

**Advies vlot en veilig  
vaarweggebruik bij  
natuur(vriende)lijke oevers**

Henk Verheij

1206733-000

## Titel

Advies vlot en veilig vaarweggebruik bij natuur(vriende)lijke oevers

## Opdrachtgever

RWS Waterdienst

## Project

1206733-000

## Pagina's

23

## Trefwoorden

Natuurlijke oever, natuurvriendelijke oever, vrij eroderende oever, vaargedrag, Maas

## Samenvatting

In een beperkte bureaustudie is op basis van expertise en ervaring nagegaan wat de oorzaak is van de ondiepte bij Gennep en wat hieraan te doen is. Geconcludeerd is dat ondiepten in principe bij alle natuur(vriende)lijke oevers kunnen optreden, en niet specifiek voor Gennep zijn. Specifiek voor Gennep is wel dat zich direct benedenstrooms een brug bevindt en dat maakt het voor schippers lastig om te corrigeren.

Op grond van de analyse van de situatie bij Gennep met natuur(vriende)lijke oevers aan de linker en rechter oever en een brugpijler in de as van het zomerbed worden de volgende adviezen gegeven:

- Steen onder water laten zitten, dus een gedeeltelijke ontstening, is effectief voor beperking van de verondieping.
- Bij aanleg al potentieel erosiemateriaal verwijderen.
- Moeilijke locaties wat betreft manoeuvreerbaarheid (brug, invaart, korte zichtlijnen, versmalling,.....) al voor aanleg identificeren en daardoor risico's op hinder door aanzanding beperken.
- Gedurende 2 à 3 jaar op locaties met natuur(vriende)lijke oevers een extra bodempelling uitvoeren, en zonodig extra baggeren ook buiten het onderhoudsprofiel.
- Aanbrengen van een goede bebakening ter plaatse van de ingreep plus een overgangszone bovenstrooms.
- Tussen het benedenstroomse einde van een natuur(vriende)lijke oever en een kunstwerk een afstand van minimaal 550 m aanhouden met een harde verdediging.

Aanbevolen wordt om de 2<sup>de</sup> tranche van de aanleg van natuur(vriende)lijke oevers te scannen op de risico's met de nieuwe inzichten. Daarnaast wordt aanbevolen om in de uit te voeren simulatorstudie te toetsen of de padbreedte juist bovenstrooms van de brug voldoende veilig is, en om de minimale afstand van 550 m stopafstand te toetsen. Aanbevolen wordt ook om met WAQBANK de morfologische consequenties van de aanleg van de natuur(vriende)lijke oevers te onderzoeken. Een complete morfologische studie wordt niet zinvol geacht.

## Referenties

Opdracht d.d. 21 mei 2012 (bestelnummer 4500196989; zaaknummer 31069706)

offerte d.d. 10 mei 2012 met kenmerk 1206733-000-ZWS-0001-vj

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	sep 2012	Henk Verheij		Erik Mosselman		Frans van der Knaap	

## Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling en aanpak	2
<b>2 Uitgangspunten</b>	<b>3</b>
2.1 Aangeleverde gegevens	3
2.2 Vaarweg gegevens	3
2.3 Scheepvaart	4
2.4 Typen natuurlijke oevers	6
<b>3 Analyse processen en effecten</b>	<b>11</b>
3.1 Inleiding	11
3.2 Bodemveranderingen	11
3.3 Processen en effecten	16
3.3.1 Natuurlijke rivierdynamiek	16
3.3.2 Oeverafslag door scheepvaart	17
3.3.3 Interactie scheepvaart met oever en bodem	19
<b>4 Advies</b>	<b>23</b>
4.1 Inleiding	23
4.2 Antwoorden op de onderzoeksvragen Zet de vragen bij de antwoorden!!	23
4.2.1 Vraag a	23
4.2.2 Vraag b	24
4.2.3 Vraag c	25
4.2.4 Vraag d	25
4.2.5 Vraag e	26
4.2.6 Vraag f	26
<b>5 Literatuur</b>	<b>29</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Rijkswaterstaat voert diverse ingrepen uit in de bedding van de Maas, onder andere: herinrichting van oevers, verdiepingen en verbredingen van het zomerbed, uiterwaardverlagingen en aanleg van geulen. Nu blijkt dat er verondiepingen ontstaan. Geconstateerd is dat bij Gennep ter hoogte van aangelegde natuur(vriende)lijke oevers op het traject kmr 152 - 157 de scheepvaart hinder ondervindt van ondiepten in het vaarwegprofiel. Deze hinder uit zich in koersafwijkingen van de schepen, en daarmee komt de vlotheid en veiligheid van het scheepvaartverkeer in het geding.

Inmiddels heeft RWS om te voldoen aan het takenpakket in het kader van de Kader Richtlijn Water (KRW) op een aantal trajecten al natuur(vriende)lijke oevers aangelegd. RWS streeft ernaar in 2015 op nog meer locaties natuur(vriende)lijke oevers te hebben gerealiseerd. De ambitie is oevers met de hoogst mogelijke ecologische waarde te realiseren zonder belangrijke functies als hoogwatervelligheid en scheepvaart te schaden.

De hinder bij Gennep in combinatie met het streven om in 2015 op meer locaties natuur(vriende)lijke oevers te hebben gerealiseerd is aanleiding voor RWS om advies te vragen hoe met deze problematiek om te gaan. De volgende onderzoeksvragen moeten daarbij worden beantwoord:

- a) Wat is er bij Gennep aan de hand en zijn dergelijke risico's ook elders te verwachten bij natuur(vriende)lijke oevers?
- b) Hoe veranderen deze risico's in de jaren na aanleg?
- c) Is handhaving van het vaarwegbeheersprofiel volgens de huidige procedure voldoende om ook bij aangepaste oevers een vlot en veilig vaarweggebruik van de Maas te garanderen? Zo nee, welk profiel en welke procedure zou hiervoor nodig zijn?
- d) Kan de door erosie ontstane, blijvende verbreding van het "boven normaal peil" oeverprofiel ook blijvend een negatief uitwerking hebben op het vaargedrag van schepen in de vaargeul en kan een aanpassing van de overgang tussen de verschillende oevertypes ("harde" verdedigde en "zachte" natuur(vriende)lijker oever) de bij Gennep gesignaleerde risico's voor vlotheid en veiligheid voorkomen? Zo ja, hoe moet een dergelijke overgang er dan uitzien?
- e) Kan de ligging van de brugpijlers van de brug bij Gennep van invloed zijn op deze locatie of zijn de geconstateerde problemen generaal bij natuur(vriende)lijke oeverovergangen te verwachten? En in het eerste geval: kan een aanpassing van de pijler (betere stroomgeleiding) de situatie verbeteren?
- f) Kunnen de gesignaleerde risico's voldoende worden beheerst met een extra opzet van stuwpeilen in de eerste helft van het laagwaterseizoen, waarna de opzet in de tweede helft van het laagwaterseizoen bijvoorbeeld onder invloed van schutten weer langzaam tot nul zakt?

## 1.2 Doelstelling en aanpak

De doelstelling van het onderzoek kan worden geformuleerd als:

*Het leveren van een advies inzake de gesignaleerde problemen bij Gennep in relatie tot het streven om met behoud van vlot en veilig vaarwatergebruik op meer locaties natuur(vriende)lijke oevers te realiseren.*

Daartoe is inzicht nodig in enerzijds de processen en het verloop van oevererosie in de tijd, en anderzijds de gevolgen voor de scheepvaart van het veranderende vaarwegprofiel. Op basis van de beschikbare informatie, ervaring en expertise wordt een advies gegeven.

Het onderzoek kende verschillende fasen. Na het verzamelen van informatie is het scheepsgedrag bij veranderende vaarwegprofielen kort samengevat en is de oevererosie bij natuur(vriende)lijke oevers besproken. Vervolgens is alle informatie over bodemveranderingen, processen en effecten van ingrepen beoordeeld. Tenslotte is een en ander gebruikt om de antwoorden op de vragen te formuleren.

Het geheel is vastgelegd in een concept verslag. Het concept verslag is besproken met vertegenwoordigers van RWS en van de beroepstak, waarna een definitief verslag is samengesteld. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de onderhavige studie beperkt van opzet is. Verder wordt voor alle duidelijkheid opgemerkt dat Grensmaas en Bovenmaas in dit advies niet worden beschouwd.

De studie is uitgevoerd door ir. H.J. Verheij. Van de zijde van de opdrachtgever was dr.ir. A. Sieben contactpersoon.



**Figuur 1.1** Voorbeeld van een containerschip in de afvaart richting de brug bij Boxmeer ter plaatse van een natuur(vriende)lijke oever

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Aangeleverde gegevens

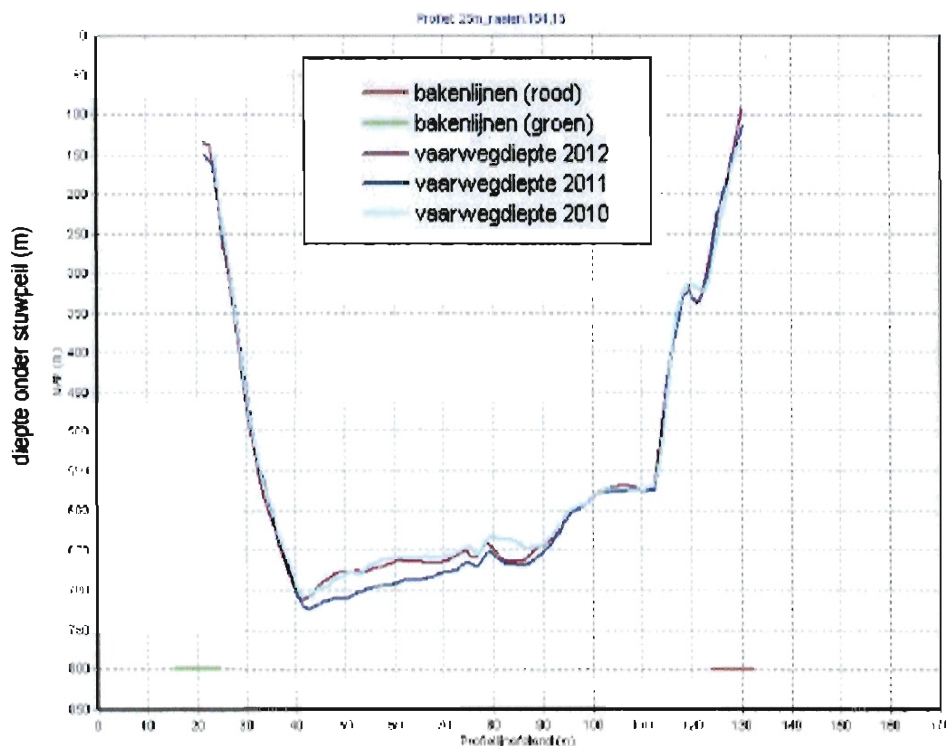
Door de opdrachtgever zijn de volgende gegevens aangeleverd:

- Bodempeilingen nabij de natuuroever Gennep (km 147-158); meer specifiek verschilkaart bodempeiling 2008 minus normprofiel, verschilkaart bodempeiling 2010 minus normprofiel en verschilkaart bodempeiling 2011 minus normprofiel;
- Kaarten met bodemhoogte, verschil bodemhoogte en vaarwegdiepte voor traject km 153.4 – 154.6 voor 2010, 2011 en 2012;
- Overzichtskaart natuur(vriende)lijke oevers Maas\_tcm174-279324;
- Memo met een advies over de impact van eroderende Maasoevers op de vaargeul (RWS, 2011);
- DHV rapport "Vrij eroderende oevers langs de Maas" (DHV, 2009);
- Notitie Schuttevaer over de eerste ervaringen met vrij eroderende oevers (Schuttevaer, 2012).

### 2.2 Vaarweg gegevens

De Maas is een regenrivier met een gemiddelde afvoer van bijna 300 m<sup>3</sup>/s. Het grootste deel van het jaar is er sprake van een gestuwde afvoer, omdat de afvoer te gering is om voldoende diepte voor de scheepvaart te kunnen garanderen. De stuwen worden getrokken bij ongeveer 1200 à 1300 m<sup>3</sup>/s.

Figuur 2.1 geeft een voorbeeld van een dwarsprofiel bij Gennep (stuwpeil +7,75 m NAP).



Figuur 2.1 Principeschets dwarsdoorsnede Maas bij kmr 154,150

Daaruit blijkt dat het dwarsprofiel min of meer trapeziumvormig is. De taluds hebben een helling van ongeveer 1 op 3 en de waterdiepte die wordt gegarandeerd is minimaal gelijk aan 1,4 keer de diepgang van het maatgevende schip. De werkelijke diepte op de Maas is soms zelfs enkele meters groter dan deze diepgang plus 40% kielspeling.

De breedte op de Maas maakt tweestrooks verkeer mogelijk (een strook voor het verkeer in de ene richting en een voor dat in de andere richting). Daarnaast is er een bermstrook gedefinieerd als de afstand tussen vaarstrook en teenlijn van de oever.

Een vaarstrook is de omhullende van de padbreedte van alle voorkomende schepen.

Voor het vaarwegdwarsprofiel zijn normen gegeven in de Richtlijnen Vaarwegen 2011 (MinI&M, 2011). Overigens zijn die formeel niet van toepassing voor de Maas omdat de stroomsnelheid groter is dan 0,5 m/s.

De streefdiepte voor het vaarwegprofiel is 4,9 m onder Maatgevende Lage Waterstand (MLW) conform de huidige CEMT-vaarwegklasse Va met een diepgang van 3,5 m. In de nabije toekomst zal op de Maasroute de klasse wijzigen naar Vb met een diepgang tot 4,0 m. Ten behoeve van de opwaardering vindt 0,3 m opzet van het stuwpeil plaats.

Indien nodig wordt door baggeren de vaarweg op diepte gehouden. Om te controleren of baggeren nodig is wordt de hele Maas jaarlijks eenmaal gepeld in de maanden maart/april. Bij havens wordt tweemaal per jaar gepeild.

De oevers van de Maas bestaan meestal uit cohesief materiaal (klei, leem) dat varieert in dikte met daaronder grof tot fijn zand. Op sommige locaties wordt zand aan de oppervlakte aangetroffen.

### 2.3 Scheepvaart

De Maas is onderdeel van de Corridor Maasroute. Dat betekent dat deze in de toekomst bevaren zal kunnen worden door CEMT-klasse Vb schepen, dus lange 2-baksduwstellen en koppilverbanden. De totale lengte van deze combinaties is orde 175 m.

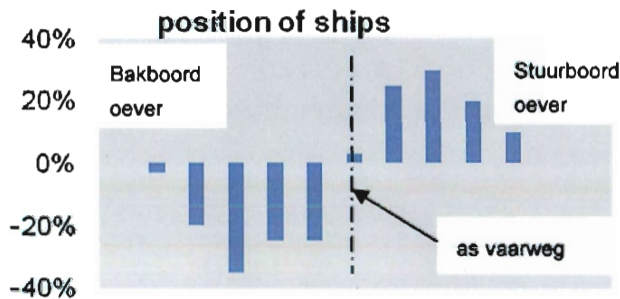
Op dit moment zijn de maatgevend schepen van het type CEMT-klasse Va, dus Groot Rijnschip (110 m lang) of een verlengd Groot Rijnschip (135 m lang).

In totaal zijn er jaarlijks 25.000 passages van beroepsvaart en 11.000 van de recreatievaart bij de sluis Sambeek (Schuttevaer, 2012). De verwachting is dat het aantal beroepsschepen zal toenemen, maar deze toename zal beperkt zijn. Belangrijker is dat de gemiddelde scheepsgrootte zal toenemen.

Gegeven de scheepvaartintensiteit is er sprake van een tweestrooksvaarweg met een minimale breedte in het kielvlak van 4x de breedte van het maatgevende schip, zie RVW2011(MinI&M, 2011). Een tweestrooksvaarweg betekent dat de schepen niet in de as van de vaarweg varen, maar aan de dichtstbijzijnde oever, zie Figuur 2.2.

positie schepen

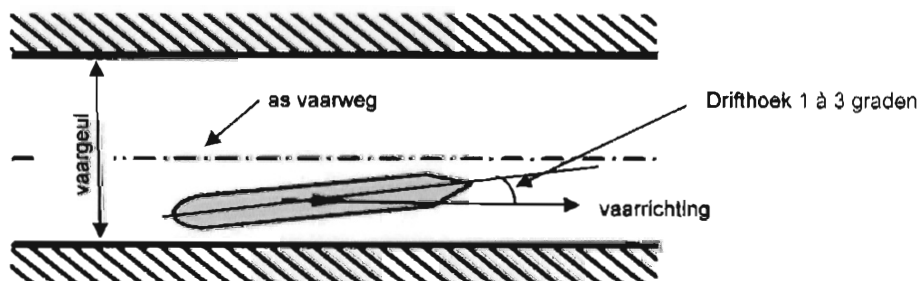




Figuur 2.2 Voorbeeld van verdeling van schepen over de breedte van de vaargeul

Niet in de as varen, zogenaamd excentrisch varen, betekent ook varen met een drifthoek. Dat wil zeggen het achterschip bevindt zich dichterbij de oever dan het voorschip. De oorzaak hiervan is de waterbeweging die het schip opwekt. Deze is asymmetrisch en zorgt daardoor voor een kracht en moment op het schip en voor het scheeftrekken van het schip, zie Figuur 2.3.

Dit verschijnsel treedt altijd op bij excentrisch varen, ook bij een gestrekte oever. Echter, in normale situaties is er sprake van een regelmatige oever en continuïteit in het dwarsprofiel en is er voldoende water tussen schip en oever en onder het schip, en dan is de drifthoek klein (orde 1 à 3 graden ten opzichte van de vaarwegas). Als zich dan geen plotselinge veranderingen in het vaarwegprofiel voordoen dan blijft een schip goed bestuurbaar.



Figuur 2.3 Schematische schets varen onder een drifthoek in een regelmatig dwarsprofiel (let op: schip en drifthoek sterk vergroot weergegeven ten opzichte van vaarweg)

Deze zogenaamde oeverzuiging verandert als het wateroppervlak tussen schip en oever verandert, bijvoorbeeld door een ander onderwater-oeverprofiel. De kracht en het moment veranderen en de schipper zal daarop moeten reageren. Na enige tijd zal zich een nieuwe evenwichtssituatie instellen en vaart het schip weer met een constante drifthoek. Bij een in lengterichting onregelmatige oever zal de schipper voortdurend zoeken naar een evenwichtssituatie.

Het varen met een drifthoek betekent ook dat de padbreedte van een schip groter is dan zonder drifthoek. Bij de vaarwegnormen is hier rekening mee gehouden. Ook heeft het varen onder een drifthoek invloed op de retourstroming. Deze zal naast een component parallel aan de vaarweg, ook een component hebben loodrecht op de vaarweg in de richting van de as van de vaarweg.

Tenslotte wordt opgemerkt dat een duidelijk zichtbare oever (visueel en op de radar) de veiligheid bevordert. Bijvoorbeeld een bebakening maakt duidelijk waar de oeverbegrenzing is. Schippers zullen namelijk bij een minder duidelijke of onduidelijke oeverbegrenzing de neiging hebben een grotere afstand tot de oever aan te houden en dus dichterbij de vaarwegas gaan varen. Dat betekent dat de in gebruik zijnde breedte van de vaarweg kleiner is.



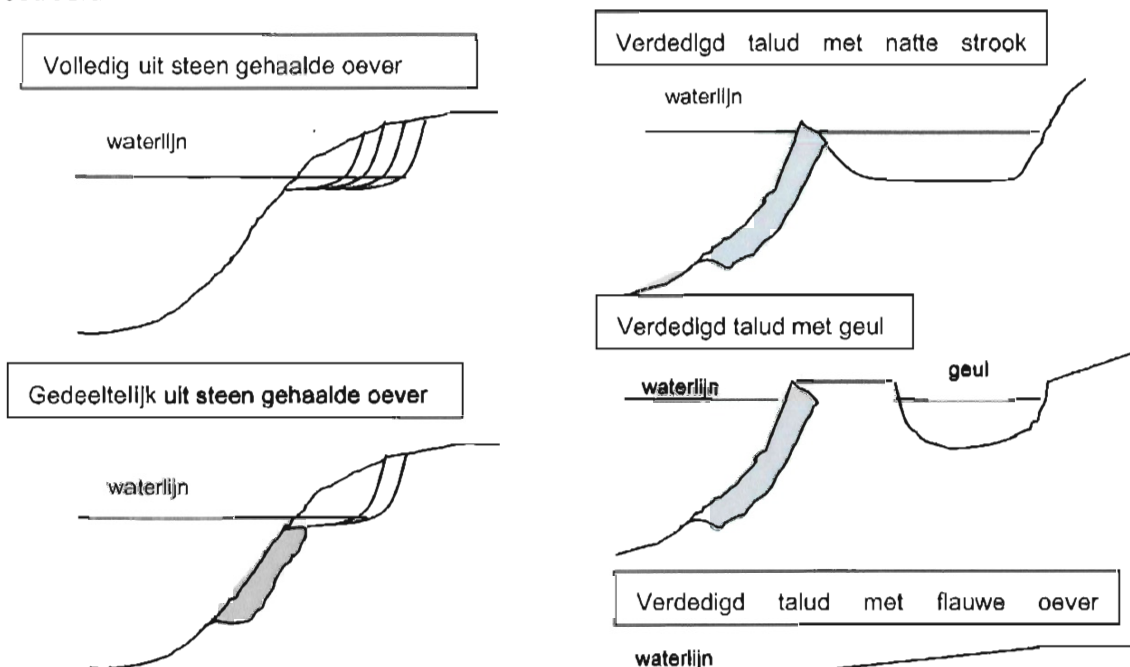
## 2.4 Typen natuur(vriende)lijke oevers

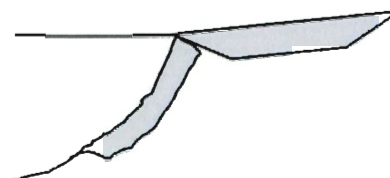
RWS gaat voor het realiseren van oevers met de hoogst mogelijke ecologische ambitie zonder de belangrijke rivierfuncties als hoogwaterveiligheid en scheepvaart te schaden. Voor de KRW is behalve het uiteindelijk areaal met langzaam stromend water over een zandbodem ook het beperkte dynamische proces van grote waarde voor de ontwikkeling van flora en fauna, dus vanuit de ecologie is een minimale ingreep gewenst. Met afnemende ecologische ambitie zijn de oevertypen dan ook te rangschikken als, zie Figuur 2.4:

- Natuurlijke oever: de rivier bepaalt de vorm van de oever na het geheel of gedeeltelijk weghalen van de stenen (ook wel vrij-eroderende oever of uit steen gehaalde oever genoemd);
- Natuurvriendelijke oever: oever die door de mens natuurvriendelijk ingericht wordt en ook zo in stand gehouden wordt (afgraven naar een flauw talud, smalle geulen achter de huidige verdediging, geheel of gedeeltelijk afgegraven en eventueel gebruik van vooroeverconstructies zoals dammetjes, schanskorven etc.).

Bij de natuurlijke oevers wordt de oeverbescherming in de vorm van stenen geheel of gedeeltelijk verwijderd. Scheepvaart en rivierafvoer geven dan samen de oever opnieuw vorm. Bij lage afvoeren als de rivier gestuwd is zorgen de scheepsgeïnduceerde waterbewegingen voor oevererosie. Bij hoge afvoeren en ongestuwde Maas zorgen de stroomsnelheden voor de afvoer van het geërodeerde materiaal. Meestal ontstaat er een steilrand met daarvoor een flauw talud. Het gevolg is dat een zekere hoeveelheid oevermateriaal in de rivier terecht komt. Erosie bij hoogwater vindt vooral plaats als de oever uit geroerde grond bestaat zoals vlak na aanleg of als de grond door golfslag is losgewoeld.

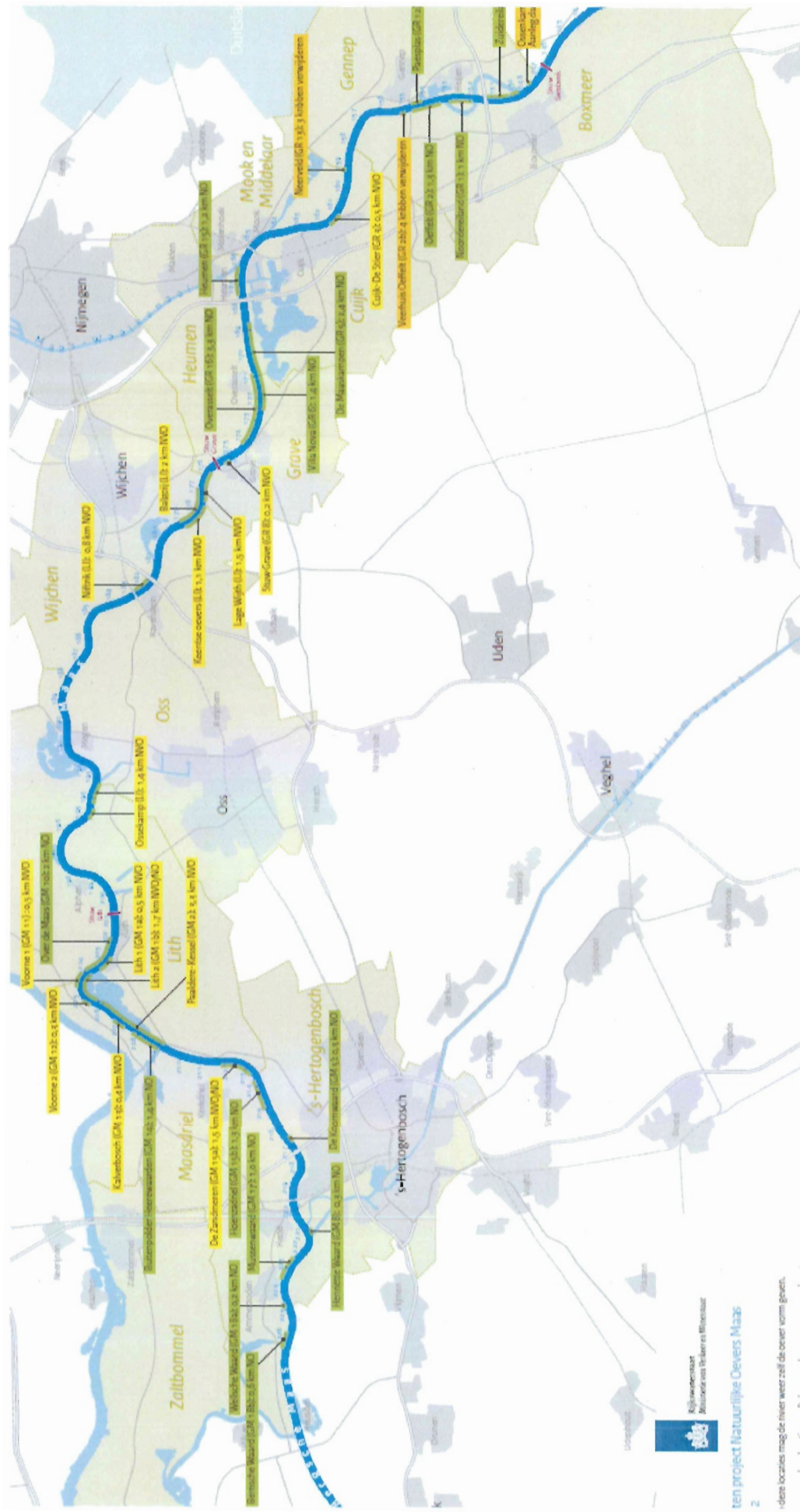
Natuurvriendelijke oevers worden door de mens ingericht. Op het onderwatertalud en rond de waterlijn blijft een bescherming aanwezig. Het zal duidelijk zijn dat de ecologische waarde van dit type natuur(vriende)lijke oever anders is. Bij een natuurvriendelijke oever wordt slib ingevangen, terwijl voor de KRW naar ondiep stromend water over een zandbodem wordt gestreefd.





*Figuur 2.4*      *Indeling in typen natuur(vriende)lijke oevers*  
*(links: natuurlijke oevers; rechts: natuurvriendelijke oevers)*

Figuur 2.5 geeft een overzicht van de aan te leggen natuur(vriende)lijke oevers. Figuur 2.6 toont een natuurlijke oever.



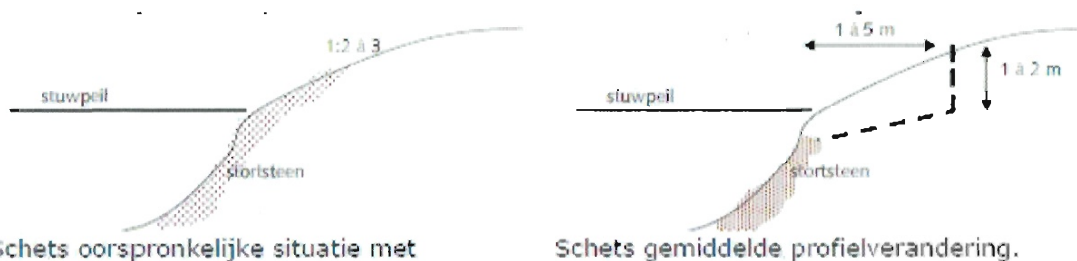
Figuur 2.5 Overzicht aan te leggen natuur(vriende)lijke oevers





*Figuur 2.6 Natuurlijke oever met bakken op oorspronkelijke waterlijn*

Figuur 2.7 geeft een schets van de processen die optreden bij een natuurlijke oever.



Schets oorspronkelijke situatie met bestorting tot circa 1 m boven stuwpeil en relatief steil boventalud naar het hogere maaiveld.

Schets gemiddelde profielverandering.

*Figuur 2.7 Schets van de veranderingen bij een natuurlijke oever door erosie*



## 3 Analyse processen en effecten

### 3.1 Inleiding

De oevers van de Maas zijn voor het grootste deel met steen beschermd tegen erosie. Deze bescherming is aangebracht in de jaren 60 en 70. Die erosie werd veroorzaakt door de steeds zwaardere hydraulische belastingen opgewekt door de scheepvaart (Van der Meulen en Verheij, 1994). De scheepvaart groeide in die jaren aanzienlijk; niet alleen wat betreft intensiteit maar ook wat betreft de scheepsgrootte en geïnstalleerde motorvermogens.

Daarnaast zorgen natuurlijk ook de hoogwaters voor erosie van oevers en rivierbed. Ook ingrepen door de mens, bijvoorbeeld in het kader van Ruimte voor de Rivier of de KRW-maatregelen, kunnen effect hebben op bodemveranderingen. In het onderhavige rapport wordt de aanleg van natuur(vriende)lijke oevers in het kader van de KRW behandeld.

In dit hoofdstuk zal een aantal aspecten worden behandeld die mogelijk kunnen bijdragen aan beantwoording van de gestelde vragen. Het betreft de volgende aspecten:

- Bodemveranderingen,
- Processen en omvang daarvan, en
- Mogelijke effecten.

De bodemveranderingen worden in paragraaf 3.2 besproken. Processen en mogelijke effecten in paragraaf 3.3.

### 3.2 Bodemveranderingen

Vastgesteld is dat bovenstrooms van de brug bij Gennep verondiepingen optreden. Niet duidelijk is of de 'plotselinge' bodemverhoging verband houdt met de aanleg van de natuur(vriende)lijke oever najaar 2010, de hoogwaters van begin 2011, materiaal dat van elders komt, verruiming van het rivierbed, of een combinatie van deze.

De natuur(vriende)lijke oevers juist bovenstrooms de brug zijn van het type natuurlijke oever. De rechter oever is volledig uit de steen gehaald; de linker onderwateroever is verdedigd gebleven.

De Figuren 3.1 en 3.2 tonen bodemliggingen en verschilkaarten. Uit Figuur 3.1 is op te maken dat er aan de rechter oever juist bovenstrooms van de brug aanzandingen zijn in de orde van 1,0 à 1,5 m. Maar dergelijke aanzandingen zijn ook aan de linker oever waar te nemen. Verder valt op dat er nauwelijks verschil te zien is tussen de opname in mei 2011 en die in juli 2010.

Figuur 3.2 toont verschilkaarten 2012-2010 en 2011-2010 (peiling 2012 in juni). Juist bovenstrooms van de brug aan de rechter oever is op de kaart 2011-2010 zichtbaar de aanzanding boven de oever als gevolg van afgezet oevermateriaal, maar die aanzanding is onregelmatig. Op de verschilkaart 2012-2010 is er sprake van een veel regelmatigere



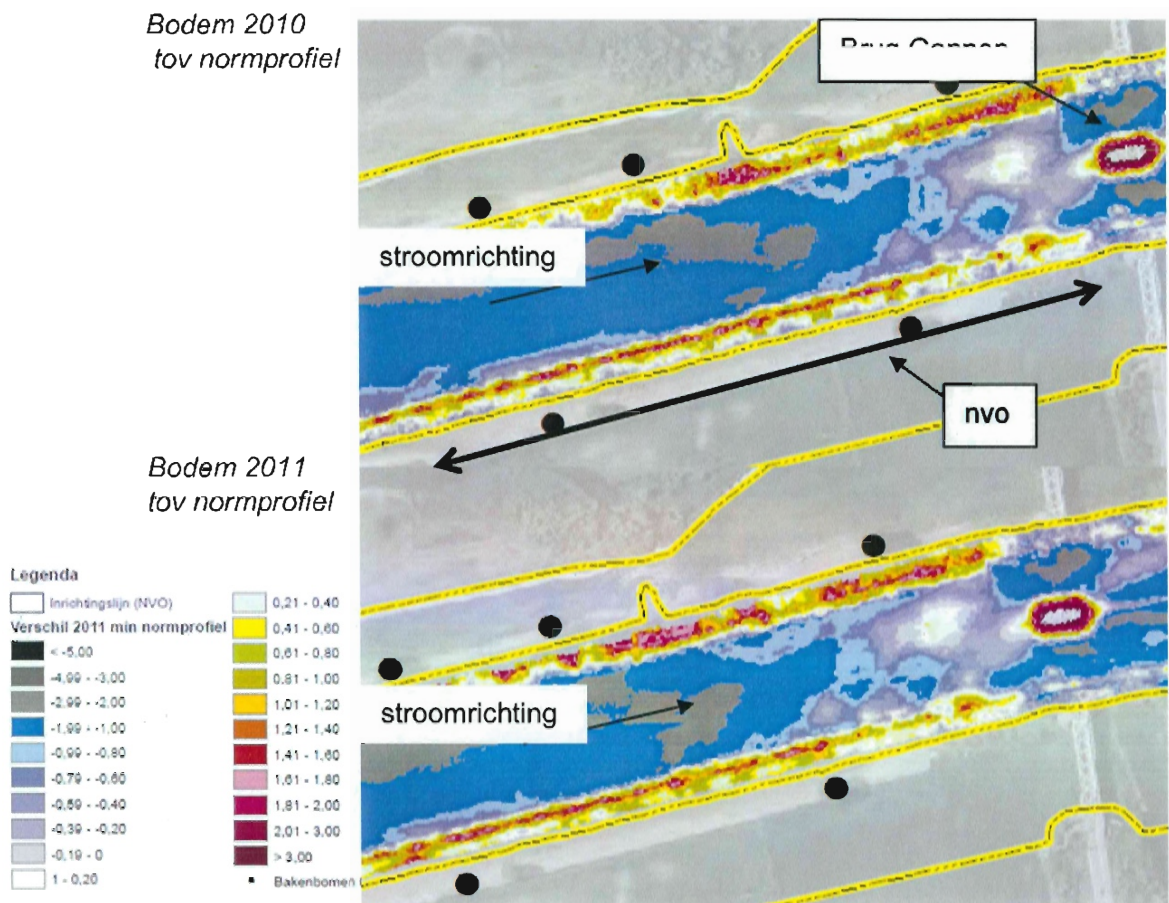
aanzanding. Het grillige patroon wordt veroorzaakt door het verschil in samenstelling van de oever. De aanzanding strekt zich uit over de lengte van de aangelegde natuur(vriende)lijke oever, dat wil zeggen de ruimtelijke structuur van de bodemverandering klopt met de structuur van de ingreep. Er is dus sprake van een geïsoleerde bodemverandering. De sterke ruimtelijke correlatie tussen oorzaak en gevolg is in overeenstemming met het laagdynamische karakter van de Maasbodem.

Aan de linker oever juist bovenstrooms van de brug is ook aanzanding te zien. Er is geen verschil te zien tussen de kaarten 2012-2010 en 2011-2010. De aanzanding is dus niet toegenomen na de initiële erosie in het eerste jaar, dit in tegenstelling tot de rechter oever. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de linkeroever niet volledig ontsteend is waardoor minder erosie zal plaats vinden.

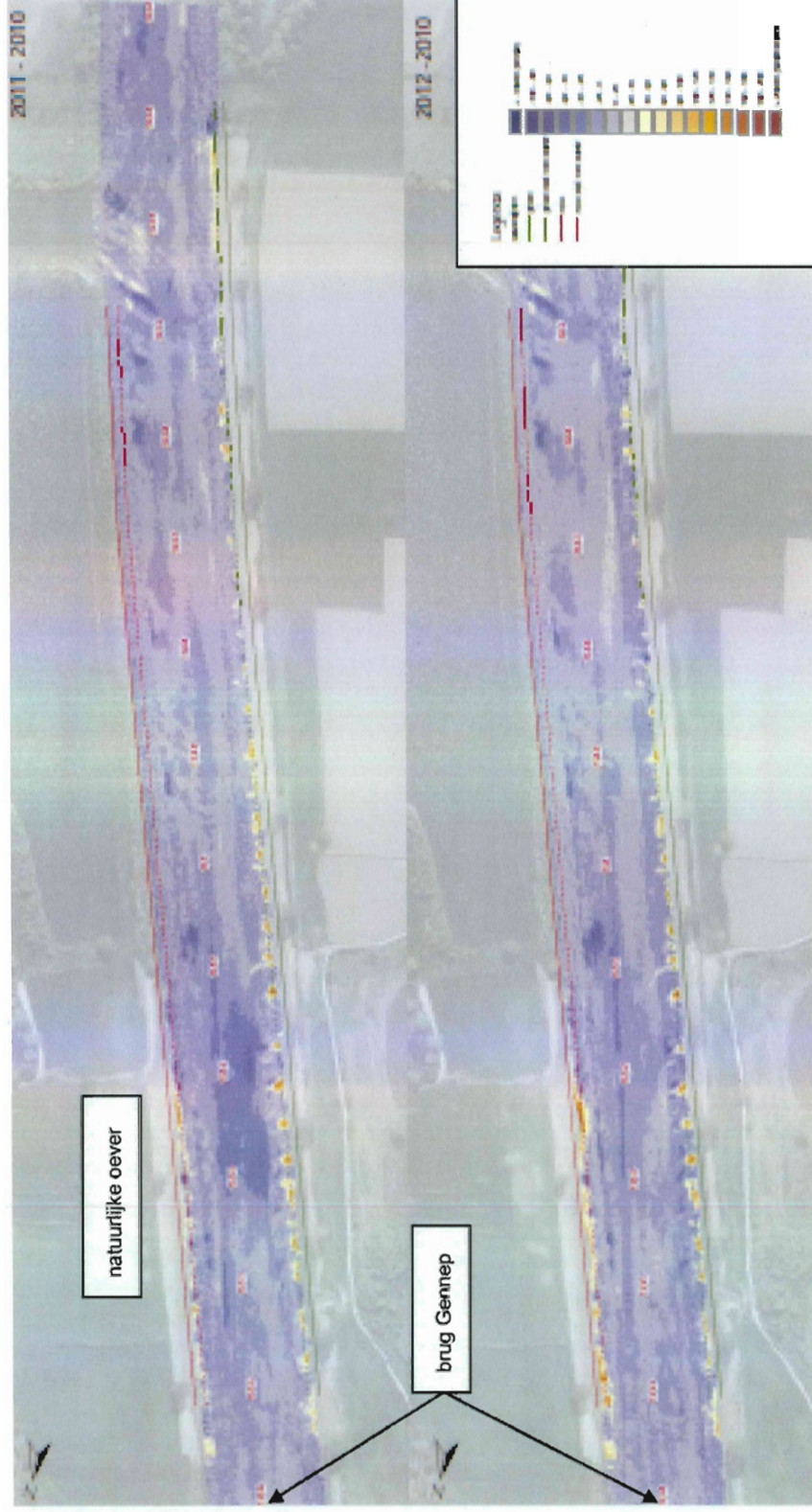
Benedenstrooms van de brug heeft over het traject km 155,7 tot km 174,2 verdieping van het zomerbed plaats gevonden. Deze verruiming zou tot sedimentatie kunnen leiden, maar dat is niet waar te nemen in de verschilkaarten.

Verder is er in het traject van Gennep niet echt sprake van een binnen/buitenbocht-profiel, wat betekent dat er door stroming geen relevante zijwaartse verplaatsing van sediment over de rivierbodem vanaf de oever richting rivieras is. Met andere woorden, als materiaal in een recht rivierstuk met lage morfodynamiek vanuit de oever in de hoofdgeul komt, dan is in het eerste jaar na aanleg dit materiaal als een parallelle onderwaterberm in de bodemveranderingen te herkennen. Een zijwaartse verplaatsing van sediment is dan nog wel mogelijk door retourstroming onder en rondom passerende schepen (hoe groter deze interactie, des te groter de verplaatsing en uitsmering van sediment); zie ook Figuur 2.3.

Dan is ook belangrijk de vraag of er bodemveranderingen zijn uit te sluiten die niet zijn veroorzaakt door aanpassing van de oevers. De gemiddelde jaarlijkse voortplantingssnelheid van bodemveranderingen in de Maas wordt geschat op 0,25 km per jaar stroomafwaarts (Sieben, 2008). Dus, bodemveranderingen in het jaar na de ingreep (seizoen 2011), op een afstand van meer dan 250 à 500 m stroomafwaarts van een aangepaste oever zijn niet het effect van die aanpassing. Idem dito, ook bodemveranderingen op meer dan 250 m bovenstrooms van een aangepaste oever, zijn niet het effect van die aanpassing.



Figuur 3.1 Bodemligging in 2010 en 2011 ten opzichte van normprofiel



Figuur 3.2 *Verskil bodemkaarten: boven 2011 minus normprofiel, onder 2012 minus normprofiel (let op: afvarend is van rechts naar links)*





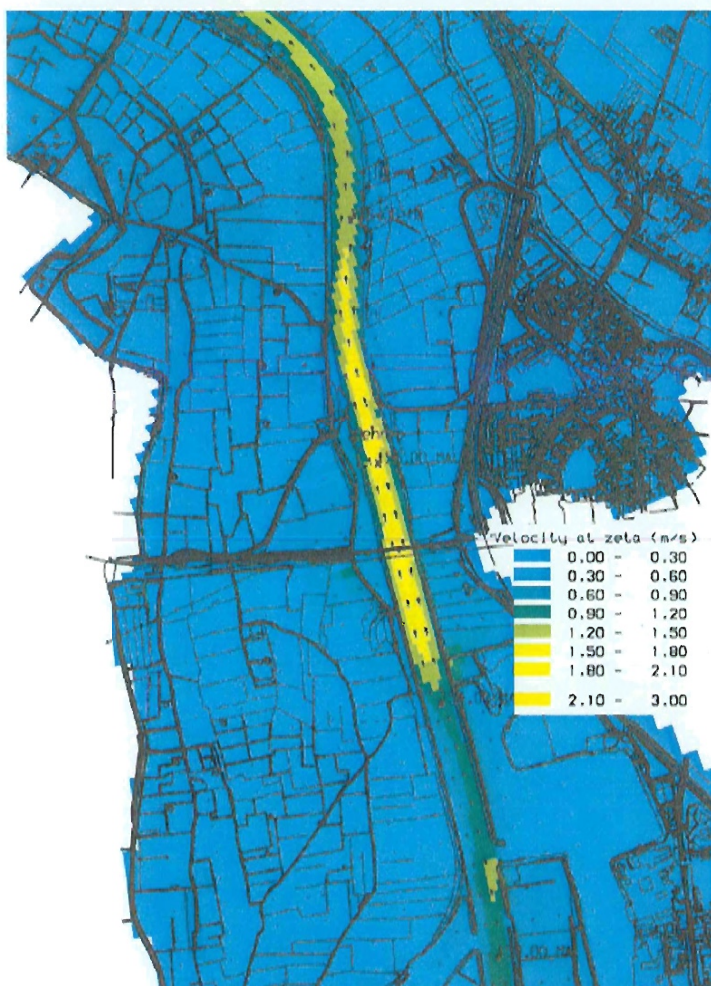
### 3.3 Processen en effecten

Er zijn meerdere processen te onderscheiden:

- Natuurlijke rivierdynamiek (wisselende bodemschuifspanningen tijdens hoogwater, waterstandsvariaties)
- Oeverafslag door scheepvaart (desintegratie, loswoelen, en afvoeren )
- Invloed scheepvaart op oever en bodemmateriaal
- Niet-fluviatiele invloeden (recreatie, vandalisme, koeien, ratten, etc)

#### 3.3.1 Natuurlijke rivierdynamiek

De vraag is of er bij Gennep sprake is van een lokaal afwijkende bodemschuifspanning door stroming. In Figuur 3.3 wordt het WAQUA-snelheidsplaatje getoond. De snelheidsgrootte is aangeduid met kleuren en met de grootte van de vectoren. Dit laat zien dat er bovenstrooms van de brug bij bedvullende afvoer van 2000 m<sup>3</sup>/s (stuwen worden getrokken bij ongeveer 900 m<sup>3</sup>/s bij Belfeld en bij 1500 m<sup>3</sup>/s bij Borgharen) sprake is van redelijk hoge stroomsnelheden over de oeverzone. Materiaal dat tijdens het laagwaterseizoen door scheepvaarteffecten van de oever is losgewoeld, blijft bij hogere afvoeren niet liggen maar wordt van de oever geveegd en komt verspreid op de bodem terecht.



stroomsnelheden bij 2000 m<sup>3</sup>/s  
tpv oever in de orde van 1.2 -1.5 m/s

Figuur 3.3 Stroomsnelheden uit WAQUA

Uit de figuur blijkt ook dat boven de uiterwaarden de stroomsnelheden lager dan 1,0 m/s zijn. Dit betekent dat daar geen erosie van materiaal zal optreden, tenzij er sprake is van losliggende, geroerde grond.

Voor zover bekend is er bij Gennep geen sprake van andere processen die relevant zijn voor de bodemhoogte ter plekke. Wel is vanaf km 155,7, en dat is 1 km benedenstrooms van de brug, een zomerbedverdieping uitgevoerd, maar dit heeft geen effect op de aanzanding (wel kan er sprake zijn van terugschrijdende erosie). Bij hoogwater is, als gevolg van de waterstandsverlaging bij de zomerbedverdieping, bij Gennep sprake van lokaal wat hogere stroomsnelheden en dit kan de lokale morfologische processen wat versnellen. Er zijn geen ingrepen bekend die direct stroomopwaarts km 154 zijn uitgevoerd in de afgelopen jaren en die voor aanzanding bij Gennep hebben kunnen zorgen.

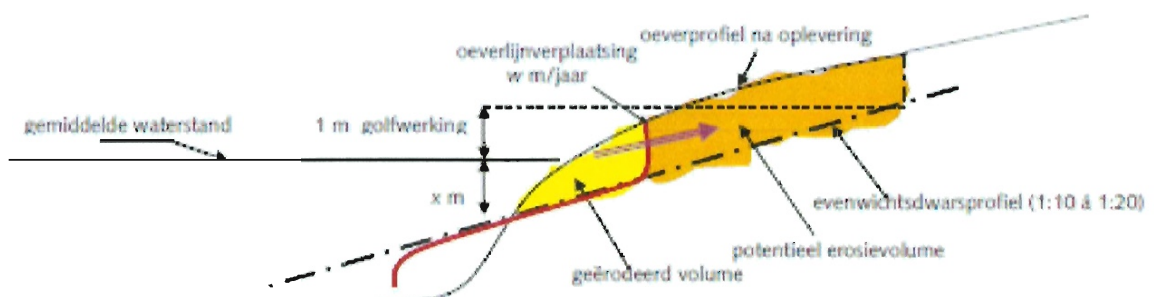
### 3.3.2 Oeverafslag door scheepvaart

Uit eerdere studies naar oeverafslag van onverdedigde Maasoeveren in het verleden blijkt dat gemiddeld een afslag van 1 à 4 m per jaar is gemeten (DWW, 2001). In het begin gaat de afslag sneller, orde 4 m per jaar om daarna af te nemen tot ongeveer 1 à 2 m per jaar. Deze cijfers stemmen overeen met waarden die in een recent rapport worden berekend: 16 tot 63 m in 30 jaar (DHV, 2009).

De afslag zal lokaal overigens sterk variëren. In genoemd rapport wordt bijvoorbeeld voor een locatie bij Bergen bij kmr 140,1 een gemeten afslag van 5 à 6 m per jaar vermeld. Recente informatie gebaseerd op satellietfoto's en waarnemingen van RWS medewerkers lijkt echter eerder te wijzen op een afslag van 5-6 m in een periode van 6 jaar (mondelijke mededeling RWS-DLB). Lokale verschillen in de eigenschappen van het oevermateriaal (en lokale variaties in belasting) liggen ten grondslag aan de verschillende afslagsnelheden.

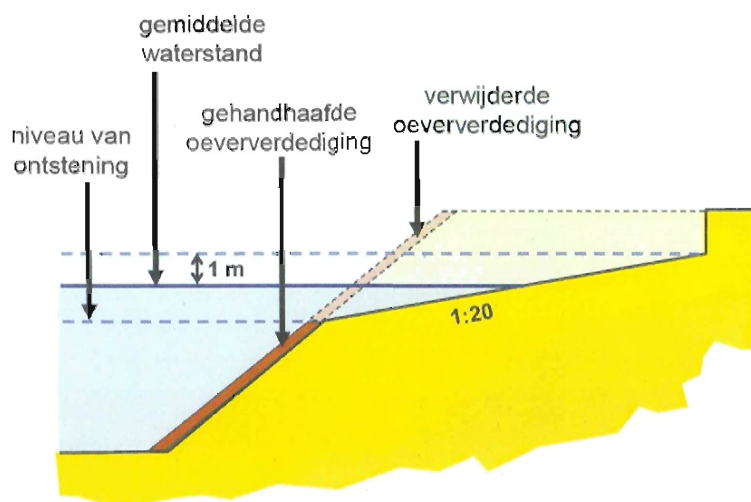
De gemeten waarden voor de mate van erosie zijn overigens ook in lijn met verwachte waarden voor de IJssel, terwijl dat een vrij afstromende rivier is en niet een gestuwde rivier zoals de Maas (Sieben, 2005, 2011). Extra afslag zal optreden in buitenbochten omdat de stroomsnelheden daar nu eenmaal meestal hoger zijn. RWS heeft besloten om scherpe buitenbochten in de Maas niet te ontstenen, om verplaatsing van de vaargeul te voorkomen.

Oeverafslag is het gevolg van een hydraulische belasting die groter is dan de weerstand die het oevermateriaal kan bieden. Die hydraulische belasting wordt veroorzaakt door de scheepvaart, maar ook door hoge stroomsnelheden tijdens hoogwaters. In beide gevallen komt het geërodeerde oevermateriaal uiteindelijk grotendeels in het zomerbed terecht. De Maas is een gestuwde rivier en de scheepsgeïnduceerde waterbewegingen zijn dus de belangrijkste oorzaak van de oeverafslag.



Figuur 3.4 Karakteristiek dwarsprofiel en potentieel erosievolume als gevolg van door scheepvaart geïnduceerde oeverafslag





Figuur 3.5 Geschematiseerd dwarsprofiel bij gedeeltelijk ontstene oever

De Figuren 3.4 en 3.5 geven schematisch weer wat er gebeurt bij oeverafslag na aanleg van een natuurlijke oever (geheel of gedeeltelijk uit steen gehaalde oever). De oeverlijn verplaatst en het talud verflauwt tot een talud 1:10 tot 1:20. De omvang van deze afslag is ongeveer 5 à 10 m<sup>3</sup> per meter (RWS, 2011) in de beginfase kort na de aanleg van de natuurlijke oever. Daarna zal de hoeveelheid afnemen. Bij een lengte van de natuurlijke oever van 500 m aan de rechteroever betekent dat dus éénmalig een extra sedimentlast van 2500 tot 5000 m<sup>3</sup>.

Overigens zal de vorm van de oever grilliger zijn dan de figuren suggereren. De samenstelling van de oever verschilt immers per meter lengte en hoogte en daardoor verschilt de sterkte ook. Deze grilligheid zal zeker in de eerste jaren van de natuur(vriende)lijke oever optreden en kan daarmee van invloed zijn op het gedrag van passerende schepen.

De scheepvaart is verantwoordelijk voor deze continue maar geringe afslag. Het zijn met name de boeg- en hekgolven die een varend schip opwekt die ervoor zorgen dat op het boventalud de steilrand erodeert. De wateroverdrukken tijdens de waterspiegelverlaging bij de passage van een geladen schip zorgen vaak voor afschuiving.

Een deel van het materiaal wordt afgezet op het talud voor de stellrand; een ander deel wordt door de golven afgevoerd naar het zomerbed. Het tijdelijk op de bovenoever afgezette sediment doet golven breken en sediment verplaatsen. Op de lange duur leidt dit tot een flauwere oeverhelling van ongeveer 1 op 20 met aan de landzijde een steilrand. Het bovenwatertalud loopt aan de rivierzijde overigens door tot ongeveer 2x de golfhoogte onder de gemiddelde waterstand (factor x ln Figuur 3.4).

Naast de scheepsgolven wekt een varend schip ook een retourstroming op. De hierbij behorende stroomsnelheden belasten het onderwatertalud. Ook zorgen zij voor afvoer van materiaal dat op het onderwatertalud terecht komt vanaf het bovenwatertalud.

De afslag is dus een eindelijk proces want de flauwere oeverhelling doet golven breken en het gevolg is een geringere golfaanval op de steilrand. De snelheid van oeverafslag neemt daardoor in de tijd af. Ook de hoeveelheid oevermateriaal die in de vaargeul komt neemt dus af. Direct na aanleg van een natuuroever is de erosie maximaal, maar deze vermindert geleidelijk tot een soort van evenwichtsprofiel ontstaat. Dit proces kan worden berekend met het programma BEM (Bank Erosion Model) dat is ontwikkeld door Deltares om de

achteruitgang van onverdedigde oevers te voorspellen. Op grotere lengteschaal kan het programma WAQBANK worden gebruikt dat is gebaseerd op BEM en onder andere is gekalibreerd en toegepast voor een traject bij Swalmen (kml 88,3-89,0) in het kader van baggerbestek 2 (Stolker en Verheij, 2001). Het ging hier om dwarsprofielverruiming waarvoor de oeververdediging tijdelijk is verwijderd die daardoor vrij kon eroderen. Gedurende 1,5 jaar is toen de ontwikkeling gemonitord.

Een deel van het geërodeerde materiaal komt op het nieuwe talud terecht en een deel op de onderwateroever onder invloed van de retourstroom samenhangend met het passerende schip. Dit kan leiden tot een verondieping binnen het normprofiel. Omdat het om een tijdelijk proces gaat dat na verloop van tijd praktisch stopt als een evenwichtsoever is ontstaan, kan gedurende de jaren met oevererosie met een mitigerende maatregel als baggeren de verondieping worden opgelost.

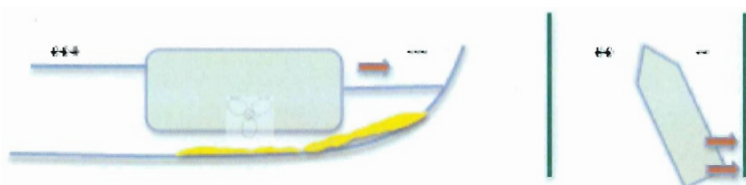
Ook een hoogwater zorgt voor afvoer van het geërodeerde sediment op de oever voor de steilrand en op het onderwatertalud.

Opgemerkt wordt dat tijdens de val van het hoogwater de stroming zich weer in het vaarwater concentreert. Daar zijn de stroomsnelheden dan lager dan op de overgang van oever naar zomerbed en als gevolg daarvan treedt in de hoofdgeul sedimentatie op. Dit is een bekend fenomeen dat altijd na hoogwaters wordt waargenomen; ook voordat de oevers in steen werden gezet (Schuttevaer, 2012).

### 3.3.3 Interactie scheepvaart met oever en bodem

Zoals al opgemerkt wordt de oeverafslag met name veroorzaakt door de scheepvaart. De geïnduceerde golven deponeren dit materiaal op de zich ontwikkelende strandoever en op het onderwatertalud. Tijdens perioden met lage afvoer (gesloten stuwen) zorgt de retourstroming van de schepen voor transport van dit materiaal naar de vaargeul, zie Figuur 2.3. Tijdens hoge afvoeren als er niet wordt gestuurd gebeurt dit door de natuurlijke stroming.

Door oeverafslag komt dus materiaal in het vaarwater op de onderwatertaluds. Het natte oppervlak tussen schip en oever vermindert daardoor en dat houdt in dat de oeverzuiging sterker wordt. Het schip gaat onder een grotere drifthoek varen, zie Figuur 3.6 (TU, 2009). Zoals eerder opgemerkt is de drifthoek in de orde van 1 tot 3 graden en onder normale condities zal het schip goed bestuurbaar blijven. Bij een plotselinge verondieping kan een schrikreactie optreden. Zeker bij Gennep want daar is de situatie gecompliceerder door de aanwezigheid van de brug. Schippers moeten bij nadering van de brug meer richting oever sturen en kunnen dan meer last van de aanzanding hebben.



Figuur 3.6 Toename drifthoek door aanzanding

Ook de retourstroming onder het schip in de richting van de vaarwegas wordt groter en zorgt voor verplaatsing van het materiaal naar het midden van het vaarwater wat in principe gunstig is vanwege de grotere diepte daar. Geen informatie is bekend hoe snel dit proces gaat, maar

bekend is dat schepen hun eigen vaardiepte in stand kunnen houden (zogenaamde platvaren van ondiepten).

Overigens merken schippers direct dat er sprake is van een ondiepte, want zij merken dat de motor het zwaarder krijgt. De schroef ondervindt meer weerstand en daardoor de motor ook. Om hetzelfde vermogen te leveren wordt meer brandstof ingespoten. Het verbruik loopt dus op en als gevolg daarvan is er ook meer uitstoot van bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>. Dit heeft weliswaar niets met de veiligheid te maken, maar is vanuit milieuoogpunt wel ongewenst. Bij Gennep is tijdens een vaartocht met ms Navigatie een lokale toename van het brandstofgebruik ten opzichte van normaal van 40% waargenomen. Schuttevaer (2012) meldt een toename van 10%.

Bovendien ondervindt een schip niet alleen de hinder van de grotere drifthoek, maar bij een ondiepte is er ook minder water onder de kiel en dit zorgt voor extra inzinking of squat. Als plotseling zeer weinig water onder de kiel staat, kan de bestuurbaarheid plotseling sterk afnemen omdat de snelheid van het schip nog niet is aangepast aan die situatie. Ook zal de stroming rond het schip verder veranderen (nog asymmetrischer) en een nog grotere drifthoek zal nodig zijn. Het risico bestaat dat het schip doorschiet naar de andere oever door het extra giermoment. Optimaal is een waterdiepte-diepgang verhouding van 1,4 of groter. Bij geringere waarden dan 1,4 is er een invloed merkbaar. Een absoluut minimum is een waterdiepte-diepgang verhouding van 1,1 wat overeenkomt met ongeveer 0,3 m water onder de kiel (bij een diepgang van 3,5 m). Gegeven de bodemligging bij Gennep lijkt dit risico gering door de aanwezige overdiepte.

Het zal duidelijk zijn dat bij ondiepten over een deel van de vaarwegbreedte de padbreedte zal toenemen. De drifthoek neemt immers toe. Een grotere padbreedte kan betekenen dat de veiligheid afneemt want er is tenslotte minder breedte beschikbaar. Ook als het gegarandeerde normprofiel in stand wordt gehouden, kan dit een probleem opleveren. Lokaal wordt immers een kleiner deel van de breedte gebruikt. De grootte van de afname is niet aan te geven. Dit vereist een simulatorstudie waarin de vraag wordt onderzocht of de beschikbare resterende breedte voldoende is.

Opgemerkt wordt dat schepen vanwege de mogelijke aanwezigheid van ondiepten meer afstand tot de oever zullen aanhouden. Het is dan ook belangrijk de oever aan te geven via bakens. De oorzaak van het varen op grotere afstand is dat schippers bij een verticale oever weten dat ook dicht bij de oever nog voldoende waterdiepte aanwezig is. Dat laatste is overigens niet altijd het geval. Op sommige kanalen, zoals bijvoorbeeld op het Amsterdam-Rijnkanaal, is voor de damwand een onderwater talud aanwezig om de stabiliteit van de damwand te waarborgen. Recente simulaties van de scheepsgeïnduceerde stroomsnelheden op het Amsterdam-Rijnkanaal hebben laten zien dat de stroomsnelheden tussen schip en oever afnemen als het onderwatertalud afwezig is. Onderwatertaluds kunnen schepen hinderen omdat de waterdiepte geringer is (Verheij et al, 2012). Schepen "voelen" dus een onderwatertalud. Dit is sterk vergelijkbaar met de situatie van een ondiepte. Op basis van die studie moet worden geconcludeerd dat de aanwezigheid van een onderwatertalud of ondiepte zoveel mogelijk moet worden voorkomen, want het heeft een negatief effect op vlotheid en veiligheid.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat Amsterdam-Rijnkanaal en Maas vergelijkbaar zijn wat betreft de natte kanaaldoorsnede, Amsterdam-Rijnkanaal ongeveer 600 m<sup>2</sup> en de Maas bij Gennep ongeveer 500 m<sup>2</sup>.

14 september 2012

Deltares



## 4 Advies

### 4.1 Inleiding

RWS heeft in het kader van de KRW op meerdere trajecten al natuur(vriende)lijke oevers aangelegd en streeft ernaar in 2015 op meer locaties natuur(vriende)lijke oevers te hebben gerealiseerd. De ambitie is oevers met de hoogst mogelijke ecologische waarde te realiseren zonder belangrijke functies als hoogwaterveiligheid en scheepvaart te schaden. Door het optreden van een plotselinge ondiepte aan de rechter oever julst bovenstrooms van de brug bij Gennep is een niet aanvaardbare situatie met een schip opgetreden. Om vlotheid en veiligheid van de scheepvaart te garanderen wil RWS een advies en heeft zij daartoe een aantal vragen geformuleerd. In de navolgende paragraaf zullen deze vragen een voor een worden beantwoord.

### 4.2 Antwoorden op de onderzoeksvragen

#### 4.2.1 *Vraag a: Wat is er bij Gennep aan de hand en zijn dergelijke risico's ook elders te verwachten bij natuur(vriende)lijke oevers ?*

Bij Gennep zijn recent aan beide oevers natuurlijke oevers aangelegd juist bovenstrooms van de verkeersbrug. Aan de linker oever is onder de waterlijn de steen gehandhaafd; aan de rechter oever is over het hele talud de steen verwijderd. Verder is stroomafwaarts van de brug het zomerbed verdiept (km 155.7 tot km 174.2).

De natuurlijke oever is geërodeerd, zoals ook de bedoeling was. Bekend is dat sinds eind 2011 schippers klagen over de bestuurbaarheid. Begin 2012 is een plotselinge verondieping geconstateerd, waardoor in voorjaar 2012 een binnenvaartschip problemen heeft ervaren.

Op basis van bodem- en oeverpeilingen kunnen een aantal conclusies worden getrokken, zie Figuur 3.2. Allereerst wordt vastgesteld dat na 2 jaar aan de rechter oever waar volledig ontsteend is, de aanzanding groter is dan aan de linker oever, waar slechts gedeeltelijk ontsteend is. Ook is de aanzanding aan de rechter oever gelijkmatiger dan aan de linker oever.

Verder is op te maken dat de oeverafslag in 2011 wel is begonnen maar dat waarschijnlijk in 2012 een grotere erosie en afvoer naar het benedentalud heeft plaats gehad en daardoor de ondiepte is ontstaan. De aanzandingen op het benedentalud worden alleen geconstateerd direct voor de natuur(vriende)lijke oever zodat de bodemveranderingen hoogstwaarschijnlijk het gevolg zijn van de ingreep in de oevers ter plekke, al valt zonder nader onderzoek naar vorming en samenstelling van de sedimentatie niet helemaal uit te sluiten dat de ondiepte is ontstaan door sedimentatie van bovenstrooms afkomstig materiaal, aangevoerd door de hoogwaters begin 2012. De scheepvaart is dus de meest waarschijnlijke oorzaak van de oeverafslag en dat betekent dat in principe een plotselinge ondiepte op alle locaties kan optreden waar een natuur(vriende)lijke oever wordt aangelegd.

De verwachting is dat de oeverafslag vooral in de eerste paar jaar plaats heeft. Het is dus een tijdelijk verschijnsel. Dat betekent dat er niet permanent extra gebaggerd hoeft te worden, maar alleen in de eerste paar jaar na aanleg. Te overwegen valt om direct bij aanleg al een deel van de oever af te graven zodat de sedimentlast beperkt wordt.





aannemelijk dat de natuurlijke oevers de oorzaak zijn van de ondiepten want voor de aanleg waren er geen problemen met ondiepten.

- 4.2.3 *Vraag c: Is handhaving van het vaarwegbeheersprofiel volgens de huidige procedure voldoende om ook bij aangepaste oevers een vlot en veilig vaarweggebruik van de Maas te garanderen? Zo nee, welk profiel en welke procedure zou hiervoor nodig zijn?*

Om toch vlotheid en veiligheid te kunnen garanderen zal er moeten worden gebaggerd, maar ook frequent gemonitord. Zeker in de eerste jaren na aanleg, maar zoals gezegd kan met het ontwikkelen van evenwichts-oeversprofielen, de baggerfrequentie en de monitorfrequentie afnemen na verloop van 3 tot 5 jaar.

Aanbevolen wordt dus om jaarlijks één keer extra een bodempeiling uit te voeren en zonodig de aanzanding weg te baggeren. De omvang van dit extra baggerwerk is in de orde van maximaal 2500 tot 5000 m<sup>3</sup> per 500 meter.

Een alternatief is om direct bij aanleg van de natuur(vriende)lijke oever al een deel weg te baggeren, zodat dit sediment niet in de rivier komt.

De impact van jaarlijks één keer extra baggeren op de vlotheid en veiligheid van de scheepvaart is beperkt. De aanwezigheid van baggermateriaal op zich verhoogt weliswaar de onveiligheid, maar de scheepvaart is erbij gebaat als een aanzanding snel wordt opgeruimd.

- 4.2.4 *Vraag d: Kan de door erosie ontstane, blijvende verbreding van het "boven normaal peil" oeverprofiel ook blijvend een negatieve uitwerking hebben op het vaargedrag van schepen in de vaargeul en kan een aanpassing van de overgang tussen de verschillende oevertypes ("harde" verdedigde en "zachte" natuur(vriende)lijker oever) de bij Gennep gesignaleerde risico's voor vlotheid en veiligheid voorkomen? Zo ja, hoe moet een dergelijke overgang er dan uitzien?*

Een oeverafslagprofiel zoals beoogd met een strandprofiel van 1:20, zie Figuur 3.5, heeft geen blijvende negatieve uitwerking op het vaargedrag van schepen in de geul. Dit geldt ook voor een volledig onverdedigde oever, zie Figuur 3.4, waarbij ook de onderwateroever zal verflauwen. Voorwaarde is wel dat binnen het normprofiel geen ondiepten optreden. Ook is belangrijk dat de oever duidelijk zichtbaar is (visueel en op de radar). Schippers zullen namelijk bij een minder duidelijke of onduidelijke oeverbegrenzing de neiging hebben een grotere afstand tot de oever aan te houden en dus dichter bij de vaarwegas varen. Dat betekent dat de in gebruik zijnde breedte van de vaarweg kleiner wordt en dat kan de veiligheid negatief beïnvloeden.

Een meer geleidelijke overgang realiseren tussen een verdedigde oever en een natuur(vriende)lijke oever heeft nauwelijks zin. Het geërodeerde oevermateriaal komt vooral terecht op het talud voor de steilrand en op het onderwater talud. Hoogwaters zorgen voor afvoer naar de rivierbedding. Wel is er onderscheid in hoeveelheid afslag tussen een volledig ontstane oever en een gedeeltelijk ontstane oever. Aanleg van een gedeeltelijk ontstane oever bovenstrooms van een volledig ontstane oever zou dan een geleidelijker overgang vormen en de schippers duidelijkheid geven. Het niveau tot waar de verdediging loopt zou dan geleidelijk moeten afnemen. Een abrupte overgang is aangrijpingspunt voor extra erosie.

Iets anders is dat bij Gennep de afstand tussen benedenstrooms einde van de natuur(vriende)lijke oever en de brug beperkt is. Bovendien verplaatst de vaargeul voor de afvaart zich richting oever om de brug te passeren. Deze combinatie is specifiek voor Gennep. Als schepen problemen ondervinden hebben zij nauwelijks meer gelegenheid te corrigeren. Het verdient daarom aanbeveling om tussen een kunstwerk en een natuur(vriende)lijke oever een minimum afstand aan te houden. Richtlijnen hiervoor zijn er voor zover bekend niet, maar er bestaan wel eisen voor de afstand waarbinnen een schip stil moet liggen. Deze zogenaamde stopeigenschappen zijn vastgelegd in de ROSR-2009 (CCR, 2009). Voor schepen langer dan 110 m en breder dan 11,45 m, wat hier van toepassing is gegeven de scheepsgrootte die van de Maas gebruik maakt, is voorgeschreven dat een schip op stromend water (stroomsnelheid 1,5 m/s) stil moet liggen binnen 550 m en op stilstaand water binnen 350 m. Voorgesteld wordt hier de waarde van 550 m aan te houden als minimale afstand, zodat ook bij getrokken stuwen een schip tijdig kan stoppen. Voor de normale condities met gestuwde afvoer is er dan sprake van een zekere veiligheidsmarge. Aanbevolen wordt deze afstand in de uit te voeren simulatorstudie nader te toetsen.

Behalve bij bruggen kan er ook op andere locaties aanleiding zijn geen natuur(vriende)lijke oevers aan te leggen. Dit doet zich voor als de beschikbare breedte van de vaargeul te beperkt wordt, bijvoorbeeld als slechts een krap profiel beschikbaar is.

- 4.2.5 *Vraag e: Kan de ligging van de brugpijlers van de brug bij Gennep van invloed zijn op deze locatie of zijn de geconstateerde problemen generaal te verwachten bij overgangen met natuur(vriende)lijke oevers? En in het eerste geval: kan een aanpassing van de pijler (betere stroomgeleiding) de situatie verbeteren?*

Ja, de positie van de brugpijler in de as van de vaarweg is inderdaad van invloed, zie hiertoe ook de antwoorden op de andere vragen (met name laatste alinea bij beantwoording van vraag d).

Iets anders is de oriëntatie van de brugpijlers, aangezien deze scheef in de stroming staan. Dit beïnvloedt zeker het stroombeeld maar heeft geen effect op het gedrag van de schepen. Schippers zijn van oudsher gewend aan deze situatie, zij moeten altijd al corrigeren bij het aanvaren en passeren van de brug. Een betere stroomgeleiding is vanuit het oogpunt van de onderhavige problematiek dus niet zinvol.

Opgemerkt wordt dat in de RVW2011 wordt aanbevolen pijlers te vermijden.

- 4.2.6 *Vraag f: Kunnen de gesignaleerde risico's voldoende worden beheerst met een extra opzet van stuwpeilen in de eerste helft van het laagwaterseizoen, waarna de opzet in de tweede helft van het laagwaterseizoen bijvoorbeeld onder invloed van schutten weer langzaam tot nul zakt?*

In principe is een extra opzet gunstig, want het vergroot de beschikbare waterdiepte en verkleint daarmee het risico op onbestuurbaar worden van de schepen. Erosie van natuurlijke oevers treedt echter gedurende de gehele periode van gestuwde afvoer op. Verhogen van het stuwpeil heeft dus vooral een gunstig effect op de ondiepten door sedimentatie door van bovenstrooms meegevoerd sediment na de val van het hoogwater. Voordat deze oplossing kan worden aanbevolen is het raadzaam eerst het gedrag van aanzandingen bij eroderende oevers in de periode met gesloten stuwen te volgen.

### 4.3 Conclusies en aanbevelingen

Op grond van de analyse van de situatie bij Gennep met natuur(vriende)lijke oevers aan de linker en rechter oever en een brugpijler in de as van het zomerbed worden de volgende adviezen gegeven:

- Steen onder water laten zitten, dus een gedeeltelijke ontstening, is effectief voor beperking van de verondleping.
- Verwijder bij aanleg al potentieel erosiemateriaal.
- Moeilijke locaties wat betreft manoeuvreerbaarheid (brug, invaart, korte zichtlijnen, versmalling,.....) al voor aanleg identificeren en meenemen bij locatiekeuze voor natuur(vriende)lijke oevers; hiermee worden risico's op hinder door aanzanding beperkt.
- Gedurende 2 à 3 jaar op locaties met natuur(vriende)lijke oevers een extra bodempeiling uitvoeren, en zonodig extra baggeren ook buiten het onderhoudsprofiel.
- Aanbrengen van een goede bebakening ter plaatse van de ingreep plus een overgangszone.
- Tussen het benedenstroomse einde van een natuur(vriende)lijke oever en een kunstwerk een afstand van minimaal 550 m aanhouden met een harde verdediging.

Aanbevolen wordt om de 2<sup>de</sup> tranche van de aanleg van natuur(vriende)lijke oevers te scannen op de risico's met de nieuwe inzichten.

Daarnaast wordt aanbevolen om in de uit te voeren simulatorstudie te toetsen of de padbreedte juist bovenstrooms van de brug voldoende veilig is, en of 550 m een goede lengte is voor de minimale afstand.

Aanbevolen wordt ook om met WAQBANK de morfologische consequenties van de aanleg van de natuur(vriende)lijke oevers te onderzoeken. Een complete morfologische studie wordt niet zinvol geacht.

## 5 Literatuur

- CCR (2009): *Dienstinstructie nr.2 voor de Commissies van Deskundigen ROSR-2009*.  
Centrale Commissie voor de Rijnvaart
- De Gelder, A. & M. Soesbergen (2000): *Monitoringplan proefoevers Zandmaas*.  
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- DHV (2009): *Vrij eroderende oevers langs de Maas (concept)*.  
DHV, rapport WA-RK20090469, versie 1.1, Amersfoort, 2009.
- DWW (2001): *Proefprojecten vrij eroderende oevers Zandmaas. Inrichting, beheer en monitoringsplan voor een aantal proeflocaties*.  
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, W-DWW-2000-070, Delft.
- MinI&M (2011): *Richtlijnen Vaarwegen 2011*  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag
- RWS (2011): *Advies impact eroderende Maasoevers op de vaargeul*.  
Rijkswaterstaat, memo 11 mei 2011, Arnhem.
- Schuttevaer (2012): *Eerste ervaringen met vrij eroderende oevers. Een visie vanuit de bedrijfstak*.  
Koninklijke Schuttevaer, notitie, 15 mei 2012, Rotterdam.
- Sieben, J. (2005): *Wie het water deert, die het water keert – inventarisatie van beheer en onderhoud van kribben en oeververdedigingen (concept)*. Rijkswaterstaat, RIZA, werkdocument 2005.034x, Arnhem.
- Sieben, J. (2008): *Kennis en instrumenten Maasmorfologie, Inventarisatie behoefte monitoring en voorspelgereedschap*. Rijkswaterstaat Waterdienst, rapport 2008-050
- Sieben, J. (2011), *Ontwerpregels en functie-eisen natuurvriendelijke oevers KRW*.  
Rijkswaterstaat, Waterdienst; memo januari 2011.
- Stoiker, C. en H.J. Verheij (2001): *Calibratie van een oeverafslagmodel voor de Zandmaas*.  
WL|Delft Hydraulics, rapport Q3060, Delft
- TU (2009): *Inland Waterways*.  
TU Delft, collegediktaat CIE 4330
- Van der Knaap, F.C.M., C.J. Sloff & R.C.J. Bakkum (1998), *Effecten van vrije oevererosie Zandmaas*. WL | Delft Hydraulics, Delft, rapport Q2428.
- Van der Mark, R., et al (2011): *Morfologische effecten KRW-maatregelen IJssel*.  
Deltares, rapport 1204855, Delft
- Van der Meulen, T., en H.J. Verheij (1994): *Verwijdering harde oeververdediging Maas*.  
WL|Delft Hydraulics, rapport Q1907, Delft

Verheij, H.J. (2000): *Samenwerkingsproject modellering afslagoevers*.  
WL|Delft Hydraulics, voortgangsrapportage 1999, Q2529, Delft

Verheij, H.J., H. van Meerten en S. Giri (2012): *Onderzoek bodemerosie Amsterdam-Rijnkanaal*.  
Deltares, rapport 1205317, Delft

