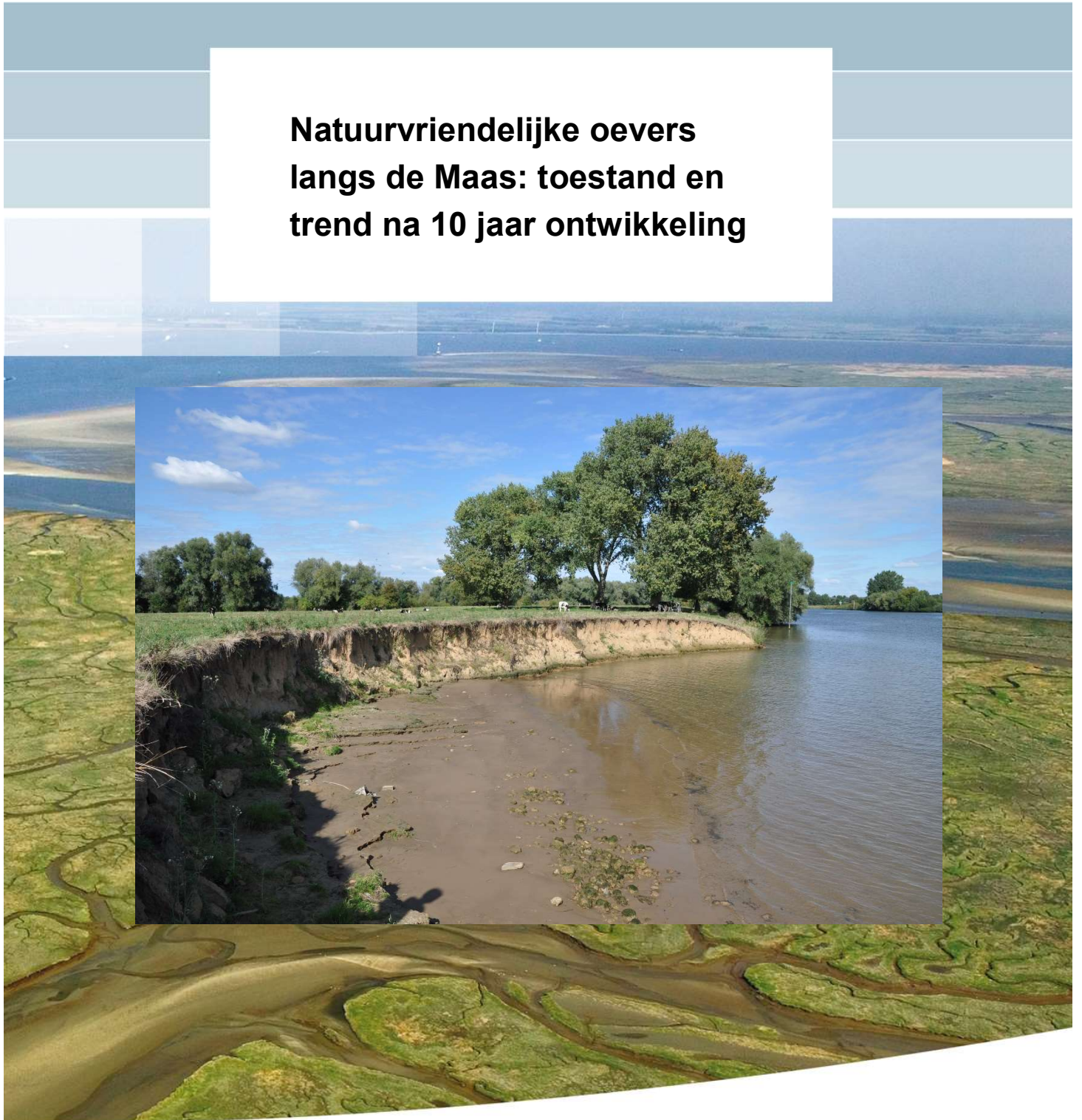


**Natuurvriendelijke oevers
langs de Maas: toestand en
trend na 10 jaar ontwikkeling**



Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling

Tom Buijse
Gertjan Geerling
Clara Chrzanowski
Martijn Dorenbosch
Bart Peters

11201679-000

Titel

Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat	11201679-000	11201679-000-ZWS-0006	92

Trefwoorden

Maas, rivier, KRW, herstelmaatregel, NVO, oever, morfologie, erosie, aquatisch, terrestrisch, ecologie, stuw, scheepvaart

Samenvatting

In de 90-jaren van de vorige eeuw is gestart met het natuurlijker inrichten van de Maasoevers (PNOM). In 2005 heeft dit programma een grote impuls gekregen door het project "NVO-Maas". De aanleiding hiertoe was de ambitie om de ecologische kwaliteit van de Maas te verbeteren, wat mede ingegeven was door de Europese Kaderrichtlijn Water. Besloten is om een aanzienlijk deel van de oevers langs de Maas natuurvriendelijk in te richten door de oeverbescherming deels of geheel te verwijderen en - indien nodig - de oevers af te graven. Tot augustus 2017 is hierdoor meer dan 120 km oever heringericht en natuurlijker geworden.

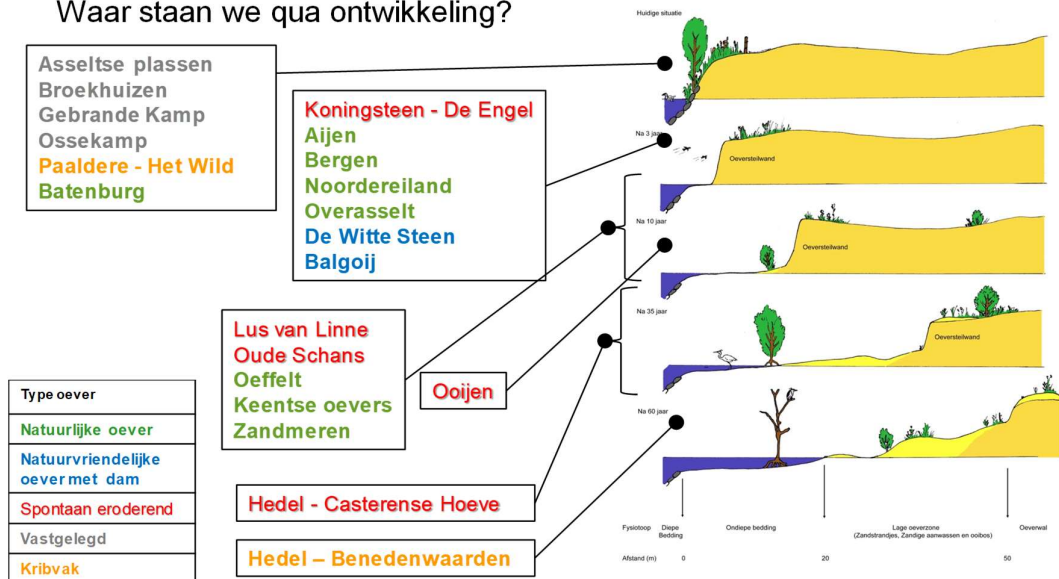
10 jaar monitoring van verschillende typen Maasoevers

Om het succes van deze maatregel te bepalen is in 2008 een monitoringprogramma gestart met een looptijd van 10 jaar, wat ongebruikelijk lang is voor projectmonitoring en daarmee bijzonder waardevol. Dit programma omvat de morfologische en ecologische ontwikkeling van 21 oevertrajecten van zowel de aquatische als terrestrische standplaatsen. Dit rapport beschrijft deze ontwikkeling en legt een relatie met factoren die daarop van invloed kunnen zijn. De oevers die gedurende de periode 2008 – 2017 gevolgd zijn, omvatten twee types: (1) natuurlijke oevers die geheel of deels ontsteend zijn en (2) natuurvriendelijke oevers waar de oever is afgegraven en beschermt wordt door een stortstenen dam onder water. Ze worden vergeleken met spontaan eroderende oevers, vastgelegde oevers en kribvakken. De vergelijking tussen deze types geeft inzicht hoe de oeverinrichting de ontwikkeling stuurt. Daarnaast is aanvullende informatie verzameld van potentieel belangrijke omgevingsfactoren, zoals peilvariatie, scheepvaart, oeverhoogte, situering in de rivier, stroomsnelheid, bronpopulaties etc. Het geheel aan potentiële factoren die de oeverontwikkeling zowel morfologisch als ecologisch kunnen beïnvloeden, is gevat in een conceptueel kader.

Hoe hebben de oevers zich ontwikkeld?

Voorafgaand aan de herinrichting van de oevers is in 2005 een streefbeeld voor vrij eroderende oevers opgesteld (Peters 2005). Dit streefbeeld heeft betrekking op zowel de morfologie, de ecologie als het beheer van de oevers. De toestand en het ontwikkelingsstadium van de oevers in 2017 zijn hiermee vergeleken. Voor de morfologie zijn 5 successiestadia onderscheiden. De meeste oevers die 3 tot 18 jaar geleden zijn heringericht, bevinden zich thans in fase 1 of 2: steilwanden dicht bij het zomerbed respectievelijk zonder of met een ondiep rivierbed. De vastgelegde oevers bevinden zich vanzelfsprekend nog nagenoeg onveranderd in de uitgangssituatie (fase 0). De meest gevorderde ontwikkeling is zichtbaar in een kribvak (Benedenwaarden) en bij een spontaan eroderende oever (Casterense Hoeve), beide in de Getijdemaas bij Hedel waar alle onderscheiden oeverecotopen uit het streefbeeld aanwezig zijn. De herinrichting van Maasoevers heeft geleid tot een natuurlijker morfologie. Dit wordt in de KRW rapportages onvoldoende in beeld gebracht.

Waar staan we qua ontwikkeling?



De toestand van de oevers anno 2017 gespiegeld aan de verschillende ontwikkelingsfasen volgens het streefbeeld van Peters (2005)

Herinrichting is gunstig voor inheemse vissoorten.

De oeverinrichting heeft een duidelijke invloed op de visgemeenschap. De respons in de samenstelling van de visgemeenschap is snel en herinrichting is gunstig voor de inheemse soorten. Stromingsminnende soorten als winde en serpeling hebben een duidelijke voorkeur voor beide type heringerichte oevers. Er zijn ook soorten die schuilen tussen het stortsteen. Dit zijn vooral invasieve exoten (grondels uit het stroomgebied van de Donau), maar ook de bedreigde rivierdonderpad, die op dit moment volledig verdrongen is door deze exoten. Deze soorten profiteren natuurlijk niet als de oeverbescherming verwijderd wordt.

Vooraf het bodemsubstraat beïnvloedt de macrofaunagemeenschap.

Macrofauna is binnen een oevertraject uitsluitend bemonsterd op 1 locatie ongeacht de lengte van het traject. De vraag is in hoeverre dit een representatief beeld geeft om de oevers te vergelijken. De vergelijking is daarom gemaakt door de lokale omstandigheden ter plekke van de bemonstering te beschouwen. Het substraat, dat op dezelfde locatie bemonsterd is, laat zien dat de samenstelling daarvan sturend is voor de macrofauna soorten die zijn aangetroffen. Stroming blijkt minder van invloed te zijn. Dit komt waarschijnlijk vanwege het gestuwde karakter waardoor er relatief weinig variatie in stroomsnelheden tussen de oevertrajecten is. Aangezien de bodemsamenstelling van de oever die erodeert het substraat in het ondiepe rivierbed voor de oever beïnvloedt is de keuze van de locatie mede sturend voor de macrofaunagemeenschap. De analyse van de temporele ontwikkeling laat zien dat de diversiteit bij de heringerichte oevers in de loop der jaren toeneemt.

Titel

Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat	11201679-000	11201679-000-ZWS-0006	92

Waterplanten reageren positief maar dit vraagt tijd.

De ontwikkeling van waterplanten gaat langzamer en wordt mede beïnvloed door de ontwikkeling elders in de Maas. Er is sprake van een 'time-lag'. Zowel de bedekking als de soortenrijkdom nemen toe. Dit kon bepaald worden tot 6 jaar na aanleg. Het is nog niet duidelijk of en hoe waterplanten baat hebben bij de herinrichting, omdat waterplanten voorkomen in dieper water op de rand van de vaargeul. Spontaan eroderende oevers zijn soortenrijker dan vastgelegde oevers. Het wordt aanbevolen deze ontwikkeling verder te volgen en de condities op de rand van de vaargeul in beeld te brengen.

Verstuwing en scheepvaart overschaduwden de effectiviteit van de herstelmaatregel.

Samenvattend heeft de herinrichting van oevers van de Maas geleid tot een grotere verscheidenheid in oeverhabitats die gunstig is voor alle biologische kwaliteitselementen van de KRW, maar dit wordt nog niet weerspiegeld in een hogere maatlatscore. Een feit blijft echter dat de Maas gestuwd is, en dit is van grote invloed op de ontwikkelingskansen. Zo worden in de vrij afstromende beken die in de Maas uitmonden een groter aandeel en meer stromingsminnende vissoorten aangetroffen. Een realistisch ecologisch streefbeeld voor de Maas moet de consequenties van de verstuwing verdisconteren in de beoordeling. Daarnaast heeft de scheepvaart waarschijnlijk een grote invloed. De waterverplaatsing en golven door schepen versnellen zeker de oevererosie, maar onduidelijk is in hoeverre dit nadelig is voor de aquatische flora en fauna. Er is te weinig verschil tussen de locaties (uitgezonderd de Lus van Linne) om dit effect te beoordelen.

Oevers zijn land-water overgangen: de terrestrische flora en fauna verrijkt bij extensief beheer.

Voor de ontwikkeling van de terrestrische flora en fauna is het beheer van de oever van grote invloed. Extensiever beheer is gunstig voor het voorkomen van kenmerkende en bijzondere soorten vlinders, libellen, sprinkhanen, vogels en planten. Veel steilwanden bieden broedgelegenheid voor oeverwaluven en de aantallen zijn de afgelopen 10 jaar met een factor 4 toegenomen. Ook de samenstelling van de oever is daarbij van belang. Een oever die uitsluitend uit klei bestaat blijkt ongeschikt. Zulke oevers zijn aangetroffen in bochtafsnijdingen van de Maas.

Welke factoren sturen de ontwikkeling? Na 10 jaar veel meer inzicht maar geen harde conclusies.

Hierboven zijn al enkele aspecten genoemd die van invloed zijn op morfologische en ecologische ontwikkeling. Naast het type oever verschillen de trajecten vooral in mate van peilvariatie (ligging in het stuwpan), taludhoogte, breedte van de rivier, stroomsnelheid, intensiteit van de beroeps- en recreatiescheepvaart, situering in een binnen- of buitenbocht of een recht traject en langs de oorspronkelijke loop van de Maas of een bochtafsnijding. Heringerichte oevers verschillen in de mate van ontstening, het wel of niet afgraven van de oevers en de aanwezigheid van een onderwater dammetje als golfbreker.

Titel

Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat	11201679-000	11201679-000-ZWS-0006	92

Het aantal variabelen is te groot en de steekproef van heringerichte oevers in verhouding te gering om harde conclusies te trekken, maar er zijn wel gerichte aanwijzingen te geven. Taludhoogte, locaties gelegen boven in een stuwpand en scheepvaart versnellen de erosie. Verondersteld wordt dat de hogere oevers boven in de stuwpanden zich uiteindelijk tot oevers met meer variatie zullen ontwikkelen dan de in hetzelfde stuwpand meer stroomafwaarts gelegen, lage oevers. Waterplantenbedekking is hoger boven in de stuwpanden en lijkt baat te hebben bij enige mate van peilvariatie. Bedekking met waterplanten is positief voor de diversiteit van macrofauna, maar wordt beperkt door de intensiteit van de scheepvaart. Ook reofiele vissen profiteren van de aanwezigheid van waterplanten en daarnaast van de mate van oevererosie.

De evaluatie van 10 jaar monitoring heeft daarnaast geresulteerd in een uitbreiding en verbetering van het conceptueel schema met factoren die van invloed zijn op de oeverontwikkeling.

Conclusie monitoringprogramma 2008-2017: de keuze voor de opzet in 2008 was goed.

Het feit dat er in 2008 een keuze is gemaakt om 21 trajecten van vijf verschillende type oevers te monitoren is goed geweest, want dit heeft inzicht gegenereerd dat niet alleen de wijze van aanleg, maar ook de geografisch locatie van belang is. Wanneer destijds gekozen was om uitsluitend heringerichte oevers te monitoren en geen vergelijking met vastgelegde en spontaan eroderende oevers te maken dan was het duiden van de verschillen niet mogelijk geweest. De keerzijde is dat door het grote aantallen trajecten, de verschillende type oevers en het beschikbare budget voor monitoring de frequentie minder hoog was (bijv. om het jaar de linker- of rechteroever voor macrofauna en waterplanten op slechts 1 locatie) en er een bovengrens gesteld is aan het aantal te monitoren heringerichte oevers. Dit maakte het trekken van harde conclusies op basis van statistische analyse nauwelijks mogelijk. Er kan dus op dit moment nog niet op basis van data beargumenteerd worden welke oeverinrichting waar tot de gewenste ontwikkeling leidt.

Aanbevelingen voor monitoring: de oeverontwikkeling is in een beginfase. Continueer de monitoring in gewijzigde vorm en focus nu op heringerichte oevers.

Bij een continuering van de monitoring kan de nadruk meer gelegd worden op de heringerichte oevers, zodat een groter aantal onderling beter vergeleken kan worden. Daarbij is het van belang de richtlijn projectmonitoring (Bak et al. 2010) als vertrekpunt te hanteren en daarbij gebruik te maken van de ervaringen van het uitgevoerde programma. Indien gewenst kunnen oevers die zich minder goed blijken te ontwikkelen, met enige aanpassing verbeterd worden. Het is niet nodig om nog spontaan eroderende of vastgelegde oevers met dezelfde frequentie te monitoren. De continuering wordt aanbevolen, omdat de ontwikkeling zich nog voortzet omdat het merendeel van de oevers zich pas in ontwikkelingsfase 1 of 2 bevindt. Ook de ecologische ontwikkeling ijlt na en stagneert nog niet. De monitoring van de morfologische ontwikkeling zou uitgebreid moeten worden en beter gestandaardiseerd. De onderlinge vergelijking tussen jaren bleek problematisch waardoor er geen goede schatting van de omvang van de oevererosie te maken was.

Titel

Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling

Opdrachtgever Rijkswaterstaat	Project 11201679-000	Kenmerk 11201679-000-ZWS-0006	Pagina's 92
---	--------------------------------	---	-----------------------

De ondiepe rivierbedding bij de oever en het talud ervan zou gekarteerd moeten worden mede omdat dit een indicatie geeft tot waar de oever gaat eroderen. Dit zal per locatie verschillen. Het bodemsamenstelling van de oever is van invloed op de erosiesnelheid en de ecologische potentie. Een eenmalige bodemkartering van alle heringerichte oevertrajecten waarvan verondersteld wordt dat deze gaan eroderen biedt een zinvol en belangrijk referentiekader voor de verdere ontwikkeling van de oevers.

Het beheer van de oever behoeft ecologische kwaliteitscriteria

Naast aanbevelingen voor het continueren van de monitoring bevat het rapport ook adviezen voor het beheer van de oever. Hiervoor moeten ecologische kwaliteitscriteria gehanteerd worden, want oeverzones vormen de overgang van water naar land. Daarom is het van belang niet alleen de aquatische flora en fauna te waarderen maar ook de terrestrische ecologische ontwikkeling. Daarnaast is de oeverontwikkeling afhankelijk van de condities in de Maas zowel hydromorfologisch als fysisch-chemisch. Het is daarom van belang de potentiële bijdrage die herinrichting van de oevers kan leveren, te beoordelen in het licht van andere herstelmaatregelen, zoals beekmondingen en stuw-passerende nevengeulen.

Referenties

Buijse, T., G. Geerling, C. Chrzanowski, B. Peters & M Dorenbosch (2019) Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling. Deltares rapport in opdracht van Rijkswaterstaat

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	nov 2018	Tom Buijse Gertjan Geerling Clara Chrzanowski Bart Peters (Drift) Martijn Dorenbosch (Waardenburg)					
2	april 2019	Tom Buijse Gertjan Geerling Clara Chrzanowski Bart Peters (Drift) Martijn Dorenbosch (Waardenburg)	<i>bla</i>	Gerben van Geest	<i>ba</i>	Gerard Blom	<i>ep</i>

Status

definitief

Inhoud

1 Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: achtergronden en onderzoeksvragen	1
1.1 Aanleiding voor dit onderzoek	1
1.2 De ambities van RWS, de Kaderrichtlijn Water (KRW) voor NVO's	3
1.3 Wat zijn natuurlijke en natuurvriendelijke oevers?	4
1.4 Streefbeeld voor natuur(vriende)lijke oevers	6
1.5 Onderzoeksvragen bij het monitoringplan	8
1.6 Leeswijzer	11
2 Opzet van de evaluatie en beschikbare data	13
2.1 Oeverontwikkeling en oevertypen oevers langs de Maas	13
2.1.1 Morfologische en ecologische ontwikkeling	13
2.1.2 Oeverecotopen bij vrij eroderende oevers	14
2.2 Structuur van de data-analyse	17
2.3 Welke oevers zijn gemonitord?	18
2.4 Wat is er gemonitord?	23
2.5 Welke externe data is gebruikt voor de analyse?	25
2.6 Analysemethoden	25
3 Hoe hebben de oevers zich ontwikkeld?	27
3.1 Is de Maas als rivier veranderd?	27
3.1.1 Afvoer	27
3.1.2 Peilfluctuatie	28
3.1.3 Scheepvaart	29
3.1.4 Waterkwaliteit in de Maas	31
3.1.5 Bronpopulaties	32
3.2 Hydromorfologische kenmerken van oevers	37
3.2.1 Stroomsnelheden	37
3.2.2 Breedte, binnen- of buitenbocht en bochtafsnijding	38
3.3 Oeverontwikkeling	40
3.4 Ontwikkelingen in biota van de natte oever	44
3.4.1 Waterplanten	44
3.4.2 Macrofauna	48
3.4.3 Vis	51
3.5 Ontwikkelingen in biota van droge oever	54
3.5.1 Soorten van de ondiepe rivierbedding	55
3.5.2 Soorten van de lage oeverzone (rivierstrandjes, zandige aanwassen en ooibos)	56
3.5.3 Soorten van erosiesteilwanden	57
3.5.4 Soorten van oeverwallen en hoge oevergronden	58
4 Verklaring van ontwikkelingen	61
4.1 Sturende factoren op ontwikkeling van de morfologie en de habitat	61
4.2 Sturende factoren voor aquatische flora en fauna	63
4.3 Sturende factoren terrestrische flora en fauna	64

5 Toetsing aan doelstellingen	67
5.1 De morfologische en ecologische ontwikkeling versus het streefbeeld	67
5.2 Bijdrage aan de KRW	68
5.3 Effecten op scheepvaart, grondeigenaren en recreatie	74
6 Conclusies & aanbevelingen	77
6.1 Conclusies	77
6.2 Doorkijk naar toekomst: verwachte verdere ontwikkeling	79
6.3 Aanbevelingen voor monitoring	80
6.4 Adviezen voor herinrichting van de oevers	83
6.5 Adviezen voor beheer van de oevers	84
6.6 Adviezen voor beheer van de Maas, zijrivieren en beken	85
Literatuur	87
Begrippenlijst	91

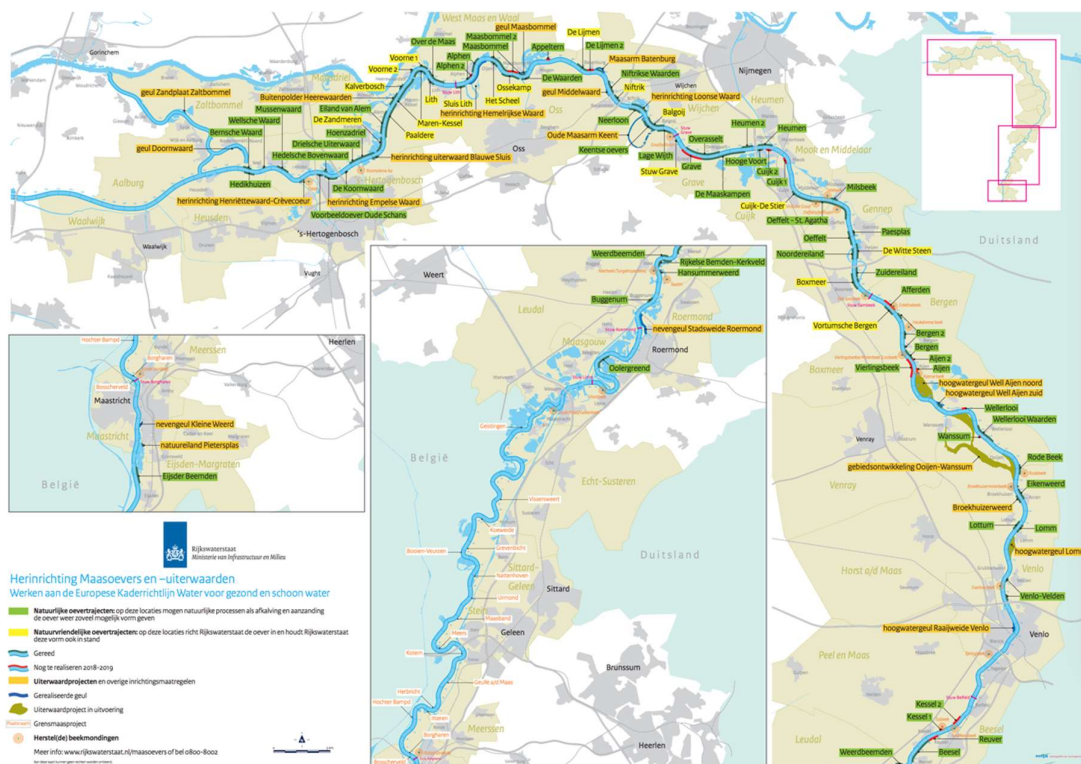
1 Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: achtergronden en onderzoeksvragen

“In de afgelopen honderdvijftig jaar veranderde de Maas vanaf Maasbracht stroomafwaarts van een vrij slingerende rivier naar een kanaalachtige waterweg. Bochten werden afgesneden om het water sneller naar zee af te voeren en voor een betere bevaarbaarheid. Ook kwamen er stuwen en sluizen voor de scheepvaart. De oevers werden in de jaren zeventig met steen of grind verdedigd om afkalving van landbouwgrond tegen te gaan. Ondiepe, luwe zones langs de oevers verdwenen, terwijl het waterleven van de rivier zich juist daar afspeelt. Door deze kanaalachtige inrichting zijn veel plant- en diersoorten in aantal achteruitgegaan of zelfs helemaal verdwenen. Daar waar dat kan wordt nu de bestorting weggehaald voor een natuurlijker oever. Het zogeheten morfologisch herstel valt eveneens onder de Kaderrichtlijn Water. Daarmee wordt bedoeld dat normale rivierprocessen als afkalving en aanzanding van de oevers meer de ruimte krijgen om het Maaslandschap vorm te geven” (bron: brochure KRW Maas, 2017)

Al in de 90-er jaren van de vorige eeuw zijn Rijkswaterstaat en de Dienst Landelijk Gebied gestart met de natuurlijker inrichting van de Maasoevers in het kader van het Project Natuurvriendelijke Oevers Maas (PNOM). Hiervoor zijn sindsdien oeverstroken tot maximaal 75 m breed aangekocht om ruimte te creëren voor oeverontwikkeling. Hiermee ontstond een strook met als functie natuur, zowel voor de aquatische als terrestrische flora en fauna naast de hoofdstroom die als vaarweg fungeert.

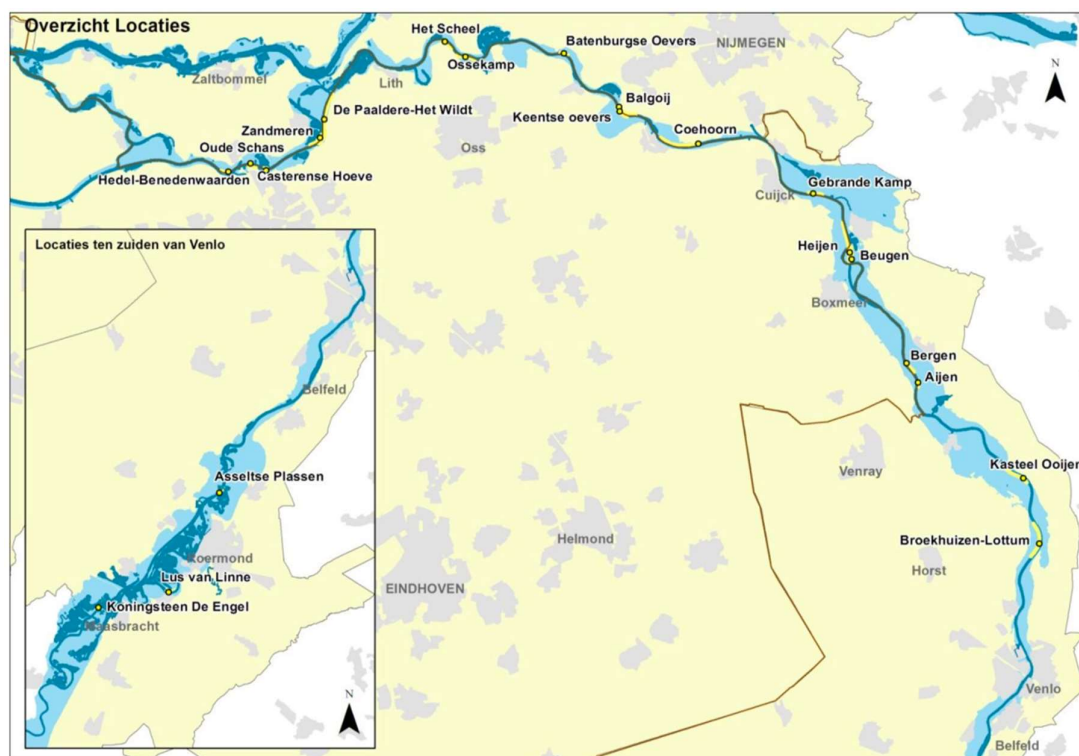
1.1 Aanleiding voor dit onderzoek

De aanleg van natuurvriendelijke oevers in de rijkswateren is een belangrijke ecologische herstelmaatregel in het kader van de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water. De ambities hiervoor staan beschreven in het Beheerplan voor de Rijkswateren (Rijkswaterstaat 2015). Voor alle rijkswateren was eind 2015 321 km natuurvriendelijke oever (NVO) langs de stilstaande wateren gerealiseerd en 370 km langs de stromende wateren (Rijkswaterstaat 2015). Ook in de Maas is dit een zeer omvangrijke maatregel. In een tijdsbestek van 10 jaar (2008 – 2017) is in totaal meer dan 120 km oever langs de Nederlandse Maas natuurlijk ingericht. Voor de verschillende trajecten van boven- naar benedenstrooms in de Bovenmaas 4,5 km, de Grensmaas 10 km, de Zandmaas 40,2 km, de Bedijkte Maas 26,9 km en in de Benedenmaas 36,7 km. Door de uitvoering van deze maatregel is een groot deel van de oevers in de afgelopen jaren van karakter veranderd: van strakke, versteende oevers naar meer natuurlijke land-water overgangen waar – binnen zekere grenzen - vrije erosie kan plaatsvinden en karakteristieke levensgemeenschappen zich kunnen ontwikkelen (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Een overzicht van herinrichtingslocaties van Maasoeveren (status augustus 2017). Een interactieve en grotere versie van bovenstaande kaart met informatie over alle projecten is te vinden via [deze link](#).

Om de ontwikkeling en effecten van natuurvriendelijke oevers te onderzoeken is in 2008 een monitoringsprogramma gestart waarin de veranderingen in morfologie en ecologie van 21 oevertrajecten gedurende 10 jaar zijn gevolgd (Rijkswaterstaat Waterdienst, 2009; Figuur 1.2). Het 10-jarige monitoringsprogramma is in 2017 afgerond en wordt naar verwachting in een vernieuwde vorm doorgezet vanaf 2019. De keuze en invulling zal mede op basis van de uitkomsten van de evaluatie over de eerste 10 jaar worden gemaakt. Voor deze evaluatie hebben RWS-ZN en RWS WV Deltares gevraagd een analyse van de in 10 jaar verzamelde monitoringsdata (2008-2017) uit te voeren. Deltares heeft Bureau Waardenburg en Bureau Drift hierbij betrokken, omdat beide bureaus een belangrijke rol in het voortraject hebben vervuld o.a. het formuleren van het streefbeeld (Peters, 2005), de monitoring en evaluatie van onderdelen (Dorenbosch & Kessel 2017).



Figuur 1.2 Overzicht van locaties waar in de periode 2008 - 2017 morfologie, aquatische en terrestrische ecologie en sedimentkwaliteit zijn gemonitord.

1.2 De ambities van RWS, de Kaderrichtlijn Water (KRW) voor NVO's

De KRW ambities beogen het bereiken van het Goed Ecologisch Potentieel (GEP, zie box voor toelichting) voor de Maas voor alle biologische kwaliteitselementen (macrofauna, waterplanten en vissen). Dit doel moet worden bereikt door het uitvoeren van een breed palet van maatregelen waarvan de vele NVO's een van de belangrijkste zijn. Naast NVO's zijn belangrijke maatregelen in de Maas het verbeteren van de waterkwaliteit, het faciliteren van vismigratie (vispassages of nevengeulen bij de stuwen, reduceren vissterfte bij waterkrachtcentrales), het herstellen van de beekmondingen, het inbrengen van rivierhout, beheer van uiterwaarden en specifiek in de Grensmaas de stroomgeulverbreding en weerdverlaging en een natuurlijker afvoerregime.

KRW toetsing

De Maas in Nederland bestaat uit een aantal sterk veranderde waterlichamen waarop de maatlatten voor rivieren van toepassing zijn (R7: Bovenmaas, Zandmaas, Bedijkte Maas, R8: Benedenmaas of R16: Grensmaas; van der Molen et al. 2012). Natuurvriendelijke oevers zijn een herstelmaatregel die beogen de huidige ecologische toestand te verbeteren. NVO's vormen een onderdeel van het gehele palet aan habitats binnen een riviersysteem en hiermee voor een deel van de totale levensgemeenschap. Zodoende worden ze beoordeeld op hun bijdrage aan de verbetering. Alhoewel de maatlatten zijn opgesteld voor de toetsing van een heel waterlichaam, kunnen deelmaatlatten toch helpen bij de beoordeling van individuele maatregelen binnen een waterlichaam.

Naast de aquatische doelstellingen voor de KRW zijn NVO's ook voor de terrestrische riviergebonden flora en fauna van waarde. Hiervoor zijn streefbeeldens beschreven (Peters 2005). Het zou alle inspanningen wezenlijk tekortdoen wanneer deze ontwikkelingen van de terrestrische natuur buiten beschouwing zouden worden gelaten.

Goed ecologisch potentieel (GEP): de gewenste ecologische toestand van een sterk veranderd of kunstmatig waterlichaam.

“De hydromorfologische omstandigheden zijn zodanig als verwacht mag worden wanneer het oppervlaktewaterlichaam alleen de effecten ondergaat die voortvloeien uit de kunstmatige of sterk veranderde kenmerken van het waterlichaam, nadat nagenoeg alle uitvoerbare kwaliteitsverbeteringsmaatregelen zijn genomen om te zorgen voor het beste ecologische continuüm, met name voor wat betreft de migratie van fauna en geschikte paaigronden en kraamkamers. Er zijn lichte veranderingen in de waarden van de relevante biologische kwaliteitselementen die normaal zijn voor het meest vergelijkbare type oppervlaktewaterlichaam, gegeven de fysische omstandigheden die voortvloeien uit de kunstmatige of sterk veranderde kenmerken van het waterlichaam” (Bron EG 2000).

De Maas is sterk veranderd met name door de winterdijken voor de hoogwaterveiligheid, bochtafsnijdingen, stuwcomplexen, verdieping en oeverbescherming voor de scheepvaart.

1.3 Wat zijn natuurlijke en natuurvriendelijke oevers?

Langs de Maas zijn de oevers in de afgelopen 10 jaar op verschillende wijze natuurlijker gemaakt (Tabel 1.1). Hierbij worden twee typen onderscheiden: natuurlijke en natuurvriendelijke oevers. De breuksteen en andere kunstmatige oeverbekleding die oevers beschermt tegen afslag, is op veel plaatsen verwijderd afhankelijk van de lokale omstandigheden tot het stuwpeil of eronder. Deze categorie worden getypeerd als ‘natuurlijke’ oevers (Figuur 1.3). In binnenbochten en op rechte trajecten is het breuksteen vaker dieper verwijderd dan in buitenbochten. Soms zijn oevers daarbij deels preventief afgegraven om sedimentatie in de vaargeul te verminderen.

Tabel 1.1 Herinrichting van de oever. Afhankelijk van het oevertype en de locatie (binnen- of buitenbocht, recht) wordt gekozen in welke mate het stortsteen verwijderd en/of de oever afgegraven wordt (bron klikkaart KRW maatregelen augustus 2017).

Oevertype	Oever afgegraven	Stortsteen verwijderd									Totaal
		Binnenbocht			Recht			Buitenbocht			
		Ja	Deels	Nee	Ja	Deels	Nee	Ja	Deels	Nee	
Natuurlijk	Nee	6	1	2	9	5	3	2	1	3	32
	Ja	2	2		1	2	3			4	14
Natuurvriendelijk	Nee							1	1		2
	Ja	2	1	2	2	1	1	2		1	12
Overig	Nee					1		1			2
	Ja				1	2			1		4
		10	4	4	13	11	7	6	3	8	66

Op plekken waar de natuur niet volledig haar gang kan gaan, zijn zogenoemde natuurvriendelijke oevers aangelegd. De oever is daarbij afgegraven zodat een geleidelijke overgang van water naar land is ontstaan (www.rws.nl/maasoevers). Bij een aantal afgegraven oevers ligt een dam onder water om de golfslag van passerende schepen te dempen (Figuur 1.4).

Voor de ontwikkeling van de natuurlijke oevers lijkt een groter aantal factoren van belang naast de wijze van aanleg bijvoorbeeld ook de locatie langs de rivier, de situering binnen een stuwpand en de bodemsamenstelling van de oever (zie het conceptueel schema in H2: Figuur 2.1). We hanteren in het rapport de huidige typering natuurlijk en natuurvriendelijk conform de terminologie bij het project Maasoevers (www.rws.nl/maasoevers), maar werken toe naar het identificeren van de invloedrijkste factoren.

In de monitoring zijn de natuur(vriende)lijke oevers vergeleken met oevers waar de bescherming nog aanwezig is en oevers die al voor 2008, deels spontaan, erodeerden (Zie Tabel 2.2 in H2).

In dit rapport gebruiken we in de tekst de afkorting NVO als de overkoepelende term voor alle type heringerichte oevers. Daar waar het specifiek over een bepaald type gaat zoals hierboven beschreven dan wordt dit voluit geschreven.



Figuur 1.3 Natuurlijke oever Oeffelt. De oeverbestorting is hier over een lengte van 1.3km verwijderd.



bron: RWS / J.v.Houdt

Figuur 1.4 Luchtfoto van de natuurvriendelijke oever Balgoij (rechts). De oever is enkele tientallen meters flauw aflopend afgegraven en de oever is met kleiig materiaal afgewerkt. Duidelijke zichtbaar is het smalle onder water gelegen dammetje van bestortingsmateriaal om de oever tegen golfslag te beschermen.

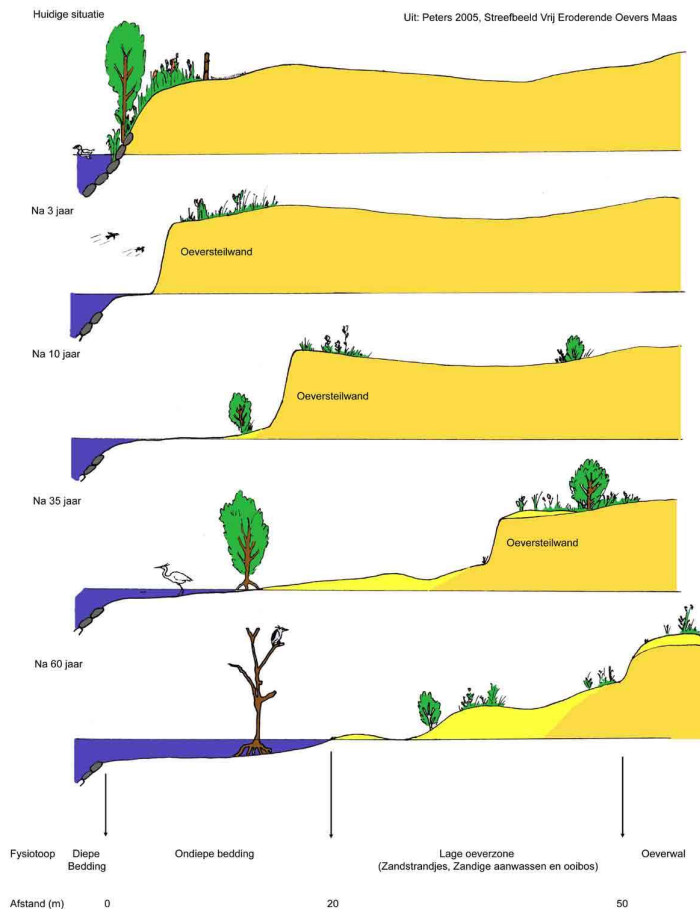
1.4 Streefbeeld voor natuur(vriende)lijke oevers

“Waar de bestorting is weggehaald, woelen golfslag van de scheepvaart en stroming de grond los. De oeversrand brokkelt af en trekt zich steeds een beetje verder landinwaarts terug. Tegelijkertijd zet de Maas bij hogere waterstanden zand af op haar flanken. Gaandeweg vormt zich zo een bredere overgang van water naar land met zand- of grindstrandjes en steilranden. Na verloop van tijd kalft de oever steeds minder snel af, om uiteindelijk een evenwichtstoestand te bereiken. Soms moet de afkalving worden beperkt, omdat er bijvoorbeeld op korte afstand een weg of dijk ligt, of omdat dat voor de scheepvaart van belang is. In dat geval laten we bijvoorbeeld het grootste deel van de stenen onder water liggen, zoals ook gebeurt in de scherpere buitenbochten.

Door de oeversverdediging weg te halen en uiterwaarden af te graven, vervangen we op veel plekken steen door zand, wat hier de eigenlijke bodemsoort is. Zo krijgen karakteristieke flora en fauna de kans terug te keren. Een steenachtige omgeving trekt juist niet-inheemse soorten aan, zoals de veel voorkomende Kaspische grondels bij de vissen. Soms bevat de oever vooral leem of klei. Het proces van afkalving en aanzanding gaat dan wat langzamer, omdat deze grondsoorten minder makkelijk wegspoelen. Dergelijke oevers dragen bij aan de variatie en zorgen daarmee net zo goed voor nieuwe kansen voor riviernatuur. Meer riviernatuur en hoogwaterveiligheid gaan vaak heel goed samen: dat geldt ook voor ontstane Maasoevers. Door het weghalen van de bestorting krijgt de rivier meer ruimte in de breedte”

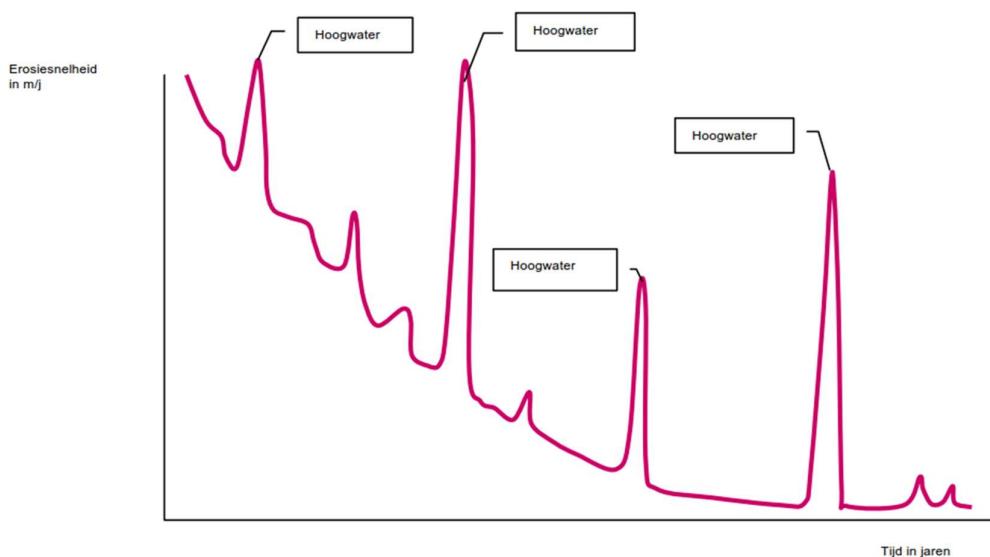
Bron: Werken aan het Ecologisch Herstel van de Maas (Rijkswaterstaat 2017)

Rijkswaterstaat heeft voorafgaand aan het daadwerkelijk natuurvriendelijk herinrichten van de Maasoeveren een streefbeeld op laten stellen (Peters 2005; Figuur 1.5). Dit gebeurt niet vaak, maar is belangrijk en waardevol omdat de inzichten die destijds bestonden over de morfologische en ecologische ontwikkeling medebepalend zijn geweest voor de opzet van het monitoringprogramma. Het streefbeeld is zodoende als spiegel gebruikt om de ontwikkeling en huidige toestand te vergelijken. De uitkomst kan vervolgens gebruikt worden om de inzichten bij te stellen en het monitoringprogramma waar nodig en gewenst voort te zetten en te herzien. Het streefbeeld voor de ontwikkeling en successie van vrij eroderende oevers gaat uit van een tijdshorizon van 60 jaar, maar de snelheid zal afhankelijk van de lokale omstandigheden en de bodemsamenstelling van de oevers verschillen (Peters 2005). Deze ontwikkelingsreeks biedt een goede basis voor vergelijking met de huidige toestand van de natuurvriendelijke oevers en om een prognose te geven voor de verdere ontwikkeling. Verondersteld wordt dat de snelheid van de oevererosie in de loop van de tijd afneemt (Figuur 1.6). Het geschetste streefbeeld is van toepassing op wat nu een 'natuurlijke' oever genoemd wordt.



Figuur 1.5 Ontwikkeling van een vrij eroderende oever in de loop van de tijd. De snelheid is afhankelijk van lokale omstandigheden en de snelheid van de oevererosie (Bron: Peters 2005)

In de eerste fase ontstaat een steilwand die in de loop van de tijd verder erodeert. Hierdoor ontstaat vervolgens een ondiepe bedding en tenslotte een lage oeverzone met zandstrandjes en oobos. In deze laatste fase is er geen steilwand meer aanwezig. Er worden verschillende oeverecotopen onderscheiden met karakteristieke planten en dieren: oeversteilwand, ondiepe rivierbedding, lage oeverzone en oeverwal. Naast de invloed die de rivier en scheepvaart door waterstandschommelingen, stroming en golfslag uitoefenen op de oever, is ook het beheer van de oever van belang. Dit geldt vooral voor de terrestrische flora en fauna. Peters (2005) heeft naast de morfologie zowel de ecologie als het beheer in het streefbeeld beschreven. De kenmerkende flora en fauna per oeverecotoop staan in het achtergrondrapport.



Figuur 1.6 De ontwikkeling van de verwachte erosiesnelheid van vrij eroderende oevers. Aanvankelijk treedt een snelle erosie op onder invloed van golfslag en waterverplaatsing door passerende schepen, later, wanneer de steilwanden buiten bereik van het stuwpeil liggen, krijgt erosie meer een incidenteel karakter tijdens optredende hoogwaters (bron: Peters, 2005).

1.5 Onderzoeksvragen bij het monitoringplan

Door de verandering van inrichting en de morfologie van de oevers, verandert ook de samenstelling van aanwezige flora en fauna in het water en op het land. In 2008 is een monitoringsprogramma NVO's Maas gestart (Kerkum, 2008) waarin 21 oevertrajecten gedurende 10 jaar zijn onderzocht op morfologie en ecologie. Hierbij is informatie over de volgende parameters verzameld:

- Oevermorfologie (steilranden handmatig ingemeten en via luchtfoto's)
- Dwarsprofielen en bodemligging onderwaterbodem
- Waterbodemkwaliteit
- Waterplanten
- Macrofauna
- Vissen
- Droge oever (flora, broedvogels, libellen, dagvlinders, sprinkhanen).

In 2017 zijn de laatste data verzameld. De monitoring had onder meer als doel zicht te krijgen op de risico's en onzekerheden die gepaard gaan met de implementatie van deze maatregelen. In 2012 heeft een tussenevaluatie plaats gevonden naar de doelen van het monitoringsprogramma (Geerling 2012). De kennisbehoefte bij RWS voor de evaluatie bestaat uit de volgende punten:

1. Morfologische en ecologische toestand en trend: het registreren van de ecologische en morfologische veranderingen in de natuur(vriende)lijke oevers (NVO's) met een doorkijk naar de toekomst.
2. Het registreren van de effecten in de omgeving: worden er andere functies gebaat, geschaad of bedreigd?
3. Het vaststellen of NVO's bijdragen aan de kwaliteitsdoelstellingen van de KRW.
4. Het beoordelen of NVO's bijdragen aan de beleidsdoelstellingen van RWS
5. Het vaststellen welke inrichtingsvorm van NVO's waar het meest doeltreffend is als bijdrage voor het bereiken van de KRW doelstellingen in de Maas.

Hierbij gaat over een data-analyse van de gemeten resultaten in het licht van de doelen, inzicht in effectiviteit maatregel, randvoorwaarden voor toekomstige maatregelen & beheer en het geven van adviezen over vervolg-monitoring.

Natuurvriendelijke oevers langs buitenlandse grote rivieren

De omvang van de natuurvriendelijke inrichting van de oevers van een grote bevaarbare rivier zoals de Maas kent internationaal geen vergelijkbaar voorbeeld. Langs de Donau in Oostenrijk zijn oevers over een lengte van 3 km ontsteend (Keckeis 2014). Ook het feit dat de morfologische en ecologische ontwikkeling gedurende een periode van 10 jaar gevolgd is, mag uitzonderlijk genoemd worden.

Er is kennis over ecologisch herstel van oevers langs grote rivieren, maar specifiek wat betreft het verwijderen van oeverbescherming is deze beperkt. Voor Nederland is naast het eigen onderzoek in de Rijn en Maas het onderzoek over het herstel van de Donau in Oostenrijk in de afgelopen twee decennia (Schiemer et al. 1999; Schmutz et al. 2014; Hein et al. 2016) en de Rhône in Frankrijk (Lamouroux et al. 2015) het relevantst vooral vanwege het conceptuele denkkader dat hierdoor ontwikkeld is en de wetenschappelijke wijze waarop verschillende herstelmaatregelen in deze grote rivieren geëvalueerd zijn.

De literatuur over oeverbescherming richt zich vooral op de geomorfologische en ecologische consequenties van het aanbrengen van deze bescherming (Reid & Church 2015) en tot nu toe minder op de baten van het verwijderen. Florsheim et al. (2008) hebben een overzichtartikel geschreven over het belang van oevererosie voor geomorfologie en ecologie door het ontstaan van dynamische habitats waar het rivierbeheer deze doorgaans als een ongewenste situatie beschouwt, die beheerst dient te worden.

Tabel 1.2 Overzicht van de geomorfologische en ecologische consequenties van het beteugelen van erosie door oeverbescherming (bron Florsheim et al. 2008)

Geomorphic and ecological attribute	Habitat or ecosystem service influenced	Examples of organisms affected
Loss of sediment source		
Supply	Downstream sandbars as resting habitat for migrating birds	Whooping crane (<i>Grus americana</i>)
Grain size	Coarse-grained substrate for attachment and interstitial space for hiding from predators	Macroinvertebrates (e.g., mayflies [<i>Ephemeroptera</i>], caddisflies [<i>Trichoptera</i>], and stoneflies [<i>Plecoptera</i>])
Loss of geomorphic processes		
Migration	Newly scoured or deposited surfaces	Riparian trees (e.g., cottonwood [<i>Populus</i>], willow [<i>Salix</i>], alder [<i>Alnus</i>])
Widening	Adjustment necessary for incised channel to evolve toward equilibrium with floodplain at elevation to support riparian plants	Riparian trees (see above)
Loss of bank substrate		
Unconsolidated sediment	Vertical banks for wildlife burrowing and nesting. Filter and retention of nutrients, pollutants, water quality	Bank swallow (<i>Riparia riparia</i>) Macroinvertebrates (see above)
Natural biotic and abiotic components of land-water margin	Shoreline microhabitat: soft sediment or burrows, emergent vegetation to cling to; underwater plants, snags, roots protruding from bank	Shore-dwelling insects (e.g., <i>Neocurtilla</i>); macroinvertebrates
Roughness and irregularity in land-water margin	Variation in near-bank flow velocity, refugia during storm flows	Overwintering fish, macroinvertebrates (see above)
Undercut banks	Protection from predators	California shrimp (<i>Syncaris pacifica</i>), juvenile fish (e.g., Coho salmon [<i>Oncorhynchus kisutch</i>])
Loss of riparian forest		
Stream-side riparian ecosystem Willow and cottonwood forests	Complex riparian vegetation, areas for wildlife: bird breeding, nesting, safety from predators; probing for insects under tree bark; wildlife: food, migration corridor, and/or dispersal route; plants: structure for vines	Birds (e.g., willow flycatcher [<i>Empidonax traillii eximius</i>], Gila woodpecker [<i>Melanerpes uropygialis</i>], western yellow-billed cuckoo [<i>Coccyzus americanus occidentalis</i>]), reptiles (e.g., riparian lizard [<i>Sceloporus occidentalis</i>]), semiaquatic mammals (e.g., river otter [<i>Lontra canadensis</i>]), macroinvertebrates, climbing vines (e.g., river-bank grape [<i>Vitis riparia</i>])
Overhanging branches, leaves	Shade, organic material, fish food	Fish, macroinvertebrates (nymph and adult stages)
Large woody debris	Reduction in pool complexity and depth, loss of attachment sites	Fish, macroinvertebrates (see above)

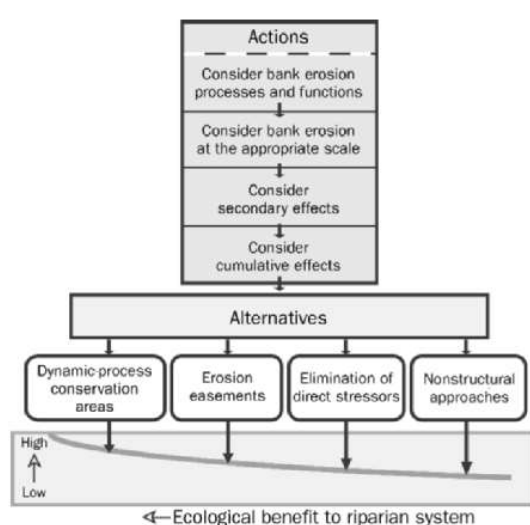


Figure 5. Framework for alternatives to channel bank infrastructure. Dynamic-process conservation areas protect the linkage between river channels and adjacent landscapes, and provide the highest ecological benefit to riparian ecosystems. The other alternatives provide ecological benefits to the degree that they accommodate the geomorphic processes that sustain them.

Figuur 1.7 Conceptueel kader voor ecologische baten van alternatieven voor oeverbescherming waarbij vier alternatieven worden onderscheiden (bron: Florsheim et al. 2008). De aanpak langs de Maas valt binnen de categorie 'Erosion – easements'. "An erosion easement is a legally binding restriction placed on private or public riparian land to allow bank erosion processes to operate. Easements to accommodate geomorphic processes and ecological functions could be a component of a riparian buffer that promotes habitat or ecosystem services. Designating the appropriate extent of an erosion easement depends on a thorough assessment of bank erosion processes and fluvial system evolution at the watershed scale"

1.6 Leeswijzer

1. Inleiding

De aanleiding en context voor de herinrichting van Maasoevers en de monitoring van de morfologische en ecologische ontwikkeling.

2. Opzet van de evaluatie en beschikbare data

Hier worden beschikbare materiaal en de methoden van de analyse beschreven. Aan de hand van een conceptueel schema worden de hypothesen en onderzoeksvragen gepresenteerd gevolgd door een overzicht van beschikbare data en informatie. Tot slot een globaal overzicht van de analyse (type analyses, tot op welk niveau zoals beschrijvend, expert kwantitatief en statistisch kwantitatief zoals in evaluatie 2010).

3. Oeverontwikkeling

Dit hoofdstuk schetst de morfologische en ecologische ontwikkelingen die samen 'het verhaal' vertellen. De verbanden c.q. verklaringen tussen rivierkundige context, morfologie en biotia komen in volgend hoofdstuk.

4. Verklaring van de ontwikkelingen

Hier worden de verbanden tussen context en oeverkarakteristieken gelegd. De doelvariabelen zijn morfologie en aquatisch en terrestrische biota.

5. Toetsing aan doelstellingen

De toestand en ontwikkeling van de oevers wordt getoetst aan de doelstelling van de Kaderrichtlijn Water en andere beleidsdoelstellingen en streefbeeld voor de Maas. Ook wordt gekeken naar de consequenties voor andere functies.

6. Conclusies en aanbevelingen

Het programma natuurvriendelijke oevers Maas is voorzichtig gestart in 1995 en enorm uitgebreid in 2005 als onderdeel van het programma van maatregelen voor de ecologische verbetering van de Maas. De meeste oevers bevinden zich nog in de beginfase van ontwikkeling. Dit hoofdstuk maakt de balans op en kijkt vooruit. Daarbij wordt een doorkijk gegeven hoe de oevers zich naar verwachting verder zullen ontwikkelen. Op basis hiervan wordt aangegeven welke monitoring gewenst is en worden adviezen gegeven voor de herinrichting en het beheer van de oevers. Overige aanbevelingen hebben betrekking op de context waarbinnen de oevers gesitueerd zijn.

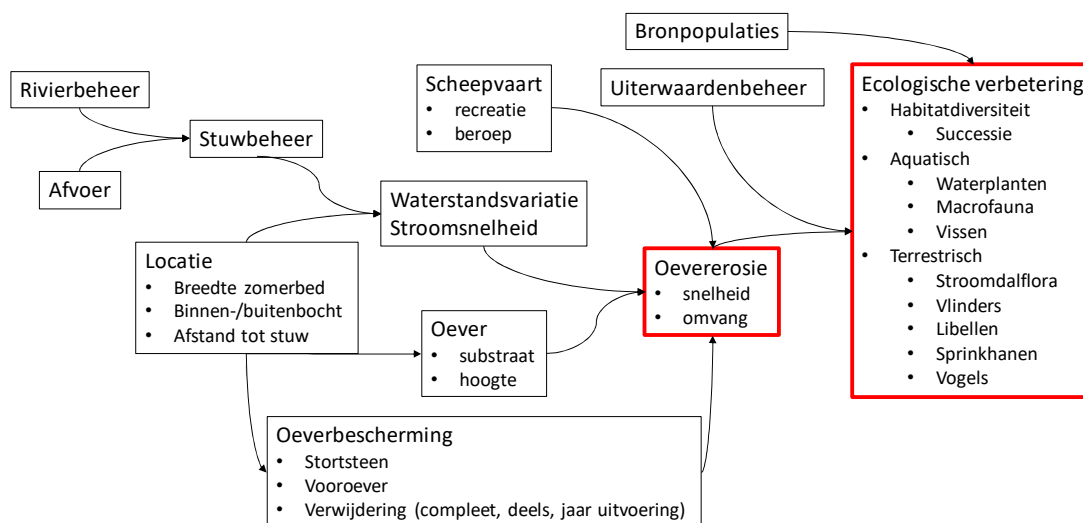
2 Opzet van de evaluatie en beschikbare data

Het hoofdstuk geeft een beschrijving van de oeverontwikkeling en typen oevers langs de Maas; de structuur van de data-analyse en de gebruikte data.

2.1 Oeverontwikkeling en oevertypen oevers langs de Maas

2.1.1 Morfologische en ecologische ontwikkeling

De morfologische en ecologische ontwikkeling van oevers langs de Maas wordt beïnvloed door eigenschappen van de rivier waarin de NVO zich bevindt en de aanleg en beheer van de oever zelf. Figuur 2.1 laat de factoren zien die oeverontwikkeling sturen, een meer gedetailleerde figuur en beschrijving is te vinden in het achtergrondrapport (Chrzanowski et al. 2019).



Figuur 2.1 Vereenvoudigd conceptueel schema van de morfologische en ecologische ontwikkeling van oevers langs de gestuwde Maas. Deze ontwikkelingen worden enerzijds beïnvloed door de aanleg en het beheer van de oever en anderzijds door locatie afhankelijke factoren, zoals scheepvaart, stuwpeil en bronpopulaties.

Belangrijke factoren zijn de afvoer, stuwbeheer, waterkwaliteit, scheepvaart, aanwezigheid van bronpopulaties en het beheer van de uiterwaarden. Rivierafvoer, stuwbeheer en de locatie van de heringerichte oever binnen het stuwpannd bepalen de lokale waterstandsvariatie en stroomsnelheid en beïnvloeden zo de oevererosie. Waarbij de beroeps- en pleziervaart nog voor extra hydro-dynamiek en erosie zorgen. Daarnaast spelen de locatie, de bodemsamenstelling, de oeverhoogte en mate van oeverbescherming een rol in de mate van erodeerbaarheid.

Voor de ecologische verbetering zijn de voor dit project relevante soorten gebaseerd op de kaderrichtlijn watertypen 'rivier' (R7) en 'zoetgetijdewater' (R8): vis, macrofauna en waterplanten. Op de droge oever (terrestrisch) gaat het om stroomdalflora, vlinders, libellen, sprinkhanen en vogels, vooral oeverzwaluwen. De fauna wordt naast door het lokale habitatype en -kwaliteit ook beïnvloed door de aan- of afwezigheid van waterplanten en relaties tussen de biota zelf (bijv. predatie, concurrentie). Hiernaast speelt connectiviteit een rol.

Bronpopulaties uit stroomopwaarts gelegen beken beïnvloeden ook de aanwezigheid van lokale flora en fauna bij een heringerichte oever.

Langs de Maas bevinden zich verschillende soorten oevers met verschillende typen talud, substraat en lokale dynamiek en daarmee een variatie in oeverontwikkelingsprocessen (Tabel 2.1).

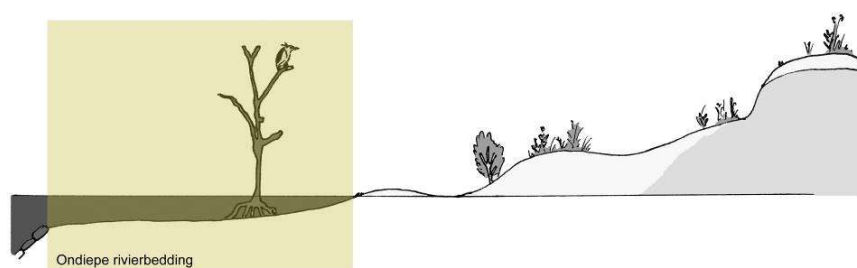
Tabel 2.1 Overzichtstabel van oevertypen die langs de Maas en in de uiterwaarden voorkomen, als voorbeeld van een meer op ecologie en proces geënte indeling. Deze indeling is gebruikt in het project "Ecologische potenties van stuwpeilvariatie in de Maas" (Geerling et al., 2010).

Deel waterlichaam	Type	Hoofdgeul			Uiterwaard en -weerden		Verharde/steile oever
		Onverhard	Vrij eroderend	Beekmonding	Aangetakte wateren	Geïsoleerde ondiepe plas	
Areal	Talud boven water	Flauw	Steil	Flauw	Flauw	Flauw	Steil
	Talud onder water	Flauw	Flauw	Flauw	Flauw	Flauw	Steil
Proces en ontwikkeling	Substraat boven water	Grind, zand	Zand	Zand	Zand, klei	Zand, klei	Stort/zetsteen
	Substraat onder water	Grind, zand, klei	Grind, zand, klei	Zand, grind, artificieel	Zand, klei	Zand, klei	Stort/zetsteen
	Golfslag door scheepvaart	Ja	Ja	-	-	-	Divers
	Stroming	Gestuwd	Gestuwd	Ja	Geen	Geen	Gestuwd
	Begroeiing terrestrisch	Wilg, riet, ruigte, gras, kaal	Kaal	Wilg, ruigte, gras, kaal	Wilg, ruigte, riet, kaal, gras / geen	Wilg, ruigte, riet, kaal, gras	Wilg, ruigte, gras, kaal
	Begroeiing aquatisch	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Mogelijk	Nee

De oevers in het huidige onderzoek liggen (op een enkele na) alle langs de hoofdgeul en omvatten alle categorieën in bovenstaande tabel uitgezonderd beekmonding en geïsoleerde ondiepe plas. Onverharde oevers langs de hoofdgeul zijn kribvakken en spontaan eroderende oevers.

2.1.2 Oeverecotopen bij vrij eroderende oevers

Bij vrij eroderende oevers kunnen in de loop der tijd verschillende oeverecotopen ontstaan (Figuur 1.5). Hier wordt een korte beschrijving gegeven die ontleend is aan het streefbeeld (Peters 2005). Vanuit de rivier richting de uiterwaard gezien zijn dit achtereenvolgens ondiepe rivierbedding, oeversteilwand, lage oeverzone en oeverwal. Een overzicht van de daarin genoemde kenmerkende flora en fauna staat in het achtergrondrapport (Chrzanowski et al. 2019).



Figuur 2.2 Ondiepe rivierbedding van een vrij eroderende oever (Peters, 2005).

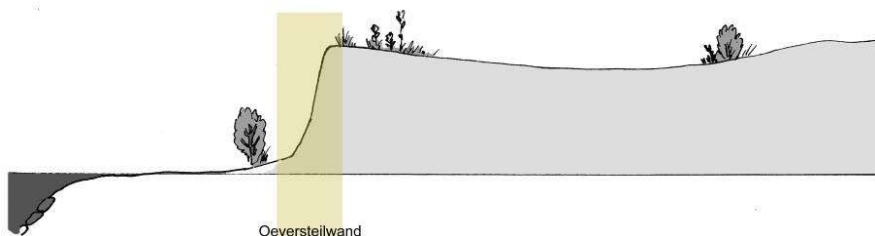
De **ondiepe rivierbedding** kan een tot tientallen meters brede dynamische ondiepe waterzone in de oever vormen met een ondergrond van zand of fijn grind (Figuur 2.2). In een natuurlijke omgeving is de ondergrond (slib, zand, grind, etc.) vaak erg divers. In meer vastgelegde rivieren kan een natuurlijke variatie ontbreken. Dit substraat is sterk bepalend voor de aanwezigheid van macrofauna. Bij veel slib als ondergrond, een bodemtype kenmerkend voor verstuwde of laagdynamische rivieren, verschuift de soortensamenstelling naar een voor rivieren minder kenmerkende samenstelling. Hout is ook een type substraat (organisch materiaal) en geeft zo nog meer substraatvariatie, ook omdat aanwezigheid van hout sedimentatiepatronen beïnvloedt en zo nog voor extra variatie zorgt (Figuur 2.3; Klink 2016).

Stroomsnelheden variëren van 0 tot 2 m/s en de waterdiepte is doorgaans niet meer dan 1 meter. Langs oevers zou een diversiteit aan diepten, met een groot aandeel ondiep, de natuurlijke situatie zijn. Door golfslag treedt veel turbulentie van de bovenste bodemlaag en de waterkolom op, waardoor zand en organisch materiaal ook bij lage afvoeren zeer mobiel zijn. Door het dynamische karakter is deze zone relatief arm aan waterplanten en helofyten; specifieke waterplanten voor de rivier keren echter wel terug. Op diepten groter dan 2 m komen meestal geen riviergebonden waterplanten meer voor, mede door het verminderde doorzicht.

Lokaal kunnen boomtakken in het water hangen en wilgen met 'mangrovewortels' in het water staan. Door de aanwezigheid van ooibos op de oever treedt een sterke variatie aan zonbeschenen en beschaduwde water op. Dood hout, zowel staand als liggend hout, zorgt voor extra variatie in de waterkolom, aanhechtingsmogelijkheden voor filterende macrofauna en bescherming van jonge vis. Omgevallen bakenbomen kunnen deze functie ook vervullen (Figuur 2.3). Overall waar bos groeit ontstaat een bron van organisch materiaal (bladval, klein dood hout) dat van cruciaal belang is voor de ontwikkeling van een rijk waterleven in zandige bodems. Kleibanken in de ondergrond zorgen voor microreliëf in de bodem. Op stromingsluwe plaatsen kan ophoping van drijvend organisch materiaal plaatsvinden.

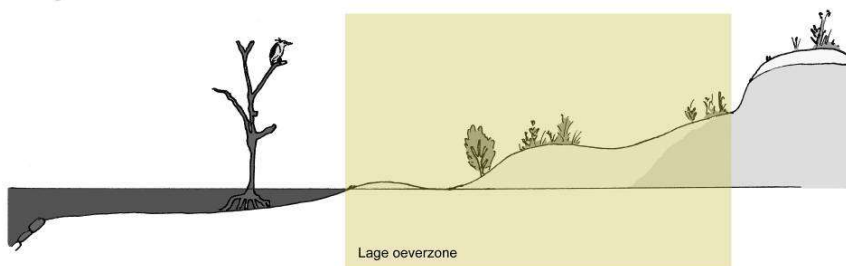


Figuur 2.3 Hout in de rivier kan een belangrijke bijdrage aan de habitatdiversiteit van de Maasoevers geven mits dit voldoende onder water ligt (Klink, 2016). Deze verankerde bakenboom bij het Zuidereiland ligt echter teveel boven water en zou dieper gelegd moeten worden (Foto: Tom Buijse).



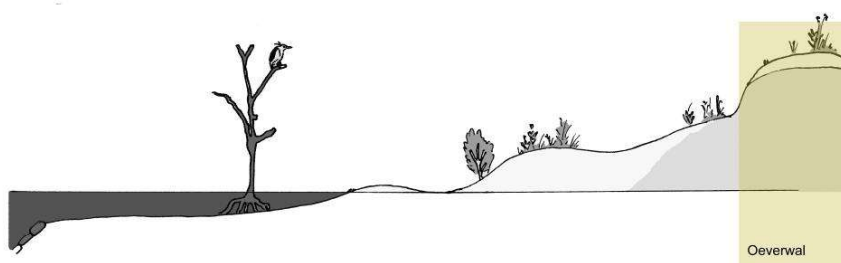
Figuur 2.4 Het eerste stadium van eroderende oevers is het ontstaan van een oeversteilwand (Peters, 2005).

Het eerste stadium bij eroderende oevers is het ontstaan van **steilwanden** (Figuur 2.4). Eroderende steilwanden variëren in hoogte en grondsoort. Bovenstrooms in de stuwpanden is meer kans op hoge steilwanden dan net voor de stuwen vanwege het verhang in de ondergrond dat in de waterspiegel door de opstuwung ontbreekt. Aanvankelijk is de steilwand blootgesteld aan veel golfslag door de scheepvaart, later vooral aan erosie tijdens hoogwaters, met name in de range tussen 1200 en 2000 m³/s (Figuur 1.6). Kleibanken in de ondergrond zorgen lokaal voor vertraging van de erosiesnelheid. Lokaal treedt terugschrijdende erosie op en onderspoeling van bomen die op de steilwand groeien.



Figuur 2.5 Lage oeverzone van voortschrijdende eroderende oevers (Peters, 2005).

Wanneer de erosie verder voortschrijdt ontstaan nieuwe oeverecotopen. De **lage oeverzone** is zeer dynamisch en zandig. De laaggelegen delen zijn continu vochtig, terwijl de hoger gelegen aanwassen gedurende de zomerperiode een droog milieu vormen (Figuur 2.5). De droogvallende zone en hogerop de oever (oeverwal) zijn de zones waar oeverplanten zich vestigen. Lokaal kunnen erosiekolken en vochtige depressies, soms zelfs met kwel, ontstaan. De breedte kan variëren van enkele meters tot ca. 30 meter en heeft een overstromingsfrequentie van 20-365 dagen per jaar. Het hangt van de lokale morfologische processen af hoe de oever zich ontwikkelt. Er is een afwisseling van zandige stranden met oobos. Lokaal oobos vestigt zich in de luvste delen maar creëert zelf ook luwe delen.



Figuur 2.6 De hoge oeverwal, een droog periodiek dynamisch milieu met een zandige ondergrond (Peters, 2005).

Op de hoogste delen liggen **oeverwallen**. Een droog, periodiek dynamisch milieu van zandige oeverwallen en beginnende rivierduintjes op de hoge delen van de oever met een lage overstromingsfrequentie 0 tot 20 dagen per jaar (Figuur 2.6). De vorming van nieuwe zandafzettingen op de oeverwallen speelt vanwege de hoogte van de Maasoeveren vooral na extreme hoogwaters. De eerste jaren is dan sprake van een open pioniermilieu, dat in rustige jaren weer snel begroeid raakt met stroomdalgrasland en lokaal elementen van begraasd hardhoutoobos. Op lange termijn kan de zone met zandstranden dusdanig breed worden dat hier ruimte voor het opwerpen van nieuwe oeverwallen ontstaat met een sterk zandig karakter.

2.2 Structuur van de data-analyse

Voor het beantwoorden van de gestelde vragen (H1.5), wordt eerst stilgestaan bij de toestand en de trend van de morfologie en biota (hoofdstuk 3), en wordt deze vervolgens gerelateerd aan de processen die daarop van invloed kunnen zijn (hoofdstuk 4). Hierbij is de data-analyse gestructureerd volgens het conceptuele schema (Figuur 2.1). De beschrijving van de toestand en ontwikkelingen (hoofdstuk 3) is als volgt ingedeeld:

- Ontwikkelingen in de gehele Maas (in relatie tot de locatie) zoals afvoer, scheepvaart, waterkwaliteit, bronpopulaties of invasieve soorten. Aspecten die de werking van de oever bepalen los van de lokale inrichting.
- Op locatieniveau de ontwikkelingen van hydromorfologie, habitat en de biota.

Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de verbanden tussen abiotiek en biota gelegd. Hierbij vormen de verbanden in het conceptueel schema de hypothesen voor de analyse. Met deze kennis is de effectiviteit van de verschillende inrichtingsvormen beter te duiden en kan iets over de toekomstige ontwikkeling worden gezegd.

Om de effecten van ontwikkelingen op bestaande functies te onderzoeken zijn beschrijvingen toegevoegd van mogelijke benedenstroomse effecten van geërodeerd materiaal zoals aanzanding van de hoofdstroom, de bijdrage aan de sedimentbalans van de rivier en effecten op stuwen.

In de analyse worden de oevertyperingen gebruikt die zijn toegekend aan de verschillende oevers in het monitoringprogramma. Typeringen zijn echter altijd arbitrair. De lokale situatie van oevers met eenzelfde inrichtingsvorm is vaak zo verschillend dat harde per type uitspraken onmogelijk zijn. Er is geprobeerd de oevers dan ook zoveel mogelijk op glijdende schalen te analyseren in plaats van in harde categorieën in te delen.

2.3 Welke oevers zijn gemonitord?

Locaties

Het monitoringsprogramma richt zich op verschillende vormen van natuurlijke ('vrij eroderende') en natuurvriendelijke oevers, deels met een golfbreker in de vorm van een onderwater gelegen dam om erosie te minderen en vergelijkt deze met vastgelegde, spontaan eroderende oevers en kribvakken. Daarnaast vormden twee eenzijdig aangetakte oevergeulen en een aangetakte plas ook onderdeel van het monitoringsprogramma. De locaties liggen over een traject van 150 km. Het meest bovenstrooms ligt het spontaan eroderende oever Koningssteen (rivier km 64) stroomopwaarts van de stuw bij Linne. Meest benedenstrooms in de Beneden-Maas ligt locatie Hedel-Benedenwaarden (rivier km 221), een kribvak waar de oever spontaan is gaan eroderen (Figuur 1.2). Tabel 2.2 geeft een overzicht van alle gemonitorde oevers, in welk stuwpaand ze liggen, langs welke rivieroever, de locatie in rivierkilometer en lengte van het traject. Elke oever is in detail beschreven in het achtergrondrapport (Chrzanowski et al. 2019) en een factsheet per oever.



Figuur 2.7 Oevertypen: vastgelegd (links -boven), spontaan eroderend (rechts boven), natuurlijk (links onder) en natuurvriendelijk met onderwaterdam (rechts onder).

Representativiteit

Tijdens de monitoringsperiode zijn ingrepen op een aantal oevertrajecten uitgevoerd (Tabel 2.3). Op zeven oevertrajecten is de oeverbestorting verwijderd gedurende het monitoringsprogramma. Bij Balgoij is vanwege het risico op overmatige erosie een kleilaag en een onderwater dam aangebracht. Bij de 'Witte Steen' is de vooroever verlaagd en een natuurvriendelijke oever ontstaan met een onderwaterdam. Bij 'Paaldere' is een eenzijdig aangetakte strang aangelegd. De locatie 'Het Scheel' is opgedeeld in twee sterk verschillende trajecten.

11201679-000-ZWS-0006, 8 april 2019, definitief

Tabel 2.2 Overzicht van de ligging, lengte van de gemonitorde oevertypes en bij herinrichting het jaar waarin dit is uitgevoerd. Binnen het type gesorteerd op rivierkilometer (BM= Benedenmaas; Rkm-B –begin; Rkm-E –eind); R =rechteroever, L = linkeroever). De laatste kolom geeft aanvullende informatie over de uitgevoerde maatregel. Het * markeert de oevers waar een 0-meting beschikbaar is. **NB: Oever Het Scheel bestaat uit 2 monitoringslocaties vanwege de aanwezigheid van een golfbreker.

Oevertype	Oevertraject	Stuwpaand	Rkm- B	Rkm- E	Oever	Lengte (m)	Jaar van herinrichting
Spontaan eroderend	Koningsteen - De Engel	Linne	64.1	64.5	L	400	-
	Lus van Linne	Roermond	70	71	L	1000	-
	Ooijen	Sambeek	125	126.9	L	1900	-
	Hedel - Casterense Hoeve	BM	217.9	218.1	R	200	-
	Oude Schans	BM	218.8	219.4	L	600	-
Kribvakken	Paaldere - Het Wild	BM	212	213.3	L	1300	Spontaan eroderend tussen kribben
	Hedel – Benedenwaarden	BM	221	221.8	R	800	Spontaan eroderend tussen kribben
Natuurlijke oever	Aijen	Sambeek	138.1	138.5	R	400	2006
	Bergen	Sambeek	139.4	140.4	R	1000	2006
	Noordereiland	Grave	151.9	153.3	L	1400	2007 (Maaswerken), 2010
	Oeffelt	Grave	153.3	154.55	L	1250	2010*
	Overasselt	Grave	170,9	174,3	R	3400	2010*
	Keentse oevers	Lith	177.75	178.8	L	1050	2012*
	Batenburg	Lith	185	185.6	R	600	2011*
	Het Scheel	Lith	195.4	196.5	L	1100	2000
	Zandmeren	BM	212.5	214	R	1500	2010*
Natuurvriendelijke oever met dam	De Witte Steen	Grave	152	153.1	R	1100	2015*, vooroever is tot 1m onderwater verlaagd
	Balgoij	Lith	177	178.9	R	1900	2012*; onderwater dam
	Het Scheel geul**	Lith	195.4	196.5	L	1100	2000; geul achter stenen oeververdediging
Vastgelegde oever	Asseltse plassen	Belfeld	86.1	86.7	R	600	n.v.t.
	Broekhuizen	Sambeek	118.2	120.7	L	2500	n.v.t.
	Oeffelt Veerhuis	Grave	154.55	155.15	L	600	n.v.t.
	Gebrande Kamp	Grave	158.3	159.4	R	1100	Kribben verwijderd in 2010
	Ossekamp	Lith	193.3	194.8	L	1500	n.v.t.
	Paaldere	BM	209.1	212	L	2900	n.v.t.

Deltares

11201679-000-ZWS-0006, 8 april 2019, definitief

Oevertype	Oevertraject	Stuwpannd	Rkm- B	Rkm- E	Oever	Lengte (m)	Jaar van herinrichting
Aangetakte plas	Gebrande Kamp baai	Grave	158.3	159.1	R	800	1990
Strang	Ossekamp geul	Lith	193.3	194.8	L	1500	2012, eenzijdig aangetakte oevergeul
	Paaldere geul	BM	209.1	213.3	L	4200	2011, eenzijdig aangetakte oevergeul

Tabel 2.3 Overzicht van veranderingen van oevertype voor of tijdens de monitoringsperiode.

Oever	voor 2008	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Legenda oevertypen
Aijen	2006											Vastgelegd
Bergen	2006											Natuurlijke oever
Het Scheel	2000											Natuurvriendelijke oever met dam
Noordereiland												Overige maatregel (plas of strang)
Oeffelt												Droge oever
Overasselt												
Zandmeren												
Batenburg												
Keentse oevers												
Het Scheel geul	2000											
Balgoij												
De Witte Steen			Strang									
Gebrande Kamp baai			Plas									
Paaldere geul												
Ossekamp geul												

De ecologische veranderingen worden in beeld gebracht door de vergelijking in de tijd met de monitoringsjaren voor de ingreep (0-meting) en de vergelijking met de vastgelegde oever. De spontaan eroderende oevers worden als referentie beschouwd voor wat natuurlijkerwijs op termijn bereikt kan worden.

2.4 Wat is er gemonitord?

In de monitoring lag de nadruk op de lokale ecologische en morfologische ontwikkeling van de natte en droge oever. Wat is gemonitord staat in Tabel 2.4. De bij de ecologische parameters gekozen frequentie en het ruimtelijk detail wijst erop dat het volgen van de toestand het belangrijkste monitoringsdoel was.

In het achtergrondrapport staat een gedetailleerd overzicht van alle gemonitorde parameters gekoppeld aan het conceptuele schema (Figuur 2.1) en gespecificeerd per monitoringsdoelstelling (Chrzanowski et al. 2019).

Tabel 2.4 Overzicht monitoringsparameters zoals gemonitord tijdens de monitoringsperiode (RWS WD, 2009). (NB. Dit is uit het monitoringsplan en niet altijd zoals ook in het veld zijn opgenomen.)

Parameters	Frequentie	Opmerkingen
Ecologie		
Waterplanten	1x per 2 jaar	MWTL extra punten
Macrofauna	1x per 2 jaar	MWTL extra punten (multihabitat)
Vissen	1x per 3 jaar	Alle waterlichamen (WL), niet alle locaties
Ecotopen	jaarlijks	
Flora	1x per 2 jaar	2x per seizoen
Vogels	1x per 2 jaar	2x per seizoen
Dagvlinders	1x per 2 jaar	2x per seizoen
Sprinkhanen	1x per 2 jaar	2x per seizoen
Libellen	1x per 2 jaar	2x per seizoen
Ecotopen (terrestrisch)	luchtfoto jaar	2010, 2011, 2012, 2014 en 2017
Hydro-morfologie		
Substraatype	niet beschreven	Gekoppeld aan waterplantenkartering volgens monitoringsplan (p.15), maar in uitvoering gekoppeld aan macrofauna-bemonstering. Bodemsubstraat is ook visueel geschat voor de in 2011 bemonsterde vislocaties.
Oeverprofiel	jaarlijks / 1x per 5 jaar	Oever jaarlijks ingemeten d.m.v. laseraltimetrie, DTM 1x per 5 jaar opgesteld
Vastleggen afslag d.m.v. luchtfoto's	Luchtfoto jaar	Erosieranden, niet gehele oever. Voor jaren zie ecotopen onder ecologie.
Registreren sedimentatieplekken in het zomerbed	jaarlijks	Op basis Iodigen Maas, DTM 1x per 5 jaar
Registreren verval bakenbomen tijdens veldbezoeken	niet beschreven	RWS-DLB buiten programma om. Staat genoemd in PVA, maar is niet direct aan een monitoringsdoel gekoppeld.
Registreren houtige vegetatie en dood hout in de natte oever	niet beschreven	RWS-DLB buiten programma om, wanneer aanwezig dan wordt het bemonsterd in multihabitat bemonstering voor macrofauna. Niet duidelijk of aanwezigheid wordt gemeld.
Chemie bodem (substraat macrofauna)	niet beschreven	Wordt jaarlijks gemonitord. Sediment wordt tijdens de macrofaunabemonstering meegenomen.
Beheer		
- Duurzaam beheer, zo min mogelijk ingrijpen mens, rivierkundig geen probleem.	niet beschreven	
- Gebalanceerd menselijk medegebruik, hoge belevingswaarde.	Recreatie / enquetes	In plan van aanpak staat vermeld: Uitbesteding RWS-WD

2.5 Welke externe data is gebruikt voor de analyse?

Het schema (Figuur 2.1) laat zien blijkt dat de oevers worden beïnvloed door meer parameters dan die in de monitoring zijn opgenomen. Vooral de sturing vanuit de rivier voor zowel de hydromorfologie, waterkwaliteit als biota ontbrak in het oorspronkelijke monitoringsplan. De volgende aspecten zijn daarom toegevoegd aan de monitoringsdataset:

- Afvoeren en waterstanden van de Maas 2008 – 2017;
- Peilfluctuatie in de Maas (Geerling, 2016);
- Scheepvaartintensiteit tussen de sluiscomplexen;
- Waterkwaliteit: nutriëntengehalten en zwevend stof;
- Beken die uitstromen in de Maas, kunnen als bron voor de aanwas van soorten fungeren. Voor vis zijn twee datasets beschikbaar voor informatie over bronpopulaties:
 - RWS MWTL data actieve monitoring uit de Zandmaas / Grensmaas om de visgemeenschap van relevante stuwpanden te karakteriseren waar de NVO's in liggen
 - Monitoring van de visgemeenschap van de benedenlopen van grotere Limburgse beken die een groot deel van de Zandmaas beïnvloeden of dichtbij NVO locaties liggen. Deze data is afkomstig van Waterschap Limburg;
- Op basis van *WAQUA 2D modellering* voor afvoeren, 50 m³/s en 500 m³/s, zijn de volgende vier variabelen voor elk oevertraject langs de oever bepaald:
 - Waterdiepte (m)
 - Waterstand (m+NAP)
 - Stroomrichting (hoek t.o.v. oeversituering)
 - Stroomsnelheid (m/s);
- Ligt de oever in een historische bochtafsnijding? Dit bepaalt de bodemsamenstelling waarin de oever ligt;
- Breedte van de rivier ter plaatse van de monitoringslocatie.

2.6 Analysemethoden

De opzet van de monitoring en de keuze van de locaties maakt het mogelijk om te laten zien hoe oevers zich in de loop van 10 jaar ontwikkelen en in welk opzicht verschillende type oevers hierin van elkaar verschillen. De opzet is minder geschikt om verschillen binnen een bepaald type te duiden. Daarvoor is de steekproef per type te gering en is er een te groot aantal factoren, dat van invloed kan zijn. Dit aspect wordt later besproken in het hoofdstuk 'conclusies en aanbevelingen' mede in het licht of en hoe de monitoring voortgezet zou kunnen worden.

De morfologische ontwikkeling is geanalyseerd op basis van steilrandregistraties in luchtfoto's en veranderingen in ecotoopsamenstelling van de oeverzone. Voor de ecologische ontwikkeling is bij de aquatische flora en fauna gebruik gemaakt van de soorten die op de KRW maatlatten vermeld staan (van der Molen et al. 2012) voor de riviertypen R7 en R8. Voor de terrestrische flora en fauna wordt de ontwikkeling geschetst aan de hand van een aantal kenmerkende soorten, zoals vermeld in het streefbeeld (Peters, 2005). Dit betreft allemaal beschrijvende analyses. Voor een statistische analyse zijn principale component analyse en redundantie analyses gebruikt om de temporele ontwikkeling en de belangrijkste factoren die van invloed zijn op de morfologische en ecologisch ontwikkeling te tonen. De analysemethoden staan uitgebreider beschreven in het achtergronddocument (Chrzanowski et al. 2019).

3 Hoe hebben de oevers zich ontwikkeld?

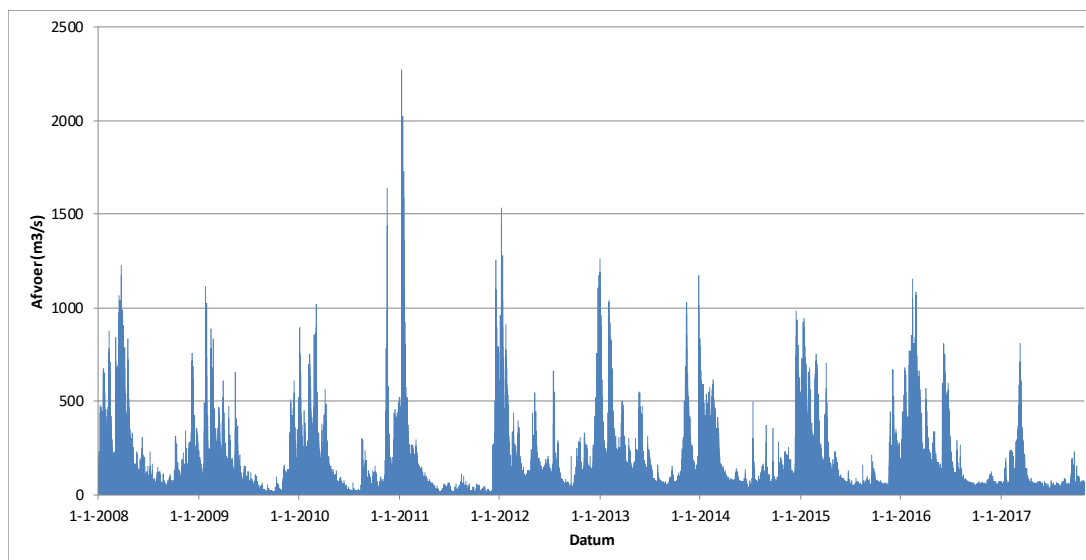
In dit hoofdstuk wordt eerst stil gestaan bij de context van de Maas waarbinnen de oevers zich ontwikkelen. Daarbij worden de volgende aspecten belicht: variatie in de afvoer en peilfluctuaties, intensiteit van de beroeps- en recreatievaart, veranderingen in de waterkwaliteit en de aanwezigheid van bronpopulaties en de lokale condities ter plekke. Vervolgens worden de morfologische en ecologische ontwikkelingen geschetst.

3.1 Is de Maas als rivier veranderd?

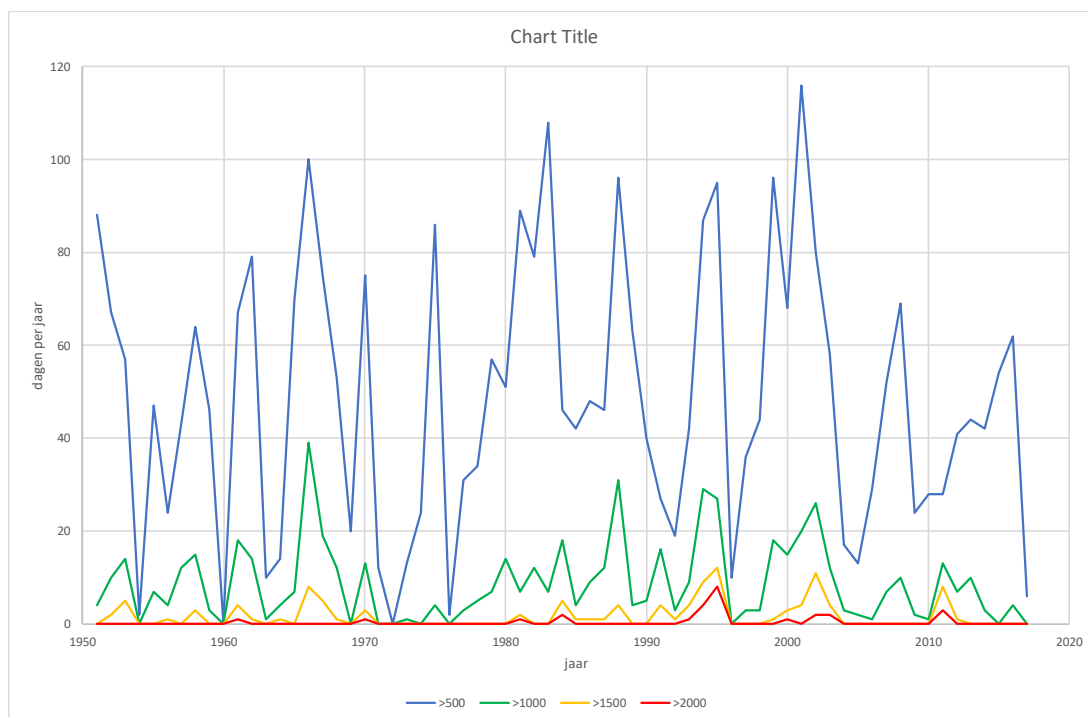
De ontwikkelingen in de oevers worden deels gestuurd door de toestand van de Maas als rivier zelf. Hieronder beschrijvingen van 'sturende parameters' op rivier-niveau.

3.1.1 Afvoer

Hoge afvoeren zijn van grote invloed op de oevererosie. Gedurende de 10 jaar (2008 – 2017) waren de hoogste afvoeren eind 2010 - begin 2011 met 11 dagen > 1500 m³/s en in 2017 bijzonder laag met slechts 6 dagen > 500 m³/s (Figuur 3.1). Figuur 3.2 plaatst de monitoringperiode in een lange termijn perspectief van hoge afvoeren. Afvoeren van meer dan 500 m³/s en meer dan 1000 m³/s komen respectievelijk gemiddeld 50 en 9 dagen per jaar voor. Over de gehele periode is er geen trend zichtbaar, maar sinds 2000 lijkt dit minder te worden. Wanneer de oevers in een later successiestadium komen zal erosie nog uitsluitend tijdens hoogwaters optreden (Figuur 1.6). De erosie gaat dan langzamer en schoksgewijs mede doordat de oevers meer begroeid raken.



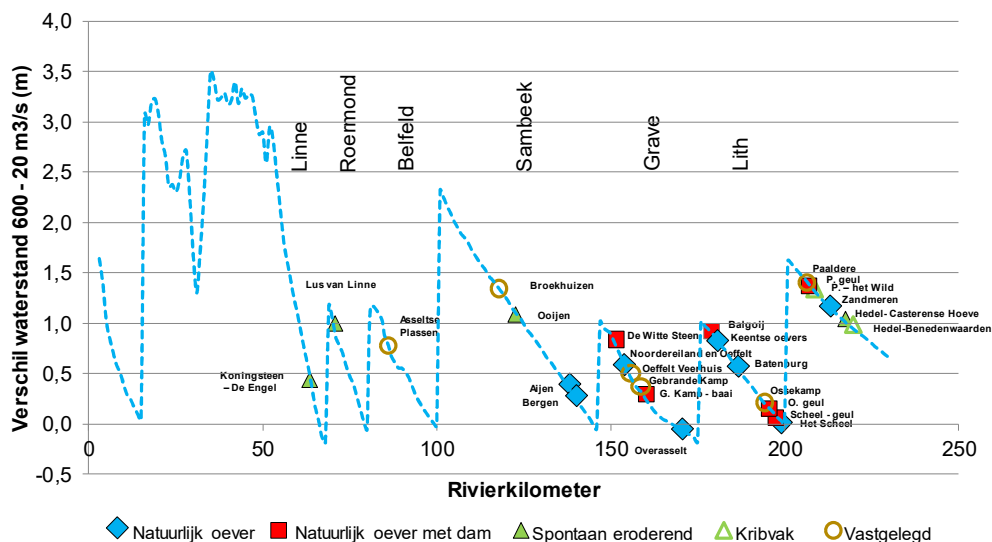
Figuur 3.1 Afvoer van de Maas (m³/s) bij Sint Pieter 2008 – 2017.



Figuur 3.2 Hogere afvoeren (> 500, >1000, >1500, >2000 m³/s; d/jr tussen 1 juli en 30 juni) in een lange termijnperspectief (1950 – 2017). Afvoeren > 500 en > 1000 m³/s komen respectievelijk gemiddeld 50 d/jr en 8-9 d/jr voor.

3.1.2 Peilfluctuatie

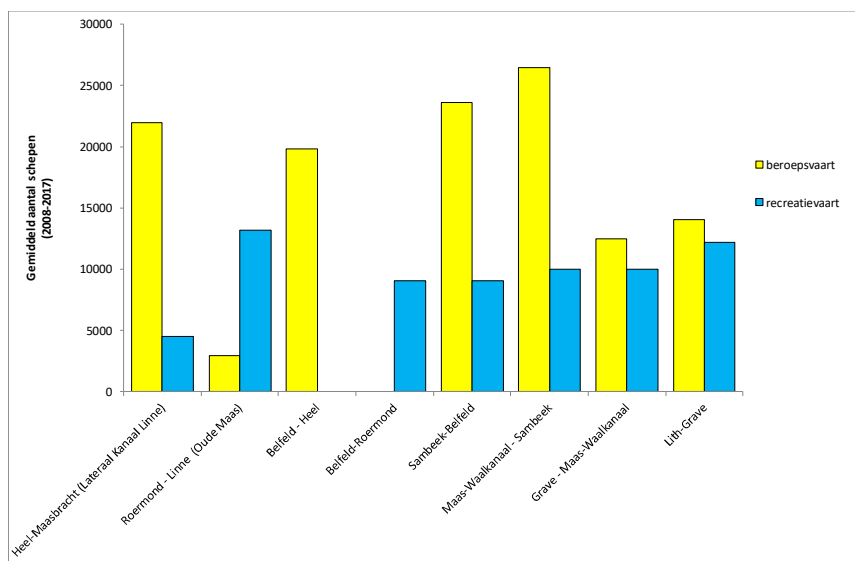
Peilfluctuatie op de oevers wordt gestuurd door de rivierafvoer en de stuwen. Het beïnvloedt de droogvallende zone in de ondiepe rivierbedding en de lage oeverzone en daarmee de kansen voor vegetatie om zich te vestigen (Figuur 2.2, Figuur 2.5). Het verhang van de rivier, de mate van opstuwing en de afstand van een oeverlocatie tot de stuw benedenstrooms bepalen hoeveel peilvariatie ontstaat bij afvoerfluctuaties. Hoe dichterbij de benedenstroomse stuw des te geringer de variatie. Figuur 3.3 geeft een indicatie van de peilfluctuatie uitgedrukt als het verschil in waterstand tussen afvoeren van 600 en 20 m³/s bij alle gemonitorde locaties. De grootste verschillen treden op bij Broekhuizen en Ooijen in het stuwpand Sambeek en bij Paaldere in de Beneden-Maas benedenstrooms de stuw bij Lith. Daarentegen ondervinden de oevers bij Overasselt, Ossekamp en het Scheel nauwelijks peilvariatie tenzij de afvoeren erg hoog zijn. Afvoeren van 600 m³/s komen gemiddeld iets meer dan een maand per jaar voor.



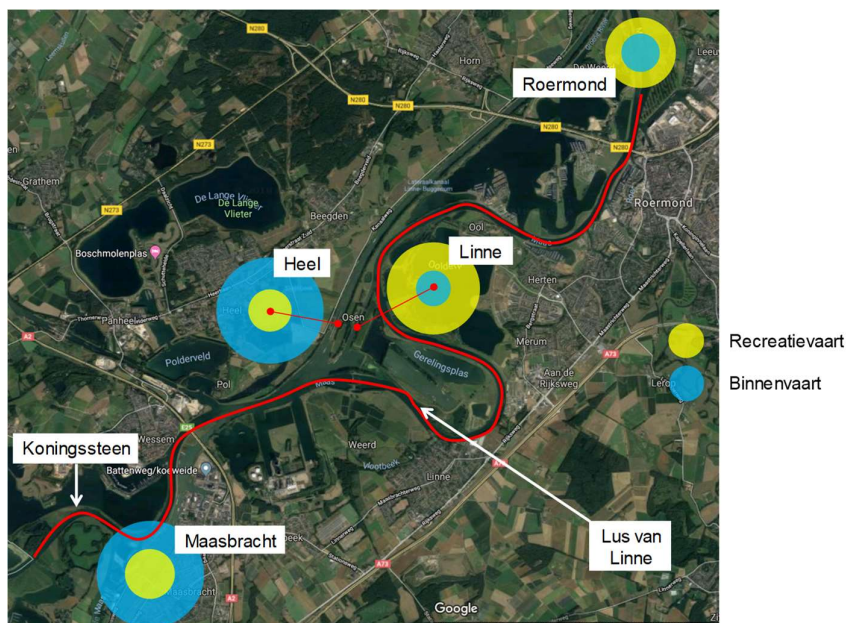
Figuur 3.3 Het peilverschil bij een oever is afhankelijk van de locatie binnen een stuwpand. Hier uitgedrukt als het verschil in waterstand tussen afvoeren van 600 en 20 m³/s.

3.1.3 Scheepvaart

De intensiteit van de scheepvaart beïnvloedt de duur en frequentie van de golfslag op de oevers en hiermee ook of planten en dieren zich kunnen vestigen of zulke geëxponeerde locaties juist mijden. Deze intensiteit verschilt over de Maas en zijn berekend op basis van passages in de verschillende scheepvaartsluizen. Dit geeft een goede orde van grootte, maar niet hoeveel schepen er exact langs een bepaald traject varen. De jaar op jaar variatie bleek gering. Voor de analyse is zodoende het gemiddeld aantal over de periode 2008 – 2017 met onderscheid tussen beroeps- en recreatievaart gebruikt. De hoogste intensiteit voor de beroepsvaart loopt van het Maas-Waalkanaal over de Maas en het Lateraalkanaal naar Maasbracht (~ 24,000 per jaar). Stroomafwaarts van het Maas-Waalkanaal tot Lith is dit de helft. Op de Maas tussen Linne en Roermond zit veel minder beroepsvaart (~ 3,000 per jaar). Het beeld voor de recreatievaart is anders. Er is over het gehele traject van Linne tot Lith een verschil van 13,000 per jaar op het traject Linne - Roermond tot 9,000 tussen Roermond en Sambeek. Voor twee locaties, Koningsteen en Lus van Linne was geen goede informatie beschikbaar om een schatting voor de intensiteit scheepvaart te maken, omdat hier geen sluizen gepasseerd worden (Figuur 3.5). Voor de Lus van Linne is verondersteld dat daar nauwelijks scheepvaart is, omdat dit geen doorgaande vaarroute is. Recent Duits onderzoek waarbij het type en de intensiteit van de schepen is vergeleken met de samenstelling en dichtheid van de visgemeenschap laat zien dat bij een zeer geringe intensiteit van 8 passerende schepen per dag er al een impact is op met name de stromingsminnende soorten (Zajicek & Wolter 2019). In deze analyse zijn ook gegevens van Nederlandse Rijn en Maas beschouwd. De scheepvaartintensiteit op de Maas is veel hoger.



Figuur 3.4 Intensiteit van de beroeps- en recreatievaart gemiddeld over de periode 2008 – 2017 geregistreerd bij passages in de sluisen (data RWS). De waterverplaatsing en golven van passerende schepen versnellen de oevererosie, maar veroorzaken tegelijkertijd frequente en kortstondige stress voor de aquatische flora en fauna.



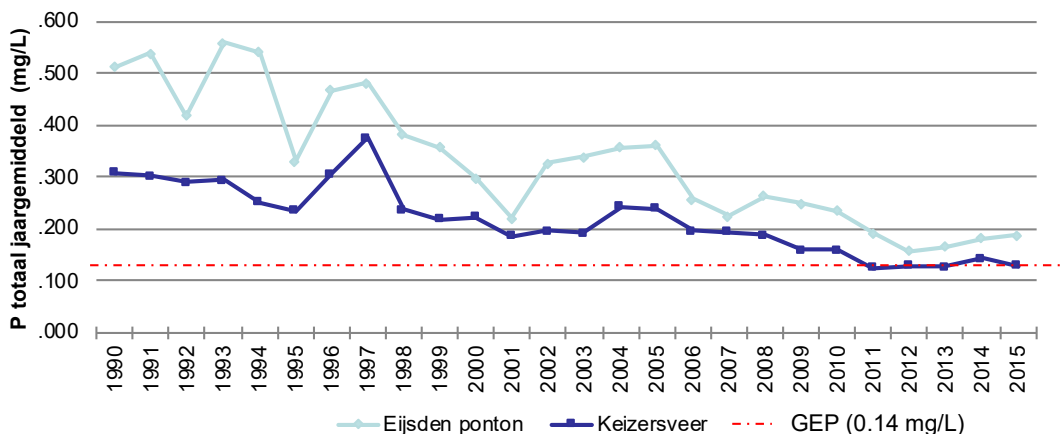
Figuur 3.5 De complexe situatie bij Roermond – Linne – Maasbracht maakt het lastig om te bepalen hoeveel schepen er bij Koningsteen en de Lus van Linne passeren. Verondersteld is dat er bij de Lus van Linne feitelijk geen schepen passeren en bij Koningsteen uitsluitend recreatievaart.



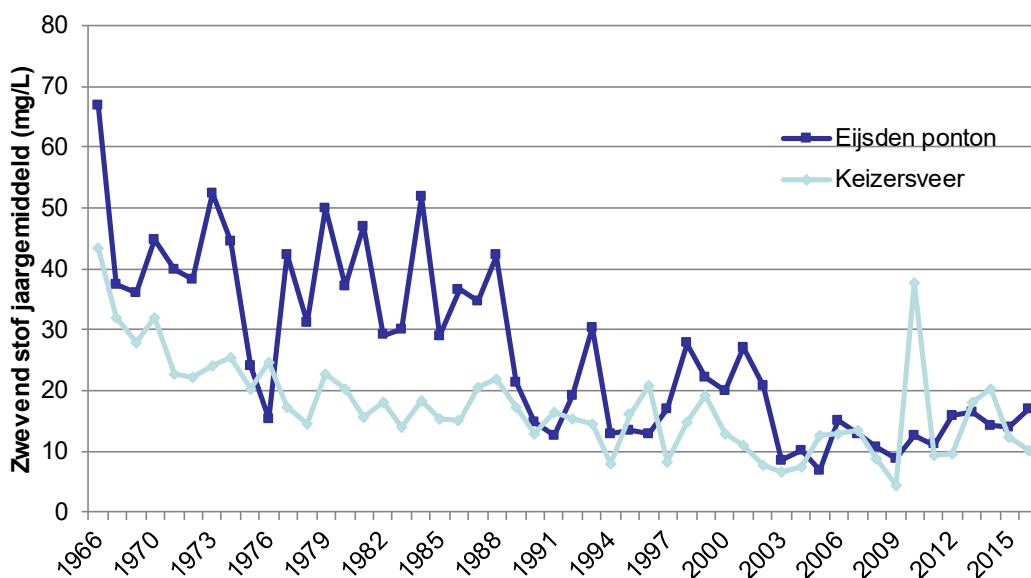
Figuur 3.6 Waterverplaatsing en golfslag op de oever door passerende schepen is van grote invloed op de oevererosie. Vooral het fijne sediment (slib) in de ondiepe bedding wordt hierbij opgewerveld en veroorzaakt lokale troebelheid (Foto Tom Buijse).

3.1.4 Waterkwaliteit in de Maas

De ontwikkeling van waterkwaliteit in de Maas is van invloed op veranderingen in de aquatische flora en fauna en daarmee ook op de soorten die bij de oevers worden aangetroffen. De ontwikkeling wordt gemonitord bij Eijsden, waar de Maas Nederland binnenstroomt en bij Keizersveer in de Benedenmaas net voor de Biesbosch oftewel boven- en benedenstrooms van de oevers. Sinds 1990 zijn de nutriëntengehalten gedaald. Voor N-totaal nauwelijks bij Eijsden, maar van zo'n 5 naar 4 mg/l (Keizersveer). Voor P totaal echter sterk van 0,5 tot 0,2 mg/l (Eijsden) en van 0,3 naar 0,2 mg/l (Keizersveer) (Figuur 3.7). Voor N totaal is de toestand conform de KRW maatlatten thans matig en voor P-totaal matig tot goed. De gehalten zwevend stof zijn sterk gedaald van zo'n 30-40 naar 10-15 mg/l (Figuur 3.8). Het doorzicht is hierdoor toegenomen van 1,0 naar 1,7 m. Samenvattend kan geconcludeerd worden dat de waterkwaliteit sinds 1990 verbeterd, maar in het afgelopen decennium nauwelijks. Aanvullende informatie over de waterkwaliteit staat in het achtergrondrapport (Chrzanowski et al. 2019).



Figuur 3.7 Totaal jaargemiddeld fosfor (P) in mg/l voor 1990 tot en met 2015 op meetlocaties Eijsden (ponton) en Keizersveer. Het GEP is weergegeven als rode stippellijn.



Figuur 3.8 Jaargemiddeld zwevend stof (mg/l, 1966 – 2015) voor locaties Eijsden (ponton) en Keizersveer.

3.1.5 Bronpopulaties

De Grensmaas, die over het grootste deel vrij afstromend is, en de vrij afstromende beken en zijrivieren van de Maas kunnen bronpopulaties van soorten bevatten van waaruit de gestuwde delen van de Maas gekoloniseerd kunnen worden. Hierbij moet vooral gedacht worden aan stromingsminnende soorten, die vanwege het gestuwde karakter in de Maas niet hun gehele levenscyclus kunnen volbrengen.

Ook voor terrestrische flora en fauna geldt dat deze oevers kunnen koloniseren nadat het beheer gewijzigd is en de oever mag eroderen. De oeverwal, beschermd op grond van de Europese Vogelrichtlijn, is daarvan natuurlijk één van de tot de verbeelding sprekende soorten.

In de beken van de Maas komen veel stromingsminnende vissoorten voor (Tabel 3.1). In totaal 17. Het maximale aantal verschilt iets tussen de stuwpanden. De Niers en het Gelders-Nierskanaal zijn de meest soortenrijke beken. In de analyse is de afstand van een NVO tot een bovenstrooms gelegen beek in beschouwing genomen. Voor exoten is de situatie meestal omgekeerd. Deze koloniseren de beken juist vanuit de Maas. In de Maas zelf is een gradiënt zichtbaar. Bovenstrooms van de stuw bij Linne is het absolute en relatieve aandeel stromingsminnende soorten veel hoger (Tabel 3.2). De populatie wordt hier gevoed vanuit de Grensmaas. De benedenstrooms gelegen stuwpanden herbergen wellicht opmerkelijk een iets groter aantal soorten. Dit is de combinatie van enerzijds soorten die in staat zijn hun hele levenscyclus in een stuwpand te volbrengen en anderzijds soorten vanuit bronpopulaties elders. Soortenrijkdom en toestand van een waterlichaam hoeven zodoende niet persé één op een met elkaar overeen te komen.

Qua soortenrijkdom zijn er geen grote verschillen tussen de Maas en de beken. De Maas herbergt meer soorten dan de individuele beken, maar de beken samen kennen een grotere soortenrijkdom. Dit zijn zowel stromingsminnende en plantenminnende soorten. Grotere verschillen zijn er bij de relatieve dichtheden. De beken hebben een beduidend groter aandeel stromingsminnende soorten en minder exoten. Bij de stromingsminnende soorten worden riviergrondel, serpeling, barbeel en beekprik meer in beken en alver meer in de Maas aangetroffen.

Ook bij de terrestrische fauna is gekeken naar bronpopulaties, maar vanuit een iets ander perspectief. Het voorkomen en de trends bij de gemonitorde oevers zijn beschrijvend vergeleken met het algemene beeld langs de Maas.

Tabel 3.1 Aantal en dichtheden van verschillende groepen vissoorten in de belangrijkste beken van de Maas over de periode 2008 - 2017.

beek	rivierkm	oever	stuwpand	aantal soorten				dichtheid (n/m)				relatieve aandeel (%)			
				reofiel	eurytoop	limnofiel	exoot	reofiel	eurytoop	limnofiel	exoot	reofiel	eurytoop	limnofiel	exoot
vlootbeek	70	rechts	Roermond	9	5	2	3	17,6	24,8	36,0	2,7	36,5			
maasnielderbeek	81	rechts	Belfeld	8	9	4	5	18,8	21,4	46,0	1,4	31,3			
swalm	88	rechts	Belfeld	9	9	2	3	3,7	18,6	39,4	2,2	39,7			
neerbeek	89	links	Belfeld	7	8	5	3	16,6	6,6	58,4	12,4	22,6			
schellekensbeek	97	rechts	Belfeld	9	6	4	5	6,9	37,7	47,6	4,3	10,4			
aalsbeek	102	rechts	Sambeek	8	5	4	4	13,1	32,7	58,1	2,7	6,5			
springbeek	105	links	Sambeek	8	5	7	6	55,9	27,9	63,7	1,1	7,3			
rode beek	124	rechts	Sambeek	6	5	3	2	8,1	8,0	75,3	1,0	15,6			
gelderns-nierskanaal	125	rechts	Sambeek	11	9	4	6	15,5	32,8	58,6	1,3	7,3			
grote molenbeek	133	links	Sambeek	3	7	2	3	33,0	29,5	48,1	11,9	10,5			
oostrumsche beek	135	links	Sambeek	4	7	2	4	9,4	44,1	44,1	6,5	5,3			
niers	157	rechts	Grave	10	9	4	6	12,7	9,8	49,8	3,7	36,7			
tielebeek	158	rechts	Grave	3	5	5	3	26,7	31,7	63,8	1,9	2,6			
			Totaal	16	10	7	12	18,3	26,0	55,1	4,2	14,7			

Tabel 3.2 Aantal en dichtheden van verschillende groepen vissoorten in verschillende gestuwde Maastrajecten over de periode 2008 – 2017.

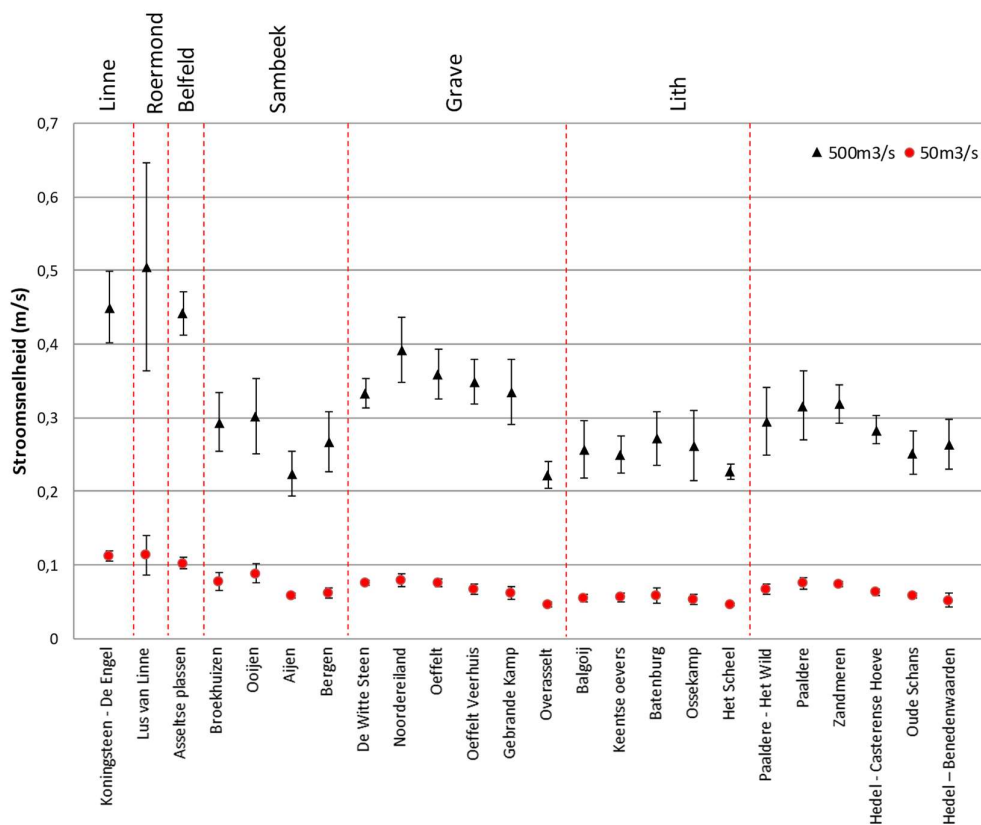
	soorten (n)					dichtheid (n/ha)				relatief aandeel (%)			
	reofiel	eurytoop	limnofiel	exoot	totaal	reofiel	eurytoop	limnofiel	exoot	reofiel	eurytoop	limnofiel	exoot
Linne	9	9	3	6	27	263,1	18,4	36,6	2,0	43,0			
Roermond	9	11	4	7	31	58,0	6,4	84,0	1,1	8,5			
Sambeek	11	12	3	7	33	33,4	4,2	89,9	2,5	3,5			
Grave	11	12	4	7	34	15,2	7,0	49,7	4,4	39,0			
Lith	11	12	4	7	34	22,1	2,5	42,2	3,1	52,2			

3.2 Hydromorfologische kenmerken van oevers

Stroomsnelheden, ligging in binnen- of buitenbocht en of het traject in de oorspronkelijke rivierbedding ligt of in een gegraven bedding, zijn relevante kenmerken om de ontwikkeling en ecologisch functioneren van de oevers te kunnen verklaren. Hieronder staan deze voor de onderzochte oevers weergegeven.

3.2.1 Stroomsnelheden

Om een idee te krijgen van de stroomsnelheden die kunnen voorkomen bij lagere afvoeren, is een hydraulisch model (WAQUA) gebruikt om de stroomsnelheden langs de oever te berekenen bij een lage afvoer van $50\text{ m}^3/\text{s}$ en bij een hogere afvoer van $500\text{ m}^3/\text{s}$. In Figuur 3.9 staan de gemiddelde en spreiding (standaarddeviatie) van de stroomsnelheden bij $50\text{ m}^3/\text{s}$ langs elke locatie weergegeven.

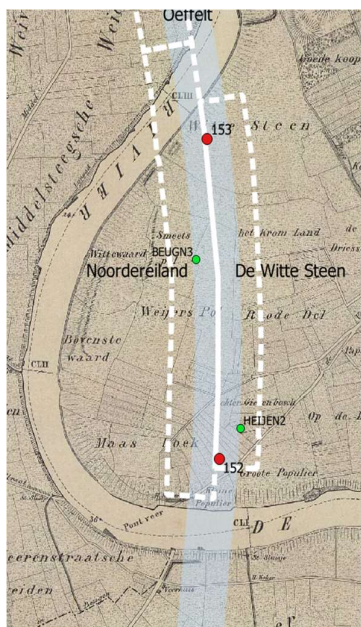


Figuur 3.9 Stroomsnelheden (m/s) bij hoge ($500\text{ m}^3/\text{s}$) en lage afvoeren ($50\text{ m}^3/\text{s}$) voor elke locatie. De rode stippellijnen geven de verschillende stuwpannen weer.

Bij lage afvoeren ($50\text{ m}^3/\text{s}$) zijn de stroomsnelheden laag op alle locaties over de gehele stuwpannen. De hoogste stroomsnelheden liggen net boven de 10 cm/s en de laagste net onder 5 cm/s . Bij hogere afvoeren ($500\text{ m}^3/\text{s}$), die gemiddeld 45 dagen per jaar overschrijden worden, verschilt de stroomsnelheid tussen de locaties van iets meer dan 20 tot 50 cm/s .

3.2.2 Breedte, binnen- of buitenbocht en bochtafsnijding

De breedte van de rivier ter hoogte van de oeverlocaties en of de oever in de binnen- of buitenbocht ligt is van invloed op de stroomsnelheden en golfslag. Een bochtafsnijding kan van belang zijn door de gelaagdheid en diversiteit van de bodemsamenstelling van de oever en zo een relatie hebben met de erodeerbaarheid en geschiktheid voor oeverwaluwen. In Tabel 3.3 is de ligging van de monitoringslocatie, de gemiddelde breedte van rivier ter hoogte van de oeverlocatie en of het een bochtafsnijding betreft (Figuur 3.10). Iets meer dan de helft van de onderzochte oevers ligt in een bochtafsnijding.



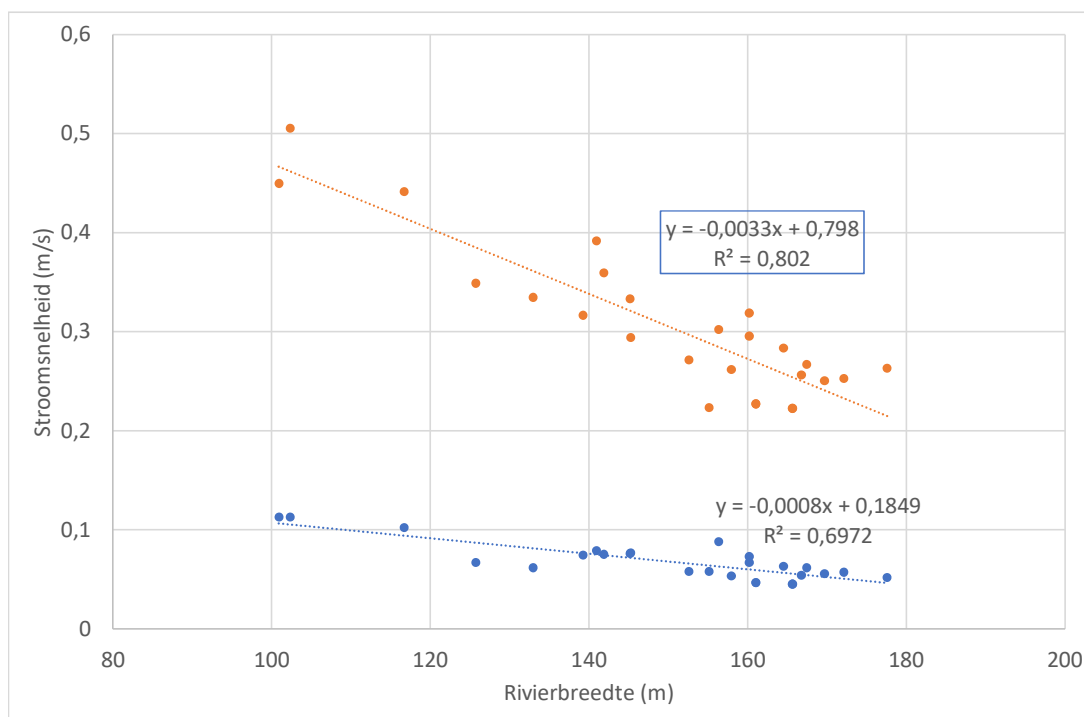
Figuur 3.10 De oeverlocatie 'Noordereiland' ligt in een bochtafsnijding

Tabel 3.3 Ligging van de monitoringslocatie in de rivier, gemiddelde breedte van de rivier ter hoogte van de oeverlocatie (m) en of de locatie gegraven is of natuurlijke bedding (bochtafsnijding ja of nee; ja ook wanneer deels afgegraven). Niet van toepassing (n.v.t.) bij locaties buiten de hoofdgeul.

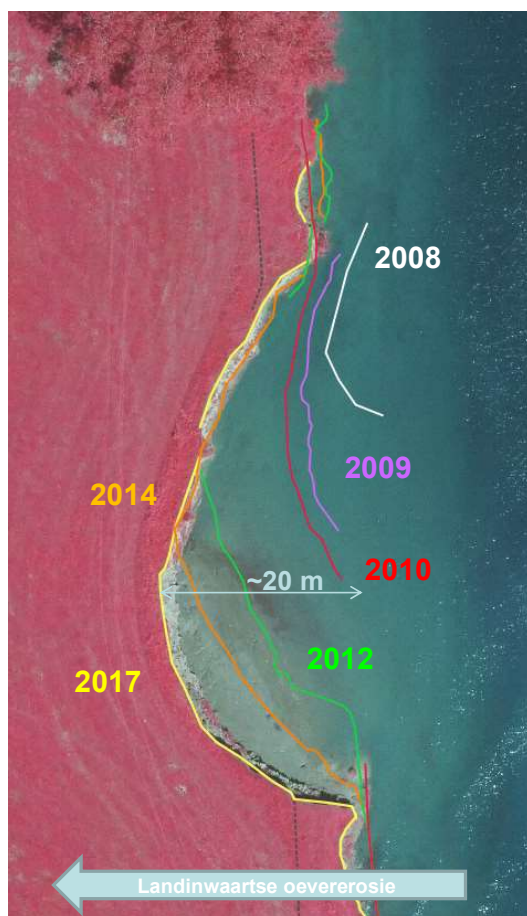
Monitoringslocatie	Ligging	Breedte rivier (m)	Bochtafsnijding
Aijen	buitenbocht	155	nee
Asseltse plassen	buitenbocht	117	ja
Balgoij	binnenbocht	167	ja
Batenburg	buitenbocht	153	ja
Bergen	binnenbocht	167	nee
Broekhuizen	binnenbocht	145	nee
De Witte Steen	recht	145	ja
Gebrande Kamp	recht	133	nee
Gebrande Kamp baai	n.v.t.	194	nee
Hedel - Casterense Hoeve	binnenbocht	164	nee
Hedel – Benedenwaarden	binnenbocht	178	nee
Het Scheel	binnenbocht	161	ja
Het Scheel geul	binnenbocht	161	ja
Keentse oevers	buitenbocht	170	ja

Monitoringslocatie	Ligging	Breedte rivier (m)	Bochtafsnijding
Koningsteen - De Engel	buitenbocht	101	nee
Lus van Linne	binnenbocht	102	nee
Noordereiland	recht	141	ja
Oeffelt	recht	142	ja
Oeffelt Veerhuis	recht	126	ja
Ooijen	binnenbocht	156	nee
Ossekamp	binnenbocht	158	ja
Ossekamp geul	n.v.t.	n.v.t.	ja
Oude Schans	binnenbocht	172	ja
Overasselt	binnenbocht	166	nee
Overasselt	binnenbocht	166	nee
Paaldere	binnenbocht	139	ja
Paaldere - Het Wild	buitenbocht	160	nee
Paaldere geul	n.v.t.	n.v.t.	ja
Zandmeren	binnenbocht	160	nee

In Figuur 3.11 zijn de berekende stroomsnelheden langs oevers uitgezet tegen de breedte van de rivier. Deze zijn sterk gecorreleerd. Stroomsnelheden zijn lager als de rivier breder is.



Figuur 3.11 De correlatie tussen gemiddelde breedte van de rivier (m) en de berekende oevergemiddelde stroomsnelheden (m/s) bij een rivierafvoer van 50 m³/s (blauw) en 500 m³/s (oranje).



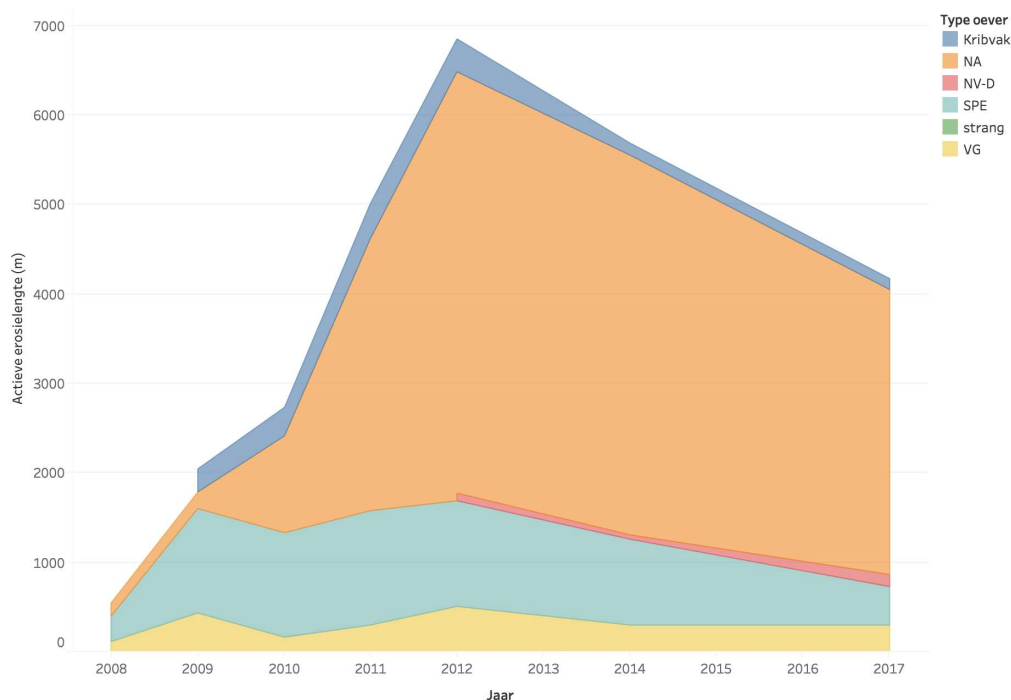
Figuur 3.12 Erosie op het Noordereiland tussen 2008 en 2017.

3.3 Oeverontwikkeling

Het oevererosieproces is bij veel oevers goed zichtbaar zoals bij het Noordereiland. Op deze oever zijn in 2006 in het kader van de 1^e tranche de stortstenen boven het stuwpeil verwijderd. Vandaar dat er in 2008 en 2009 al oevererosie te zien is. In 2010 zijn de stenen tot 0.5m onder het stuwpeil verwijderd. In Figuur 3.12 is goed te zien hoe de oever zich heeft ontwikkeld. Het generieke patroon is dat van lokale erosie waarbij er 'happen' uit de oever lijken te zijn genomen. Als er erosie zichtbaar is, zijn dat altijd delen van de oevertrajecten.

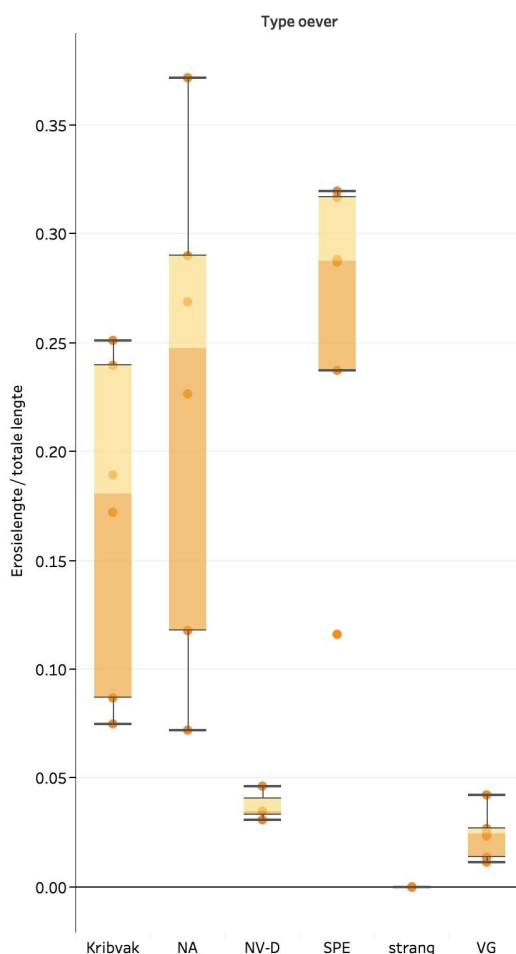
De onderzochte oevertrajecten variëren van 200 tot 4200 meter lengte en verschillen in type en ontwikkeling. Met behulp van 3D luchtfoto interpretatie zijn door RWS steile erosieranden ingetekend (zoals de lijnen in Figuur 3.12 voor de jaren 2008 tot 2017). Een simpele maat van de erosie-activiteit gedurende de monitoringsperiode is de totale lengte van de erosieranden van alle oevers opgeteld per jaar. In Figuur 3.13 is deze lengte uit gezet voor elk jaar en opgesplitst naar type oever.

Te zien is dat de totale erosielengte toeneemt en vanaf 2014 weer afneemt (Figuur 3.13). De afname van de totale erosielengte kan meerdere oorzaken hebben zoals verschillen in interpretatie tussen de verschillende jaren maar ook het vlakker worden van een (deel van de) erosierand, zoals verwacht in het streefbeeld, zodat deze niet meer als scherpe rand is aangemerkt.



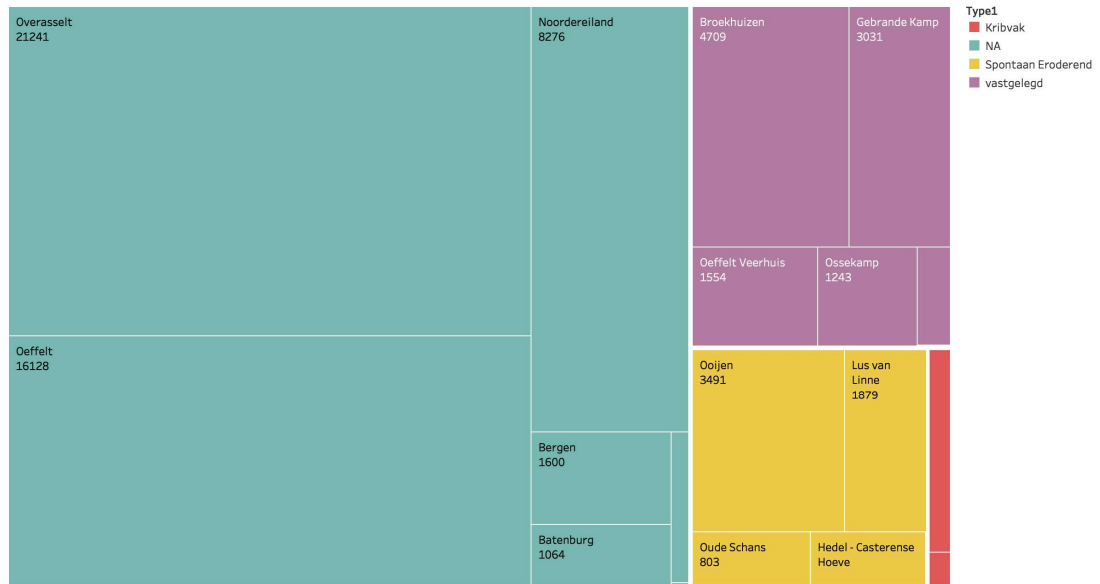
Figuur 3.13 Totale actieve eroderende oeverlengte (m) op basis van erosierand registraties uit 3D luchtfoto-interpretaties (bron: RWS-CIV). De totale lengte van de natuurlijke en spontaan eroderende oevers in het monitoringsprogramma bedraagt respectievelijk 15.1 km en 4.1 km. NA = natuurlijk, NV-D = natuurvriendelijk met onderwater dam, SPE = spontaan eroderend, VG = vastgelegd.

De totale erosie zegt iets over de totale activiteit, maar de vraag is of de verschillende typen oevers ook verschillende erosieprocessen vertonen. De erosie zoals zichtbaar bij het Noordereiland (Figuur 3.12) is slechts een deel van de gehele oever. Het deel dat erodeert als percentage van de gehele oever varieert flink per type oever (Figuur 3.14). Spontaan en natuurlijke oevers vertonen de meeste erosieactiviteit (Figuur 3.14). Natuurlijke oevers eroderen tot meer dan 40% van de oever. Spontaan eroderende oevers eroderen gemiddeld over 25% van het traject. In kribvakken vindt minder erosie plaats (15%). Bij de vastgelegde oevers vindt zoals verwacht nauwelijks erosie plaats en ook bij natuurvriendelijke oevers; beide <5%. Er zijn echter grote onderlinge verschillen tussen de oevers binnen eenzelfde type zoals de spreiding in de grafiek laat zien (zie achtergronddocument voor alle oevertypen). De oever bij Oeffelt erodeert over de gehele lengte, terwijl er bij de Zandmeren slechts bij zo'n 10% van de oever steilranden zijn geregistreerd.



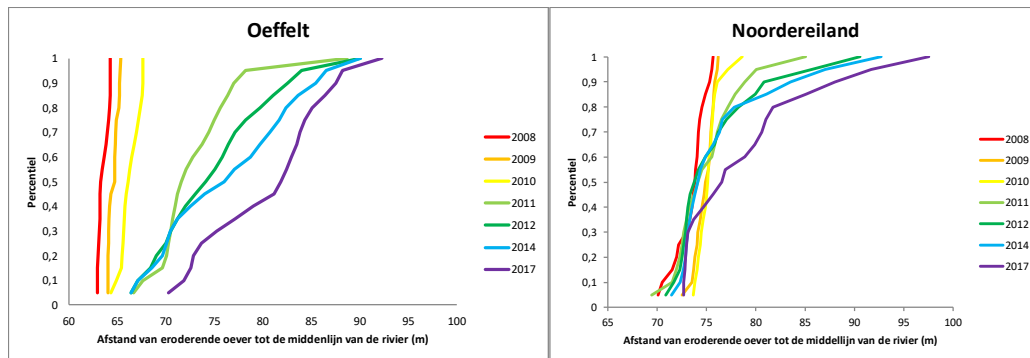
Figuur 3.14 Het deel van de oever dat erodeert per oevertype voor de periode 2009 – 2017 (erosielengte / totale lengte). De erosie is gebaseerd op de registratie van steilranden. De overgang van donkergrijs naar lichtgrijs geeft het gemiddelde weer. Kribvak = Kribvak, NA = natuurlijk, NV-D = natuurvriendelijk met onderwater dam, SPE = spontaan eroderend, Strang = Strang en VG = vastgelegd.

Bij bestudering van de luchtfoto's leken niet alle erosieranden consequent gevolgd te zijn in de tijd, maar toch is het landoppervlak van de meeste oevers flink veranderd tussen 2008 en 2017. Om nog op een andere manier de overgang van land naar water te visualiseren is met behulp van de ecotopenkarteringen het oppervlak aan rivierv zijde gemeten dat tussen 2009 en 2017 van land in water is veranderd. Figuur 3.15 laat per oeverlocatie en type (kleur) de relatieve oppervlakteveranderingen zien. De locaties Balgoij en De Witte Steen springen eruit in de figuur. Deze oevers zijn vergraven in de monitoringsperiode en zoals in de vorige figuur is te zien, zijn er nauwelijks actieve erosieranden gekarteerd. De oppervlakte veranderingen zijn voor een groot deel ook in de natuurlijke oevers terug te vinden en het minst in de kribvakken. De spontaan eroderende oevers laten in dit vergelijk een kleinere oppervlakte verandering zijn, maar deze zijn veelal al geruime tijd aan het eroderen (zie Figuur 3.13) en hebben waarschijnlijk hun grootste erosiesnelheid vóór de monitoringsperiode gehad.



Figuur 3.15 De oppervlakten van oeverlocaties en oevertypen (kleur) die van land in water zijn veranderd. Het achterliggende proces is actieve erosie. Getoonde waarden zijn in m². NA = natuurlijke oever. Afgegraven oevers zijn buiten beschouwing gelaten.

Detailinformatie over afzonderlijke oevers staat in de factsheets van elke oever. Hieronder als voorbeeld de detail grafieken van de oevers bij Oeffelt en Noordereiland (Figuur 3.16).



Figuur 3.16 Ontwikkeling van afstand tot de middellijn van de rivier (m) van actieve erosieranden voor locaties “Oeffelt” en “Noordereiland”. De oevererosie bij Oeffelt en Noordereiland, in 2010 heringerichte natuurlijke oevers, is gebaseerd op de afstand van de steilranden tot de middellijn van de rivier. De lengte waarover steilranden zijn geregistreerd verschilt per jaar (Tabel 3.4).

De natuurlijke oevers bij Oeffelt en Noordereiland, die beide in 2010 zijn heringericht, eroderen respectievelijk over nagenoeg de gehele lengte en zo'n 40% van de lengte (Tabel 3.4). Duidelijk is de toename in variatie in afstand tot de rivier te zien na de herinrichting in 2010 (Figuur 3.16). De variatie in afstand van de oever tot de middellijn van de rivier bedraagt voor beide locaties inmiddels ruim 20 m.

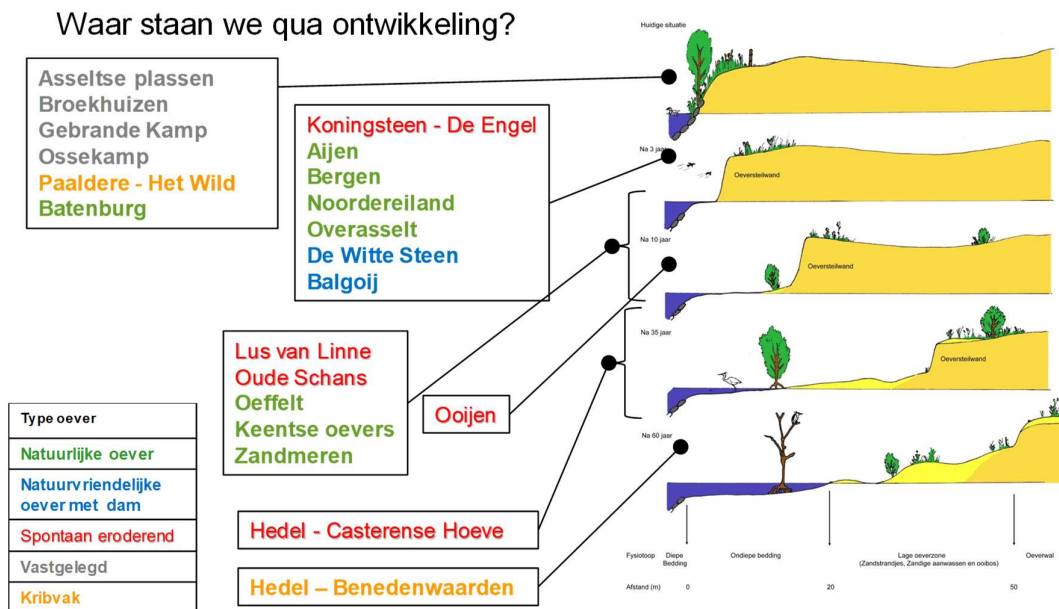
Het deel dat is beoordeeld als zijnde een erosierand varieert behoorlijk tussen de jaren (Tabel 3.4). Bij Noordereiland (Figuur 3.16 rechts) lijkt het hierdoor alsof de eroderende oevers dichterbij de rivier komen te liggen, maar zoals in Tabel 3.4 te zien is betreft het deels andere stukken oever die eroderen en deel gaan uitmaken van de totale actieve erosielengte.

Wanneer deze stukken dicht bij het midden van de rivier liggen dan suggereert dit onterecht dat de oever aan zou groeien. De beoordeling wat als erosierand beschouwd wordt, is tussen de jaren onderling onvoldoende gestandaardiseerd.

Tabel 3.4 Lengte van actieve erosieranden (m) van locaties Oeffelt en Noordereiland

Jaar	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2017
Lengte actieve erosierand (m) - Oeffelt	13	15	21	1129	1175	975	733
Lengte actieve erosierand (m) - Noordereiland	95	114	577	869	767	644	268

Waar staan de oevers in het monitoringsprogramma nu in relatie tot het geschetste streefbeeld? Figuur 3.17 laat zien hoe de oevers zich verhouden tot het streefbeeld. De oevers bij Hedel zijn het verst ontwikkeld, maar het gros van de oevers bevinden zich nog in de beginstadia of zijn nog vastgelegd.

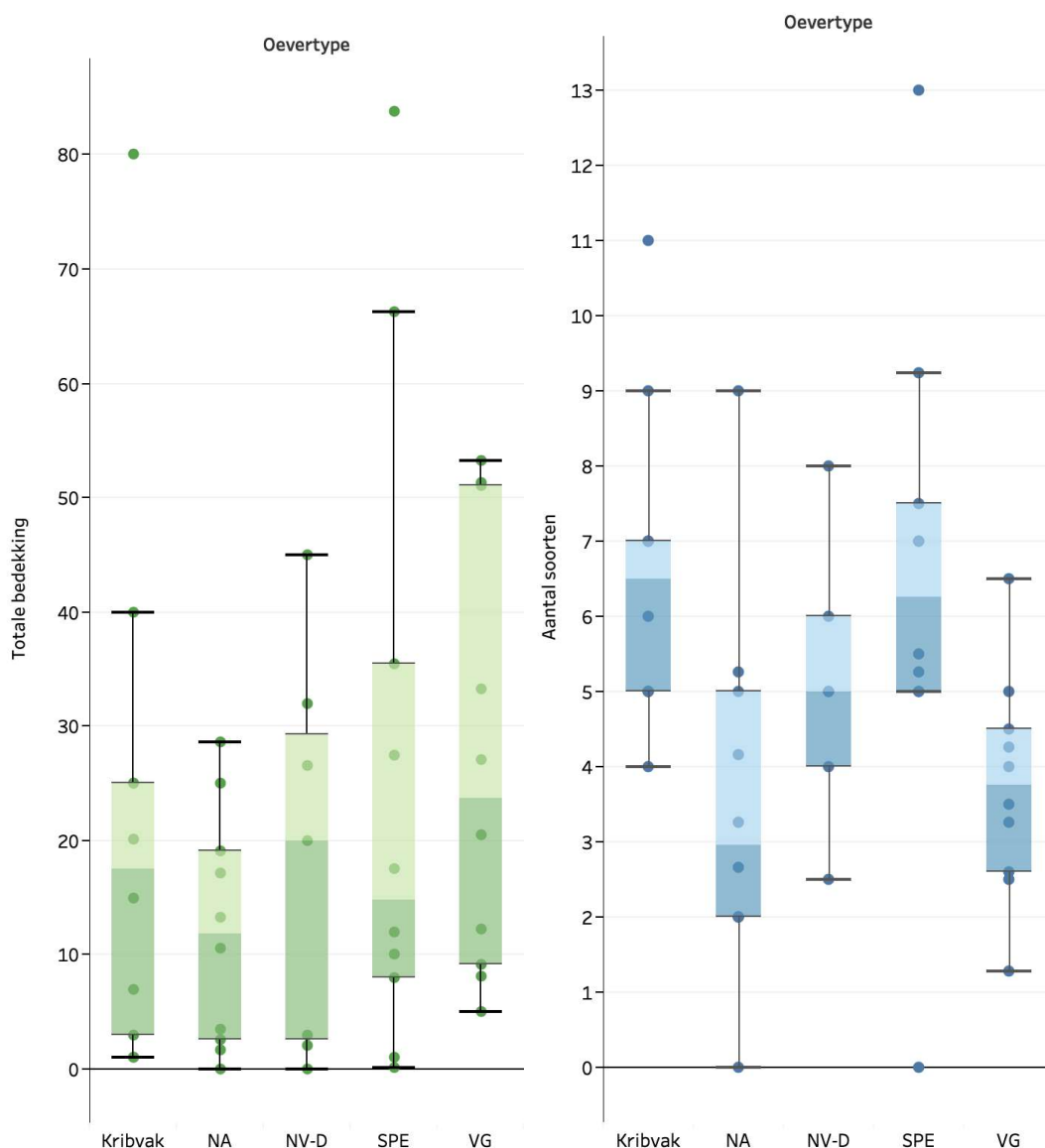


Figuur 3.17 De toestand van de oevers anno 2017 gespiegeld aan de verschillende ontwikkelingsfasen volgens het streefbeeld van Peters (2005).

3.4 Ontwikkelingen in biota van de natte oever

3.4.1 Waterplanten

Waterplanten hebben een stabiele situatie nodig om zich te vestigen en vervolgens uit te breiden. Dit beeld komt duidelijk naar voren in de tijdreeks van 10 jaar monitoring. Bij de oevers die niet heringericht zijn (spontaan eroderend, vastgelegd) is de totale bedekking hoger dan bij de heringerichte NVO's (Figuur 3.18).



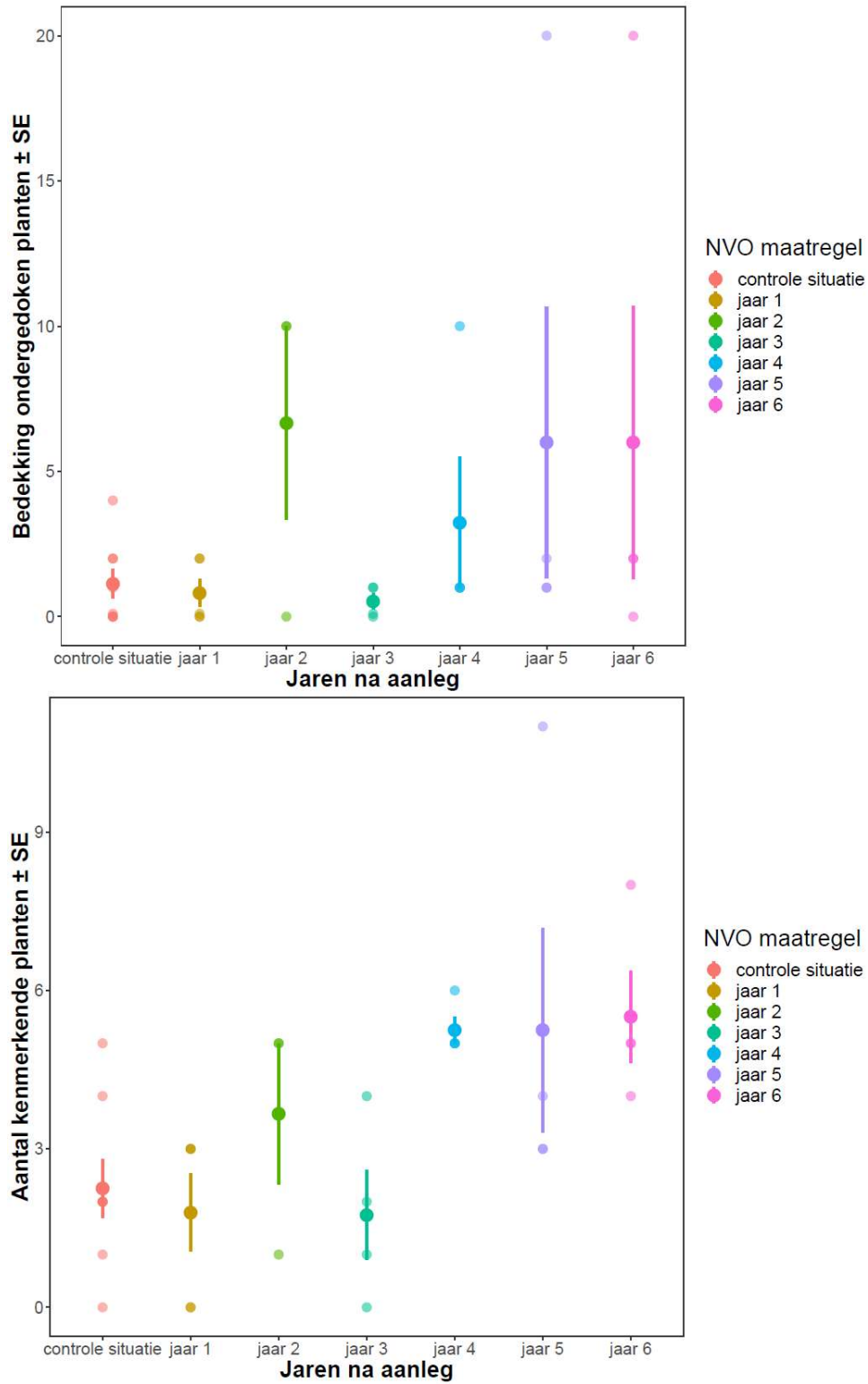
Figuur 3.18 Bedekking (links) en aantallen KRW-kenmerkende soorten (rechts) van waterplanten per oevertype. NA = natuurlijk; NV-D = natuurvriendelijk met dam; SPE = spontaan eroderend; VG = vastgelegd.

De soortenrijkdom is echter nagenoeg gelijk wat duidt op een snelle vestiging. Bij de heringerichte oevers is de totale bedekking en het aantal kenmerkende soorten in de jaren na aanleg geleidelijk toegenomen. Voor een overzicht per oever en oevertype staat in Figuur 3.19 de bedekking van submerse, emerse en drijvende waterplanten voor alle jaren weergegeven. De figuur laat zien dat er nauwelijks een trend in de tijd is en dat bij vaste specifieke locaties de bedekkingen hoger zijn en blijven dan op andere.



Figuur 3.19 De som van submerse, emerse en drijvende waterplantenbedekking per oever en oevertype op de locaties langs de rechter- (boven) en linkeroever (onder). Deze zijn gemonitord in respectievelijk de even en oneven jaren zoals zichtbaar in de tijdserie. NA = natuurlijk; NV-D = natuurvriendelijk met dam; SPE = spontaan eroderend; VG = vastgelegd.

Het effect van de herinrichting tot een NVO op waterplanten is onderzocht door de situatie net voor en tot max. 6 jaar na uitvoering te vergelijken. Zowel de bedekking met ondergedoken waterplanten als het aantal kenmerkende soorten bleek significant toegenomen. NVO beheer heeft dus een positief effect op de bedekking van ondergedoken soorten en het aantal kenmerkende soorten ten opzichte van de uitgangssituatie, het duurt echter enkele jaren (4 jaar) voordat de effecten zichtbaar worden (zogenoemd time lag).



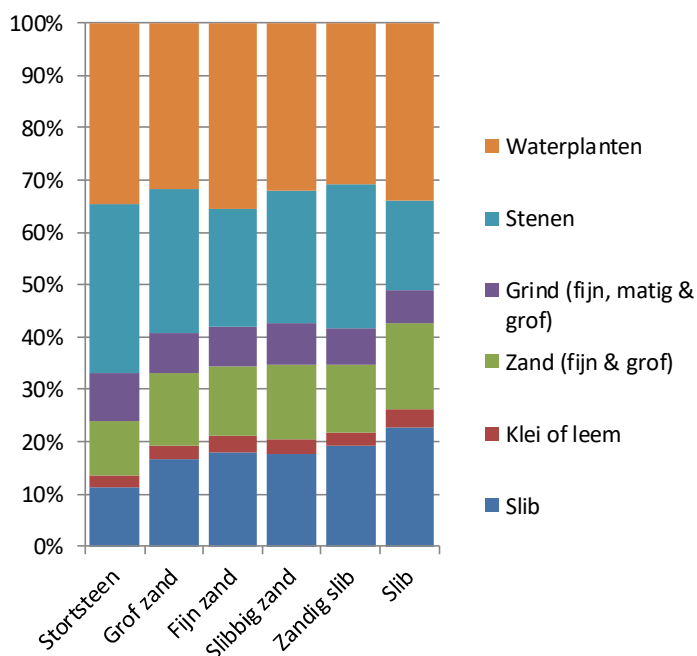
Figuur 3.20 Ontwikkeling in de bedekking met ondergedoken waterplanten (boven) en het aantal kenmerkende soorten (onder) waterplanten bij de NVO voor en na aanleg. Beide zijn in de loop van de jaren significant toegenomen.

3.4.2 Macrofauna

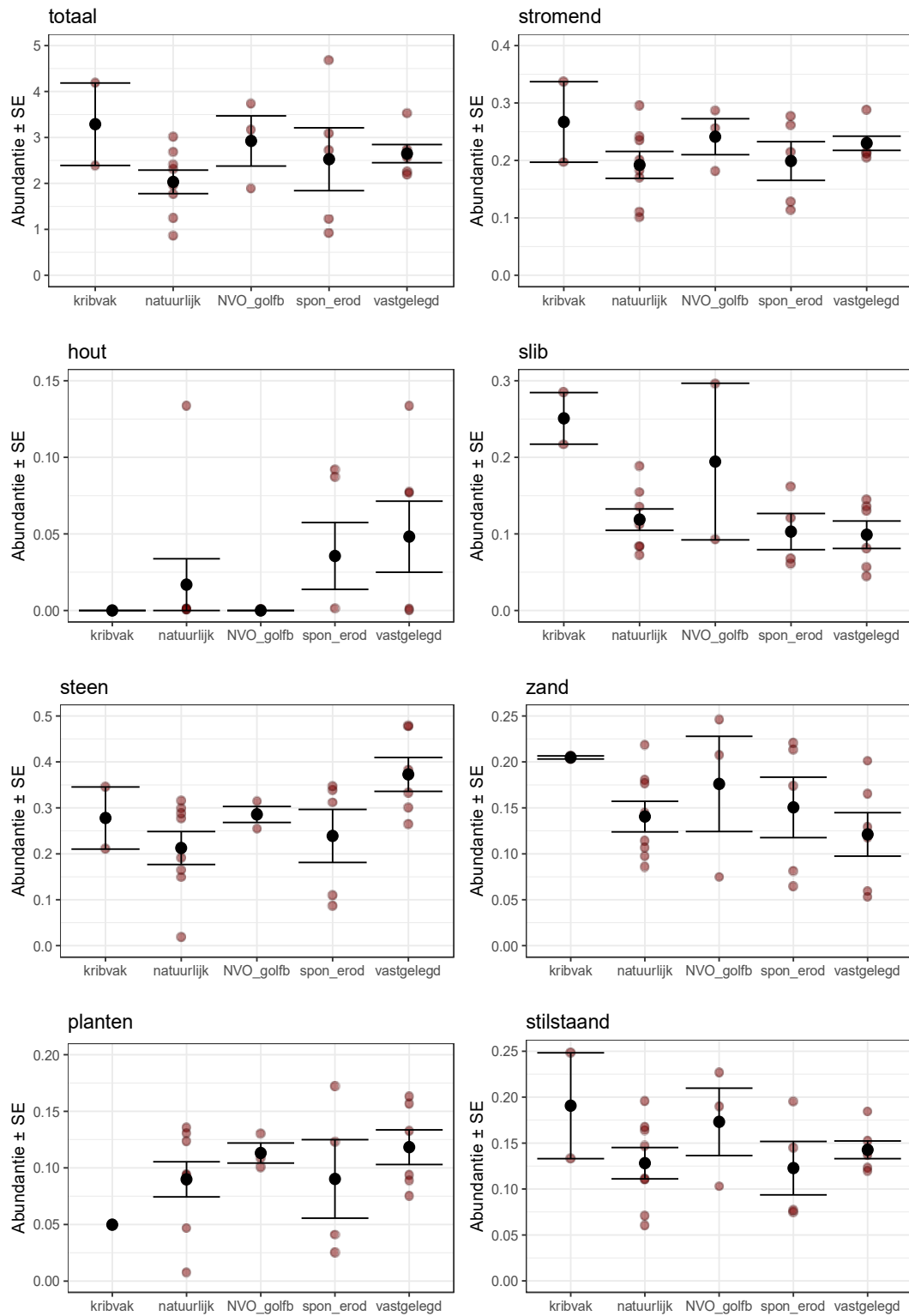
De macrofauna is slechts op 1 plek binnen het oevertraject bemonsterd. De vraag is in hoeverre deze plek representatief is voor het gehele traject. Tegelijkertijd met de macrofauna is de samenstelling van het substraat bepaald. Zodoende wordt eerst naar dit verband gekeken voordat de vergelijking met het oevertype gemaakt wordt. De samenstelling van de macrofauna verschilt al naar gelang welk substraat aanwezig was (Figuur 3.21). Zo werd op stortsteen relatief meer soorten aangetroffen met een preferentie voor stenen en visa versa op slib meer soorten met een slibpreferentie.

Tussen de verschillende type oevers verschilt de samenstelling van de macrofauna vooral wat betreft de preferentie voor substraat (Figuur 3.22). In de kribvakken en de beschutte natuurvriendelijke oevers zijn er meer soorten met een preferentie voor slib en stilstaande situaties; bij de vastgelegde oevers meer voor steen maar ook voor hout. De samenstelling bij de natuurlijke oevers lijkt al zeer sterk op die bij de spontaan eroderende oevers en bevindt zich voor alle preferenties tussen de andere oevertypes in.

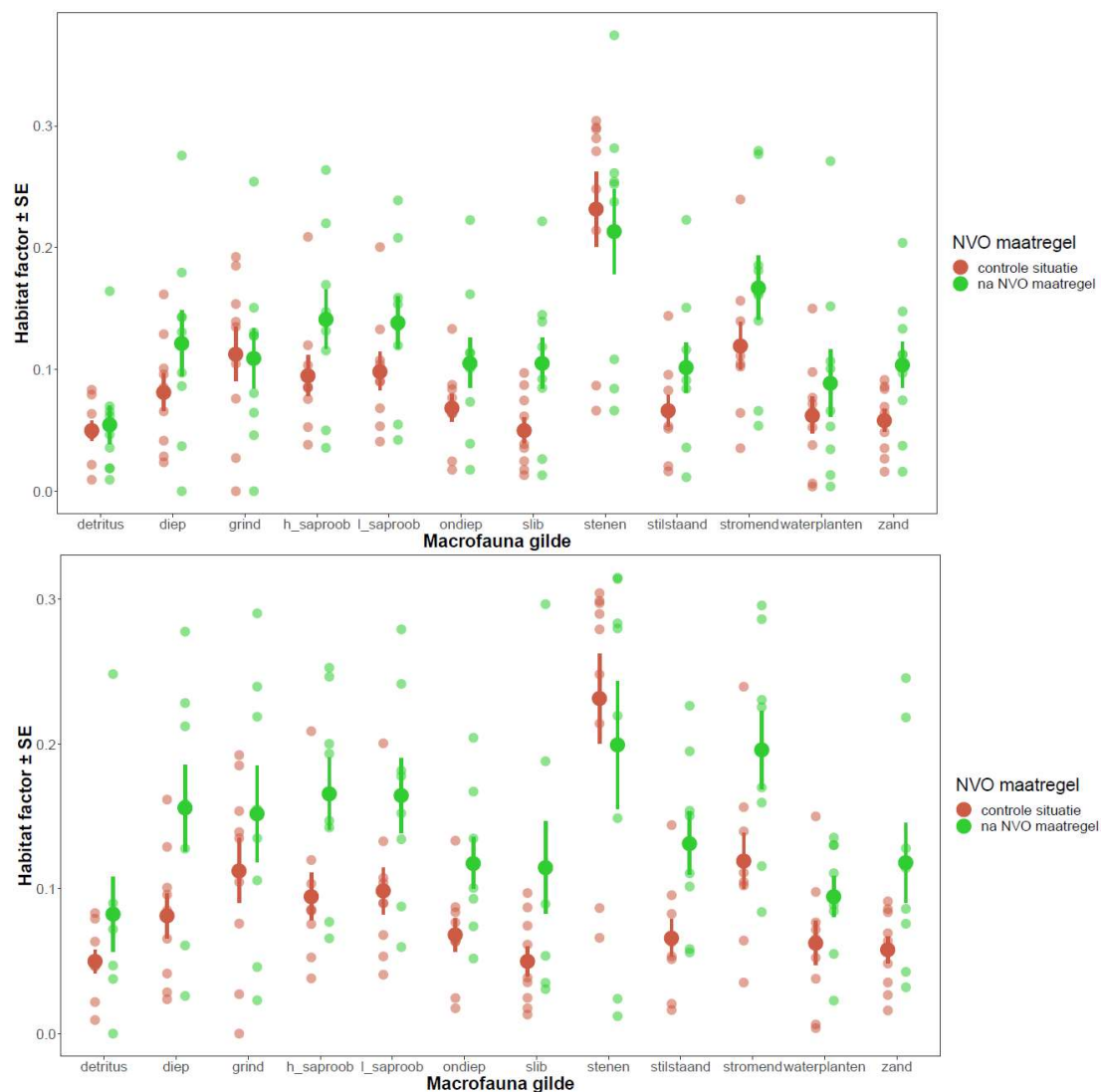
Ook voor macrofauna is de verandering in de loop van de jaren na herinrichting geanalyseerd (Figuur 3.23). In de eerste 1 tot 2 jaar na de uitvoer van de maatregel reageren alleen soorten met een preferentie voor slib en zand soorten positief t.o.v. de situatie voor herinrichting ($P < 0.050$). Na 4-5 jaar blijkt vrijwel alle macrofauna significant te zijn toegenomen (uitgezonderd soorten van fijne detritus, grind en stenen). Herinrichting van oevers heeft zodoende een positief effect op de soortenrijkdom. Het duurt echter enkele jaren (4-5 jaar) voordat de effecten zichtbaar worden (time lag). De vraag is of dit zich nog verder doorzet.



Figuur 3.21 De samenstelling van macrofauna op basis van hun preferentie voor het type substraat gerelateerd aan het bemonsterd substraat.



Figuur 3.22 Macrofauna abundantie per oevertype zowel voor het totaal als voor verschillende substraat preferenties



Figuur 3.23 Score per macrofauna gilde voor en na uitvoer van de herinrichting tot natuurlijke of natuurvriendelijke oevers. Boven de situatie 1-2 jaar na uitvoering, onder 4-5 jaar. Effecten van elke locatie (n=9) zijn als losse punten weergegeven, tevens een gemiddelde plus SE.

3.4.3 Vis

Oevers langs de Maas kunnen enerzijds gekoloniseerd worden vanuit de Maas zelf, maar ook vanuit de beken en zijrivieren die in de Maas uitstromen (Tabel 3.1; Tabel 3.2). De oevers zijn afhankelijk van de habitat, met twee verschillende methoden bemonsterd. Met de zegen is de vlakke ondiepe rivierbedding bemonsterd en met electrovisserij de structuurrijke delen, zoals de stortstenen oevers (Van Kessel et al, 2012, Van Kessel et al, 2014, Dorenbosch & Van Kessel, 2017). Dorenbosch & van Kessel (2017) geven een uitgebreide analyse van alle visgegevens tussen 2011 en 2017.

Beïnvloeding vanuit de Maas of de beken

De vergelijking tussen de samenstelling van de visgemeenschap in de oevers met die in de Maas en de beken laat zien wat de heringerichte oevers toevoegen en in hoeverre het gestuwde karakter van de Maas dit beïnvloedt (Tabel 3.5). De beken kennen een grotere soortenrijkdom dan de Maas en een groter aandeel stromingsminnende (reofiele) soorten. De visstand in de oevers wordt wezenlijk beïnvloed door het feit dat de Maas gestuwd is. De indifferente (eurytopen) soorten en exoten domineren. De dichtheden van plantenminnende (limnofiele) soorten zijn erg laag hetgeen te verwachten is in het zomerbed. Deze soorten voelen zich vooral thuis in geïsoleerde wateren in de uiterwaarden. In de gestuwde Maas domineert blankvoorn en de beken daarnaast ook baars, driedoornige stekelbaars en bierpje. Tussen de stortstenen zat eerst vooral rivierdonderpad, maar deze is volledig verdrongen door de zwartbekgrondel en andere exotische grondels en in 2017 niet meer waargenomen. Ook bierpje wordt hier aangetroffen. Rivierdonderpad en Bierpje profiteren dus niet direct van de herinrichting van oevers. Dit in tegenstelling tot nagenoeg alle andere stromingsminnende vissoorten. De driedoornige stekelbaars zit vooral in de beschutte habitats bij de natuurvriendelijke oevers.

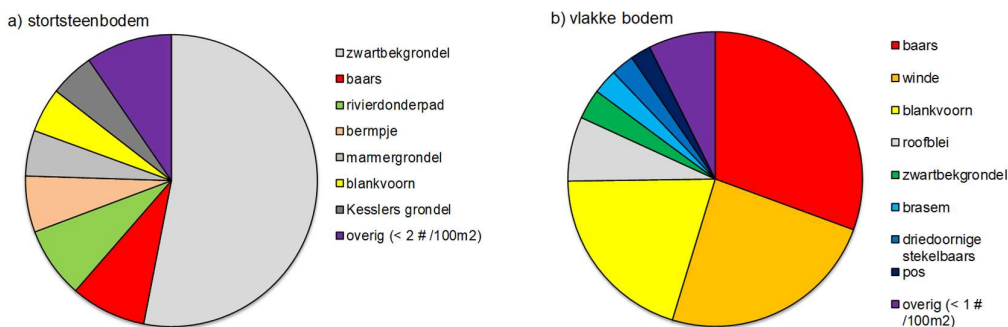
Verschillen tussen de oevertypen

Bij de habitats die ontstaan bij de natuurlijke oevers en met zegen bemonsterd worden, verschilt de visgemeenschap duidelijk. Er zijn meer stromingsminnende soorten vooral winde, maar ook serpeling en alver en minder exoten. Exoten zitten hoofdzakelijk in de vastgelegde oevers of op locaties met schuilmogelijkheden bij de heringerichte oevers. De vergelijking tussen beide vismethoden laat deze verandering goed zien waarbij de zegen de nieuw ontstane habitats bij natuurlijke en natuurvriendelijke oevers in beeld brengt (Figuur 3.24). Bij de stortstenenoevers domineert de zwartbekgrondel, een exoot, terwijl in de ondiepe zandige rivierbedding baars, winde en blankvoorn het meest worden aangetroffen. Ook tussen de twee typen heringerichte oevers verschilt de visstand. Bij de geëxponeerde natuurlijke oevers zijn de dichtheden van kopvoorn, serpeling en sneep hoger, terwijl bij de door een onderwater dam beschutte natuurvriendelijke oevers de dichtheden van winde en alver hoger zijn (Figuur 3.25). Vissen zijn mobiel en reageren snel op de veranderingen in de oever. Uit de analyses bleek geen duidelijke ontwikkeling door de tijd. Geconcludeerd kan worden dat de natuurlijke en natuurvriendelijke oevers de habitatdiversiteit van de Maas vergroten en dat de visgemeenschap hier positief en snel op reageert, maar dat de geringe stroming in de Maas door de verstuwings de ruimte voor verschuivingen naar stromingsminnende soorten beperkt.

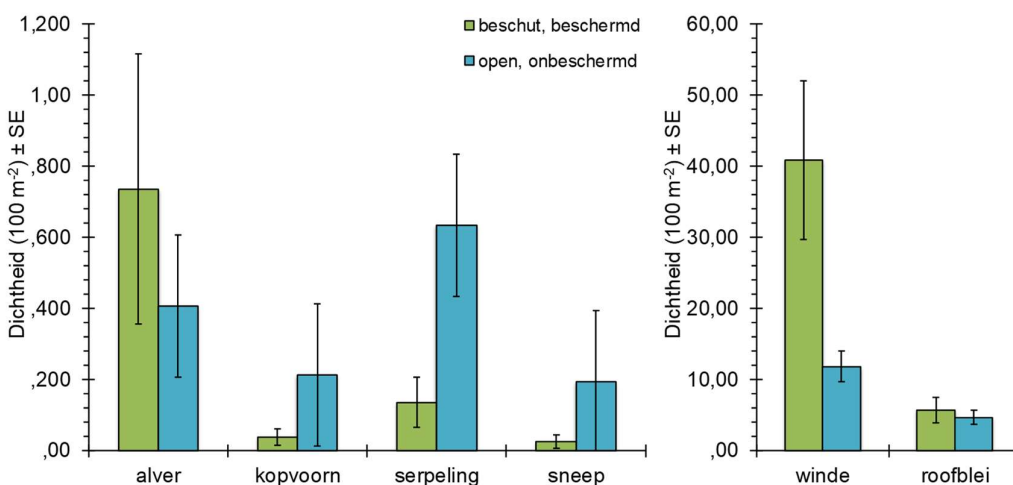
Gradiënt van boven- naar benedenstrooms.

De samenstelling van de visstand in de Maas kent tevens een gradiënt van boven- naar benedenstrooms en deze is ook zichtbaar bij de gemonitorde oevers. Van de stromingsminnende soorten worden sneep, serpeling en kopvoorn meer bovenstrooms waargenomen en winde en roofblei vooral benedenstrooms (Figuur 3.26).

Het is van belang dit gegeven mee te nemen bij het kiezen van locaties voor herinrichting en formuleren van verwachtingen.



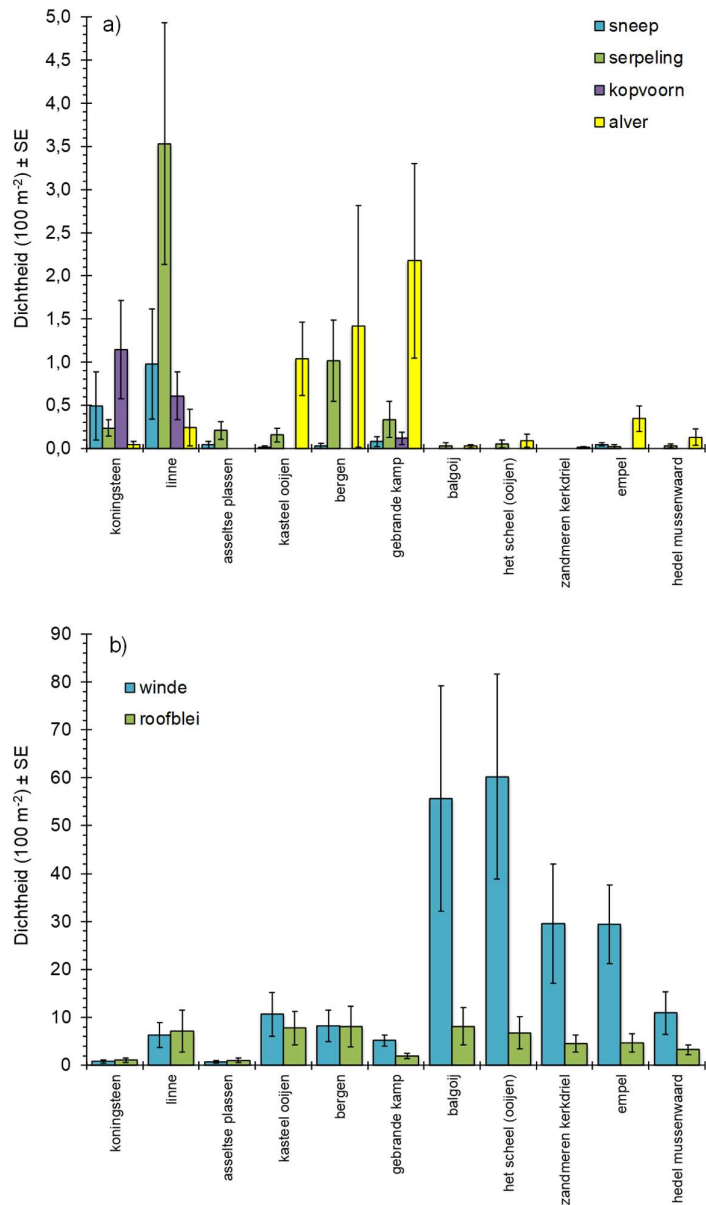
Figuur 3.24 Grote verschillen in samenstelling tussen vastgelegde oevers met breuksteen (links) en natuurlijke oevers (rechts) (bron: Dorenbosch & van Kessel 2017)



Figuur 3.25 Dichtheden van stromingsminnende vissoorten bij open geëxponeerde habitats bij de natuurlijke oever of beschutte habitats bij de natuurvriendelijke oever waar een onderwater dam als golfbreker dient (bron: Dorenbosch & van Kessel 2017)

Tabel 3.5 Vergelijking samenstelling visgemeenschap (%) tussen verschillende oevertypen, de gestuwde Maas en de beken. Gesorteerd op basis van relatieve abundantie per gilde in de gestuwde Maas. Soorten genoemd indien relatieve abundantie > 1% in een van de categorieën. De oevers zijn met twee verschillende methoden (zegen, electro) bevestigd afhankelijk van de habitat. SPE/NA/KV = spontaan eroderend/natuurlijk/kribvak; NV-D = natuurvriendelijk met onderwater dam/aangetakte plas. VG = vastgelegd

	Gestuwde Maas	Vlakte bodem (zegen)			Complex stortsteen (electro)			Beken
		SPE/NA/KV	NV-D	VG	SPE/NA/KV	NV-D	VG	
	# locaties	7	3	1	7	2	2	13
Soorten (n)	35	28	27	11	25	15	9	44
blankvoorn	36,8%	19,3%	16,8%	9,2%	4,9%	6,9%	0,7%	11,4%
brasem	18,4%	3,6%	1,7%	0,1%	0,3%			1,0%
pos	13,5%	0,3%	2,6%		4,2%	1,1%		1,1%
baars	8,5%	32,2%	24,7%	85,3%	9,0%	11,8%	2,4%	17,5%
snoekbaars	1,9%	0,9%	1,5%	0,2%	0,2%			0,3%
kolblei	1,2%		0,1%		0,0%			
paling	0,9%				1,3%	0,2%		0,6%
driedoornige stekelbaars	0,1%	0,3%	10,1%	0,0%	0,1%	2,4%	0,1%	14,6%
kleine modderkruiper	0,1%	0,0%	0,0%		0,9%	0,1%	0,1%	4,4%
bermpje	1,6%		0,0%		5,1%	3,8%	4,8%	10,5%
alver	1,4%	1,7%	1,7%		0,8%			0,1%
winde	0,9%	22,7%	29,5%	0,9%	2,3%	4,5%		3,0%
rivierdonderpad	0,6%	0,0%	0,0%		8,7%	5,6%	19,2%	3,4%
kopvoorn	0,2%	0,4%	0,1%		0,6%			2,1%
rivier_beekprik	0,1%							2,1%
sneep	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%			1,0%
riviergrondel	0,0%	0,1%	0,0%					3,7%
serpeling	0,0%	1,1%	0,3%	0,2%	0,1%	0,1%		1,9%
snoek	0,1%	0,0%	0,0%		0,0%	0,3%		1,1%
zwartbekgrondel	10,1%	4,9%	1,6%	2,5%	53,9%	45,8%	58,1%	4,0%
marmiergrondel	1,2%	0,6%	1,4%	0,1%	2,9%	9,6%	5,9%	2,1%
Pontische stroomgrondel	0,4%	2,0%	1,5%		0,2%			0,1%
kessler's grondel	0,3%	0,1%	0,6%		3,8%	7,1%	8,7%	0,8%
blauwband	0,2%		0,0%					1,4%
roofblei	0,1%	9,4%	5,6%	1,3%	0,3%	0,8%		0,7%
giebel								5,9%
eurytoop	81,4%	56,5%	57,4%	94,8%	21,1%	22,4%	3,3%	51,8%
reofiel	5,3%	26,4%	31,8%	1,2%	17,8%	14,0%	24,0%	29,5%
limnofiel	0,8%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	3,0%
exoot	12,5%	17,0%	10,7%	4,0%	61,0%	63,3%	72,7%	16,5%
legenda	>= 20%	>= 10%	>= 5%	>= 1%				



Figuur 3.26 Verskil samenstelling van de reofiele visgemeenschap van bovenstrooms naar benedenstrooms (gesorteerd van links naar rechts). Bovenstrooms (Linne, Roermond) vooral sloop, serpeling en kopvoorn (boven); benedenstrooms (Grave, Lith) winde en roofblei (onder) (bron: Dorenbosch & van Kessel 2017)

3.5 Ontwikkelingen in biota van droge oever

Het voorkomen en de ontwikkeling van enkele indicatieve soorten langs 21 geselecteerde Maasoeveren die over de periode 2008 – 2017 gemonitord zijn, wordt geschetst. Deze indicatorsoorten van het droge / semi-aquatische deel van de oever worden behandeld per deelecotoop, zoals beschreven in het Streefbeeld vrij eroderende oevers (Peters, 2005).

Er wordt ingegaan op de betekenis van eventuele trends, mede in relatie tot de trend van deze soorten langs de Maas als geheel.

Tabel 3.6 Ontwikkeling van enkele indicatieve soorten op basis van het aantal oevers waar de soorten zijn waargenomen. 2008 en 2009 zijn als 0-meting gekozen, gevolgd door twee periode van 4 jaar.

Ecotoop	Soort	2008 - 2009	2010 - 2013	2014 - 2017
Ondiepe rivierbedding	Rivierrombout			1
	Beekrombout	4	5	
	Weidebeekjuffer	15	18	17
Oeverwallen & hoge oevergronden	Bruin blauwtje	2	6	12
	Roodborsttapuit	3	8	11
	Wilde marjolein	4	10	12
	Kruisbladwalstro	3	7	8
	Kattendoorn	8	10	12
	Gouden sprinkhaan	2	10	7
	Greppelsprinkhaan	2	4	5

3.5.1 Soorten van de ondiepe rivierbedding



Hoewel er beperkte verschillen zijn in biotoopkeuze leven **Beekrombout** en **Rivierrombout** meerdere jaren onderwater als larve in zandig substraat van rivieroevers en beken. Na enkele jaren als larven te hebben geleefd sluipen ze uit en zijn dan als libel veel rond oeverruigtes langs de rivier te vinden. Rivierrombout is wat meer een soort van de grote zandrivieren, Beekrombout vermoedelijk wat meer van de zijbeken van de (Terrassen)maas, maar komt (via drift?) ook in de Maas voor. Beide zijn indicator voor morfologisch goed ontwikkelde, stromende zandrivieren en -beken, met een goede waterkwaliteit en een gevarieerde onder waterstructuur met zandbanken, stroomgeultjes, substraatvariatie en dood hout.

Voorkomen op de onderzochte oevers

De Rivierrombout is in 2017 voor het eerst langs de onderzochte oevers aangetroffen: 5 imago's bij Paaldere Het Wild. Dit gebied ligt, waarschijnlijk niet toevallig, op het punt waar de Waal de Maas het dichtste raakt. Beekrombout is tussen 2008 en 2011 langs verschillende oevers langs de Zandmaas en de Bedijkte Maas aangetroffen, steeds in beperkte aantallen. Zowel de locaties als de aantallen ondersteunen het vermoeden dat het vaak om drift vanuit de (Noord-)Limburgse zijbeken gaat. Sinds 2011 is de soort niet meer waargenomen.

Algehele trend langs de Maas

Sinds enkele jaren (ca. 2014) wordt Rivierrombout weer aangetroffen langs de Benedenmaas, die nog enige getijdslag kent. Vermoedelijk is Rivierrombout "over komen waaien" vanuit het Waalsysteem, aangezien hij langs de Limburgse Maas niet of nauwelijks (meer) wordt aangetroffen. De Benedenmaas is veruit het meest geschikte Maastraject met relatief veel zandige oevers en kribvakken met enige zanddynamiek.

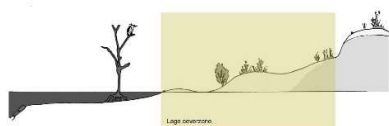
Er zijn hier ook al larven aangetroffen (waarneming.nl), wat duidt op lokale voorplanting. De Beekrombout heeft momenteel weer goede populaties in de grotere beken van Limburg (Roer, Swalm, Leubeek, Niers) (Geraeds & van Schaik, 2002; Hermans et al., 2004), waardoor larven in toenemende mate in de Maas terecht komen. Omdat de aantallen in de Maas nog beperkt zijn, en de gestuwde Maas geen optimaal biotoop vormt, moet aangenomen worden dat de aanwezigheid vooral via drift van larven of kolonisatie van adulten gevoed wordt.

De **weidebeekjuffer** is een libelle van goed ontwikkelde, vaak langzaam stromende wateren met veel waterplanten. Het voorkomen op de onderzochte oevers is min of meer stabiel of mogelijk iets afnemend. Dit past bij het algehele beeld langs de Maas. De soort is na verbetering van de waterkwaliteit sinds de jaren 90 aanzienlijk toegenomen. Sinds ca. 2000 lijkt het aantal weidebeekjuffers te stagneren, of is mogelijk zelfs sprake van een lichte afname. Onduidelijk is waarom, maar mogelijk speelt de biotoopkwaliteit van de Maas (slecht, gestuwd, diep en met weinig waterplanten) daarbij een rol, een stagnerende verbetering van de waterkwaliteit en het uitblijven van hoogwaters, waardoor minder drift vanuit zijbeken kan optreden.



Figuur 27 De aanvaring bij de stuw Grave op 29 december 2016 leidde tot een directe verlaging van de waterstand in het stuwpan. Hierdoor kon een goed beeld verkregen worden van de ondiepe rivierbedding, die bij de reguliere monitoring moeilijk in kaart te brengen is.

3.5.2 Soorten van de lage oeverzone (rivierstrandjes, zandige aanwassen en ooibos)



In deze zone van de oevers zijn nog weinig trends van kenmerkende soorten te melden. Dit hangt samen met de volgende aspecten:

- Door de relatief korte looptijd van projecten/ontwikkeltijd van Maasoevers, heeft deze zone zich nog maar beperkt kunnen ontwikkelen. Overal zijn weliswaar al kleine zandstrandjes tot ontwikkeling gekomen, maar die zijn nog zo laag gelegen dat ze nog vaak onder invloed van golfslag van de scheepvaart staan.

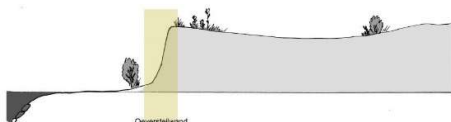
Daarmee zijn ze nog te dynamisch en nat voor de meeste pioniersoorten. Iets hogere zandige aanwassen vinden we nog nauwelijks, behalve lokaal op oevers die nooit bestort zijn geweest zoals de Hedelse Benedenwaarden.

- Doordat grote delen van de Maas gestuwd zijn trekken waterstanden in de zomer nauwelijks terug. Rivierstrandjes vallen minder droog en blijven gemakkelijker onder invloed van golfslag door de scheepvaart staan.
- Ooibos krijgt onvoldoende kans om te ontwikkelen omdat Rijkswaterstaat dit periodiek verwijderd met het oog op opstuwingseffecten tijdens piekafvoeren (vegetatielegger).

Desondanks zijn er enkele interessante ontwikkelingen:

- Hoewel de directe Maasoevers nog te dynamisch zijn voor veel pionierplanten, keren soorten als Bruin cypergras en Slijkgroen op dit moment wel terug langs (nieuwe) geulen, zoals de oevergeul van Keent en de Empelse Waard. Hier zijn de oevers minder onderhevig aan golfslag.
- De Maasoevers lijken steeds meer in trek bij pioniersoorten als Oeverloper, Kleine plevier en andere steltlopers. Hierover is echter onvoldoende data beschikbaar, omdat systematische broedvogelmonitoring langs de Maas al zo'n 15 jaar niet meer plaatsvindt.

3.5.3 Soorten van erosiesteilwanden



De **Oeverwal** is bij uitstek een indicator voor actieve erosiesteilwanden, doordat hij zijn broedholen in oeversteilwanden aanlegt. Tijdens de broedtijd jagen oeverwaluwen veel op insecten boven ruig grasland/uiterwaardruigtes en boven de rivier zelf.

Voorkomen op de onderzochte oevers

Het aantal oeverwaluwnesten of -broedparen is (los van overwinteringseffecten, met name in Afrika) de ideale graadmeter voor het areaal aan natuurlijke, actieve oeversteilwanden. Onderstaande tabel toont de ontwikkeling van het aantal bezette nesten in steilwanden langs de onderzochte oevertrajecten (op basis van monitoring KRW + monitoring Sovon/ J.J. Bakhuizen).

Algehele trend langs de Maas

De laatste 10 jaar zien we een sterke toename van het aantal oeverwaluwnesten, van maximaal enkele honderden rond het begin van de 21^e eeuw tot ca. 2500 nestholten in 2017. Dit hangt direct samen met de toename van het areaal aan vrij eroderende oeversteilwanden door het verlagen/verwijderen van harde bestorting uit de Maasoevers. Er kunnen bij deze pioniersoort aanzienlijk verschillen per jaar optreden, die onder meer samenhangen met de situatie in overwinteringsgebieden/trek en het optreden van externe hoogwaters (nieuwe erosie aan oevers).

Tabel 3.7 Aantal bezette nestholen van oeverzwaluw langs de Maas op de NVO monitoringslocaties 2008 - 2017. Rechter- (r; roze) en linkeroever (l) geïnventariseerd in respectievelijk even en oneven jaren (data: monitoring maasoevers RWS en data Jan Joost Bakhuizen/SOVON). Blanco betekent 0 nestholen; - = niet geïnventariseerd.

Oever	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
Koningssteen		2					-	5	6	2	-
Lus van Linne	14	11	-	6	5	5	-		10	75	29
Ooijen	40	50	76	110	100	62	76	60	36	15	70
Aijen							10	-		-	-
Beugen			5	20	-						-
Noordereiland											
Oeffelt-Beugen				15	-	6		5		110	-
Keent				15	18				46	67	87
Batenburg				22		20		41	100	54	
Het Scheel			3				-				
Zandmeren				-		-	9	-	20	-	22
Hedelse	26	-	28	-		-	20		70	20	40
Bovenwaarden											
Oude Schans	131	123	95	50	116	163	15	30	6	45	51
Hedelse	83	82	79	116	78	20	3	-	-	-	-
Benedenwaarden											
Totaal (n)	294	268	286	354	317	276	133	141	294	388	299

3.5.4 Soorten van oeverwallen en hoge oevergronden



Het **Bruin blauwtje** is een kenmerkende vlindersoort voor goed ontwikkelde, schrale oever(wal)graslanden en stroomdalgraslanden, met een deels lage, bloemrijke vegetatie (o.a. Zachte ooievaarsbek als waardplant). Er is een duidelijke toename van het aantal oevertrajecten waar Bruin blauwtje inmiddels voorkomt. Topgebieden zijn Zandmeren, Hedelse Boven- en Benedenwaarden.

Algehele trend langs de Maas

Nadat de soort in de jaren 80 bijna verdwenen was uit het Maasdal is hij sinds ca. 2000 met een opmars bezig, vooral dankzij de realisatie van veel nieuwe natuurgebieden, en een natuurlijker beheer van Maasoevergronden (stoppen van agrarische gebruik, introductie extensieve begrazing).

De **Roodborsttapuit** is een soort van verruigde graslanden en ruigtes met veel variatie en een groot insectenaanbod. Waar de soort de laatste 20 jaar grotendeels uit het agrarisch gebied is verdwenen heeft ze juist sterk geprofiteerd van nieuwe natuurgebieden en natuurlijk beheerde oevers langs de Maas. Er is een geleidelijke toename zichtbaar van 8 oevertrajecten in 2018-2012 naar 11 in 2013-2017. De algehele trend langs de Maas laat een aanzienlijke toename zien van het aantal territoria, dat synchroon loopt met de toename van het areaal nieuw natuurgebied/extensief beheerde oevergronden.

Wilde marjolein, Kruisbladwalstro en **Kattendoorn** zijn kenmerkende stroomdalsoorten van droge oeverwallen en zandige rivierterrassen. Hoewel in de jaren '80 nog zeldzaam, kunnen ze bij verbetering van beheer en herstel van aanzandingsprocessen op de hoge oevers relatief snel terugkeren, vaak initieel aangevoerd via het rivierwater, maar daarna ook via dieren/grazers en wind door het terrein verspreid. Deze drie soorten zijn bovendien in zekere zin ook kenmerkend voor verschillende Maastrajecten: Wilde marjolein komt zeer veel voor op de kalkrijke leemgronden van de Grensmaas en het Maasplassengebied, Kruisbladwalstro voor de minder kalkrijke, zandige laagterrasgronden van de Terrassenmaas en Kattendoorn vindt zijn optimum meer op de matig kalkrijke Waalzanden op oeverwallen van de Getijdenmaas, maar heeft zich sinds de jaren '90 ook sterk uitgebreid op de kalkrijke gronden langs Grensmaas en Maasplassen. Alle soorten komen overigens ook langs elk ander riviertraject voor.

Voorkomen op de onderzochte oevers

Alle drie de soorten breiden gestaag uit, zowel wat betreft het aantal oevertrajecten als wat betreft het aantal individuen per oevertraject. Dit heeft direct te maken met het stopzetten van agrarisch beheer en de introductie van extensieve vorming van begrazing. Daarnaast kan lokaal het verbeteren van vestigingskansen een rol spelen, met name doordat er bij graafwerkzaamheden (met name Batenburg en Keent) meer open, minerale bodems zijn vrij gegraven, die gunstiger zijn voor vestiging dan een dichte, voorheen bemeste grasmat.

Algehele trend langs de Maas

Waren ze in de jaren '80 nog zeldzaam, de laatste decennia hebben Wilde marjolein, Kattendoorn en Kruidbladwalstro zich sterk uitgebreid in nieuwe natuurgebieden en natuurlijke beheerde oevergronden langs de Maas. Hierbij is Wilde marjolein zich vanuit het Zuidelijke Maasdal steeds verder stroomopwaarts gaan vestigen en komt ze nu langs elk Maastraject voor, zij het langs de Benedenmaas nog relatief zeldzaam. Kruisbladwalstro heeft zich lokaal explosief uitgebreid langs de Zandmaas en wordt steeds vaker gevonden op oevers langs de Benedenmaas. Kattendoorn was altijd al vrij algemeen langs de Getijdenmaas, maar heeft zich sinds jaren '90 ook sterk uitgebreid langs de Maasplassen. Langs de Terrassenmaas blijft hij als kalkminder zeldzaam, maar lokaal wel uitbreidend op natuurlijke oevers (Kurstjens, Peters & Van Looij, 2010).

Zowel de **Gouden sprinkhaan** als de **Greppelsprinkhaan** zijn indicatoren voor structuurrijke oever(wal)graslanden langs rivieren en beken. Greppelsprinkhaan heeft hierbij de voorkeur voor iets drogere meer zandige situaties, zoals oeverwallen en rivierduinen, terwijl Gouden sprinkhaan zijn optimum in iets vochtigere graslanden en ruigtes lijkt te hebben.

Voorkomen op de onderzochte oevers

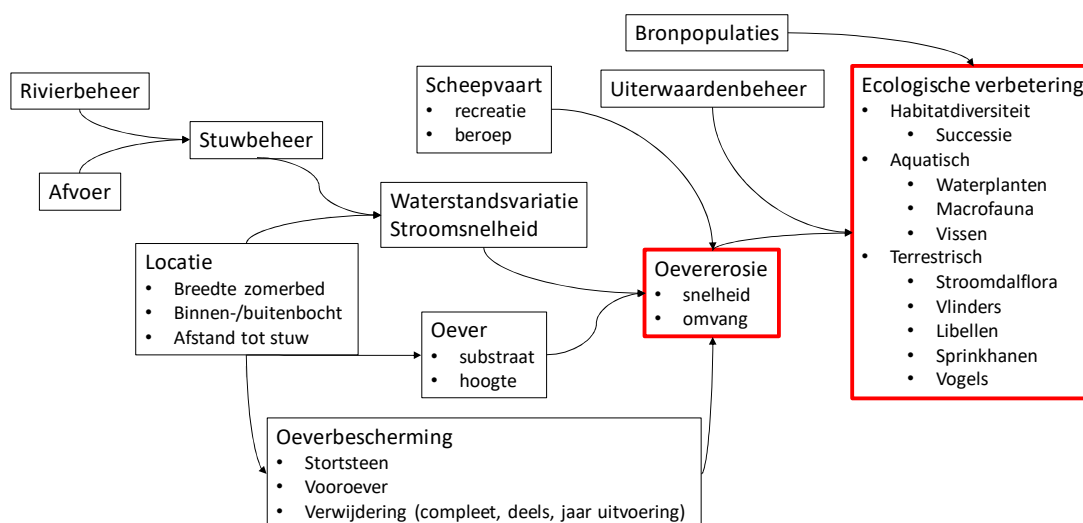
Beide soorten breiden zich sinds de start van de monitoring sterk uit. Zaten ze in 2008/2009 slechts op twee Limburgse oevertrajecten, inmiddels komen ze al op meer dan 10 oevertrajecten voor. De ogenschijnlijke afname voor Gouden sprinkhaan na 2013 lijkt eerder een waarnemerseffect dan een werkelijke trend, gelet op het feit dat de soort zich ook langs de Benedenmaas nog steeds uitbreidt. De oevergronden van Broekhuizen-Lottum waren het eerste gebied waar beide soorten in grote aantallen werden aangetroffen en blijft een topgebied voor deze sprinkhanen, met name onder invloed van geïntroduceerd begrazingsbeheer door Staatsbosbeheer.

Algehele trend langs de Maas

Beide soorten waren tot voor kort afwezig langs de Maas. Greppelsprinkhaan heeft zich sinds begin jaren '90 langs de Waal gevestigd (met name de Gelderse Poort) en was bekend van het Geuldal en enkele beek- en broekgebieden in Zuid-Limburg. Ook Gouden sprinkhaan was tot in de jaren '90 vooral bekend van de Zuid- en Midden-Limburgse beekdalen en broekgebieden. Vanaf eind jaren '90 zijn beide soorten een groot deel van het Limburgse Maasdal gaan koloniseren (Peters & Kurstjens, 2008). De toename van beide soorten heeft zonder twijfel voor een belangrijk deel te maken met het realiseren van steeds meer natuurlijk/extensief beheerde natuurgebieden en KRW-oevers. Beide soorten zijn afhankelijk van een gevarieerde, redelijk ruige begroeiing en profiteren van extensieve begrazing. Ze ontbreken nog steeds (vrijwel) in omliggende agrarische oevergronden. Daarnaast levert het warmere klimaat mogelijk een positieve bijdrage.

4 Verklaring van ontwikkelingen

4.1 Sturende factoren op ontwikkeling van de morfologie en de habitat



Figuur 4.1 Overzicht van de informatie die gebruikt is om de morfologische en ecologische toestand en ontwikkeling van de oevers te verklaren.

In hoofdstuk 2 is toegelicht naast de wijze van aanleg welke factoren van invloed kunnen zijn op de oeverontwikkeling (Figuur 4.1). Dit is geanalyseerd met verschillende statistische methoden (zie achtergronddocument: Chrzanowski et al. 2019). Gezien het grote aantal factoren dat van invloed kan zijn, de verschillende oevertypen en het beperkte aantal oevers per type zijn er geen harde en eenduidige conclusies te trekken. Zodoende moet hier volstaan worden met een impressie van de factoren die nu correleren met de morfologische en ecologische ontwikkeling zonder te kunnen duiden of de verschillen significant zijn.

Taludhoogte, locaties gelegen boven in een stuwpaand en scheepvaart versnellen de erosie.
De locaties waar de gemonitorde oevers liggen verschillen sterk in de mate waarin ze bloot staan aan deze factoren die de oevererosie sturen. Het meest onderscheidend zijn de intensiteit van de scheepvaart, de stroomsnelheid, de peilvariatie en de rivierbreedte (Tabel 4.1). Peilvariatie is afwezig bij locaties zoals Overasselt en het Scheel en varieert > 1 m bij Broekhuizen, Paaldere en Zandmeren. Alle locaties staan bloot aan de impact van passerende schepen uitgezonderd de Lus van Linne, die juist de hoogste stroomsnelheid en grote peilvariatie kent. Tussen de andere locaties is het verschil in scheepvaartintensiteit echter niet meer dan een factor 2 uitgezonderd Koningssteen waar alleen recreatievaart is. Bij een afvoer van 500 m³/s varieert de stroomsnelheid van 0,22 tot 0,50 m/s uitgezonderd de strangen en aangetakte plas waar het niet stroomt. De omvang van de oevererosie uitgedrukt als het deel van de oever dat erodeert correspondeert enigszins met de factoren die daarop van invloed zijn. Zo is er weinig erosie (0-2) waar de peilvariatie gering en de stroomsnelheid laag zijn (Aijen, Het Scheel, Overasselt) en juist groter (>=3) waar de peilvariatie groter is (Keent, Oude Schans), maar er zijn ook locaties Bergen en Ooijen die een tegenovergesteld beeld laten zien.

Dat zou met de kleiïge bodemsamenstelling te maken kunnen hebben, die de snelheid van de oevererosie beïnvloedt, maar hierover is te weinig bekend.

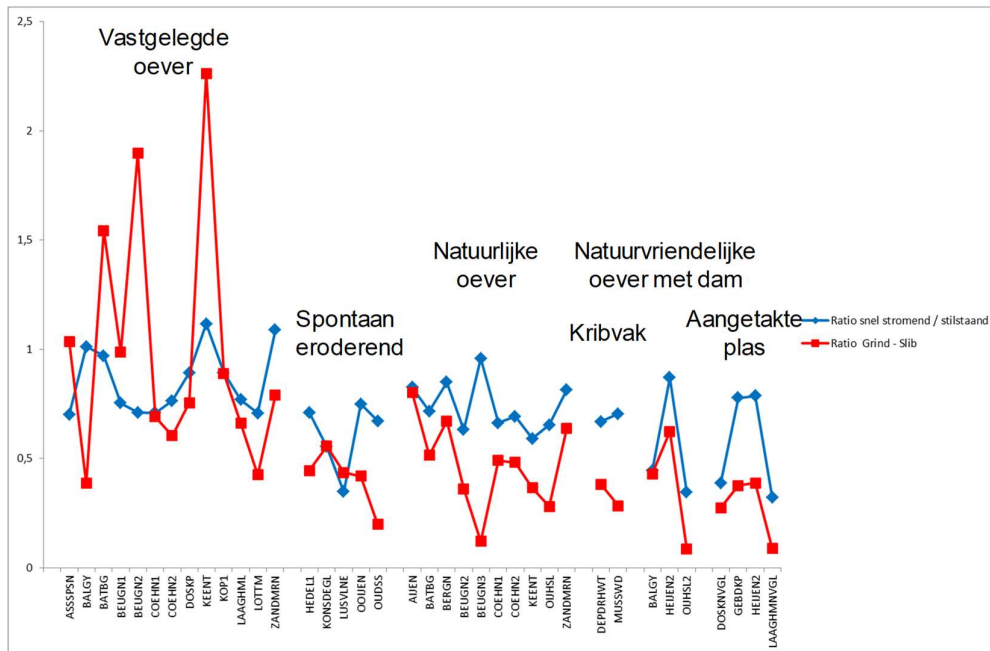
Tabel 4.1 Overzicht van factoren die variëren tussen de gemonitorde locaties en van invloed zijn op de oevererosie.

Omvang oevererosie (gem. 2014, 2017; 1 = 1-10% oeverlengte; 2 = 2-20% etc.). SPE= spontaan eroderend, NA = natuurlijk, KV = kribvak; NV-D = natuurvriendelijk met onderwater dam, AP= aangetakte plas. VG = vastgelegd, ST=strang

Type	Oever	Rivierkm begin	Omvang erosie	Peilvariatie (m, verschil 600 – 20 m3/s)	Rivierbreedte (m)	scheepvaart_binnenvaart (n/jr)	scheepvaart_recreatie (n/jr)	Stroomsnelheid (m/s bij afvoer 500 m3/s)
SPE	Koningsteen - De Engel	64,1	1	0,40	101	0	5074	0,45
SPE	Lus van Linne	70,0	3	1,05	102	0	0	0,50
VG	Asseltse plassen	86,1		0,80	117	19818	9089	0,44
VG	Broekhuizen	118,2		1,30	145	23606	9103	0,29
SPE	Ooijen	125,0	1	1,00	156	23606	9103	0,30
NA	Aijen	138,1	0	0,36	155	23606	9103	0,22
NA	Bergen	139,4	4	0,25	167	23606	9103	0,27
NA	Noordereiland	151,9	4	0,67	141	26462	9971	0,39
NV-D	De Witte Steen	152,0		0,75	145	26462	9971	0,33
NA	Oeffelt	153,3	7	0,60	142	26462	9971	0,36
VG	Oeffelt Veerhuis	154,6		0,52	126	26462	9971	0,35
AP	Gebrande Kamp baai	158,3		0,35	194	26462	9971	0,00
VG	Gebrande Kamp	158,3		0,32	133	26462	9971	0,33
NA	Overasselt	170,9	2	-0,07	166	12473	9971	0,22
NV-D	Balgoij	177,0		0,91	167	14086	12209	0,26
NA	Keentse oevers	177,8	4	0,95	170	14086	12209	0,25
NA	Batenburg	185,0	3	0,63	153	14086	12209	0,27
ST	Ossekamp geul	193,3		0,22		14086	12209	0,00
VA	Ossekamp	193,3		0,18	158	14086	12209	0,26
NA	Het Scheel	195,4	1	0,15	161	14086	12209	0,23
NV-D	Het Scheel geul	195,4		0,15	161	14086	12209	0,23
ST	Paaldere geul	209,1		1,27		15700	14709	0,00
VG	Paaldere	209,1		1,27	139	15700	14709	0,32
KV	Paaldere - Het Wild	212,0		1,15	160	15700	14709	0,30
NA	Zandmeren	212,5	3	1,15	160	15700	14709	0,32
SPE	Hedel - Casterense Hoeve	217,9	5	1,00	164	15700	14709	0,28
SPE	Oude Schans	218,8	5	0,97	172	15700	14709	0,25
KV	Hedel – Benedenwaarden	221,0		0,89	178	15700	14709	0,26

4.2 Sturende factoren voor aquatische flora en fauna

De waterplanten doen het goed in de Maas op basis van de KRW toetsing. Het beeld dat bij de waterplanten naar voren komt is dat de oeverinrichting een factor van betekenis is voor de diversiteit. Bij spontaan eroderende oevers is deze namelijk hoger dan bij vastgelegde oevers terwijl de bedekking niet wezenlijk verschilt (Figuur 3.18). De ontwikkeling bij de natuurlijke en natuurvriendelijke blijft iets achter. Waarschijnlijk ijlt dit na als gevolg van de ingreep mogelijk ook omdat het water voor de oever eerst troebeler is, want de diversiteit en dichtheid nemen in de jaren na aanleg weer toe (Figuur 3.20). Het is echter nog niet duidelijk op welke wijze waterplanten kunnen profiteren van de natuurlijke oevers. Bij deze oevers ontstaat weliswaar een ondiepe bedding, maar deze is veelal te ondiep en daarmee ook te dynamisch voor waterplanten. De winst zal meer bij de oeverplanten dan de waterplanten zitten. Dit zal dan zichtbaar worden in een later successiestadium van de oevererosie. De omstandigheden zijn gunstiger bij de natuurvriendelijke oevers waar een geul of strang achter een dam ligt. Hier zullen eerder soorten kenmerkend voor laag-dynamisch milieu en slibbodem gaan domineren.



Figuur 4.2 De preferentie van macrofauna voor substraat uitgedrukt als de ratio respectievelijk tussen grind en slib (rood) en tussen snelstromend en stilstaand water (blauw) versus het oevertype.

Macrofauna heeft een voorkeur voor een bepaalde levensomgeving en er is een duidelijk verschil in habitatvoorkeur tussen de onderzochte oevertypen. Dit signaal is sterker voor substraat dan voor stroming (Figuur 4.2). Het feit dat er nauwelijks verschil is aangetroffen in de voorkeur voor stroming komt waarschijnlijk door de verstuwings, die de variatie in stroomsnelheden vermindert. De correlatie tussen het aanwezige substraat en de voorkeur van macrofauna laat zien, dat via de locatiekeuze waarbij rekening gehouden wordt met de bodemsamenstelling van de oever de macrofauna samenstelling tot op zekere hoogte gestuurd kan worden.

De visgemeenschap verandert over de gehele Maas qua samenstelling van boven- naar benedenstrooms (Figuur 3.26) en reageert binnen de aquatische biota tot nu toe het snelst en duidelijkst op de herinrichting van de oevers (Figuur 3.24).

Bronpopulaties van stromingsminnende soorten in de Grensmaas en beken dragen bij aan dit beeld. Zo worden sneep en kopvoorn met name bij de meest bovenstrooms gelegen locaties Koningssteen en Lus van Linne aangetroffen. De inheemse stromingsminnende vissoorten zijn gebaat bij de natuurlijke en natuurvriendelijke oevers, maar zullen niet gaan domineren vanwege de verstuwung van de Maas. Een groter areaal ondiepe rivierbedding lijkt ook bij te dragen aan hogere dichtheden (Dorenbosch & van Kessel 2017).

Het is niet duidelijk of en op welke wijze de intensieve scheepvaart de ontwikkeling van de aquatische biota beïnvloedt. Recent internationaal onderzoek waarbij ook informatie vanuit Nederland over de Rijn en Maas is meegenomen laat zien dat de intensieve scheepvaart een vergelijkbare negatieve invloed heeft als de hydromorfologische veranderingen (Zajicek et al. 2018; Zajicek & Wolter 2019). De stromingsminnende soorten, die in de oeverzone opgroeien ondervinden de meeste hinder. Daarnaast is het een generieke druk te zijn die tot lagere dichtheden leidt. Voor de Maas ontbreekt in het monitoringprogramma de informatie om dit te staven, omdat er te weinig verschil in de intensiteit van de scheepvaart tussen de locaties is.

4.3 Sturende factoren terrestrische flora en fauna

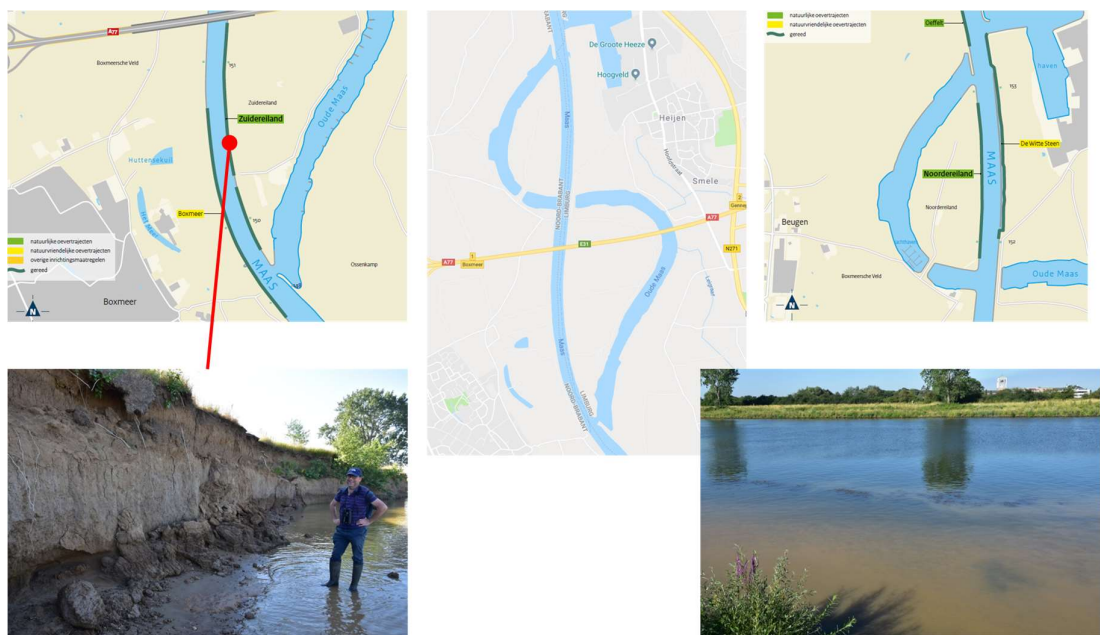
Voor de ontwikkeling van de terrestrische flora en fauna is het beheer van de oever sterk bepalend. Bij het beheer is onderscheid gemaakt tussen het type beheer (wel/niet begraasd) en de intensiteit van begrazing. Extensief begraasd is daarbij de gewenste situatie. Het voorkomen van bijzondere en indicatieve soorten is vergeleken met het beheer en in hoeverre dat in de loop der jaren veranderd is (Tabel 4.2). Dat laatste was niet voor alle locaties bekend. Locaties die extensief begraasd worden zijn soortenrijker dan intensief begraasd of waar mais verbouwd wordt. Locaties die tegenwoordig intensiever begraasd worden, zijn nog wel soortenrijk maar laten een afname zien in tegenstelling tot de andere locaties.

Steile oeverwanden ontstaan in de eerste fase van de oevererosie en bieden broedgelegenheid voor oeverzwaluwen en ijsvogels (Tabel 3.7). Het bleek echter dat niet in alle oeverwallen oeverzwaluwen nestelen. Een verklaring hiervoor kan de bodemsamenstelling van de oevers zijn. In hoge steilwanden die volledig uit zwaardere klei bestaan zoals bij het Zuidereiland, blijken geen oeverzwaluwen te nestelen (Figuur 4.3). Een plausibele verklaring voor dit kleipakket is het feit dat dit traject een bochtafsnijding betreft, die door de komgronden van de uiterwaarden is gegraven. Bij de benedenstrooms gelegen Oeffelt bevinden zich in de steilwand zandafzettingen tussen de klei waar oeverzwaluwen in nestelen (Figuur 4.4). Dit traject ligt langs de oorspronkelijke loop van de Maas.

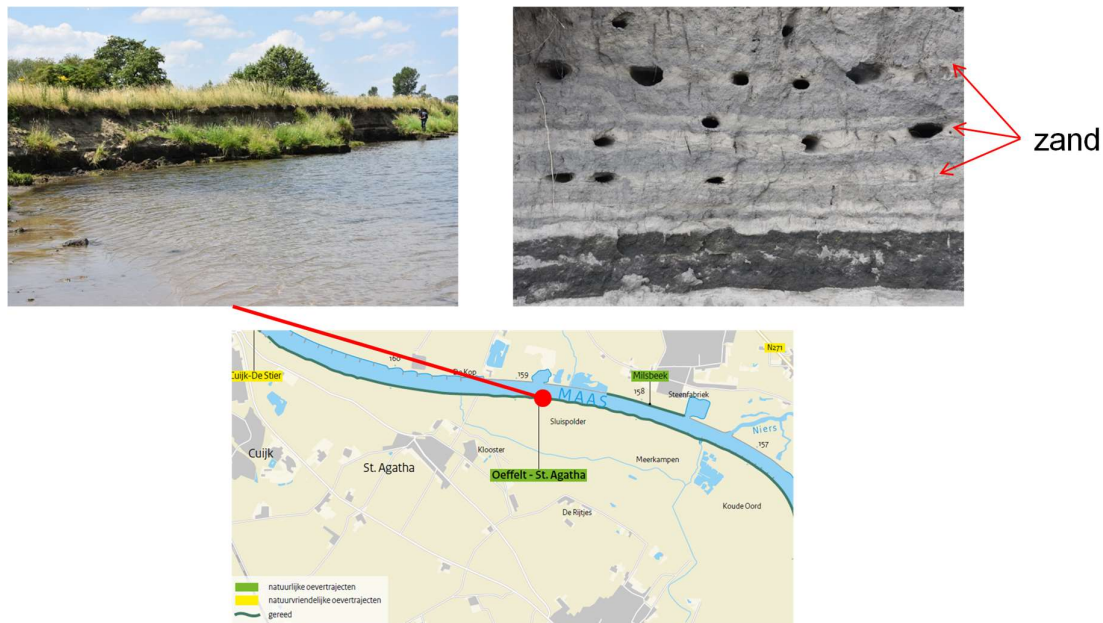
De bodemsamenstelling van de oever is ook van invloed op de lokale waterkwaliteit. Bij oevers die voornamelijk uit klei bestaan, blijkt het water voor de oever troebeler te zijn dan bij zandige oevers (vergelijk Figuur 4.3 met Figuur 4.4). Het fijne slib komt heel makkelijk in suspensie wanneer schepen passeren en het duurt langer voordat het bezinkt. Dit zou de ontwikkeling van waterplanten kunnen beïnvloeden. Waterplanten bij Zuidereiland zijn wel aanwezig, maar bevinden zich verder uit de oever. Het troebele water vervult wel een schuilfunctie voor vissen. De bodemsamenstelling van de oever beïnvloedt dus naast de snelheid waarmee de erosie plaatsvindt ook de kansen voor zowel terrestrische en aquatische flora en fauna.

Tabel 4.2 Bijzondere en indicatieve soorten op de oeverwallen en hoge gronden. Extensieve begrazing is gunstig, maar het beheer is nu intensiever dan 10 jaar geleden. > 6 bijzondere of indicatieve soorten zijn gearceerd in rood.

Beheer heden	Beheer begin		
	Extensief begraasd	Matig intensief begraasd	Intensief begraasd / Mais
Extensief begraasd			
n	7		2
2008-2009	4,4		4,5
2010-2013	7,0		6,0
2014-2017	6,8		4,0
Matig intensief begraasd			
n	1	2	
2008-2009	4,0	0,5	
2010-2013	6,0	1,0	
2014-2017	6,0	1,5	
Intensief begraasd / Onbeheerd / Mais			
n	2	3	1
2008-2009	11,0	0,7	1,0
2010-2013	8,0	2,7	5,0
2014-2017	8,0	3,0	4,0
Onbekend			
n	2	2	
2008-2009	6,0	0,0	
2010-2013	7,5	2,5	
2014-2017	8,0	3,5	



Figuur 4.3 Hoge steilwand van klei zonder Oeverwaluven bij het Zuidereiland. De bochtafsnijding van de Maas loopt door een meters dik kleipakket. De foto rechts toont de resuspensie van geërodeerd slib. Het water voor de oever is troebel.



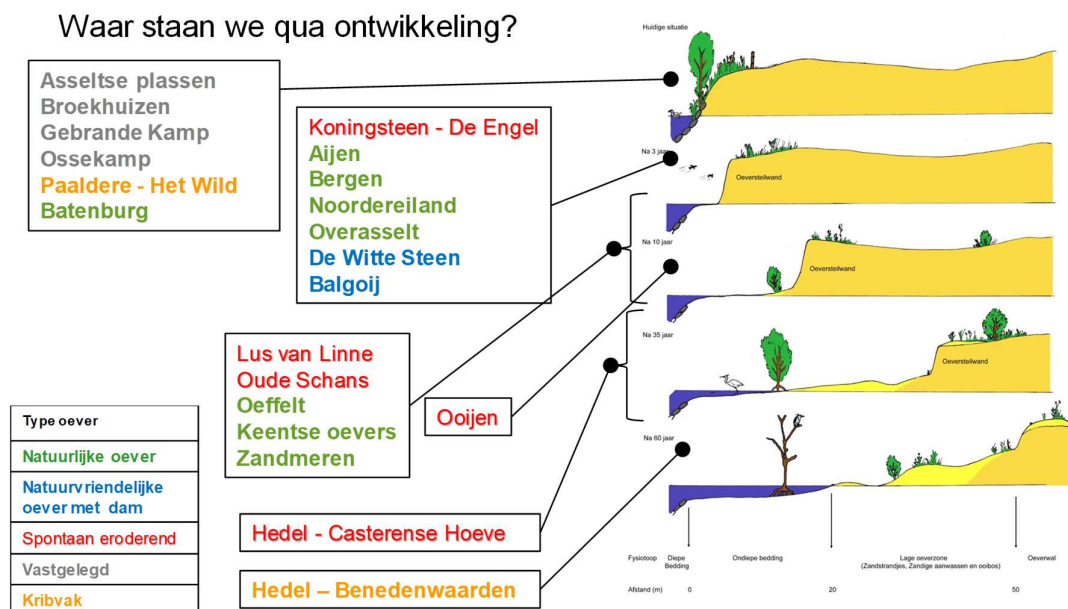
Figuur 4.4 Nesten van Oeverwaluven in zandlagen tussen kleiafzettingen bij Oeffelt. Het water is helder.

5 Toetsing aan doelstellingen

5.1 De morfologische en ecologische ontwikkeling versus het streefbeeld

Morfologische ontwikkeling

Het streefbeeld laat een oeverontwikkeling zien van een steile en vastgelegde oever tot een oever met gradueel verloop van hoofdgeul naar zandige oeverwal. De stadia van gemonitorde oevers zijn verdeeld over dit spectrum (Figuur 5.1). Natuurlijke en spontaan eroderende oevers zijn het verst in ontwikkeling, zij waren al voor 2008 in ontwikkeling gestart. Natuurvriendelijke en vastgelegde oevers hebben zich nauwelijks morfologisch ontwikkeld.



Figuur 5.1 Overzicht van ontwikkelingsstadia van oevers in de monitoring in relatie tot het streefbeeld (rechts). De huidige situatie is stadium 0 genoemd en er zijn 4 successiestadia onderscheiden.

Terrestrische natuur

Er is sprake van een duidelijke verbetering van de terrestrische natuur op de Maasoever. Het gaat dan om veel kenmerkende insectensoorten, (stroomdal)flora en broedvogels van de droge delen en om pioniers van steilwanden zoals Oeverzwaluw en IJsvogel. Lokaal profiteren ook bos- en struweelsoorten als Spotvogel, Nachtegaal en Gehakelde aurelia. Mogelijk profiteren soorten die een deel van de tijd onder water leven (rombouten) en steltlopers, maar hiervoor is de beschikbare data onvoldoende. Pioniersoorten van rivieroevers en zandbanken blijven nog achter omdat de ontwikkeltijd relatief kort is (er moet nog 'breedte' in de oevers ontstaan), veel Maastrajecten verstuwd zijn/geen terugtrekkende waterstanden kennen en opkomend oobos op de oevers periodiek verwijderd wordt.

De belangrijkste oorzaken van de verbeteringen op het terrestrische deel van de oevers zijn:

- a. Een verbetering van het terreinbeheer, doordat op veel van de onderzochte Maasoevers sinds 2008 (of daarvoor al) het agrarisch beheer is stopgezet en plaats heeft gemaakt voor extensiever beheer, vaak door natuurbeheerorganisaties. Cruciaal is het stopzetten van elke vorm van bemesting en gebruik van bestrijdingsmiddelen. Vervolgens wordt in de meeste gevallen een beheer van extensieve begrazing, soms jaarrond, gevoerd;
- b. Het ontstaan van oeversteilwanden door het verwijderen/verlagen van oeverbestorting (met name voor steilwandpioniers);
- c. Het aansnijden van relatief minerale zand- en leemgronden / verwijderen van bemeste toplagen bij inrichtingsprojecten (bv. betere vestigingskansen voor stroomdalflora en insectenfauna).

In terreinen waar het beheer niet gewijzigd werd (zoals bij kasteel Ooijen), zijn ook geen verbeteringen op de droge oevers waargenomen, en zijn natuurwaarden onverminderd laag gebleven. Voor de droge oevers is op dit moment het ontbreken van een goede organisatie en borging van de kwaliteit van het beheer een groot risico. Aanbesteding van het beheer vindt momenteel plaats zonder goede kwaliteitseisen.

5.2 Bijdrage aan de KRW

Habitatdiversiteit

Tot voor 2005 waren oevers met een natuurlijk substraat langs de Maas beperkt tot de kribvakken en de kleine stukjes spontaan eroderende oevers. Sindsdien is dit door de aanleg van natuurlijke en natuurvriendelijke oevers aanzienlijk vergroot. De habitatdiversiteit van de oeverzone is hierdoor wezenlijk vergroot: zo'n 30% zal voor 2020 ontsteend zijn. De meeste oevers bevinden zich nog in de beginfase van ontwikkeling waardoor de ondiepe rivierbedding nog niet zo breed is. De ontstening heeft de sedimentdynamiek in de Maas vergroot. Er is echter geen goed beeld waar het geërodeerde sediment afhankelijk van de grootte (slib, zand, grind) uiteindelijk terecht komt. Verondersteld wordt dat de hoeveelheid geërodeerd sediment uit de oever ten opzichte van het totale sedimenttransport van de Maas gering is (Asselman et al, 2018).

De herinrichting van de oevers betekent een verbetering van de hydromorfologische toestand van de Maas. Voor de watersysteemanalyse van rivieren worden hiervoor de ecologische sleutelfactoren (ESF) voor stromende wateren gebruikt. De herinrichting resulteert in een verbetering van de ESF natte doorsnede en kan leiden tot een verbetering van de ESF waterplanten, maar dat laatste kon nog niet aangetoond worden omdat de ontwikkeling vertraagt op gang komt. De ontwikkeling van de drogere delen van de oever leidt tot een verbetering van de ESF bufferzone mits het beheer goed is.

Waterplanten

Het gaat goed met de waterplanten in de Maas in het algemeen en ook bij zowel de natuurlijke als de natuurvriendelijke oevers. De ontwikkeling bij de heringerichte oevers ijlt na en het is van belang te volgen in hoeverre dit doorzet. Tabel 5.1 geeft een overzicht van KRW scores en aantal kenmerkende soorten per oever.

De KRW-deelmaatlat soortensamenstelling waterplanten wordt berekend op basis van de aangetroffen water- en oeverplanten. Kenmerkende soorten van de categorie 1 en 2 zijn uitermate gewenst voor de KRW, zoals rivierfonteinkruid, doorgroeid fonteinkruid, gele plomp en puntdragend kranswier. Een hoge bedekking met waterplanten is niet altijd gewenst, de aanwezigheid van kenmerkende soorten is essentieel.

Tabel 5.1 Samenvattend overzicht van de morfologische en ecologische toestand (2016 of 2017) van de oevers. Een hogere score is beter: de breedte van de balk correspondeert met de score. Morfologie: stadium (0 – 4) cf Figuur 5.1; omvang oevererosie (gem. 2014, 2017; 1 = 1-10% oeverlengte; 2 = 2-20% etc.). Waterplanten KRW-score; Macrofauna KRW-score; K + PD = kenmerkend + positief dominant (n); Vissen reofiele soorten (n). Terrestrische flora en fauna: selectie kenmerkende soorten.

Overtypetype	Oevertraject	Jaar herinrichting	Morfologie		Waterplanten	Macrofauna		Vissen	Terrestrisch			
			Stadium Streefbeeld	Omvang erosie	KRW	Kenmerkend (n)	KRW	K + PD	Reofiel (n)	Beheer	Flora	Fauna
Spontaan eroderend	Koningsteen - De Engel		1,0	1	5	8	2	13	7	3	3	12
	Lus van Linne		1,5	3	3	13	3	17	8	3	1	7
	Ooijen		2,0	1	5	7	2	7	6	1	1	6
	Hedel - Casterense Hoeve		2,5	5	4	7	3	15		3	3	4
	Oude Schans		1,5	5	3	9	3	8	7	3	3	3
Kribvakken	Paaldere - Het Wild		0,0	1	4	9	3	19		2		
	Hedel – Benedenwaarden		4,0	2	4	5	2	17	5	3	2	6
Natuurlijke oever	Aijen	2006	1,0	0	4	4	2	17		1	2	7
	Bergen	2006	1,0	4	5	5	3	24	4		4	8
	Noordereiland	2010	1,0	4	4	4	2	6			2	6
	Overasselt	2010	1,0	2	5	12	2	14			0	11
	Oeffelt	2010	1,5	7	4	4	2	8		1	4	8
	Keentse oevers	2012	1,5	4	4	11	2	10		3	2	10
	Batenburg	2011	0,5	3	4	4	2	21		3	5	4
	Het Scheel	2000		1	1	2	2	16		1	2	3
	Zandmeren	2010	1,5	3	1	5	3	17	4		3	5
Natuurvriendelijke oever met dam	De Witte Steen	2015	1,0	0	1	0	2	16		2	0	2
	Balgoij	2012	1,0	1	3	5	3	18	4	2	3	4
	Het Scheel geul**	2000		0	3	6	1	4	6			
Vastgelegde oever	Asseltse plassen		0,0	1	4	3	3	19	3	1	1	5
	Broekhuizen		0,0	0	4	6	2	12		1	4	9
	Oeffelt Veerhuis			0		6		19			4	8
	Gebrande Kamp	2010	0,0	0	2	5	2	20		3	1	10
	Ossekamp		0,0	2	2	4	2	19		3	2	3
	Paaldere				4	10	2	16			3	11
Aangetakte plas	Gebrande Kamp baai	1990				4		17	6		0	6
Strang	Ossekamp geul	2012			4	5	3	10				
	Paaldere geul	2011			3	18	3	10				

Macrofauna

De macrofauna is slechts op een enkele plek bemonsterd per oevertraject. Hierdoor is het onduidelijk of dit een representatief beeld geeft voor de gehele oever of uitsluitend voor de bemonsteringslocatie. Verondersteld wordt dat dit uitsluitend voor de locatie is. Het lokaal aanwezige substraat beïnvloedt de samenstelling sterker (Figuur 3.21). Een beoordeling op basis van de KRW-maatlatten laat nagenoeg overal een ontoereikende score zien.

Voor de KRW wordt bij de macrofauna onderscheid gemaakt tussen kenmerkende, positief en negatief dominante soorten (van der Molen et al. 2012). Deze indeling is vergeleken met het substraat dat aanwezig was op de bemonsteringslocatie (Tabel 5.2). De onderlinge verschillen lijken niet erg groot. Op fijn zand zijn gemiddeld de meeste soorten aangetroffen en op stortsteen de minste. Kenmerkende soorten het meest op grof zand en slib en positief dominante soorten meer op fijn zand. De herinrichting van de oevers waarbij de stortsteen wordt verwijderd lijkt een zeer klein positief effect te geven. Op basis hiervan trekken we de conclusie dat de samenstelling van de macrofauna sterk wordt gestuurd door aanwezigheid van stroming, maar deze is heel gering en homogeen in de Maas. Er is nauwelijks onderscheid op basis van stromingspreferentie tussen de locaties.

Tabel 5.2 Samenstelling van de macrofauna per substraattypen gecategoriseerd volgens de KRW-maatlatten.

Soorten (gemiddeld, n)	Substraat					
	Stortsteen	Grof zand	Fijn zand	Slibbig zand	Zandig slib	Slib
Kenmerkend	5,0	5,6	5,0	4,6	5,1	5,5
Positief Dominant	5,7	6,6	7,5	6,9	6,3	6,8
Negatief dominant	4,4	6,8	7,1	6,5	5,9	7,1
Totaal	46	58	71	54	51	61
Locaties x jaren (n)	12	31	13	44	14	8

Vis

De KRW waarde van de heringerichte oevers laat zich het beste vatten in de aanwezigheid en dichtheden van inheemse stromingsminnende vissoorten (Tabel 5.3). Het voorkomen is mede afhankelijk van de geografische ligging van een heringerichte oever. De soortensamenstelling verschuift van boven- naar benedenstrooms door de bronpopulaties in de Grensmaas en de beken (Figuur 3.26). De verbetering wordt echter geremd doordat de Maas nagenoeg geheel gestuwd is. Hierdoor blijven de dichtheden stromingsminnende soorten dikwijls laag. De winde vormt hierop de grote uitzondering. Deze soort profiteert het meest. De kritische stromingsminnende soorten zoals serpeling, kopvoorn en sneep worden meer bij de onbeschutte locaties en winde juist meer bij de beschutte oevers aangetroffen (Figuur 3.25).

Oeverzones vervullen een kraamkamerfunctie voor de visgemeenschap in de Maas. De diversiteit van de visgemeenschap heeft baat bij de grotere habitatdiversiteit die is ontstaan door de herinrichting van de Maasoevers. Op de vlakke bodems zijn de dichtheden van de inheemse soorten hoger dan in de oevers met breuksteen waar invasieve exoten vaak domineren. Zowel open geëxponeerde trajecten bij natuurlijke en spontaan eroderende oevers als beschutte natuurvriendelijke oevers dragen positief bij zij het voor verschillende soorten. In de periode 2011 – 2017 zijn exoten in de NVO oevers sterk toegenomen ten koste van de inheemse stromingsminnende soorten rivierdonderpad en in mindere mate bierpje.

Tabel 5.3 Inheemse stromingsminnende (reofiele) vissoorten (aantal soorten, totaal aantal, relatieve abundantie) gesommeerd over de jaren 2011, 2014 en 2017. Locaties gesorteerd naar rivierkm. Zegen bemonsterd vlakke zand, slib of grindbodem en electro bemonsterd 3D complexe habitats doorgaans breuksteen. SPE = spontaan eroderend; NA = natuurlijk; NV-D = natuurvriendelijk met dam; AP = aangetakte plas; VA = vastgelegd. Grijsje arcering = niet waargenomen.

Locatie	Type	rivierkm	Soort (n)	Totaal aantal exemplaren (n)	alver	bermpje	kopvoorn	rivieronderpad	serpeling	sneep	winde
Zegen											
Koningsteen - De Engel	SPE	63	7	313	0,1%		1,9%	0,1%	0,7%	1,2%	1,4%
Lus van Linne	SPE	70	8	1044	0,5%		0,7%	0,1%	4,6%	0,8%	6,3%
Asseltse plassen	VA	87	3	109					0,2%	0,0%	0,9%
Ooijen	SPE	126	6	1521	3,3%			0,0%	0,5%	0,0%	30,9%
Bergen	NA	140	4	620	7,4%				1,7%	0,1%	14,2%
Balgoij	NV-D	150	4	1408	0,1%				0,0%		47,8%
Gebrande Kamp baai	AP	159	6	787	4,8%		0,3%		0,7%	0,2%	15,5%
Het Scheel geul	NV-D	197	6	3156	0,1%	0,0%		0,0%	0,0%		25,3%
Zandmeren	NA	213	4	790	0,1%						35,0%
Oude Schans	SPE	217	7	2234	0,6%				0,0%	0,1%	46,3%
Hedel – Benedenwaarden	KV	221	5	1414	0,3%				0,1%		24,8%
Electro											
Koningsteen - De Engel	SPE	63	6	195		24,7%	1,3%	4,4%		0,8%	0,2%
Lus van Linne	SPE	70	5	80		7,9%	1,9%	5,8%	0,4%		0,6%
Asseltse plassen	VA	87	2	50		0,5%		23,4%			
Ooijen	SPE	126	3	66	5,8%			31,2%			1,2%
Bergen	NA	140	3	74		2,8%		15,3%			0,5%
Balgoij	NV-D	150	4	37		0,6%		3,5%	0,3%		6,5%
Gebrande Kamp	VA	159	2	108		9,1%		14,9%			
Het Scheel geul	NV-D	197	3	97		7,1%		7,6%			2,5%
Zandmeren	NA	213	1	34							8,1%
Oude Schans	SPE	217	2	14				1,1%			1,9%
Hedel – Benedenwaarden	KV	221	4	43		0,2%	1,3%	3,5%			4,0%

5.3 Effecten op scheepvaart, grondeigenaren en recreatie

De relevante en de daarvoor in dit monitoringsprogramma gemeten parameters voor scheepvaart, grondeigenaren en recreatie betreffen (Geerling, 2012):

- Scheepvaart: afslag (m3) van oevers en het de bodemhoogte van de rivierbedding.
- Grondeigenaren: verloop van de oeverlijnen en erosielijnen.

- Recreatie: een veronderstelde recreatiewaarde die varieert met het aspect "natuur" zoals de ontwikkeling van het natuurlijk ecotoopareaal of aantallen oevers. Binnen dit project is ook data over het aantal recreatie-schepen beschikbaar.

Scheepvaart

Mede ten behoeve van de scheepvaart is er in de loop der jaren meer maatwerk in de ontwerpen gekomen. In de scherpe buitenbochten blijven de stenen onder water liggen. Op smallere stukken van de Maas wordt de bestorting bijvoorbeeld onder water minder diep weggehaald of wordt een deel van de oever preventief afgegraven om te voorkomen dat het zand in de vaargeul terechtkomt. Mocht er als gevolg van het ontstenen een hinderlijke verondieping optreden, dan wordt deze versneld weggebaggerd (Bron: interview Schuttevaer - RWS). Van de gemonitorde oevers die niet zijn afgegraven is grofweg 127.000 m³ grond geërodeerd over de gehele monitoringsperiode van 10 jaar. Om dit in perspectief te zetten, het komt overeen met 0.03 m bodemhoogte van het zomerbed-oppervlak langs de oevers (28,7 km lengte * 0,146 km gemiddelde breedte), of wel 3 mm per jaar.

Het zomerbed van de Maas wordt jaarlijks gemonitord, ook nabij de NVOs en deze lodingen hebben geen ongewenste aanzandingen laten zien. In het Verhaal van de Maas (Asselman et al., 2018.) wordt gepleit voor het herstel van de sedimenthuishouding als gidsprincipe. Het zomerbed van de Maas is op verschillende trajecten gedaald door de onttrekking van zand en grind en baggermateriaal. De rivier is sediment arm en kan de afvoer niet compenseren. Daarnaast zijn er veel obstakels die het sedimenttransport onderbreken, zoals sluizen en stuwen, diepe plassen en sedimentvangen. Uit de NVOs langs de Maas die mogen eroderen kan er tijdelijk meer sediment beschikbaar komen ter compensatie, maar deze nieuwe (tijdelijke) sedimentbronnen zijn te klein om het verlies door sedimentonttrekkingen in het zomerbed te compenseren. De opgave is dus juist om meer te zoeken naar mogelijkheden om het zakken van het zomerbed te stoppen en de sedimentdynamiek en doorgaand sedimenttransport weer duurzaam op gang te helpen.

De meer grillige vorm van de natuurlijke oevers kunnen lokaal een probleem voor de scheepvaart veroorzaken omdat het resulteert in een variabele zijstrooming die de bestuurbaarheid van schepen kan bemoeilijken (Arjan Sieben, pers. med.). Bij de inrichting wordt hier al op geanticipeerd door een oever preventief af te graven of andere voorzorgsmaatregelen te treffen. Voldoende uitwijkruimte, dus waar de rivier een bredere vaargeul heeft en er geen obstakels, zoals bruggen, ontweken moeten worden is dus ook een factor voor de mate waarin erosie toelaatbaar is. Concluderend: oevererosie is gewenst als bron van sediment mits het niet lokaal leidt tot aanzanding.

Grondeigenaren

De omvang van de oevererosie lijkt voorsnog nog niet tot problemen te hebben gezorgd. Ook oevers die al langer in ontwikkeling zijn, zoals de spontaan eroderende oevers, laten geen excessen zien. Tegelijkertijd is niet overal de breedte van 75 m aangekocht. Het is van belang zicht te hebben op de smalle stroken met sterke erosie. Wanneer de erosie de signaleringslijn nadert is overleg met de grondeigenaar nodig of deze voort mag schrijden of moet stoppen. De signaleringslijnen moeten daarom worden bewaakt. Aanbevolen wordt om dit structureel te monitoren en bij overschrijdingen in te grijpen.

Recreatie

Hier betreft het een verondersteld effect tussen natuurontwikkeling en recreatie. De aantallen recreatieschepen in de periode 2004-2017 laten geen duidelijke trend zien in toe of afname van het aantal passages (Bron: RWS). Wat bij veldbezoeken duidelijk blijkt is dat op de vlakke oevers bij de grotere erosie wanden vaak door pleziervaart gepauzeerd wordt. De vlakke oevers worden als zandstrand gebruikt (Figuur 5.2).



Figuur 5.2 Recreatie op de oever Hedel-Benedenwaarden, zomer 2014.

6 Conclusies & aanbevelingen

6.1 Conclusies

Puntsgewijs worden de belangrijkste observaties hieronder samengevat.

Het is een goede keuze geweest om een monitoringprogramma van 10 jaar op te stellen waarbij naast heringerichte oevers ook spontaan eroderende en vastgelegd oevers gevolgd zijn. Dit is uitzonderlijk en waardevol, omdat deze aanpak kan laten zien wat de toegevoegde waarde is. De keuze heeft echter ook een keerzijde, want een onderlinge vergelijking tussen de heringerichte oevers was nauwelijks mogelijk mede doordat om het jaar de linker- of de rechteroever bemonsterd is.

De combinatie van het streefbeeld, dat zowel een gedetailleerde morfologische en ecologische uitwerking kent (Peters 2005) en het conceptueel schema dat de factoren schetst die van invloed zijn op verschillende schaalniveaus, bieden samen een goed houvast om heringerichte oevers te waarderen. Het oorspronkelijke conceptueel schema (Geerling et al. 2016) is door deze evaluatie van 10 jaar monitoring verbeterd.

De morfologische en ecologische ontwikkeling van heringerichte oevers is zowel afhankelijk van de mate van ontstening en het al dan niet afgraven als de locatie in de rivier. Bepalend voor de locatie zijn vooral de hoogte en de grondsoorten in de oever, peilvariatie, breedte en stroomsnelheid van de rivier en de intensiteit van de scheepvaart.

De herstelprogramma's PNOM en NVO Maas hebben geleid tot een veel natuurlijker morfologie van een substantieel deel van de Maasoevers. Deze verbetering van de hydromorfologie wordt niet vermeld in de KRW rapportages en zou beter voor het voetlicht gebracht moeten worden.

Alle natuurlijke oevers eroderen maar de snelheid verschilt. Weliswaar is er goed zicht op de factoren die dit proces beïnvloeden, maar dit blijkt nog niet duidelijk uit de monitoringgegevens. Mogelijk komt dit doordat de erosie pas een paar jaar mogelijk is, maar helaas ook door verschillen in monitormethode tussen de jaren waar erosie opgetreden zou zijn. Zeer lage oevers (< 0,5 m) eroderen naar verwachting nauwelijks door de grotere stabiliteit van de oever o.a. door de vegetatie en zullen uiteindelijk minder complex zijn dan hoge oevers.

Oevers eroderen niet gelijkmatig, omdat de erodeerbaarheid verschilt. Zo vertragen bakenbomen het erosieproces, maar zullen dit naar verwachting op termijn niet kunnen tegenhouden. Ook lokale verschillen in bodemsamenstelling beïnvloeden dit waarschijnlijk, maar informatie hierover was niet beschikbaar. De scheepvaart kan de onregelmatige oever als hinderlijk ervaren vanwege variatie in dwarsstromen. Voldoende manoeuvreerruimte ondervangt dit.

De bijdrage van de oevererosie aan de totale sedimentvracht van de Maas kon niet bepaald worden. Hiervoor is meer inzicht nodig van de erosiesnelheid van een groter aantal oevers dan welke binnen dit monitoringprogramma gevolgd zijn. Geadviseerd wordt dit in aanvullende studie op te pakken. Verondersteld wordt dat deze bijdrage gering en zelfs wenselijk is gezien de trendmatige bodemdaling van de Maas zolang het niet tot lokale knelpunten leidt (Asselman et al. 2018).

De morfologische en ecologische ontwikkeling gaan niet hand in hand samen. Zo versnelt scheepvaart de oevererosie, maar het is onduidelijk in hoeverre de aquatische biota hiervan hinder ondervindt. Verondersteld wordt dat dit zeker het geval is mede op basis van recent Duits onderzoek naar de effecten van scheepvaart op vis (Zajicek et al. 2018; Zajicek & Wolter 2019).

Bij de beoordeling van de ecologische winst van de herinrichting van Maasoeveren is het van belang zowel de natte als de droge natuur te waarderen. Oevers vormen immers de overgang van water naar land. Zowel eroderende oevers als natuurvriendelijke oevers en geulen achter golfbrekende onderwater dammetjes dragen bij aan een grotere biodiversiteit van de Maas. Specifieke soorten profiteren. Kribvakken hebben meer overeenkomst met natuurvriendelijke oevers achter een dam en aangetakte strangen. Ook is er een gradiënt van boven- naar benedenstrooms in de Maas zowel bij de terrestrische natuur als in de samenstelling van de visgemeenschap.

Voor de aquatische biota die van belang zijn voor de KRW beoordeling, laat vis tot nu toe de snelste en duidelijkste positieve respons op de heringerichte oevers zien. Zowel macrofauna als de waterplanten zijn in de loop van de tijd toegenomen. Dit resulteert nog niet in de verbetering van de KRW score, omdat de gevolgen van de stuwen in de Maas de bijdrage van de herinrichting overschaduwde. Voor een realistische ecologische ambitie moeten deze gevolgen in de beoordeling verdisconteerd worden. Gestuwde riviertrajecten behoeven een aangepast beoordelingskader.

De bemonstering van de macrofauna is welhaast zeker niet representatief voor het gehele oevertraject. Daarvoor is één monsterlocatie te gering. Het feit dat de substraatpreferentie van de macrofauna correspondeert met het aanwezige substraat geeft echter wel voldoende houvast wanneer middels de locatiekeuze voor herinrichting de substraatkeuze gestuurd kan worden. Dit hangt vooral af van de bodemsamenstelling van de eroderende oever.

Onduidelijk is nog of en hoe waterplanten profiteren van de oeverinrichting. Spontaan eroderende oevers zijn soortenrijker dan vastgelegde oevers, maar de ontwikkelingsmogelijkheden lijken vooral bij de rand van de vaargeul te liggen. De ondiepe rivierbedding is te ondiep en daardoor te dynamisch. De vraag is in hoeverre de rand van de vaargeul en daarmee de mate van ontstening van invloed is op de vestigingsmogelijkheden van waterplanten. De monitoring kon hier geen uitsluitsel over geven. Dit is een aandachtspunt voor toekomstige monitoring.

Oeverzwaluwen profiteren duidelijk van het grote aantal steilwanden dat bij de natuurlijke oevers ontstaat. Het zijn pioniersoorten die direct gebruik maken van nieuwe geschikte locaties. Steilwanden zullen op den duur verdwijnen wanneer de oevers in een later successiestadium terecht komen. De bodemsamenstelling van de oever is medebepalend voor de geschiktheid en beïnvloedt ook mate van troebelheid bij de oever.

Het beheer van de oevers beïnvloedt de kansen voor kenmerkende en bijzondere terrestrische flora en fauna. Oevers dienen bij voorkeur extensief begraasd te worden. Het is van groot belang kwaliteitscriteria te hanteren voor het beheer van de oever.

Samenvattend: Het aankopen van oeverstroken tot maximaal 75 m heeft een zone gecreëerd tussen de scheepvaart in de hoofdgeul en het diverse landgebruik in de uiterwaarden waar natuur en de bijdrage aan de KRW doelstellingen de hoofdfunctie is of zou moeten zijn.

Een substantieel deel van de Maasoeveren is nu veel natuurlijker. Dat is de grote winst van de inspanningen in de afgelopen twee decennia. Daarentegen beperken intensief landgebruik van de oever, verstuwung en scheepvaart de ecologische ontwikkeling.

6.2 Doorkijk naar toekomst: verwachte verdere ontwikkeling

In het streefbeeld, dat in 2005 was opgesteld, is ook een beeld geschetst van de korte en lange termijn veranderingen in de oeverzone van de Maas (Figuur 1.5). Anno 2018 moet dit beeld enigszins bijgesteld worden. Over een lengte van zo'n 150 km (rivierkm 75 – 225) zijn inmiddels een groot aantal trajecten heringericht als natuurlijk of natuurvriendelijke oever. Met de geplande uitvoering in 2018 en 2019 ongeveer 100 km over dit deel van de Maas (N.B. er zijn daarnaast ook oevers heringericht langs de Bovenmaas en Grensmaas). Dit is dus ongeveer 1/3 van de totale oeverlengte en is daarmee zeer omvangrijk, maar minder dan het eerder >50% geschetste beeld. Ooibosontwikkeling wordt vanwege de hoogwaterveiligheid veel minder toegelaten. De diepe bedding blijft onverminderd aanwezig over het gehele traject om de scheepvaartfunctie te waarborgen. Naar verwachting komt er meer helofytenontwikkeling in de beschutte natuurvriendelijke oevers en bij herinrichting van uiterwaarden. Omdat uit de analyse blijkt dat slechts een deel van de heringerichte oevers daadwerkelijk gaat eroderen zal het areaal oeversteilwanden en zandige oeverwal rond de 10% omvatten. Een inventarisatie van alle heringerichte oevers wordt hiervoor aanbevolen.

Tabel 2 Veranderingen in ecotopen/fysiotopenverdeling in de oeverzone van de Maas na het weghalen van bestortingen en aanpassingen in het beheer. Er is in het streefbeeld onderscheid gemaakt tussen veranderingen op de korte termijn en effecten op de wat langere termijn

0 = nauwelijks voorkomend; 0- 1 % van het oevertraject
 ★ = weinig voorkomend; over 1 tot 10% van het oevertraject
 ★★ = hier en daar voorkomend; 10 to 25 % van het oevertraject
 ★★★ = regelmatig tot vrij veel voorkomend; 25 tot 50 % van het oevertraject
 ★★★★ = Veel voorkomend; > 50 % van het oevertraject

 Fysiotopen/ECotopen die bevoordeld worden door oevererosieproces; doorgaans karakteristieke ecotopen van natuurlijke Maasoeveren, die zeldzaam zijn geworden.

 Fysiotopen/ECotopen die benadeeld worden door oevererosieproces; doorgaans minder karakteristiek voor natuurlijke rivieroeveren.

Fysiotopen/ECotopen	Huidige situatie	Streefbeeld op korte en middellange termijn	Streefbeeld op langere termijn
1. Diepe bedding	★★★★	★★	0 / ★
2. Ondiepe bedding			
2a met kale bodem en/of waterplanten	★ 0	★★★★	★★★★
2b met helofytenbegroeiing	★	0 Evt. ★ Benedenmaas	0 Evt. ★ Benedenmaas
3. Lage oeverzone			
3 a rivierstrandjes en zandige aanwassen	★ 0	★★★★	★★★★
3b. natte ruigten	★★★★	0	★ / 0
3c. dynamisch ooibos*	0 / ★ ★★★★ / ★★★★★	★ ★★	★★ ★★★
4. Oeversteilwanden	★ 0	★★★★	★★★
5. Erosiekolken en erosiegeulen	0	0	★
6. Natuurlijke beekmondungen	afwezig	aanwezig	aanwezig
7. Zandige oeverwal/oeverwalgrasland*	0	★★	★★★

* Mede sterk afhankelijk van een goed beheer van de oevergronden
 ** Begrazing in min of meer natuurlijke dichtheden < 1 dier per 2 ha begraasbaar oppervlak

Figuur 6.1 Korte en lange termijn veranderingen in de oeverzone van de Maas in het in 2005 opgestelde streefbeeld (Peters, 2005).

6.3 Aanbevelingen voor monitoring

6.2.1. Advies vervolg monitoring

Het feit dat er in 2008 een keuze is gemaakt om 21 trajecten van vijf verschillende type oevers te monitoren is goed geweest, want dit heeft inzicht gegenereerd dat niet alleen de wijze van aanleg, maar ook de geografisch locatie van belang is. Wanneer destijds gekozen was om uitsluitend heringerichte oevers te monitoren en geen vergelijking met vastgelegde en spontaan eroderende oevers te maken dan was het duiden van de verschillen niet mogelijk geweest. De keerzijde is dat door het grote aantal trajecten, de verschillende type oevers en het beschikbare budget voor monitoring de frequentie minder hoog was (bijv. om het jaar de linker- of rechteroever voor macrofauna en waterplanten op slechts 1 locatie) en het aantal heringerichte oevers minder. Dit maakte het trekken van harde conclusies op basis van statistische analyse nauwelijks mogelijk.

Richtlijn projectmonitoring

Het monitoringprogramma, dat in 2008 gestart was, was niet conform de richtlijn projectmonitoring uitgevoerd, die in 2010 gereed is gekomen (Bak et al. 2010). Naderhand is het op basis van de richtlijn niet getoetst op de wens voor aanpassingen. Voor de vergelijkbaarheid is er is gekozen om de monitoring gedurende de gehele periode van 10 jaar op dezelfde wijze uit te voeren (N.B. de monitoring is door verschillende organisaties uitgevoerd met gevolgen voor onderlinge vergelijking). Het is zinvol de ervaringen van dit omvangrijke 10-jarige programma van natuurlijke en natuurvriendelijke oevers met de richtlijn te vergelijken. Dit kan leiden tot aanpassingen van de richtlijn. Daarnaast is het goed de richtlijn met deze ervaring te gebruiken indien er een programma voor vervolgmonitoring wordt gemaakt.

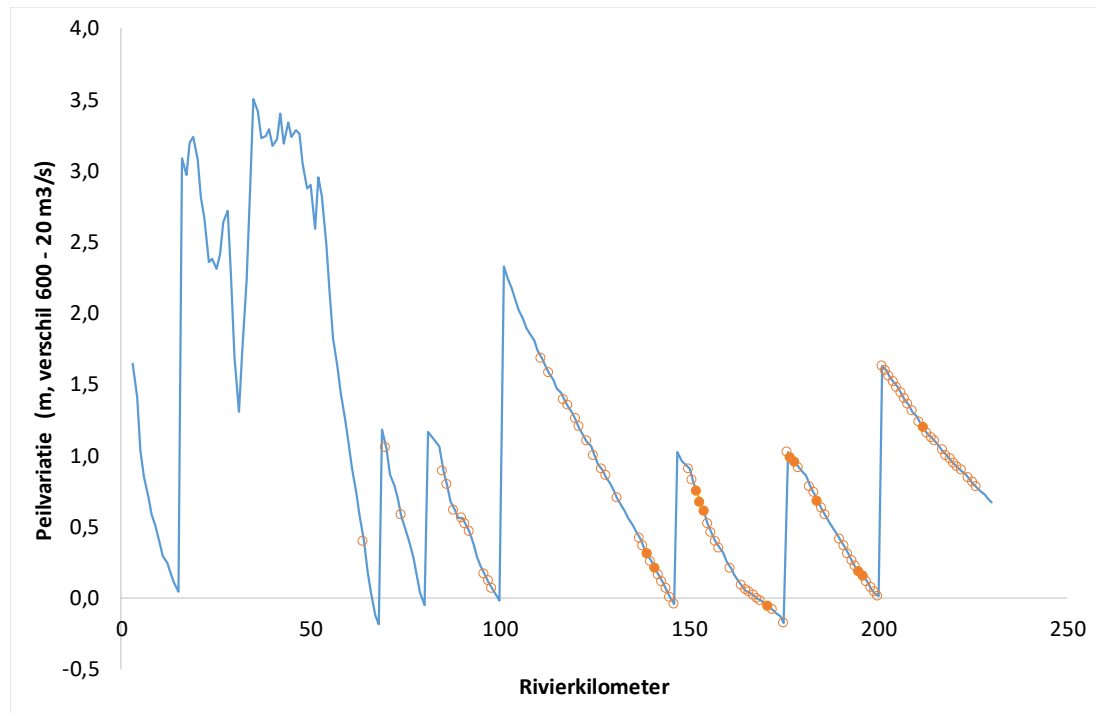
Focus op heringerichte oevers, ondiepe rivierbedding en bodemsamenstelling

Bij een continuering van de monitoring kan de nadruk meer gelegd worden op de heringerichte oevers, zodat een groter aantal onderling beter vergeleken kan worden. Anno 2008 was nog onvoldoende bekend hoe de oevers ontsteend of afgegraven zouden worden. Met de huidige inzichten kan een representatieve selectie gemaakt worden (Tabel 6.1). Ook context aspecten, zoals peilvariatie kunnen hierbij meegewogen worden (Figuur 6.2). Indien gewenst kunnen oevers die zich minder goed blijken te ontwikkelen, met enige aanpassing verbeterd worden. Het is niet nodig om spontaan eroderende of vastgelegde oevers met dezelfde frequentie te blijven monitoren. De continuering wordt aanbevolen, omdat de ontwikkeling zich nog voortzet aangezien het merendeel van de oevers zich pas in ontwikkelingsfase 1 of 2 bevindt (Figuur 3.17). Ook de ecologische ontwikkeling ijlt na en stagneert nog niet. De monitoring van de morfologische ontwikkeling zou uitgebreid moeten worden en beter gestandaardiseerd. De onderlinge vergelijking tussen jaren bleek problematisch waardoor er geen goede schatting van de omvang van de oevererosie te maken was. De ondiepe rivierbedding bij de oever en het talud ervan zou gekarteerd moeten worden mede omdat dit een indicatie geeft tot waar de oever gaat eroderen. Dit zal per locatie verschillen. Het bodemsamenstelling van de oever is van invloed op de erosiesnelheid en de ecologische potentie. Een eenmalige bodemkartering van alle heringerichte oevertrajecten biedt een zinvol referentiekader voor de verdere ontwikkeling van de oevers.

Morfologie uitbreiden en ecologie minder frequent maar wel in hetzelfde jaar

Geadviseerd wordt de morfologische monitoring met dezelfde frequentie voort te zetten voor een groter aantal oevers om een goed beeld van de snelheid van de oevererosie te krijgen. Dit maakt extrapolatie voor de lange termijn mogelijk en de rol van hoogwaters daarin.

De ecologische monitoring kan minder frequent, maar is van belang om te beoordelen of oevers zich goed ontwikkelen. Deze zou dan wel op alle locaties in hetzelfde jaar moeten plaatsvinden.



Figuur 6.2 Locaties van heringerichte (open cirkel) en gemonitorde (dicht) natuurlijke en natuurvriendelijke oevers gerelateerd aan de rivierkilometer en peilvariatie.

Tabel 6.1 Overzicht heringerichte oevers gespecificeerd per traject (recht, binnen- of buitenbocht), mate van ontstening en afgraven van de oevers gespecificeerd als 'ja' of 'nee' (bron klikkaart KRW maatregelen augustus 2017.) '?' zijn projecten die gepland zijn voor herinrichting in 2018 of 2019. # = aantal; M = aantal oevers gemonitord

Ontstening / Afgraven	Traject							
	Binnen		Recht		Buiten		Totaal	
	#	M	#	M	#	M	#	
Ja								
	Nee	6	1	11		4	2	21
	Ja	5	3	5	1	2		12
Ja & Nee								
	Nee	1		1				2
	Ja			1				1
Deels								
	Nee			3		2		5
	Ja	2		4		2		8
Nee								
	Nee	2	1	3	2	3		8
	Ja	3	1	4	1	5	1	12
	?	1						1
?								
	Nee	1		1		1		3
	?	5		5		2		12
Grand Total		26	6	38	4	21	3	85

Voorzetting monitoringsprogramma

- Geadviseerd wordt alle oevers in hetzelfde jaar monitoren om jaar op jaar variatie te voorkomen.
- Bij voortzetting van de ecologische monitoring is deze minder frequent nodig. Een vergelijking met MWTL (aquatisch) en Natuurloket (terrestrisch) laat toegevoegde waarde van de heringerichte oevers zien.
- Daarentegen wordt voortzetting morfologische monitoring van een aantal oevers met dezelfde frequentie aanbevolen om de snelheid te volgen en een extrapolatie voor de lange termijn te kunnen maken.
- Benut de resultaten van de monitoring om te adviseren of oevers aangepast zouden moeten worden.

Voor sommige terrestrische soorten is het moeilijk om uit de beschikbare data van het monitoringsprogramma conclusies te trekken ten aanzien van de ontwikkeling. Dit hangt samen omdat het om een klein aantal gebieden gaat. Door meer Maasbreed te kijken, kunnen trends en ontwikkelingen beter naar voren komen.

Continuïteit in uitbesteding van metingen.

Tijdens de wissel van onderzoeksbureau in 2014 hebben er ook veranderingen in de methode plaatsgevonden. Zo zijn sommige plantensoorten plots in Tansley opgenomen, waardoor bijvoorbeeld geen stippenkaartjes per gebied samengesteld kunnen worden.

Ook is bij de fauna niet altijd sprake van nauwkeurige tellingen (bijv. “minimaal x nestholen” van oeverzwaluw). Geadviseerd wordt de oorspronkelijke methodiek weer gestandaardiseerd op te pakken, omdat hiermee meer informatie uit de data kan worden gehaald.

Geadviseerd wordt om weer te investeren in systematische en jaarlijkse broedvogelmonitoring; zeker als het gaat op pioniersoorten als Kleine plevier, Oeverloper, IJsvogel en Oeverzwaluw, maar ook steltlopers en soorten van de droge oever als Nachtegaal, Roodborsttapuit.

Tabel 6.2 Aandachtspunten voor continuering monitoring NVO Maas

Categorie	Subcategorie	Aandachtspunt
Morfologie		Uitbreiden naar een zo groot mogelijk aantal oevers Morfologische ontwikkeling van deelecotopen. 1 goede methode volstaat (Walburg & Knotters, 2012) Talud ondiepe rivierbedding karteren Bodemsamenstelling van de oever bepalen Vergelijkbaarheid per type oever en locatie Betrek ook verschillen in locaties en moment van oplevering
Ecologie aquatisch	- Vissen	Directe respons -> goed inzicht in waarde heringerichte oevers Mogelijk verbetering op termijn door invloed beken in bovenstrooms deel van de Maas
	Waterplanten	Vertraagde respons 'time-lag' + ontwikkeling in de Maas + jaar op jaar variatie Advies monitoring voortzetten Aandacht voor de condities op de rand van de vaargeul door een verband te leggen met de wijze van ontstening.
	Macrofauna	Substraat is sturend; ook bij deze groep is er sprake van den vertraagde response 'time-lag'. Twijfels over toegevoegde waarde vanwege beperkte representativiteit
Ecologie terrestrisch	-	Terrestrische flora en fauna: 'time-lag' + ontwikkeling in de Maas + jaar op jaar variatie. Systematische en jaarlijkse broedvogelmonitoring zeker voor pioniersoorten zoals Kleine plevier, Oeverloper, IJsvogel en Oeverzwaluw
Beheer		Kwaliteitseisen formuleren en ecologische ontwikkeling monitoren

6.4 Adviezen voor herinrichting van de oevers

Bij de keuze voor locaties voor herinrichting is het van belang de peilvariatie (die tevens samenhangt met de hoogte van de oever), de situering in een binnen- of buitenbocht en de bodemsamenstelling van de oever mee te nemen in de besluitvorming. Ook waar de locatie ligt langs de loop van de Maas (boven- vs benedenstrooms) beïnvloedt de kolonisatie en vestiging vanuit bronpopulaties.

Verondersteld wordt dat oevers boven in het stuwband en langs de oorspronkelijke loop van de Maas (vanwege de gevarieerde bodemsamenstelling) de grootste potentie hebben.

Voor het afgraven van de oevers zou het 'nee, tenzij ..' principe gehanteerd moeten worden. Dit kan kosten besparen en de oevererosie kan bijdragen aan een betere sedimenthuishouding van de Maas. Zie het recent verschenen 'Verhaal van de Maas' voor een uitgebreide beschrijving van de verlaagde bodemligging en sedimenttekort (Asselman et al. 2018).

Overweeg opties voor meer hout in de rivier. Hout kan in plaats van stenen toegepast worden voor oeverbescherming. Verankerde bakenbomen moeten onderwater geplaatst worden (Klink 2016). Delen boven water verweren snel en bieden geen substraat voor kolonisatie.

De mate van ontstening beïnvloedt de sedimentatie in de vaargeul en stuurt in combinatie met het stuwpeil tot hoe ver de erosie door zal gaan. Onbekend is welke invloed ontstening heeft op de vestiging van waterplanten. Bij de afweging tot welke diepte het stortsteen verwijderd wordt is de bevaarbaarheid voor zowel de beroeps- als recreatievaart van belang. Indien de oever volledig ontsteend wordt kan het erosieproces ongelimiteerd doorgaan en verondieping van de vaargeul veroorzaken. Vanuit het gebruik door de scheepvaart kan dit per traject gezoned worden. Zo zou mogelijk op een enkele locatie, zoals direct beneden de stuw van Linne, meer erosie toegelaten kunnen worden omdat het geen doorgaande scheepvaartroute is. Het inrichtingsconcept van Peters (2005) ging uit van het verlagen van de breuksteen bestorting tot ca. 1 meter onder stuwpeil. Bij de huidige herinrichting van oevers wordt afhankelijk van de locatie (binnen- of buitenbocht; breedte van het traject) meer maatwerk toegepast. Middels de mate waarin de oever ontsteend wordt kan tevens gestuurd worden tot waar de oever in de toekomst zal eroderen. Hiervoor is inzicht in het talud van de ondiepe rivierbedding van belang. Onder invloed van de scheepvaart zal de erosie voortschrijden tot het moment dat de ondiepe bedding bij het gemiddeld stuwpeil droogvalt en overgaat in het oeverecotoop 'ondiepe oeverzone' (Figuur 1.6). Vanaf dat moment kan oevervegetatie zich ontwikkelen die het erosieproces vertraagt en treedt verdere erosie pas op bij hogere waterstanden die maar een deel van het jaar optreden.

Voorbeeld: bij Oeffelt is het talud van de ondiepe rivierbedding ongeveer 3% m.a.w. 30 cm bij 10 m. Indien de ontstening 1 m hoger of lager wordt uitgevoerd dan is de prognose dat dit tot 30 m verschil in breedte van de oevererosie kan resulteren. Peilvariatie kan op vergelijkbare wijze de mate van erosie beïnvloeden. Peilvariatie wordt naast afvoerfluctuaties bepaald door de locatie binnen het stuwband en het stuwpeilbeheer.

6.5 Adviezen voor beheer van de oevers

Een natuurlijk beheer van oevergronden, zonder elke vorm van bemesting, met begrazing evt. aangevuld met maaien en afvoeren, is cruciaal met ruimte voor ruigteontwikkeling. Bijmaaien in de nazomer met afvoer van maaisel mag, maar is niet noodzakelijk voor deze zoomsoorten.

Stimuleren van aanzandingsprocessen op de rivieroever. Het beschikbaar komen van meer zand door het ontstening van de Maasoevers is gunstig. Hierdoor kan de aanzanding op de Maasoevers op gang gebracht worden, zodat schraalzandige uitgangssituaties ontstaan met bloemrijke stroomdal vegetaties. Hiervoor kunnen ook relatief zandige of lemige (in plaats van kleiige) bodems bij inrichtingsprojecten aangesneden worden.

Met afstand het belangrijkste knelpunt voor de droge oevers is het ontbreken van een goede organisatie en borging van het beheer. De KRW-Maasoevers worden sinds een aantal jaren niet meer in samenwerking met natuurbeheerorganisaties beheerd. In plaats daarvan verloopt uitgave van het beheer via verpachting. Dit leidt tot een aantal urgente problemen:

- Aanbesteding van beheer heeft nog niet overal plaatsgevonden, waardoor sommige oevers er al enkele jaren onbeheerd en sterk verruigd bij liggen. Dit gaat ten koste van de natuurkwaliteit en realisatie van KRW-doelen.
- Aanbesteding van het beheer vindt momenteel (via de Rijksvastgoedbedrijf) plaats zonder goede kwaliteitseisen. Dit heeft tot gevolg dat het beheer in veel gevallen naar de hoogste bieder gaat, niet naar de beste beheerder.
- Hierdoor wordt langs sommige oevers zelfs weer regulier landbouwbeheer gevoerd, incl. bemesting en intensieve beweiding. Binnen die context is een goede ecologisch ontwikkeling van de oevers niet mogelijk, en zullen natuurwaarden zeker weer achteruitgaan.
- Rijkswaterstaat handhaaft niet op de kwaliteit van het beheer, waardoor het beheer van de oevers in feite vogelvrij is. Ook dit hangt samen met het ontbreken van gedegen kwaliteitseisen voor het beheer.

Geadviseerd wordt om urgentie te geven aan:

- Het opstellen van 'smart' geformuleerde set kwaliteitseisen voor het beheer dat is vormgegeven vanuit de ecologische doelstellingen met de terrestrische oevers en de KRW-doelen; deze eisen dienen leidend te zijn bij aanbesteding van beheer.
- Handhaving van beheer te organiseren, financieren en borgen.

Los van deze maatregelen lijkt het doelmatig om te zoeken naar een rechtstreekse contractvorm met professionele terreinbeherende organisaties. Dit voorkomt een situatie met veel individuele beheerders, dito risico's op kwaliteit en de noodzaak van een kostbaar handhavingstraject.

6.6 Adviezen voor beheer van de Maas, zijrivieren en beken

Deze paragraaf schetst kort de context in de Maas en complementaire maatregelen, omdat naast de wijze van inrichting van de Maasoevers ook de context waar ze aangelegd worden van belang is.

Verstuwing

Verschillende KRW-doelen en streefbeeldoelen worden niet gehaald omdat zoals hiervoor al aangegeven de huidige Maas over lange trajecten gestuwd is. Dit is ecologisch één van de meest versturende aspecten op systeemniveau, doordat stroming bijna volledig verdwenen is, de rivier overmatig diep is geworden, de morfologie van de rivierbedding is aangetast en er geen sprake meer is van wisselende standen en uitdrogingsmilieus in de zomer. Het inzetten op een meer variabel stuwpeil kan mogelijk in beperkte mate helpen dit te verbeteren, maar serieuze verbetering is alleen te verwachten bij het verwijderen van stuwen. Zoiets zou wellicht verkend kunnen worden bij de stuw van Leeuwen (Roermond), omdat aan dit stuwpannd geen belangrijke scheepvaartfunctie is verbonden. Naast de Maas beïnvloedt verstuwing ook de vrije afstroming van beken en zijrivieren van de Maas.

Indien er geen mogelijkheden zijn om het stuwbeheer vanuit ecologisch oogpunt te verbeteren dan is het zinvol de verwachting hierop aan te passen.

Waterkwaliteit

De kwaliteit van het Maaswater is de afgelopen decennia gestaag verbeterd, maar nog niet voldoende. Dit is geconcludeerd op basis van de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de Grensmaas over de periode 1994 - 2014 (van Gogh & Liefveld 2015). Verbeteringen zijn nodig voor de stikstof- en fosfaatgehalten, prioritare stoffen, het zuurstofgehalte, algen en het zwevend stof. Verdere verbetering van de waterkwaliteit in de Maas vraagt om regionale samenwerking tussen Rijkswaterstaat en de waterschappen, maar vooral ook internationale samenwerking met Wallonië.

Hoogwatergeulen en kwelgeulen

Omdat de Maas grotendeels gestuwd is, is het zinvol te zoeken naar mogelijkheden waar vrije afstroming wel mogelijk is. Zulke locaties kunnen als stapsteen en bronpopulatie fungeren. Niet alle soorten behoeven namelijk niet hun gehele levenscyclus stromend water. Hierbij moet dan aan complementaire herstelmaatregelen naast de herinrichting van de Maasoevers gedacht worden. Recent voorkomen van Beekrombout in de hoogwatergeul van Raaijweide kan betekenen dat de soort, ondanks verstuwning, ook van dit soort kleine nevengeultjes langs de Maas kan profiteren. Ook kan ingezet worden op het aanleggen van goed ontwikkelde zijwateren (o.a. kwelgeulen) langs de Maas, met een goed ontwikkelde waterplantenvegetatie. Zulke locaties zijn gevrijwaard van de impact van passerende schepen. Bij de stuwen kan het verval gebruikt worden voor stuw passerende stromende hoogwater- of nevengeulen.

Zijrivieren en beken

Herstel van beekmondingen is een complementaire maatregel voor het herstel van de Maas vanwege de vrije afstroming en afwezigheid van de scheepvaart. Voortzetting van het herstel van natuurlijke zijbeken en beekmondingen is cruciaal, met een rijke onderwatermorfologie (incl. dood hout als vormend element), met name voor stromingsminnende vissen en macrofauna, zoals de Beekrombout.

De Benedenmaas (Getijdemaas) kent na de Grensmaas de meeste vrije afstroming en biedt daardoor andere kansen. Hier kunnen stromende nevengeulen gerealiseerd worden voorzien van dood hout. Daarbij kan ingezet worden op herstel van o.a. Rivierrombout mede door natuurlijke, zandige oevers langs deze nevengeulen.

Literatuur

- Asselman, N, H. Barneveld, F. Klijn & A van Winden (2018). Het verhaal van de Maas.
- Bak, A., W.M. Liefveld & I. van Splunder (2010) Richtlijn Projectmonitoring - Inrichtingsprojecten Rijkswateren. Rijkswaterstaat. 209 p.
- Calle, P., G. de Knijf, G. Kurstjens & B. Peters (2007). Actuele en historische Libellenfauna van de Grensmaas. Natuurhistorisch Maandblad, 96/10, pag. 269-277
- Chrzanowski, C., M. Weeber, G. Geerling, T. Buijse, M. Dorenbosch & B. Peters (2019) Achtergrondrapport 'Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling'. Deltares rapport in opdracht van Rijkswaterstaat
- Dorenbosch, M. & N. van Kessel (2017). Vismonitoring natuurvriendelijke oevers Maas. Functionaliteit voor vis in de periode 2011 - 2017. Bureau Waardenburg Rapportnr. 17-201. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- EG (2000) Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.
- Florsheim, J. L., Mount, J. F., & Chin, A. (2008). Bank erosion as a desirable attribute of rivers. Bioscience, 58(6), 519-529.
- Geraeds, R.P.G. & V.A. Van Schaijk (2002). Het voorkomen van de Beekrombout (*Gomphus vulgatissimus*) langs de Roer. Natuurhistorisch Maandblad 9i(6):ii3-n8.
- Geerling, G.W. (2012) Evaluatie van het monitoringsprogramma van natuur(vriende)lijke oevers langs de Maas. Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Geerling, G.W. (2016). Peilvariatie en ecologie van NVO's in stuwpannen langs de Maas. Memo in opdracht van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland. 20 p.
- Geerling, G., T. Buijse & L. van Kouwen (2010) Ecologische potenties van stuwpeilvariatie in de Maas. Deltares rapport in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Geerling, G.W., T. Buijse, W. Liefveld, M. van Katwijk & A. de Groot (2016). De werking van RWS KRW maatregelen in conceptuele relatieschema's. Deltares e.a. in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Gogh, I. van & W.M. Liefveld (2015). Waterkwaliteit Grensmaas 2014. Chemische en ecologische waterkwaliteit in relatie tot KRW en Natura 2000. Bureau Waardenburg Rapportnr. 15-173 Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Hein, T., Schwarz, U., Habersack, H., Nichersu, I., Preiner, S., Willby, N., & Weigelhofer, G. (2016). Current status and restoration options for floodplains along the Danube River. Science of the Total Environment, 543, 778-790.

- Keckeis, H. (2014). Short-term effects of inshore restoration measures on early stages, benthic species, and the sublittoral fish assemblage in a large river (Danube, Austria). *Hydrobiologia*, 729(1), 61-76. DOI 10.1007/s10750-013-1485-x
- Klink, A. (2016) Macrofauna op bakenbomen in de Bedijkte- en Benedenmaas 2016. Hydrobiologisch Adviesburo Klink rapporten en mededelingen nr. 141
- Kurstjens, G., B. Peters & K. van Looy (2010.) De flora van het Maasdal. Ontwikkelingen van bijzondere soorten sinds de start van natuurontwikkeling. project Maas in Beeld. Kurstjens Ecol. Advies/Bureau Drift, Beek-Ubbergen/Berg en Dal.
- Lamouroux, N., Gore, J. A., Lepori, F., & Statzner, B. (2015). The ecological restoration of large rivers needs science-based, predictive tools meeting public expectations: an overview of the Rhône project. *Freshwater Biology*, 60(6), 1069-1084. doi:10.1111/fwb.12553.
- Molen, D.T. van der, R. Pot & L.L.J. van Nieuwerburgh [red.] (2012). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021. STOWA rapport 2012-31.
- Peters, B. (2005). Vrij Eroderende Oevers langs de Maas - Landschapsecologisch Streefbeeld. Studie in opdracht van Rijkswaterstaat Limburg Bureau Drift. 38 p.
- Peters, B. & G. Kurstjens (2008). Maas in Beeld; succesfactoren voor een natuurlijke rivier. Project Maas in Beeld (www.maasinbeeld.nl). Bureau Drift/ Kurstjens Ecol. Advies, Berg en Dal.
- Peters, B. (2018). Evaluatie Natuurlijke Maasoevers 2008-2017. Terrestrische deel. Concept 2 september 2018, Bureau Drift.
- Piegay H, Darby SE, Mosselman E, Surian N (2005). A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: A sustainable approach to managing bank erosion. *River Research and Applications* 21: 773–789.
- Reid, D., & Church, M. (2015). Geomorphic and ecological consequences of riprap placement in river systems. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 51(4), 1043-1059. DOI: 10.1111/jawr.12279.
- Rijkswaterstaat (1995). Beleidsnotitie voor de uitvoering van natuurvriendelijke oevers langs de Maas bij de directie Limburg. Rijkswaterstaat Limburg, Maastricht.
- Rijkswaterstaat Waterdienst (2009). "Monitoring en evaluatie Natuur(vriende)lijke Oevers Maas; Monitoringsplan ecologie en morfologie".
- Rijkswaterstaat (2015). Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016 – 2021. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Den Haag.
- Schiemer, F., Baumgartner, C., & Tockner, K. (1999). Restoration of floodplain rivers: The 'Danube restoration project'. *Regulated Rivers: Research & Management*, 15(1), 231-244.

- Schmutz, S., Kremser, H., Melcher, A., Jungwirth, M., Muhar, S., Waidbacher, H., & Zauner, G. (2014). Ecological effects of rehabilitation measures at the Austrian Danube: a meta-analysis of fish assemblages. *Hydrobiologia*, 729(1), 49-60.
- Taal, M.D. & C.W.A.O. van Raalten (2005). Beheerplan voor de rijkswateren [BPRW] 2005-2008: balanceren tussen ambities en middelen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, DWW. Delft. 83 p. DWW publicatienr. DWW-2005-057.
- Van Kessel, N. M. Dorenbosch & F. Spikmans (2012). Vismonitoring natuurvriendelijke oevers Maas 2011. Onderzoek naar de functionaliteit voor juveniele vis. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Stichting Ravon, Nijmegen. In opdracht van RWS Waterdienst.
- Van Kessel, N., B. Niemeijer, V. de Jong & D. Heijkers (2014). Vismonitoring natuurvriendelijke oevers Maas 2014. Onderzoek naar de functionaliteit van NVO's voor juveniele vis. Natuurbalans - Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Walburg, L. & A. Knotters (2012). Natuurvriendelijke oevers Maas: Een tussentijdse analyse van de locaties Bergen, Beugen (Maasland), Zandmeren, Den Bosch – Oude Schans en Hedel (Mussenwaard), Rijkswaterstaat Data-ICT-Dienst. Definitief 15 juli 2012.
- Zajicek, P., Radinger, J., & Wolter, C. (2018). Disentangling multiple pressures on fish assemblages in large rivers. *Science of The Total Environment*, 627, 1093-1105.
- Zajicek, P., & C. Wolter (2019). The effects of recreational and commercial navigation on fish assemblages in large rivers. *Science of The Total Environment*, 646, 1304-1314.

Begrippenlijst

Begrip	Toelichting
Abundantie	Dichtheid (aantal of aantal per lengte (m oever) of oppervlakte-eenheid (ha)
Detritus	Dood organisch materiaal
Drift	Verspreiding van soorten door stroming of wind.
Exoot – invasief	Uitheimse soort. Invasief: dieren, planten en micro-organismen die door menselijk handelen in een nieuw gebied terechtkomen (zoals Nederland) en die door sterke vestiging en verspreiding schade kunnen veroorzaken.
Gilde	Groep van soorten. Indeling op basis van eigenschappen bijv. eisen aan milieuomstandigheden. Zie voor uitleg: https://en.wikipedia.org/wiki/Guild_(ecology)
Lineair mixed model	Statistische analysemethode. Zie voor uitleg: https://en.wikipedia.org/wiki/Mixed_model
Macrofauna 1. Dominant positief 2. Kenmerkend 3. Dominant negatief	Ongewervelde dieren die met het 'blote' oog te zien zijn. 1 - 3: deelmaatlatten voor de Kaderrichtlijn Water op basis waarvan de toestand van de macrofauna beoordeeld wordt (zie van der Molen et al. 2012)
Principale Component Analyse (PCA) en	Statistische analysemethode. Zie voor uitleg: https://en.wikipedia.org/wiki/Principal_component_analysis
Redundantie Analyse (RDA)	Statistische methode om de variatie te selecteren en samen te vatten van een groep doelvariabelen die verklaard kan worden door een groep van stuurvariabelen.
Preferentie	Voorkeur. Hier voor bepaalde milieuomstandigheden zoals substraat of stroming.
Saprobie	De hoeveelheid organische stof in het oppervlaktewater. Soms wordt dit ook wel 'organische verontreiniging' genoemd.
Secchi-diepte -	Maat voor de helderheid van het water. De secchi-diepte wordt bereikt als de lichtreflectie van het wateroppervlak gelijk is aan de lichtreflectie van de secchischijf onder water.
Substraat	de ondergrond waarop of waarin organismen en levensgemeenschappen leven
Time-lag	Vertraging, na-ijlen. In deze context rapport vertraagde ecologische respons op een ingreep (bijv. herstelmaatregel)

Begrip	Toelichting
Vissen 1. Reofiel/rheofiel 2. Limnofiel 3. Eurytoop	1. Stromingsminnend 2. Helder water en plantenminnend 3. Tolerant voor een breed spectrum van milieuomstandigheden
Waterplanten 1. Submers 2. Emers 3. Drijvend	1. Geheel ondergedoken 2. Delen van de planten boven water 3. Delen van de planten drijven op het water