosiekuilen ter hoogte van de afmeervoorzieningen voor de cruiseterminal (linker oever rkm 869,4) worden opgevuld en gestabiliseerd op een diepte van NAP +2,5m.

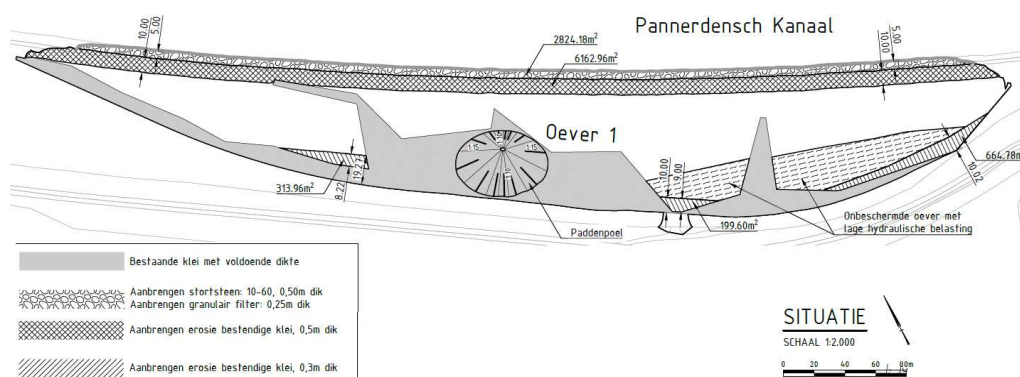
Er worden 4 kribben (krib 1 t/m 4) maar geen oevers verlaagd binnen de beschermingszone van de primaire waterkering. Krib 5 ligt net buiten de beschermingszone. Omdat de ingreep aan deze kribben alleen op de kribben plaatsvindt, is er geen effect op de stabiliteit van keringen en functioneren te verwachten. Voor de primaire kering blijft het maatgevende intredepunt in de vooroevers de insteek van rivier. De rivier ligt dicht bij de kering dan de te verlagen oevers en kribben. Effecten op de binnendijkse waterveiligheid zijn daarmee uitgesloten. Binnendijks treden door het verlagen van de oevers geen significante geohydrologische effecten op.

3.2 Maatregelen op de oevers

Aantasting van de standzekerheid van de leikaden door erosie wordt voorkomen met een inkassing⁵ van erosieklasse 2 klei in de verlaagde oevers langs de leikaden. Aan de rivierzijde worden de verlaagde oevers voorzien van een nieuwe oeververdediging om erosie door scheeps- en windgolven en stroming te voorkomen. Deze verdediging bestaat uit een 5 meter brede bekleding van waterbouwsteen haaks op de rivieras met daar achter een 10 meter brede inkassing van erosieklasse 2 klei. De oevers worden na verlaging ingezaaid om de erosiebestendigheid ervan te bespoedigen. Acht erodeerbare kribvakken (kribvak 6 -7, 8 – 9 en 13 – 14, tussen oever 3 en krib 20, kribvak 25 – 26, 31 – 32, 32 – 33 en 33 – 34) nabij de leikaden worden voorzien van kribvakbekleding waardoor eventuele aanvullende erosie richting de leikade niet meer kan plaatsvinden. Twee erodeerbare kribvakken grenzend aan particulier terrein worden voorzien kribvakbekleding om aantasting van particuliere grond tegen te gaan.

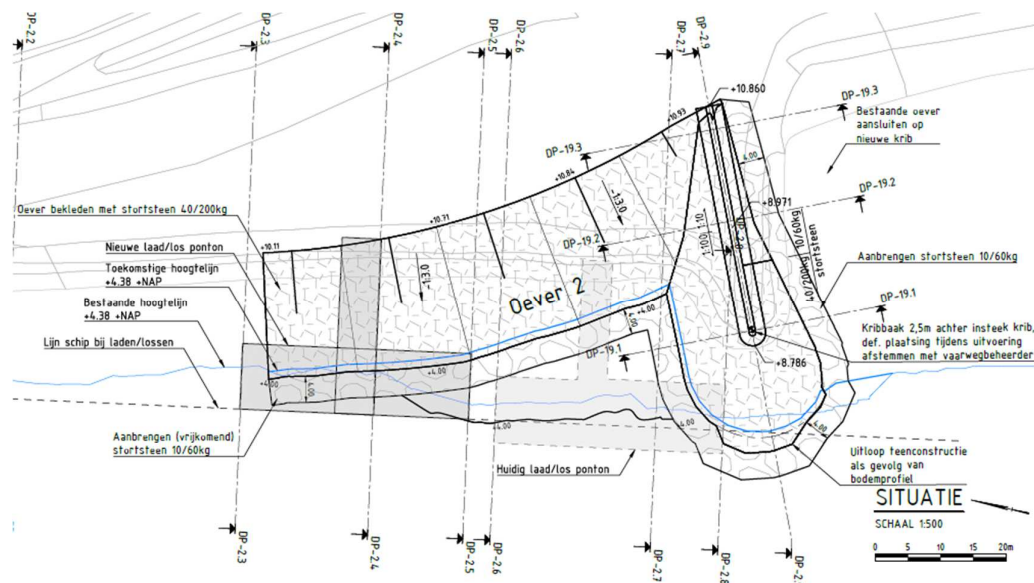
Hoog op oever 1, in eigendom van Staatsbosbeheer, wordt in een natuurlijke kleilaag een paddenpoel aangelegd ter verbetering van de natuurwaarden. Op oever 2 wordt de oeverlijn in een vloeiende kromme teruggelegd om het water dat over de kribben 13 t/m 19 stroomt geleidelijk terug te leiden naar het zomerbed. Hiermee behoudt de aanwezige laad- en losvoorziening diens functionaliteit en beschikbaarheid en verbetert de scheepvaartveiligheid op het kanaal. Oever 4, deels in particulier eigendom, heeft een landbouwfunctie. De insteek van deze verlaagde oever ligt verder van de leikade om beschikbaarheid van droge akker voor agrarische doeleinden na verlaging zo groot mogelijk te houden. Na verlaging wordt een nieuwe rooflaag aangebracht.

Onderstaande figuren geven een globaal overzicht van de maatregelen van de DO weer. In de technische tekeningen met documentnummer PL341.TEK.00620, 00622, 00623, 00624, 00625, 00628 en 00629 zijn details opgenomen.

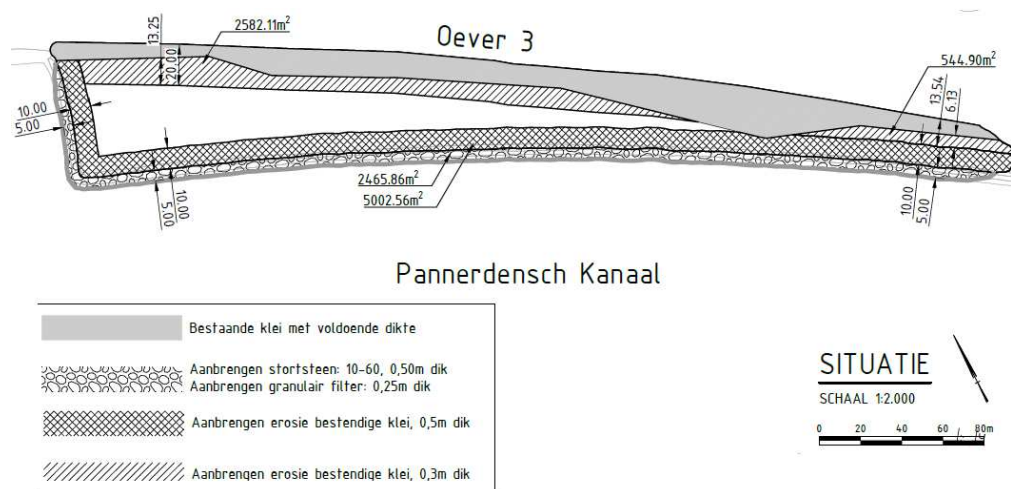


Figuur 3-2: DO maatregelen op oever 1

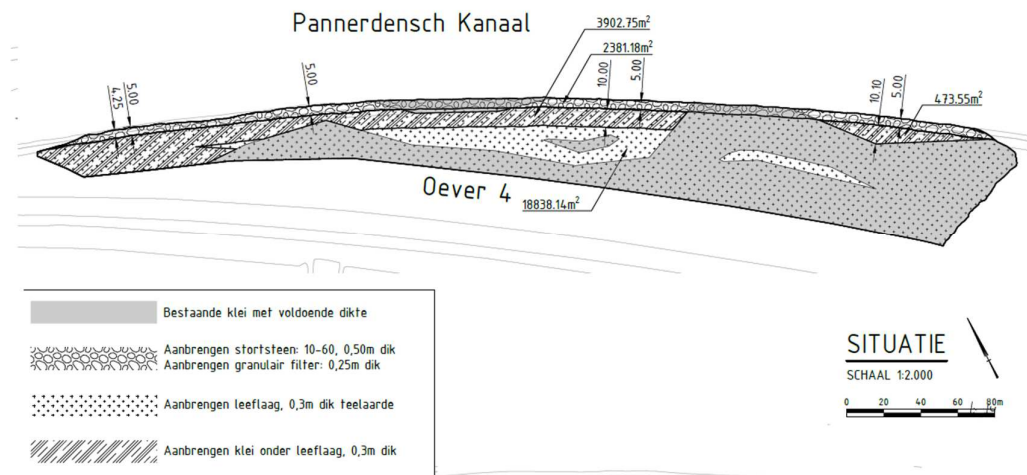
⁵ Een lokale grondverbetering - een ingraving onder maaiveld om lokaal de grondeigenschappen aan te passen. Bijvoorbeeld de erosiebestendigheid te verbeteren of de waterdoorlatendheid aan te passen.



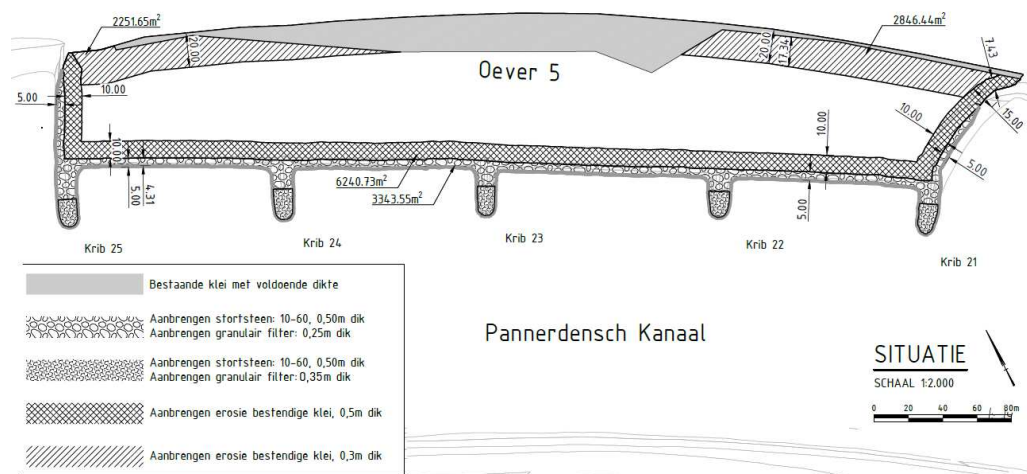
Figuur 3-3: DO (maatwerk) maatregelen op oever 2



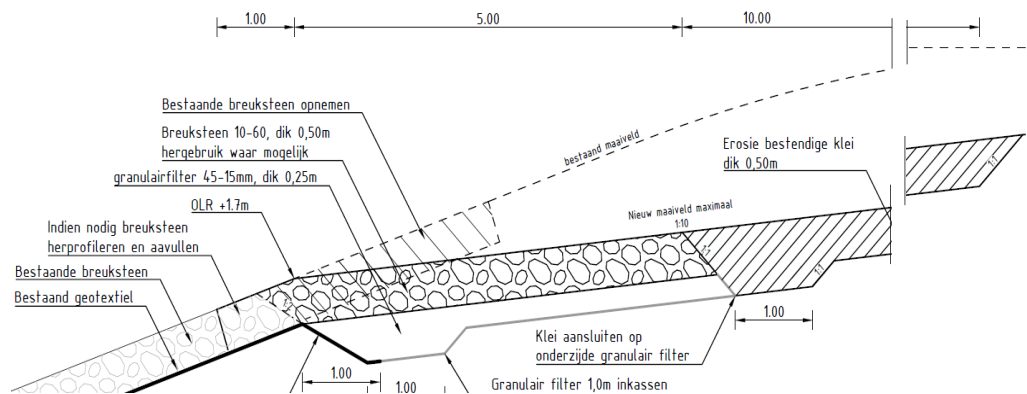
Figuur 3-4: DO maatregelen op oever 3



Figuur 3-5: DO maatregelen op oever 4



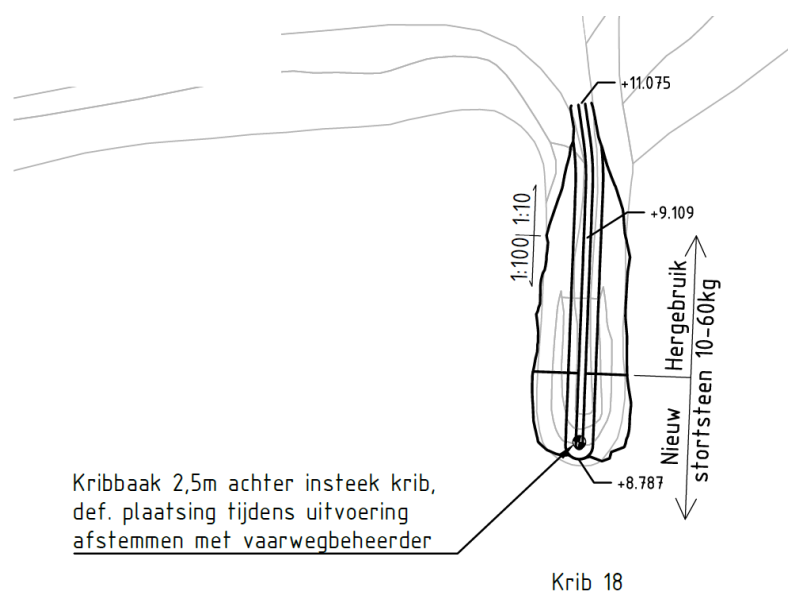
Figuur 3-6: DO maatregelen op oever 5



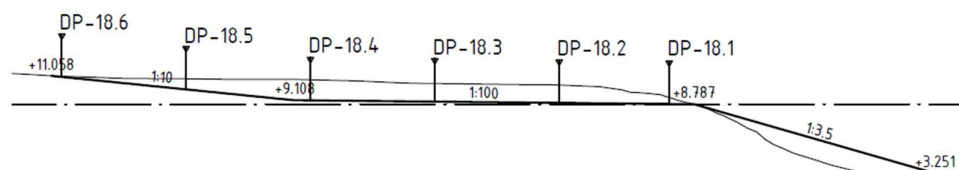
Figuur 3-7: Principe profiel DO maatregel oeverconstructie verlaagde oevers 1, 3, 4 en 5

3.3 Maatregelen op de kribben

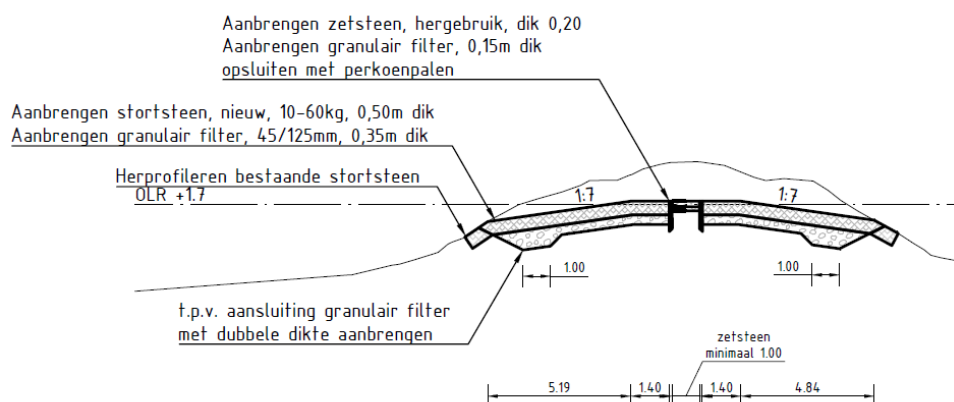
De kribben worden verlaagd en voorzien van een 4 meter brede vlakke gestorte kruin. Alle kribben worden op de kruin voorzien van een gezet inspectiepad van ten minste 1 meter breed. Via een 1:7 talud sluit de vlakke kruin aan op de bestaande bekleding. De verlaagde kribkop en de overgangszone worden voorzien van nieuwe 10-60 kg stortsteenbekleding op een 0,35m dik granulair filter om de optredende belastingen de kunnen weerstaan en de levensduur van 50 jaar met normaal beheer en onderhoudsinspanning te kunnen garanderen. Op het kriblijf wordt zoveel mogelijk vrijkomende stortsteen toegepast. Door de kribverlaging verschuift de insteek van de kribkop. De positie en de lengte van de kribbakens wordt hierop aangepast. In de nieuwe situatie staan de kribbakens circa 5 meter dichter op de rivieras en reikt het topteken op verzoek van de beheerder circa een meter hoger door het toepassen van een standaard baaklengte van 7500 mm. Onderstaande figuren geven het DO voor de kribben weer, toegepast op krib 18. In het uitvoeringsontwerp wordt de exacte locatie van de kribbakens vastgesteld ten behoeve van het radarbeeld. Dit gebeurt in afstemming met de vaarwegbeheerder.



Figuur 3-8: bovenaanzicht krib 18



Figuur 3-9: Langsprofiel krib 18

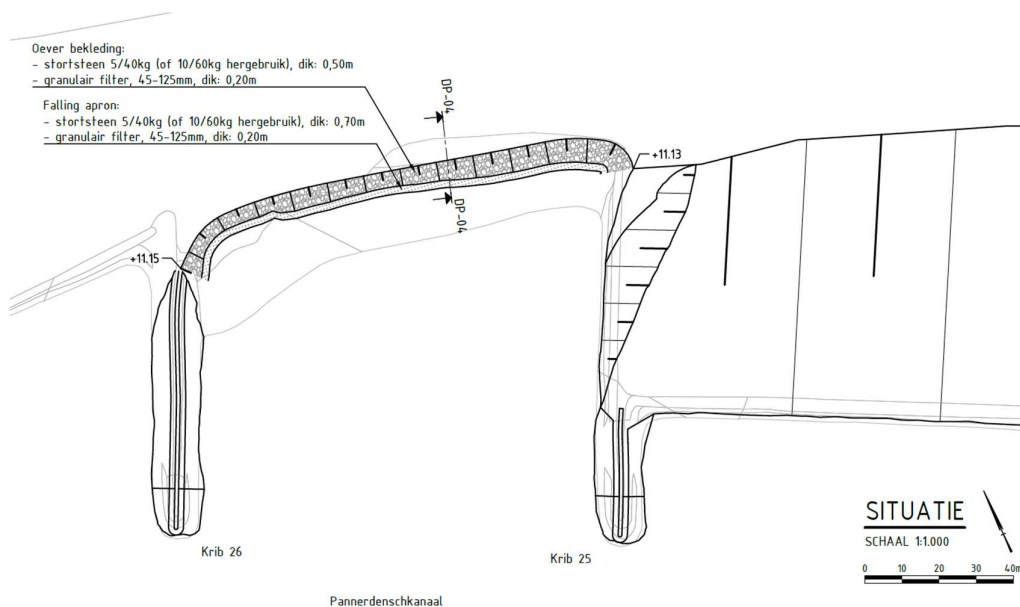


Figuur 3-10: Dwarsprofiel krib 18.3 van krib 18

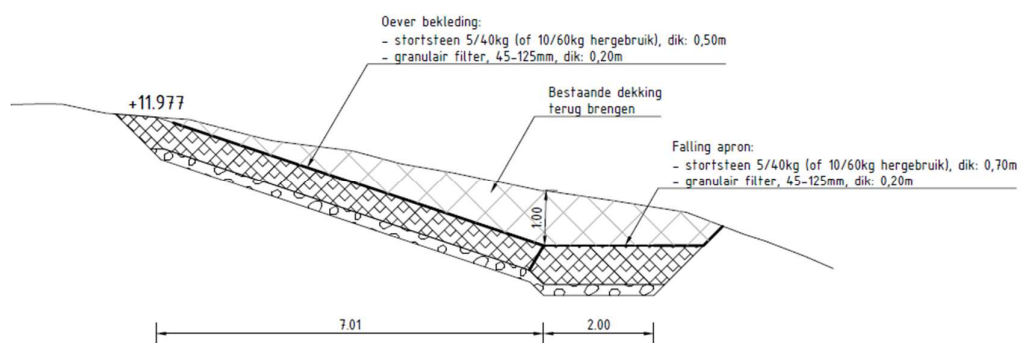
Bij vier kribben (krib 14, 15, 16 en 17) bestaat een reëel risico dat door kribvakerosie deze kribben na verlaging achterloops raken. De eerste tekenen daarvan zijn bij kribben 15, 16 en 17 reeds waargenomen bij een veldinspectie op 1 april 2020. Deze kribben worden daarom voorzien van een achterloopsheidsscherm zoals ook toegepast op de KRW IJssel. Bij deze kribben wordt tevens preventief een falling apron aangelegd tegen kriberosie.

3.4 Maatregelen bij kribvakken

Bij een achttal erodeerbare kribvakken wordt kribvakbekleding aangelegd omdat verdere erosie ongewenst is. Deze kribvakken liggen nabij de leikades of particuliere oevers. Het betreft de kribvakken 6 – 7 (tussen krib 6 en 7), 8 – 9, 13 – 14, 25 – 26, 31 – 31, 32 – 33, 33 – 34. Tussen oever 3 en krib 20 wordt de oksel van krib 20 voorzien van bekleding. De separate memo Kribvakbekleding met documentnummer PL341.MEM.00663 beschrijft het ontwerp. Op de technische tekening met documentnummer PL341.MEM.00665 is het ontwerp uitgewerkt.



Figuur 3-11: bovenaanzicht kribvakbekleding



Figuur 3-12: Principe doorsnede kribvakbekleding

4. Uitgangspunten

4.1 Ontwerp gerelateerde uitgangspunten

Onderstaande uitgangspunten zijn integraal verwoord in de uitgangspuntennotitie ten behoeve van de toetsing door PVP. De uitgangspuntennotitie is als separate memo beschikbaar met kenmerk 31109415 toets 3-6 Deel C1 Uitgangspuntendocument getekend.

4.1.1 Waterbouwkundige uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn relevant voor het waterbouwkundig ontwerp (kribben en bekleding oevers). In overleg met de interne adviseurs zijn de volgende normen, leidraden, uitgangspunten en methodieken gehanteerd:

- De Richtlijn Ontwerp Waterbouw (ROW) 1.0 d.d. 6-7-18 is in samenspraak met RWS van toepassing verklaard. De ROW beschrijft een verzameling generieke eisen die voor Rijkswaterstaat van belang zijn bij het ontwerp en de uitvoering van waterbouwkundige constructies. Ook worden in de ROW normen en richtlijnen genoemd die gebruikt moeten worden bij het ontwerp en de realisatie van waterbouwkundige constructies;
- De Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen wordt van toepassing verklaard inclusief het memo/advies "Geotextielen onder steenbekleding" d.d. 23-5-2019 (n.a.v. installatieschade);
- Het projectteam en adviseurs bepalen gezamenlijk hoe de ROW en het hierboven genoemde memo/advies het beste kunnen worden vertaald naar dit project (is van belang wanneer geotextielen worden toegepast);
- De methodiek van Deltares om maatgevende scheepvaartbelastingen op de Waal te bepalen (2012) wordt als handvat gebruikt om de maatgevende scheepvaartbelasting (boeg/ hekgolf / retourstroom) op het Pannerdensch Kanaal af te leiden;
- De assetmanager en adviseur scheepvaart worden betrokken in het vaststellen van de definitieve hydraulische randvoorwaarden op basis van gebiedskennis en praktijkervaring;
- Het representatieve stromingsbeeld rond een maatgevende krib wordt afgeleid uit de resultaten vanuit WAQUA bij een afvoer van 16.000 m³/s (referentie). Voor de nader te bepalen veiligheidstoelagen en wijze van het schalen van modeluitkomsten naar de werkelijkheid wordt als handvat de uitgangspunten en werkwijze van Kribverlaging Waal gebruikt. De exacte invulling vindt plaats in overleg met de adviseurs van Rijkswaterstaat;
- Als uitgangspunt voor de turbulentiefactoren wordt $k_t^2 = 2,0$ voor rechte gedeeltes en $k_t^2 = 2,5$ voor de kopgedeeltes inclusief de overgangen naar de rechte gedeeltes gehanteerd. Deze uitgangspunten worden getoetst aan de Rock Manual en leidraad belastingen Riviergebied;
- Windgolven worden generiek bepaald met de maatgevende strijklengte in het projectgebied.

4.1.2 Geotechnische uitgangspunten

Onderstaande uitgangspunten zijn in overleg en in samenspraak met de interne adviseurs opgesteld:

- Bij eventuele ingrepen in de waterremmende deklaag binnen de beschermingszone primaire kering wordt tenminste 1,0 meter deklaag in stand gehouden. Bij punctie van de deklaag wordt ten minste 1,5 meter deklaag teruggebracht;
- Ten aanzien van piping wordt het gehele actieve voorland beschouwd. Het daadwerkelijke intredepunt wordt in de analyse meegenomen ongeacht of dit binnen of buiten de beschermingszone ligt;
- Alle afgravingen blijven tenminste 10 meter uit de buitenteen van leikades;
- De leikades zijn op dit moment niet genormeerd. Toetsing vindt daarom plaats als een vergelijk van de rekenkundige stabiliteit van het bestaande talud en de nieuwe talud na oeververgraving waarbij een significante afname niet toelaatbaar is;

- Ongedraineerde parameters voldoen omdat het om een vergelijk gaat tussen de huidige en toekomstige stabiliteit. Hierdoor kan een goede indruk worden verkregen over de invloed van de afgraving op de stabiliteit van de leikade;
- We gaan uit van een volledig verzadigde leikade;
- De ingrepen zijn 'buitendijks'. Er wordt daarom alleen aan de verandering van STBU en piping getoetst waar relevant;
- De waterstand bij dagelijkse omstandigheden wordt bepaald op basis van de betrekkinglijnen 2018 (opgesteld door RWS Oost Nederland) bij een debiet van 2000 m³/s bij Lobith ter plaatse van de maatgevende dwarsdoorsnede;
- De waterstand bij hoogwater wordt bepaald op basis van de betrekkinglijnen 2018 bij een debiet van 16.000 m³/s bij Lobith ter plaatse van de maatgevende dwarsdoorsnede. Dit wordt gecombineerd met een val van hoog water van 4,5 m (hoogwater naar mediane waterstand);
- De leikades worden over het algemeen niet gebruikt als weg. Desalniettemin beschouwen we de situatie zowel zonder als met (beperkte) verkeersbelasting. Bij de schematisatie van de verkeersbelasting wordt rekening gehouden met een verkeersbelasting van 5 kN/m² met een spreidingshoek van 26 graden over een breedte van 2,5 m in combinatie met een aanpassingspercentage van 50% op de cohesieve lagen.

4.1.3 Geohydrologie

In de Planuitwerkingsfase wordt de geohydrologische effectstudie met het regionaal grondwatermodel (MORIA) niet opnieuw uitgevoerd. De reeds uitgevoerde studie⁶ is in overleg met de waterschappen WSRL en WRIJ en de geohydrologisch adviseur van RWS representatief bevonden voor het DO. In een oplegnotitie waarin een verschilanalyse tussen het VKA en het DO is opgenomen is dit nader onderbouwd. Zie hiervoor de separate memo met documentnummer PL341.MEM.00610.

4.1.4 Waterverdeling

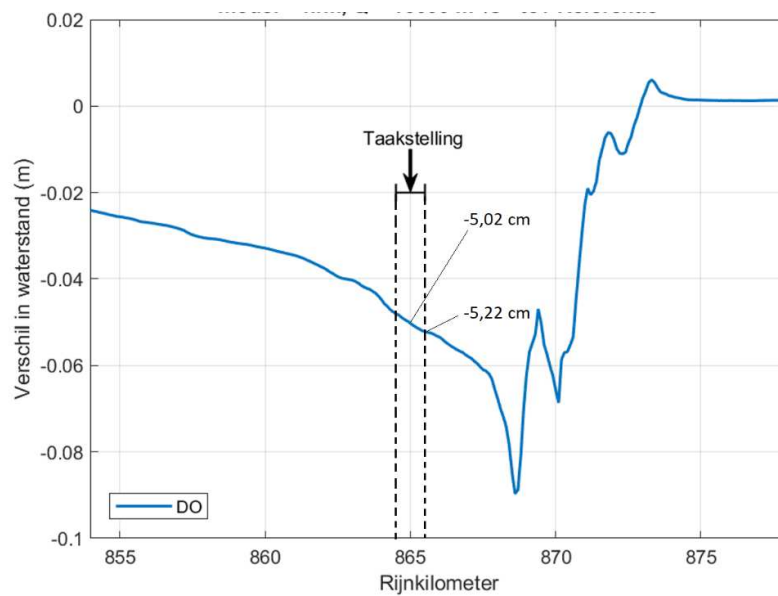
De beoogde maatregelen in het Pannerdensch Kanaal hebben een verandering van de waterdeling bij het splitsingspunt tot gevolg. De afvoer op het Pannerdensch Kanaal mag bij de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith met maximaal 100 m³/s toenemen. De toename geldt ten opzichte van de afvoerverdeling uit het referentiemodel met een vrije afvoerverdeling.

4.1.5 Rivierkundig en morfologisch onderzoek

De uitgangspunten van het Rivierkundig en morfologisch onderzoek zijn opgenomen in de rapportage Rivierkunde met documentnummer PL341.RAP.00632.

- Verbijzonderde uitgangspunten taakstelling: De taakstelling 5 cm waterstandsverlaging dient behaald te worden in het venster 865, te weten tussen rkm 864,5 en 865,5
- Om tegenvallers in de realisatiefase of exploitatiefase op te kunnen vangen wordt enige robuustheid in het ontwerp opgenomen. Deze robuustheid wordt gerealiseerd door in het ontwerpproces te sturen op een waterstandsval van 5,0 cm op rivierkilometer 865,0. Als gevolg van het verhang binnen het venster van circa 0,4 cm ontstaat binnen het taakstellingsvenster circa 0,2 cm robuustheidsruimte.

⁶ Geohydrologisch effectbepaling KOP met kenmerk WATRC_BE7681-104-102_R0026_501386_f3.0, RHDHV 2017



Figuur 4-1: Principe van aanvullende robuustheid in de taakstelling.

5. Ontwerpproces

5.1 Uitwerking van het VKA tot DO in 3 ontwerpploos

5.1.1 Ontwerpploos 1 - van Voorkeursalternatief naar Voorkeursvariant

Het ontwerpproces is opgedeeld in drie ontwerpploos waarin via een iteratief ontwerpproces toe is gewerkt naar een ontwerp op Definitief Ontwerp (DO) niveau. Ontwerpploos 4 vormt de totstandkoming van het UO. Het startpunt van ontwerpploos 1 is het Voorkeursalternatief (VKA) uit de Verkenningfase. Doel van ontwerpploos 1 is aanvullende inzichten, wensen en eisen op te halen en inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden tot optimalisatie en minimalisatie van morfologische effecten en dwarsstromen. Vervolgens is in meerdere iteraties getoetst of met de toevoegingen op het VKA de projectdoelstelling 5 cm waterstandsdaling nog behaald wordt. Ontwerpploos 1 richt zich dus primair op ontwerpaanpassingen met een rivierkundig effect. Te onderscheiden zijn aanpassingen ten behoeve van het behalen van de projectdoelstelling, maatregelen om nadelige effecten te mitigeren om aan de projectrandvoorwaarden te voldoen zoals het minimaliseren van dwarsstromen en aanzanding en verdere optimalisaties.

De eerste ontwerpploos leverde een door het projectteam, de beheerder en de rivierkundige adviseurs gedragen Voorkeursvariant (VKV) op VO-niveau op binnen de fysieke contouren van het VKA met daarin verwerkt:

- Ontwerpaanpassingen (locatie, hoogteligging, ruwheid/vegetatie) van oevers met een hydraulisch of morfologisch effect (zoals aanpassingen voor reductie dwarsstroming voor de scheepvaart, stroomlijning t.b.v. ijsafvoer en reductie en minimalisatie van aanzanding in de vaarweg) en inzicht in de rivierkundige effecten;
- Praktijkervaring van beheerder en uitvoerder waarmee het ontwerp 'maakbaar' en 'uitvoerbaar' is (zoals het verder verflauwen van overgangen en knikpunten);
- Duurzaamheidskansen en maatregelen om draagvlak te vergroten, daar waar deze maatregelen de rivierkunde effecten beïnvloeden.

Ontwerpploos 1 is afgesloten met een terugkoppeling naar de relevante stakeholders en een specifieke terugkoppeling naar de beheerder(s).

5.1.2 Ontwerpploos 2 - van Voorkeursvariant naar concept DO

Het ontwerpproces van ontwerpploos 2 richt zich op het kribontwerp en de oeverconstructie voor de verlaagde oevers; de benodigde maatregelen om objecten stabiel te houden en ongewenste erosie op oevers te beperken. Daarvoor zijn hydraulische belastingen op oevers en kribben inzichtelijk gemaakt en zijn uitkomsten van veldonderzoeken verwerkt in het ontwerp.

In ontwerpploos 2 is het VKV opgewerkt tot een concept DO. Dit ontwerp is in 3D uitgewerkt waarna de hydraulische rivierkundige effecten van het concept DO inzichtelijk zijn gemaakt en getoetst aan het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 5.0). Ook de morfologische effecten zijn in deze ontwerpploos integraal inzichtelijk gemaakt.

Ontwerpploos 2 is afgesloten met een terugkoppeling naar de stakeholders, waarin ook de benodigde overeenstemming werd bereikt. Op 10 maart 2020 hebben stakeholders en algemeen belangstellenden tijdens een informatiebijeenkomst kennis kunnen nemen van het project en concept Definitief Ontwerp.

5.1.3 Ontwerpploos 3 - van concept DO naar Definitief Ontwerp (DO)

Doel van deze ontwerpploos is te komen tot een Definitief Ontwerp dat geschikt is als basis voor het vaststellen van het Projectplan Waterwet (PPWW) en voor het aanvragen van de benodigde vergunningen. In deze ontwerpploos is het concept DO op alle onderdelen van het ontwerp uitgewerkt tot het niveau DO. Dit betreft het kribontwerp ten aanzien van de definitieve materialisatie van de

toplaag en kruin en de uitwerking ervan voor de verschillende typen kribben in het projectgebied. Ook zijn de beschermingsconstructies van de gestrekte oevers en de benodigde maatregelen om leikaden, oevers en kribben te beschermen tegen ongewenste erosie uitgewerkt. Het vegetatiebeheer is afgestemd en effectstudies zijn afgerond. Van het DO zijn alle rivierkundige effecten inzichtelijk gemaakt. De maatregelen en projecteffecten zijn besproken en afgestemd met de betrokken adviseurs van Rijkswaterstaat en betrokken beheerders en bevoegd gezagen.

5.2 Afwegingsproces oeverontwerp

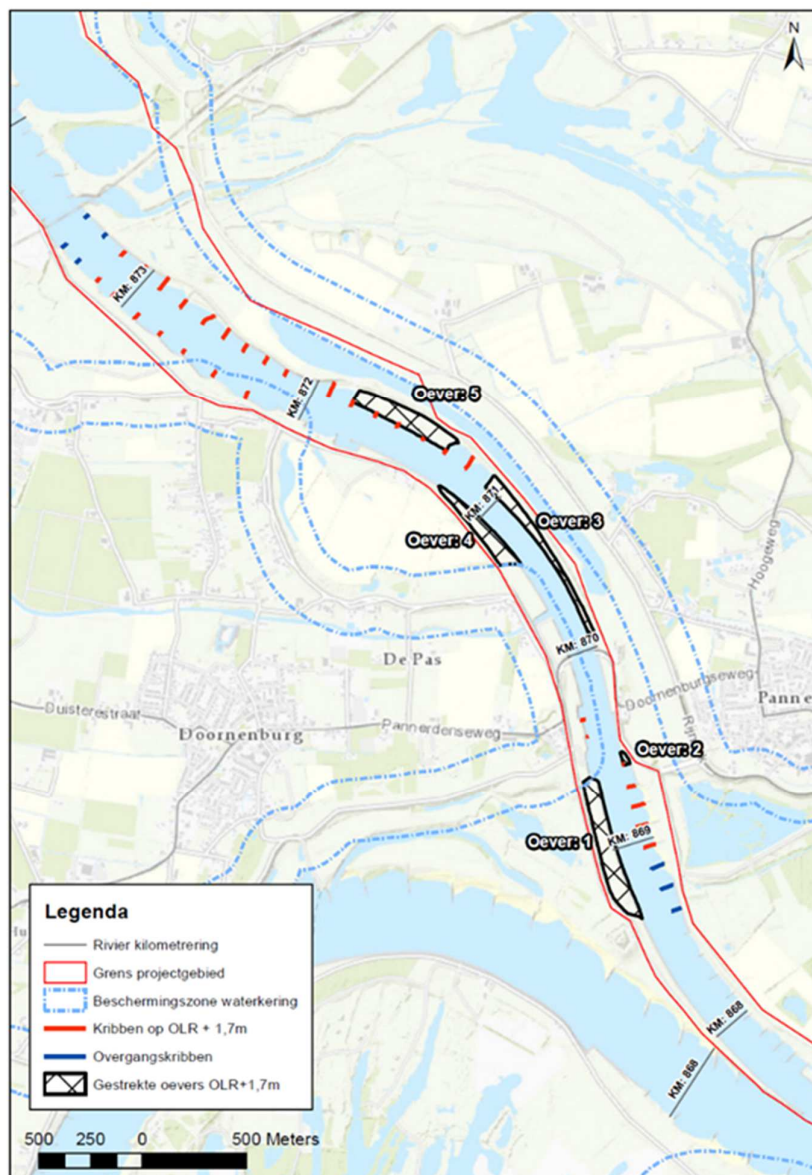
5.2.1 Van startpunt van het oeverontwerp tot kansrijke varianten

Voorafgaand aan de Planuitwerkingsfase is in de Verkenningfase (2017) het Voorkeursalternatief (VKA) aangewezen. Het VKA is tot stand gekomen door middel van een brede verkenning naar mogelijke maatregelen om de waterstandsvaling te realiseren. Binnen de Verkenningfase heeft een afweging plaats gevonden over het traject van de krib- en oeververlaging binnen het Pannerdensch kanaal, het aantal te verlagen kribben, de locatie van de te verlagen oevers en het hoogteniveau van de te verlagen kribben en oevers. De keuze voor het VKA is gebaseerd op een effectbeoordeling van verschillende varianten op verschillende relevante aspecten, waaronder rivierkunde, natuur, impact omgeving, impact scheepvaart en beheer en onderhoud. Zie ook paragraaf 1.3. Dit heeft geleid tot het VKA dat weergegeven is in figuur 5-1.

De vijf te verlagen oevers binnen het VKA zijn ontworpen aan de hand van de volgende basisprincipes:

- De oevers liggen buiten de beschermingszone van de primaire waterkering om aantasting van de primaire kering te beperken;
- De afstand van de te verlagen oevers tot de primaire kering is groter dan de afstand tot de rivier. Het maatgevende intredepunt voor kwel en piping blijft daarmee ongewijzigd bij de rivier liggen;
- De oevers liggen niet in de nabijheid van de veerstoep om hinder en aantasting van de beschikbaarheid van het veer te voorkomen;
- De oevers liggen tenminste 10 meter uit de teen van leikades waardoor deze niet aangetast worden;
- Het intredepunt van de leikades komt niet dicht bij de leikade te liggen;
- De oevers worden afgegraven onder een vast talud van maximaal 1:10 om de geotechnische stabiliteit van de oevers te garanderen en de gevoeligheid voor erosie te beperken;
- Waar 1:10 vanwege ruimtegebrek niet mogelijk is, wordt een getrapt profiel gehanteerd met een steile oever 1:5;
- De oevers worden verlaagd tot een hoogte van minimaal OLR +1,7m;

In het VKA zijn het ontwerp van de oeververdediging en overige maatregelen om erosie tegen te gaan of waardeverlies te beperken niet uitgewerkt.



Figuur 5-1: Overzicht van het Voorkeursalternatief (VKA) met 5 te verlagen oevers met een gezamenlijk oppervlak van 16,2 hectare en 38 kribben, resultaat van SNIP2A Verkenning.

5.2.2 Van kansrijke varianten naar de Voorkeursvariant (VKV)

In ontwerploop 1 hebben het projectteam en de beheerder in samenspraak met adviseurs "bouwstenen" ontwikkeld op basis van specifieke optimalisaties en ingrepen die invulling geven aan in de Verkenningfase niet verwerkte wensen. Met deze bouwstenen wordt het VKA doorontwikkeld. Van deze bouwstenen is het individuele effect op de waterstandsaling inzichtelijk gemaakt.

Vervolgens zijn de meest kansrijke combinaties van bouwstenen opgewerkt tot vier varianten oeververlaging. Deze varianten zijn vervolgens onderling met elkaar vergeleken op basis van expert judgement en kwantitatieve analyses op hoofdlijnen. Voor de rivierkundige effecten is modellering in WAQUA en WAQmorf uitgevoerd. De onderstaande selectiecriteria zijn daarbij gehanteerd:

- Waterveiligheid met de subcriteria:
 - Taakstelling (is randvoorwaardelijk - hoe dichter deze tot 5,0 cm hoe beter – meer dan 5,0 impliceert dat de ingreep te ruim is, en dus onnodig (negatieve) effecten in het gebied optreden zoals sedimentatie en 'teveel werk is verricht');

- Opstuwing waterstand langs primaire kering;
 - Standzekerheid objecten;
- Beperken omgevingsrisico's / Vergunbaarheid met de subcriteria:
 - Draagvlak omgeving
 - Afhankelijkheid derden
 - Stikstof
 - Scopewijzigingen
- Beheer en onderhoud met de subcriteria:
 - Beheerbaarheid en onderhoudbaarheid
 - Baggerbezwaar
- Scheepvaart en veiligheid met de subcriteria:
 - Hinder en veiligheid tijdens de realisatiefase;
 - Dwarsstromen in de gebruiksfase;
 - IJsgang;
- Duurzaamheid en milieu:
 - Vermeden milieuschade (MKI);
 - Hergebruik materialen;
- Realisatiekosten.

Met behulp van een trade-off tussen vier kansrijke varianten oeverontwerp is het effect van de best scorende varianten inzichtelijk gemaakt voor experts rivierkunde en de beheerder. In een expertsessie is door het projectteam de best scorende variant aangewezen. Deze best scorende variant is vervolgens verder geoptimaliseerd aan de hand van de laatste inzichten, discussies en uitkomsten van de onderlinge vergelijking (zie paragraaf 0). De geoptimaliseerde variant is aangewezen als Voorkeursvariant oeverontwerp (VKV) nadat met modelberekeningen bevestigd is dat:

- De optimalisaties een waterstandsval van tenminste 5,0 cm realiseerde;
- Onacceptabele dwarsstromen zijn gemitigeerd;
- De morfologische effecten aantoonbaar kleiner waren dan die van het VKA en binnen het beoordelingskader van het RBK pasten;
- Verdere optimalisatie/reductie van aanzanding leidt tot het niet halen van de hoofddoelstelling.

5.2.3 Van Voorkeursvariant (VKV) naar (concept) DO

Het ontwerp van de oevers heeft in ontwerploop 2 en 3 geen wezenlijke veranderingen meer doorgemaakt anders dan het optimaliseren van oever 2, zie paragraaf 6.2.2 en het verflauwen van scherpe oevergangen tussen de verlaagde oevers en het te handhaven maaiveld. In ontwerploop 3 is de paddenpoel toegevoegd aan oever 1. De contouren van de oevers in figuur 3-1 geven daarmee een goed beeld van zowel de VKV oevers als de DO oevers. Mede door de kleinkassingen op de oevers komt het intredepunt voor piping nergens dichterbij de leikade te liggen.

5.3 Afwegingproces kribontwerp

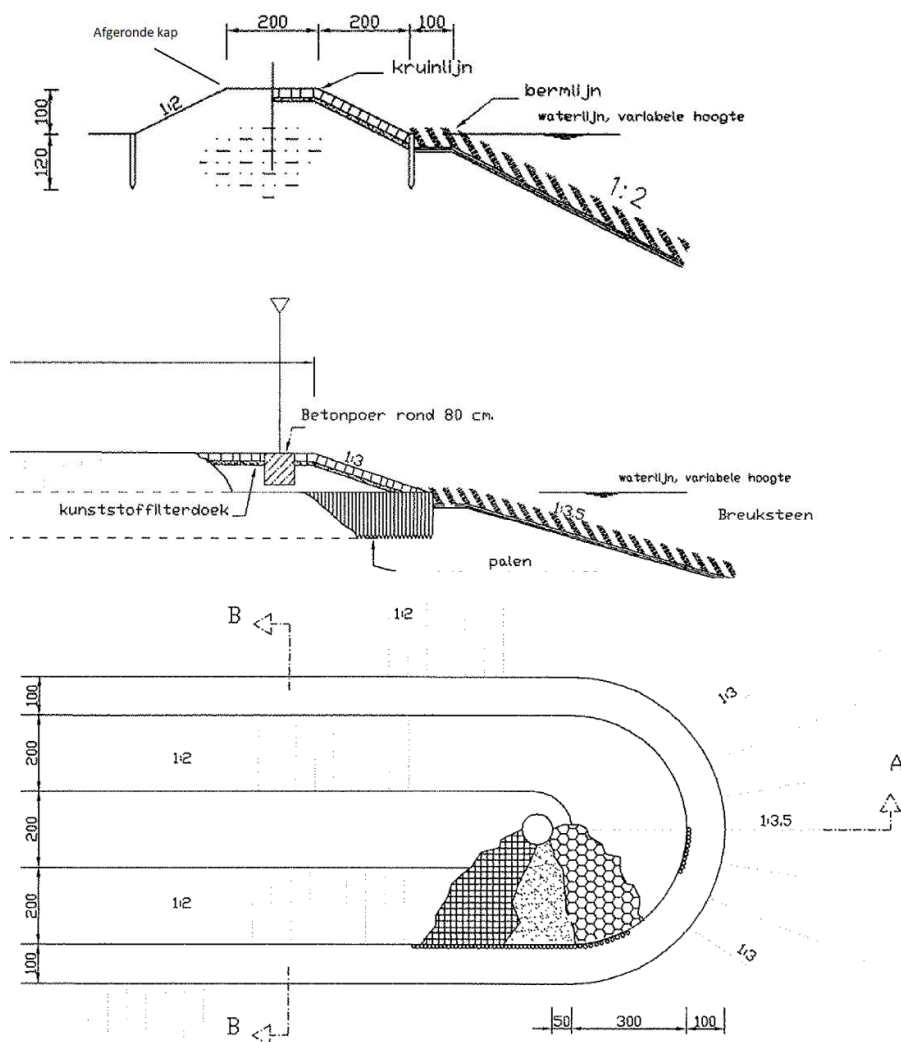
5.3.1 Van startpunt van het kribontwerp tot kansrijke varianten

De te verlagen kribben in het Pannerdensch kanaal zijn in een periode van anderhalve eeuw opgericht. De rapportage datering kribben met documentnummer PL341.MEM.00678 beschrijft de stichtingsdata. Van de 38 kribben dateren 14 kribben van voor 1893: de oudste kribben (krib 3 en 5) dateren ergens tussen 1745 en 1796 en de 12 overige kribben dateren tussen 1804 en 1892. De 25 kribben die dateren na 1893 zijn aangelegd in 1933 (18 kribben), 1957 (6 kribben) en 1983 (1 krib).

De 38 kribben hebben verschillende afmetingen en kennen nevenfuncties zoals vluchthaven. De kribben variëren in lengte tussen de 20 en 70 meter. De meerderheid is voorzien van een zetstenen kribkap (basalt en basalt met een zuikhoogte van 15-20 cm) die reikt tot aan de oksel. De kap heeft een hoogte van circa 1 meter en een basis van circa 6 meter. Bij een deel van de kribben eindigt de

kribkap circa 10 meter achter de kribbaak. De overige lengte van de kap is dan bekleed met waterbouwsteen, naar verwachting voornamelijk met een sortering van 10-60 kg⁷.

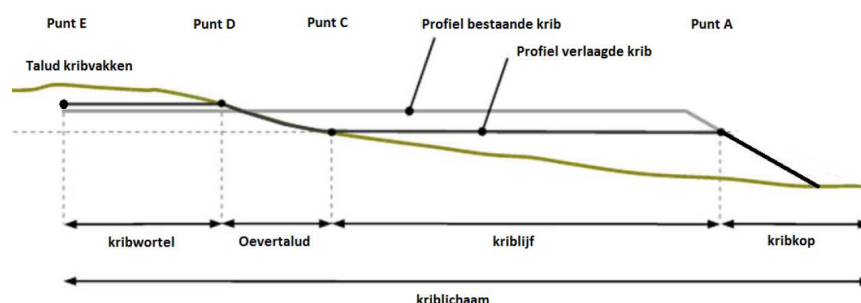
De kribben hebben een vaste hoogte t.o.v. het OLR-vlak. De hoogte van de kribben t.o.v. NAP neemt derhalve in stroomafwaartse richting geleidelijk af. De meest bovenstroomse krib in het projectgebied (krib 13) heeft een kruin op circa NAP +10,7m (OLR +3,6m). Bij de meest benedenstroomse krib binnen het projectgebied (krib 37) is dit NAP +10,3m (OLR +3,6m). De taluds van het kriblichaam variëren tussen 1:2 en 1:2,5. De kribkoptaluds variëren tussen 1:3 en 1:3,5. Bij het leeuwendeel van de kribben is in het veld nog een plasberm te onderscheiden van circa 1 meter breed die de kribkap en het zetwerk door middel van een rij houten perkoenpalen opsluit. De oudste kribben hebben een traditioneel filter op rijshout (op basis van veldbezoek, proefsleuf en oude bestekken). Van enkele nieuwere kribben is bekend dat zich een geotextiel of doek onder de zetsteen bevindt. Bij de proefsleuf van krib 18 is dit waargenomen (zie paragraaf 11.5). Tijdens de diverse veldbezoeken bij lage waterstanden zijn op diverse kribben (stukken) blootliggende geotextiel aangetroffen. Mogelijk zijn dit (nood)reparaties geweest aan de kribben.



Figuur 5-2: Huidige ontwerp kribben Pannerdensch kanaal waarbij de kap afgerond is.

⁷ Veldonderzoek in de periode juni – juli 2020 maakt inzichtelijk welke sorteringen aanwezig zijn, wat de kwaliteit en herbruikbaarheid van de steen is

In de Verkenningfase is het kribontwerp op hoofdlijnen uitgewerkt ten behoeve van de rivierkundige beoordeling op waterstandsdaling, dwarsstroming en morfologische effecten. Voor de Voorkeursbeslissing was het niet noodzakelijk de exacte vormgeving, filterconstructie, toplagen en materialisatie uit te werken. Bij het berekenen van de rivierkundige effecten zijn immers alleen de insteek, de lengte en kruinhoogteverloop van de krib bepalend. Deze zijn in de Verkenningfase afgeleid om de taakstelling te behalen. Deze contouren vormen het startpunt voor het kribontwerp in de Planuitwerkingsfase.



Figuur 5-3: startpunt kribontwerp vanuit de Verkenningfase

5.3.2 Verkenning van haalbare varianten (binnen ontwerploop 1)

In ontwerploop 1 is verkend of naast het beoogde verlagen van de kribben ook juridische, bestuursrechtelijke en technische ruimte en mogelijkheid bestaat om de kribben af te graven en opnieuw op te bouwen, al dan niet te verleggen. Achterliggende motivatie hierbij is dat een geheel nieuwe krib in korte periode te realiseren is en de realisatie ervan beter beheersbaar is dan het verlagen van een bestaande krib.

Uit deze verkenning is geconcludeerd dat verlegging niet tot de mogelijkheden behoort omdat dit juridisch gezien beschouwd wordt als nieuwbouw en dat vergaande gevolgen heeft in verband met daarvoor benodigde grondverwerving en aanpassing van het bestemmingsplan. Bovendien wordt de verlegging gezien als scopewijziging ten opzichte van de Voorkeursbeslissing, waarmee de Verkenningfase deels zou moeten worden herzien. Gedeeltelijke ontmanteling en herbouw op dezelfde locatie is wel haalbaar en is meegenomen als haalbare variant in ontwerploop 2.

5.3.3 Aanwijzen van voorkeursvariant kribontwerp (binnen ontwerploop 2)

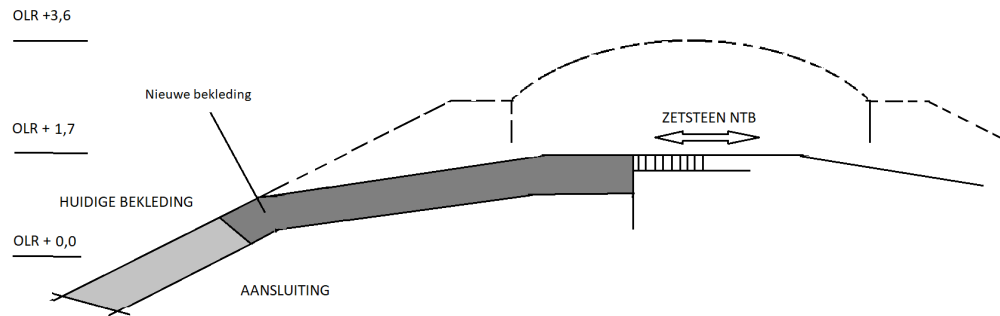
In ontwerploop 2 is het ontwerp van de te verlagen kribben uitgewerkt tot een Voorkeursvariant op concept DO-niveau (principe dwarsdoorsnede, materialisatie toplaag en filterconstructie). Hiervoor zijn haalbare varianten opgesteld, die vervolgens in samenspraak met de beheerder en adviseurs van Rijkswaterstaat zijn getrechterd tot twee kansrijke basisvarianten. De afweging vond plaats op expert judgement op de onderstaande kritieke sleutelcriteria:

- Realisatiekosten – op basis van bouwstoffen, volumes en complexiteit;
- Realisatieduur – op basis van volumes en beschikbare werkdagen;
- Beheer en onderhoudsinspanning – op basis van ontwerp en uitvoeringswijze;
- Integrale veiligheid – op basis van de kans op onveilige situaties;
- Vergunbaarheid – op basis van verwachte hinder, ecologische waarden, uitstoot en vergunde rechten.

5.3.4 Kansrijke basisvarianten

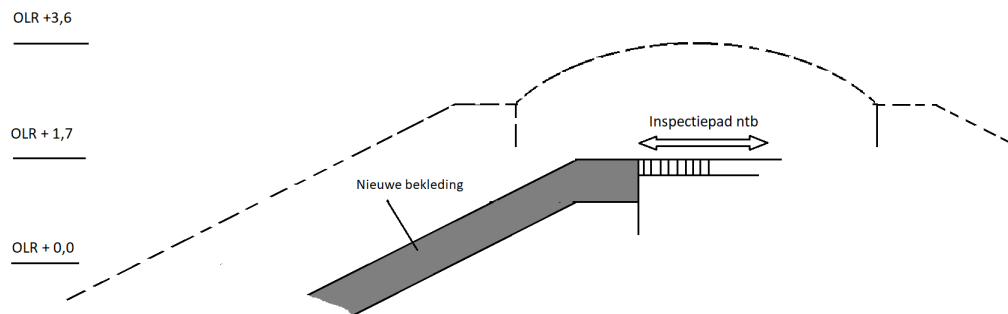
De trechtering van haalbare varianten resulteerde in ontwerploop 2 in twee kansrijke basisvarianten:

1. Uitgaan van het bestaande kriblichaam conform een ontwerp dat in de basis overeenkomt met hetgeen destijds bij de kribverlaging op de Waal is toegepast (variant 1A, ook wel bekend als "de Waalkrib"). De voetafdruk of basis van de krib blijft ongewijzigd en een groot deel van de bestaande talud en taludbekleding ongemoeid. Bij deze varianten zijn de ontwerp vragen hoe de bovenzijde opnieuw is op te bouwen, hoe deze functioneel is aan te sluiten op de bestaande basis en hoe dient te worden gegaan met de achterblijvende toplaag van de taludbekleding;



Figuur 5-4: Variant 1A – Contouren van de Waalkrib met een inspectiepad

2. Uitgaan van een opnieuw geprofileerd smal kriblichaam⁸ (variant 2A). De aanwezige bekleding wordt verwijderd, de contouren van het kriblichaam worden vanuit de nieuwe kruinhoogte opnieuw bepaald. Er zijn geen aansluitingen van oude op nieuwe bekleding en de samenstelling van de toplaag van het gehele object is conform de functionele vereisten. Doordat deze krib geheel voorzien wordt van nieuwe bekleding en een smaller kriblijf heeft, is de verwachting dat deze krib een meer voorspelbaardere realisatie kent en met minder inspanning te beheren is. Echter de realisatieprijs van variant 2A is, hoewel voorspelbaarder, significant hoger dan bij de Waalkrib.



Figuur 5-5: Variant 2A – geherprofileerde smalle krib

5.3.5 Keuze voorkeursvariant kribontwerp

De afweging en keuze kribontwerp is gemaakt op basis van de beoordelingscriteria opgenomen in de onderstaande tabel 5-1. De afweging heeft deels kwalitatief op basis van expert judgement en deels kwantitatief plaatsgevonden. De afwegingen zijn tot stand gekomen met de beheerder en adviseurs en specialisten van Rijkswaterstaat en Ploegam/Tauw. In ontwerploop 3 is de Voorkeursvariant kribontwerp uitgewerkt en toegepast op de te verlagen kribben en is, waar nodig, maatwerk toegepast ten behoeve van het DO. Deze nadere uitwerking is opgenomen in hoofdstuk 7.

⁸ Deze variant is door opdrachtnemer geopperd in de tenderfase om te voorkomen dat relatief complexe en tijdrovende aansluitingen gemaakt moeten worden van de nieuwe op de oude constructie. In de eerste werksessie (juni 2019) is verkend of deze variant binnen de scope van de kribverlaging past. Bij het handhaven van het kernmateriaal is dit het geval.

Variant 1A (Waalkrib) is aangewezen als voorkeursvariant. Daarbij heeft het significante verschil in realisatiekosten tussen beide ontwerpen de doorslag gegeven.

Tabel 5-1: Overzicht beoordeling varianten kribverlaging		
	Variant 1A - Waalkrib	Variant 2A – smalle krib
Realisatiekosten	+ +	- -
Voorspelbaarheid van de realisatiekosten	-	+
Toevalstreffers NGE, Milieu, archeologie, ecologie	0	- -
Verifieerbare kwaliteit van de krib	-	+
Milieubelasting	+ +	- -
Integrale veiligheid realisatie	+	-
Integrale veiligheid exploitatie	0	+
Beheerinspanning	0	+
Landschappelijke inpassing	-	0

Onderstaande tabel geeft een beknopte toelichting op de voor- en nadelen van beide varianten.

Tabel 5-2: Toelichting voor per variant		
Aspect	Voordelen variant 1A	Voordelen variant 2A
De realisatiekosten	Variant 1A vergt aanzienlijk minder grondwerk en handeling van bouwstoffen en waterbouwsteen waardoor de realisatieprijs voor 1A significant lager uitvalt dan voor 2A.	
Voorspelbaarheid van de realisatiekosten.		De realisatiekosten van variant 2A zijn voorspelbaarder. Er hoeven onder de waterlijn geen aansluitingen van nieuwe op oude bekleding gemaakt te worden. Daarmee is het werk overzichtelijker en beheersbaarder. De kans is kleiner dat herstelwerkzaamheden benodigd zijn of dat door stilstand als gevolg van hoge waterstanden de realisatieduur toeneemt. Dit vertaalt zich in voorspelbaardere realisatiekosten.
Toevalstreffers NGE, Milieu, archeologie, ecologie. Toevalstreffers dragen bij aan vertraging en onveilige situaties	De afgravingsdiepte van variant 1A is ruim 4 meter minder dan 2A. De kans dat onverwacht vervuilingen, niet toepasbare bouwstoffen (puin) of NGE aangetroffen worden is daarmee kleiner dan bij variant 2A. Daarmee is de kans op vertraging en kostenverhogende maatregelen kleiner dan bij variant 2A. Op dit aspect is de voorspelbaarheid van realisatiekosten en realisatieduur weer voor 1A beter dan voor 2A.	
Verifieerbare kwaliteit van de krib binnen de mijlpaal, onafhankelijk van de waterstanden. Makkelijker aantoonbaar dat ontwerp goed gerealiseerd is		Variant 2A is volledig (los van een inspectiepad) te realiseren in den natte zonder dat dit wezenlijk afbreuk doet aan de kwaliteit van de krib. Daarmee is de realisatie niet afhankelijk van lage waterstanden en is de uitvoeringstijd voorspelbaar. De kribben zijn zonder

Tabel 5-2: Toelichting voor per variant		
Aspect	Voordelen variant 1A	Voordelen variant 2A
		concessie op kwaliteit te realiseren voor 31-12-2022.
Milieubelasting. Hoe minder materiaal hoeft te worden aangevoerd en vervoerd, des te minder draaiuren, des te minder belasting.	Variant 1A gaat uit van het verwijderen van alleen het bovenste gedeelte van de krib. Hiermee is het minste grondverzet gepaard. De bekleding op de kribben blijft op de kruin en kribkop na gehandhaafd. Variant 1A kent dus minder draaiuren voor machines en vaarbewegingen voor af- en aanvoer van bouwstoffen en daaruit voortvloeiend minder uitstoot van CO2 en stikstof.	
Integrale veiligheid realisatie en exploitatie	Variant 1A heeft minder handelingen (grondverzet en aanvoer materiaal) dan variant 2A. Daardoor is er meer kans op gevaarlijke situaties en ongevallen dan bij variant 1A.	De werkzaamheden van variant 2A zijn primair machinaal en veiligheidsrisico's manifesteren zich tijdens de uitvoering waar in de omgeving is te controleren en te beheersen door de realiserende partij. Variant 2A heeft een kleiner risicoprofiel in de exploitatiefase (kleiner aanvaringsrisico door recreatievaartuigen en minder valgevaar tijdens B&O op de brede gestorte kruin).
Beheerinspanning. Mate waarin ontwerp bepalend is voor de inspanning die de beheerder moet leveren om de objecten in stand te houden en een levensduur van 50 jaar kan garanderen.	De kans op schade door drijfijis is bij variant 1A door de flauwe taluds op de kruin iets kleiner dan bij variant 2A.	Variant 2A kent een eenduidig opbouw van de krib met een smaller kriblijf. De opbouw van bekleding is homogeen, nieuw gestort en voldoet over de volledige hoogte aan de wensen van de beheerder. In tegenstelling tot de brede kruin van variant 1A is de smalle kruin van variant 2B met een smal inspectiepad goed bereikbaar te maken.
Landschappelijke inpassing. Mate waarin ontwerp en materialisatie aansluit bij huidige vormgeving		Vanuit landschappelijk oogpunt sluit het smalle kriblijf van variant 2A beter aan bij de 'look and feel' van het Pannerdensch kanaal. Variant 1A heeft een circa 12 meter brede gestorte kruin waarmee bij lage waterstanden een afwijkend beeld op het Pannerdensch Kanaal ontstaat. Variant 2A herintroduceert de smalle kruin van de huidige kribben.

5.4 Doorgevoerde Optimalisaties op oevers en kribben

5.4.1 Algemeen

De maatregelen van het VKA uit de Verkenningfase realiseren een waterstandsaling van ruim 5,4 cm (SNIP2A). In ontwerploop 1 van de Planuitwerkingsfase is de modellering van deze waterstandsaling gereproduceerd en is de 5,4 cm bevestigd (zie de rapportage Rivierkundig onderzoek met documentnummer PL341.RAP.00632). Er is daarmee ruimte in het ontwerp beschikbaar voor het vergroten van de kwaliteit en verlagen van de negatieve effecten en (daarmee o.a.) kosten. In het DO zijn optimalisaties doorgevoerd op de aspecten dwarsstroming, ijsgang, hinder/overlast/raakvlakken en de beheer- en onderhoudsinspanning. Deze maatregelen leveren tevens een afname van realisatiekosten en hebben een positief effect op de aanzanding in het zomerbed ten opzichte van het VKA.

5.4.2 Verkleinen van hinder en overlast, beperken van raakvlakken

Hieronder vallen:

- Verschuiven van de insteek op kribben met een particulier belang;
- Het verbeteren van de waterremmende laag in oever 4;
- Het verkleinen van het raakvlak met de Betuwetunnel.

In het VKA liggen negen te verlagen kribben (3 t/m 11, zie figuur 3-1) deels op particuliere grond of hebben een particulier belang. Uit een gevoeligheidsanalyse op het aandeel van de kribben in de waterstandsaling blijkt dat het geheel niet verlagen van deze kribben leidt tot het niet behalen van de taakstelling. Daarom is gekozen om de insteek van de kribverlaging rivierwaarts te verleggen zodat de agrarische functie van de achterliggende particuliere oevers langs kade Scherpekamp niet wordt aangetast en het particuliere belang in krib 3 niet geschaad wordt.

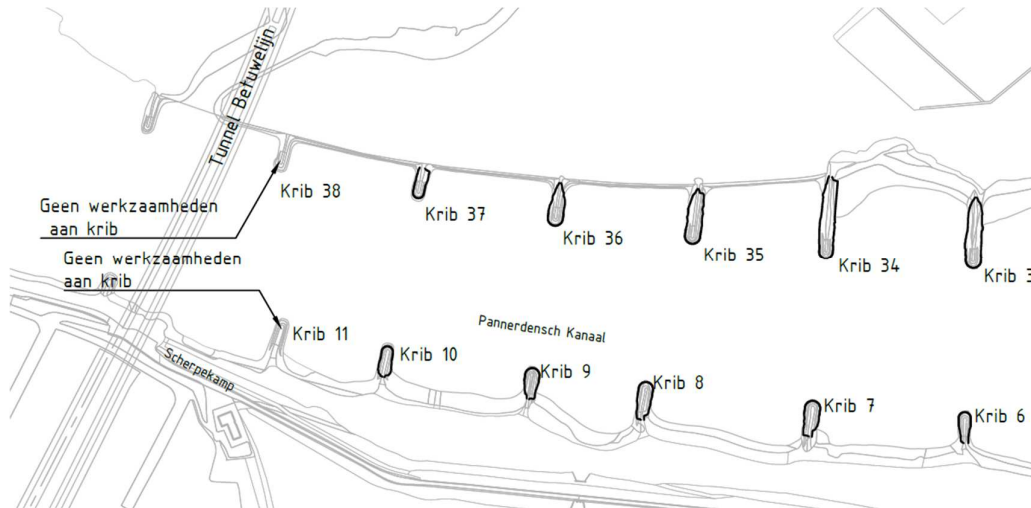


Figuur 5-6: Verschuiven van de insteek van kribverlaging op de kribben met particulier belang

In de huidige situatie is de waterremmende van nature voorkomende kleiige deklaag bij oever 4 lokaal zeer dun (<0,2 m) tot niet aanwezig. Dit zorgt bij hoogwater voor een relatief natte Roswaard met overlast naar het binnendijkse achterland tot gevolg. Door het verlagen van oever 4 wordt een deel van de erosiebestendige en waterremmende deklaag verwijderd. Om erosie nabij de leikade te voorkomen, is een nieuwe erosiebestendige klei-inkassing van 0,3 meter in het DO opgenomen. Er wordt tevens een nieuwe rooflaag van 0,3 meter op deze oever aangebracht om de agrarische functie te kunnen handhaven (zie paragraaf 6.2.4). Samen beperken deze lagen de kwelgevoeligheid. Als gevolg van deze beide ingrepen neemt zodoende ook de kwelgevoeligheid van de kade Roswaard ter hoogte oever 4 af ten opzichte van de huidige situatie.

Twee overgangskribben liggen binnen 100 meter van de Betuwetunnel. Krib 11 (rkm 873,395) ligt op circa 95 meter van de tunnel, krib 38 (rkm 873,430) ligt op 35 meter afstand en ligt daarmee in de veiligheidszone van de tunnel (50m). Het werken binnen 50 meter vergt extra beheersing van trillingen en grondroering. In de Planuitwerkingsfase is onderzocht welke overgangskribben noodzakelijk zijn voor het reduceren van de dwarsstroming en of zij een significant effect hebben op de waterstandsaling (zie ook paragraaf 5.4.3). Uit dit onderzoek is gebleken dat de bijdrage van overgangskribben 11 en 38 aan de waterstandsaling nihil is en dwarsstromen binnen de norm blijven

zonder deze twee kribben. Hiervoor is één enkele overgangskrib per oever (10 en 37) toereikend. Het verlagen van Krib 11 en 38 kan daarmee komen te vervallen. Met deze optimalisatie komt de dichtstbijzijnde kribverlaging (krib 37) op 160 meter van de tunnel te liggen, buiten de beïnvloedingszone van de tunnel. In paragraaf 8.13 en het separate memo Kabel en leidingen met documentnummer PL341.MEM.00613 wordt ingegaan op de erosie ter hoogte van de tunnel.



Figuur 5-7: Met het vervallen van de verlaging van krib 11 en 38 neemt de afstand tot de spoortunnel toe en vallen de werkzaamheden buiten de veiligheidszone van 50 meter.

5.4.3 Minimaliseren van ongewenste dwarsstroming en vorming van ijsdammen

Hieronder vallen:

- Het stroomlijnen van oevers;
- Het optimaliseren en configureren van overgangskribben.

De verlaagde kribben en oevers leiden tot extra in- en uitstroming haaks op de rivieras. Omwille van scheepvaartveiligheid is het onwenselijk dat deze dwarsstroomsnelheden de norm van 0,15 m/s overschrijden of een verslechtering zijn ten opzichte van de referentiesituatie. Tevens is het onwenselijk dat ijsdammen zich kunnen vormen langs barrières. Om dit te bewerkstelligen zijn oevers 1 en 2 aan de benedenstroomse zijde verder gestroomlijnd. Hierdoor stroomt het water vanaf deze oevers meer geleidelijk terug het zomerbed in. Deze stroomlijning van oever 1 en 2 draagt tevens bij aan de afvoer van ijs. Een nadere toelichting op de rivierkundige effecten is te lezen in paragraaf 8.1.

Uit gevoeligheidsanalyses van de individuele maatregelen bleek het niet nodig bovenstrooms drie en benedenstrooms aan weerszijden twee overgangskribben toe te passen om ongewenste dwarsstroming tegen te gaan. In het VKA werden de eerste en de laatste kribben slechts enkele decimeter verlaagd. Overgangskribben 12, de meest bovenstroomse krib, en kribben 11 en 38, de meest benedenstrooms gelegen kribben, worden daarom niet verlaagd (zie ook paragraaf 5.4.2).

De stapgrootte tussen de kribhoogtes is na het vervallen van de verlaging van krib 11, 12 en 38 herverdeeld zodat de overgang geleidelijk verloopt. Deze optimalisatie wordt ook doorgevoerd voor benedenstroomse overgangskribben 37 en 10. In het rivierkundig onderzoek zijn de dwarsstromen rond de kribben getoetst bij lage, middel en hoge afvoeren. Dit onderzoek bevestigt dat ook bij afvoeren waarbij de overgangskribben net overstromen (bij een afvoer 2.000 – 3.000 m³/s bij Lobith) de norm voor dwarsstroming niet wordt overschreden. Paragraaf 8.1.3 behandelt het effect van het DO op dwarsstromen.

5.4.4 Optimaliseren van de beheer- en onderhoudsinspanning

Hieronder vallen:

- Laten vervallen van steile oevers met noodzaak tot extra bescherming;
- Het verflauwen en vloeiend maken van oevers en aansluitingen;
- Aanbrengen van een inspectiepad op de kribben;
- Toepassen van een granulair filter.

In het VKA is oever 3 over een lengte van circa 420 meter dusdanig smal dat alleen met een relatief steil talud het hoogteverschil is te overbruggen. Dit relatief steile talud (1:5) is gevoeliger voor erosie dan een flauw talud. Hiervoor is in het VKA 2800 m³ aan blokkenmat opgenomen. Tevens tast het steile talud nabij de teen van de leikade mogelijk de stabiliteit ervan aan. Vanuit de beheerorganisatie is aangegeven dat een beschermende maatregel de beheer- en onderhoudsinspanning echter complexer maakt. De ervaring is dat rondom deze maatregelen de onderhoudsinspanning juist toeneemt. Onderzocht is of de smalle steile oever noodzakelijk is voor het behalen van de taakstelling. Indien het vegetatiebeheer van het VKA op dit deel van de oever wel wordt overgenomen is de daadwerkelijke verlaging niet noodzakelijk. Er is voor gekozen oever 3 bovenstrooms in te korten waardoor de steilere oevers niet noodzakelijk zijn. Daarmee kan op oever 3 ruim 6.500 m³ aan verlaging bespaard worden en hoeven hier geen harde erosiebestendige maatregelen getroffen te worden.

De verlaagde oevers zijn in de Planuitwerkingsfase gecontroleerd op ongewenst steile taluds. Dit betreft taluds steiler dan 1:10. Flauwe taluds dragen bij aan het beperken van erosie, zijn eenvoudiger te beheren en zorgen voor een betere landschappelijke inpassing. Op oevers 1, 2, 3, 4 en 5 is de overgang van maaiveld naar verlaging daarvoor verflauwd tot minstens 1:10. Omdat vloeiende overgangen en flauwe taluds hydraulisch gezien beter functioneren leidt deze maatregel tevens tot een verdere waterstandsverlaging ten opzichte van de 5 cm taakstelling. Deze ruimte is via een iteratief proces ingezet om de omvang van de overige ingrepen verder te verkleinen.

Er is voor gekozen om op alle kribben een inspectiepad aan te leggen waarmee de kribkruin tot het kribbaken veilig te betreden is. Dit is een aanpassing en optimalisatie ten opzichte van zowel de Waalkrib (uitgangspunt voor variant 1A) als het VKA kribontwerp van de Pannerdensch krib. De kribben op de Waal zijn uitgevoerd zonder een inspectiepad terwijl een groot deel van deze kribben oorspronkelijk voorzien waren van een gezette kribkap. Dit heeft geleid tot een significante afname van de toegankelijkheid. De verlaagde Pannerdensch krib is in de Verkenningsfase beperkt uitgewerkt. In het VKA is in het ontwerp een horizontale afplating opgenomen voorzien van zetsteen over de volle breedte. Een dergelijke oplossing heeft echter significant hogere realisatiekosten dan de gestorte kruin van de Waalkrib per krib. In het DO is daarom een gezet inspectiepad op de kribben opgenomen met een minimale breedte van 1 meter. Daarmee blijven enerzijds de realisatiekosten laag en blijft anderzijds de toegankelijkheid van de krib voor inspectie, beheer en nevengebruik behouden. In paragraaf 7.2.5 van deze ontwerpnota wordt het inspectiepad nader behandeld. Een separate beschouwing van de afwerking van de krib is opgenomen in de memo afweging afwerking verlaagde kribben met documentnummer PL341.MEM.00607.

De filterlaag onder de aan te brengen stortsteen wordt uitgevoerd als granulair filter in plaats van met een geotextiel. Deze oplossing is robuuster, eenvoudiger te herstellen bij schade, is tevens goedkoper in de aanleg en kent lagere milieukosten. Zie ook paragraaf 7.2.3 voor de uitwerking van de filterconstructie.

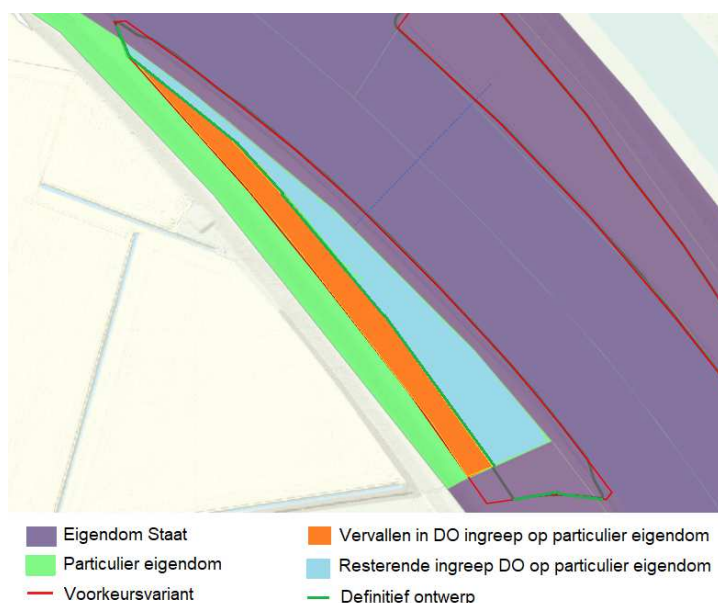
5.4.5 Behouden van bedrijfsmatige functies

Hieronder vallen:

- Functioneel en beschikbaar houden van oever 2;
- Beperken van de ingreep op oever 4.

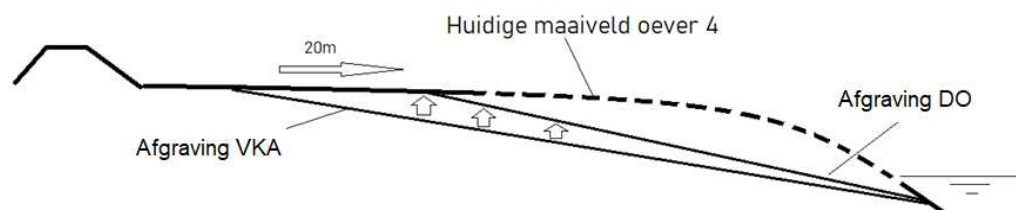
Een deel van oever 2 wordt gebruikt als laad- en loslocatie. Het VKA-ontwerp voorzag in een verlaging van deze oever tot OLR +1,7m om dwarsstromen in de vaargeul te beperken. De functionaliteit en bruikbaarheid van de vergunde laad- en loslocatie neemt hierdoor af. Het ontwerp van oever 2 is zodanig aangepast dat de functionaliteit en beschikbaarheid intact blijft en tevens de dwarsstroming op deze locatie niet verder toeneemt dan in de referentiesituatie; in paragraaf 6.2.2 is deze maatwerkoplossing toegelicht.

Oever 4 is deels in particulier eigendom, deels vanuit de Staat verpacht. De oever wordt begraasd, gebruikt voor de productie van gras en het uitrijden van mest. Het verlagen van de oever leidt er toe dat deze verminderd bruikbaar is. Enerzijds doordat de oever tijdelijk onbruikbaar is gedurende de werkzaamheden (afgraven), anderzijds doordat de verlaagde oever bij lagere waterstanden inundeert dan in de bestaande situatie. Dit laatste leidt afhankelijk van het seizoen waarin hoogwater optreedt tot een afname van de functionele beschikbaarheid van de oever. Om deze gevolgen zoveel mogelijk te beperken is de resterende ruimte in de taakstelling aangewend om het te verlagen oppervlak van oever 4 te reduceren van 2,9 hectare (VKA) tot 2,1 hectare (DO).



Figuur 5-8: beperken van maatregel op oever 4

In het DO ligt het verlaagde maaiveld tot 1 meter hoger dan in het VKA met een lagere inundatiefrequentie tot gevolg. In paragraaf 8.1.7 wordt het effect op de inundatiefrequentie nader toegelicht. Onderstaande figuur geeft de optimalisatie op oever 4 schematische weer.



Figuur 5-9: beperken van de ingreep op oever 4

5.4.6 Beperken van realisatiekosten

Als gevolg van het aanpassingen nemen de werkzaamheden in omvang af⁹:

- Minder grondverzet, geen harde bekleding op steile oevers;
- Minder verwerkingskosten verontreinigde grond;
- Minder benodigd onderzoek (NGE, milieu).

De stroomlijning van oever 1 levert een reductie van het grondverzet van circa 14.000 m³ op een totaal van circa 80.000 m³. Het inkorten van oever 3 reduceert het grondverzet met nog eens 6.500 m³ op een totaal van circa 29.000 m³ en maakt een harde constructie op oever 3 overbodig. De versmalling van oever 4 bespaart circa 8.900 m³ aan grondverzet op circa 28.000 m³. Er worden drie (overgangs)kribben niet verlaagd en van acht kribben op particuliere grond komt de insteek van de verlaging dicht bij de rivieras te liggen. Circa 2800 m² harde constructie (bijv. blokkenmat) is niet meer benodigd om de steile oever op oever 3 te beschermen.

Het oppervlak te verlagen oevers 1, 3 en 4 tezamen neemt af van 16,2 naar 13,6 hectare. Het aantal te verlagen kribben neemt af van 38 naar 35. Dit heeft een gunstige uitwerking op de hoeveelheid te verwerken (deels met PFAS verontreinigde) grond en het aantal te benaderen NGE-verdachte objecten en te ruimen niet gesprongen explosieven. Tevens neemt de kans op toevalstreffers af in realisatie.

5.4.7 Optimalisaties in morfologische effecten

Hoofdstuk 8.1 gaat in op de rivierkundige effecten van het DO. Een uitgebreide behandeling van de morfologische effecten van het DO is terug te lezen in hoofdstuk 6 van het Rivierkundig Onderzoek Krib- en Oeververlaging Pannerdensch Kanaal met documentnummer PL341.RAP.00632.

Vanaf de start van het project KOP is geaccepteerd dat de verruiming van het Pannerdensch Kanaal door krib- en oeververlaging tot extra sedimentatie in het zomerbed zal leiden. De opgave in de Planuitwerkingsfase is om aan te tonen dat er wat betreft eventueel baggerwerk is geoptimaliseerd t.o.v. aanzandingseffect en baggerhoeveelheid van VKA. Daarom is een vergelijking is gemaakt met de effecten van het VKA uit de Verkenningfase.

De optimalisaties van de ingreep t.o.v. het VKA betreffen: niet verlagen van delen van kribben, stroomlijnen van oevers, niet verlagen van delen van oevers en minimaliseren van dwarsstroom. Deze maatregelen leiden tot minder sedimentatie ten opzichte van het VKA. De uitgevoerde optimalisatieslag van het ontwerp van VKA naar DO (uitgevoerd op basis van voorlopige WAQMORF resultaten, via tussenstap VKV) wordt via de Delft3D resultaten bevestigd. De sedimentatievolumes van het DO nemen ten opzichte van het VKA af. Optimalisatie van DO t.o.v. het VKA is hiermee aangetoond.

5.5 Duurzaamheid als ontwerpaspect en afwegingscriterium

5.5.1 Inleiding

Een van de projectambities is het ontwerpen en bouwen met een zo laag mogelijke belasting voor mens en natuur. Binnen de Planuitwerkingsfase is duurzaamheid met de onderliggende indicatoren circulariteit en milieukosten als ontwerp- en beoordelingsaspect meegenomen in het ontwerpproces van het definitief ontwerp. Onderliggend paragrafen bieden inzicht in de wijze waarop duurzaamheid in de Planuitwerkingsfase is meegenomen in de totstandkoming van het DO en welke ontwerp vragen nog open staan voor het Uitvoeringsontwerp (UO).

⁹ Op oever 2 vergt de maatwerkoplossing circa 1500 m³ meer grondwerk waarbij krib 19 geherprofileerd wordt om de functionaliteit en beschikbaarheid van de vergunde laad- en losvoorziening te behouden en dicht bij de oever plaats te laten vinden. De vermeden derving van inkomsten verantwoorden de aanvullende realisatiekosten voor deze maatregel.

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	38/115

5.5.2 Duurzaamheid binnen ontwerploop 1

In ontwerploop 1 zijn de duurzaamheidskansen en afwegingen gemaakt die in lijn met de ontwerpopgaven van de deze ontwerploop van invloed zijn op het rivierkundige ontwerp. In een quick scan is onderzocht of geheel opnieuw opbouwen van kribben met vrijkomende materialen naast uitvoeringsvoordelen ook duurzaamheidsvoordelen heeft. Op basis van juridische, financiële en planningsrisico's is deze variant niet verder onderzocht.

In ontwerploop 1 zijn varianten met aanpassingen aan de oevers op waterstandsaling onderzocht. Deze varianten zijn ook beschouwd op vermeden milieukosten, uitgedrukt in de Milieukosten Indicator (MKI). Met de geselecteerde Voorkeursvariant (VKV) wordt circa 80.000 euro milieukosten vermeden ten opzichte van het Voorkeursalternatief. Dit is met name het gevolg van een reductie van de totale hoeveelheid grondverzet door het niet of driekwart verlagen van kribben én het niet verlagen van het smalle deel van oever 3, waardoor de voorziene (CO2-intensieve) blokkenmatten niet nodig zijn.

5.5.3 Duurzaamheid binnen ontwerploop 2

In ontwerploop 2 is, in lijn met de ontwerpopgave gekeken naar de duurzaamheidsaspecten van de waterbouwkundige constructies en potentie van vrijkomende grond. Onderzocht zijn:

- De toepassing van alternatieve filterconstructies voor kribben en oeververdediging;
- Verschillende varianten kribverlaging en subvarianten;
- Hergebruik van gebiedseigen grond.

Als filterconstructie zijn alternatieven op het traditionele geokunststof onderzocht: een robuust (dikker en sterker) geotextiel en een granulair filter. De financiële impact en vermeden milieukosten over de hele levensduur (inclusief beheer- en onderhoudsinpassingen) van de verschillende filterlagen zijn indicatief vastgesteld. Het granulair filter heeft afhankelijk van de oorsprong van het materiaal (hergebruik uit het werk of de afstand tot de groeve) de laagste milieukosten per vierkante meter. Het is volledig opgebouwd uit natuurlijke materialen, makkelijker te onderhouden en biedt de kans voor hergebruik (binnen het project) van vrijkomende materialen. In de separate memo Afweging filterconstructie met documentnummer PL341.MEM.00600 wordt nader ingegaan op het aspect duurzaamheid voor de filteropbouw.

Er zijn diverse ontwerpvarianten voor de kribben verkend. Voor de twee meest kansrijke varianten is een inschatting gedaan van de vermeden milieukosten en in hoeverre hergebruik van vrijkomende materialen in de kribben mogelijk is. De uitkomsten van deze analyse zijn meegenomen in de variantafweging en -keuze. Zie paragraaf 5.3.4.

Ook is op basis van de uitgevoerde grondonderzoeken in ontwerploop 2 onderzocht of vrijkomende grond hergebruikt kan worden binnen het ontwerp. Bijvoorbeeld het toepassen van vrijkomende klei in erosiebestendige of beperkende maatregelen en het hergebruiken van de toplaag of roofofgrond. Het verkennend milieukundig bodemonderzoek laat echter zien dat dat vrijwel alle vrijkomende grond inclusief de toplaag (PFAS-)verontreinigd is. De mogelijkheden tot hergebruik zijn vanwege de regelgeving daardoor beperkt. Zie voor een nadere onderbouwing van de milieu hygiënische kwaliteit van de vrijkomende grond paragraaf 8.8 van deze nota en de Rapportage Verkennend bodemonderzoek met documentnummer PL341.BRA.00660.

Wel wordt in het ontwerp gebruik gemaakt van de achterblijvende kleilagen die na afgraven aan het maaiveld komen te liggen. Indien voldoende dik (>0,5 meter) vormen deze een duurzaam alternatief op het ingraven van nieuwe klei-inkassingen voor erosiebestendige maatregelen. Paragraaf 6.3.4 gaat hier verder op in.

5.5.4 Duurzaamheid binnen ontwerploop 3

In ontwerploop 3 zijn beschouwd:

- De materialisatie van de kribkruin;
- Hergebruik van vrijkomende stortsteen;
- Duurzame alternatieven voor kribbakens.

In de integrale afweging van de toplaagbekleding en het al dan niet toepassen van zetsteen op de kribben zijn de milieukosten en de mogelijkheden voor hergebruik meegenomen. Deze afweging is toegelicht in paragraaf 6.3.5.

Stortsteen kan binnen het project zowel hoogwaardig hergebruikt worden in dezelfde functie of laagwaardig, door de stenen te breken en bijvoorbeeld als kleinere sortering toe te passen in het granulair filter. Hiervoor is voor de stikstofberekeningen inzicht verkregen in de wijze waarop hergebruik plaats kan vinden (fysieke handeling) en de impact daarvan op uitstoot en kosten. Een eerste inschatting op basis van ervaring op gelijksoortige werken is dat circa 80% van de vrijkomende stortsteen hergebruikt kan worden. Het onderzoek naar de opbouw, gradering en restlevensduur van de aanwezige waterbouwsteen vindt plaats in de UO-fase en dient om deze inschatting verder aan te scherpen. Hiervoor wordt het afgevoerd naar een centraal depot, gesorteerd en gereinigd alvorens het wordt hergebruikt. De kwaliteit van de vrijkomende stortsteen en zetsteen is bepalend voor de mate waarin hergebruik daadwerkelijk kan plaatsvinden. Het betreffende onderzoek hiervoor wordt uitgevoerd in ontwerploop 4 (UO-fase).

In de Planuitwerkingsfase is met een eerste verkenning onderzocht of duurzame alternatieven voor de kribbakens beschikbaar zijn. Uit deze verkenning blijkt dat deze alternatieven beschikbaar zijn maar dat de praktijkervaring beperkt is. Alternatieven dienen in afstemming met, en goedkeuring van, de desbetreffende beheersorganisatie opgesteld te worden. In de UO-fase (ontwerploop 4) wordt met de vaarwegbeheerder verder verkend of dergelijke alternatieven wenselijk zijn en of er draagvlak is deze als pilot toe te passen op het Pannerdensch Kanaal.

5.5.5 Doorkijk duurzaamheid ontwerploop 4

Omdat het voor duurzaamheid bepalende onderzoek naar de kwaliteit van de vrijkomende waterbouwsteen plaats vindt na het afronden van het Definitief Ontwerp en met het bevoegde gezag (ILT) nog geen afstemming heeft plaatsgevonden over het hergebruik van vrijkomende grond binnen het project, zijn de belangrijkste duurzaamheidskansen nog niet concreet uitgewerkt. Voor ontwerploop 4 zijn de onderstaande ontwerpopgaven actueel:

- Er wordt geadviseerd in ontwerploop 4 (UO-fase) alsnog in contact te komen met de bevoegde instantie ILT om hergebruik van verontreinigde klei binnen het project toe te staan. Hiermee kan op kosten en transportbewegingen bespaard worden. Nadeel is dat er meer inspanning nodig is voor het opsplitsen van partijen vrijkomende grond naar fysisch kwaliteit en meer depots benodigd zijn. Van nieuw te leveren klei zijn de specificaties buiten het project om georganiseerd;
- Stuur maximaal op hoogwaardig hergebruik van vrijkomende waterbouwsteen. Het flauwe talud van de oeverconstructies boven OLR +1,7m, de kribvakbekleding en de bekleding kribben met uitzondering van de kribkop en overgangsconstructie lenen zich voor hergebruik mits de fijne fractie beperkt is. Nadeel van hergebruik is het gebruik van meerdere depots en de interafhankelijkheid van materiaalstromen en materieel;
- Het granulaire filter onder de toplaag van krib, oeverconstructie en kribvakbekleding is een uitstekende toepassing van uit het werk vrijkomende kleine steen of brekermateriaal. Nadeel van hergebruik fijn materiaal dat een zeef- en/of brekerinstallatie benodigd is bij iedere set of gewerkt moet worden een centraal depot met alle transportbewegingen van dien;
- Uit het werk komt naar verwachting een veelvoud aan zetsteen vrij om de inspectiepaden mee te zetten. Gebruik ontwerploop 4 om een hoogwaardige toepassing voor deze zetsteen te vinden. Indien het projectbudget dit toelaat wordt geadviseerd om de inspectiepaden verder te verbreden waardoor de B&O inspanning en B&O kosten van de krib(kruin) verder afnemen. Nadeel van

hergebruik van zetsteen is de relatief hoge kosten van het plaatsen en de afhankelijkheid van voldoende lage waterstanden;

- Neem in ontwerploop 4 de gelegenheid om met de desbetreffende betrokkenen van vaarwegbeheer en markeringen de haalbaarheid en het draagvlak van alternatieve duurzame kribbakens te bespreken. Indien dit draagvlak dun blijkt, wordt geadviseerd deze duurzaamheidskans niet verder uit te werken.

6. Definitief ontwerp (DO) verlaagde oevers en kribvakken

6.1 Doelstelling verlaagde oevers

In dit hoofdstuk is het Voorkeursalternatief (VKA) oeverontwerp (zie figuur 1-1) voor de te verlagen oevers nader uitgewerkt tot Definitief Ontwerp. Het oeverontwerp omvat een beschrijving van de vijf te verlagen oevers (zie figuur 3-1) en specifieke aanpassingen ten aanzien van het vastgestelde ontwerp uit de Verkenningfase. De insteek van de verlaging ligt niet lager dan OLR +1,7m. Dit leidt tot een verlaging van het maaiveld van maximaal 3 meter.

In paragraaf 6.2 is per oever een beschrijving gegeven van het ontwerp, doorgevoerde optimalisaties en eventuele bijzonderheden. Paragraaf 6.3 beschrijft de oeverconstructie die bescherming biedt aan de gestrekte verlaagde oevers. In paragraaf 6.4 worden de overige erosiebestendige maatregelen op de oevers besproken en in paragraaf 7.5 komende maatregelen rond kribben en kribvakken aan bod. De maakbaarheid en uitvoerbaarheid van de oeververlaging en kribvakbekleding wordt separaat behandeld in hoofdstuk 11.

De technische tekeningen met documentnummer PL341.TEK.00622, 00623 en 00624 geven nader een beeld van de verlaagde oevers.

6.2 Oeverontwerp

6.2.1 Oever 1

Oever 1, heeft een oppervlak van 5,2 hectare en ligt langs de linkeroever van rkm 868,6 tot rkm 869,3. De oever is in beheer bij Staatsbosbeheer. De oever is ten opzichte van het VKA in oppervlakte gereduceerd met 1 hectare door de oever aan de benedenstroomse zijde in te korten en te stroomlijnen. Dit om enerzijds onwenselijke dwarsstromen in het kanaal te voorkomen en anderzijds de oever minder vatbaar te maken voor de vorming van ijssdammen. In totaal wordt een volume van circa 80.000 m³ ontgraven.



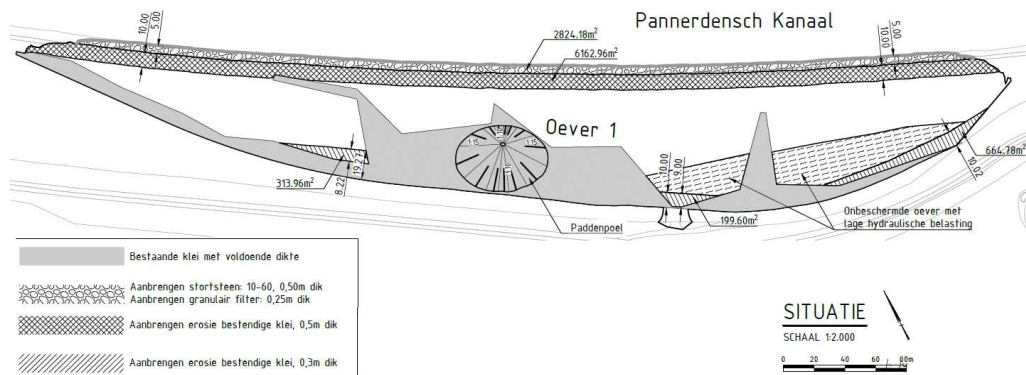
Figuur 6-1: Oever 1 is gestroomlijnd ten behoeve van dwarsstroming en ijsgang met de aanpassingen van VKA (rood) naar DO (groen).

Door de verlaging is de oever gevoelig voor erosie. Het vegetatiedek wordt verwijderd en de bovenste veelal kleiige deklaag is in dikte gereduceerd of geheel niet meer aanwezig waardoor zandlagen bloot

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	42/115

komen te liggen. Daarnaast zal de oever vaker inunderen en is de stroomsnelheid op de oevers als gevolg van de verlaging hoger dan in de huidige situatie. Om aantasting van de leikade door erosie te voorkomen wordt de kade door middel van een inkassing van erosiebestendige klei tot 30 meter uit de buitenteen beschermd. Het memo Analyse oever-, kribvak- en kriberosie met documentnummer PL341.MEM.00605 geeft een nadere onderbouwing op deze maatregel. Ook aan de rivierzijde wordt een inkassing van erosiebestendige klei gemaakt om erosie achter de harde oeverbescherming te voorkomen. Deze is 10 meter breed en heeft een minimale dikte van 0,5 meter. Zie hiervoor ook paragraaf 6.3.

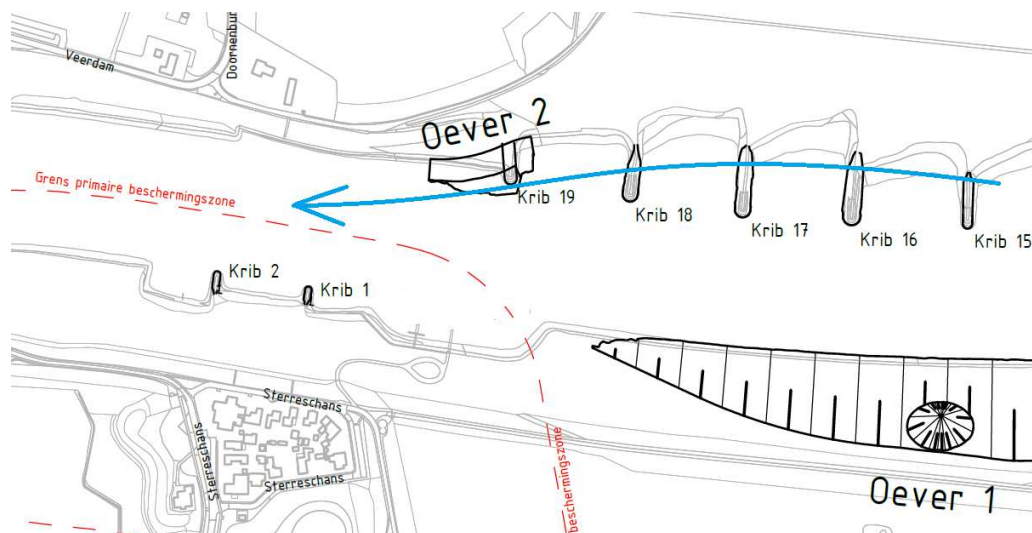
In het DO is naar wens van Staatsbosbeheer een paddenpoel voorzien om de oever aantrekkelijker te maken voor amfibieën. De poel heeft een diepte van circa 1 meter onder het verlaagde maaiveld met talud van 1:10 tot 1:15. De poel ligt in de klei. De poel is niet opgenomen in het rivierkundige onderzoek omdat deze klanteis niet bekend was ten tijde van de modellering. De hydraulische en morfologische effecten zijn niet gemodelleerd. Als alternatief is een aanvullend deskundigenoordeel uitgevoerd, opgenomen in het separate memo deskundigen oordeel Paddenpoel oever 1 met documentnummer PL341.MEM.00603. Hierin wordt het effect op de taakstelling en morfologie als niet significant aangemerkt. Gegeven de beperkte schaal van de ingreep en het feit dat deze geïsoleerd en relatief hoog op de oever is voorzien, is het deskundigenoordeel dat de rivierkundige effecten van de paddenpoel verwaarloosbaar zullen zijn. Onderstaande figuur geeft het DO van oever 1 en de locatie van de poel weer. De opbouw van oeverconstructie is nader toegelicht in paragraaf 6.3. De overige erosiebestendige maatregelen zijn toegelicht in paragraaf 6.4.



Figuur 6-2: Locatie paddenpoel ingetekend op de kaart met erosiebestendige maatregelen

6.2.2 Oever 2 en krib 19

Oever 2, is gelegen op de rechteroever van rkm 869,4 tot rkm 869,5 en heeft een lengte van circa 90 meter. De ingreep aan de oever wordt integraal beschouwd met de verlaging van krib 19. De ingreep op deze locatie heeft tot doel de extra stroming over de kribben 13 t/m 18 op een geleidelijke wijze terug de hoofdgeul in te sturen zodat dit niet tot onwenselijke dwarsstroming leidt.



Figuur 6-3: situatie oever 2 – geleiding van stroming over kribben 13 t/m 18 terug naar de hoofdgeul

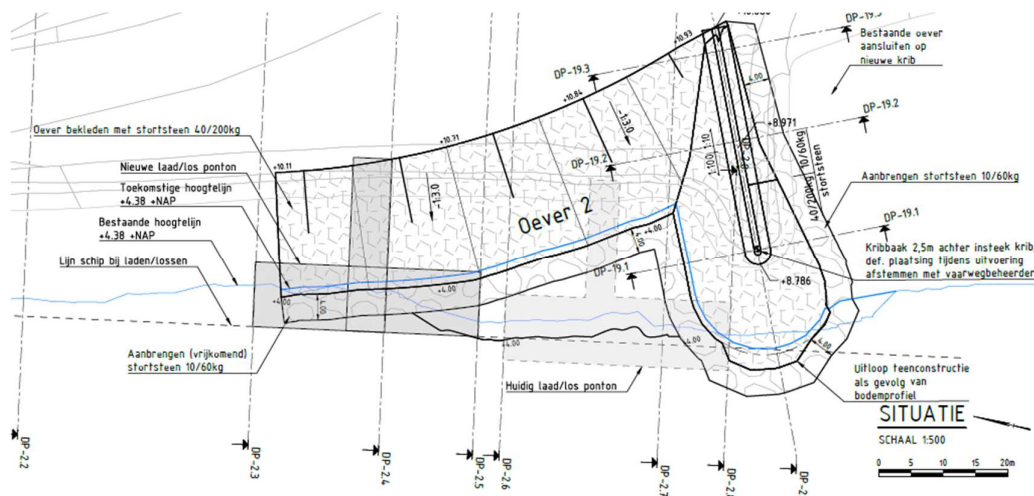
Zonder een aanpassing van oever 2 treedt bij afvoeren boven de 2100 m³/s bij Lobith een ongewenste toename van de dwarsstroming op ten opzichte van de referentiesituatie. Echter, oever 2 wordt in de huidige situatie gebruikt als laad- en loslocatie. De exploitant heeft hiervoor een wbr vergunning zonder einddatum. Verlagen van de oever volgens het VKA leidt daarmee tot een afname van de beschikbaarheid en functionaliteit van de laad-/loslocatie.

Omdat de huidige invulling van de laad- en loslocatie met het ponton nabij de vaargeul door de adviseur scheepvaart van RWS ON als onwenselijk wordt ervaren vanuit scheepvaartveiligheid, is een maatwerkoplossing voor deze oever ontwikkeld waarmee bovenstaande issues worden verbeterd.

In overleg met de exploitant, de vaarwegbeheerder en de adviseurs scheepvaart en morfologie van Rijkswaterstaat is een oplossingsrichting opgesteld die invulling geeft aan:

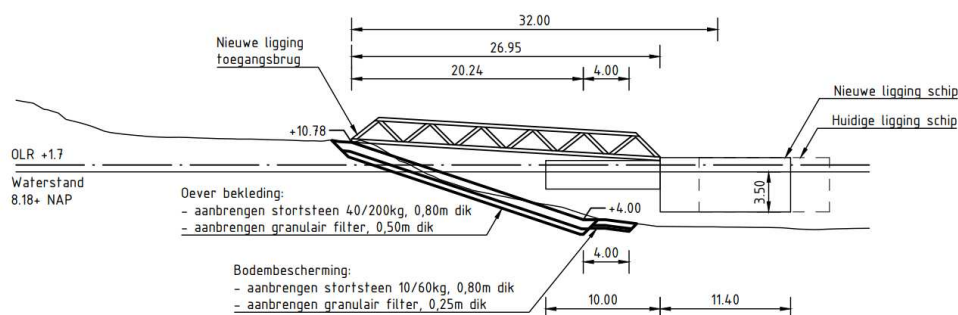
- Het functioneel houden met gelijke inundatiefrequentie van een laad- en losvoorziening;
- Het beperken van dwarsstromingen tot onder de norm of gelijk aan de referentiesituatie;
- Het stroomlijnen van de oever ter bevordering van de afvoer van ijs;
- Het verleggen van het ponton richting de rechteroever (meer ruimte op de vaarweg).

De maatregel voorziet in het landwaarts verleggen van de oever langs een vloeiende lijn. De oever landwaarts van de ingreep blijft gehandhaafd op het huidige maaiveldniveau. De inundatiefrequentie van de resterende oever blijft daarmee gelijk aan de huidige situatie. De teruglegging sluit vloeiend aan op de benedenstroomse oever en bovenstrooms op de kribwortel van krib 19. Hiermee wordt het water dat over de kribben stroomt geleidelijk teruggeleid richting de hoofdgeul. In totaal wordt circa 2900 m³ ontgraven.



Figuur 6-4: bovenaanzicht maatwerk oplossing oever 2 en kirb 19.

De teruglegging reikt tot aan de waterbodem zodat voldoende diepgang ontstaat voor het ponton en verhalende schepen. De diepgang ter hoogte van krib 19 is bepalend voor de mate waarin het ponton teruggelegd kan worden uit de vaargeul. Daarbij dient het lossend schip tijdens het verhalen de nodige kielspeling te behouden. In afstemming met de exploitant is de minimale diepgang langs het ponton bepaald. Hiervoor is het handvat gebruikt dat tot een afvoer met een corresponderende waterstand NAP +8,18m bij oever 2 volledige diepgang beschikbaar is op en naar het Pannerdensch Kanaal. Bij lagere afvoeren wordt met gereduceerde lading gevaren. Met 3,5 meter diepgang en een kielspeling van 0,5 meter, dient het bodemniveau langs het ponton op tenminste NAP +4,18m te liggen. Als uitgangspunt voor het ontwerp is tenminste NAP +4,0m of OLR -3,1m gehanteerd in verband met uitvoeringstoleranties. Onderstaande figuur 6-5 toont de dwarsdoorsnede bij de laagste waterstand waarbij schepen volledig geladen het Pannerdensch Kanaal op kunnen varen.



Figuur 6-5: Dwarsdoorsnede ter hoogte van het ponton

Om de diepgang te realiseren voor het ponton en verhalend schip die nodig is om verder uit de vaargeul te liggen, is een versmalling van de basis van krib 19 noodzakelijk. Daarvoor wordt krib 19 geherprofileerd met een kruinbreedte van circa 4,0 meter. De krib wordt voorzien van een nieuwe toplaag. De kribkop wordt in 40-200 kg uitgevoerd omdat deze frequent belast wordt door boegschroefstralen. In de separate memo Hydraulische belasting en toplagen op kribben met documentnummer PL341.MEM.00614 wordt deze sortering afgeleid.

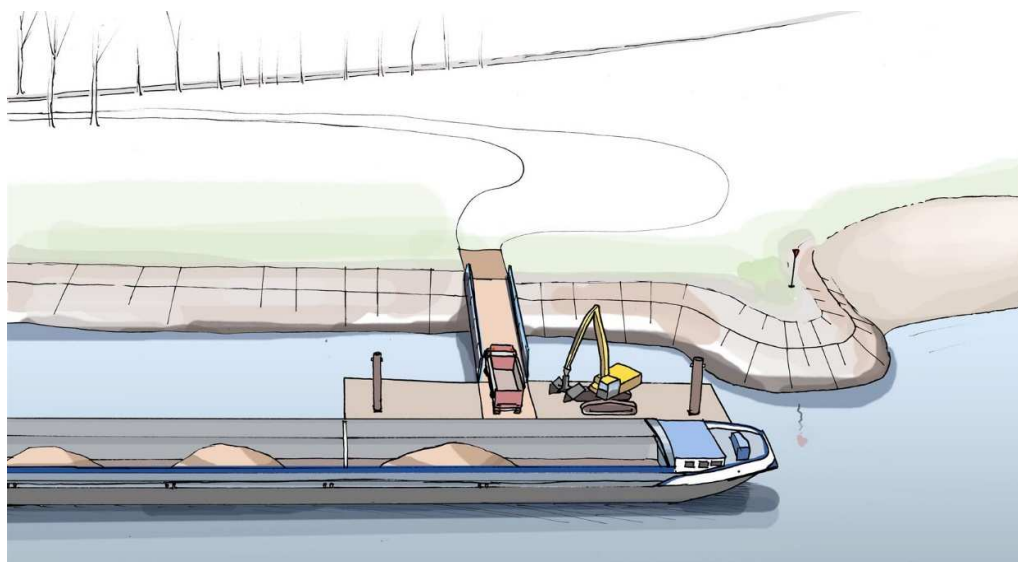
Er wordt een granulaire filter toegepast onder de toplaag. Deze filterconstructie is circulair en heeft de laagste realisatieprijs. Deze afweging is nader onderbouwd in de separate memo afweging filterconstructie met documentnummer PL341.MEM.600. De sortering van het granulaire filter is bepaald in de separate memo filterlagen onder zetsteen en waterbouwsteen met documentnummer PL341.MEM.00616. Er wordt een filterlaag 90/250 mm met een dikte van 0,5 meter toegepast.

De teruggelegde oever wordt tot aan de insteek met het bestaande maaiveld (circa NAP +10,7m of OLR + 3,6m) voorzien van harde bekleding. Deze bekleding wordt belast door stroming, windgolven, scheepsgolven en schroefstralen. De hydraulische belasting is bepaald in de separate memo Hydraulische belasting en toplagen op oevers en kribvakken met documentnummer PL341.MEM.00615. In tegenstelling tot de oevers 1, 3, 4 en 5 en de kribvakken, is de schroefstraalbelasting bij oever 2 een frequent voorkomende belasting (zie paragraaf 6.3.2, hydraulische belastingen gestrekte oevers). Voor oever 2 is schroefstraalbelasting daarmee bepalend voor de toe te passen sortering waterbouwsteen. De benodigde sortering van de toplaag van oever 2 is 40-200 kg¹⁰. Hier wordt eveneens een filter 90/250 mm toegepast met een dikte van 0,5 meter.

De oever wordt voorzien van teenconstructie van 4 meter. Deze wordt uitgevoerd in 10-60 kg met bijhorend filter en voorkomt erosie direct aan de teen van de oever.

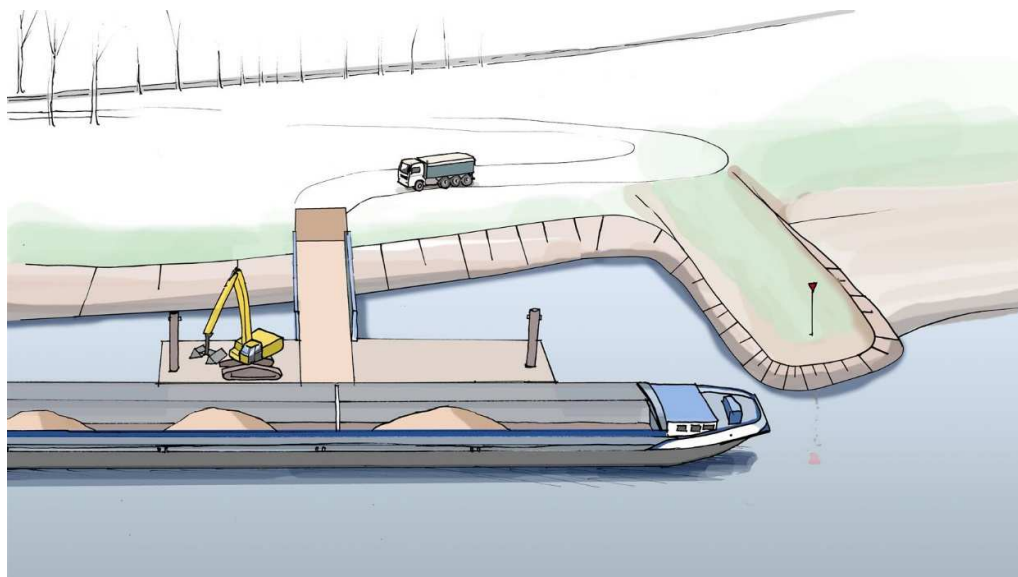
Onderstaande figuren geven een impressie van de huidige situatie en de situatie na terugleggen van de oeverlijn van oever 2.

Op tekening 3010 met documentnummer PL341.TEK.00629 zijn oever 2 en krib 19 uitgewerkt. Op tekening 3012 met documentnummer PL341.TEK.00631 zijn de rijcurves op oever 2 voor laden en lossen ingetekend.



Figuur 6-6: Huidige inrichting oever 2 met laad- en losvoorziening

¹⁰ Rekenkundig is ook de sortering 60-300 kg nog te verantwoorden. Echter in praktijk wordt deze sortering nauwelijks toegepast in de rivierwaterbouw.



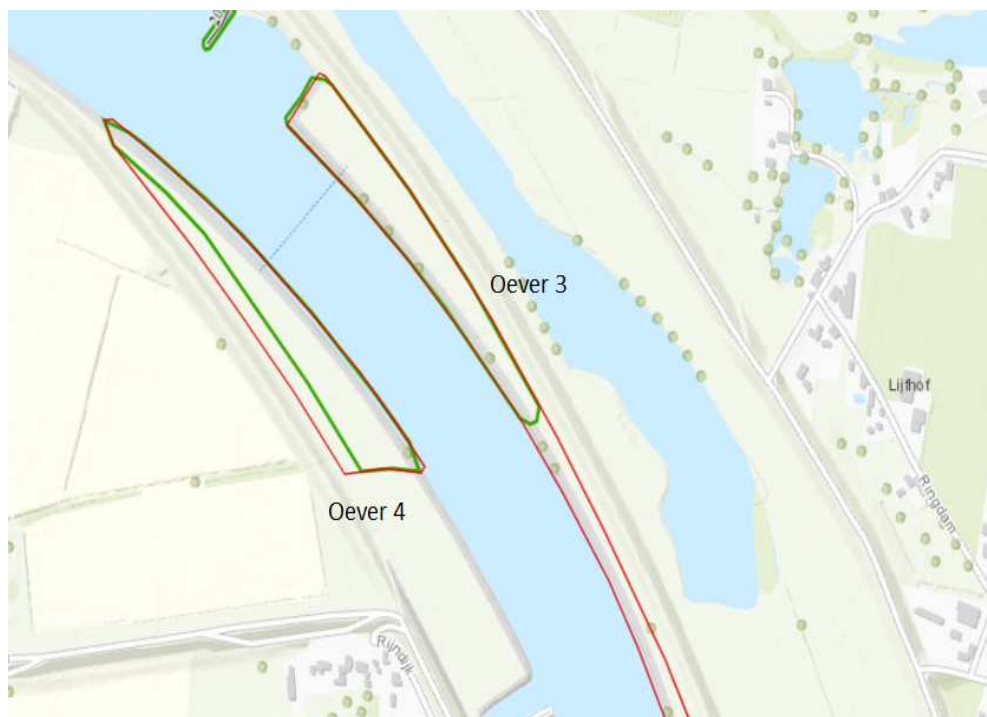
Figuur 6-7: Impressie van maatwerk inrichting oever 2 met laad- en losvoorziening

De ingreep vraagt om aanvullend grondverzet van circa 1300 m³ ten opzichte van het VKA (1300 m³). In totaal circa 2600 m³. Zie ook tekeningen met documentnummers PL341.TEK.00623 en tekening 00624.

6.2.3 Oever 3

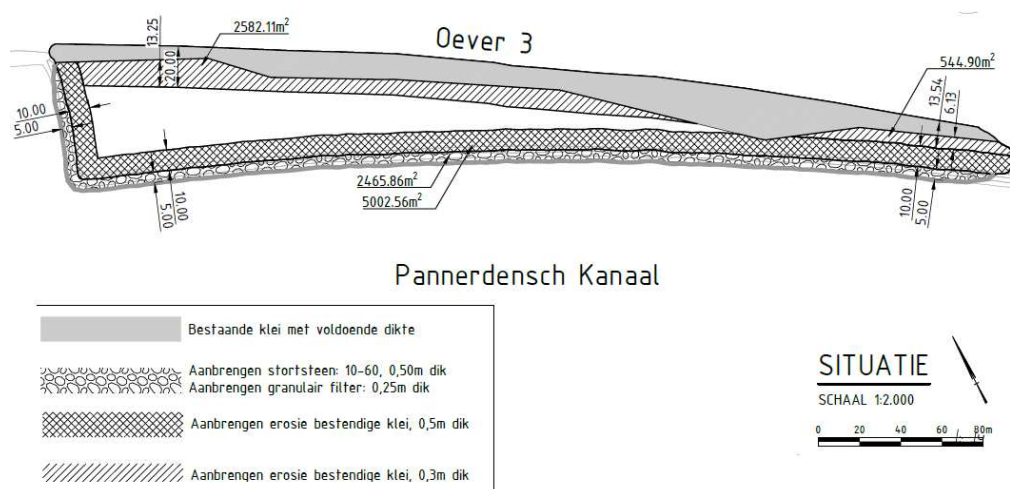
Oever 3 ligt op de rechteroever, rkm 870,7 tot rkm 871,1 en heeft een totale lengte van 436 meter. Deze oever ligt langs de rechter leikade. De afstand van de insteek van de verlaging tot de leikade is tenminste 10 meter. De oever stroomt uit in het kribvak tussen oever 3 en krib 20. De oever is ten opzichte van het VKA met circa 400 meter ingekort. Daarmee komt een smalle en relatief steile oever niet in het DO en is het risico op oevererosie en instabiliteit van leikade gereduceerd. Met deze optimalisatie wordt circa 6500 m³ aan grondverzet vermeden en wordt ruim 1,0 ha oever niet langer verlaagd. Er resteert circa 29.000 m³ aan ontgraving. Daarmee valt eveneens circa 80% van het NGE verdachte gebied op oever 3 buiten de werkgrenzen. Hierdoor kan het benaderen van circa 80 verdachte NGE-objecten komen te vervallen.

Wel worden bomen en struweel op dit niet te verlagen deel van de oever gekapt en dient het niet verlaagde deel van de oever beheerd te worden zoals het verlaagde deel; nabij de gestrekte oever wordt de vegetatie beheerd als klasse gras en akker. Riet en ruigte mag hoger op de oever ontwikkelen, nabij de leikade. Dit is noodzakelijk om de taakstelling te behalen. Onderstaande figuur toont de contouren van DO oever 3 en 4 en mutaties ten opzichte van het VKA. In de separate bijlage Vegetatiekaart met documentnummer PL341.ECO.00671 zijn de interventiewaardes voor beheer en onderhoud opgenomen.



Figuur 6-8: Oever 3 en 4 met de aanpassingen van VKA (rood) naar DO (groen)

Onderstaande figuur geeft de DO-maatregelen op oever 3 weer. De opbouw van de oeverconstructie is nader toegelicht in paragraaf 6.3. De overige erosiebestendige maatregelen zijn toegelicht in paragraaf 6.4. Zie ook tekeningen met documentnummers PL341.TEK.00623 en 00624.



Figuur 6-9: DO maatregelen op oever 3

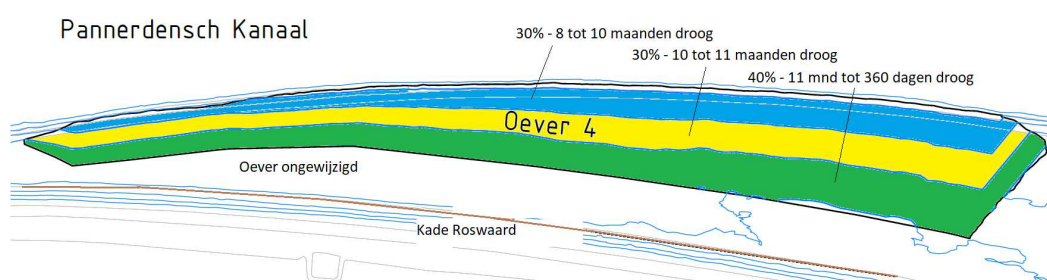
6.2.4 Oever 4

Oever 4 ligt op de linkeroever en loopt van rkm 870,6 tot rkm 871,2. De totale lengte bedraagt 542 meter. Deze oever is als enige oever in particulier eigendom. De oever wordt gebruikt als weiland om paarden te weiden, voor de productie van hooi en om mest uit te rijden. Om de afname van de functionaliteit van de akker te beperken is de voorgenomen verlaging van oever 4 uit het VKA versmald met circa 20 meter. Aan de bovenstroomse zijde is de afstand tot de leikade hierdoor 30 meter. Zodoende blijft ruim 0,8 hectare extra akkergrond onaangetast. En wordt circa 28.000 m³

afgegraven in plaats van 37.000 m³. De verlaagde oever wordt voorzien van een nieuwe rooflaag zodat deze weer inzetbaar is als productiegrasland.

In de huidige situatie staat de gehele oever jaarlijks gemiddeld 8 maanden geheel droog. De waterstand ligt dan rond of onder de steenbekleding. Ruim 90% van de oever staat in de huidige situatie gemiddeld 350 dagen per jaar droog. Gemiddeld staat de hele oever 5 dagen per jaar geheel onder water.

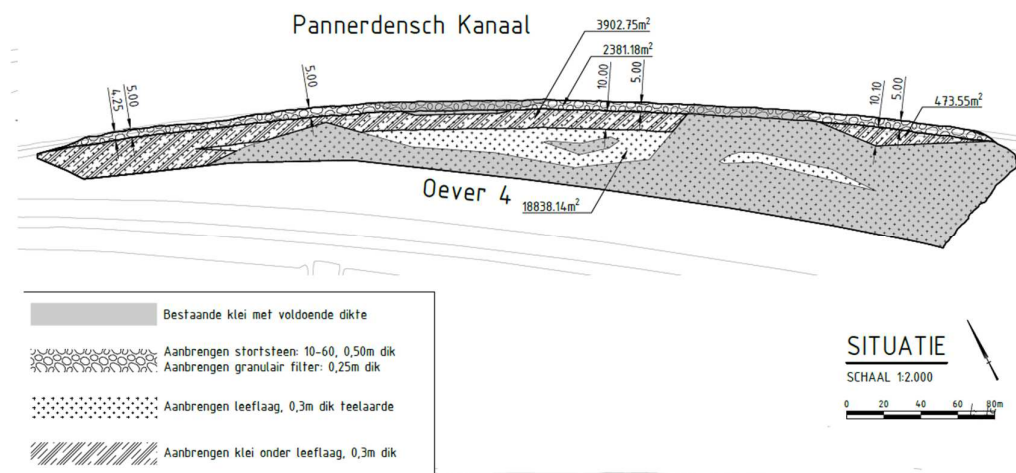
In de nieuwe situatie staat oever 4 jaarlijks gemiddeld 8 maanden geheel droog (waterstand lager dan OLR +1,7 m). 30% van het oppervlak van de verlaagde oever staat tussen 8 en 10 maanden droog en 30% van het oppervlak van de verlaagde oever staat tussen de 10 en 11 maanden droog. De resterende 40% van de verlaagde oever staat tussen de 11 maanden en 360 dagen van het jaar droog. Gemiddeld staat de hele oever 5 dagen per jaar geheel onder water. Onderstaande figuur geeft het inundatiebeeld van oever 4 weer.



Figuur 6-10: Verwachte inundatiefrequentie verlaagde oever 4 op basis van waterstandsstatistieken

Door de verlaging is de oever gevoelig voor erosie. Het vegetatiedek is verwijderd en de bovenste veelal kleiige deklaag is in dikte gereduceerd of geheel verwijderd waardoor zandige, erosiegevoelige lagen bloot komen te liggen. Daarnaast zal de oever vaker inunderen en is de stroomsnelheid op de oevers als gevolg van de verlaging hoger dan in de huidige situatie. Om aantasting van de kade Roswaard door erosie te voorkomen wordt de kade door middel van een inkassing van erosiebestendige klei tot 30 meter uit de buitenteen beschermd. Het memo oever-, kribvak en kribersie met documentnummer PL341.MEM.00605 geeft een nadere onderbouwing op deze maatregel. Ook aan de rivierzijde wordt een inkassing van 10 meter breed en 0,5 meter dik erosiebestendige klei klasse 2 gemaakt om erosie achter de harde oeverbescherming te voorkomen. Zie hiervoor ook paragraaf 6.3.

De gehele oever wordt, om de agrarische bedrijfsvoering te kunnen behouden, bovenop de klei-inkassing voorzien van een nieuwe rooflaag van 0,30 meter dik. In de huidige situatie is de deklaag in de benedenstroomse kant van de oever, nabij de leikade vrijwel niet bestaand. Als gevolg van de inkassing en het aanbrengen van een rooflaag, neemt de weerstand tegen kwel en piping toe ten opzichte van de huidige situatie. Zie ook de effectstudie naar de standzekerheid van de leikades in paragraaf 8.2.

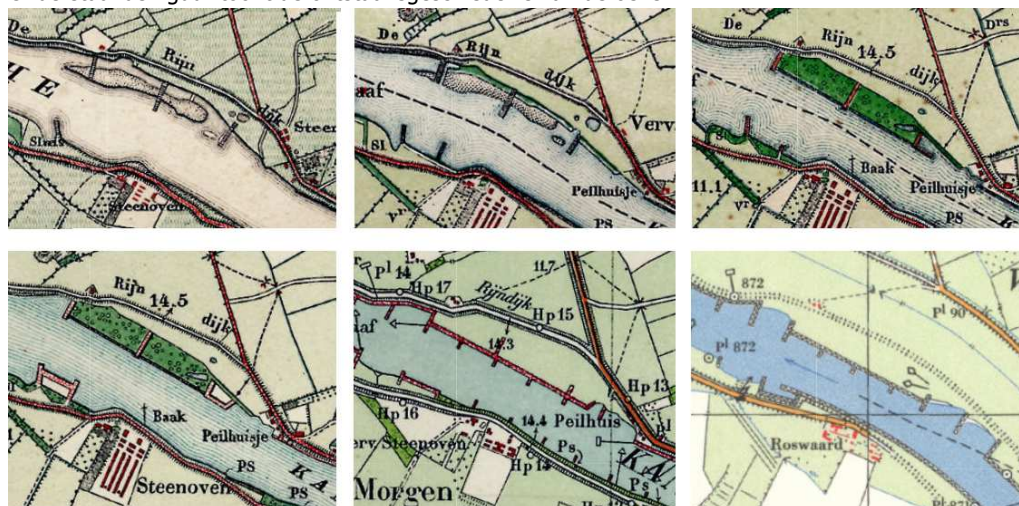


Figuur 6-11: DO maatregelen op oever 4

6.2.5 Oever 5

Oever 5 ligt aan de rechteroever en loop van rkm 871,3 tot rkm 871,8. De oever heeft een totale lengte 545 meter. Deze oever bestaat uit een viertal verlande / opgevlude kribvakken tussen krib 21 en 25.

Onderstaande figuur toont de ontstaansgeschiedenis van de oever.



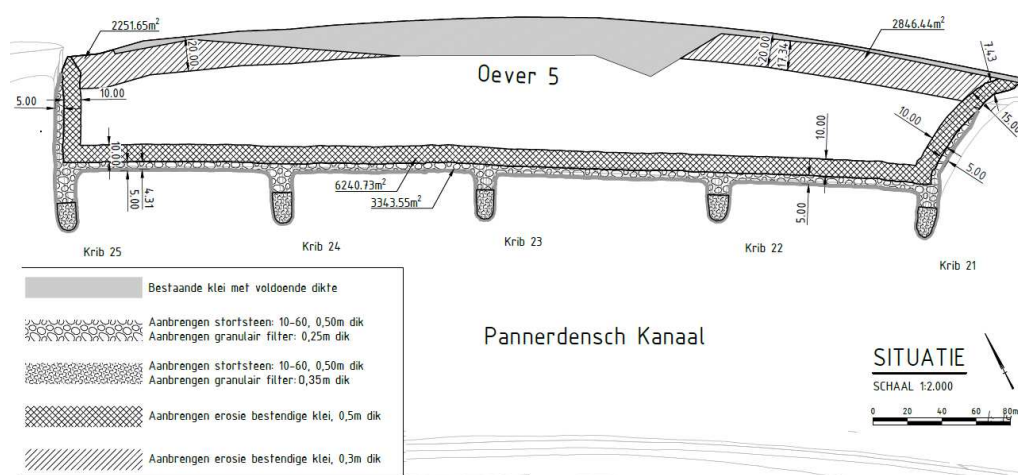
Figuur 6-12: ontwikkeling oever 5 en kribben 21 t/m 25 (circa 1780, 1820, 1890, 1930, 1950, 1990)

De oever en kribben worden integraal verlaagd waarbij circa 63.000 m³ ontgraven wordt. Na verlaging stroomt water over de oever heen. Het water wordt niet tussentijds teruggeleid naar de hoofdgeul waardoor het aansluitende kribvak 25 – 26 aanmerkelijk hogere stroomsnelheden (tot 0,45 m/s) wordt blootgesteld. Dit kribvak, wat nu onverdedigd is, wordt voorzien van steenbekleding om erosie richting de leikade te voorkomen.

Ten opzichte van het VKA is het ontwerp ruimtelijk beperkt gewijzigd. Enkele steile aansluitingen op het omliggende maaiveld zijn verflauwd naar 1:10. Om aantasting van de leikade door erosie te voorkomen wordt de kade door middel van een inkassing van erosiebestendige klei tot 30 meter uit de buitenteen beschermd. De opbouw van oeverconstructie is nader toegelicht in paragraaf 6.3. De overige erosiebestendige maatregelen zijn toegelicht in paragraaf 6.4. Zie ook tekeningen met documentnummers PL341.TEK.00623 en 00624.



Figuur 6-13: Oever 5 (krib 21 t/m 25) is omwille van vloeiende overgangen aan weerszijden verflauwd met de aanpassingen van VKA (rood) naar DO (groen). Contouren zijn beperkt gewijzigd. Kribben verlaagd zowel in VKA als DO.



Figuur 6-14: DO-maatregelen op oever 5

6.3 Oeverbescherming gestrekte oevers

6.3.1 Algemeen

Deze paragraaf omschrijft de totstandkoming van het ontwerp van de oeverbescherming van circa 2300 meter 'gestrekte oevers' langs het Pannerdensch Kanaal. Het ontwerp heeft betrekking op de verdediging van te verlagen oevers 1, 3, 4 en 5. Oever 2 is separaat behandeld in paragraaf 6.2.2 omdat deze oever zowel in functie, vorm als in hydraulische belastingen afwijkt. Een uitgebreide beschrijving van het ontwerp is opgenomen in het memo ontwerp oeverconstructie gestrekte oevers met documentnummer PL341.MEM.00606. Met het verlagen van de oevers verdwijnt ook een deel van de huidige verdediging van de oever. Oevererosie langs de vaargeul is ongewenst en ook de aantasting van de direct achtergelegen oever is ongewenst. Uitschuring kan immers leiden tot grootschalige instabiliteit van de oeververdediging, aantasting van achtergelegen objecten en ongewenste sedimentatie in de vaargeul. Om aantasting van de verlaagde oevers langs de vaargeul te

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	51/115

voorkomen wordt daarom een aanvullende oeverbescherming aangebracht vanaf de insteek OLR +1,7m. Deze sluit aan op de reeds aanwezige bekleding van de gestrekte oevers.



Figuur 6-15: Overzicht te verlagen oevers (groen) en verdedigde gestrekte oevers (rood)

6.3.2 Hydraulische belasting

De gestrekte oevers worden belast door windgolven, scheepsgolven, retourstroming en natuurlijke stroming. Zeer incidenteel kunnen de oevers lokaal door de hoofd- of boegschroefstralen belast worden. Bijvoorbeeld in het geval van een uitwijkmanoeuvre. De maatgevende belastingcombinaties zijn in detail uitgewerkt conform de ROW in de separate memo hydraulische belastingen en toplagen oevers en kribvakken met documentnummer PL341.MEM.00615. De belastingen zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 6-1: hydraulische randvoorwaarden op kribkop en gestrekte oevers	
Type	Waarde
Stroomsnelheid (retour)stroming	$U = 2 \text{ m/s}$
Golfhoogte windgolven	$H_s = 0,5 \text{ m} / T_m = 2 \text{ s}$
Golfhoogte haalgolven schepen	$Z_{max} = 0,7 \text{ m}$
Golfhoogte secundaire scheepsgolven	$H_l = 0,7 \text{ m}$
Stroomsnelheid a.g.v. schroefstralen	$U_p' = 2 \text{ m/s}$

Uit PL341.MEM.00615 volgt dat de primaire scheepsgolf (op randen en knikpunten) en de schroefstraalbelasting maatgevend zijn voor de benodigde sortering waterbouwsteen. Daarbij is de primaire scheepsgolf een dagelijks voorkomende belasting terwijl de schroefstraalbelasting een zeer uitzonderlijke situatie is.

6.3.3 Benodigde sortering waterbouwsteen

De benodigde sortering is bepaald conform de stappen van de ROW in de bovengenoemde memo met documentnummer PL341.MEM.00615. Er wordt geen zetsteen op de verlaagde oevers toegepast

omdat het (her)plaatsen van (vrijkomende) zetsteen 1) significant hogere bouwkosten met zich meebrengt, 2) een aanzienlijk langere realisatietijd kent en 3) een extra ongewenste afhankelijkheid van lage waterstanden introduceert. Voor de gestrekte oevers gelden de volgende van het uitgangspunten:

- De taluds van de gestrekte oevers zijn 1:10 of flauwer (vanuit het geldigheidsbereik van de rekenmethode van 'Van der Meer' is gerekend met een talud van 1:6);
- Op de knikpunten tussen oude oever en verlaagde oever (overgang van 1:3 naar 1:10 taluds) is een reductiefactor op de inklemming van toepassing en verwerkt in het DO. Hier wordt gerekend met 1:3;
- De reductiefactor voor verminderde inklemming wordt in het DO verder niet toegepast op maatwerkklocaties binnen de oevers; op overgangen, scherpe hoeken en bochten waar stenen losser liggen. Deze zwakkere punten worden in het UO nader gedetailleerd. Voor het voorliggende ontwerp gestrekte oevers is de reductiefactor op de sterkte met f_{kop} (zoals bij de kribkoppen) niet toegepast.

In tabel 3 zijn de minimaal toe te passen sorteringen opgenomen.

Tabel 6-2: hydraulische belasting en minimaal toe te passen sortering			
Type	Waarde	huidig talud (1:3)	verflauwd talud (1:10, rekenwaarde 1:6)
Stroomsnelheid (retour)stroming	$U = 2 \text{ m/s}$	5-40 kg	5-40 kg
Golfhoogte windgolven	$H_s = 0,5 \text{ m} / T_m = 2 \text{ s}$	5-40 kg	5-40 kg
Golfhoogte haalgolven schepen	$Z_{max} = 0,7 \text{ m}$	5-40 kg (10-60 kg) *	5-40 kg (10-60 kg) **
Golfhoogte secundaire scheepsgolven	$H_i = 0,7 \text{ m}$	5-40 kg (10-60 kg) *	5-40 kg (10-60 kg) **
Stroomsnelheid a.g.v. schroefstralen	$U_p' = 2 \text{ m/s}$	(40-200 kg) ***	(40-200 kg) **

*) 5-40 voldoet niet op knikpunten en randen waar stenen losser liggen

**) 5-40 voldoet niet op knikpunten. Boven OLR +1,7m geen knikpunten in het ontwerp

***) theoretisch benodigd als een schip dichtbij de gestrekte oever een manoeuvre moet uithalen, waarbij de snelheid van het schip lager is dan 1 m/s (hetgeen een zeer uitzonderlijke situatie is op een doorgaande vaarweg); advies: sortering 10-60 kg

De kans is relatief klein dat een schipper een dusdanige manoeuvre moet maken dat de gestrekte oevers worden belast met stroomsnelheden als gevolg van het inzetten van van een hoog vermogen van de (boeg)schroef. Een dergelijke situatie zou zich bijvoorbeeld kunnen voordoen wanneer er uitgeweken dient te worden nabij de veerpont of voor recreatievaartuigen en kano's. In de praktijk komt deze situatie weinig voor en slechts zelden leidt dit tot schade. In afstemming met de beheerder is daarom gekozen om het optreden van belasting door schroefstralen als een calamiteit te beschouwen en eventuele schade als schadevaring te behandelen. De (boeg)schroefstraalbelasting wordt dus niet meegenomen in het dimensionering van de toplaag.

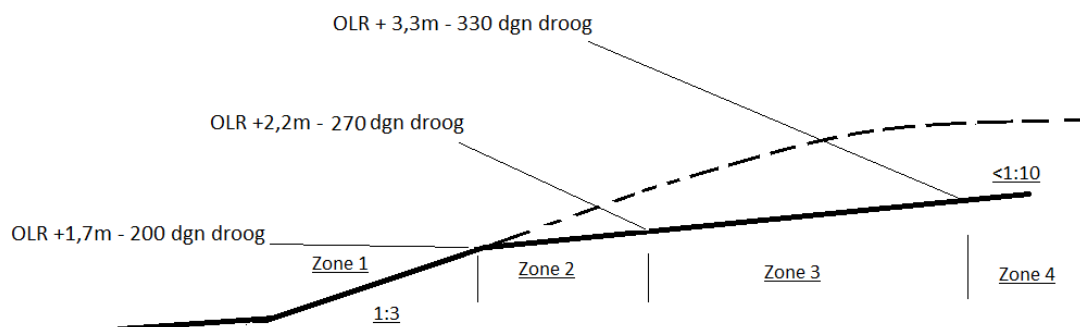
6.3.4 Opbouw van de oeverconstructie

Direct achter de insteek wordt de verlaagde oever onder dagelijkse omstandigheden belast door stroming, wind- en scheepsgolven. De nieuwe bekleding wordt niet opgetrokken tot het huidige niveau (OLR +3,7m) of circa NAP 10,8m. Dit is niet noodzakelijk omdat het primaire doel van de oeverconstructie is de oever stabiel te houden en niet erosie op de hogere delen van de oever volledig

uit te sluiten. In de separate memo Ontwerp oeverconstructie gestrekte oever met documentnummer PL341.MEM.00606 wordt het ontwerp volledig toegelicht.

Voor de vormgeven van de oeverbescherming worden vier zones beschouwd:

1. De bestaande beklede oever (1:3) onder de insteek op OLR +1,7m. Reeds bekleed met waterbouwsteen. Op dit niveau wijzigt de oever niet door de ingreep van KOP;
2. Aansluitend op de bestaande bekleding. De aansluiting op en overgang naar het 1:10 talud, van OLR +1,7m tot OLR +2,2m. Deze zone wordt frequent belast door scheepsgolven en staat gemiddeld 200 tot 270 dagen droog. Als gevolg van de hoge inundatiefrequentie en golfbelasting zal zich in deze zone nauwelijks vegetatie ontwikkelen. Deze zone wordt voorzien van harde bekleding;
3. Zone 3 van OLR +2,2m tot circa OLR+3,2m. Het talud is flauwer dan 1:10. Deze zone is minder dan 3 maanden per jaar nat waardoor zich naast pioniersvegetatie waarschijnlijk binnen 1 a 2 groeiseizoenen ook een grasmat kan ontwikkelen die bijdraagt aan de erosiebestendigheid (expert judgement ecoloog ON). Benodigde zaadmengsel wordt afgestemd met de beheerder;
4. Zone 4 boven OLR +3,2m met een flauw talud. Deze zone is minder dan 1 maand per jaar nat waardoor vegetatie vrijwel onbelemmerd groeit en zich naar verwachting van de ecologisch expert ON binnen een groeiseizoen een erosiebestendig vegetatiedek kan ontwikkelen.



Figuur 6-16: Zonering van de oever

Zone 2 wordt frequent belast door scheepsgolven en de hier optredende stroomsnelheden zijn hoog. In deze zone ontwikkelt zich ook geen erosiebestendige vegetatiemat indien hier klei zou worden toegepast. Niet doorwortelde klei is in deze zone geen toereikend oplossing. Zone 2 wordt daarom bekleed met waterbouwsteen.

In zone 3 is de belasting door scheepsgolven aanzienlijk lager omdat deze zone verder van de vaargeul af ligt en golven reeds uitdempen of breken als ze over de gestorte zone 2 lopen. Een erosiebestendig kleidek is in deze zone geschikt om erosie te voorkomen dan wel te remmen zodat de harde bekleding in zone 2 niet wordt ondermijnd. Verder doortrekken van de harde oeverbekleding wordt door de experts als een kostbare en onnodige maatregel gezien.

Zone 4 behoeft geen behandeling ten aanzien van de stabiliteit van de gestrekte oevers.

6.3.5 Sortering harde bekleding tot circa OLR +2,2m (zone 2)

Vanuit kosteneffectiviteit en duurzaamheid wordt geadviseerd de bestaande en aanwezige bekleding (sortering 10-60 kg) die vrijkomt bij het afgraven te hergebruiken als oeverconstructie. De reeds aanwezige strook stortsteen boven OLR +1,7m heeft een breedte van 5 tot 7 meter en bevat op basis van luchtfoto's en de ontwerp-tekening uit de nota bochtafsnijding Pannerdensch Kanaal (1949) voldoende materiaal om over een breedte van 5 meter het flauwere talud van de oever tot niveau OLR +2,2 m te verdedigen. In Loop 4 (UO-fase) wordt nader onderzocht of de aanwezige bekleding voldoet qua gradering, restlevensduur en milieu hygiënische voorwaarden voor hergebruik.

Omdat op de verdedigde oevers met een talud van 1:3 (onder het niveau OLR +1,7m) wel sortering 10-60 kg gewenst is als bekleding, wordt geadviseerd ook op de flauwe taluds zoveel mogelijk de sortering 10-60 kg toe te passen. Dit maakt onderlinge uitwisseling tussen 1:3 en flauwere taluds eenvoudig, bijvoorbeeld bij onderhoud, herstel en overlagen. Indien onvoldoende waterbouwsteen vrijkomt bij uit het werk, dient daarom 10-60 kg geleverd te worden waarbij de laagdikte 2 x Dn50 (0,5 meter) toegepast dient te worden.

De voorgestelde bekleding kan beschadigd raken door een direct gerichte boegschroefstraal. Echter omdat boegschroefstraalbelasting alleen in uitzonderlijke gevallen plaatsvindt en dan alleen lokaal schade aanricht, is in overleg met de beheerder, gekozen de gestrekte oevers niet te ontwerpen op de boegschroefstraalbelasting. Eventuele schade door Schroefstralen wordt als vaarschade behandeld en achteraf hersteld.

6.3.6 Toe te passen filterlaag onder toplaag (zone 2) en aansluiting

Conform de memo 'Afweging filterconstructie' met documentnummer PL341.MEM.00600 wordt ook op de nieuwe gestrekte oevers een granulair filter toegepast. De toe te passen filterlaag is bepaald in de memo filterlagen onder zetsteen en waterbouwsteen met documentnummer PL341.MEM.616. Dit memo is ook van toepassing op de gestrekte oevers. Het filter bestaat uit een granulaire laag 45/125 mm een dikte van 0,25m behorende bij toplaag 10-60 kg.

Bijzondere aandacht dient uit te gaan naar de aansluiting nieuwe op oude bekleding. Hiervoor wordt een universele aansluiting toegepast die ongeacht de opbouw van de lagere bestaande bekleding tot een functionele aansluiting leidt. In het projectgebied lijken namelijk meerdere oeverconstructies voor te komen (zinkstuk/granulair filter/rijshout en geotextiel).

De aansluiting wordt gemaakt door een kofferconstructie met filtermateriaal toe te passen ter hoogte van de overgang oud op nieuw. De kofferconstructie is een robuust uitgevoerde filterlaag waarmee maximale aansluiting wordt gemaakt op oude bekleding (zie figuur 6-17). Het filter wordt over een lengte van 1 m aangebracht met een overdikte van 0,25 m (totale laagdikte filter 0,5 m).

6.3.7 Invulling oeverbescherming OLR 2,2m tot OLR 3,2m (zone 3)

Direct achter de steenbekleding mag geen grootschalige erosie optreden omdat dit de stabiliteit van de oever ondermijnt. Deze zone wordt echter met regelmaat nat en belast met stroming en oplopende golven waardoor zich direct achter de steenbestorting niet op korte termijn een erosiebestendig vegetatiedek ontwikkelt. Daarom wordt in deze zone een maatregel getroffen om tot 10 meter achter de steenbekleding direct na aanleg de erosiebestendigheid te realiseren. Hiervoor wordt een inkassing gemaakt van 0,50 m erosieklasse 2 klei met een robuuste aansluiting en opsluiting van de waterbouwsteen (zone 2) met een dikte van 0,7 meter.

De sterkte van een ingekast kleidek is toereikend om grootschalige erosie in zone 3 te voorkomen. De sterkte neemt echter nog verder toe naarmate zich (pioniers)vegetatie wortelt. Deze ontstaat naar verwachting binnen het eerste groeiseizoen als gevolg van natuurlijke toevoer van zaden (expert judgement ecooloog ON) of door het inzaaien van de oevers met graszaad (mensel nader te bepalen in overleg met de beheerder in ontwerploop 4 (UO-fase).

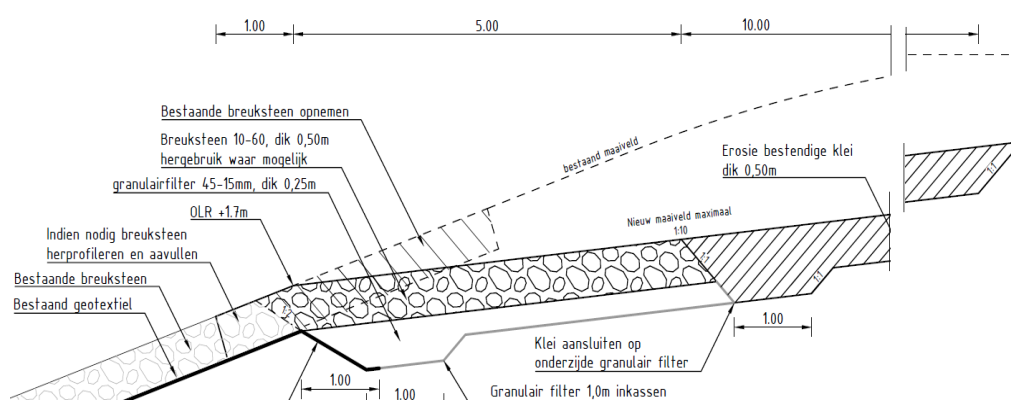
Omstandigheden om het ontwikkelen van vegetatie in deze zone te optimaliseren zijn besproken met diverse experts. Beschouwd zijn het aanleggen van een stortstenen rug voor zone 3, het wapenen van klei of tijdig toedekken van de klei met bijvoorbeeld kokosmatten. De effectiviteit van deze maatregelen is echter niet eenduidig en de kosten hoog. Kokosmatten kunnen losraken door golfslag waarna ze het scheepvaartverkeer kunnen hinderen. Deze matten worden veelal op kleinere vaarten met steile oevers toegepast. Kunststof maatregelen staan haaks op de doelstelling volledig circulair te werken. Besloten is zone 3 te voorzien van een robuuste inkassing met erosiebestendige klei 2, deze in te zaaien met zaadmengsel (menselsamenstelling nader te bepalen) en de zone zoveel mogelijk te

ontzien in de eerste 2 groeiseizoenen. Door middel van afrasting dient de jonge vegetatie deze zone afgeschermd te worden van vee en niet belast te worden met (onderhouds)voertuigen.

Extra inzaaien van de kleilaag in zone 3 is naar inzicht van de ecooloog niet nodig. Op uitdrukkelijk verzoek van de beheerder wordt dit wel gedaan. Aandachtspunt is het wegspoelen van het graszaad. In het B&O plan met documentnummer PL341.PBO.00669 wordt hiervoor een maatregel opgenomen dat de klei-inkassing eenmalig opnieuw ingezaaid kan worden indien het vroegtijdig wegspoelt.

6.3.8 Ontwerp oeverconstructie gestrekte oever

Op basis van bovenstaande paragrafen is onderstaand principeprofiel opgesteld (figuur 6-17). Ongeacht of in huidige situatie de bekleding onder OLR +1,7m voorzien is van een geotextiel, granulair filter of een zinkstuk, wordt dezelfde oplossing voor de aansluiting toegepast.



Figuur 6-17: DO principeprofiel oeverconstructie verlaagde oevers 1, 3, 4 en 5

Dit profiel is tevens terug te vinden in de technische tekening met documentnummer PL341.TEK.00628. In de tekening is het principe toepast op een volledig verlaagde oever (blad 1). Aanvullend is voor vier voorkomende situaties op de technische tekening invulling gegeven aan dit principe:

- Dit betreft invulling van de oeverconstructie ter hoogte van de overgang van verlaagd naar onverlaagde oever (uitgewerkt op blad 2);
- De situatie waar klei-inkassing is voorzien in het maaiveld waar nog voldoende klei aanwezig is (uitgewerkt op blad 3);
- De situatie waar op relatief smalle delen van de oevers overlap ontstaat tussen de 0,5 meter inkassing aan de rivierzijde en de 0,3 meter inkassing langs de leikade (uitgewerkt op blad 4);
- De situatie op oever 4 waar tevens 0,3 meter rooflaag wordt aangebracht en hoe deze gecombineerd dient te worden met de kleiinkassing.

6.4 Overige erosiebestendige maatregelen op oevers

6.4.1 Oevererosie op verlaagde oevers

Door de oeververlaging verdwijnt het erosiebestendige vegetatiedek en (een groot deel van) de erosiebestendige kleilagen in de ondergrond. De verlaagde oevers inunderen bij lagere waterstanden en worden met een hoge frequentie belast door stroming en golfbelasting. De stroomsnelheid over de oevers neemt daarbij, door de grotere waterdiepte toe op de meeste locaties. Deze effecten versterken de erosiegevoeligheid binnen het projectgebied. Indien onbeheerst, kan oevererosie mogelijk leiden tot instabiliteit van de aangrenzende leikades en kribben, en tot aantasting van particuliere percelen. Deze paragraaf bespreekt de maatregelen die worden getroffen om de oevers op de noodzakelijke locaties erosiebestendig te maken. In paragraaf 6.3 is reeds ingegaan op het erosiebestendig maken van de gestrekte oevers langs het kanaal. In de separate memo PL341.MEM.00605 Analyse oever- krib- en kribvakerosie zijn de werkwijze en de resultaten uitgebreid toegelicht.

6.4.2 Werkwijze afleiden maatregelen per oever

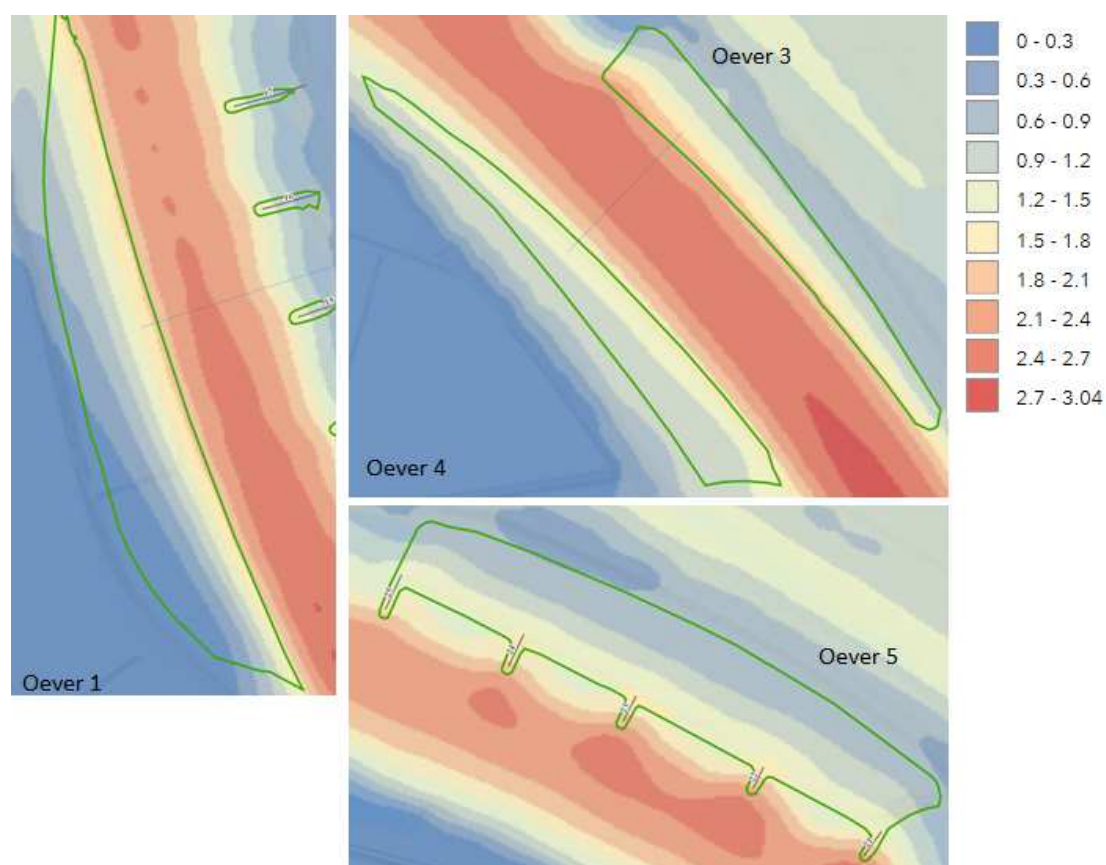
De benodigde maatregelen zijn bepaald door inzichtelijk te maken waar erosie niet mag optreden en waar deze wel te verwachten is. Erosie mag niet optreden als dit de stabiliteit van de oevers aan kan tasten. De beheerder heeft hiervoor een minimale afstand van 20 meter tot de teen van de leikade afgegeven: de limietlijn. Omdat erosie niet voorbij deze lijn mag optreden, is tevens een signaleringslijn opgesteld, 10 meter uit de limietlijn. Op basis van geofysisch grondonderzoek (grondradar) en verificatieboringen opgenomen in het verkennend bodemonderzoek met documentnummer PL341.BRA.00660 is inzichtelijk gemaakt op welke locaties op de verlaagde oever het nieuwe maaiveld nog voorzien is van een deklaag met een dikte $>0,5$ m.



Figuur 6-18: Zones met $>0,5$ m erosiebestendig maaiveld (geel) na afgraven van de oevers

Erosie valt te verwachten als de maatgevende stroomsnelheid op de oevers hoger is dan de kritieke stroomsnelheid – de snelheid waarbij bodemateriaal in beweging komt. Hiervoor is de maatgevende stroomsnelheid afgeleid uit de modelresultaten van WAQUA, zie figuur 6-13. Hieruit is af te lezen dat nabij de leikaden de stroomsnelheid onder 1,2 m/s blijft. De resterende oorspronkelijke kleilagen dan wel de inkassing met erosieklasse 2 klei hebben voldoende sterkte om deze stroomsnelheden te weerstaan (Rock Manual)¹¹.

Binnen de limietlijn en de binnen de signaleringslijn wordt de erosiebestendigheid van het nieuwe maaiveld verbeterd als minder dan 0,5 meter deklaag resteert. Hiervoor is een inkassing met erosieklasse 2 klei voorzien van circa 0,3 m. Deze laag is voldoende robuust om ook in de periode dat zich nog geen vegetatiedek heeft ontwikkeld erosie te voorkomen. Zie ook hier boven geplaatste voetnoot.



Figuur 6-19: Gecombineerde maximaal optredende stroomsnelheden in m/s op te verlagen oevers [Bron: WAQUA bij 8000 m³/s en 16.000 m³/s] – Rivierkundige onderzoek - PL341.RAP.00632

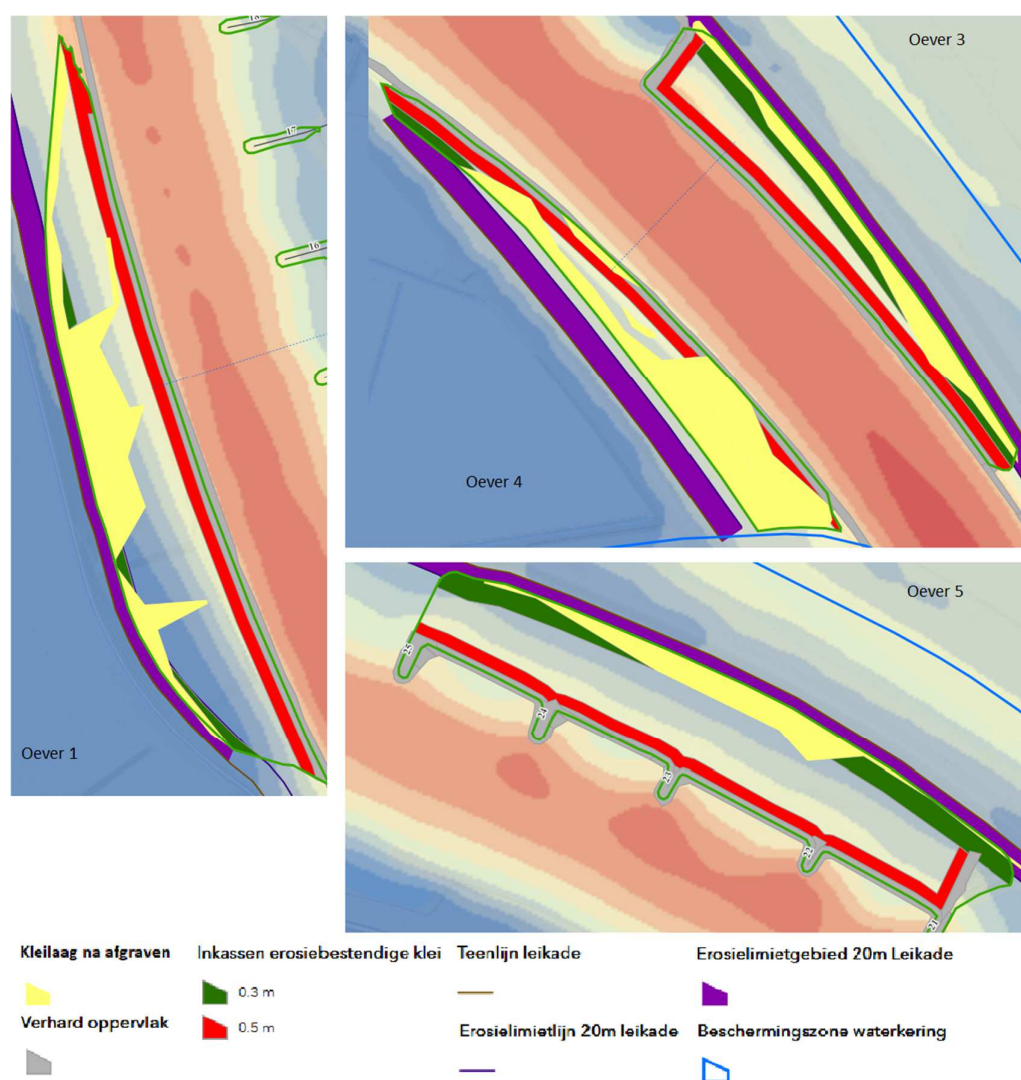
6.4.3 Overzicht van erosiebestendige maatregelen op de oevers

Onderstaande figuur 6-20 geeft een overzicht van de maatregelen op de oevers om ongewenste erosie te voorkomen. Tussen de limietlijn (gelegen op 30 meter uit de teen van de leikade) en de insteek van de ontgraving wordt 0,3 meter klei ingekast in het geval er geen natuurlijke kleilaag van tenminste 0,5 meter meer aanwezig is. Voor deze inkassing kan een dunnere laag worden gehanteerd dan het criterium 0,5 meter omdat de samenstelling en kwaliteit van de inkassing volledig bekend en geborgd is. In het zuidelijke, bovenstroomse deel van oever 1 is de stroomsnelheid dusdanig laag

¹¹ Kleidek zonder vegetatiedek is bestand tegen stroomsnelheden van 1-3 m/s is (Rock manual, Figuur 5.49 en tekst op blz. 5-62);

(<0,5 m/s) dat tussen de limietlijn en de signaleringslijn geen erosiebestendige maatregel hoeft te worden getroffen. Hier zal geen erosie optreden.

Direct achter het verharde oppervlak van de oeverconstructie is de inkassing van erosieklasse 2 klei met een dikte van 0,5 meter voorzien. Zie ook figuur 6-17 in paragraaf 6.3.8. Op de onderstaande figuur 6-20 is ook te zien welke zones op de verlaagde oever geen deklaag meer hebben en ook niet krijgen. Binnen de rivierkundige effectstudie naar morfologie is aangetoond dat het eenmalig eroderen van deze onbeschermd zones niet leidt tot ongewenste ondieptes in de vaargeul. Zie hiervoor paragraaf 8.4 van de rapportage Rivierkunde met documentnummer PL341.RAP.00632. Op verzoek van de beheerder worden alle oevers ingezaaid met een grasmengsel zodat zich een erosiebestendige grasmat ontwikkelt. Binnen één groeiseizoen ontwikkelt zich hieruit, aangevuld met natuurlijk aangevoerde zaden, een zodanig vegetatiedek dat verwacht wordt dat verdere erosie van deze delen van de oevers niet zal plaatsvinden. De maatregelen zijn tevens uitgewerkt op technische tekening 3006 met documentnummer PL341.TEK.00623.

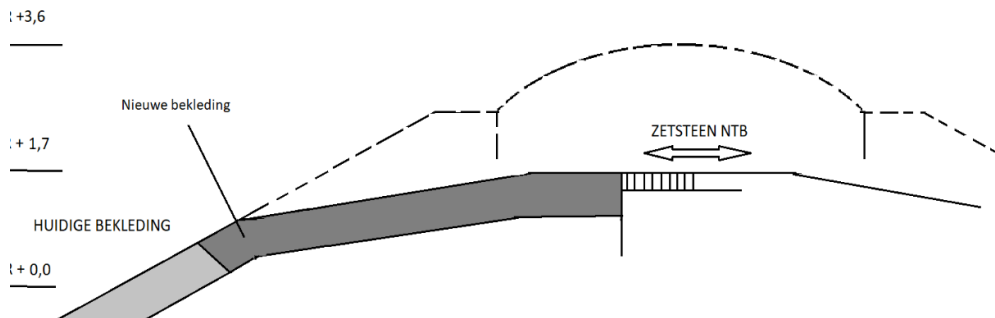


Figuur 6-20: Erosiebestendige maatregelen op oever 1, 3, 4 en 5

7. Definitief ontwerp (DO) kribben

7.1 Doelstelling verlaagde kribben

In dit hoofdstuk wordt de Voorkeursvariant (VKV) kribontwerp voor de te verlagen kribben nader uitgewerkt tot Definitief Ontwerp. Het kribontwerp omvat een afweging volgens welke variant de kribben verlaagd worden en geeft een toelichting op de uitwerking van deze variant. Dit betreft een uitwerking van de toe te passen toplagen en filterconstructie, aansluitingen en de afwerking van de kribkruin om de optredende hydraulische belastingen te weerstaan en met regulier onderhoud een levensduur van 50 jaar te behalen. Vervolgens wordt het ontwerp toegepast op de verschillende type kribben die in het projectgebied aanwezig zijn en wordt stil gestaan bij de kribbakens en lichtopstanden op de kribben. Tot slot wordt de maakbaarheid en uitvoerbaarheid van de kribverlaging behandeld.



Figuur 7-1: Voorkeursvariant (VKV) kribben

7.2 Uitwerking Voorkeursvariant

7.2.1 Benodigde taluds en kruinbreedte

De taludhellingen van de krib blijven gehandhaafd: 1:2 voor het kriblijf en 1:3,5 voor de kribkop. In de praktijk blijkt de huidige krib in deze vorm stabiel. Verlaging van de krib komt de macrostabiliteit van de constructie verder ten goede omdat het eigengewicht afneemt. De krib krijgt naar rato minder dwarskracht te voorduren door dat de constructie in gewicht afneemt. Tevens komt het aangrijpingspunt van de stromingsbelasting lager te liggen. Er zal dus geen afschuiving optreden.

De verlaagde kribben worden verlaagd op dezelfde wijze als de kribben langs de Waal verlaagd zijn. Ze worden voorzien van een vlakke kruin van 4 meter en een 1:7 overgangstalud tussen de vlakke kruin en het oude talud.

7.2.2 Toplaag bekleding

Belangrijk ontwerpaspect is de benodigde toplaag van de bekleding om de krib bestand te houden tegen de optredende hydraulische belastingen. Het afleiden van de hydraulische belastingen conform het uitgangspunt afgestemd met PVP is separaat behandeld in het memo hydraulische belastingen en toplagen met documentnummer PL341.MEM.00614. De krib kent drie hydraulische belastingzones te weten de kribkop, de overgangszone en het kriblijf inclusief de kruin. Voor de kribkop en het lijf zijn de maatgevende hydraulische belasting bepaald. In de overgangszone verloopt de belasting en hoek van inval en worden zekerheidshalve de belastingen van de kribkop aangehouden. Op de Waal is voor deze overgangszone een zone van 20 meter achter het kribbaken aangehouden. Op basis van verschalving naar van het Pannerdensch Kanaal en expert judgement in afstemming met de beheerder wordt voor de kribben in het Pannerdensch Kanaal 10 meter aangehouden. Zie figuur 7-2.

Uit het memo hydraulische belastingen en toplagen met documentnummer PL341.MEM.00614 volgt dat de bestaande afwerking van de kribkoppen met 10-60kg in theorie niet voldoet aan de benodigde

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	60/115

sterkte tegen de schroefstraalbelasting van een maatgevend schip zoals afgeleid uit de ROW. Indien het kribontwerp gedimensioneerd wordt op schroefstraalbelasting betekent dit dat de gehele kribkop, vrijwel tot aan de teen, voorzien moet worden van een nieuwe toplaag sortering 40-200kg en bijhorende filterconstructie. De kans is echter klein dat 1) een schipper een dusdanige manoeuvre moet maken, 2) het in dat geval een maatgevend schip betreft en 3) dat de kribben daadwerkelijk worden geraakt door de straal veroorzaakt door een hoog vermogen (boeg)schroef.

In afstemming met de beheerder en de adviseur scheepvaart is besloten de kribben daarom niet te dimensioneren op incidenteel optredende schroefstraalbelastingen. Daarmee wordt een significante ingreep in de resterende kribonderbouw en kribkop voorkomen en een grote investering vermeden. De ROW geeft de ruimte om met maatwerk van de standaard afleiding van belasting af te wijken. Voor de schroefstraalbelasting dit legitiem omdat:

- Betreffende schroefstraalbelasting als gevolg van een calamiteit of noodingreep slechts zeer incidenteel optreedt (bron: ervaring dagelijks vaarwegbeheer en expert judgement expert waterbouw);
- Deze situaties vrijwel nooit een maatgevend schip met maatgevend vermogen betreffen (bron: ervaring dagelijks beheer, samenstelling scheepvaartverkeer op Pannerdensch Kanaal);
- In de huidige situatie, waarin deze belastingen ook kunnen optreden, de kribben zonder de zwaardere sortering op het gewenste instandhoudingsniveau zijn te houden met reguliere onderhoudsinspanning;
- De benodigde (significante) investering aan de kribkop en kribbasis naar verwachting hoger is dan de verwachte herstelkosten door boegschroefstralen over de levensduur van de kribben.

In overleg op 4 juni 2020 heeft de beheerder akkoord gegeven om het optreden van belasting door schroefstralen als een calamiteit te beschouwen en eventuele schade als schadevaring te behandelen.

Onderstaande tabel 7-1 geeft de benodigde toplaag weer zoals berekend in de het memo hydraulische belastingen en toplagen met documentnummer PL341.MEM.00614.

Tabel 7-1: hydraulische belasting en minimaal toe te passen sortering op kribben			
Type	Waarde	Kribkop	Kriblijf
Stroomsnelheid (retour)stroming	$U = 2 \text{ m/s}$	5-40 kg	Kruin ¹² : 10-60 kg talud: 5-40 kg ¹³
Golfhoogte windgolven	$H_s = 0,5 \text{ m} / T_m = 2 \text{ s}$	10-60 kg	5-40 kg ¹³
Golfhoogte haalgolven schepen	$Z_{max} = 0,7 \text{ m}$	10-60 kg	5-40 kg ¹³
Golfhoogte secundaire scheepsgolven	$H_i = 0,7 \text{ m}$	10-60 kg	5-40 kg ¹³
Stroomsnelheid a.g.v. schroefstralen	$U_p' = 2 \text{ m/s}$	10-60 kg (40-200 kg nvt ¹⁴)	10-60 kg (40-200 kg nvt)

De beheerder heeft aangegeven dat omwille van het beheer maximaal 2 sorteringen in de toplaag van de krib toegepast kunnen worden. Op basis van bovenstaande tabel 7-1 zijn dit 10-60 kg op de

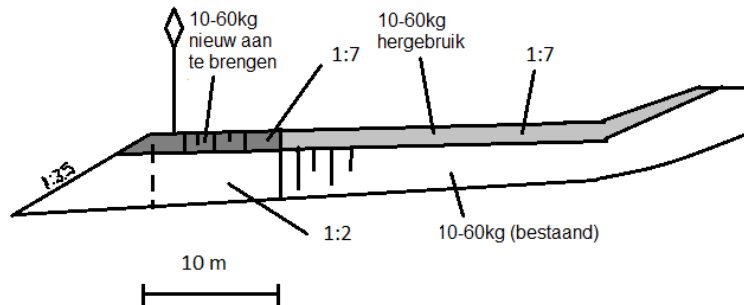
¹² Maatgevend is de waterstand net boven OLR 1,7m wanneer de kribben gaan mee stromen op de knikpunten en overgangen in talud waar stenen minder ingeklemd liggen

¹³ Sortering 5-40kg of hergebruik huidige bekleding 10-60 kg met bredere gradering als gevolg van vermenging bij het ontgraven. Deze sortering wordt geduid als '10-60 kg hergebruik'

¹⁴ Theoretisch is 40-200 kg benodigd als een schip nabij de krib een manoeuvre moet uithalen, waarbij de snelheid van het schip lager is dan 1 m/s (hetgeen een zeer uitzonderlijke situatie is op een doorgaande vaarweg); In afstemming met de vaarwegbeheerder wordt gekozen voor: sortering 10-60 kg

kribkop en overgangszone en 10-60 kg 'met mogelijkheid tot hergebruik' op het kriblijf. In het DO wordt onderscheid gemaakt tussen nieuw aan te brengen waterbouwsteen met een sortering 10-60 kg en vrijkomende stortsteen welke geschikt is voor hergebruik. Deze laatste categorie kan als gevolg van bijstort, breuk, vermenging met onder lagen etc. een afwijkende (bredere) gradering bevatten waardoor de fijne fractie oververtegenwoordigd is. Dit maakt de vrijkomende stenen minder geschikt om in zwaarder belaste zones toegepast te worden.

In de overgangszone wordt geen gebruik gemaakt van vrijkomende waterbouwsteen als deze niet aantoonbaar voldoet aan de gradering 10-60 kg. De laagdikte stortsteen 10-60 kg op de krib bedraagt 0,50m (memo hydraulische belasting en toplagen kribben met documentnummer PL341.MEM.614) Onderstaande figuur toont de zonering van nieuw aan te brengen bekleding.



Figuur 7-2: schematische weergave van de zonering en benodigde sortering op kribkop en kriblijf

7.2.3 Filterconstructie

Onder de toplaag van waterbouwbekleding is een filterconstructie benodigd om het fijne onderliggende kernmateriaal vast te houden. Er is gekozen voor een granulair open filter met twee lagen (toplaag en één onderlaag) toe te passen. Dit filter heeft een lagere MKI, is circulair en is te realiseren met lagere bouwkosten dan een filterconstructie met geotextiel. De filterlaag onder de 10-60kg bekleding bestaat op de kribkop en de overgangszone uit een 0,35m dikke granulaire laag, sortering 45/125mm. Op het kriblijf wordt een 0,25m dikke granulaire laag toegepast, eveneens sortering 45/125mm. De afweging ten aanzien van de filterconstructie is separaat behandeld in het memo afweging filterconstructie met documentnummer PL341.MEM.600 met een onderbouwing van het granulaire filter in het memo filterlagen onder zetsteen en waterbouwsteen met documentnummer PL341.MEM.00610.

7.2.4 Aansluitingen van nieuwe op oude bekleding

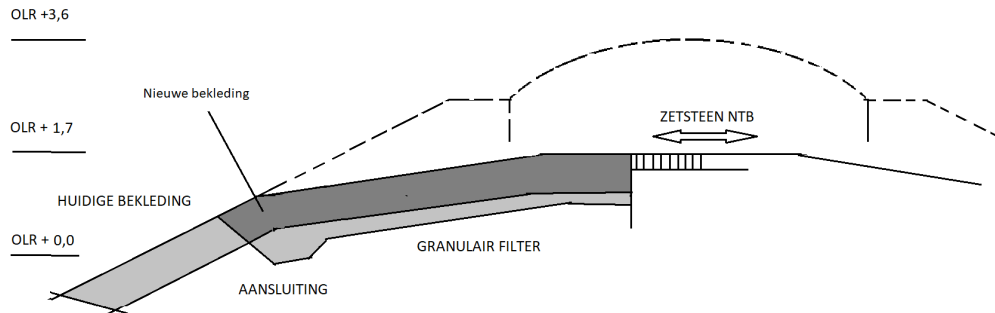
Idealiter worden aansluitingen in het droge en op het zicht gemaakt. Op basis van de waterstandstatistiek zijn er gemiddeld circa 10 tot 20 dagen per jaar waarop dit mogelijk is. Het is dus niet reëel om te verwachten dat alle aansluitingen onder deze gunstige omstandigheden gemaakt gaan worden. Om toch voldoende zekerheid te hebben op de functionaliteit ervan wanneer onder de waterlijn, buiten het zicht gewerkt wordt, zijn twee beheersmaatregelen opgenomen in het ontwerp. Deze zijn opgesteld en overeengekomen met de beheerder in de kostenreductiesessie op 16 april 2020.

De aansluiting oud-nieuw zal worden gemaakt d.m.v. een "kofferconstructie". Deze kofferconstructie bestaat uit een verzwaring van de filterlaagdikte ter hoogte van de aansluiting. Deze robuuste laag wordt circa 1 meter op het talud doorgezet. Voor de 10-60kg bekleding op het kriblijf wordt een filter laagdikte van 0,50m gehanteerd.

Om de kwaliteit van aansluitingen te borgen is besloten aansluitingen niet te ver onder de waterlijn te realiseren. Als maatstaf is hiervoor de waterstand 0,50m boven het ontgraven kernmateriaal gekozen.

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	62/115

Dit resulteert in gemiddeld 110 tot 130 dagen per jaar waarop de waterstanden laag genoeg zijn om aansluitingen te realiseren. Doordat de aansluiting richting de oever steeds hoger op het kriblijf liggen, zal de aansluitingen oud op nieuw bij de kribwortel meer werkbare dagen kennen dan nabij de kribkop.



Figuur 7-3: Variant 1A met koffer ten behoeve van een robuuste aansluiting

7.2.5 Afwerking kruin met gezet inspectiepad

De kribben zijn in de huidige situatie gedeeltelijk voorzien van een gezette kribkap. Bij een groot deel van de kribben is het zetwerk doorgezet tot aan de kribwortel. Dit maakt de kribben goed begaanbaar voor inspectie, onderhoud en nevengebruik. De Waalkribben zijn verlaagd en zonder inspectiepad afgestort. Dit komt de toegankelijk van de kribben niet ten goede. Voor het Pannerdensch Kanaal is gekozen om op alle kribben een functioneel inspectiepad terug te brengen. Dit pad wordt uitgevoerd met het vrijkomend basalt zetsteen. Belangrijkste argumenten voor het terugbrengen van het inspectiepad zijn:

- Veilig toegankelijkheid voor visuele inspectie van de kribben en onderhoud aan bakens en lichtopstanden;
- Verbeteren van de beheerbaarheid en onderhoud aan de kribben;
- Veilig toegankelijk maken voor het vergunde gebruik van visstekken;
- Veilig toegankelijk maken voor recreanten;
- Verbeteren van de sterkte en weerstand tegen ijsgang.

In het separate memo Afwerking verlaagde kribben met documentnummer PL341.MEM.00607 is een volledig onderbouwing voor de keuze van zetsteen uitgewerkt.

7.2.6 Expert judgement Sterkte toplaag bij (en gevoeligheid voor schade door) ijsgang

Het nieuwe kribontwerp mag niet significant slechter presteren tegen ijsgang dan de bestaande kribben. In de separate memo Expert judgement ijsgang over verlaagde kribben met documentnummer PL341.MEM.00602 is de volledige expert judgement opgenomen:

- Het DO heeft een flauwer talud dan de bestaande kribben; dit is gunstig wat geleiding van ijs betreft. Bovendien is er sprake van 'gladde' overgangen van taludhellingen, geen plotselinge knikken e.d. zoals dat wel is bij de bestaande kribben;
- Het kribontwerp heeft alleen over een breedte van 1 meter op de kruin zetsteen (dat goed tegen ijs bestand is), terwijl de bestaande kribben veelal een 6 m brede 'kap' hebben van zetsteen; aangetekend wordt hierbij dat er wel sprake is van een 'scherpe' overgang van breuksteen naar zetsteen t.p.v. de tussenberm (zie figuur 5-2 huidige kribben);
- Zowel de nieuwe als de bestaande kribben hebben naast de zetsteen een bekleding met waterbouwsteen, en deze is normaliter niet glad; een ruw oppervlak is in het algemeen juist de bedoeling vanwege de functie van golfbreking, maar op een krib is dat voor geleiding van ijs niet gunstig, omdat er schade kan ontstaan. Door bij de uitvoering te letten op de kwaliteit – in dit geval dus met de bak de steenlaag goed 'vastzetten' en min of meer glad afwerken, en ervoor zorgen dat er geen steenhoeken uitsteken – valt dit iets nadelige aspect mee. Opgemerkt wordt

dat dit aspect voor beide geldt, en ook de bestaande kribben hebben een talud met losse waterbouwsteen.

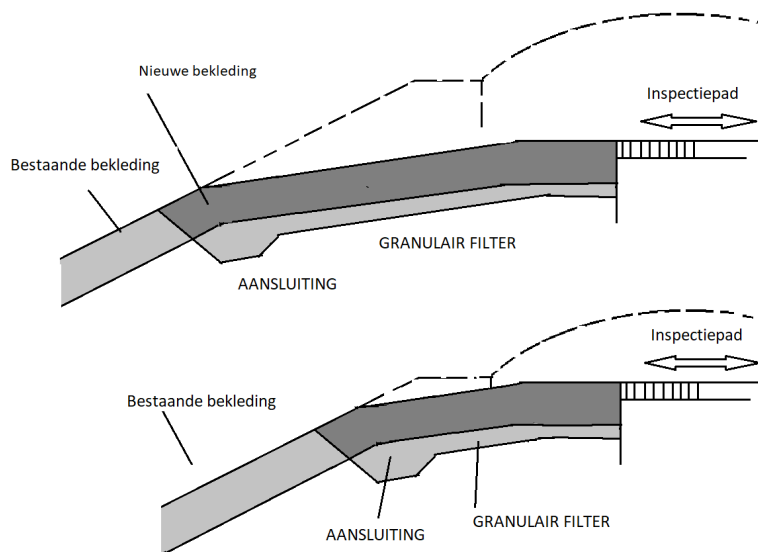
Uit bovenstaande wordt op basis van expert judgement geconcludeerd dat het DO met de verlaagde kribben volgens variant 1A, zoals geschetst in Figuur 7-4, zeker niet minder goed presteert dan de bestaande kribben. Kortom: er is geen sprake van achteruitgang van de sterkte in het geval de kribben verlaagd worden volgens het DO.

7.3 Bijzondere kribben

7.3.1 Overgangskribben

Kribben 9, 10, 13 en 37 zijn overgangskribben. Deze kribben zorgen voor de stapsgewijze verlaging van niet te verlagen kribben naar de volledig te verlagen kribben. De verwijding van het stroomprofiel bovenstrooms en de vernauwing van het stroomprofiel benedenstrooms verlopen hierdoor meer geleidelijk. Deze getrapte overgang is noodzakelijk om ongewenste dwarsstromen ter hoogte van de kribben te voorkomen. Kribben 9 en 10 (benedenstrooms, linkeroever) zorgen voor een overgang 3 gelijke stappen via krib 8 op OLR +1,7m naar krib 11 op OLR +3,5m. Krib 13 (bovenstrooms, rechteroever) zorgt voor een overgang in 2 stappen van krib 12 op OLR +3,5m naar krib 13 op OLR +1,7m. Krib 37 (benedenstrooms, rechteroever) zorgt voor een geleidelijke overgang van krib 36 op OLR +1,7m naar krib 38 op OLR +3,5m.

De kribben worden volgens hetzelfde principe verlaagd als de overige kribben. Echter de kruinhoogte ligt hoger waardoor de totale kruin smaller is. Bij deze kribben wordt het horizontale deel van de kruin op 4 meter gehouden en zal het overgangstalud 1:7 in lengte variëren. Onderstaande figuur 7-4 geeft een schematisch beeld van de toepassing van het Waalkribprincipe bij een volledig verlaagde krib en een overgangskrib. De verlaagde Pannerdensch Kanaal krib heeft aanvullend een inspectiepad.



Figuur 7-4: toepassing nieuwe bekleding bij volledig verlaagde krib (boven) en overgangskrib (onder)

7.3.2 Krib 19 – oever 2

Krib 19 is integraal onderdeel van de maatwerkoplossing van oever 2. Onderdeel van de ontwerp opgave is dichters op de oever een aanleglocatie te creëren zodat schepen buiten de vaargeul komen te liggen. Om voldoende diepgang te realiseren zodat lossende schepen kunnen verhalen, dient krib 19 versmald te worden. In paragraaf 6.2.2 is het integrale ontwerp toegelicht.

7.3.3 Kribben aan particuliere grond

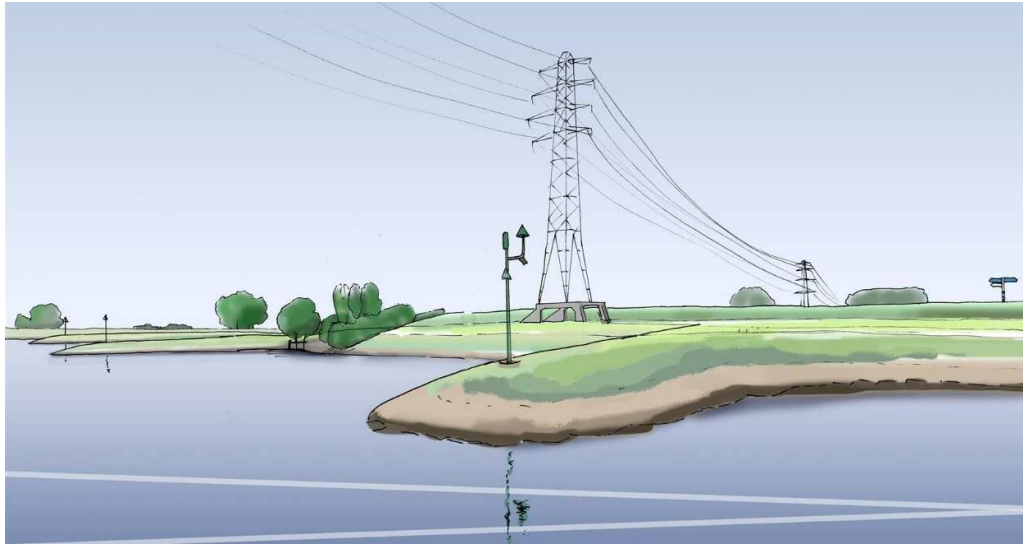
Krib 3 is integraal onderdeel van een tuin. Op de krib zijn een boom en een vlonder aanwezig. Beide objecten zijn vergund. Krib 4 t/m krib 10 liggen tot halverwege het kriblijf op particuliere grond. Op deze locaties heeft de staat de oevers niet in eigendom. In overleg met de gebruikers van krib 3 en de grondeigenaren van krib 4 t/m 10 is overeengekomen de insteek van de kribverlaging rivierwaarts te verplaatsen. De nieuwe insteek van krib 3 is zo gekozen dat er geen werkzaamheden binnen 2 meter van het vlonder plaatsvinden. Dit is een verkorting van de maatregel met circa 6 meter ten opzichte van het VKA uit de Verkenningfase. Voor de kribben 4 t/m 10 is de insteek van de kribben rivierwaarts verschoven tot voorbij de kribwortel. Op deze manier blijven de oevers volledig intact en wijzigt het stroombeeld en daarmee de morfologie in de kribvakken zo min mogelijk. Zie hiervoor ook de separate expert judgement in hoofdstuk 7.2 van het Rivierkundig onderzoek met documentnummer PL341.RAP.00632.

De insteek van de verlaagde krib is 1 tot 6 meter rivierwaarts verschoven ten opzichte van het SNIP2A ontwerp. De insteekpunten van kribben 3 t/m 10 liggen in een vloeiende lijn om ongewenste dwarsstromen voor scheepvaart te voorkomen. Het niet verlaagde kriblijf verloopt naar het verlaagde kriblijf onder een talud van 1:10. Dit was in het SNIP2A ontwerp variabel tussen 1:3 en 1:8. Met deze aanpassing wordt voorkomen dat er extra turbulentie optreedt in het kribvak met erosie van het kribvak en aantasting van de krib tot gevolg. Het effect van de verschoven insteek is meegenomen in de rivierkundige effectbepalingen voor dwarsstromen, waterstandsval en morfologie.

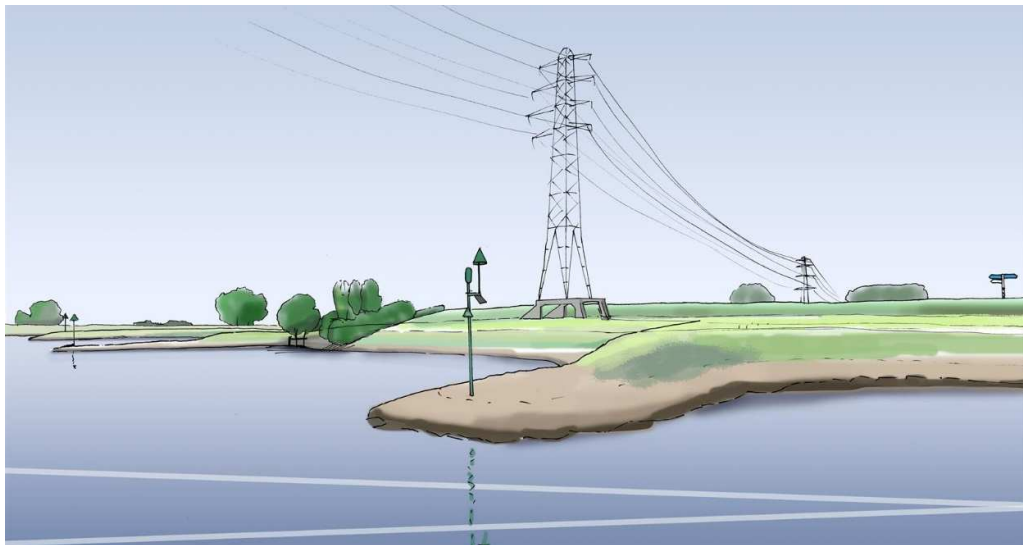


Figuur 7-5: overzicht van kadastrale percelen nabij krib 3 t/m 10

Onderstaande figuren geven een impressie van de verkort-verlaagde kribben.



Figuur 7-6: Huidige situatie krib 4



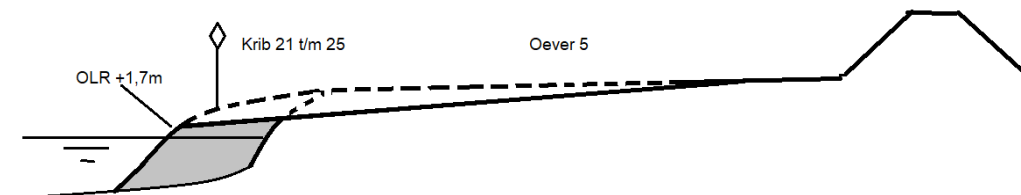
Figuur 7-7: Toekomstige situatie krib 4 bij gelijke waterstand

7.3.4 Afwijkende kribben 21 t/m 25 en krib 32

De kribben 21 t/m 25 zijn relatief kort als gevolg van de verlande kribvakken van oever 5. Oever 5 is vanaf de aanleg van het kanaal in zes stappen ontwikkeld tot de huidige vorm. Zie ook paragraaf 6.2.5. Op de plek van drie historische kribben liggen nu kribben 21, 23 en 25.



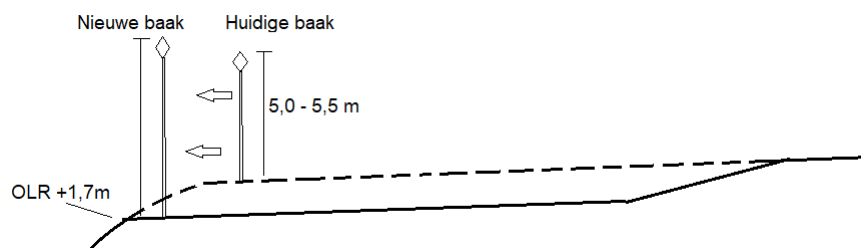
Oever 5 en de kribben worden integraal verlaagd zoals dit ook in het VKA in de Verkenningfase is opgenomen. De insteek van de kribben ligt op OLR +1,7m. De insteek van oever 5 komt iets boven OLR +1,7 te liggen. Als gevolg van het korte kriblijf zullen deze kribben vrijwel geheel uitgevoerd worden als kribkop en overgangszone met een toplaag nieuw aan te brengen 10-60kg. Met een inspectiepad blijven de bakens bereikbaar.



Krib 32 heeft vanuit de historische functie als schuilplaats en aanlegplaats een afwijkende geknikte vorm. Deze vorm blijft behouden in het DO. De krib wordt verder volgens het Waalprincipe verlaagd en voorzien van een inspectiepad.

In de huidige situatie vormen de kribbakens en lichtopstanden een vloeiende belijning evenwijdig aan de vaargeul. De bakens hebben een vaste hoogte en afstand tot de insteek van de kribkop. Zo is de diepgang voor de kribben voor schippers voorspelbaar en ontstaat een duidelijk radarbeeld. De bovenkant van het topteken van de huidige kribbakens ligt 5,0 tot 5,5 meter boven de kribkruin. In de nieuwe situatie neemt de kruinhoogte met circa 1,7 meter af. De insteek van de nieuwe krib komt daarmee dicht bij de vaargeul te liggen. De nieuwe bakens schuiven zodanig op dat de nieuwe insteek op 2,5 meter van de insteek komt te liggen en qua signalering van de krib weer representatief is voor de huidige situatie. Daarbij is het behoud van een vloeiende kriblijn ten behoeve van het radarbeeld een vereiste vanuit de vaarwegbeheerder.

De bovenkant van de huidige toptekens verdwijnt bij de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith net onder de waterlijn. Rijkswaterstaat Vaarweg Management (VWM) streeft naar zichtbaarheid bij de maatgevende afvoer. Op verzoek van VWM is echter een standaard baaklengte van 7,50 meter opgenomen. Netto zal het niveau van de toptekens 0,5 tot 0,8 meter hoger liggen dan in de huidige situatie. Onderstaande figuur geeft het principe van het verplaatsen en verlengen van de bakens weer.



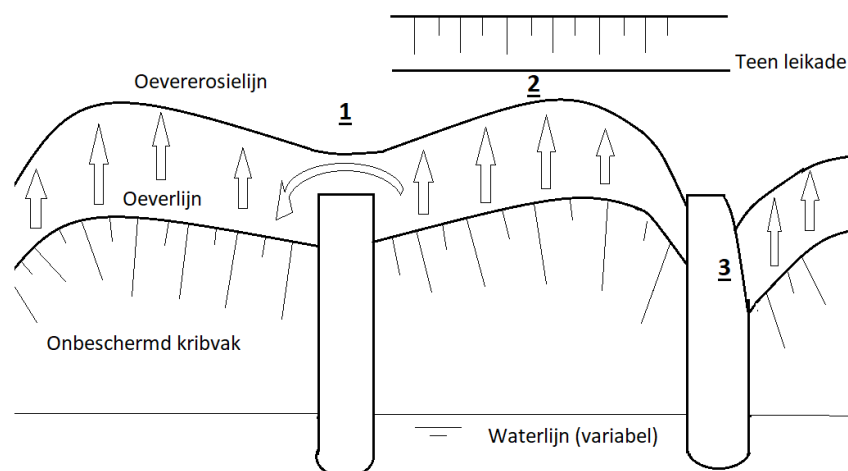
Figuur 7-11: Verschuiven kribbaken

Op krib 4 en krib 22 staan gesolariseerde lichtbakens. Deze lichtbakens worden net als de kribbaken rivierwaarts verplaatst en verlengd zodat de vloeiende lijn van bakens niet onderbroken wordt en een duidelijk radarbeeld blijft bestaan. Dit is een aanpassing ten opzichte van het VKA. In de Verkenningfase was voorzien dat de lichtopstanden op hun huidige plek zouden blijven staan als 'eilandje' op de verlaagde krib om zodoende de voedingskabels niet aan te tasten. De lichtopstanden zijn inmiddels echter gesolariseerd en het handhaven van de huidige positie zorgt voor een ongewenste onderbreking van de vloeiende bakenslijn. Deze eilandjes zorgde tevens voor onnodige opstuwing. Ook de bakens en lichtopstanden op de te verlagen oevers schuiven rivierwaarts op en worden verhoogd zodat de bakenslijn vloeiend blijft en het radarbeeld duidelijk.

7.5 Erosiebestendige maatregelen bij kribben en kribvakken

7.5.1 Kribvakerosie

Als gevolg van de krib- en oeververlaging wijzigt het stroombeeld over de kribben en kribvakken. In de huidige situatie overstromen de kribben vanaf OLR +3,4m. Deze waterstand komt gemiddeld minder dan 2 maanden per jaar voor. De verlaagde kribben overstromen bij waterstanden vanaf OLR +1,7m. Deze waterstand (circa NAP +8,8m) wordt jaarlijks gemiddeld circa 5 maanden overschreden. In praktijk betekent dit dat kribvakken niet alleen langer maar ook veel frequenter mee gaan stromen. Op basis van expert judgement en ervaring van de kribverlaging op de Waal is het de verwachting dat de nieuwe situatie in erodeerbare kribvakken leidt tot meer morfologische dynamiek en aanvullende erosie op de huidige evenwichtssituatie. Het kribvakniveau komt enkele decimeters lager te liggen en de oeverlijn migreert circa 5 tot 10 meter oeverwaarts. Deze oeverwaartse verschuiving kan leiden tot 1) het achterloopt raken van de kribben en 2) het aantasten van de achterliggende leikaden of particuliere percelen. De oeverwaartse verschuiving kan ook leiden tot 3) het blootleggen van onverdedigde kriboksel. Bij deze kriberosie wordt de stabiliteit van de oksel en het lijf mogelijk aangetast. Onderstaande figuur 7-12 geeft het principe en gevolgen van kribvakerosie schematisch weer.



Figuur 7-12: effecten van terugschrijdende oeverlijn door het verlagen van kribben

7.5.2 Werkwijze afleiden van maatregelen per krib en kribvak

Op basis van luchtfoto's en veldinspectie (zie memo beeldverslag inspectie met documentnummer PL341.MEM.00693) zijn alle erodeerbare kribvakken in het projectgebied geïdentificeerd. Op deze kribvakken is de overgang van onbeschermde zandig kribvak naar begroeide hoge oever ingetekend. Dit is de oeverlijn. Vanaf de oeverlijn is vervolgens 10 meter oeverwaarts een oevererosielijn geprojecteerd. Hieruit wordt het volgende afgeleid:

- Achterloopsheid kan optreden als de geprojecteerde oevererosielijnen van twee kribvakken elkaar naderen of overlappen achter de kribwortel;
- Aantasting van de leikade of particuliere grond kan optreden als de oevererosielijn binnen de limietlijn van 20 meter van de leikade komt of de perceelsgrens raakt;
- Aantasting van de krib kan optreden als de kribksel onvoldoende bekleed is.

7.5.3 Overzicht van maatregelen tegen erosie rondom kribben en kribvakken

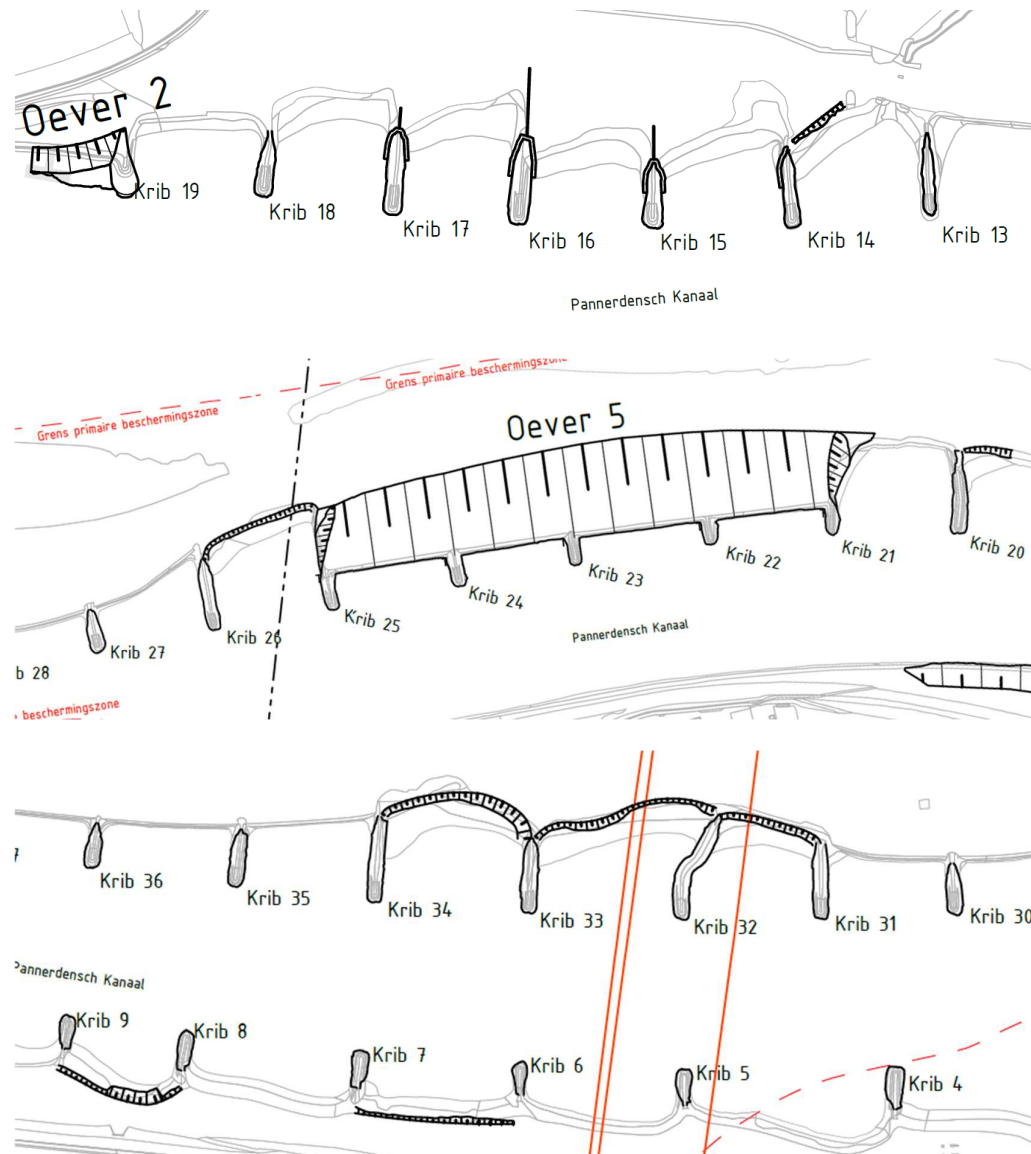
De kribvakken waarbij een verschuiving van de oeverlijn ertoe leidt dat leikades of particuliere percelen aangetast raken, worden voorzien van kribvakbescherming. Bij deze maatregel wordt de oeverlijn vastgelegd met waterbouwsteen en aangesloten op het kriblijf. Deze maatregel voorkomt tevens achterloopsheid en kriberosie. De maatregel wordt ook getroffen op de erodeerbare kribvakken die reeds (als gevolg van erosie) binnen de invloedzone van de leikade liggen of waar aantasting van particuliere oevers aanstaande is. Omdat in deze situaties mogelijk sprake of sprake is van achterstallig onderhoud worden deze maatregel in samenspraak met de beheerder vormgegeven en afgewikkeld binnen de werkzaamheden van project KOP.

Op de erodeerbare oevers waar geen kribvakbescherming wordt toegepast maar kans is dat de kribben achterloops raken, wordt een achterloopsheidscherm in de kribwortel geplaatst. Dit is een kunststof of lichte stalen damwand (nader te bepalen in het UO). Op basis van ervaring van Ploegam met een dergelijke oplossing op de IJssel is een planklengte van circa 3 meter toereikend. Het scherm wordt tot circa 10 meter achter de meest landwaartse oeverlijn geplaatst om kortsluiting te voorkomen. Alternatief op het achterloopsheidscherm is het verlengen van de kribwortel met waterbouwsteen. Echter vanuit de beheerbaarheid van de maatregel heeft de beheerder de sterke voorkeur voor het damwandscherm zoals dat ook toegepast is op het KRW-project IJssel.

Op de erodeerbare oevers waar geen kribvakbescherming wordt toegepast maar kans is dat kribben met onvoldoende bekleding in de oksel bloot komen te liggen, wordt een falling apron toegepast. Een falling apron is een lokale extra aanstorting van waterbouwsteen die als een gordijn mee zakt als het zandige materiaal in de kribksel uitspoelt. De meezakkende waterbouwsteen sluit de krib weer af.

Tabel 7-2: Overzicht van maatregelen tegen erosie rondom kribben en kribvakken	
Maatregel	Locatie
Kribvakbescherming van KOP	Kribvak 13 – 14, 25 – 26
Kribvakbescherming mede vanuit achterstallig beheer en onderhoud	Kribvak 6 – 7, 8 – 9, Oever 3 – krib 20, 31 – 32, 32 – 33 en 33 – 34
Achterloopsheidscherm	Kribwortel 15, 16, en 17
Falling apron	Kribksel 15, 16, 17

De maatregelen zijn ingetekend op tekening 3006 met met documentnummer PL341.TEK.00623. Onderstaande figuur 7-13 geeft de locatie van de maatregelen weer.



Figuur 7-13: Overzicht locaties kribvakbekleding, achterloopsheidsscherm (krib 15, 16, 17) en falling apron (14, 15, 16 en 17).

7.5.4 Uitwerking kribvakbekleding

De separate memo Kribvakbekleding met documentnummer PL341.MEM.00663 beschrijft de totstandkoming van het ontwerp. Met de beheerder zijn drie mogelijke typen kribvakbekleding besproken:

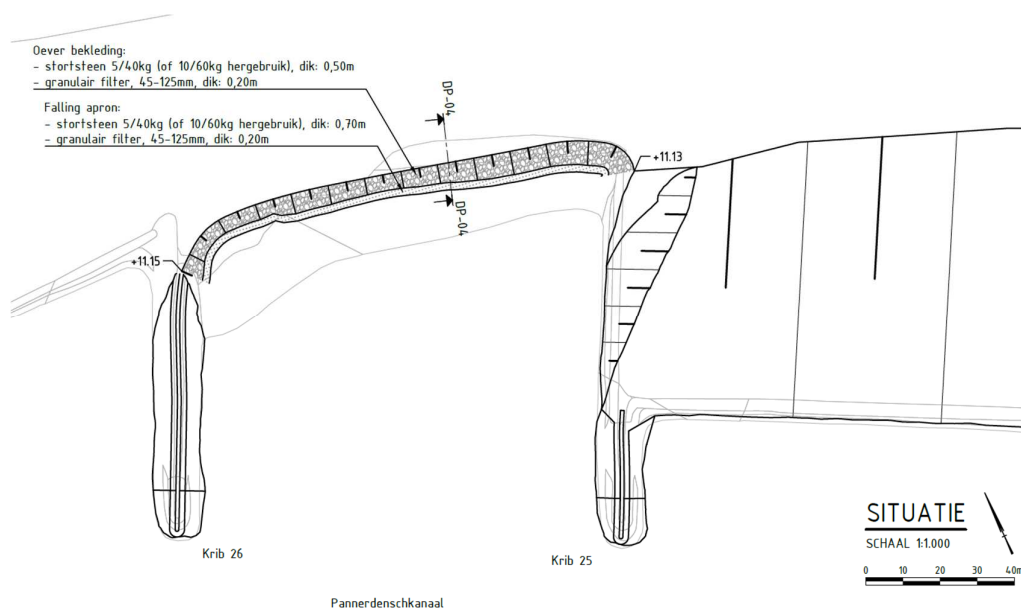
- Een constructie volgens het ontwerp uit 1949 op het traject krib 20 t/m krib 37. Stortsteen gecombineerd met plasberm en glooiende zetsteenoever;
- Een damwandconstructie;
- Volledig gestorte oeverconstructie onder stabiele taludhelling van 1:3¹⁵.

¹⁵ Een bekleed 1:3 talud blijkt in de praktijk als een geotechnisch stabiel talud aangelegd te kunnen worden. Dit wordt bevestigd doordat in projectgebied Pannerdensch Kanaal alle gestrekte oevers en overige beklede kribvakken onder een talud van 1:3 zijn gerealiseerd.

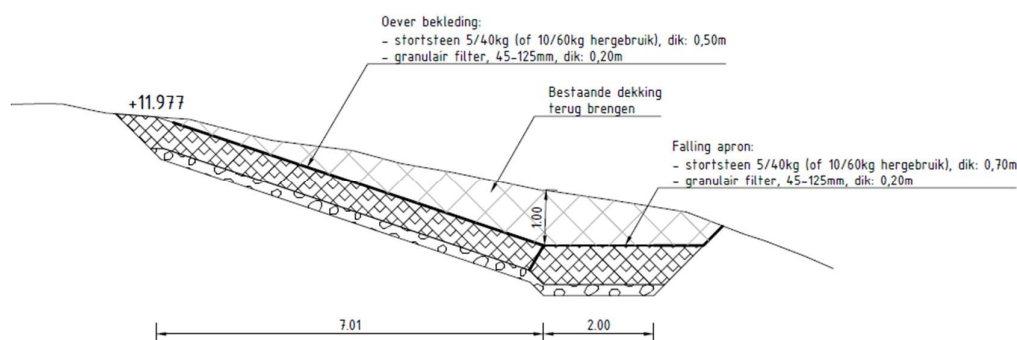
Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	70/115

In overleg met de beheerder en adviseur waterbouw van Rijkswaterstaat is besloten de oeverconstructie uit te voeren als volledig gestorte oeverconstructie. Er wordt geen zetsteen in de kribvakken toegepast omdat het aanbrengen van (vrijkomende) zetsteen hogere bouwkosten met zich meebrengt, een aanzienlijk langere realisatietijd kent en een extra ongewenste afhankelijkheid van lage waterstanden introduceert. Het toepassen van een damwandconstructie valt af omdat deze hogere realisatiekosten heeft, voor een afwijkend onderhoudsregime zorgt, kan leiden tot ongewenste reflectie van scheeps- en windgolven en niet aansluit bij de ruimtelijke kwaliteit van de kribvakken in het Pannerdensch kanaal.

De bekleding wordt onder een talud van 1:3 aangelegd en tot het niveau 1 meter onder het huidige maaiveld doorgetrokken en voorzien van een verzwaarde teenconstructie. In de memo Hydraulische belasting en toplagen oevers en kribvakbekleding met documentnummer PL341.MEM.00615 is afgeleid dat de benodigde toplaag een sortering 5-40 kg benodigd. Ook uit het werk vrijkomende waterbouwbouw (veelal 10-60 kg) is geschikt mits de kleine fractie niet fijner is dan LMA 5-40kg. Op de technische tekening met documentnummer PL341.MEM.00665 is het ontwerp uitgewerkt.



Figuur 7-14: Bovenaanzicht kribvakbekleding kribvak 25 - 26



Figuur 7-15: Principe doorsnede kribvakbekleding

8. Effectstudies

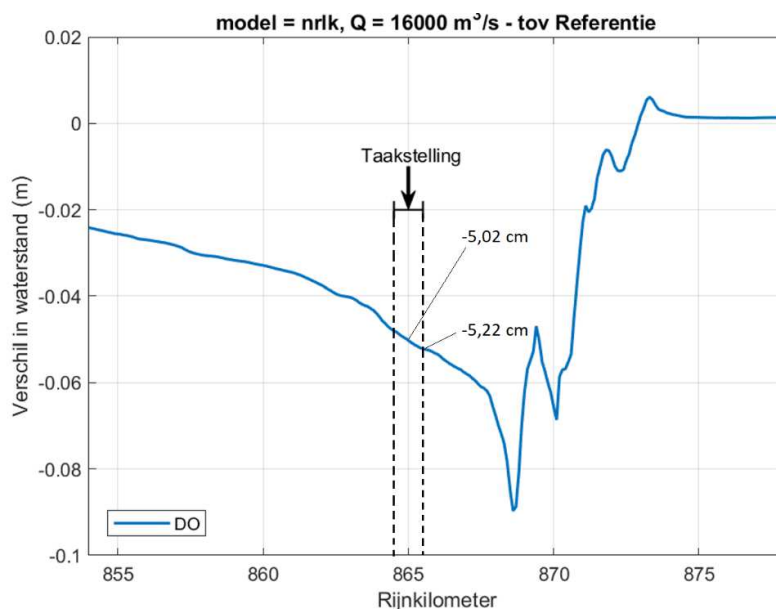
In dit hoofdstuk zijn de uitgevoerde effectstudies van het DO gepresenteerd.

8.1 Rivierkundige effecten

Het Rivierkundig onderzoek voor het project krib- en oeververlaging Pannerdensch Kanaal (KOP) toetst het Definitief Ontwerp op basis van het Rivierkundig Beoordelingskader versie 5.0 (RBK5.0), aangevuld met gebiedsspecifieke uitwerking daarvan en specifieke opgaven vanuit Rijkswaterstaat Oost-Nederland (RWS-ON, afdeling NOV (Netwerkontwikkeling en Visie)). De rivierkundige beoordeling op al deze aspecten is behandeld in het rapport Rivierkundig Onderzoek KOP (Svašek Hydraulics, 8 april 2020, concept). In deze paragraaf zijn de belangrijkste rivierkundige effecten beknopt weergegeven.

8.1.1 Waterstandsval

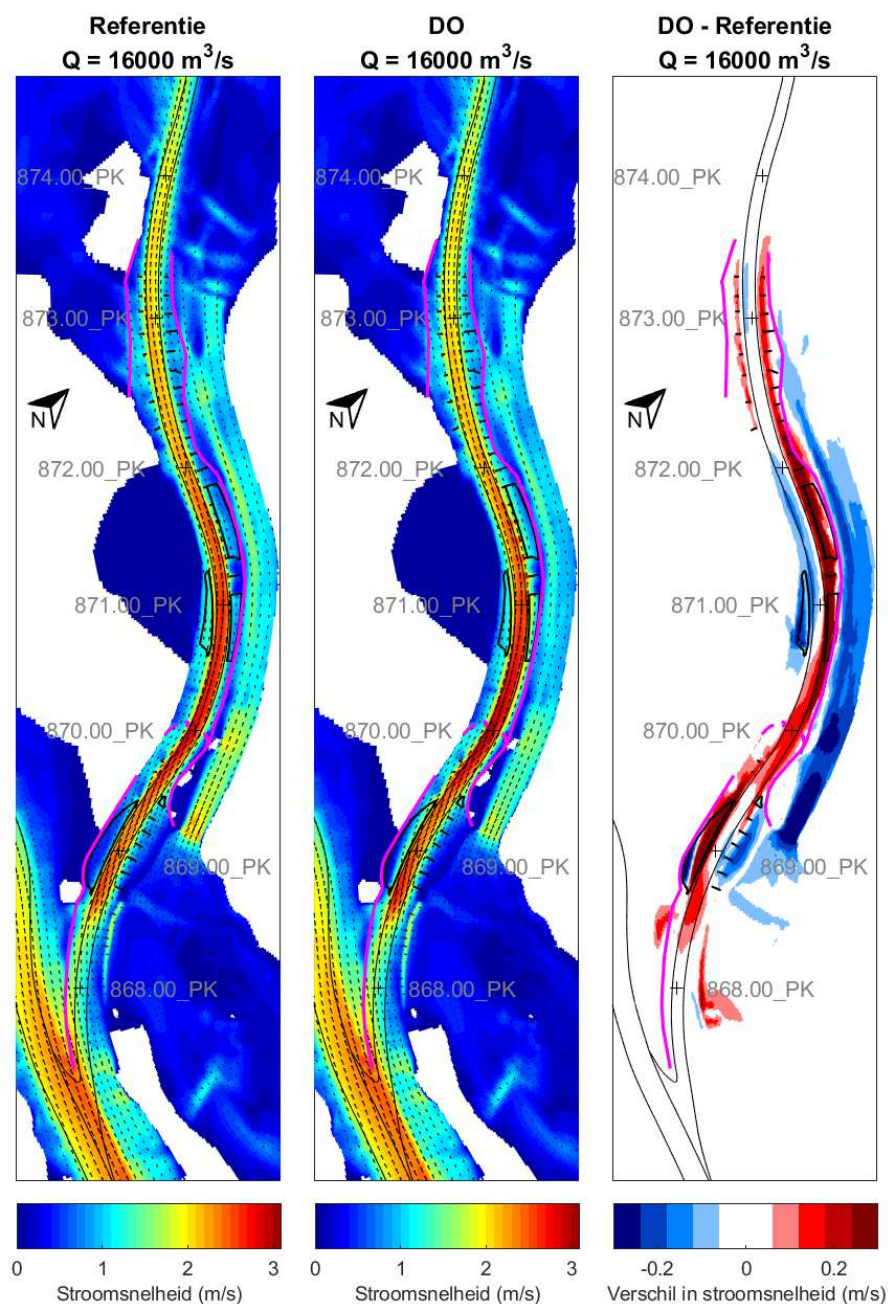
Met behulp van WAQUA (Nederrijn-Lek-Model (NRLK model)) is de taakstelling bij de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s Lobith onderzocht. Daarbij is gerekend met een permanente afvoer conform het Plan van Aanpak rivierkunde. De taakstelling van het project is een waterstandverlaging van 5 cm binnen een kilometer gecentreerd op rkm 865. Zoals in onderstaand figuur 8-1 te zien is wordt de taakstelling gehaald met 5,02 cm op rivierkilometer 865,0 en binnen het venster 864,5 – 865,5 met 5,22 cm. Daarmee is robuustheid in het ontwerp ingebouwd om eventuele tegenvallers in de realisatiefase en exploitatiefase op te kunnen vangen.



Figuur 8-1: Effect van DO in as van de rivier in en rond projectgebied bij 16000 m³/s Lobith op basis van het NRLK model.

8.1.2 Stroomsnelheden en morfologie in de uiterwaarden

Door de verlaging van de oevers en kribben gaat het lokaal sneller stromen, dit kan tot hinder en schade leiden. Hoge stroomsnelheden in de uiterwaarden zijn onderzocht met WAQUA (Splittingspuntenmodel (SPLP model)) bij een afvoer van 10.000, 12.000 en 16.000 m³/s Lobith. Dit model heeft een vrije afvoerverdeling en werkt met aparte afgeleide instelling van het regelwerk voor het Regelwerk Pannerden voor respectievelijk de referentie- en de ingreepsituatie. Locaties waar hoge stroomsnelheden (al dan niet in combinatie met scheepsgolven) tot mogelijke erosie kunnen leiden zijn wat erosiebestendigheid betreft geborgd via maatregelen in het ontwerp (zie paragrafen 6.3 en 6.4, 7.5). Onderstaande figuur 8-2 geeft de maximale toename in stroomsnelheid weer. Deze neemt als gevolg van de ingrepen toe met maximaal 0,3 m/s.



Figuur 8-2: stroomsnelheden referentiesituatie (links), DO (midden) en verschil (rechts)

8.1.3 Dwarsstromen

Een verhoging van dwarsstroom langs de randen van de vaargeul kan voor hinder en gevaarlijke situaties voor de scheepvaart leiden. Over het algemeen leidt een verlaging van kribben tot een *verlaging* van stroomsnelheden dwars op de rivier, er kan immers meer water in de richting van de rivier over de kribben stromen. Aan het stroomafwaartse eind van de verlaagde oevers en secties van verlaagde kribben – waar de stroming weer terug de rivier in stroomt – zijn echter ook lokale verhogingen in dwarsstroming te zien.

Met behulp van het eerder genoemde WAQUA Splitsingspuntenmodel zijn de dwarsstromen getoetst voor 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 en 8.000 m³/s. Er is geconcludeerd dat op één locatie na buiten het

projectgebied voor alle locaties en bij alle afvoeren geen sprake is van een normoverschrijdende verslechtering ten opzichte van de referentiesituatie. Dit betreft onder meer de laad- en losvoorziening bij oever 2, de aanmeervoorziening voor cruiseschepen bij Sterreschans en de veerpont. Hiertoe is het nodig geweest het ontwerp van VKA naar DO in diverse iteraties te optimaliseren (zie hoofdstuk 0 van deze ontwerpnota). De uitzondering betreft een toename van dwarsstroom van 21 naar 22 cm/s stroomafwaarts van de projectgrens (rkm 873,5) aan linkerzijde bij 8.000 m³/s. Er is geadviseerd aan RWS-ON om deze enkele verhoging van de dwarsstroom boven de norm te accepteren in het licht van:

- De verder consistente verbetering van het stroombeeld over het gehele projectgebied ten opzichte van de referentie en het voorkeursalternatief;
- Het nut van project KOP in het algemeen en;
- Het feit dat het om een marginale toename gaat (1 cm/s) bij een afvoer die gemiddeld een dag per jaar voorkomt, de eventuele hinder voor scheepvaart is daarmee minimaal.

De uitgebreide analyse van dwarsstromen is terug te lezen in hoofdstuk 5.3 en in bijlage K van de rivierkundige rapportage met kenmerk PL341.RAP.00632. Figuur K1 t/m K5 laten hier voor het projectgebied de mutaties in de dwarsstromen zien.

8.1.4 Afvoerverdeling met gewijzigde instelling regelwerk

De DO situatie heeft als doel de waterstand op de Bovenrijn en het Pannerdensch Kanaal te verlagen. Bijkomend effect is dat het Pannerdensch Kanaal meer debiet zal trekken bij afvoeren boven de 2000 m³/s waarbij de verlaagde kribben en oevers gaan overstromen. Net na realisatie van project KOP moet het regelwerk Pannerden in het veld opnieuw moeten worden ingesteld, waarbij de verwachting is dat er planken kunnen worden teruggeplaatst voor het beperken van het doorstroombare oppervlak in dit regelwerk. Het regelwerk Pannerden komt door deze nieuwe instelling meer in de buurt van het door de beheerder gewenste midden van het regelbereik.

In hoofdstuk 4.4 van het Rapport Rivierkundig onderzoek is de afvoerverdeling uitgebreid behandeld. Bij lagere afvoeren heeft het regelwerk direct na aanleg geen effect. Bij 1.020 m³/s heeft het DO zoals voorspeld geen effect. Bij toenemende afvoer bij Lobith nemen de effecten vervolgens toe, waarbij het Pannerdensch Kanaal steeds meer debiet gaat trekken. Totdat bij 10.000 m³/s de nieuwe instelling van het regelwerk gaat meespelen. Bij 10.000 m³/s neemt de afvoer in het Pannerdensch Kanaal nog toe (met 14 m³/s), bij 12000 m³/s daalt deze met 12 m³/s en bij 16000 m³/s neemt deze toe met 1 m³/s. Deze laatste betreft de nauwkeurigheid van de afregeling van het regelwerk.

De afvoeren in de Nederrijn en IJssel wijzigen met de verandering in het Pannerdensch Kanaal mee, een verandering in afvoer naar het Pannerdensch Kanaal wordt min of meer naar rato verdeeld over de twee takken. Daarmee verandert de debietsverdeling tussen de Nederrijn en IJssel niet tot nauwelijks.

Bij 10.000 m³/s is de afvoertoeename door het Pannerdensch kanaal 14 m³/s. De afvoertoeename naar de Nederrijn en IJssel is naar rato van de bestaande verdeling: respectievelijk 8 en 6 m³/s. Dit zijn op beide splitsingspunten verschuivingen van niet meer dan 20 m³/s, daarmee voldoet de ingreep aan de norm (criterium RBK 5.0 – aspect 1.4). Dit geldt ook als de morfologie van de bodem gewijzigd is als gevolg van de ingrepen. Concluderend kan worden gesteld dat het DO wat betreft het effect direct na aanleg voldoet aan het geldende deel van RBK 5.0 aspect 1.4 en aspect 2.5.

Voor de waterverdeling ten behoeve van de watervoorziening zijn vooral de lagere afvoeren van belang (ca. 1400 m³/s en lager). Doordat de maatregelen pas effect hebben vanaf ca. 2000 m³/s, zijn de effecten op de waterverdeling ten behoeve van de watervoorziening verwaarloosbaar.

8.1.5 Morfologie in het zomerbed

In hoofdstuk 6 van het Rapport Rivierkundig onderzoek zijn de morfologische ontwikkelingen uitgebreid behandeld. De verruiming van de rivier ter plaatse van het project veroorzaakt binnen het

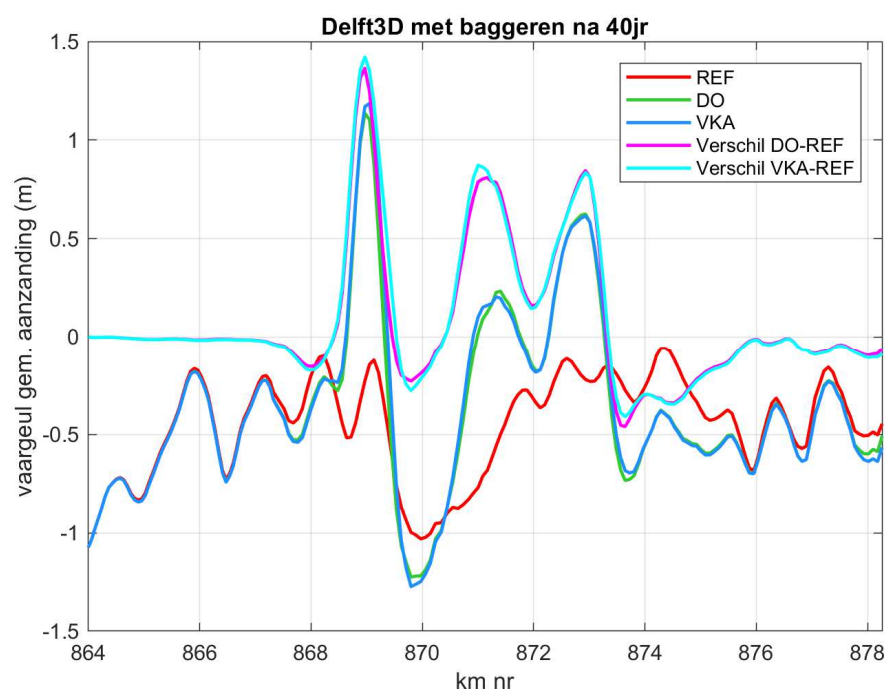
projectgebied een toename van de netto aanzanding in het zomerbed. Deze lange termijn morfologie is onderzocht aan de hand van diverse Delft3D simulaties die 40 jaar morfologische ontwikkeling voorspellen. De simulaties laten zien dat er inderdaad sprake is van lokale sedimentatie in de vaarweg. De waterdiepte blijft echter – zelfs na 40 jaar – vrijwel overal onder de gestelde norm van OLR-2,8m. Hierdoor is de toename in baggervolume zeer gering, zie onderstaande tabel 8-1.

Tabel 8-1: Te baggeren volume op basis van OLR-2,8m volgens RBK 3.0 en 5.0 in beunvolume (m³).				
	0-5 jaar		0-40 jaar	
	Vaargeul (RBK 3.0)	Vaarweg (RBK 5.0)	Vaargeul (RBK 3.0)	Vaarweg (RBK 5.0)
Referentie	0	401	0	360
DO (Planuitwerking)	0	714	7863	14758
VKA (Verkenning)	0	831	9763	17293

Een van de opgaven in de Planuitwerkingsfase van project was om de baggervolumes te reduceren t.o.v. het VKA (Verkenningsfase) en de aanzanding te minimaliseren. De volumes in de tabel 8-1 toont dat er een reductie is gerealiseerd door de iteraties en optimalisaties in het DO (zie hoofdstuk 5). Met verdere optimalisaties komt de doelstelling van waterstandsdeling (nu 5,02 cm) en reductie van dwarsstromen direct in het geding. Gezien de doorlopen iteraties in het ontwerp worden de gerealiseerde reductie in aanzanding tevens als minimalisering beschouwd. Dit oordeel wordt gedeeld door morfologisch expert Arjan Sieben (WVL). Daarmee wordt voldaan aan de oproep van DGRW de aanzanding te minimaliseren.

Het te baggeren volume (in de vaargeul, beunvolume) door de ingreep is 7863 m³ in een periode van 40 jaar (RBK 3.0). Het te baggeren volume (in de vaarweg, beunvolume) door de ingreep is 14.758 m³ in een periode van 40 jaar (RBK 5.0). Dit staat gelijk aan ongeveer 5 respectievelijk 10 volle baggerschepen (met een beunvolume van ~1600 m³). De beheerder wordt geadviseerd de sedimentatie te monitoren en ter plekke van de aanzanding jaarlijks te baggeren en de specie gespreid benedenstrooms van de ingreep terug te storten. Dit is een aanpassing van het huidige regime waarin met langere tussenposen in stortvakken buiten de vaarweg wordt gestort. Om scheepvaarthinder te beperken, wordt geadviseerd baggerwerkzaamheden op het kanaal jaarlijks in één keer uit te voeren.

Het effect van het project KOP is in Delft3D niet binnen enkele jaren uitgedempt; binnen de simulatie van 40 jaar wordt geen evenwichtseffect gevonden. De sedimentatiepieken in het model (zie onderstaand figuur) groeien ook in de laatste tien jaar van de simulatie. De conclusie is dat dit het gevolg is van een systeem dat op zoek is naar een dynamisch evenwicht: sedimentatie bij hoge afvoeren en erosie bij lage afvoeren. Een evenwichtssituatie waarbij geen sedimentatie optreedt bij hoge afvoeren zal dus nooit worden bereikt. De reden dat zo lang sprake blijft van *netto* aanzanding is een lokale vergroving van de sedimentatiezones, waardoor dit bij lage afvoeren niet erodeert. Door het wegvallen en afvlakken van erosie bij de laagste afvoeren in de Delft3D simulatie blijft het systeem steeds op zoek naar een nieuw (verschuivend) dynamische evenwicht, wat een langdurig proces is. Er is geen reden om aan te nemen dat het Delft3D model onrealistische resultaten geeft. Dit betekent dat ook na 40 een extra aanvullende baggerinspanning blijft bestaan.

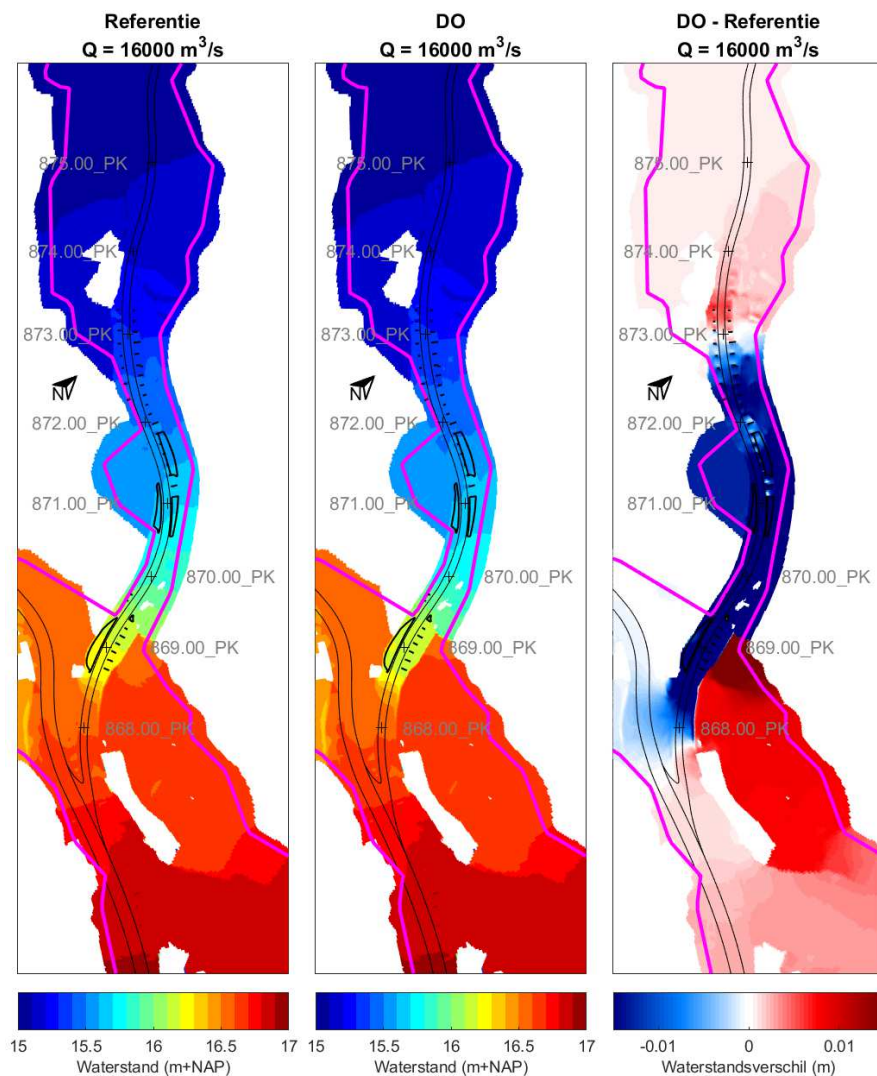


Figuur 8-3: Vaargeul-gemiddeld effect referentie, VKA en DO (en verschil) na 40 jaar met baggeren.

8.1.6 Waterstandseffecten

In hoofdstuk 5.1 van het Rapport Rivierkundig onderzoek is de afvoerverdeling uitgebreid behandeld. Het project zal door lokale verruiming van de rivier – en de samenhangende wijziging in de instelling van het Regelwerk Pannerden – effect hebben op waterstanden en de inundatiefrequentie in de uiterwaarden. Deze effecten zijn inzichtelijk gemaakt met behulp van berekeningen met WAQUA (Splittingspuntenmodel) voor afvoeren van 4.000, 6.000, 8.000, 10.000, 12.000 en 16.000 m³/s Lobith. Ter hoogte van het project neemt de waterstand over het algemeen enkele centimeters af. De nieuwe instelling van het regelwerk zorgt voor aanzienlijke effecten rond dat regelwerk (tot enkele decimeters in de Lobberdensch Waard). Deze effecten waren reeds voorzien (en vergunt via het projectplan Waterwet) bij de aanleg en gefaseerde instelling van het regelwerk. De aangrenzende primaire waterkering is op deze opstuwing gedimensioneerd.

De nieuwe instelling van het regelwerk zorgt er echter ook voor dat bij debieten van 10.000 m³/s en hoger niet significant meer debiet richting Pannerdensch Kanaal stroomt, waardoor waterstandseffecten stroomafwaarts van het project gering zijn, orde 1 cm of minder waterstandseffect. Bij lagere afvoeren treedt het regelwerk niet in werking en neemt het debiet richting Pannerdensch Kanaal beperkt toe, wat stroomafwaarts van het project tot enkele centimeters waterstandsverhoging leidt. Dit gebeurt bij vrijwel alle jaarlijks voorkomende afvoeren, hierop zijn de hoogte van de kades in de uiterwaarden en hoogtes van de terpen reeds ingericht. Bij afvoeren boven 10.000 m³/s neemt de waterstand op vrijwel alle locaties af. Waar de waterstand nog verhoogd ten opzichte van de referentie bedraagt deze verhoging minder dan 1 cm. Onderstaande figuur 8-4 geeft het waterstandseffect weer.



Figuur 8-4: waterstand effect bij maatgevende afvoer

8.1.7 Inundatiefrequenties terpen en oevers

De waterstandseffecten zijn voor diverse locaties vertaald in effecten op inundatiefrequenties. De inundatiefrequentie bij de woonterpen en de locaties van bedrijvigheid (exclusief die op oever 4) wijzigt slechts met orde uren per jaar. Er is wat dat betreft geen sprake van directe schade of hinder door de ingreep. Bij de Roswaard wijzigt de frequentie niet door de ingreep. De inundatiefrequentie van oever 4 neemt (net als voor de andere te verlagen oevers) significant toe als direct gevolg van de maaiveldverlaging. Zie hiervoor paragraaf 6.2.4. De inundatiefrequentie van de uiterwaarden rond het Regelwerk Pannerden wijzigt, maar blijft binnen de bandbreedte zoals vergunt binnen het projectplan van het regelwerk.

Voor enkele specifieke locaties geldt:

- Voor de woonterpen langs het Pannerdensch Kanaal is met name de verandering bij een afvoer van 12.000 m³/s relevant vanwege de hoogteligging van deze terpen. Het project leidt bij afvoeren hoger dan 10.000 m³/s niet meer tot een significante toename van de waterstand. Daarmee neemt de inundatiefrequentie van de woonterpen langs het Pannerdensch kanaal niet toe;
- De Roswaard is omgeven door een hoge zomerkade, met hoogte van circa 15 m+NAP. Pas bij afvoeren hoger dan 13.000 m³/s te Lobith (gemiddelde overschrijdingsfrequentie van meer dan eens per 100 jaar) begint deze kade te overstromen. Bij een afvoer van 12.000 m³/s is er ter

plaats van de zomerkade sprake van een waterstandsverlaging van 4 cm (oever 4). Bij 16000 m³/s is dit ook een verlaging van 4 cm. De zomerkade naar de Roswaard zal dus niet vaker of eerder gaan overstromen. De frequentie van overstromen van de zomerkade blijft nagenoeg gelijk;

- Voor de toegangsweg kade Scherpekamp geldt dat deze pas overstroomt bij afvoeren boven de 10.000 m³/s. Boven deze afvoeren neemt de waterstand zeer beperkt (orde 1 cm) af ten opzichte van de referentie. De toegangsweg zal dus niet vaker inunderen dan in de huidige situatie.

8.1.8 IJsgang

In hoofdstuk 4.5 van het Rapport Rivierkundig onderzoek met documentnummer PL341.RAP.00632 is het effect van het project op ijsafvoer uitgebreid behandeld. Het ontwerp mag geen negatieve effecten hebben voor de afvoer van ijs, en niet leiden tot een significante toename in de waarschijnlijkheid van vorming van ijsdammen. Een belangrijke conclusie van de Deltares studie in de verkenningsfase is dat stroomlijning van het ontwerp relevant is voor het reduceren van het risico op vorming van een ijsdek en/of kruierend ijs langs de randen van de rivier. Het ontwerp van de verlaagde oevers is in het DO, ten opzichte van het VKA, verder gestroomlijnd (zie hoofdstuk 5). De boven- en benedenstroomse zijde van de gestrekte oevers vertonen geen scherpe hoeken, het ontwerp is gestroomlijnd. Dat is ook getoond door de analyse van dwarsstroming; de situatie bij DO verbeterd qua dwarsstroming ten opzichte van de huidige situatie én het VKA (zie paragraaf 8.1.3). Op basis hiervan is geconcludeerd dat het risico op vorming van ijs langs de randen van de rivier en/of kruierend ijs verder geminimaliseerd is in het DO.

Vorming van ijsdammen worden veroorzaakt doordat ijsschotsen blijven steken tegen een gevormd ijsdek en vervolgens een dam vormen. Dit blijven steken van schotsen vindt plaats bij condities met een te laag Froudegetal (lager dan 0,08, criterium van Kivilsild) in het zomerbed. Als het Froudegetal hoger is - in het zomerbed - dan worden de ijsschotsen onder het ijsdek door gevoerd (de stroming is dan voldoende sterk).

Na onderzoek van het stroombeeld van het DO is de conclusie dat de stroming in de hoofdgeul boven het criterium van Kivilsild blijft; de waarde van 0,08 wordt niet onderschreden. Het DO presteert zodoende gelijk aan het VKA, dat ook voldeed aan dit criterium.

Geconcludeerd wordt dat het DO beter (wat betreft stroomlijning van het ontwerp) en gelijk (wat betreft het criterium van Kivilsild) presteert aan het VKA wat betreft ijsafvoer. De conclusie die door Rijkswaterstaat aan de Deltares (2019) studie is verbonden (geen verhoogd risico op vorming van ijsdek/kruierend ijs langs de randen van de rivier en vorming van ijsdammen door verslechtering van de ijsafvoer) is daarmee ook van toepassing op het DO.

8.1.9 Waterstand en stroombeeld in vaarweg Nederlands-Duitse grensregio

Specifiek voor de Duitse Rhein is gekeken naar de effecten op stroming en waterstanden met SPLP bij een afvoer van 1020 m³/s (OLA), 1400 m³/s (behorende bij circa OLR+0,70m) en 2000 m³/s bij Lobith. Het doel hiervan is het inschatten of de bevaarbaarheid of vaarwegonderhoud in het Duitse deel van de Rijn niet verslechterd ten gevolge van de ingreep. Het effect bij de genoemde afvoeren is verwaarloosbaar. Bij alle beschouwde afvoeren is het effect op stroomsnelheid kleiner dan 0,5 mm/s. Voor al deze lage afvoeren lijkt er een zeer klein opstuwend effect van de ingreep te zijn. Bij 1020 en 1400 m³/s is dit al kleiner dan 0,7 mm bij Spijk. Conclusie is dat er geen plotselinge verslechtering van het stroombeeld is te verwachten in de Nederlands-Duitse grensregio door de krib- en oeververlaging, hiermee wordt voldaan aan het hydraulische deel van RBK 5.0 aspect 2.9. Zie ook bijlage J van de rivierkundige rapportage.

Het betreft simulaties met SPLP en dus vrije afvoerdeling en gewijzigde instelling regelwerk Pannerden. Het wordt veroorzaakt doordat bij oever 2 het talud ook op dieper water iets aangepast wordt als onderdeel van het DO. Bij 2000 m³/s ligt het effect bij Spijk rond de 0,8 mm. Bij deze afvoer wordt dit naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door een numeriek effect van het net meestromen van verlaagde oevers en kribben. Zie ook bijlage J van de rivierkundige rapportage.

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	78/115

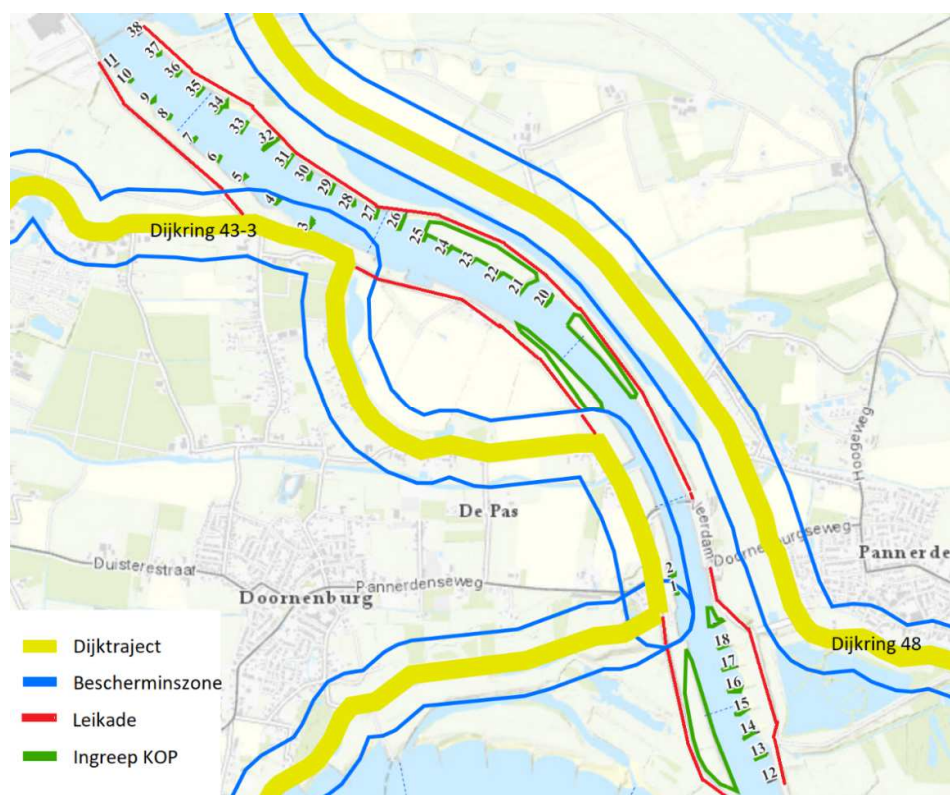
8.2 Standzekerheid van waterkeringen en leikades

8.2.1 Doelstelling

Ingrepen in de uiterwaarden nabij leikades en waterkeringen kunnen de standzekerheid aantasten doordat stroomsnelheden langs de teen van deze objecten toeneemt, de erosiebestendig kan afnemen, de waterdoorlatendheid kan worden aangetast en de macro stabiliteit kan afnemen. Aantasting is onwenselijk omdat de waterveiligheid binnendijks niet mag afnemen, de kwel- en wegzijging binnendijks niet mag toenemen en de waterafvoerdeling bij het splitsingspunt niet mag wijzigen (als gevolg van falen van de leikaden). Om aan te tonen dat de standzekerheid geborgd is en de waterkerende en geleidende functies op niveau blijven, zijn huidige en toekomstige situaties met elkaar vergeleken. De volledige analyse is uitgewerkt in de separate memo Standzekerheid waterkeringen met documentnummer PL341.MEM.00608. Specifieke maatregelen die de waterveiligheid verbeteren ten opzichte van de huidige situatie vallen buiten de scope van project krib- en oeververlaging.

8.2.2 Standzekerheid primaire kering

Aan de linker oever raakt de primaire kering (DR 43-3, WSRL) ter hoogte van Sterreschans tussen rkm 869.460 en rkm 870.360 aan het Pannerdensch kanaal. Ook tussen de Roswaard en Kade Scherpekamp raakt de primaire kering tussen rkm 872.070 tot rkm 872.480 aan het kanaal. Op deze locaties ligt de insteek van het Pannerdensch Kanaal binnen de beschermingszone van de primaire kering. Het Pannerdensch Kanaal, op een afstand van 60 tot 90 meter van de buitenteen, vormt in de huidige situatie het maatgevende intredepunt. Binnen de beschermingszone (130 meter uit de buitenteen) worden geen oevers verlaagd. Het kleidek in de beschermingszone wordt ook niet aangetast met de verlaging van krib 3 en 4. Het maatgevende intredepunt voor de primaire kering is, en blijft na de krib- en oeververlaging, de insteek van de rivier. Daarmee is een verslechtering van de situatie ten aanzien van piping uitgesloten. Ingrepen hebben geen invloed op de macrostabiliteit van de kering.



Figuur 8-5: Primaire kering en leikades nabij ingrepen Pannerdensch Kanaal

Aan de rechter oever worden de ingrepen aan oever 2, 3 en 5 en de kribben 13 t/m 37 gescheiden van de primaire kering (DR 48, WRIJ) door de leikade, het regelwerk Pannerden en de Groene Rivier. Alle ingrepen op de rechteroever vallen tenminste 80 meter buiten de beschermingszone van dijkkring 48. Het huidige intredepunt van de primaire kering ligt in de groene rivier. Dit punt wijzigt niet door de ingrepen. Een toename van piping gevoeligheid is daarmee uitgesloten. Omdat alle maatregelen buiten de beschermingszone vallen en de Leikade en de Groene Rivier de maatregelen scheidt van de primaire kering is aantasting van de stabiliteit ook uitgesloten.

De effecten van het ingreep op de waterstanden en stroomsnelheden langs de primaire kering zijn op basis van Splittingspuntenmodel (SPLP) met 16000 m³/s en 10000 m³/s te Lobith inzichtelijk gemaakt (zie ook paragraaf 8.1). Dit model beschrijft de situatie na aanleg, waarin ook de instelling van het regelwerk Pannerden is aangepast. Langs de primaire kering leidt tot een toename van de stroomsnelheid met 0,1 m/s, zie figuur 8-2 in paragraaf 8.1.2. Deze toename op de stroomsnelheden aan de buitenteen van 1,0 m/s zullen niet leiden tot erosie van de bekleding.

Het Rivierkundig Beoordelingskader schrijft in beginsel voor dat er geen waterstandverhoging mag zijn langs hoge gronden of de primaire waterkering. Voor dijkringen 42, 43 en 47 blijft de maximum verhoging beperkt tot enkele mm. Zie ook paragraaf 8.1.6. Ter plekke van het projectgebied (de fysieke locatie van krib- en oeververlaging) treden significante verlagingen op, tot lokaal 14 cm stroomafwaarts van het regelwerk. Stroomopwaarts van het regelwerk treedt een significante verhoging op van de waterstand (4 cm bij 16000 m³/s) langs de primaire kering, veroorzaakt door de gewijzigde instelling van het regelwerk. Deze waterstandsverhoging is voorzien in Projectplan van het regelwerk en hierop is de primaire kering van dijkkring 48 uitgelegd. Daarom is er geen extra risico voor de hoogwaterveiligheid te verwachten van de opstuwing langs de bandijk aan de rechteroever bovenstrooms van het regelwerk Pannerden door deze nieuwe instelling. Over deze uitkomsten is gecommuniceerd met het verantwoordelijke Waterschap Rijn&IJssel. Het waterschap heeft daarover het volgende medegedeeld (via e-mail 24 maart 2020):

'De conclusie is dat er door de realisatie van de Krib- en Oeververlaging langs het Pannerdensch Kanaal geen grotere belastingen optreden op de primaire waterkering dan afgesproken en vastgelegd in het project m.b.t. regelwerk Pannerden.'

In de separate memo Standzekerheid waterkeringen met documentnummer PL341.MEM.00608 laat tabel 12 zien dat er geen negatieve effecten zijn te verwachten.

8.2.3 Standzekerheid leikaden

Figuur 8-5 in 8.2.2 paragraaf toont de ligging van de leikaden ten opzichte van de ingrepen. De ingrepen aan oevers en kribben liggen op tenminste 10 meter van de teen van de leikades en vallen voor alle leikaden buiten de maatgevende glijcirkels. Per te verlagen oever is het maatgevende profiel van de leikade doorgerekend op stabiliteit gebruikmakend van conservatieve aannames ten aanzien grondparameters. Deze analyses per oever laten geen achteruitgang in stabiliteit van de leikade zien. Zie de memo berekeningen stabiliteit leikades met documentnummer PL341.MEM.00601. De verlaging van de oever zelf vindt plaats onder een talud flauwer dan 1:10. Een dergelijk flauw talud is geotechnisch stabiel.

In het definitief ontwerp zijn langs de leikaden ter hoogte van de te verlagen oevers klei-inkassingen voorzien (zie paragraaf 6.4.3). Daarmee wordt voorkomen dat nabij de teen van de leikade erosie optreedt als gevolg van een zwakkere toplaag en tot 0,3 m/s hogere stroomsnelheden. Zie ook paragraaf 6.4. Door de kribvakken 13 – 14, 25 – 26, 31 – 32, 32 – 33, 34, 35 en het vak tussen oever 3 en krib 20 kribvakkente voorzien van kribvakbekleding, wordt voorkomen dat kribvakerosie op termijn leidt tot aantasting van de stabiliteit van de leikaden. Zie hiervoor ook paragraaf 7.5.

Het verval over de leikades op de rechteroever is bij hoogwater beperkt (max 1,50 m bij het net niet vollopen van de Groende rivier). Dit verval neemt niet toe als gevolg van het project. Het maatgevende intredepunt rond oever 3 en 5 ligt in de aanliggende kribvakken waar zo'n 15 meter voorland beschikbaar is. Dit intredepunt blijft gehandhaafd. Op de oevers 3 en 5 zelf is geen verschuiving van het intredepunt richting de leikade te verwachten. De deklaag op deze oevers toont binnen een afstand van 30 meter van de buitenteen dunne plekken (<0,5 m) en is lokaal volledig afwezig (zie hiervoor het verkennend bodemonderzoek). In de nieuwe situatie wordt deze zone voorzien van een inkassing met erosiebestendige klei. Het is de verwachting dat het intredepunt op de oevers 3 en 5 daarmee niet verschuift richting de leikade. Oever 2 wordt niet verlaagd maar enkele meters teruggelegd. Het intredepunt komt naar verwachting niet dicht bij de leikade te liggen omdat dit punt op basis van het uitgevoerde verkennend bodemonderzoek dicht bij de leikade ligt dan de nieuwe insteek met de rivier. Op de rechter oevers is op basis van bovenstaande geen toename van pipinggevoeligheid te verwachten.

Op de linker oever is bij oever 1 sprake van een negatief verval van maximaal 0,3 meter. De Klompenwaard kent hogere waterstanden dan het Pannerdensch Kanaal. Er is geen sprake van aantasting van het intredepunt. Mogelijk komt het uittredepunt in oever 1 in beperkte mate dicht bij de leikade te liggen. Echter het aandrijvend mechanisme is met 0,3 meter dusdanig klein dat met ruim 60 meter kwelweglengte piping uitgesloten kan worden.

Bij oever 4 geeft de kade Roswaard een afwijkende situatie. Doordat de buitendijkse Roswaard 'droog' blijft is het aandrijvend mechanisme voor piping hier het grootst (max 4,5 meter waterstandsverschil). Kade Roswaard (een ongenormeerde leikade in particulier eigendom en beheer) is in de huidige situatie reeds gevoelig voor piping doordat het intredepunt zich bij de buitenteen bevindt. De deklaag in het voorland is op veel plekken afwezig of minder dan 0,5 meter dik. In de nieuwe situatie komt het intredepunt niet dicht op de kade te liggen omdat de ingrepen verder van de leikade af plaatsvinden. Door het inkassen van erosieklasse 2 klei en het aanbrengen van een nieuwe rooflaag, is zelfs een kleine verbetering van de kwelgevoeligheid van de Roswaard mogelijk.

Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat de ingrepen voor de krib- en oeververlaging niet leiden tot een verschuiving van de maatgevende intredepunten bij de leikades, niet resulteren in een toename van het verval over de keringen, de macrostabiliteit niet verslechtert en de kades niet gevoeliger worden voor erosie.

In de separate memo Standzekerheid waterkeringen met documentnummer PL341.MEM.00608 is in de tabellen 5 t/m 10 een totaalanalyse van de leikaden weergegeven. Hieruit volgt dat met de beheersmaatregelen geen negatieve effecten zijn te verwachten op de leikaden.

Het verbetering van de huidige situatie of het oplossen van de pipinggevoeligheid van de Roswaard valt buiten de scope van KOP. Om deze pipingopgave geheel op te lossen, zou ruim 125 meter kwelweg gerealiseerd moeten worden. Het huidige voorland heeft een breedte van 25 tot 80 meter waarvan de deklaag op grote delen ontoereikend is.

8.3 Geohydrologie

8.3.1 Analyse geohydrologische effecten

Om de effecten van de ingrepen op de grondwaterstand inzichtelijk te maken is een geohydrologische verschilanalyse uitgevoerd op de in de Verkenningsfase berekende grondwaterstandseffecten of een wordt case scenario¹⁶. Deze verschilanalyse is opgenomen in het separate document PL341.MEM.610.

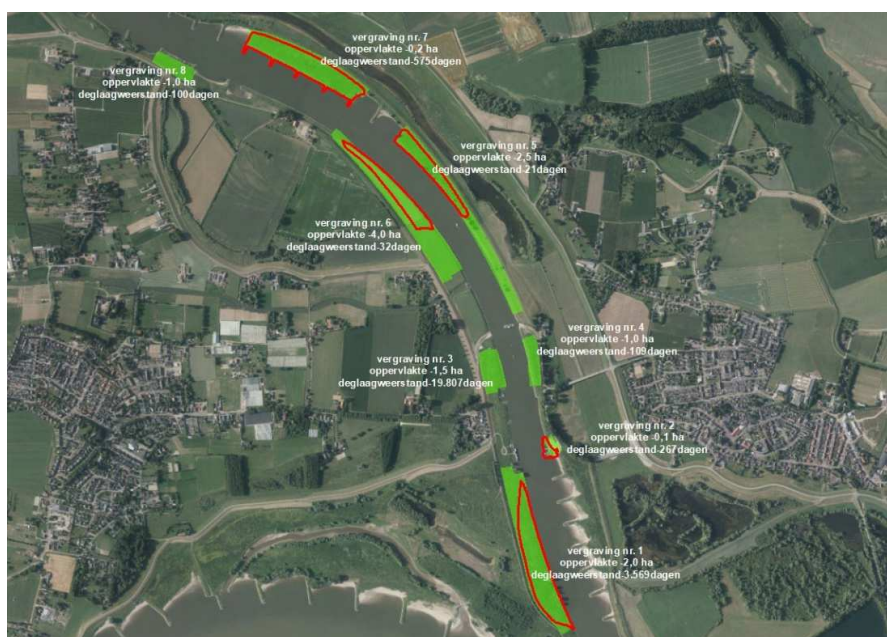
¹⁶ Geohydrologische effectbepaling krib- en oeververlaging Pannerdensch kanaal met kenmerk WATRC_BE7681-104-102_R0026_501386_f3.0

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	81/115

In de Verkenningfase is met het grondwatermodel MORIA van waterschap Rivierenland een worst case variant doorgerekend. Het MORIA model bestrijkt naast het beheergebied van Rivierenland ook een deel van het beheergebied van Rijn en IJssel waar mogelijk effecten optreden van de ingrepen. De berekeningen zijn stationair uitgevoerd waarmee de effecten een conservatieve benadering van de werkelijke effecten zijn.

De worst case variant bestaat uit 8 te verlagen oevers met een totaal oppervlak van circa 26 hectare, te verlagen tot maximaal OLR +1,2m, respectievelijk NAP 8,3 bij rkm 869. De geohydrologische studie toont dat het verschil in de berekende stijghoogten ruimschoots in de buitendijkse zone blijft (figuur 8). Hiermee wordt geconcludeerd dat de binnendijkse effecten niet significant zijn ($<0,05\text{m}$). Beide waterschappen zijn bij deze analyse betrokken en staan achter deze conclusie.

Vervolgens is een vergelijking gemaakt tussen de worst case ingreep en de DO maatregelen om de wijziging in bodemweerstand inzichtelijk te maken. Op alle oevers neemt de bodemweerstand toe ten opzichte van de worst case variant uit de Verkenningfase.



Figuur 8-6: Verschil in oppervlakte tussen worstcase Verkenningfase (groen) en het DO (rood)

8.3.2 Conclusie geohydrologische effecten DO

Bij uitvoering van het DO wordt minder oppervlakte aan de oevers en kribben (van 38 naar 35) vergraven en wordt de verticale weerstand van de deklaag minder gereduceerd. Als gevolg hiervan zullen de geohydrologische effecten van het DO beperkter zijn dan die van de worst case. Aangezien de effecten van Worst Case binnendijks niet significant zijn ($<0,05\text{m}$), zijn de effecten van het DO dat ook niet. Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat kwel en wegzijging binnendijks niet significant toenemen als gevolg van de ingrepen aan oevers en kribben.

8.3.3 Maatregel monitoring

Aanvullend op deze analyse wordt in de zomer van 2020 een plan voor grondwatermonitoring rondom de Roswaard opgesteld. Deze monitoring dient enerzijds als bevestiging van de geohydrologische studie. Anderzijds dient de monitoring als beheersmaatregel om bij eventuele schade in de binnendijkse omgeving onderscheid te kunnen maken tussen de reeds bestaande situatie en de nieuwe situatie. De monitoring dient te starten uiterlijk in het najaar van 2020 zodat de aankomende hoogwaterperiode gemonitord wordt. Intentie is de monitoring onder te brengen bij onder het reguliere monitoringsprogramma van de Waterkeringsbeheerder WSRL.

8.4 Te handhaven waterstaatkundige objecten

8.4.1 Overzicht objecten

In het projectgebied zijn enkele waterstaatkundige objecten aanwezig. Deze mogen in functie niet aangetast worden door de ingrepen zoals deze in het DO zijn vormgegeven. Dit betreft de volgende objecten:

- IJsgeluidsconstructie ter hoogte van Fort Pannerden, geïntegreerd in Leikade rechter oever. De ijsgeleidsconstructie wordt niet aangetast. Zie hiervoor paragraaf 8.4.3
- Uitstroomkokers Lobberdensche Waard (kribvak 13 – 14, rkm 868,70 rechter oever). De ingreep aan krib 13 en 14 blijft tenminste 20 meter bij de uitstroomkokers verwijderd. In het kribvak wordt in overleg met de beheerder kribvakbescherming aangelegd die aansluit op de reeds aanwezige constructies;
- Aanmeervoorziening cruiseschepen (linker oever rkm 869,400). Er vindt geen ingreep plaats ter plekke van de aanlegvoorziening. De stroomsnelheid neemt bij afvoeren met een mee stromend winterbed beperkt toe doordat de verlaagde oever 1 meer water trekt, hetgeen langs de cruiseterminal terug de vaarweg in stroomt. De extra belasting ten gevolge van deze extra stroming in de langsrichting van 0,3 m/s is zeer beperkt en een orde kleiner dan reguliere stootbelasting van een aanmerend schip. Ook de dwarsstroming blijft op deze locatie binnen de norm (zie paragraaf 8.1.3). Het toegangspad naar de aanlegsteiger wordt niet verlaagd. De functionaliteit van de terminal blijft behouden;
- Privé aanmeervoorziening (linker oevers rkm 869,555). Deze voorziening wordt niet aangetast. De stroomsnelheid neemt minder dan 0,2 m/s op 1,2 m/s toe ten opzichte van de referentiesituatie. Dwarsstroming neemt ter plaatse niet toe. De voorziening behoudt zijn functionaliteit;
- Regelwerk Pannerden. Er is geen fysiek raakvlak met het regelwerk. Net na realisatie van project KOP moet het regelwerk Pannerden in het veld opnieuw moeten worden ingesteld, waarbij de verwachting is dat er planken kunnen worden teruggeplaatst voor het beperken van het doorstroombare oppervlak in dit regelwerk. Zie verder paragraaf 8.4.2.

8.4.2 Regelwerk Pannerden

Het regelwerk Pannerden komt door deze nieuwe instelling meer in de buurt van het gewenste midden van het regelbereik. In de middenstand is het niveau waarbij het regelwerk Pannerden gaat meestromen circa 14 m+NAP bij een horizontale instelling van het regelwerk.

In het model is met behulp van actieve instelling van het regelwerk de nieuwe theoretische instelling van het regelwerk voor referentie bepaald. Voor het DO is op dezelfde wijze de instelling van het regelwerk bepaald. De resultaten zijn te zien in onderstaande. In praktijk kan de in deze studie bepaalde theoretische hoogte van het regelwerk Pannerden niet precies worden ingesteld, omdat het regelwerk gestandaardiseerde planken heeft van ca. 5 m x 1 m. Onderstaande tabel 8-5 geeft de theoretische instelling weer van huidig, VKA en DO.

Tabel 8-5: instellingenregelwerk Pannerden					
Simulatie	Instelling regelwerk	Debiet Lobith	Debiet Waal	Debiet Pannerdensch Kanaal	Opmerkingen
SPLP-REF	13,0326 m+NAP	16000 m³/s	10165 m³/s	5835 m³/s	Instelling 1
SPLP-VKA	13,8790 m+NAP	16000 m³/s	10164 m³/s	5836 m³/s	
SPLP-DO	13,8291 m+NAP	16000 m³/s	10164 m³/s	5836 m³/s	Instelling 2

- Groene Rivier Pannerden (rechteroever). Er zijn geen fysieke raakvlakken van het project met de Groene Rivier. De inundatiefrequentie wijzigt minimaal en bij hoge afvoeren neemt de waterstand enkele cm af ten opzichte van de huidige situatie. De functionaliteit ervan blijft intact;
- Veerstoep Doornenburg – Pannerden (rkm 870,0). Er worden in de nabijheid van de veerstoep geen maatregelen getroffen. De veerstoep behoudt zijn functionaliteit en beschikbaarheid. Voor effecten op de veerdienst wordt verwezen naar paragraaf 8.10.3.
- Gemaal de Linge (linkeroever rkm 870,2). Er worden in de nabijheid van het gemaal geen maatregelen getroffen. De krib- en oeververlaging heeft geen effect op de waterstanden bij lage en gemiddelde afvoeren. Bij hoge waterstanden in het effect orde grootte 5 tot 10 cm. Onder deze omstandigheden is het gemaal niet benodigd. Gemaal de Linge behoudt zijn huidige functionaliteit en beschikbaarheid;
- Particulier hevelgemaal Roswaard (linker oever rkm 871,9). Er zijn geen krib- of oeververlagingen voorzien nabij het hevelgemaal. In de huidige situatie is het hevelbereik beperkt door de relatief hoog gelegen uitstroomopening. De waterstandseffecten van het DO zijn ter hoogte van het gemaal niet van invloed op het functioneren of de beschikbaarheid van de hevel.
- Instroomvoorziening Scherpekamp (linker oever rkm 873,1). De instroomvoorziening ligt ter hoogte van kribvak 8 – 9. Kribben 8 en 9 worden verlaagd met de insteek verschoven richting de rivier. Op basis van expert judgement wordt verwacht dat in algemene zin onbeschermde kribvakken 5 tot 10 meter extra zullen eroderen. De insteek van de kribverlaging van de kribben 3 t/m 10 ligt echter niet bij de kribwortel maar dichterbij de rivier toe waardoor hier minder erosie wordt verwacht. Met een afstand van 25 meter tussen het kribvak en de inlaatconstructie is aantasting van de constructie en de leikade uitgesloten. Er is geen effect op de functionaliteit van de inlaat te verwachten;
- Gemaal Kandia (rechter oever uitstroom via de Keel bij rkm 873,5). Gemaal Kandia ligt buiten het projectgebied van KOP. Er zijn geen fysieke maatregelen in de nabijheid van het gemaal. De waterstandseffecten en toename in stroomsnelheden zijn zodanig beperkt dat het functioneren van het gemaal niet wordt aangetast.

8.4.3 IJsgleidingsconstructie in het Pannerdensch kanaal

In de jaren '50 van de vorige eeuw zijn in de oevers van het Pannerdensch kanaal op strategische locaties ijsgleidingsconstructies opgenomen. Deze hebben tot doel bij ijsvorming op de Waal en in het kanaal ijsschotsen te geleiden zodat er geen schade aan de leikades ontstaat en ophopen van drijfijis wordt beperkt. Deze ijsgleidingsconstructies hebben een belangrijke rol in het watersysteem en mogen in functionaliteit niet aangetast worden door de ingrepen vanuit de krib- en oeververlaging. De locatie van de constructies is beperkt gedocumenteerd. Door middel van aanwijzing en veldinspectie zijn de locaties bevestigd.

De bovenstroomse constructie bevindt zich op de rechter oever ter hoogte van fort Pannerden. Deze constructie bevindt zich aan de rand van het projectgebied. De constructie bestaat uit een basalt zetstenen oeverconstructie en met klinkers beklede leikade. De kop van de leikade is voorzien van basaltbekleding. Ter hoogte van de ijsgleidingsconstructie wordt krib 13 verlaagd met circa 0,80 meter. De ingreep blijft buiten de oever en tast de oeverbekleding niet aan. De ijsgleidingsconstructie wordt niet aangetast. Ook leidt het project niet tot effecten op stroming of waterstand die het functioneren van het geleidingswerk beïnvloeden.



Figuur 8-7: Bovenstroomse ijsgeleidingsconstructie ter hoogte van kribvak 12-13



Figuur 8-8: Kop van ijsgeleidingsconstructie ter hoogte van fort Pannerden

De tweede ijsgeleidingsconstructie bevindt zich ruim buiten (benedenstrooms van) het projectgebied nabij het splitsingspunt Nederrijn / IJssel. Ook deze constructie wordt niet aangetast door de ingrepen in het Pannerdensch Kanaal. Ook leidt het project niet tot effecten op stroming of waterstand die het functioneren van het geleidingswerk beïnvloeden.

8.5 Natuur

De effecten van het DO op de natuurwaarden hebben een permanent en tijdelijk karakter. De permanente effecten komen voort uit de toename van de inundatiefrequentie van de lage delen van de oevers. Waar de oever nu stenig en begroeid is, ontstaat een flauwe slikkige oever met pioniersvegetatie. Het vegetatiebeheer is op de verlaagde oevers gericht op het vlak houden van de oevers onder de NAP 10,0 meterlijn. Doordat de oever relatief flauw is, wordt een relatief dynamische zone verwacht laag op de oever. Naar verwachting levert dit meer diversiteit op in het projectgebied. De verlaging van de kribben heeft geen tot zeer beperkte gevolgen voor aanwezige soorten en doeltypen. De te kappen bomen hebben lage ecologische waarden. De tijdelijk effecten van het DO zijn hinder en verstoring door werkzaamheden en uitstoot van stikstof.

Voor het project zijn meerdere ecologische onderzoeken uitgevoerd. Deze zijn waar benodigd opgenomen bij de vergunningaanvragen. Het betreffen:

- Natuurtoets Verkenningfase op de effecten op beschermde gebieden en soorten (Voortoets Natura 2000) - Fysieke aantasting van en negatieve effecten op habitattypen door de beoogde

- waterstandsdeling en dus verminderde overstroming en basenaanvoer worden hierin uitgesloten. Ook zijn er geen permanente negatieve effecten op habitat- en vogelrichtlijnsoorten;
- Aanvullende Passende Beoordeling Verkenningfase - Voor het foerageergebied van de smient is in de verkenningfase aanvullend een Passende Beoordeling op het VKA opgesteld. Uit de Passende Beoordeling blijkt dat significant negatieve effecten op (het leefgebied van) de smient niet optreden als de te verlagen graslandoevers ook als grasland worden beheerd. Om de benodigde waterstandsverlaging te realiseren, maar ook te behouden, dient door middel van beheer de vegetatie op de oevers laag te worden gehouden. Dit betekent dat een natuurlijke ontwikkeling tot oobosstruweel of bos niet is toegestaan. Deze wijze van beheer is opgenomen in het B&O plan;
 - Inventarisatie beschermde soorten in de Verkenningfase naar het voorkomen van beschermde flora en fauna;
 - Passende Beoordeling aanlegfase in uitvoering in de Planuitwerkingsfase - waarin de verstoring van de smient tijdens de aanlegfase aan bod komt en de effecten door stikstofdepositie zijn beoordeeld. De effecten door stikstof waren ook al in de natuurtoets in de Verkenningfase beoordeeld en negatieve effecten uitgesloten. Door het vervallen van het Programma Aanpak Stikstof (PAS), was echter een nieuwe beoordeling nodig. Deze nieuwe beoordeling is uitgevoerd en krijgt een vervolg via het via het vergunningenspoor van de Wnb;
 - BPRW toets Planuitwerkingsfase - Op basis van de BPRW-toetsing voor Krib- en oeververlaging Pannerdensch Kanaal zijn geen negatieve effecten te verwachten op de biologische kwaliteitselementen in waterlichaam Nederrijn/Lek. De KRW-doelstellingen waarop de activiteit mogelijk effecten heeft, kunnen nog behaald worden als de activiteit daadwerkelijk plaatsvindt;
 - Bomeninventarisatie verkenningfase - Hieruit volgt dat in twee te kappen bomen nesten aanwezig zijn die in 2020 nog verder onderzocht worden.

De onderzoeken laten zien dat het DO geen significantie negatieve effecten heeft voor de natuur en dienen als basis voor het overleg met de vergunningverlenende instanties. Daarmee vindt afstemming plaats om te komen tot de vergunningaanvragen. Het gaat dan om:

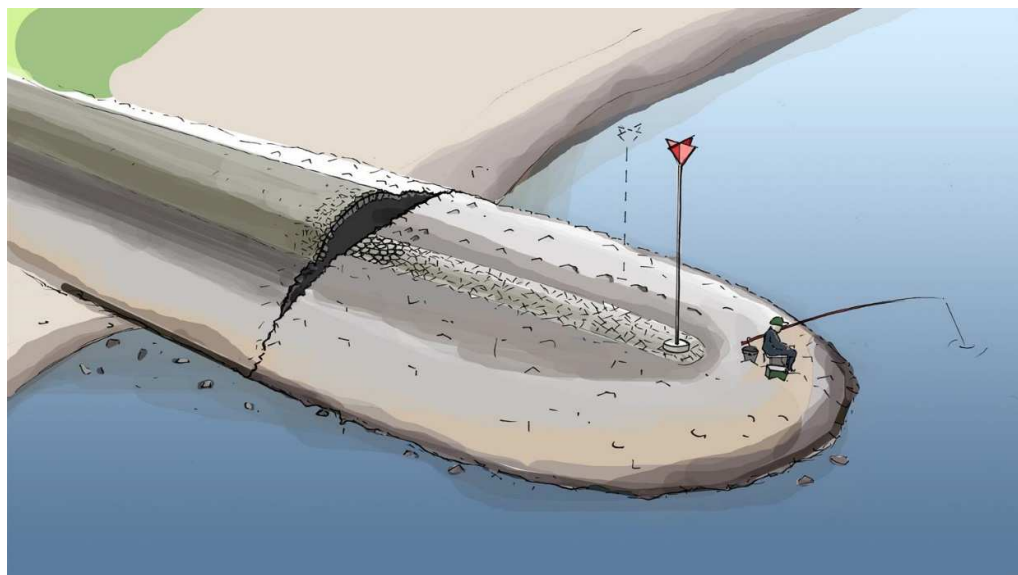
- Een vergunning Wet natuurbescherming voor de tijdelijke uitstoot van stikstof en het foerageergebied van de smient;
- Een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming voor de rivierrombout en de twee nesten;
- Omgevingsvergunningen voor het kappen van bomen.

8.6 Landschap en ruimtelijke kwaliteit

Met de krib- en oeververlaging wijzigt het rivierenlandschap. De verlaagde kribben zijn circa 150 dagen per jaar niet meer zichtbaar omdat ze onder water staan. In de huidige situatie is dat zo'n 30 dagen per jaar. Dit is inherent aan de verlaging. De kribben worden allen op eenzelfde manier verlaagd waardoor een onderling samenhangend beeld ontstaat. De krib behoudt de herkenbare materialisatie van stortsteen onder en zetsteen boven waardoor de verbinding blijft tussen oud en nieuw en verlaagde en niet-verlaagde kribben en oevers. In de separate memo Ontwerptoets ruimtelijke kwaliteitseisen met documentnummer PL341.MEM.00604 wordt in gegaan op de ruimtelijke kwaliteitseisen.

De gezette kribkap verdwijnt en maakt plaats voor een bredere flauwe gestorte kruin voorzien van een gezet inspectiepad met hergebruikte basaltstenen. Dit levert een nieuw beeld op in het kanaal waarbij door het hanteren van overgangstaluds 1:3 – 1:7 en een horizontale kribkruin de gewenste afgeronde vormen enigszins terugkomen.

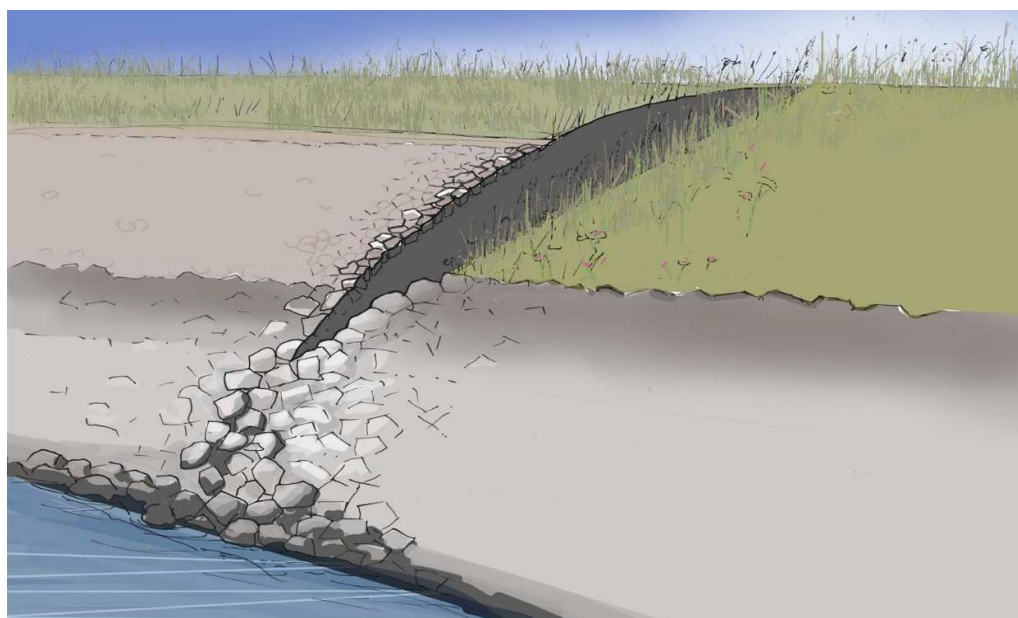
De verhouding stortsteen en zetsteen wijzigt waarbij stortsteen de overhand heeft. Echter doordat de gehele krib verlaagd wordt, zal onder normale omstandigheden de zichtbare verhouding van zetsteen en stortsteen dichter bij het oorspronkelijke beeld liggen. De aansluiting op de oevers blijft vloeiend.



Figuur 8-9: Impressie van verlaagde krib bij zeer lage waterstanden (ter vergelijking is de hoogte van de oude oever aangegeven met het zwarte vlak, dit is dus niet de overgang tussen oude en nieuwe deel van een krib)

Op de verlaagde oevers reikt de harde bekleding minder hoog dan in de huidige situatie. Gemiddeld is de harde bekleding 2 tot 3 maanden per jaar niet meer zichtbaar. In de huidige situatie is dat 1 maand per jaar. De hoog gelegen zetstenen glooiing komt in het nieuwe ontwerp niet terug. Omdat in de praktijk deze zetstenen glooiing beperkt zichtbaar is als gevolg van sedimentatie en oevervegetatie zal het in het eindbeeld op dit aspect niet sterk afwijken. Wel wordt de bekleding boven het niveau OLR +1,7m (zo'n 200 dagen per jaar zichtbaar) onder een flauwer talud aangelegd.

De oevers worden aangelegd onder taluds flauwer dan 1:10. De huidige steile oevers 1:3 komen niet terug boven de insteek. Aansluitingen op het bestaande maaiveld worden conform te wensen vanuit beheer vloeiend uitgevoerd. Voor de krib- en oeververlaging is de doelstelling verbeteren ruimtelijke kwaliteit in de Planuitwerkingsfase los gelaten. Aan het beeldkwaliteitsplan uit de Verkenningfase is geen volledige invulling meer gegeven.



Figuur 8-10: Impressie van verlaagde oever (links de huidige oever, rechts de verlaagde)

8.7 Archeologie

In het separate oplegmemorandum archeologie met documentnummer PL341.MEM.00699 zijn de archeologische onderzoeken nader beschreven. Op basis van de verschillende rivierkaarten, topografische kaarten en een landmeetkaart uit 1796 konden alle 38 kribben gedateerd worden. In sommige gevallen is in het verleden wel een krib aanwezig geweest ter hoogte van de huidige krib, maar ligt deze door de ontwikkeling van de oevers van het kanaal soms meer dan 30 meter dieper landinwaarts (bijvoorbeeld krib 21, 23 en 25). Van de 38 kribben dateren 14 kribben van voor 1893. De oudste kribben (krib 3 en 5) dateren volgens een landmeetkaart uit 1796 ergens tussen 1745 en 1796. De 12 overige kribben dateren tussen 1804 en 1892. De 25 kribben die dateren na 1893 zijn aangelegd in 1983 (1 krib), 1933 (18 kribben) en 1957 (6 kribben). Het gebied en kribben hebben een lage verwachtingswaarde op het gebied van cultuurhistorie en archeologie. In afstemming met het Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed is overeengekomen dat zekerheidshalve 3 historisch significante kribben onder archeologische begeleiding verlaagd zullen worden.

In het Pannerdensch kanaal wordt krib 2 bij rkm 869,635, de linkeroever verlaagd. Uit het archeologisch vooronderzoek is gebleken dat er een (mogelijk) scheepswrak aanwezig is nabij de betreffende krib. Hier is nader onderzoek naar verricht, onder ander op basis van historische gegevens en meetgegevens. Geconcludeerd is dat het een recent wrak is zonder archeologische waarde, waarschijnlijk een roeisloep. Verder onderzoek is dan ook niet nodig.

8.8 Bodem

Op de oevers is verkennend waterbodemonderzoek uitgevoerd naar de milieu hygiënische kwaliteit van vrijkomende grond. Zie hiervoor de memo's per oever met documentnummers PL341.BRA.00660. Het waterbodemonderzoek is gebaseerd op de richtlijnen uit de NEN 5717 en de NEN 5720. De NEN 5717:2017 beschrijft de werkwijze voor het uitvoeren van vooronderzoek bij verkennend waterbodemonderzoek naar de (mogelijke) aanwezigheid van waterbodemonverontreiniging en de werkwijze voor het bepalen van de milieu hygiënische kwaliteit van de waterbodem en eventueel daaruit vrijkomende baggerspecie. Het bodemonderzoek toont op alle oevers verontreiniging. Daarnaast is in een deel van de monsters tevens een concentratie PFAS waargenomen.

Hergebruik van de vrijkomende grond is daarmee beperkt mogelijk omdat dit strijdig is met het wettelijk voorschrift geen vervuilde grond op schoon terug te brengen. Consequentie hiervan is dat voor de inkassing van klei, schone klei aangevoerd moet worden en nauwelijks gebruik gemaakt kan worden van de vrijkomende klei. Daarnaast is tot op heden nog niet onderzocht of de vrijkomende klei ook aan de fysische voorwaarden voldoet. In de UO-fase wordt nog onderzocht of het deel schone klei ook voldoet aan de fysische eigenschappen, zodat deze dan toch hergebruikt kan worden. Tevens kan de roofigrond van oever 4 niet worden teruggebracht. Hiervoor dient circa 6.000 m³ schone roofigrond aangeleverd te worden. Dit komt de bodemkwaliteit ten goede.

Waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van achterblijvende kleilagen aan het oppervlak van de verlaagde oevers. Op basis van het verkennend bodemonderzoek en grondradar zijn deze zones in beeld gebracht en verwerkt in de DO maatregelen. Onderstaande figuur toont klei deklagen van tenminste 0,5m na verlagen van de oevers.



Figuur 8-11: Aanwezige klei deklagen (geel) na afgraven van oevers

De groundbalans is opgenomen als bijlage met documentnummer PL341.MSP.00667. In tabel 8-6 staan de hoeveelheden per oever en milieuclassificatie weergegeven. In tabel 8-7 staat de hoeveelheid vrijkomende grond uit de kribben, uitgesplitst naar milieukwaliteit.

In aanvulling op het reeds uitgevoerde verkennende waterbodemonderzoek op de oevers en het indicatief onderzoek op de kribben worden in de UO fase voor realisatie de volgende onderzoeken naar de milieukwaliteit uitgevoerd:

- Verificatie uitgevoerde onderzoeken - Dit betreft een verificatie of op basis van het definitieve ontwerp het onderzoek voldoende dekkend is en gebruikt kan worden (ook gelet op gescheiden ontgraven) voor de realisatie van het project;
- Onderzoek ter plaatse van de oeverranden - Bij de oeverranden wordt nog aanvullend onderzoek uitgevoerd op basis van een verificatie van het definitieve ontwerp. Dit betreft dan zowel onderzoek van de waterbodem als onderzoek van de aanwezige bestorting (afhankelijk van het type bestorting);
- Aferkend onderzoek - Conform NEN5720 zal bij alle oevers waar NT-materiaal is aangetroffen aferkend onderzoek nodig zijn om de omvang van dit NT-materiaal in horizontale en verticale richting vast te stellen. Hierbij wordt de grens tussen NT-materiaal en hergebruiksmateriaal in beeld gebracht;
- Onderzoek bij de kribben - Voor het verkrijgen van een erkend bewijsmiddel voor toepassing van het vrijkomend materiaal is nog aanvullend onderzoek noodzakelijk dat voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit, voor de opzet van het onderzoek wordt aangesloten bij het Memo van RWS, Wettelijke vereisten t.a.v. grondverzet bij kribverlagingen, d.d. 30-01-19;

- Asbestonderzoek bij puin - Bij het aantreffen van puin in de waterbodem is een aanvullend asbestonderzoek noodzakelijk om vast te stellen of er sprake is van de aanwezigheid van asbest in de puinhoudende waterbodemplagen;
- Aanpassing laad en losplaats - Waterbodemonderzoek en indien nodig eventueel bestortingsmateriaal;
- Emissie/immissietoets - Onderbouwing van achterwege laten en of deze toets uitvoeren bij verslechtering van de waterbodem bij ontgraven of ontstienen.

Tabel 8-6: Grondbalans oevers

Ontgraven						Aanvullen	
	Klasse AW m3	Klasse A m3	Klasse B m3	NT m3	Totaal m3	Kleilaag m3	Teelgrond m3
Oever 1						3.862	0
	18.839	18.370	37.524	5.385	80.118		
Oever 2						0	0
	0	0	2939	0	2.939		
Oever 3						3.435	0
	3.557	5.739	16.958	2.840	29.094		
Oever 4						1.184	5.505
	9.913	3.824	13.967	370	28.075		
Oever 5						4.461	0
	3.408	14.003	34.617	10.681	62.709		
Totaal	35.717	41.936	106.004	19.276	202.934	12.942	5.505

Tabel 8-7 Grondbalans kribben

Ontgraven kribben	
	Zand
AW m3	6.331
A m3	4.205
B m3	2.556
NT m3	0
Totaal	13.093

De grond is in het uitgevoerde milieu-hygiënische onderzoek tevens onderzocht op PFAS-gehalte. Hierbij is voor het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden voor deze fase alleen gekeken naar geschiktheid op basis van beoogde afvoer. In het UO wordt de grondbalans definitief gemaakt (mede op basis van de nog uit te voeren aanvullende onderzoeken). Indien noodzakelijk worden dan ook andere toepassingsmogelijkheden bekeken.

Hierbij is als volgt getoetst:

In onderstaande tabel zijn de PFAS gehalten getoetst aan de geactualiseerde versie van het Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (versie 2 juli 2020):

- **Categorie 4.7:** Baggerspecie toepassen in hetzelfde oppervlaktewaterlichaam of aansluitende

(sedimentdelende) stroomafwaarts gelegen oppervlaktewaterlichamen als bedoeld in artikel 35, onder g, BBK (verspreiden van baggerspecie in zoet of zout oppervlaktewater).

- **Categorie 4.8.1:** Baggerspecie toepassen in hetzelfde oppervlaktewaterlichaam in ophogingen in

waterbouwkundige constructies, uitgezonderd de diepe plas, als bedoeld in artikel 35, onder d, BBK

- **Categorie 4.8.2:** Het in een ander oppervlaktewaterlichaam uitgezonderd een diepe plas: o verspreiden van baggerspecie (bij niet-sedimentdelende oppervlaktewaterlichamen) als bedoeld in artikel 35, onder g, BBK en

o het toepassen van baggerspecie en grond in ophogingen in waterbouwkundige constructies als

bedoeld in artikel 35, onder d, BBK.

- **Categorie 4.9.1:** Baggerspecie en grond toepassen in niet-vrijliggende diepe plassen die in open verbinding staan met een rijkswater.
- **Categorie 4.9.2:** Baggerspecie en grond toepassen in andere diepe plassen dan bedoeld onder 4.9.

Tabel 8-8: Mogelijke toepassingen o.b.v. gemeten gehalte PFAS.

	NT	Cat 4.7 en 4.8.1	Cat 4.8.2 RW + 4.9.1	Cat 4.8.2 niet RW + 4.9.2
	m3	m3	m3	m3
Oever 1				
	5384	74735	50961	48633
Oever 2				
	0	2939	2939	2068
Oever 3				
	2841	26253	13609	8603
Oever 4				
	370	27705	13939	13000
Oever 5				
	11089	51618	17604	13505
Totaal	19684	183250	99053	85809

8.9 Niet gesprongen explosieven

Het projectgebied is grotendeel verdacht op het aantreffen van niet gesprongen explosieven. Hiervoor is een bureaustudie uitgevoerd en heeft in afstemming met Rijkswaterstaat en na goedkeuring van bevoegde gezagen Gemeente Lingewaard en Gemeente Zevenaar vlakdekkende detectie plaatsgevonden van de te verlagen oevers. Dit onderzoek heeft NGE verdachte objecten in beeld gebracht en is uitgevoerd door een WSCS-OCE gecertificeerd bedrijf. De resultaten zijn opgenomen in de separate detectie rapportage met documentnummer PL341.PNG.00662.

In het detectieonderzoek is het ruimtebeslag van het VKA gebruikt als basis voor het onderzoek. In het DO is het ruimtebeslag van de ingrepen verkleind (van 16,2 naar 13,6 hectare). Voor de gebieden die wel gedetecteerd zijn, maar waar nu geen werkzaamheden zijn voorzien wordt geen benadering van de objecten (en eventueel ruiming) uitgevoerd.

De verdachte objecten binnen de contouren van het DO worden benaderd en geruimd voordat wordt gestart met grondroerende werkzaamheden. Op kribben en de verdedigde gestrekte oevers is geen detectie uitgevoerd omdat de aanwezige waterbouwsteen leidt tot een verstoord beeld. Hier wordt binnen de verdachte gebieden, conform bijlage 4 van het WSCS-OCE een beveiligde graafmachine ingezet. Er is een OCE-deskundige aanwezig om toezicht te houden op de ontgraving/ontstening tot aan de naoorlogs ongeroerde grond. Indien hierna dieper gegraven gaat worden (in de ongeroerde grond) wordt realtime detectie met gelijktijdige benadering toegepast c.q. gecontroleerd ontgraven

8.10 Scheepvaart

8.10.1 Effect op scheepvaart in de realisatieperiode

De werkzaamheden worden grotendeels vanaf het water uitgevoerd. Af- en aanvoer van grond- en bouwstoffen vindt plaats over het water. Dit kan leiden tot onveilige situaties voor de scheepvaart. Er mag geen tot zeer beperkte hinder optreden (hinderklasse 1). Om de risico's en overlast te beperken

wordt gewerkt volgens een door de vaarwegbeheerder goedgekeurd scheepvaartmanagementplan. Hierin worden onder andere werkvoorschriften en afspraken gemaakt over:

- De minimale onderlinge afstand van werkzaamheden op dezelfde oever en op tegenovergelegen oevers en op de kribben;
- De locaties en voorwaarden van laad- en losvoorzieningen en;
- Het maximaal aantal sets in het projectgebied;
- Werkschepen mogen niet in de vaargeul liggen en;
- De voorwaarden waaronder werkschepen de vaargeul mogen kruisen;.
- Bij mogelijke beperking en/of hinder voor het (scheeps)vaartverkeer op het Pannerdensch Kanaal dient het (scheeps)vaartverkeer tijdig te zijn gewaarschuwd door middel adequate bebording.

Onder de voorwaarden van het scheepvaartmanagementplan en het uitvoeringsplan blijven de effecten voor het overige scheepvaartverkeer beperkt.

8.10.2 Effect op scheepvaart in de exploitatieperiode

In de exploitatiefase is het van belang dat er geen verslechtering van de navigeerbaarheid optreedt als gevolg van een toename van dwarsstromen of normoverschrijding. In paragraaf 8.1.3 zijn de kritieke locaties voor dwarsstromen gepresenteerd. Met de optimalisaties in het DO blijft de situatie gelijk aan, of verbetert de situatie op 1 locatie na, ten opzichte van de referentiesituatie. Deze locatie ligt net buiten het projectgebied en kan, gegeven de kribverlagingen niet gemitigeerd worden. Het effect van het DO wordt als een verbetering beschouwd.

De zichtbaarheid op het Pannerdensch Kanaal neemt toe omdat een aantal hoge oevers wordt verlaagd. Het is dus makkelijker om 'de bocht door te kijken'. De feitelijke vaargeul en de afstand tussen de kribben blijft gelijk. Echter door de verlaging komen de kribkop, het kribbaken en de bakenlijn dichter op de rivieras te liggen. Zie ook figuur 7-11 in paragraaf 7.4

8.10.3 Effect op Veerdienst Pannerden – Doornenburg

De beschikbaarheid van veerdienst blijft ongewijzigd bij lage afvoeren en neemt iets toe bij hoge afvoeren. Het effect van de gewijzigde instelling van het regelwerk is niet merkbaar op de veerdienst omdat dit bij waterstanden merkbaar is waarbij de hoge veerstoeep niet meer gebruikt kan worden (afvoeren boven 10.000 m³/s bij Lobith, waterstand bij het veer boven NAP 11,5 meter. Voor een uitgebreide analyse van de beschikbaarheid van de veerdienst wordt verwezen naar het separate memo beschikbaarheid Veerdienst met documentnummer PL341.MEM.00609.

8.11 Sportvisserij en recreatie

8.11.1 Sportvisserij

De trefkans op aanwezigheid van sportvissers op de kribben is langs het Pannerdensch Kanaal 50-75%. Ook worden alle kribben gebruikt bij viswedstrijden (in 2018 21 wedstrijddagen). De kribben zijn allen vergund als vislocatie. De huidige kribben zijn voorzien van een gezette kribkop. De meeste kribben hebben ook een gezette kribkap waardoor ze goed toegankelijk zijn met een visuitrusting. De nieuwe kribben worden circa 1,5 tot 2 meter verlaagd. De bruikbaarheid van de kribben als visstek neemt af van gemiddeld 300 dagen per jaar naar circa 200 dagen per jaar. Doordat er een inspectiepad op de kribben wordt aangelegd, blijven de kribben, als ze droog liggen, wel goed begaanbaar.

8.11.2 Recreatie

Ten aanzien van de begaanbaarheid van de kribben voor overige recreatie geldt hetzelfde voor wat betreft begaanbaarheid als in de vorige paragraaf. Als gevolg van de oeververlaging inunderen de oevers eerder dan in de huidige situatie. Het gebied behoudt de huidige mate van toegankelijkheid, de hoog gelegen wandelpaden worden niet aangetast en op de rechteroever blijven de huidige struinpaden ten zuiden van het veer intact.

8.12 Landbouw

Binnen het projectgebied hebben twee percelen op oever 4 een agrarische functie. Het betreft het gebruik als paardenweide, voor grasproductie en voor het uitrijden van mest. Als gevolg van het verlagen van oever 4 neemt van het laagste deel van de oever de beschikbaarheid met enkele maanden in het natte seizoen af. Zie ook paragraaf 6.2.4 en tekening 3015 'inundatielijnen oevers' met documentnummer PL341.TEK.00630.

De oever voor kade Scherpekamp, aansluitend op kribben 4 t/m 10 wordt ook ingezet als productiegroenland. Deze wordt niet verlaagd, ook ligt het niet in de lijn der verwachting dat dit perceel aangetast wordt door erosie in de kribvakken. Kribvakken 6-7 en 8-9 zijn gevoelig voor erosie en worden voorzien van kribvakbekleding. Zie hiervoor ook paragraaf 7.5.4.

8.13 Kabels, leidingen en Betuwetunnel

In het projectgebied lopen diverse kabels en leidingen. In de separate memo Overzicht K&L met documentnummer PL341.MEM.00613 worden de kabels, leidingen en de tunnel in beeld gebracht en beschouwd of knelpunten optreden. Binnen de beïnvloedingszone van maatregelen en verwachte erosie liggen:

- Loze laagspanningsleidingen van RWS, door de oevers en kribben, voorheen gebruikt ten behoeve van voeding van de lichtopstanden. Deze leidingen kunnen zonder gevolgen opgeruimd worden waarbij in overleg met de beheerder (RWS ON) bekeken wordt of de kabels ook buiten het projectgebied tot aan de schakelkasten geruimd dienen te worden;
- Hoogspanningskabel van Tennet. Deze hangt op circa 30 meter (ntb) boven maaiveld. Aandachtspunt is het gebruik van kraanschepen tijdens de realisatie nabij kribben 3 - 4 en 30 - 31. Op basis van de veldinspectie op 1-4-2020 wordt geen aanvullende erosie in kribvak 3-4 verwacht waardoor de stabiliteit van de fundering van de hoogspanningsmast echter dit kribvak niet in het geding is;
- Drie buisleidingen (in beheer bij Gasunie) kruisen het kanaal ter hoogte van de kribvakken 4 - 5, 5 - 6, 31 - 32 en 32 - 33. De 2 laatst genoemde kribvakken worden voorzien van in te graven kribvakbekleding. Naar verwachting liggen de leidingen enkele meters onder de constructie. In afstemming met Gasunie wordt in de UO fase bepaald hoe met dit raakvlak omgegaan wordt en of maatwerk benodigd is ter hoogte van de kruising. Zie ook paragraaf 7.5.4 en het memo ontwerp kribvakbekleding, PL341.MEM.00663;
- De Betuwetunnel ligt op 160 meter van de eerst te verlagen krib (krib 37). De tunnelbuis had bij aanleg circa 8,50 gronddekking ter hoogte van de vaargeul. Naar verwachting is deze dekking over 40 jaar (2060) nog 7,80 m. Dit is circa 0,5 meter minder dan zonder ingreep van KOP te verwachten is. De benodigde dekking van de tunnel om schade en opdrijven te voorkomen wordt verzorgd door erosiebestendige matten op de tunnelbak en gronddekking. Met de gemodelleerde erosie en resterende dekking van 7,8 meter is de verwachting van Prorail dat de stabiliteit van de tunnel niet in het geding komt. In de UO fase (ontwerploop 4) wordt deze verwachting gecontroleerd met een opdrijfanalyse. Zo kan tevens een doorkijk worden gegeven naar de minimaal benodigde dekking bij voortschrijdende erosie na 2060. Onderbouwende correspondentie is opgenomen in het projectdossier van RWS (GRIP);
- Overige kabels en leidingen liggen buiten de maatregelen en de verwachte erosiezones. Dit geldt ook voor de bovengenoemde buisleidingen van Gasunie.

9. Beheer en onderhoud

9.1 Doelstelling

Het beheer wordt vastgelegd in het beheer en onderhoudsplan (B&O-plan) met kenmerk PL341.PBO.00669. Het vertaalt de ontwerpmaatregelen naar de wijze waarop de nieuwe situatie te beheren is. Het B&O plan heeft tot doel inzicht te geven in de wijze waarop het toekomstig beheer uitgevoerd dient te worden om te kunnen zorgdragen voor duurzame en kostenefficiënte instandhouding van de aanwezige functies en objecten. Hierbij gaat specifieke aandacht uit naar de disciplines geohydrologie, hydro-morfologie (rivierkunde), natuurwet- en regelgeving en vegetatiebeheer.

Voor een volledig beeld van het beheer en onderhoud wordt verwezen naar het werkdokument 'Beheer en Onderhoudsplan KOP'. Het B&O blijft op verzoek van de beheerder een werkdokument dat meeloopt met de uitwerking van het ontwerp en realisatie. Het wordt pas afgerond na oplevering van de kribben en oevers aan de beheerorganisatie. Als bijlage is de vegetatiekaart met documentnummer PL341.ECO.00671 voor het projectgebied opgenomen met daarin een overzicht van vegetatietypen en de te hanteren interventiewaarden.

9.2 Algemene onderhoudsinspanning

Het bevorderen van de hoogwaterveiligheid vormt de hoofddoelstelling van het project kribverlaging Pannerdensch kanaal. De aangepaste kribben en oevers moeten goed aansluiten op de functies en waarden die reeds in het gebied aanwezig zijn, waarbij een vlotte en veilige afwikkeling van de scheepvaart essentieel is. Deze doelen vormen een belangrijke leidraad voor het beheer en onderhoud.

Het beheer en onderhoudsplan wordt lopende het project verder in detail ingevuld. Op het moment van vaststelling van voorliggende ontwerpnota is het van belang dat duidelijk is dat het beheer en onderhoud ook daadwerkelijk binnen de kaders uit te voeren is. Dit is het geval, de hoofdlijnen bestaan uit:

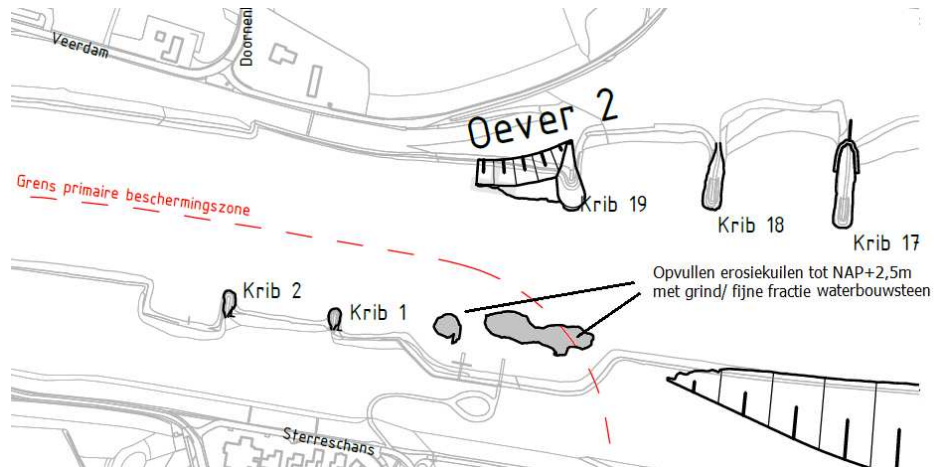
- Een zo natuurlijk mogelijk beheer van de oeverzones wordt nagestreefd, zodat een natuurlijke vestiging van plantsoorten ontstaat (zonder dat hier een bepaalde natuurdoeltype wordt nagestreefd). Er wordt gekozen voor het inzaaien van de te verlagen oevers, om een gunstige uitgangssituatie voor beheer te krijgen, aansluitend bij de maximale ruwheden. Het inzaaien voorkomt daarnaast erosie op de daarvoor gevoelige delen. De oeverzones worden beheerd via extensieve begrazing met runderen en/of paarden, aangevuld met verschalend maaibeheer;
- Voor het hoogwaterseizoen (oktober – april) dienen de lage delen van de oevers glad genoeg te zijn om de maximaal toegestane hydraulische ruwheid niet te overschrijden. Dit gebeurt door jaarlijks houtige opslag te verwijderen, in het voorjaar te maaien en extensief te begrazen;
- Maaien geschiet in het voorjaar omdat maaien in het najaar leidt tot voedselschaarste voor de grazers in de winterperiode;
- Vanwege het belang van scheepvaart in de rijntakken is er een duidelijk beleid over de minimale waterdiepte in de vaargeul. Bij een te kleine waterdiepte dient gebaggerd te worden. Er geldt dat er een minimale hinder voor de scheepvaart door baggeren mag plaatsvinden;
- Bij de inspectie van kribben en oeverzones wordt voornamelijk gekeken naar (oorzaak) schade aan de stort- of zetsteenconstructie; schade aan de opsluitconstructie; schade aan de bebakening; mogelijke achterloopsheid van de krib, aanwezigheid van houtachtige begroeiing nabij kribben en erosie van het kribvak/ verstelling van de oever rondom de kribben. Onderhoud kribben is overwegend toestandsafhankelijkheid en gericht op het herstellen van schade. Er wordt ingegrepen van schadeklasse 1;
- Vaststellen van de maximaal toelaatbare erosie (geen erosie binnen 30 meter van de leikade en geen erosie binnen 10 meter van de harde oeverconstructie) en in het ontwerp maatregelen nemen om te zorgen dat hier geen te grote onderhoudslast ontstaat;

- Bij de totstandkoming van het beheer en onderhoudsplan vindt afstemming plaats met de eigenaren en wordt het benodigde beheer en onderhoud vastgelegd. De te verlagen oevers zijn op dit moment in eigendom van Staatsbosbeheer (oever 1), privaat (deel van oever 4) of eigendom van de Staat en beheerd door RWS of een daartoe gecontracteerde partij. Met Staatsbosbeheer is afstemming en overeenstemming in voorbereiding over het beheer. Met de private partij is overeenstemming dat het huidige gebruik en beheer voortgezet wordt. Oever 2 is afgerasterd en wordt gebruikt door een private partij. Het huidige beheer dient voortgezet te worden nadat de aanpassingen aan de oever zijn doorgevoerd.

9.3 Specifieke aspecten en aandachtspunten

Voor het beheer en onderhoud gelden de specifieke aspecten en aandachtspunten:

- Morfologie en baggeren:
 - Ten aanzien van de erosie en sedimentatie in het Pannerdensch Kanaal is verwachting dat zich een dynamisch evenwichtseffect zal instellen, maar dat dit beduidend langer duurt dan de rekenperiode (en voorspellingshorizon) van 40 jaar. Dit betekent dat in het Beheer en Onderhoudsplan rekening wordt gehouden met de voorspellingen zoals Delft3D die afgeeft. Aangepast sedimentbeheer met een hogere frequentie van klein baggeronderhoud in het Pannerdensch Kanaal is een mogelijke maatregel. Deze maatregel moet zich vormen op basis van monitoring van de morfologische ontwikkelingen in het Pannerdensch Kanaal;
 - Het verwachte morfologische effect van de aanpassingen aan het kanaal dient met de beheerder gedeeld te worden zodat in het beheer en met de baggerstrategie op op dit effect geanticipeerd kan worden. Buiten het projectgebied dient specifieke terugkoppeling gegeven te aan de beheerder over de effecten van het project op de insnijding bij de IJsselkop;
 - Stroomafwaarts van het project KOP is er sprake van verlaging van gemiddelde bodemligging ten opzichte van de referentiesituatie (waar ook al sprake is van een daling) door onthouding van sediment. Dit effect is overigens inherent aan de maatregel, bij het SNIP2A besluit is meegegeven nadelige effecten (zoals de morfologische effecten) verder te reduceren. Dwarsstroom en aanzanding ten opzichte van het VKA zijn gereduceerd, (zie paragraaf 6.2 van het rivierkundig onderzoek), de onthouding van sediment logischerwijs dus ook. Mogelijke beheermaatregel is om eventuele baggerspecie bij het project stroomafwaarts in de erosie zone te storten. Deze suggestie wordt in het beheer en onderhoudsplan opgenomen;
 - De bodemerosie nabij de Betuwetunnel op rivierkilometer 873,4. De dekking van de tunnel neemt op basis van de morfologische berekeningen af van nu 8,5 m tot circa 7,9 m 40 jaar na de ingreep. Naar verwachting van Prorail is deze dekking voldoende om opdrijven van de tunnelbuis te voorkomen. In de UO fase wordt dit rekenkundig gecontroleerd. Indien deze dekking onvoldoende blijkt, dient de ontstane erosiekuil ter hoogte van de tunnelbak aangestort te worden. In de periode na 40 jaar is de verwachting dat de erosie niet stopt. Ook in deze periode dient de minimale dekking (te bepalen in de UO) gegarandeerd te worden. Ntb een dekking van 8,0 meter is sowieso afdoende. Echter de beheerder Prorail kan niet aangeven hoeveel marge in de 8,0 meter zit. In de UO fase worden in het B&O plan met documentnummer PL341.PBO.00669 de beheeraspecten van de erosie nabij de tunnelbak opgenomen;
 - Ter hoogte van de aanlegsteiger op de linker oever bij rkm 869,45 worden op verzoek van de afdeling Rivierkunde erosiekuilen gestabiliseerd door deze tot NAP +2,5m op te vullen met waterbouwsteen.



Figuur 9-1: locatie te stabiliseren erosiekuilen

- Monitoring
 - Vanwege de onzekerheid die er is rondom de te verwachten morfologische ontwikkeling van de kribvakken in het Pannerdensch Kanaal is het van belang om zowel boven (t/m de begroeide oever) als onder water periodiek de bodemligging van de kribvakken te monitoren in relatie tot de opgetreden tussengelegen afvoeren en waterstanden. Het is belangrijk om een goede nulmeting van de bodemligging uit te voeren. Zowel voor start realisatie als direct na aanleg van project KOP (as build situatie) zodat in opvolgende monitoring onderscheid gemaakt kan worden tussen morfologische effecten en projectingrepen. Specifieke aandacht verdient de monitoring van morfologische ontwikkeling van kribvakken tijdens en direct na hoogwaters omdat er dan grote - en op voorhand nog moeilijk te voorspellen - morfologische ontwikkelingen zullen optreden. Bovenstaand is een advies over gewenste monitoring. In de afstemming met beheerders in kader van Beheer en Onderhoudsplan zal hier over afgestemd worden. Monitoring vraagt ook extra capaciteit en budget (zie ook paragraaf 7.3.2 van het rivierkundig onderzoek met documentnummer PL341.RAP.00632;
 - Geadviseerd wordt de bodemontwikkeling ter hoogte van de betuwetunnel te volgen via de periodieke lodingen en met prorail te komen tot een signaleringswaarde en limietwaarde van de benodigde dekking. In de UO fase wordt hiervoor een analyse op opdrijven uitgevoerd met een doorkijk naar de verwachte bodemontwikkeling;
 - Op de rechterzijde van de rivier bij rkm 868 neemt door 'instelling 2' van het regelwerk de waterstand voor het regelwerk toe. Daardoor neemt de stroming over de zomerkade naar de rivier toe van circa 1,8 naar 2,0 m/s bij 16.000 m³/s. Bij lagere afvoeren is de stroomsnelheid hier significant lager. Er wordt aangenomen dat deze leikade is ontworpen binnen het projectplan Regelwerk Pannerden om dergelijke stroomsnelheden aan te kunnen. De gewijzigde waterstand was immers ook voorzien. Dit is een aandachtspunt voor de beheerder van de leikade. Na wijziging van instelling van het regelwerk is monitoring van de gesteldheid van het grasdek op de leikade na een periode van hoogwater aanbevolen;
 - Er wordt een plan voor grondwatermonitoring rondom de Roswaard opgesteld. Deze monitoring dient enerzijds als bevestiging van de geohydrologische studie. Anderzijds dient de monitoring als beheersmaatregel om bij eventuele schade in de binnendijkse omgeving onderscheid te kunnen maken tussen de reeds bestaande situatie en de nieuwe situatie. De monitoring dient te starten in de zomerperiode van 2020. Het streven is de betreffende meetpunten over te dragen aan waterschap Rivierenland zodat er een dekkend beeld van de grondwaterstandontwikkeling in het gebied bij één beheerder ligt;
- Beheer en onderhoud van oevers en kribben
 - In de DO fase van de planuitwerking is geconstateerd dat in de huidige situatie niet wordt voldaan aan het wensbeeld van de beheerder. Zo reiken enkele erodeerbare oevers tot

binnen de erosielimietlijn (20 m vanuit de teen van de leikade) en is sprake van erosie op particuliere grond, direct grenzend landbouwgrond. Met de beheerder is overeengekomen dat eventueel achterstallig onderhoud aan de kribvakken opgenomen wordt in de DO van de krib- en oeververlaging. Daarvoor worden 6 kribvakken geheel, en 2 kribvakken deels van een waterbouwstenen oeverconstructie voorzien. Er worden nadere afspraken gemaakt over financiering en verdeling van de bijhorende kosten;

- In de kribwortel van een drietal kribben (15, 16 en 17) worden achterloopsheidsschermen onder het maaiveld aangebracht. Deze schermen worden als object in het beheerplan opgenomen;
- Op verzoek van de beheerder worden geen fysieke kribwortelstenen teruggeplaatst. Deze hebben geen functie meer in het huidige beheersysteem en maken het maaien en onderhouden van de oevers en kribwortel lastig. Aanwezige stenen worden verwijderd;
- Oevers 1, 2, 3 en 5 worden na verlaging ingezaaid met een met de beheerder nader af te stemmen zaadmengsel. Tevens wordt met de beheerder afgestemd hoe om te gaan met een tweede zaaironde op de lage oevers als zaden wegspoelen (als gevolg van hoog water);
- De lage oevers dienen uitgerasterd te worden zodat vegetatie de kans krijgt om het kleidek te wortelen zodat er een goede uitgangssituatie ontstaat voor het beheer volgens de vegetatieleeger en de erosiebestendigheid verder verbeterd;
- Beperk de belasting van de lage oevers door deze niet met zware onderhoudsvoertuigen te betreden;
- Op oever 2 en krib 19 wordt een zwaardere sortering waterbouwsteen (40-200 kg) gehanteerd dan op de overige oevers en kribben vanwege de frequent optredende boegschroefbelastingen. Bij onderhoudswerkzaamheden op deze locatie dient deze zwaardere sortering te worden gehanteerd.

10. Integrale veiligheid

10.1 BTO keuzes en veiligheidsrisico's

Gedurende de 3 doorlopen ontwerplooops in de Planuitwerkingsfase zijn Bouwkundige, Technische en Organisatorische keuzen gemaakt die het veiligheidsprofiel van de werkzaamheden en het resultaat bepalen. In ontwerploop 4, opstellen uitvoeringsontwerp worden de realisatierisico's verder uitgewerkt. Onderstaande tabel 10-1 geeft de BTO keuzes en veiligheidsrisico's weer.

Voor de veiligheidsrisico's wordt verwezen naar de separate tabel in bijlage RIE Ontwerpfase met documentnummer PL314.MEM.00619.

Tabel 10-1: BTO keuzes als beheersing op V&G risico's			
#	Keuze	V&G-risico	Verantwoording
1	Keuze voor inspectiepad van zetsteen van 1m breed op de kruin van de te verlagen krib.	Struikelen en vallen op deel bekleed met stortsteen	Kribben worden peridiek geïnspecteerd en onderhouden. Kribben worden tevens frequent gebruikt als vislocatie. Goede toegankelijkheid en beloopbaarheid door zetstenen pad verkleint te kans op struikel- en valgevaar. Zie ook PL341.MEM.00616
2	Kribben worden ontmanteld met behulp van kranen staand op de kribben. Deze draaien het materiaal over naar de kop, waar het door middel van een kraanschip vervoerd zal worden naar het kribdepot of een beunbak voor afvoer;	Kraan op smalle krib: Te water raken Beknellingsgevaar Vallende last	Met kraanschepen is de krib moeilijk te ontmantelen. Hiervoor zijn kranen op een 'vaste' ondergrond beter geschikt. Hiermee is gecontroleerder en nauwkeuriger af te gaven. Zie ook hoofdstuk 11.
3	Kraanschip ligt tijdens de werkzaamheden in een kribvak	Risico op aanvaring, te water raken personen, onderkoeling, verdrinking	Kraanschepen worden zo ver mogelijk het kribvak ingevaren om te voorkomen dat het reguliere scheepvaartverkeer (en recreatievaart) gehinderd worden en het zicht ontnomen wordt.
4	Keuze voor werken onder waterlijn tot max 0,5 meter.	Dit beperkt het zicht van de werkzaamheden en vraagt om aandacht bij het verplaatsen over de krib. Risico op te water raken, onderkoeling, verdrinking	Deze keuze is een optimum om enerzijds voldoende werkbare dagen per jaar over te houden om de kribben te verlagen en anderzijds grip te houden op de maatvoering en toleranties in het werk. Zie ook paragraaf 7.2.4 en de memo PL341.MEM.00607
5	Keuze voor handwerk op de krib (vermijden contact handwerk en machinaal werken) voor de zetsteen. De zetsteen wordt pas handmatig gezet, nadat het machinaal afstorten gereed is;	Bij machinaal zetten is er risico op aanrijding of beknelling. Door handmatig te zetten meer risico op struikelen, uitglijden te water raken en relatief zwaar werk.	Storten van waterbouwsteen niet tegelijk met zetten om te voorkomen dat zettters geraakt worden door vallende stenen of door giek. Het gezette inspectiepad is qua opp te klein om machinaal te zetten. Zie ook PL341.MEM.00607
6	Nieuwe kribbakens langer dan bestaande bakens, bakens circa 1,0 meter hoger in nieuwe situatie	Vergroten zichtbaarheid ligging kribben voor scheepvaart bij hoge waterstanden	Er wordt gewerkt met standaard lengtes. In overleg met de vaarwegbeheerder worden een baaklengte van 7500mm toegepast.

Tabel 10-1: BTO keuzes als beheersing op V&G risico's			
#	Keuze	V&G-risico	Verantwoording
7	Te verlagen kribben afplatten in plaats van volledig afgraven of versmallen	Kans op aantreffen NGE, of bodemverontreiniging	Door de krib af te platten wordt het grondwerk op de kribben geminimaliseerd en de afgraagdiepte beperkt. De kans op treffers is met deze werkwijze het kleinst.
8	Toepassen platenbaan op de transportroutes	Risico op struikelen, vallen en omvallen machines	Met een platenbaan blijft de top laag intact en wordt een draagkrachtige, vlakke transportroute gerealiseerd
9	Ruimen van NGE verdachte objecten op niet beklede delen voorafgaand aan de realisatiefase;	Aantreffen NGE (explosiegevaar)	Door alle NGE verdachte objecten te ruimen wordt het risico op treffen NGE bij afgraven oevers weggenomen. In alle rust kunnen de objecten geruimd worden zonder dat dit de realisatie raakt.
10	Saneren milieukundige hotspots vooruitlopend op de overige ontgravingswerkzaamheden op de oevers;	Aantreffen verontreiniging, contact gevaarlijke stoffen	Door hotspots voorafgaan te saneren wordt het risico op contact bij afgraven oevers weggenomen. In alle rust kunnen de spots gesaneerd zonder dat dit de realisatie raakt.
11	Keuze om kribben in 3 fasen (in langsricting) te verlagen	Uitspoelen zandkern	Met deze werkwijze wordt de hoeveelheid erodeerbaar kernmateriaal wat gelijktijdig aan stroming blootgesteld wordt geminimaliseerd. Hiermee wordt het risico op uitspoelen en verzakken van de krib geminimaliseerd.
12	Oever en klei-inkassingen na ontgraving inzaaien met zaadmengsel	Uitspoelen kleibekleding, ongewenste houtige opslag op de oevers.	Vanuit b&o is het wenselijk een uitgangssituatie te hebben voor de vegetatie op de oevers die aansluit bij het vegetatiebeeld. Een goed vegetatiedek draagt bij aan de erosiebestendigheid van de oevers. Zie ook de memo PL341.MEM.00606
13	Waar nodig uitrasteren ingezaaide delen om deze te beschermen tegen grazende dieren;	Uitspoelen kleibekleding, ongewenste erosie op oevers	Op de lage oevers draagt vegetatie bij aan de erosiebestendigheid van de oevers. Door de lage oevers uit te rasteren krijgt de jonge vegetatie kans te wortelen en sterkte op te bouwen. Zie ook de memo gestrekte oevers PL341.MEM.00606
14	Keuze om te werken met depot ten behoeve van hergebruik.	Meer handeling, beknelling, aanrijding, geluidshinder	Resultaat van de afweging hergebruik van vrijkomende bouwstoffen mogelijk te maken en anderzijds het aantal handelingen te beperken
15	Er wordt maximaal op 3 locaties langs het kanaal gewerkt, waarbij niet op locaties op de overliggende oevers wordt gewerkt;	Aanvaring schaaapvaartverkeer	Voorwaarde van de vaarwegbeheerder om de scheepvaartveiligheid en zichtbaarheid op het kanaal te borgen

Tabel 10-1: BTO keuzes als beheersing op V&G risico's			
#	Keuze	V&G-risico	Verantwoording
16	Toegang tot het projectgebied waar gewerkt wordt, wordt afgesloten	Betreden derden in realisatiefase met (bijna) ongeval tot gevolg	Fysiek afschermen van werkzaamheden en transportbewegingen
17	Geen werkzaamheden aan oevers binnen de beschermingszone van de primaire keringen verrichten	Afschuiven of onderloops worden waterkering	Door geen deklaag te verwijderen binnen de beschermingszone wordt de gevoeligheid voor piping niet groter. Geen ingrepen in het (afgraven kribben) binnen 20 meter van de primaire kering om stabiliteitsproblemen te voorkomen. Zie ook de memo standzekerheid waterkeringen PL341.MEM.00608
18	Geen werkzaamheden binnen 10m van de leikaden te verrichten	Instabiliteit leikade	Door tenminste 10 meter uit de teen van de leikade te blijven en een talud flauwer dan 1:10 te hanteren, wordt aantasting van de stabiliteit voorkomen. Zie ook de memo standzekerheid waterkeringen PL341.MEM.00608
19	Indien zetwerk niet tijdig aangebracht kan worden in verband met stijgende waterstanden wordt de krib eerst afgestort met stortsteen en wordt de kruin later weer ontgraven en wordt in tweede instantie het pad van zetsteen aangebracht	Te water raken, onderkoeling, verdrinking steenzetters Uitspoelen kribkern	Zetwerk wordt alleen in den droge uitgevoerd om veilig te werken en voldoende kwaliteit te kunnen garanderen. Bij opkomend hoogwater wordt dus niet doorgewerkt.
20	Toepassen granulaire filter in plaats van een zinkstuk.	Te water raken, onderkoeling, verdrinking Losraken/afdrijven in de vaargeul van geotextiel	Het granulaire filter kan machinaal aangelegd worden. Er is geen noodzaak medewerkers op de waterlijn te laten werken. Bij een zinkstuk of geodoek aanleggen in de stroming is menselijk ingrijpen / bijsturen veelal een vereiste. Dit vergt werken op de waterlijn
21	Toepassen van een verdikking in het filter (kofferconstructie) om een goede aansluiting van oude op nieuwe stortsteenbekleding te maken;	Uitspoelen kribkern, werken rond de waterlijn met risico op te water raken tot gevolg	Met de toepassing van een robuuste overgangsconstructie in de vorm van een granulaire koffer kunnen goede aansluitingen gemaakt worden zonder dat (handmatig) ingrijpen noodzakelijk is. Zie ook de memo PL341.MEM.00607
22	Delen die nu bekleed zijn met steen worden in de uitvoering onder NGE-begeleiding ontgraven	Aantreffen NGE (explosiegevaar)	NGE detectie kan niet plaatsvinden onder stortsteen. De aanwezige stortsteen verstoort de detectie. Kribben en de beklede oevers worden daarom onder begeleiding afgegraven omdat de bekleding niet eerder verwijderd kan worden.

Tabel 10-1: BTO keuzes als beheersing op V&G risico's			
#	Keuze	V&G-risico	Verantwoording
23	Kribben 11 en 38 niet verlagen om buiten de beschermingszone van de betuwetunnel te blijven	Aantasting van de betuwetunnel	Werkzaamheden aan of nabij de tunnel kunnen direct of indirect (fysiek raken, extra belasting of trillingen) leiden tot aantasting van tunnel. De 2 meest nabij gelegen kribben worden niet verlaagd. Afstand nu > 100 meter.
24	Uitvoeren van een opdrijfanalyse betuwetunnel	Als gevolg van onvoldoende dekking op de tunnelbuis, drijft deze op.	Ingrep KOP leidt tot versnelde erosie ter plekke van de tunnelbuis. De minimaal benodigde dekking is indicatief bekend. Zekerheidshalve wordt daarom voorafgaand aan de realisatie een controleberekening uitgevoerd.
25	Markeren van kabels en leidingen in het veld en in machinemodellen	Raken van kabels en leidingen, explosiegevaar, elektrocutie	In het projectgebied lopen een (beperkt) aantal kabels en leidingen. Door deze zowel fysiek als digitaal te markeren verkleint de kans dat deze per ongeluk toch geraakt worden bij graafwerkzaamheden.
26	Kruisende buisleiding gevaarlijke stoffen van de Gasunie wordt voorafgaand aan de realisatie in afstemming en bijzijn van Gasunie benaderd	Raken of aantasten van de buisleiding, explosiegevaar, vrijkomen gevaarlijke stoffen	Voorgenomen kribvakbekleding wordt op 3 kruisende buisleidingen aangebracht. Exacte diepte van de buisleiding is niet bekend omdat deze gegraven is en de morfologie in de kribvakken dynamisch is
27	Gladde afwerking kruin met inspectiepad van zetsteen, vleien van waterbouwsteen met de bak	Lekvaren kano's op geïnuunde kribben	Bijkomend argument in vlakke afwerking van de kribkruin is het verkleinen van de kans dat een kanovaarder per abuis over de krib vaart en lekvaart op een uitstekende steen

Resterende (rest)risico's zijn:

- Aanrijding, beknelling van medewerkers op het werkterrein door transport over oevers;
- Te water raken van medewerker bij werken nabij de waterlijn;
- Instabiliteit van ponton bij beperkte diepgang door lage waterstanden;
- Kraanscheppen kunnen niet het kribvak invaren bij lage waterstanden waardoor zicht in de hoofdgeul beperkt wordt;
- Treffen van NGE onder de aanwezige bekleding van oevers en kribben;
- Blootstelling aan gevaarlijke stoffen door verontreinigde bodem en waterbodemp;
- Blootstelling aan Dieselmotor Emissie (DME);
- Fysieke belasting van medewerkers bij tillen (steenzetters).

Bovenstaande restrisico's zijn opgenomen in het risicodossier en worden in ontwerploop 4 verder uitgewerkt. Beheersmaatregelen worden in de UO fase verder uitgewerkt en verwerkt in het B&O plan en geborgd in V&G plannen, RI&E, werkplannen en TRA's.

11. Realisatie

11.1 Algemeen

In deze paragrafen wordt de wijze beschreven waarop Ploegam de krib- en oeververlaging realiseert. Het betreft een beschrijving op hoofdlijnen die voldoende informatie bevat voor het aanvragen van de hoofdvergunningen en in lijn is met de uitgangspunten (zie Memo Uitgangspunten MIRT3, PL341.MEM.00580) zoals die bijvoorbeeld voor de projectraming, planning en stikstofberekening worden gehanteerd. Op basis van de hieronder beschreven werkwijze is tevens een uitvoeringsplanning behorende bij het detailniveau van de DO-fase opgesteld, voor dit document wordt verwezen naar document PL341.PLN.00670. In de UO fase (ontwerploop 4) wordt een uitvoeringsplan met documentnummer PL341.MPU.00668 opgesteld worden. De onderstaande paragrafen gaan in op:

- Verlagen van de oevers;
- Verlagen van de kribben;
- Bekleden van kribvakken;
- Omgang met tussentijdse opslag van materiaal (depots);
- Onderzoek ter voorbereiding op de realisatie.

Twee opmerkingen bij deze paragrafen zijn van belang:

1. Op basis van de eisen van Rijkswaterstaat (opdrachtgever) en de nog te verkrijgen voorschriften in de Ontgrondingenvergunning zal er, na het gereedkomen van het Uitvoeringsontwerp (UO), een meer gedetailleerd uitvoeringsplan/ werkplan worden opgesteld. Dit werkplan wordt eveneens gebruikt voor het verkrijgen van de ontheffingen die nodig zijn om op de rivier werkzaamheden uit te voeren. Uitgangspunt is dat er maximaal op 3 plekken tegelijk wordt gewerkt aan de rivier en dat toegang tot het projectgebied aan de landzijde wordt afgesloten;
2. Het is mogelijk dat er lopende het project zich kansen voordoen die van invloed zijn op de uitvoeringswijze. Stel dat het voordelen heeft om bijvoorbeeld alle grond direct toe te passen bij een nabij gelegen project, dan worden depots minder of niet ingezet. Met dergelijke ontwikkelingen is geen rekening gehouden, er wordt vanuit gegaan dat project op zichzelf staand wordt uitgevoerd.

11.2 Verlagen van de oevers

11.2.1 Werken aan de oevers - algemeen

Er wordt met een oever gestart als ingeschat wordt dat deze, in relatie tot de voorspelde waterstanden, ook direct afgemaakt kan worden. Er wordt een periode gekozen om voldoende in den droge te werken en tussentijds stilleggen (a.g.v. hoog water) van het werk te voorkomen. De werkzaamheden zijn dus afhankelijk van voldoende lage waterstanden. Werkzaamheden aan de hogere delen van de oevers kunnen bij hogere waterstanden doorgang vinden dan werkzaamheden laag aan de oever. Als er onverhoopt toch te hoge waterstanden gaan optreden, zullen de werkzaamheden gestaakt worden en zal materieel en materiaal hoogwatervrij opgesteld worden. Ten behoeve van de beheerste 'ontruiming' wordt een werkplan opgesteld met signalerings- en limietstanden en wordt gedurende de realisatie dagelijks de voorspelling van het waterstandsverloop gevolgd.

Hierna wordt de generieke werkwijze voor de oeververlaging beschreven. Voor enkele oevers geldt dat hier nog aanvullende maatregelen benodigd zijn, deze maatregelen zijn aansluitend benoemd.

11.2.2 Voorbereiding

Voor gestart wordt met de verlaging wordt een oever gemaaid, wordt eventueel aanwezige houtige opslag verwijderd (indien in broedseizoen gaat dit in overleg met de ecooloog) en wordt de top laag gefreesd.

Aansluitend worden als eerste de saneringen op een oever uitgevoerd. Hiermee zijn de bekende verontreinigingen verwijderd en kan de rest van de ontgraving in 1 fase worden uitgevoerd.

Voor de sanering wordt de betreffende locatie in de hekken gezet en wordt de deco-unit geplaatst. De te saneren grond wordt ontgraven middels een van overdruk en/of filters voorziene kraan. De grond wordt middels dumpers over de platenbaan richting het laad/losponton getransporteerd. Op deze locatie op de oever wordt een tijdelijke strekdam aangelegd, waarop het ponton ligt afgemeerd, omdat het beunschip anders niet dicht genoeg op de oever kan komen. De dumpers storten het materiaal in het schip dat het materiaal verder afvoert naar de stortlocatie van het Rijk. Nadat het te verwijderen materiaal is ontgraven worden de randen van de sanering milieukundig uitgekeurd om vast te stellen of de gehele verontreiniging is verwijderd. Indien geconstateerd wordt dat de randen nog verontreinigd materiaal bevatten, wordt op gelijke wijze als hiervoor beschreven het saneringsvak uitgebreid tot geconstateerd wordt dat de verontreiniging verwijderd is.

11.2.3 Aanpassing oeververdediging

De werkzaamheden op de lager gelegen delen van de oevers zijn het meest gevoelig voor de wisselende waterstanden op het kanaal. Bij geschikte waterstanden worden deze daarom als eerste uitgevoerd. Hierbij wordt allereerst de aanwezige bestaande bekleding verwijderd met een kraan die de stortsteen en zetsteen ontgraft. De vrijkomende stortsteen wordt over een rooster geleid om zo eventueel bij het ontgraven vrijgekomen grond en klein materiaal uit te zeven. Het overblijvende stortsteen op het rooster is (mits dit uit het nog te verrichten geschiktheidsonderzoek voor hergebruik van de stortsteen ook volgt) geschikt om als 10-60 kg te gebruiken in het werk en wordt daarom in depot op de oever gezet. Het eventueel onder de stort- en zetsteen aanwezige filter (geotextiel, granulaar, wiepen, etc.) wordt verwijderd en afgevoerd over het water.

Hierna wordt met een kraan voorzien van GPS het cunet voor de nieuwe bekleding ontgraven. Doordat het model van de ontgraving in 3D in de kraan wordt ingelezen en deze voorzien is van GPS kan de machinist ten alle tijden zien hoe de gerealiseerde ontgraving zich verhoudt tot het ontwerp. Hierbij wordt op de overgang van oude op nieuwe bekleding het cunet dieper uitgekast, om zo de kofferconstructie voor een robuuste overgang te maken. Deze werkzaamheden vinden alleen plaats als er maximaal 0,5 m water boven het diepste punt van het cunet aanwezig is, omdat anders onvoldoende zicht is op de aansluiting en dus de kwaliteit niet gegarandeerd kan worden.

Voor de oeverbescherming dient stortsteen op een granulaar filter aangebracht te worden. Dit granulaire filter wordt nieuw aangevoerd middels een schip en op het laad/losponton overgeslagen naar de dumpers. Deze transporteren het materiaal naar de verwerkingslocatie op de rest van de oever. Nadat het materiaal door de dumpers is gestort nabij de verwerkingslocatie wordt het granulaar filter met behulp van kranen verder in profiel verwerkt.

Nadat de filterlaag gereed is wordt materiaal uit het stortsteendepot op de oever in dumpers geladen en naar de verwerkingslocatie gebracht. Hier verwerken de kranen het in profiel. Na het aanbrengen wordt de stortsteen nog eenmaal aangestroken met de bak van de kraan om deze goed "vast" te zetten. Eventueel materiaal dat over blijft in depot wordt elders in het project hergebruikt of afgevoerd via een schip.



Figuur 11-1: Foto laad/losponton

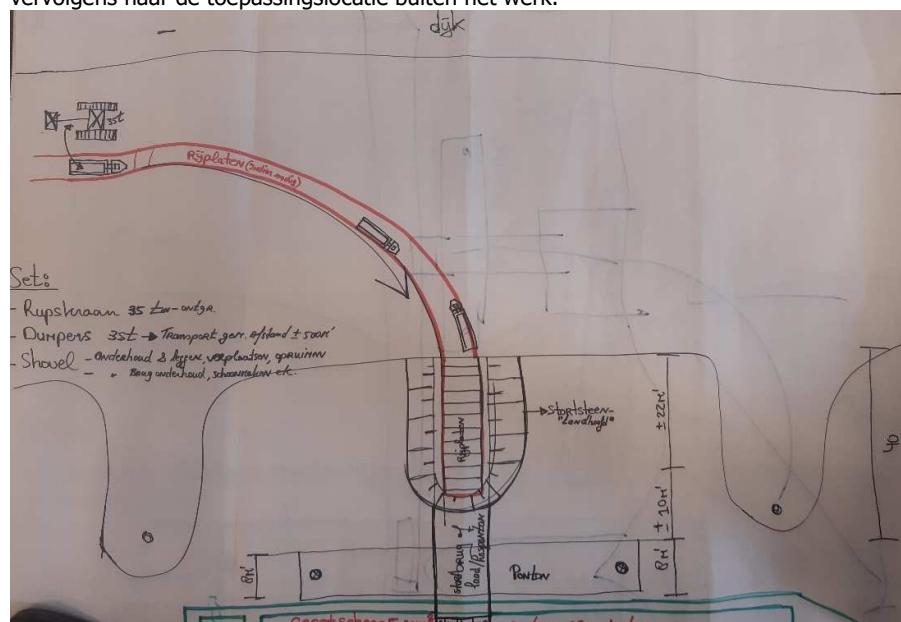
Direct achter de nieuwe stortsteenbekleding op de oever dient (indien deze in de huidige situatie niet voldoende aanwezig is) ook nog een klei-inkassing aangebracht te worden. Deze klei wordt van extern aangevoerd via een schip. Bij het laad/losponton wordt de klei overgeslagen in dumpers die de klei naar de verwerkingslocatie transporteren. Op de verwerkingslocatie wordt de klei middels een bulldozer verwerkt en verdicht door hier overheen te rijden met de rupsen. Van belang is wel dat de waterstand op het kanaal op het moment van verwerken onder het niveau van de onderzijde cunet staat, omdat de klei onder water niet verdicht kan worden.

Hierna wordt de klei ingezaaid en wordt de zone waar deze is aangebracht uitgerasterd om vraatschade door het grazende vee op de oevers in de eerste jaren te voorkomen.

11.2.4 Verlaging oever

Na realisatie van de oeverbescherming wordt de rest van de oever ontgraven. Hierbij wordt generiek de werkrichting vanaf de kade/dijk richting het water gehanteerd. Zodoende hoeft er niet over ontgraven/afgewerkt terrein te worden gereden. De ontgraving wordt gedaan middels een kraan voorzien van GPS, deze laad het ontgraven materiaal in dumpers. Deze dumpers transporteren het materiaal over een platenbaan (in verband met de draagkracht van de ondergrond) richting het laad/losponton bij de oever. Hier wordt het materiaal overgeslagen in een schip. Het schip vaart

vervolgens naar de toepassingslocatie buiten het werk.



Figuur 11-2: Schets werkwijze afvoer grond van oever

Bij het ontgraven van de oever wordt gelijk het cunet voor de erosiebestendighedsmaatregelen ontgraven. De toe te passen klei op deze locaties wordt per schip aangevoerd. Bij het laad/losponton wordt deze overgeslagen in dumpers die de klei naar de verwerkingslocatie transporteren. Op de verwerkingslocatie wordt de klei middels een bulldozer verwerkt en aangeblokt om de klei te verdichten.

Hierna wordt de klei ingezaaid en wordt de zone waar deze is aangebracht uitgerasterd om vraatschade door het grazende vee op de oevers in de eerste jaren te voorkomen.

11.2.5 Herinrichting oever

Na gereedkomen van het grondwerk en de oeverbescherming wordt de oever heringericht. Hierbij worden verwijderde objecten teruggeplaatst en worden de bakens en lichtopstanden in aangepaste vorm herplaatst.

Naast bovenstaande inzet wordt bij de werkzaamheden eveneens gebruik gemaakt van een shovel. Deze helpt onder andere bij het aanbrengen en onderhouden van de platenbaan en laadbrug.

Specifiek voor Oever 2 geldt nog dat er in de huidige situatie een voorziening aanwezig is om een schip om af te meren. Doordat de oeverlijn hier wordt teruggelegd en de afmeervoorziening hier behouden blijft, wordt hier een zwaardere belasting op de oever en naastgelegen krib voorzien. Vanwege deze belastingen wordt er een zwaardere sortering, 40-200 kg, aangebracht als bekleding. De werkwijze verschilt niet van die van de overige oevers.

Het moment van uitvoeren van de oever wordt afgestemd met de exploitant van de afmeervoorziening.

Voor Oever 4 geldt dat dit de enige te verlagen oever is die in particulier eigendom is. In overleg met de eigenaar wordt er daarom bovenop de erosiebestendighedsmaatregelen ook nog een laag roofgrond aangebracht als toplaag van de oever. Vanwege de milieukundige kwaliteit is de vrijkomende roofgrond niet geschikt voor hergebruik. Deze vrijkomende grond wordt dus net als het overige ontgraven materiaal afgevoerd. Nieuwe roofgrond wordt op gelijke wijze als de klei voor de erosiebestendighedsmaatregelen aangevoerd en verwerkt.

11.2.6 Aandachtspunten

Bij de bovenstaande werkwijze zijn de volgende aandachtspunten met eventuele maatregelen benoemd:

- De aansluiting van de nieuwe bekleding van stortsteen op de oude stortsteenbekleding bij de oeverconstructie is punt dat extra aandacht krijgt. Het is niet overal bekend wat er aanwezig is onder de stortsteen. Dit kan zijn geotextiel, granulair filter of een zinkstuk van wiepen. Om te borgen dat er een goede aansluiting wordt gerealiseerd wordt gewerkt met een "kofferconstructie". Hierbij wordt het granulair filter ter plaatse van de aansluiting met overmaat aangebracht. Deze maatregel kan generiek toegepast worden op alle aansluitingen;
- Waar oude bekleding op geotextiel is aangebracht, dient aandacht te zijn voor het los maken ervan. Het risico bestaat dat met de kraan het doek beschadigd kan raken tot onder de te handhaven oude bekleding. Hierdoor kan de functionaliteit en levensduur van de resterende bekleding aangetast raken; Indien geotextiel wordt aangetroffen dient dit met beleid met de kraan te worden ontgraven en dient het geotextiel losgesneden te worden boven het niveau van de te handhaven bekleding.
- Het verlagen van de oevers en het aanbrengen van een nieuwe oeverconstructie zal (deels) plaatsvinden in de periode dat de oevers onder water staan. Om voldoende kwaliteit te kunnen borgen worden werkzaamheden van ontgraven en aanbrengen stortsteen uitgevoerd bij een maximale waterstand van 0,5 m boven het ontgravingsvlak van de oevers;
- De stenen van de bekleding worden los gestort op de oever. Hiermee bestaat het risico dat in de eerste periode na aanbrengen de kleinere stenen uit de gradering relatief los liggen en naar beneden rollen. Om dit tegen te gaan zal na het storten van de bekleding een profileerslag met de bak van de kraan worden gemaakt, waarbij de stenen worden aangedrukt.
- Een deel van de nieuwe oeverbescherming bestaat uit inkassing van erosiebestendige klei. Een goede functionele aansluiting van de klei op de harde bekleding wordt gegarandeerd door middel van een kleikoffer. De klei inkassing dient in den droge aangebracht en verdicht te worden. Deze werkzaamheden kunnen niet onder water plaatsvinden;
- Nabij leikades wordt een tweede inkassing van erosiebestendige klei gerealiseerd om de standzekerheid van de kade te garanderen. De zone tussen de teen van de leikade en de insteek van de verlaagde oever dient in de realisatiefase zo veel mogelijk te worden ontzien om de erosiebestendigheid ervan niet aan te tasten;
- Indien tijdens de realisatie van het werk blijkt dat erosiebestendige klei wordt afgegraven om een klei inkassing te realiseren, dient onderzocht te worden of de aanwezige kleilaag de functie van de inkassing kan overnemen. Hiervoor dient tenminste 0,5 meter klei aanwezig te zijn van voldoende kwaliteit
- Als tijdens de realisatie van het werk blijkt dat erosiebestendige klei wordt afgegraven om een klei-inkassing te realiseren, dient onderzocht te worden of de aanwezige kleilaag de functie van de inkassing kan overnemen. Hiervoor dient tenminste 0,5 meter klei aanwezig te zijn van voldoende kwaliteit.

11.3 Verlagen van de kribben

11.3.1 Werken aan de oevers - algemeen

Bij de kribben wordt ook vanaf het water gewerkt, er wordt geen bulk/groot materiaal over land aan of afgevoerd. Bij de werkzaamheden wordt eerst de bestaande krib ontmanteld tot het niveau benodigd voor de verlaging, hierna wordt op het blootliggende deel van de kribkern een nieuwe bekleding aangebracht. Doordat de werkzaamheden uitgevoerd worden bij lage waterstanden, zal het schip in de regel niet verder het kribvak in kunnen dan enkel bij de kribkop (en dus nabij de vaargeul liggen). Dit maakt dat de kraan zal moeten overdraaien om het materiaal in het schip te krijgen. Als de kranen die op de krib werken door kunnen naar de volgende krib, zullen zij of over land rijden

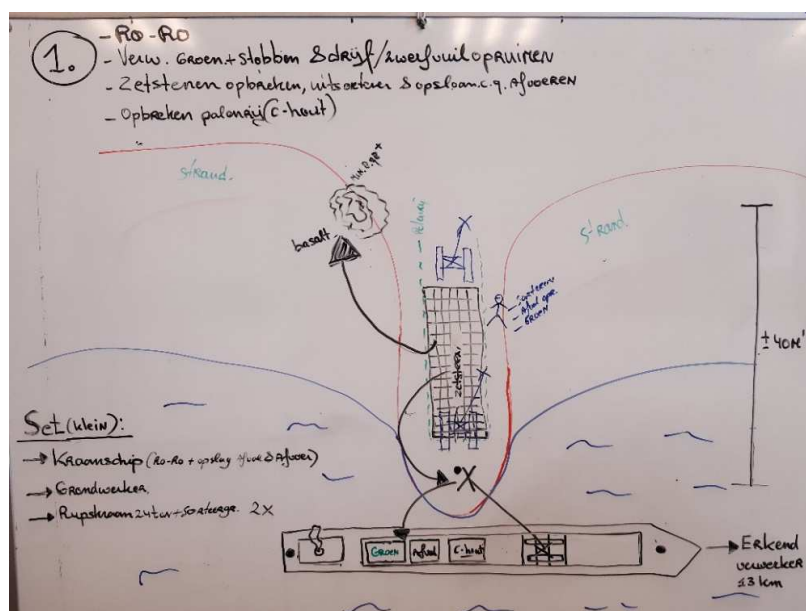
Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	106/115

indien dit mogelijk is of per schip verplaatst worden. Werkzaamheden aan de kribben zijn net als de oevers afhankelijk van voldoende lage waterstanden. Er wordt gewerkt bij waterstanden die maximaal 0,5 m boven de verlaagde kern van de krib liggen. Bij hogere waterstanden zullen werkzaamheden gestaakt worden en zal materieel en materiaal hoogwatervrij opgesteld worden. Ten behoeve van de beheerste 'ontruiming' wordt een werkplan opgesteld met signalerings- en limietstanden en wordt gedurende de realisatie dagelijks de voorspelling van het waterstandsverloop gevolgd; Hierna wordt de generieke werkwijze van het verlagen van de kribben beschreven. Een deel van de kribben (de overgangskribben 9, 10, 13, 37) wordt minder verlaagd. Daarnaast wordt ook een deel van de kribben nabij de particuliere oever in langsrichting slechts voor een deel verlaagd (krib 4 t/m 10). Hierbij wordt dezelfde werkwijze gevolgd als bij de geheel te verlagen kribben, echter de verlaging wordt over een kleinere hoogte of lengte uitgevoerd. Daarnaast krijgt krib 19 een zwaardere bekleding en wordt deze versmald in verband met de aanwezige afmeervoorziening op de naastgelegen Oever 2. Ook hier geldt een gelijke werkwijze alleen wordt de bekleding over een grotere hoogte verwijderd en opnieuw aangebracht.

De volgende generieke werkwijze wordt gevolgd bij het verlagen van de kribben.

11.3.2 Voorbereiding

Voor aanvang van de verlagingswerkzaamheden wordt een krib opgeschoond. Hiervoor worden 2 kleine kranen ingezet die de krib ontdoen van eventueel aanwezige begroeiing, zwerfpuil en drijfpuil. Het af te voeren materiaal wordt overgedraaid naar de kop van de krib, zodat deze met het kraanschip opgepakt kan worden. Op het kraanschip staan diverse bakken om de afvalstromen gescheiden af te kunnen voeren.



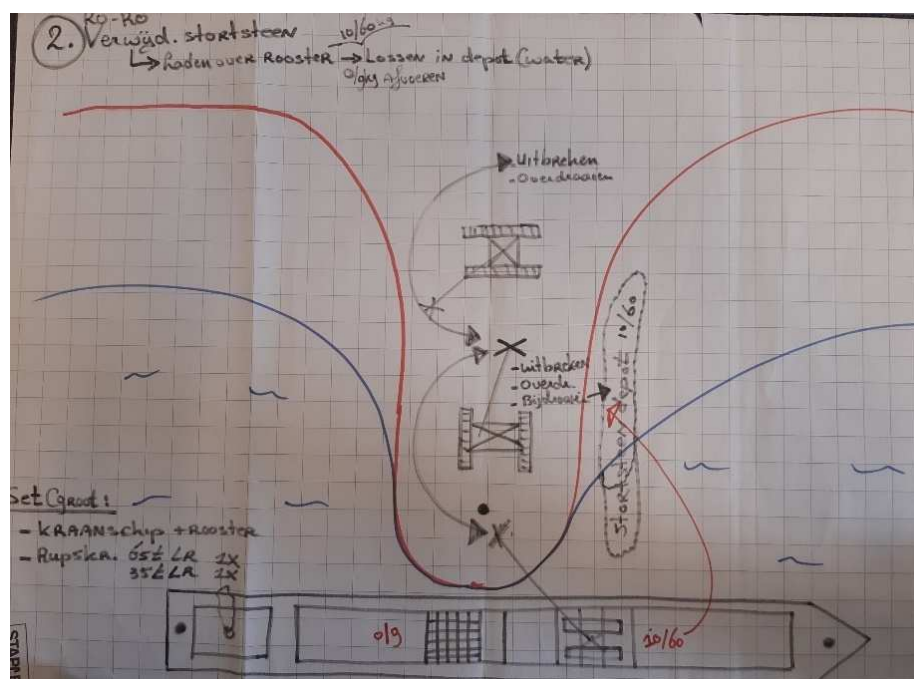
Figuur 11-3: Schets werkwijze opschonen krib

11.3.3 Verwijderen zetwerk

Na het opschonen wordt allereerst het aanwezige zetsteen verwijderd met behulp van een kraan. Het vrijkomende materiaal wordt schoongemaakt en ontdaan van eventueel bij de ontgraving meegekomen grond/puin. De vrijkomende basalt wordt in depot gezet in de kribksel (op hoogte zodat deze droog staat zodra het vlak dat gezet moet worden ook droog staat). De basalt wordt afgevoerd. Hierna wordt de bestaande palenrij verwijderd en op de kribkop opgepakt door de kraan van het kraanschip. Het materiaal wordt opgeslagen aan boord in afvalcontainers. Volle containers worden afgevoerd over het water.

11.3.4 Verwijderen stortsteen

Hierna wordt met behulp van 2 grotere kranen de aanwezige stortsteen verwijderd. Het materiaal wordt vanaf de richting van de kribwortel overgedraaid richting de kribkop. Op de kribkop pakt het kraanschip de stenen op en zet deze over een rooster. Hierbij valt de 0-10 kg fractie en eventueel aanwezig overig materiaal door het rooster in het ruim van het schip en de gewenste 10-60 kg voor hergebruik blijft achter op het rooster. Door het kraanschip wordt de 10-60 kg fractie hierna onder water in depot gezet in het kribvak aan de bovenstroomse zijde van de te verlagen krib. Hierdoor dient de stortsteen tevens als een bescherming tegen de sroming van het water en hiermee wordt uitspoeling van de blootliggende kribkern geminimaliseerd.

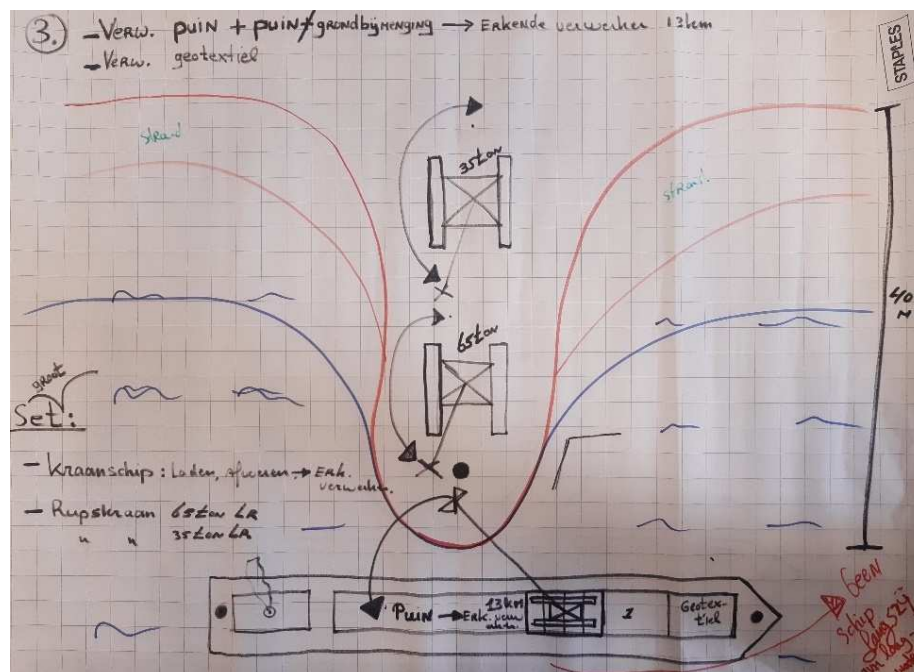


Figuur 11-4: Schets werkwijze ontgraven en sorteren stortsteen

De baak op de kribkop heeft een belangrijke geleidingsfunctie voor de scheepvaart. Ten behoeve van de verlaging moet het baken en de bijbehorende fundering vervangen worden door een langer baken. Hiertoe wordt deze verwijderd van de krib en afgevoerd. Voordat deze wordt afgevoerd wordt het baken voor de tijdelijke situatie nog gebruikt door deze te plaatsen op het tijdelijke stortsteendeput naast de krib. (werkwijze gelijk aan kribverlaging op de Waal).

11.3.5 Verwijderen filter- en vlijlaag

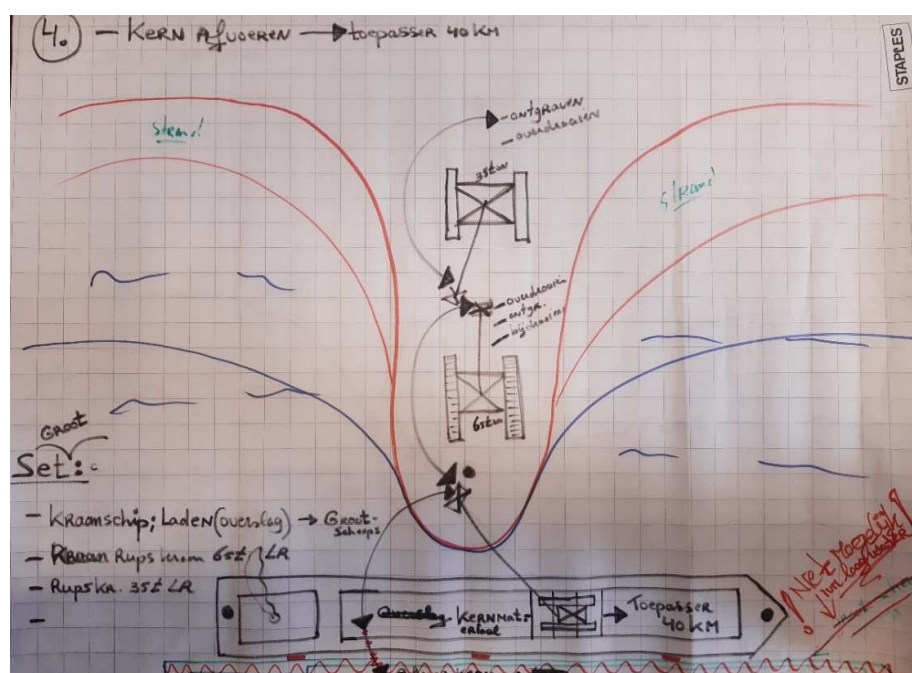
Onder de bekleding zijn een laag puin en een laag gemengde grond met puin aanwezig. Ten behoeve van de verlaging dienen deze lagen gescheiden afgegraven te worden. Deze worden beide ontgraven en naar de kop van de krib overgedraaid met behulp van 2 kranen, waar het kraanschip de materialen op kan pakken en vervolgens af kan voeren naar een erkend verwerker. Vervolgens kan eventueel aanwezig geotextiel verwijderd worden. Ook dit geotextiel wordt door het kraanschip gepakt en afgevoerd naar een erkend verwerker.



Figuur 11-5: Schets werkwijze ontmantelen eerste lagen onder bekleding

11.3.6 Ontgraven en herprofilen kribkern

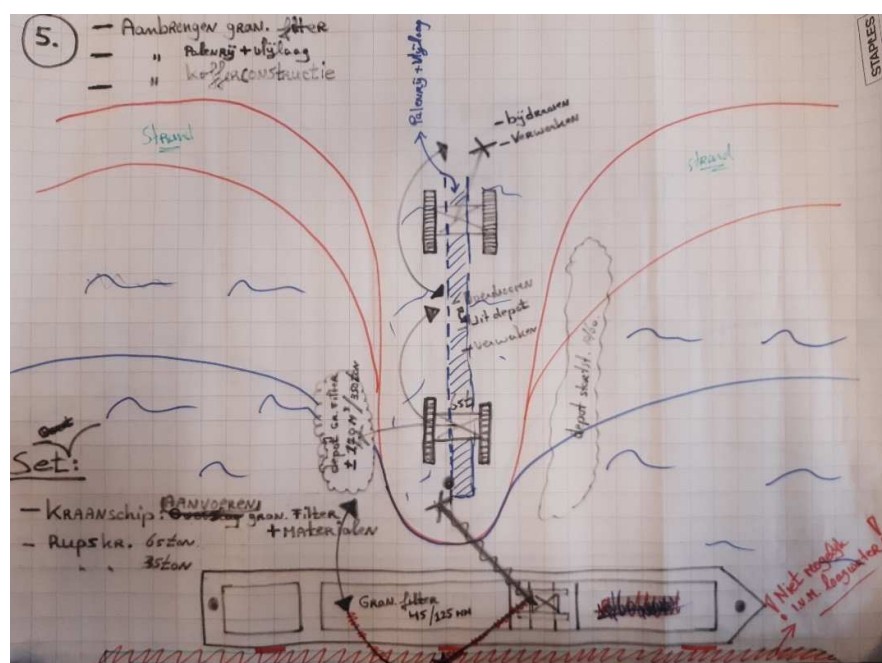
Aansluitend kan de kern van de krib ontgraven worden met de kranen tot het benodigde niveau van de verlaging. Het vrijkomende zand wordt overgedraaid naar de kop van de krib en vervolgens door het kraanschip aan boord gezet in de beun van het schip. Het kraanschip voert het materiaal vervolgens af naar de toepassingslocatie buiten het werk. Nadat de zandkern is ontgraven wordt deze geprofileerd tot het eindprofiel van de kern.



Figuur 11-6: Schets werkwijze ontgraven kern

11.3.7 Aanbrengen filter-/ vlijlaag en perkoenpalen

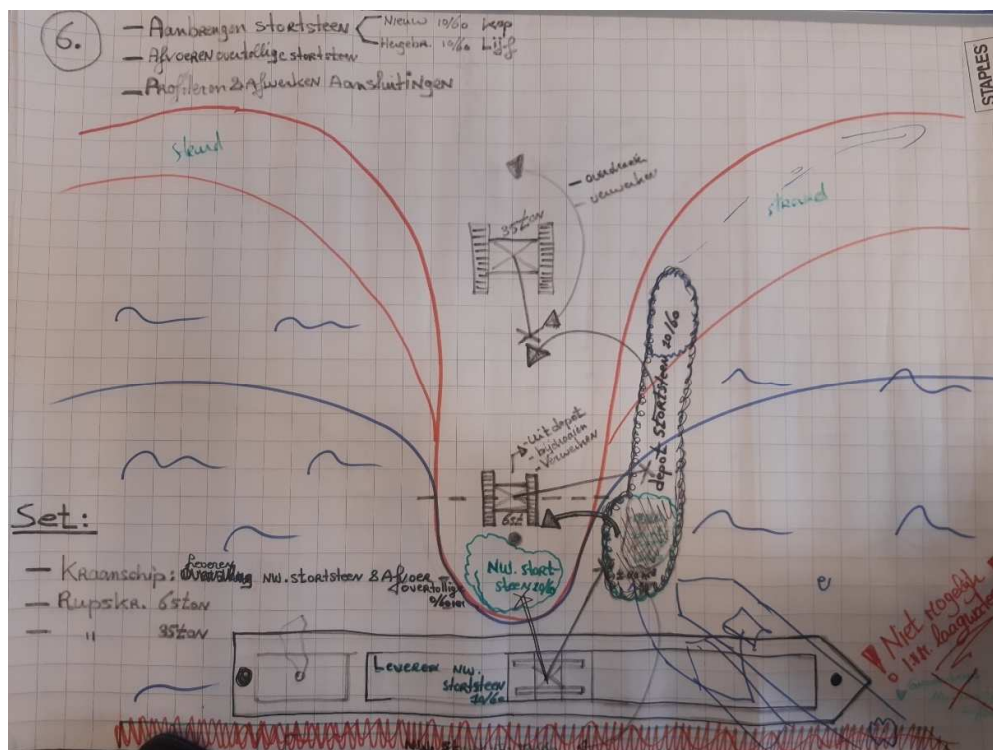
Na het profileren kan begonnen worden met het opbouwen van de verlaagde krib. Hiertoe worden eerst de palenrij en vlijlaag voor het nieuwe zetstenenpad aangebracht met behulp van een kraan. Hierna wordt het granulair filter aangebracht. Het filter wordt met behulp van een schip aangevoerd over het water. Het kraanschip lost het filtermateriaal op de krib, waarna het met behulp van een kraan wordt verwerkt en geprofileerd. Extra aandachtspunt hierbij is de aansluiting van de oude op de nieuwe bekleding. Hier wordt een kofferconstructie aangebracht: een lokale verzwaring van het granulair filter. Door deze over een strook van een meter twee maal zo dik aan te brengen. Hiertoe wordt de zandkern lokaal dieper ontgraven. Dankzij deze maatregel kunnen de overgangsconstructies ook worden aangelegd wanneer deze deels onder water staan. Doordat het model van de ontgraving in 3D in de kraan wordt ingelezen en deze voorzien is van GPS kan de machinist ten alle tijden zien hoe de gerealiseerde aanvulling zich verhoudt tot het ontwerp.



Figuur 11-7: Schets werkwijze opbouw krib

11.3.8 Aanbrengen stortsteen

Eventueel te kort aan 10-60 kg stortsteen voor de bekleding wordt over het water aangevoerd en op de kop van de krib eveneens onder water in depot gezet door het kraanschip. Vanuit het onderwaterdepot naast de krib worden de stenen ontgraven door de kranen op de krib. Deze verwerken en profileren de stortsteen op de krib. Na het aanbrengen wordt de laag stortsteen geprofileerd, waarbij de stenen met de bak van de kraan worden aangedrukt om deze "vast" te zetten. De koppen van de bestaande kribben zijn op enkele locaties verzakt of hier is nog slechts een deel van de bekleding aanwezig. In overleg met de beheerder wordt hier een deel van het verzakte materiaal opgehaald en wordt het te kort aan stortsteen aangevuld, om zo de kribkop ook onder de aansluiting oude op nieuwe bekleding te herstellen.



Figuur 11-8: Schets werkwijze afstorten en afwerken krib

11.3.9 Aanbrengen zetsteen (inspectiepad op kruin)

Voor het aanbrengen van de zetsteen zijn twee varianten in de uitvoering mogelijk afhankelijk van de waterstanden, omdat zetsteen alleen in den droge kan worden aangebracht.

1. Indien de waterstanden voldoende laag blijven wordt het pad aansluitend aan het afstorten aangebracht. Hiertoe wordt de vlijaag geprofileerd met een kraan en vervolgens wordt de zetsteen door een ploeg handmatig gezet.
2. Indien de waterstanden niet voldoende laag blijven, wordt de krib voor de tijdelijke situatie geheel afgestort. Zodra de waterstand weer voldoende gedaald is wordt de stortsteen van de kruin ontgraven en afgevoerd/naar een andere krib gebracht afhankelijk van de behoefte. Hierna wordt de vlijaag geprofileerd met een kraan en vervolgens wordt de zetsteen handmatig gezet door een ploeg steenzetters.

11.3.10 Herinrichting krib

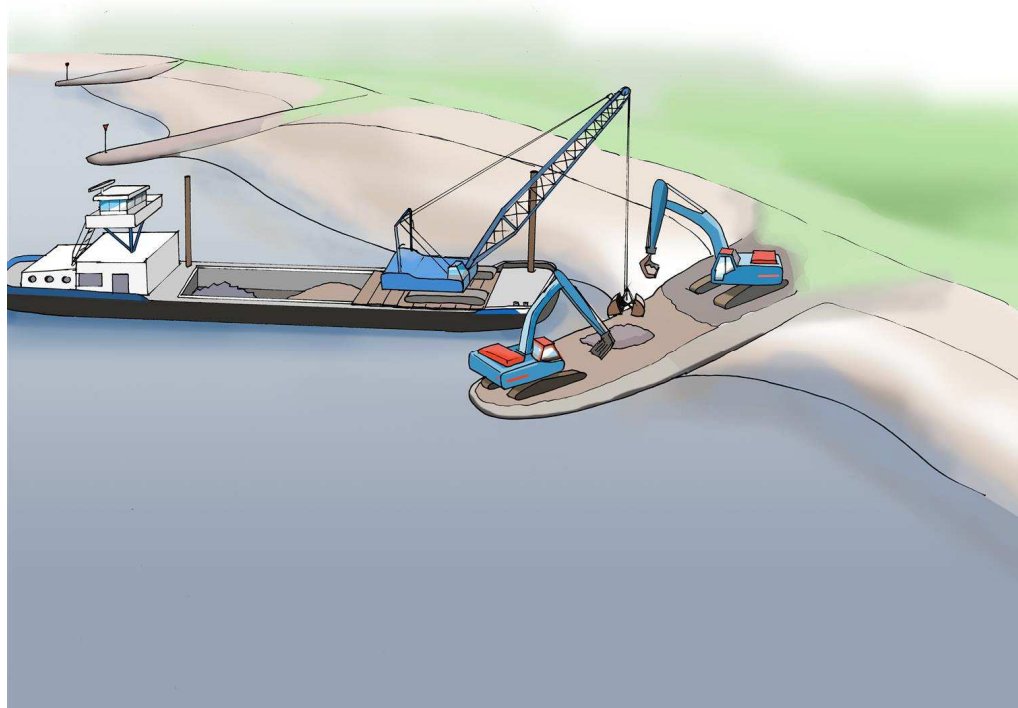
Hierna begint het afwerken van de krib. Hierbij wordt de nieuwe baak of lichtopstand geplaatst en wordt bij een viertal kribben indien noodzakelijk een achterloopsheidsscherm geplaatst. Dit scherm wordt met behulp van een kraan met trilblok aangebracht. Tot slot worden de kribwortel en nieuwe bekleding netjes aangesloten op het naastgelegen maaiveld door een profileerslag met de kraan.

11.3.11 Aandachtspunten

Naast de hierboven beschreven werkwijze zijn voor de werkzaamheden aan de kribben de volgende punten met eventuele maatregelen benoemd:

- De aansluiting van de nieuwe bekleding van stortsteen op de oude stortsteenbekleding is een gevoelig punt. Het is niet overal bekend wat er aanwezig is onder de stortsteen. Dit kan zijn geotextiel, granulair filter of een zinkstuk van wiepen. Om te borgen dat er een goede aansluiting wordt gerealiseerd wordt gewerkt met een "kofferconstructie". Hierbij wordt het granulair filter ter plaatse van de aansluiting met overmaat aangebracht. Deze maatregel kan generiek toegepast worden op alle aansluitingen;

- Waar oude bekleding op geotextiel is aangebracht, dient aandacht te zijn voor het los maken ervan. Het risico bestaat dat met de kraan het doek beschadigd kan raken tot onder de te handhaven oude bekleding. Hierdoor kan de functionaliteit en levensduur aangetast raken. Indien geotextiel wordt aangetroffen dient met beleid ontgraven te worden en dient het geotextiel op niveau boven de te handhaven bekleding te worden losgesneden;
- Het verlagen van de kribben zal (deels) plaatsvinden in de periode dat de kribben onder water staan. Om voldoende kwaliteit te kunnen borgen worden werkzaamheden van ontgraven en aanbrengen stortsteen uitgevoerd bij een maximale waterstand van 0,5 m boven het ontgravingsvlak van de kribben;
- Om kwaliteit te borgen wordt het zetstenen inspectiepad op de kruin van de krib aangebracht op het moment dat de waterstanden lager zijn dan de onderzijde van de vlijlaag. Onder water zijn deze werkzaamheden niet mogelijk. In de praktijk kan dit betekenen dat het moment waarop de inspectiepaden flexibel is ten opzichte van het verlagen van de krib. Dan wordt eerst de kribkruin afgestort en bij lage waterstanden wordt het pad alsnog gezet;
- De damwandschermen in de kribwortel dienen tot de juiste diepte (circa 3 meter -mv) te worden doorgezet. Eventueel aanwezige objecten (denk bijv. aan stenen) kunnen hiervoor een belemmering vormen. Mocht dit voorkomen kan de bovenste grondlaag eerst ontgraven worden, en het obstakel verwijderd worden. De damwand kan dan gezet worden en de ontstane sleuf aangevuld;
- De stenen van de bekleding worden los gestort op de krib. Hiermee bestaat het risico dat in de eerste periode na aanbrengen de kleinere stenen uit de gradering relatief los liggen en naar beneden rollen. Om dit tegen te gaan zal na het storten van de bekleding een profileerslag met de bak van de kraan worden gemaakt, waarbij de stenen worden aangedrukt. Dit komt tevens de bestendigheid tegen ijsgang ten goede omdat de geprofileerde bekleden sterker is en gladder waardoor ijs minder aangrijpingspunten heeft om druk op te bouwen. Zie expert judgement IJsgang over verlaagde kribben met documentnummer PL341.MEM.602;
- In totaal 10 kribben liggen in NGE verdacht gebied. Detectie op de krib sluit toevalstreffers niet uit omdat de aanwezige stortsteen en puin detectie onbetrouwbaarder maakt. Daarom worden de graafwerkzaamheden op deze kribben onder NGE verdenking uitgevoerd. Dit betekent dat de machines op de krib voorzien zijn van bomcabine. Voorafgaand aan de realisatie worden protocollen toevalstreffer NGE opgesteld.
- De kribben hebben een lage archeologische verwachtingswaarde, enkele zijn wel oud. Er worden daarom 3 historische kribben onder archeologische begeleiding verlaagd. Omdat archeologische toevalsvonsten niet geheel worden uitgesloten, wordt er gewerkt met een protocol 'archeologische toevalsvonsten' dat de werkwijze beschrijft bij het aantreffen van een archeologische vondst;
- In het nog uit te voeren veldonderzoek in ontwerploop 4 naar de aanwezigheid en kwaliteit van de waterbouwsteen wordt een beeld gevormd van de opbouw en de aanwezigheid van bekleding onder zanddeposities boven de beoogde aansluitingen. Onder dit niveau is de beheerder verantwoordelijk voor de aanwezige bekleding. Via het risicoallocatiedocument (RAD) wordt overeengekomen hoe wordt gehandeld indien tijdens de realisatie wordt geconstateerd dat onvoldoende waterbouwsteen onder het niveau van de aansluitingen aanwezig is;
- De damwandschermen in de kribwortel dienen tot de juiste diepte (circa 3 meter -mv) te worden doorgezet. Eventueel in de bodem aanwezige harde objecten (denk bijv. aan stenen) of grindlagen kunnen hiervoor een belemmering vormen. Mocht dit voorkomen kan de bovenste grondlaag eerst ontgraven worden, en het obstakel verwijderd worden. De damwand kan dan gezet worden en de ontstane sleuf aangevuld;
- De kribvakbekleding wordt tot een diepte van 1 meter in het kribvak ingegraven. Het kribvak wordt na aanleg zodanig geprofileerd dat dit nagenoeg overeenkomt met de situatie voor aanleg. Zo worden riverkundige effecten geminimaliseerd. De bekleding wordt losgestort en geveild voor stabiliteit. De kribvakken worden aangesloten op de aangrenzende kribben waar zonodig overlaging plaats vindt.



Figuur 7-16: Impressie van realisatie kribverlaging

11.4 Bekleden van kribvakken

11.4.1 Werken aan kribvakken - algemeen

Een achttal kribvakken wordt bekleed met waterbouwsteen om erosie aan deze kribvakken te voorkomen. De kribvakken liggen in het projectgebied tussen de te verlagen kribben (zie figuur 7-13 voor de locatie). De bekleding wordt tot 1 meter onder het huidige maaiveld ingegraven. Het kribvak wordt na aanleg zodanig geprofileerd dat dit nagenoeg overeenkomt met de situatie voor aanleg. Zo worden rivierkundige effecten geminimaliseerd. De kribvakken worden aangesloten op de aangrenzende kribben waar zonodig overlaging plaats vindt. In tekening 3013 met documentnummer PL341.TEK.00665 'Uitwerking erosie maatregelen kribvakken' is het ontwerp van deze bekledingen opgenomen.

Een drietal buisleidingen met gevaarlijke stoffen van Gasunie kruisen de kribvakken 31-32 en 32-33. Voorafgaand aan de aanleg van de kribvakbekleding wordt in samenspraak en onder begeleiding de exacte ligging van de buisleidingen bepaald.

De kribvakken liggen in NGE verdacht gebied. Detectie en benadering vindt plaats voorafgaand aan de grondroeringswerkzaamheden. Detectie sluit toevalstreffers niet uit omdat aanwezige (zwef)stortsteen en puin detectie onbetrouwbaarder maakt. Daarom worden de graafwerkzaamheden uitgevoerd alsof de gebieden niet zijn vrijgegeven door de OCE deskundige. Dit betekent dat de machines voorzien zijn van bomcabine. Voorafgaand aan de realisatie worden protocollen toevalstreffer NGE opgesteld.

Voor het aanbrengen van de kribvakbekleding wordt de hieronder beschreven generieke werkwijze gehanteerd.

11.4.2 Ontgraven benodigd profiel

Voor het aanbrengen van de bekleding wordt gebruik gemaakt van 2 kranen en een bulldozer. Deze worden aangevoerd over het water en in het betreffende kribvak afgezet. Voor het aanbrengen van

Documentcode	Versie	Status	Datum	Pagina
PL341.OWN.00599	5.0	Definitief	17-9-2020	113/115

de bekleding wordt het kribvak haaks op het kanaal in 2 vakken verdeeld. Eerst wordt met behulp van een kraan het eerste vak ontgraven tot benodigd profiel. Het uitkomende materiaal wordt met behulp van de bulldozer op het tweede vak in depot gezet.

11.4.3 Aanbrengen granulair filter en stortsteen

Het nieuwe granulaire filter wordt met het kraanschip aangevoerd en gelost in het kribvak. De kraan draait het materiaal vervolgens over naar de verwerkingslocatie, waar de tweede kraan het materiaal verwerkt en profileert. Hierna voert het kraanschip de benodigde stortsteen aan en lost deze eveneens in het kribvak, waarna deze op gelijke wijze als het granulaire filter wordt overgedraaid en verwerkt met behulp van de twee kranen. Doordat de kranen zijn voorzien van GPS en het eindmodel is ingeladen in de kraan kan de machinist in real-time zien hoe het gerealiseerde werk zich verhoudt tot het ontwerp. Hierna wordt het uitgekomen materiaal uit het depot met behulp van de bulldozer teruggebracht naar het eerste vak, en verwerkt in profiel.

Vervolgens wordt het tweede vak op gelijke wijze als het eerste vak uitgevoerd. Van belang is wel dat de bekleding van de twee vakken goed op elkaar wordt aangesloten, hiertoe wordt de nieuw aangebrachte bekleding van vak 1 nabij de aansluiting over een strook nog niet afgedekt met het uitgekomen materiaal. Dit deel wordt pas na het aanleggen van de bekleding van vak 2 aangebracht gelijk met het aanbrengen van het vrijgekomen materiaal op vak 2.

11.4.4 Afstorten gaten in kanaalbodem

Nabij krib 1 en 2 zijn een tweetal spoelgaten als gevolg van stromin ontstaan. In samenspraak met de afdeling Rivierkunde van RWS worden deze gaten uitgevuld. Hiertoe wordt de vrijkomende 0-10 kg fractie gebruikt die vrijkomen bij het zeven van de bestaande kribbekleding. Dit materiaal wordt aan boord van het kraanschip verzameld en op basis van de aanwezige gps wordt dit op locatie over boord gezet met behulp van de kraan op het schip. Het uitvullen gaat in een aantal fasen afhankelijk van de hoeveelheid vrijkomende materiaal. Deze stappen worden herhaald tot op basis van peilingen wordt geconstateerd dat de gaten gevuld zijn.

11.4.5 Omgang tussentijdse opslag van materiaal

Bij de werkzaamheden zal op verschillende manieren met materiaal (grond, stenen ed.) worden omgegaan. Materiaal:

- komt vrij, wordt afgevoerd of eerst tijdelijk in depot gezet;
- komt vrij, al dan niet tijdelijk in depot worden gezet, en wordt hergebruikt;
- wordt van buiten het project aangevoerd, al dan niet tijdelijk in depot gezet, en toegepast;
- komt vrij, wordt elders bewerkt (bijv. gezeefd) en weer aangevoerd en toegepast.

Er wordt gewerkt met lokale depots op de oevers (voor alle te gebruiken materialen) en nabij de kribben waar aan gewerkt wordt in de kribvakken (stortsteen, in een strook van 20 meter om de krib). De omgang met depots komt ook terug in het nog op te stellen Uitvoeringsplan. Daarin zal o.a. uiteengezet worden hoe bij optredend hoogwater voorkomen wordt dat materiaal wegspoelt en depots voor die tijd zijn opgeruimd.

11.5 Voorbereidend onderzoek

Om inzicht te krijgen in de opbouw van de kribben zijn een aantal proefsleuven gegraven in krib 18. Deze is in opgebouw op een zandkern, voorzien van een bakstenen puinlaag en filterdoek onder een zetstenen kap. Deze is aan weerszijden opgesloten met houten perkoenpaaltjes en een plasberm.



Figuur 11-1: Proefsleuf krib 18 ten tijde van veldonderzoek november 2019

In de periode juni – september 2020 worden in het veld onderzoeken uitgevoerd naar de opbouw, samenstelling, kwaliteit en herbruikbaarheid van de aanwezige stort- en zetsteen. Met het onderzoek wordt inzichtelijk hoeveel waterbouwsteen daadwerkelijk beschikbaar is voor hoogwaardig en laagwaardig hergebruik, hoeveel waterbouwsteen nieuw aangevoerd dient te worden. Deze informatie wordt in ontwerploop 4 verwerkt in de grond- en stenenbalans, het UO en de uitvoeringsraming en in het Risico-Allocatiedocument. Tevens wordt met dit onderzoek de werkwijze voor het verlagen van oevers en kribben verfijnd.