

2020

Rapportage natuurgegevens langsdammen Waal 2016 - 2020



F.P.L. Collas, N.Y. Flores,
R. van Aalderen, F. Bosman,
M.M. Schoor,
L. N.H. Verbrugge N. Van Kessel,
W. Romeijn
B. Achterkamp, W. Liefveld,
A.D. Buijse,
& R.S.E.W. Leuven

Rapportage natuurgegevens langsdammen Waal 2016 - 2020

F.P.L. Collas, N.Y. Flores,
R. van Alderen, F. Bosman, M.M. Schoor,
L.N.H. Verbrugge, W. Romeijn, N. Van Kessel,
B. Achterkamp, W. Liefveld, A.D. Buijse
& R.S.E.W. Leuven

11 December 2020

Radboud Universiteit,
Rijkswaterstaat, Sportvisserij Nederland,
Hengelsport Federatie Midden Nederland,
Deltares, Bureau Waardenburg,
Universiteit Twente

Radboud Universiteit



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



UNIVERSITY
OF TWENTE.



Reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2020-2

De reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie wordt gepubliceerd door de afdeling Dierecologie en Fysiologie, Instituut voor Water en Wetland Research, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 134, 6525 AJ Nijmegen, Nederland (tel. secretariaat: + 31 (0)243652902).

Verslagen Dierecologie en Fysiologie

Titel:	Rapportage natuurgegevens langsdammen Waal 2016 - 2020
Auteurs:	F.P.L. Collas, N.Y. Flores, R. van Aalderen, F. Bosman, M.M. Schoor, L.N.H. Verbrugge N. Van Kessel, B. Achterkamp, W. Romeijn, W. Liefveld, A.D. Buijse & R.S.E.W. Leuven
Omslag foto:	De langsdam in de Waal nabij Dreumel in april 2019 (Foto: F.P.L. Collas)
Orders:	Secretariaat van de afdeling Dierecologie en Fysiologie, Faculteit der Natuurwetenschappen en Informatica, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland, e-mail: p.charpentier@science.ru.nl, onder vermelding Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2020-2
Trefwoorden:	Visstand, visonderzoek, ecologie, kribvak, langsdam, oeversgeul, Tiel, inheemse soorten, invasieve exoten, uitheemse soorten, macrofauna, waterplanten, habitat

© 2020. Afdeling Dierecologie en Fysiologie, Instituut voor Water en Wetland Research, Faculteit der Natuurwetenschappen en Informatica, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorwoord

In 2014 is Rijkswaterstaat begonnen met de aanleg van een serie langsdammen in de Waal tussen Wamel en Ophemert. Oplevering van de langsdammen geschiedde in maart 2016. Daarbij is verondersteld dat de langsdammen positieve effecten hebben op de hoogwaterveiligheid, afvoer van sediment en ijs, scheepvaart en ecologische kwaliteit van de rivier. Na afronding van de langsdamconstructie in maart 2016 is monitoring gestart om de effecten op biodiversiteit en het functioneren van het riviersysteem te beoordelen. Dit rapport focust op alle ecologische gegevens verzameld in de periode 2016 – 2020. De monitoring is uitgevoerd in het kader van drie projecten: 1) het WaalSamen project, 2) het NWO-TTW Perspectief programma RiverCare (P12-14; sub project A2 “Ecologie van langsdammen) en 3) de Groen Blauwe Rijn alliantie. Het onderzoek is uitgevoerd door Roland van Aalderen (Sportvisserij Nederland), Frank Bosman (Hengelsport Federatie Midden Nederland), Margriet Schoor (Rijkswaterstaat Oost Nederland), Tom Buijse (Deltares), Frank Collas, Natasha Flores en Rob Leuven (Radboud Universiteit - IWWR), Bart Achterkamp, Nils van Kessel en Wendy Liefveld (Bureau Waardenburg) en Laura Verbrugge (Destijds: Radboud Universiteit – ISIS / Universiteit Twente). Tevens hebben een groot aantal vrijwilligers bijgedragen door middel van het doorgeven van hun hengelvangsten en het deelnemen aan viswedstrijden.

Inhoud

Samenvatting	5
1. Inleiding	8
1.1 Langsdammen	8
1.2 Het langsdammen traject	9
1.3 Verwachting langsdammen	12
1.4 Leeswijzer	15
2. Methodieken	16
2.1 Abiotiek	16
2.1.1 Hydrologie	16
2.1.2 Morfologische ontwikkeling	16
2.1.3 Invloed scheepvaart	17
2.1.4 Habitat kartering	18
2.1.5 Connectiviteit	19
2.1.6 Zandafzetting oever	19
2.2 Biotiek	20
2.2.1 Vis	20
2.2.2 Macrofauna	22
2.2.1 Waterplanten en mossen	23
2.2.2 Stroomdalflora	24
2.3 Data Analyse	24
2.3.1 Vis	24
2.3.2 Macrofauna	26
3. Resultaten	28
3.1 Habitat	28
3.1.1 Effect scheepvaart	28
3.1.2 Morfologische ontwikkeling	30
3.1.2.1 Evaluatie erosie/sedimentatie oevergeulen	30
3.1.2.2 Oeverlengte oevergeulen	33
3.1.3 Substraat, waterdiepte en stroomsnelheid	34
3.1.4 Connectiviteit	37
3.1.5 Erosie snelheid eroderende oevers	38

3.1.6	Zandafzetting.....	41
3.1.7	Samenvatting en conclusies ontwikkeling en diversiteit habitat in oevergeulen	43
3.2	Biota	45
3.2.1	Vis	45
3.2.1.1	MWTL trend Waal	45
3.2.1.2	Resultaten oevergeul.....	47
3.2.1.3	Vergelijk visstand oevergeulen.....	54
3.2.1.4	Invloed aanpassing drempel oevergeul bij Wamel	56
3.2.1.5	Migratie diadrome vis	57
<i>NEDAP</i>	57	
3.2.1.6	Gebruik langsdammen	61
3.2.1.7	Conclusie vis	64
3.2.2	Macrofauna	67
3.2.2.1	Effect langsdammen.....	67
	Familierijkdom.....	67
	MWTL resultaten.....	71
3.2.2.2	Conclusie macrofauna	76
3.2.3	Planten en mossen	76
3.2.3.1	Waterplanten en mossen	76
3.2.3.2	Stroomdalflora.....	78
3.2.3.3	Conclusie (water)planten en mossen.....	79
3.2.4	Anekdotische informatie	79
3.2.4.1	Vleermuizen.....	79
3.2.4.2	Bever.....	80
3.2.4.3	Vogels	80
3.2.4.4	Detritus.....	81
3.2.4.5	Overige waarnemingen	82
4.	Conclusies & aanbevelingen	84
4.1	Conclusies.....	84
4.2	Aanbevelingen.....	85
5.	Literatuur	88
6.	Bijlagen	90
	Hengelvangst.....	90

Viswedstrijd.....	91
Broedzegen.....	92
Stroomzegen (75 meter zegen).....	94
Broedkor/wonderkuil.....	94
Elektrovisserij.....	94
Fuik monitoring.....	96
Ankerkuil	96
NEDAP	97
Pulsdradenvisserij.....	97
Bodemzuiger.....	97
MWTL	98
Steekbuis bemonstering.....	99
Stortsteen bemonstering.....	99
Bodemzuiger.....	99
0-meting	99
MWTL	99
Bijvangst	100
<i>Zegenmonitoring</i>	100
<i>Fuikvisserij</i>	100

Samenvatting

Gedurende de periode 2016 tot en met 2020 zijn de effecten van de recent aangelegde langsdammen in de Waal nabij Tiel op vis, macrofauna en waterplanten in de oeversgeul en de zandafzettingen en vegetatie op de oever onderzocht. De oeversgeul wordt door de langsdam gescheiden van de hoofdgeul. Oever- en hoofdgeul staan permanent met elkaar in verbinding via een in- en uitstroomopening en afhankelijk van de waterstand via verlagingen in de langsdam (tussenopeningen). De beroepsbinnenvaart gebruikt de hoofdgeul, terwijl de recreatievaart de oeversgeulen kan gebruiken wanneer deze opengesteld zijn. De langsdam bewerkstelligt hierdoor een scheiding van de functies vaarweg en natuur. Het onderzoek had tot doel de ecologische effecten hiervan te evalueren, waarbij specifiek gekeken wordt in hoeverre dit bijdraagt aan de doelstellingen voor de Europese Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Vanuit de sportvisserij is er interesse welke vissoorten en levensstadia zich thuis voelen in de oeversgeul en het mogelijke effect van de maatregel op de visstand. Tenslotte is er tijdens het veldwerk ook oog voor verrassingen en onverwachte ontwikkelingen.

Hydro-morfodynamiek:

- In de oeversgeul achter de langsdammen is minder invloed van scheepvaart (golfslag, waterverplaatsing, onderwatergeluid). Hierdoor zijn de habitatomstandigheden in de tijd stabiel en hetgeen een verbetering is;
- Op voorhand is de zorg geuit dat de langsdam de vorming van oeverswallen zou belemmeren doordat deze het zandtransport naar de oever blokkeert. Dit blijkt nochtans niet het geval. Zandafzetting op de oever achter de langsdammen vindt nog steeds plaats tijdens hoge rivierafvoeren; hierdoor ontstaan potentiële groeiplaatsen voor specifieke stroomdalflora;
- Lokale oeverserosie resulteert in steilwanden die een habitat vormen voor soorten zoals de oeverswaluw en bever. De gemiddelde erosiesnelheid lijkt af te nemen;
- De oeversgeulen staan het hele jaar met de hoofdgeul in verbinding en stromen permanent. Deze hoge hydrologische connectiviteit waarborgt de ecologische waarde van de oeversgeul tijdens lage rivierafvoeren en lage waterstanden vooral voor de stromingsminderende (reofiele) soorten;
- Door de afwisseling van steile en flauwe oevers, snelstromend en langzaamstromend water, diepe en ondiepe stukken is de habitatdiversiteit in de oeversgeul anders en hoger dan in kribvakken.
- Dankzij de verminderde invloed van scheepvaart(golven) lijkt de groeigrens van de oever gezien zich verder richting het water te verplaatsen.
- Alle drie de oeversgeulen worden gekenmerkt door netto erosie. Echter is het verlies in m³ lager dan in nabijgelegen referentiekribvakken wanneer gecorrigeerd naar erosie per 200 meter oeverslengte.
- Er zijn locaties in de oeversgeul waar de bodem licht ophoogt door sedimentatie, wat zal resulteren in een toename in ondieptes. Dit is gunstig voor de habitatdiversiteit met variatie in ondieptes, stroomsnelheden en substraat (grindige bodems, detritus).
- De totale oeverslengte per riviermeter neemt toe door de aanleg van de langsdam aangezien de langsdam op zichzelf de lengte verdubbeld hetgeen positief is voor biodiversiteit. Wanneer stenig substraat niet wordt meegenomen in de oeverslengte dan is de oeverslengte in een aantal oeversgeul gebieden hoger dan in referentie kribvak gebieden.

Vissen:

- Soortenrijkdom van inheemse vis in de beschutte oeverzone achter de langsdam neemt toe ; Dit zijn vooral winde, blankvoorn, baars, sneep en alver.
- De dichtheden van zowel inheemse als uitheemse vissen zijn hoger in de oevergeulen;
- Er is weinig verschil in soortenrijkdom en aantallen tussen de drie oevergeulen;
- Het dichtzetten van de instroomopening van oevergeul bij Wamel heeft geen nadelige gevolgen gehad voor de soortenrijkdom noch voor de dichtheden ;
- De oevergeul vervult vooral een toegevoegde waarde als opgroei-habitat voor jonge vis. Volwassen vissen worden ook waargenomen, maar het is onduidelijk of dit verschilt van de oorspronkelijke situatie.
- Diadrome vissen profiteren van de oevergeul. Ze worden niet beperkt in hun migratiemogelijkheden door de aanleg van langsdammen. Integendeel, smolts (jonge zalmen) bleken door de oevergeul stroomafwaarts te zwemmen. In de bodem van de oevergeul zijn jonge rivierprikken aangetroffen.

Macrofauna:

- De soortenrijkdom en dichtheid (individuen/m²) van macrofauna in de zanderige oeverzone neemt toe in de oevergeul door aanleg van langsdammen;
- Zowel uitheemse soorten (bijvoorbeeld Aziatische korfmosselen) als inheemse soorten (bijvoorbeeld eendagsvliegen) profiteren van de aanleg van oevergeulen;
- Macrofauna op stenig substraat in de oeverzone vertoont een vergelijkbare dichtheid als in kribvakken;
- Zeldzame soorten als de rivierrombout (habitatrictlijn) en inheemse zoetwatermosselen profiteren van de omstandigheden van oevergeulen achter de langsdammen.

Waterplanten en mossen:

- Vestiging van waterplanten in de oevergeulen is waargenomen, zij het vooralsnog zeer beperkt; Uitgebreide ontwikkeling van waterplanten werd op voorhand niet verwacht vanwege de grote waterstandsfluctuatie bij verschillende afvoeren. Mogelijk dat de beschutte omstandigheden in de oevergeul achter de langsdam de kansen voor waterplanten vergroten.

Stroomdalflora

- Er lijkt vooralsnog geen negatief effect te zijn op de stroomdalflora in de Dreumelsche uiterwaard, omdat er zandafzetting op de oevers plaatsvindt tijdens perioden met hoge rivierafvoeren.

Ecologische optimalisatie oevergeulen:

- Natuurlijke ontwikkelingen zo ruim en lang mogelijk toestaan, omdat dit de habitatdiversiteit vergroot. Dit vraagt om een zo gering mogelijke baggerinspanning hetgeen ook gunstig is voor de kosten voor onderhoud;
- Bij toepassing elders overweeg om een langsdam van een ander materiaal dan stortsteen te maken omdat stortsteen geen gebiedseigen materiaal is;

- Bij het dimensioneren van het ontwerp zogenaamde overruimte meenemen, die vegetatieontwikkeling op de oever mogelijk maakt. Dit beperkt latere kosten voor onderhoud en is ecologisch gunstig;
- Het vergroten van structuur in de oevers zoals door hout, die de stromingspatronen beïnvloeden en als natuurlijk hard substraat kan dienen, steiloevers en met struiken en bomen begroeide oevers;
- Lokaal bredere overstromingsvlakte (flauwe oevers) en meer verbinding met de uiterwaard en uiterwaard wateren door bijvoorbeeld uiterwaardverlaging of kadeverwijdering;
- Bij het verwijderen van de kribben de kribrestanten zo goed mogelijk verwijderen om habitat voor exotische vissen te minimaliseren.

1. Inleiding

1.1 Langsdammen

Het riviersysteem van de Rijn, met daarin alle Nederlandse Rijntakken, kent problemen met onder meer hoogwaterveiligheid, insnijding van de zomerbedbodem, daling van laagwaterstanden en grondwaterstanden, de kwaliteit van het rivierecosysteem, en het gebruik van de rivier als vaarweg. De laatste decennia wordt onderkend dat de sectorale aanpak niet efficiënt is. De beleidsdirecties van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat hebben de wens uitgesproken voor een meer innovatieve systeem- en gebiedsgerichte aanpak, met integrale aandacht voor alle probleemvelden tegelijk. Deze integrale aanpak beoogt de som van alle problemen te reduceren in plaats van slechts de problemen van een beperkt aantal sectoren.

Voor deze integrale aanpak heeft Rijkswaterstaat Oost-Nederland een idee gelanceerd onder de werknaam WaalSamen. Dit is een plan voor herinrichting van het zomerbed in de gehele Waal. De herinrichting wijzigt het principe van het bestaande normalisatiesysteem door het zomerbed te verdelen in twee parallelle stroomgeulen, gescheiden door een langsdam. Om de eigenschappen van deze systeemwijziging in de praktijk te beproeven is over een lengte van tien kilometer de pilot Langsdammen uitgevoerd. Het doel daarvan is een proof of concept, om meer zekerheid te verkrijgen over de integrale werking en de potenties van een dergelijke systeemwijziging.

Voor de pilot werd het Waaltraject Wamel-Ophemert (km 911.5-921.5) bij Tiel gekozen. Om redenen van efficiëntie werd de pilot tegelijk uitgevoerd met Fase III van het project Kribverlaging Waal van het programma Ruimte voor de Rivier. Hiervoor leverde Rijkswaterstaat Oost-Nederland op 30 juni 2011 de producten van een SNIP-3-besluit op aan de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier van Rijkswaterstaat, inclusief een omwisselbesluit om geplande kribverlaging te vervangen door [langsdammen](#). De Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat bekrachtigde dit eind 2011. De langsdammen tussen Wamel en Ophemert werden vervolgens in de periode van augustus 2014 tot maart 2016 gerealiseerd.

Voor, tijdens en na de aanleg van de langsdammen is een uitgebreid monitorings- en onderzoeksprogramma uitgevoerd door de partners van de samenwerkingsovereenkomst 'WaalSamen'. Dit programma is afgesloten met een integrale eindevaluatie, onderverdeeld in 12 inhoudelijke deelprojecten die worden aangeduid met "WP" (werkpakket). Voor u ligt het deelrapport van WP8 over het onderdeel van de evaluatie van het tweegeulensysteem met langsdammen dat gericht is op de functie natuur. De deelrapporten vormen de ondergrond van het hoofdrapport, maar de inzichten en conclusies zijn bij het opstellen van dat hoofdrapport integraler beschouwd, verder geëvolueerd en verduidelijkt. Waar dat mogelijk tot verschillen heeft geleid, zijn de conclusies van het hoofdrapport leidend.



Figuur 1.1: Oeverwalwluw nesten (juli 2018) in een steilwand die is ontstaan in de oevergeul bij Wamel (Foto: F. Collas).

1.2 Het langsdammen traject

In de Waal zijn nabij Tiel een drietal langsdammen aangelegd van respectievelijk 3, 4 en 3 km (Figuur 1.2). Twee zijn aangelegd langs de linkeroever (Wamel en Dreumel) en een langs de rechteroever (Ophemert). Het langsdammen traject loopt van rivierkilometer 911.5 – 922.



Figuur 1.2: De drie langsdammen in de Waal nabij Tiel.

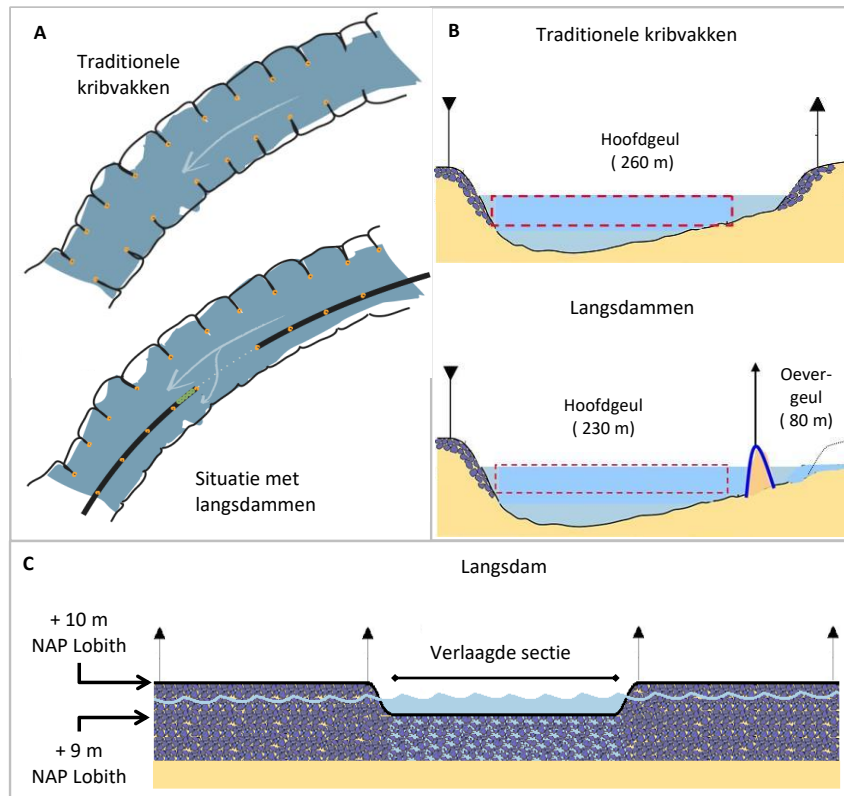
De drie langsdammen zijn in de binnenbocht van de rivier [aangelegd](#), waarbij de kribben zijn verwijderd (Figuur 1.3; Figuur 1.4A). De kribben die ertegenover in de buitenbocht liggen, zijn niet verlaagd zoals elders in de Waal wel gedaan is. De langsdammen zijn 30 m uit de oorspronkelijke krib kop geplaatst. Hierdoor neemt de breedte van de hoofdgeul af (Figuur 1.4B). De geul die ontstaat achter de langsdammen is vanwege de hoge connectiviteit met de hoofdgeul anders dan de bestaande nevengeulen in het rivierengebied en wordt daarom 'oevergeul' genoemd. Op een aantal strategische locaties is de langsdam verlaagd over een

lengte van ongeveer 200 m. Hier heeft de langsdam geen vaste kern waardoor het gehele jaar [uitwisseling](#) mogelijk is van water, sediment en biota tussen hoofdgeul en [oevergeul](#) (Figuur 1.4C). Deze verlaagde delen zijn aan te passen in hoogte, waarmee de uitwisseling tussen hoofdgeul en oevergeul beïnvloed kan worden.



Figuur 1.3: Constructie van de Ophemert langsdam in maart 2015 (Foto: F. Collas).

Sinds de afronding van de aanleg van de langsdammen in maart 2016 hebben er een aantal aanpassingen van het initiële ontwerp plaatsgevonden, die mogelijk een invloed hebben gehad op de natuur-effecten. Zo is de instroomopening van de oevergeul bij Wamel in 2018 afgesloten met een drempel. Hierdoor is de doorstroming van de oevergeul sterk verminderd. Het rivierwater stroomt echter nog steeds in de oevergeul, doordat de drempel in de instroomopening net als de verlagingen geen harde kern heeft. Hierdoor stroomt water vanuit de hoofdgeul nog steeds door de drempel naar binnen. Sinds het afsluiten van de instroomopening kan recreatievaart geen gebruik meer maken van deze oevergeul. De instroomopening van de oevergeul bij Dreumel is twee keer aangepast. De eerste aanpassing heeft plaatsgevonden in [2018](#) waarbij de instroom opening kleiner is gemaakt met als doel het debiet in de oevergeul te verkleinen. Dit bleek echter niet zo te werken. Door de versmalling nam de stroomsnelheid in de instroomopening toe, met mogelijke risico's voor recreatievaart. Daarom is in 2019 de instroomopening weer iets verbreed, waardoor de stroomsnelheid voldoende afnam. Vanwege het hoge debiet in de oevergeul bij Ophemert is in 2019 de instroomopening aangepast. De aanpassing bestond uit het verhogen van de aanwezige drempel over de halve lengte van de instroomopening middels een schuin oplopend talud (horizontaal op hoogte OLW + 1,00 m met aan het bovenstroomse deel een helling van 1:10).



Figuur 1.4: Schematische weergave van de langsdammen in (A) helikopterperspectief, (B) een dwarsdoorsnede van een locatie met kribben en met de langsdam en (C) een zijaanzicht van een verlaagde sectie van de langsdammen.

1.3 Verwachting langsdammen

Langsdammen van dit formaat (bijna 10 km!) zijn nog nergens te vinden. Wel zijn langsdam-achtige constructies op kleinere schaal gerealiseerd, zowel in Nederland als onder meer in Duitsland. De effecten ervan zijn deels onderzocht en laten positieve effecten op inheemse vis en macrofauna zien. In 1994 is bijvoorbeeld een langsdam aangelegd bij Opijnen door een aantal kribvakken met elkaar te verbinden achter een strekdam (Simons et al., 2000). De ontstane oevergeul heeft een beperkt debiet en stroomt bij lage waterstanden niet mee. De macrofauna in deze geul bestaat dan ook voornamelijk uit soorten die niet specifiek stroomminnend zijn. Tevens zijn exoten zeer dominant. Vis profiteert duidelijker van de geul bij Opijnen. De geul vormt een opgroeigebied voor karakteristieke reofiele vissoorten, al wordt de visgemeenschap gedomineerd door eurytope vis (Simons et al., 2000; Grift 2001; Kranenbarg, 2004). Ook in Duitsland zijn langsdammen aangelegd, onder andere in de Elbe en in de Rijn bij Walsum Stapp. In de Elbe is met name een positief effect op dichtheden van macrofauna te zien (Brabender, 2015). Ook blijkt de soortenrijkdom hoger achter de langsdam dan in nabijgelegen kribvakken (Brabender et al. 2016). Dit is ook het geval bij de langsdam bij Walsum Stapp (Schöll, 2011).

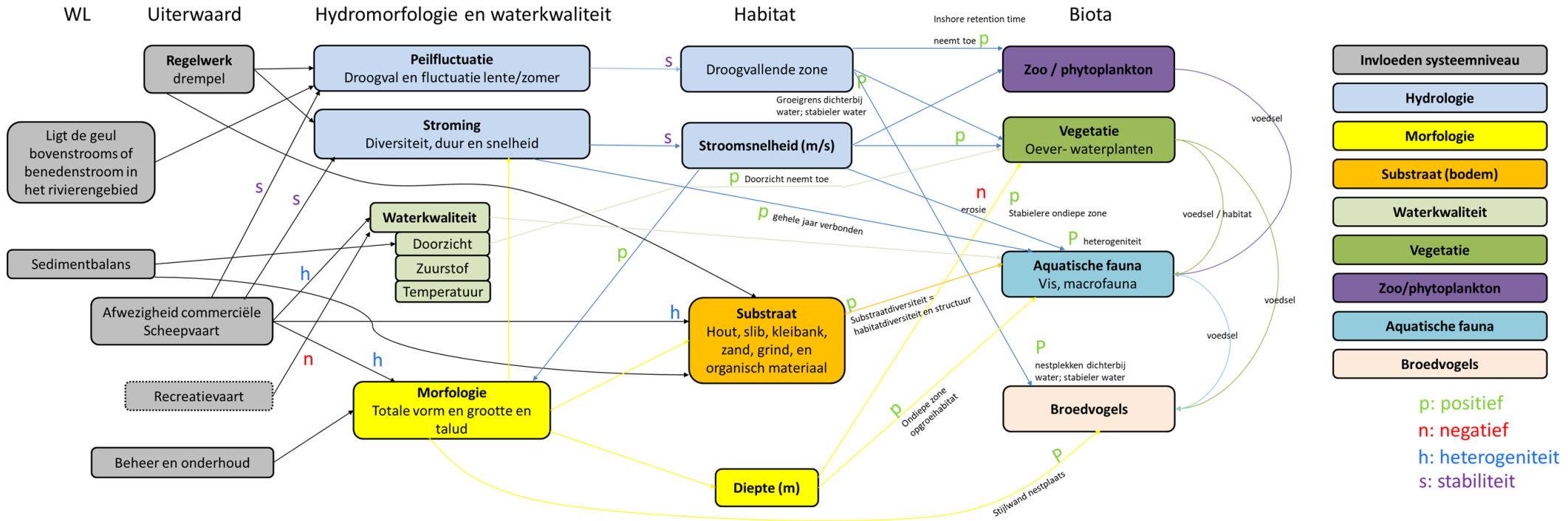
De verwachting is dat dankzij de beschutting van de langsdam, de invloed van de scheepvaart in de geul erachter afneemt, wat in combinatie met een hoge connectiviteit resulteert in meer geschikt habitat voor (reofiele) inheemse vissoorten. Daarnaast zullen naar verwachting ook inheemse macrofauna soorten in abundantie toenemen, en mogelijk neemt ook de soortenrijkdom toe. Doordat de oevers niet langer gefixeerd zijn door kribben, is de verwachting dat natuurlijke hydromorfologische processen meer actief zijn in de oevergeul in vergelijking met de kribvakken. Dit geldt ook voor de vergelijking met bestaande nevengeulen in het Rijn-systeem, die een lagere connectiviteit met de rivier hebben (deel van het jaar geen verbinding of stroming).

Het te verwachten effect op macrofauna en vis komt tot stand door enerzijds de verbeterde habitatkwaliteit door het wegvallen van de invloed van scheepvaart (Figuur 1.5) en anderzijds door de toename in habitatdiversiteit door de toename in natuurlijke hydromorfologische processen (Figuur 1.5). Kanttekening is dat wel recreatievaart in de oevergeul is toegestaan, wat mogelijk een beperkend effect op de verbetering van de habitatkwaliteit heeft. Ook stelt de recreatievaart randvoorwaarden aan het beheer van de oevergeul, waardoor de natuurlijke ontwikkeling qua habitatdiversiteit mogelijk wordt verstoord (Figuur 1.5).

Gebaseerd op de effecten die elders zijn waargenomen bij langsdammen en in een aantal brainstormsessies die hebben plaatsgevonden in de ontwerpfase van de langsdammen in de Waal, is een aantal onderzoeksvragen geformuleerd die in dit rapport worden behandeld:

- Wat is de invloed van scheepvaart op habitat kwaliteit in een oevergeul?
- Welke habitats zijn beschikbaar in een oevergeul en hoe ontwikkelen de habitats in de tijd?
- Wat is het verschil in visstand tussen de oevergeul en kribvakken en nevengeulen?
- Verschillen de oevergeulen onderling in visstand?
- Wat is de invloed van de drempel in de instroomopening op de visstand?
- Migreren diadrome vissen door de oevergeul?
- Wat is het verschil in macrofauna tussen de oevergeul en kribvakken?
- Is er vestiging van waterplanten?

- Bevordert of remt de oeversgeul de dominantie van uitheemse soorten?
- Wat zijn de mogelijkheden om de oeversgeulen ecologisch waardevoller te maken?
- Vindt er zandafzetting plaats op de droge oever naast de oeversgeulen en hoe reageert de stroomdalflora?



Figuur 1.5: Conceptueel schema voor oevergeulen achter langsdammen (Aangepast van 'Conceptueel schema Nevenggeulen en Strangen', Geerling 2016). WL = waterlichaam

1.4 Leeswijzer

Dit rapport presenteert de verzamelde abiotische en biotische gegevens van de effectmonitoring van de langsdammen in de periode 2016 – 2020. Hoofdstuk twee beschrijft kort de verschillende monitoringstechnieken en hoofdstuk drie de resultaten. In hoofdstuk vier worden het overzicht van de conclusies gegeven en worden aanbevelingen gedaan en verbetermogelijkheden benoemd. De hyperlinks in dit document verwijzen naar filmbeelden die sturende processen in de oevergeul visualiseren.



Figuur 1.6: Sportvissers tijdens zonsondergang bij de instroomopening van de oevergeul bij Ophemert in juli 2018 (Foto: F. Collas).

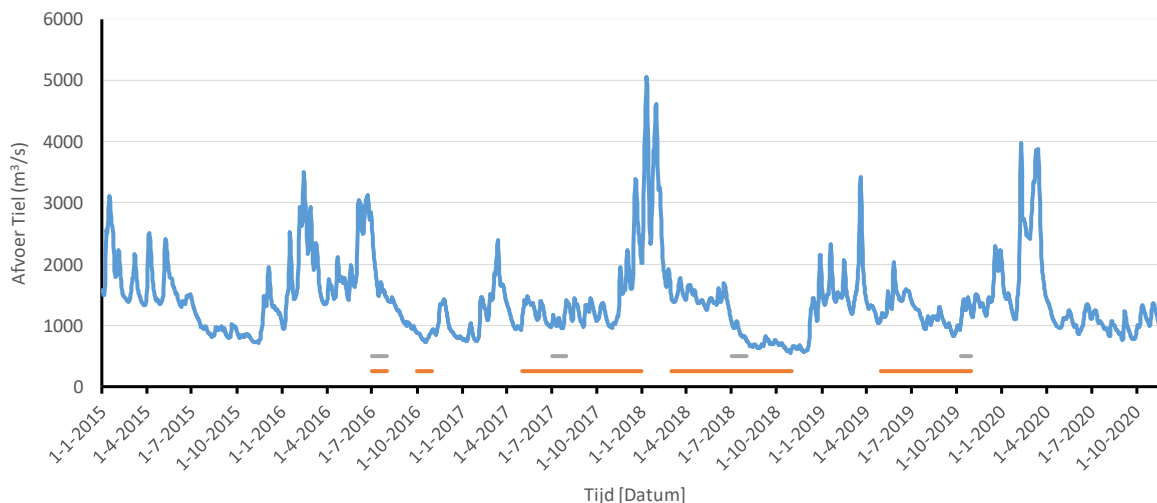
2. Methodieken

Er zijn verschillende onderdelen uitgevoerd binnen het monitoringsprogramma Waalsamen in de periode 2016-2020 om de verschillende onderzoeksvragen te beantwoorden. Voor het onderdeel 'Natuur' (WP8), nemen we ook enkele onderdelen mee die buiten het WaalSamen-project zijn uitgevoerd, zoals de inventarisatie van oeverplanten (stroomdalsoorten) en de data van het standaard meetnet van RWS (MWTM). Daarnaast zijn er nog de monitoringsprogramma's 'vissen in uiterwaard wateren Rijntakken' en 'rivierhout' waarbij ook gegevens worden verzameld in de oevergeulen. De betreffende gegevens zijn (nog) niet geanalyseerd en daardoor niet opgenomen in voorliggende rapportage. Ook zijn enkele onderdelen opportuun toegevoegd, zoals de waterplanten inventarisatie en de inventarisatie van zandafzettingen na hoogwater. Het gaat niet alleen om biotische parameters, maar ook om hydrologische, morfologische en fysische parameters die invloed hebben op de biotische parameters.

2.1 Abiotiek

2.1.1 Hydrologie

De afvoer vertoonde een natuurlijke variatie gedurende de monitoringsperiode 2016 - 2020 (Figuur 2.1). In 2016 was er in de zomer een hogere waterstand dan normaal. In 2017 was de afvoer gemiddeld terwijl in 2018 de afvoeren het grootste deel van het jaar relatief laag waren. In de overgang van 2017 naar 2018 was er een afvoerpiek, die de morfologie van het onderzoeksgebied heeft veranderd. In 2019 was de afvoer gemiddeld, vergelijkbaar met 2017.



Figuur 2.1: De afvoer van de Waal bij Tiel gedurende de natuurmonitoring 2015 - 2019. De grijze en oranje lijnen geven de periodes aan waarin respectievelijk macrofauna- en vismonitoring heeft plaatsgevonden.

2.1.2 Morfologische ontwikkeling

Ter evaluatie van de ontwikkeling van de oevergeulen in de tijd zijn een drietal analyses uitgevoerd (Flores et al. in voorbereiding): 1) is er sprake van aanzanding of erosie in de oevergeulen?; 2) wat is de erosiesnelheid van de oevers en 3) wat is de ontwikkeling in oeverlengte voor en na de aanleg van de langsdammen. Voor een

gedetailleerde uitleg van de gebruikte methode per analyse zie Flores et al. (in voorbereiding). Hieronder een beknopte duiding per analyse.

Evaluatie erosie/sedimentatie oevergeulen

Een Digitaal Terrein Model is gecreëerd voor de drie oevergeulen voor 2014, 2015, 2016, 2018 en 2019 gebruikmakend van de beschikbare laseraltimetrie gegevens en de multibeam metingen (Flores et al. in voorbereiding). Deze hebben in dezelfde periode als de laseraltimetrie metingen plaatsgevonden. Om gaten tussen de laseraltimetrie gegevens en de multibeam gegevens te vullen is gebruik gemaakt van de 'Elevation Void Fill' functie in ArcGIS. De gecreëerde Digitale Terrein Modellen (DTMs) hebben een resolutie van 1 bij 1 m. Vervolgens is gebruikmakend van luchtfoto's een gecombineerde vegetatiegrens gedurende de gehele studieperiode bepaald. De betreffende grens is gebruikt als afbakening van de oevergeul. Naast de drie oevergeulen zijn ook twee locaties met kribvakken meegenomen als referentiegebied. Per locatie is vervolgens een sediment budget bepaald door twee opeenvolgende jaren te vergelijken. Hiervoor is de 'Surface Volume tool' gebruikt van de 3D Analyst toolbox in ArcGIS.

Erosie snelheid eroderende oevers

Voor de jaren 2015, 2016, 2018 en 2019 is handmatig de grens van de eroderende oevers gedigitaliseerd (Flores et al. in voorbereiding). Om dit zo nauwkeurig mogelijk te doen is gebruikgemaakt van luchtfoto's (0.05 tot 1 m pixel grootte), de laseraltimetrie gegevens en de ontwikkelde DTMs. Vervolgens is elke jaarlijkse oeverlijn opgeknipt in dezelfde secties (34 secties voor Wamel en 84 voor Dreumel). Gebruikmakend van de 'Generate Near Table tool' is vervolgens de absolute afstand in de tijd bepaald tussen secties. Vervolgens is de gemiddelde afstand tussen jaren bepaald.

Oeverlengte oevergeulen

De oeverlengte in de maanden april tot september (ecologisch relevant) is bepaald gebruikmakend van de ontwikkelde DTMs en een door Rijkswaterstaat aangeleverde verhanglijn van het langsdammengebied (ongeveer 10 cm/km). Vervolgens is de DTM gecombineerd met de verhanglijn en de gemiddelde waterstand gedurende de periode 2014 t/m 2019 in april tot en met september (Flores et al. in voorbereiding). De combinatie van voornoemde gegevens resulteerde in contourlijnen. Per jaar maand combinatie is de contourlijn bepaald en vervolgens opgeknipt in relevante oevergeul en kribvak habitats (bijv. zanderige oever of eroderende oever). De betreffende oeverlengte per habitat is vervolgens gedeeld door de rivierlengte resulterend in een maat voor oeverlengte per rivierlengte.

2.1.3 Invloed scheepvaart

Om de [invloed](#) van scheepvaart op de oevergeul te meten zijn twee meetcampagnes uitgevoerd (Figuur 2.2). De eerste campagne bestond uit fysische metingen in de oevergeul achter een verlaging in de langsdam en in een nabijgelegen kribvak. Het tweede onderzoek richtte zich op het meten van de invloed van scheepvaart achter de langsdammen in een gradiënt van de verlaging tot de in- of uitstroomopening. Beide meetcampagnes hebben plaatsgevonden bij de oevergeul bij Dreumel. Hierbij

zijn metingen verricht aan de invloed van scheepvaart op stroomsnelheid, golflslag, waterdynamiek en temperatuur (Collas et al. 2018). Tevens is in juli 2017 eenmalig onderzoek gedaan naar de effecten van de langsdam op het onderwatergeluid in relatie tot scheepvaart.



Figuur 2.2: De langsdam bij Wamel houdt de scheepvaartgolven tegen (Juli 2018, Foto: F. Collas).

2.1.4 Habitat kartering

Om een beeld te krijgen van de beschikbare (aquatische) habitats in de oevergeulen (Figuur 2.3) zijn in 2019 gedetailleerde data verzameld over het substraattype, de stroomsnelheid en diepte. Op basis van deze drie elementen kan de habitat voor vis, macrofauna en waterplanten gekarakteriseerd worden. Het substraat is vastgesteld gebruik makend van 'side scan sonar'. In alle drie de oevergeulen is vlakdekkend tot een bevaarbare diepte van ongeveer 1 meter side scan sonar data verzameld. Ook zijn bodemonsters verzameld met een Van Veen happer. Vervolgens zijn de ruwe sonar beelden gekoppeld aan het type substraat dat is bemonsterd. Dit resulteerde in een vlakdekkend overzicht van het beschikbare substraat in de oevergeul (zie Collas et al. 2019 voor een gedetailleerde methodologische beschrijving). Stroomsnelheden zijn vlakdekkend door Rijkswaterstaat verzameld middels een ADCP meting in dezelfde week als het side scan sonar onderzoek bij een weeggemiddelde afvoer van 1321 m³/s bij Lobith. Met dezelfde methode is ook de bodemligging (bathymetrie) van het traject in kaart gebracht, waarmee de waterdieptes zijn berekend. Vervolgens zijn de gegevens van substraat, stroomsnelheid en waterdiepte gecombineerd tot habitatkaarten. In 2019 heeft de monitoring in april plaatsgevonden in alle drie de oevergeulen. In 2020 is de monitoring uitgevoerd in mei, waarbij de stroomsnelheid en diepte alleen in de oevergeul bij Dreumel zijn verzameld.



Figuur 2.3: Weergave van een aantal processen die in de oevergeulen plaatsvinden (A) erosie van oevers, (B) ontstaan flauwe oevers met variatie, afzetting van slib (C) en zand (D) op de oevers na hoogwater (Foto's: F. Collas).

2.1.5 Connectiviteit

De oevergeulen achter de langsdammen verschillen van de huidige Nederlandse nevengeulen, onder meer doordat de oevergeulen permanent watervoerend en meestromend zijn. Ze nemen ook een groter deel van de afvoer van de Waal voor hun rekening: ca. 10% tegenover ca. 1% voor de meeste nevengeulen. Hierdoor is de stroomsnelheid veel hoger in de oevergeulen dan in de huidige nevengeulen en stromen ze ook bij laagwater mee. Ecologisch gezien is dit een belangrijk voordeel omdat lage afvoeren in de toekomst steeds vaker voor zullen komen als gevolg van klimaatverandering en insnijding van het zomerbed. Nevengeulen zullen hierdoor steeds vaker stil -of droogvallen. Om een idee te krijgen wat het verschil in connectiviteit van de oevergeul ten opzichte van nevengeulen betekent, is bij een lage waterstand in juli 2018 een inventarisatie van connectiviteit van nevengeulen en oevergeulen gemaakt. Tevens is een analyse uitgevoerd van de frequentie van voorkomen van een waterstand lager of gelijk aan 7.50 m NAP bij Lobith. Bij deze waterstand waren (de meeste) nevengeulen en strangen in augustus 2018 geïsoleerd van de rivier.

2.1.6 Zandafzetting oever

In het voorjaar van 2016 en maart 2018 zijn na de hoogwaterperiode de zandafzettingen op de oevers van de oevergeul geïnterpreteerd (Reeze et al. 2016, Van Winden et al. 2018; Figuur 2.3, 2.4). De inventarisatie richtte zich op de wat hogere oevers, niet op de (dynamische) oeverzone direct aan het water. Elke plek met zandafzetting is met GPS ingemeten en de dikte van de zandlaag is bepaald

(Reeze et al. 2016). De inventarisatie vond plaats op de oever van de Wamel, Dreumel en Ophemert langsdam en ter vergelijking in de referentiegebieden Bisonbaai en Hurwenen. Ter hoogte van de Bisonbaai zijn de kribben niet verlaagd, ter hoogte van Hurwenen wel.

Na de hoogwaters van 1993 en 1995 zijn alle vier voorgenoemde locaties ook gemonitord (de zandafzetting van 1993 is in het voorjaar 1994 gemonitord), wat als nulmeting voor de aanleg van de langsdammen beschouwd zou kunnen worden. Wel is de gevolgde methodiek voor het kwantificeren van de zandafzettingen afwijkend. De vergelijking tussen de oudere en de recente gegevens kan dus niet één op één worden gemaakt. Binnen één jaar kunnen de verschillende gebieden met elkaar worden vergeleken. Op basis van de beschikbare informatie zijn drie analyses uitgevoerd: 1) oppervlak zandafzetting, uitgedrukt in m² zandafzetting per strekkende meter, 2) gemiddelde dikte zandafzetting en 3) volume zandafzetting uitgedrukt in m³ zandafzetting per strekkende meter rivieroever. Vanwege de verschillen in gehanteerde meetmethodiek zijn er geen statistische analyses uitgevoerd.



Figuur 2.4: Zandafzetting op de oever van de oevergeul bij Wamel in maart 2016 (Foto: F. Collas).

2.2 Biotiek

2.2.1 Vis

In de periode 2016 – 2019 is een groot aantal monitoringstechnieken toegepast in het langsdammen traject (Bijlage 1, Tabel B1). Alle gevangen vis is hierbij in het veld gemeten en gedetermineerd (Figuur 2.5). Bij sommige monitoringstechnieken zijn kleine individuen, die vanwege hun beperkte grootte moeilijk in het veld gedetermineerd konden worden, meegenomen naar het laboratorium en daar onder een binoculair gedetermineerd.



Figuur 2.5: Sneep (l) en serpeling (r) gevangen tijdens nachtelijke broedzegen monitoring in de oeversgeul bij Dreumel juli 2016 (Foto: F. Collas).

Niet alle verzamelde visgegevens zijn gebruikt om de effecten van de langsdammen en bijbehorende oeversgeulen voor vis in kaart te brengen. Een aantal datasets bleek niet geschikt om een analyse mee uit te voeren. De datasets die zijn gebruikt om de vis gerelateerde onderzoeksvragen te beantwoorden zijn weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Gebruikte datasets van vismonitoring en verklarende factoren per onderzoeksvraag. Verschil locaties omvat verschillen tussen oevergeul, kribvak en nevengeulen. Invloed drempel omvat de aanpassingen van de drempels bij de instroomopeningen (zie H 2.1)

Onderzoeksvraag	Gebruikte datasets	Meegenomen factoren	Geanalyseerde subsets
Generieke trend Waal			
Soortenrijkdom	MWTL	Jaar	Waal; Langsdammengebied
Dichtheden	MWTL	Jaar	Waal; Langsdammengebied
Verschil locaties en temporele ontwikkeling			
Soortenrijkdom	Broedzegen	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, kribvak Heerewaarden, nevengeul Gameren; 2016, 2017, 2018, 2019
	Broedzegen	Locatie; Jaar	Wamel, Dreumel en Ophemert oevergeul, kribvak Tiel en Heerewaarden, nevengeul Gameren; 2017,2018,2019
	Fuik	Locatie; Jaar; Periode	Wamel oevergeul, kribvak Ijzendoorn; 2017, 2019
	Elektrovisserij	Locatie; Jaar; Periode	Dreumel oevergeul, Wamel oevergeul, kribvak Tiel
Dichtheden	Broedzegen	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, kribvak Heerewaarden, nevengeul Gameren; 2016, 2017, 2018, 2019
	Broedzegen	Locatie; Jaar	Wamel, Dreumel en Ophemert oevergeul, kribvak Tiel en Heerewaarden, nevengeul Gameren; 2017,2018,2019
	Fuik	Locatie; Jaar; Periode	Wamel oevergeul, kribvak Ijzendoorn; 2017, 2019
	Elektrovisserij	Locatie; Jaar; Periode	Dreumel oevergeul, Wamel oevergeul, kribvak Tiel
	Bodemzuiger	Locatie	Oevergeulen, kribvakken, nevengeulen; 2016, 2017, 2018
Verschil oevergeulen			
Soortenrijkdom	Broedzegen	Locatie; Jaar	Wamel, Dreumel en Ophemert oevergeul; 2017, 2018, 2019
Dichtheden	Broedzegen	Locatie; Jaar	Wamel, Dreumel en Ophemert oevergeul; 2017, 2018, 2019
	Elektrovisserij	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, Wamel oevergeul
Invloed drempel			
Soortenrijkdom	Broedzegen	Locatie; Jaar	Wamel en Dreumel oevergeul; 2017, 2018, 2019
	Fuik	Locatie; Jaar; Periode	Wamel oevergeul, kribvak Ijzendoorn; 2017, 2019
Dichtheden	Broedzegen	Locatie; Jaar	Wamel en Dreumel oevergeul; 2017, 2018, 2019
	Fuik	Locatie; Jaar; Periode	Wamel oevergeul, kribvak Ijzendoorn; 2017, 2019
	Elektrovisserij	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, Wamel oevergeul
Migratie diadrome vis oevergeul	NEDAP	n.v.t.	Dreumel en Ophemert oevergeul; 2019, 2020
	Ankerkuil	Locatie; Periode; Dagdeel	Dreumel oevergeul, hoofdgeul Waal; oktober 2019

2.2.2 Macrofauna

In de periode 2016 – 2019 is macrofauna in het langsdammen traject met meerdere methodes bemonsterd (Bijlage 2, Tabel B1). Alle macrofauna is verzameld en in een

lab gedetermineerd tot familie of tot op soort. Bijvangst van macrofauna tijdens de broedzegen bemonstering en tijdens de fuikvisserij is in het veld voor zo ver mogelijk geïdentificeerd. Dit zijn alleen de grote en goed in het veld waarneembare soorten. Tabel 2.2. geeft een overzicht van de geanalyseerde macrofauna gegevens en de bijbehorende onderzoeksdoelen.

Tabel 2.2: Gebruikte data macrofaunamonitoring datasets en verklarende factoren per onderzoeksvraag. Verschil locaties omvat verschillen tussen oevergeul, kribvak en nevengeulen.

Onderzoeksvraag	Gebruikte datasets	Meegenomen factoren	Subset
Generieke trend Waal			
Soortenrijkdom	MWTL	Jaar	Waal
Dichtheden	MWTL	Jaar	Waal
Verschil locaties en temporele ontwikkeling			
Soortenrijkdom	Steekbuis	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, kribvak Heerewaarden; 2016, 2017, 2018
	Steenmonitoring	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, kribvak Heerewaarden; 2016, 2017, 2018
Dichtheden	Steekbuis	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, kribvak Heerewaarden; 2016, 2017, 2018
	Steenmonitoring	Locatie; Jaar	Dreumel oevergeul, kribvak Heerewaarden; 2016, 2017, 2018
	Bijvangst - Fuikmonitoring	Locatie; Jaar; Periode	Wamel oevergeul, kribvak Ijzendoorn; 2017, 2019
	Bijvangst - Broedzegen	Locatie; Jaar	Oevergeulen, kribvakken, nevengeulen; 2016, 2017, 2018
	Bodemzuiger	Locatie	Oevergeulen, kribvakken, nevengeulen; 2016, 2017, 2018

2.2.1 Waterplanten en mossen

In september 2016 zijn de eerste waterplanten toevallig waargenomen in het langsdammen traject in de oevergeul bij Dreumel nabij de steile kleioevers (Figuur 2.6). Vervolgens is in 2017 hetzelfde oevergeul traject bezocht en visueel geïnventariseerd, waarbij wederom waterplanten zijn aangetroffen. In 2018 en 2019 is een gestandaardiseerde aanpak gebruikt om waterplanten te monitoren. In juli 2018 is de oeverzone van de oevergeul bij Dreumel en Wamel visueel geïnspecteerd op de aanwezigheid van waterplanten. Tevens is op een aantal locaties door middel van een werphark het diepere deel bemonsterd, zonder resultaat overigens. In 2019 is wederom in juli de volledige oeverlengte van de oevergeul bij Wamel, Dreumel en

Ophemert visueel en met werphark geïnventariseerd. Tevens zijn in 2019 drie kribvakken ter vergelijk geïnspecteerd.



Figuur 2.6: Veenvortel waargenomen in september 2016 in de in de oevergeul bij Dreumel ter hoogte van de eroderende oever (Foto: F. Collas).

2.2.2 Stroomdalflora

De ontwikkeling van stroomdalflora in het langsdammen traject is in 2016 en 2019 gemonitord op initiatief van het OBN en ARK Natuurontwikkeling (Kurstjens 2016, 2019). Het onderzoek bestond uit een inventarisatie van aanwezige soorten op een langsdam traject en op een locatie met vergelijkbare uitgangssituatie qua soortenrijkdom en qua (natuur)beheer van de oeverwal. De monitoring heeft plaatsgevonden in de Dreumelsche en Hurweense uiterwaarden. Tijdens meerdere bezoeken gedurende het groeiseizoen zijn alle groeiplaatsen van een lijst met kenmerkende plantensoorten met GPS ingemeten (zie Kurstjens 2016 voor een gedetailleerde beschrijving). Voor de vergelijking met de nul-situatie is historische informatie over stroomdalflora in de periode 2009-2013 gebruikt.

2.3 Data Analyse

2.3.1 Vis

Dichtheden

De vis dichtheden zijn geanalyseerd door middel van een generalized linear model (GLM) met een gamma verdeling en een log link. Een gamma verdeling is gebruikt omdat de data niet normaal verdeeld was. In geval van 0-waarden is een +0.01 transformatie op de dataset uitgevoerd. Afhankelijk van de dataset zijn verschillende

verklarende factoren gebruikt (Jaar, Locatie, Periode, Dagdeel; Tabel 2.1). Er zijn meerdere modellen gefit. De gefitte modellen namen toe in complexiteit, in eerste instantie werd elke factor apart gebruikt. Vervolgens zijn ook interacties tussen factoren meegenomen. Modelselectie vond plaats door middel van de laagste AIC waarde ('Akaike's information criterion'; verhouding tussen verklarende fractie en complexiteit van model) en AICc waarde ('Corrected Akaike's information criterion'; specifiek voor kleine datasets). Tevens is geanalyseerd of er sprake was van een significante verbetering in door het model verklaarde variatie. Indien er een hoofdeffect was van een van de meegenomen factoren of van een interactie tussen beide, is een Tukey post-hoc analyse uitgevoerd. Een beperkt aantal datasets wordt gekarakteriseerd door een normale verdeling en is door middel van een ANOVA geanalyseerd. Indien voor combinaties van relevante factoren (bijv. locatie en jaar) geen data beschikbaar is, zijn subsets gemaakt. Waar mogelijk is niet alleen de dichtheid van alle vis gezamenlijk geanalyseerd maar is er ook een onderverdeling gemaakt tussen inheemse en uitheemse vissen (zie bijlage 3 voor de gehanteerde indeling) en voor de inheemse visdichtheden tussen verschillende gildes (zie bijlage 3 voor de gehanteerde gilde indeling). Vanwege de zeer beperkte aanwezigheid van plantenminnende (limnofiele) vissen is deze groep niet geanalyseerd.

De met NEDAP verzamelde gegevens over de route die trekvis nemen zijn geanalyseerd door een vergelijking te maken van het aantal gezenderde individuen dat door de oevergeulen zwemt met het aantal dieren dat benedenstrooms bij Brakel aankomt. NEDAP is een vistemetrie systeem waarbij vissen worden voorzien van een transponder die een signaal afgeeft zodra de vis over een detectiestation zwemt. Dergelijke detectiestations liggen op een aantal locaties in de grote rivieren, waaronder sinds 2019 in de oevergeul bij Dreumel en Ophemert.

Voor een beschrijving van de bemonstering en analyse van rivierprik larven (*Lampetra fluviatilis*) met de hevelzuiger en broedzegen, zie Dorenbosch et al. (2019).

Functie oevergeul voor vis

Aan de hand van alle waargenomen vis lengtes per monitoringstechniek is een inschatting gemaakt van de functie van de oevergeul (viz. paaiplaats, opgroeiplek, adulte habitat) voor verschillende reofiele vissoorten. Van de volgende reofiele vissoorten zijn voldoende individuen gevangen om een inschatting van de functie van de oevergeulen te maken: alver, barbeel, rivierprik, serpeling, sneep en winde. De gebruikte monitoringstechnieken bleken niet afdoende om de paaifunctie van de oevergeulen te evalueren. De opgroeifunctie is vastgesteld door gebruik te maken van maximale lengtes per vissoort van 'young of the year' vissen (YOY). De betreffende lengte grens is gesteld op 10 cm voor alver en 15 cm voor barbeel, serpeling, sneep en winde. Voor rivierprik is geen ondergrens gebruikt daar alle individuen larvaal of juveniel waren. Indien individuen aanwezig waren onder de betreffende maximale lengte grens kan gesteld worden dat de oevergeulen voor de betreffende soort een opgroeiplek zijn. De aanwezigheid van individuen groter dan de gehanteerde YOY grens impliceert dat ook habitat aanwezig is voor de (sub)adulte vissen. Per monitoringstechniek is de lengte verdeling van gevangen vis in de oevergeulen vastgesteld. De betreffende kansdichtheden per methodiek zijn vervolgens gesommeerd weergegeven. Tevens zijn de gemiddelde lengtes bepaald opdat een

inschatting kan worden gemaakt van de meerwaarde van de verschillende vangstechnieken voor verschillende levensstadia van een vissoort te detecteren. Bij het maken van de lengte verdeling zijn lengtes gegroepeerd in klassen van 2 cm.

Additioneel is op basis van de maandelijkse broedzegen monitoring, in 2018 vastgesteld of de vissoort daadwerkelijk groei laten zien. Vanwege de beschikbare aantallen is deze analyse alleen uitgevoerd voor alver, sneep en winde. Bij het maken van de lengte verdeling zijn lengtes gegroepeerd in klassen van 1 cm.

Vis MWTL gegevens

Het standaard biologische monitoringmeetnet van Rijkswaterstaat (MWTL) biedt de mogelijkheid om langjarige trends op vaste meetpunten te analyseren. De trends in de MWTL gegevens zijn geanalyseerd ter vergelijking met de resultaten van de oevergeul monitoring. Daarnaast zijn ze gebruikt om een eventueel uitstralend effect waar te nemen.

Analyse van de MWTL soortenrijkdom is uitgevoerd voor de monitoringslocaties in de Waal. De soortenrijkdom is per jaar vastgesteld voor de periode 1993-2018 voor alle vissoorten en daarnaast voor uitheemse vis, stromingsminnende (reofiele) vis en eurytope vis. Een LOESS regressie ('Locally Estimated Scatterplot Smoothing') is gebruikt om de trend in soortenrijkdom te visualiseren. LOESS is een non-parametrische methode om de best passende curve te vinden zonder een aanname te doen betreffende de verdeling van de data. Tevens is dezelfde analyse uitgevoerd specifiek voor het langsdammen traject in de periode 2013-2018 om het mogelijke effect van de langsdammen op de lokale soortenrijkdom van de Waal te visualiseren.

De MWTL database is ook gebruikt om visdichtheden te analyseren. Dit is separaat gedaan voor de boomkorvisserij en elektrovisserij. Ook hier is een beschrijvende analyse uitgevoerd. Per bemonsteringsjaar is voor de Waal de gemiddelde dichtheid en de bijbehorende 95% interval bepaald. Vervolgens is door middel van een LOESS filter de ontwikkeling in dichtheden weergegeven. Wederom is een onderscheid gemaakt tussen verschillende visgroepen (bijv. uitheems, reofiel). Dit is ook uitgevoerd voor het langsdammen traject in de periode 2013-2018.

2.3.2 Macrofauna

Ecologische indicatie MWTL monitoring

Op basis van expert judgement is beoordeeld welke ecologische situatie wordt geïndiceerd door de aangetroffen fauna in de MWTL monitoring in het langsdammen gebied. Om de beoordeling mogelijk te maken is monitoring conform de MWTL methodiek die is uitgevoerd in 2012 (de 0-situatie, Bergsma et al. 2012) vergeleken met MWTL monitoring die is uitgevoerd in 2017 en 2019. Per aangetroffen familie/soort is vervolgens bepaald of de betreffende familie/soort indicatief is voor stromende milieus en of er sprake is van daling of stijging.

Familierijkdom

De familierijkdom per individueel steekbuis- en steenmonster wordt gekarakteriseerd door een poissonverdeling. De analyse is daarom uitgevoerd door middel van een generalized linear model (GLM) met een poisson verdeling. Als verklarende factoren zijn 'locatie' (oevergeul en kribvak) en 'jaar' (2016, 2017 en 2018) gebruikt, inclusief de interactie tussen beide factoren. Model selectie is uitgevoerd door middel van de AIC waarde (Akaike's information criterion) en AICc waarde ('Corrected Akaike's information criterion') en significante verbetering in modelverklaring. Indien er een hoofdeffect was van een van de meegenomen factoren of wanneer er een interactie was tussen voorgenoemde factoren, is een Tukey post-hoc analyse uitgevoerd. Naast de familierijkdom per individueel monster is ook per jaar per locatie de totale rijkdom in families bepaald. Deze gegevens zijn beschrijvend zonder statistische analyse gepresenteerd.

Dichtheden

De data omtrent de dichtheid van macrofauna (steekbuis monsters en stenen afborstelen) is geanalyseerd door middel van een generalized linear model (GLM) met een gamma verdeling en een log link. Indien 0-waarden aanwezig zijn in de dataset, dan is een +0.01 transformatie uitgevoerd. De analyse is op vergelijkbare wijze als bij familierijkdom uitgevoerd, met als enige verschil dat de data gamma verdeeld was en dus een gamma verdeling met log link is gebruikt.

Tijdens de fuikmonitoring zijn regelmatig kreeften en krabben gevangen. Deze gegevens zijn op vergelijkbare wijze als dichtheden geanalyseerd. Als verklarende factoren zijn 'locatie' (oevergeul en kribvak), 'jaar' (2017 en 2019) en 'periode' (mei-juni, juli-augustus en september-oktober) meegenomen.

Zie Dorenbosch et al. (2019) voor een beschrijving van de analyse van waarnemingen van rivierromboutlarven en mosselen (najaden) met de hevelzuiger- en broedzegen.

Macrofauna MWTL gegevens

De langjarige trends voor macrofaunadichtheden (handnet en stenen borstelen) zijn geanalyseerd op basis van de MWTL-data (1997 – 2017) ter vergelijking met de ontwikkeling in de oevergeulen. De twee bemonsteringsmethodes zijn afzonderlijk geanalyseerd. Analyse bestond uit het vaststellen van de gemiddelde dichtheid en de bijbehorende 95% interval per jaar. Vervolgens is met een LOESS regressie ('Locally Estimated Scatterplot Smoothing') de ontwikkeling in dichtheden weergegeven.

3. Resultaten

De veelheid aan monitoringsresultaten wordt omwille van het overzicht volgens een vaste structuur gepresenteerd: ieder onderdeel (habitat, vis, etc.) begint met de belangrijkste conclusies. Vervolgens worden de onderbouwende analyses toegelicht. We geven eerst een beeld van de abiotische parameters en daarna van de biotische parameters.

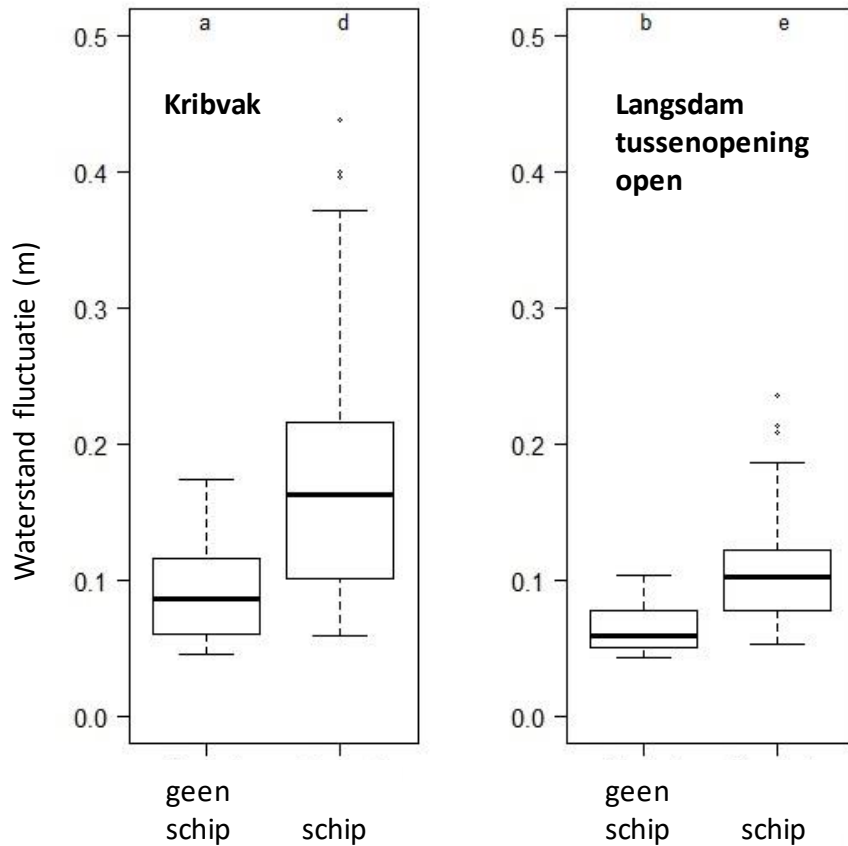
3.1 Habitat

De waargenomen effecten van de langsdammen op de kwaliteit en omvang van het aquatische habitat zijn:

- In de oeverageul achter de langsdammen is minder invloed van scheepvaart (golfslag, waterverplaatsing, onderwatergeluid). Hierdoor zijn de habitatomstandigheden in de tijd stabiel en hetgeen een verbetering is;
- Op voorhand is de zorg geuit dat de langsdam de vorming van oeverwallen zou belemmeren doordat deze het zandtransport naar de oever blokkeert. Dit blijkt nochtans niet het geval. Zandafzetting op de oever achter de langsdammen vindt nog steeds plaats tijdens hoge rivierafvoeren; hierdoor ontstaan potentiële groeiplaatsen voor specifieke stroomdalflora;
- Lokale oevererosie resulteert in steilwanden die een habitat vormen voor soorten zoals de oeverzwaluw en bever. De gemiddelde erosiesnelheid lijkt af te nemen;
- De oeverageulen staan het hele jaar met de hoofdgeul in verbinding en stromen permanent. Deze hoge hydrologische connectiviteit waarborgt de ecologische waarde van de oeverageul tijdens lage rivierafvoeren en lage waterstanden vooral voor de stromingsminnende (reofiele) soorten;
- Door de afwisseling van steile en flauwe oevers, snelstromend en langzaamstromend water, diepe en ondiepe stukken is de habitatdiversiteit in de oeverageul anders en hoger dan in kribvakken.
- Dankzij de verminderde invloed van scheepvaart(golven) lijkt de groeigrens van de oever gezien zich verder richting het water te verplaatsen.
- Alle drie de oeverageulen worden gekenmerkt door netto erosie. Echter is het verlies in m³ lager dan in nabijgelegen referentiekribvakken wanneer gecorrigeerd naar erosie per 200 meter oeverlengte.
- De totale oeverlengte per riviermeter neemt toe door de aanleg van de langsdam aangezien de langsdam op zichzelf de lengte verdubbeld hetgeen positief is voor biodiversiteit. Wanneer stenig substraat niet wordt meegenomen in de oeverlengte dan is de oeverlengte in een aantal oeverageul gebieden hoger dan in referentie kribvak gebieden.

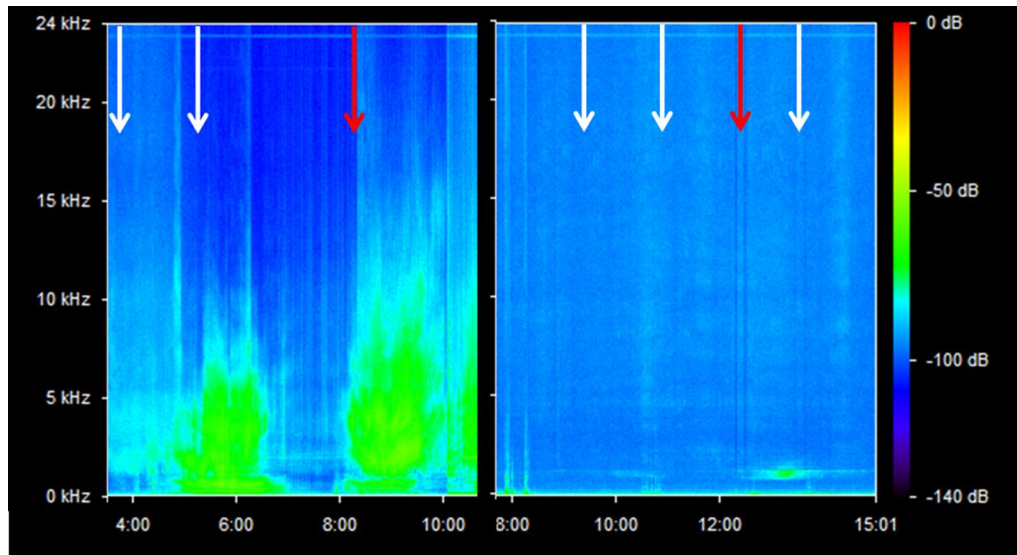
3.1.1 Effect scheepvaart

De invloed van scheepvaart op de oeverzone van de rivier achter de langsdam neemt sterk af (Collas et al. 2018). Met name de golfslag en de sterke fluctuaties van de waterstand als gevolg van passerende schepen nemen significant af (Figuur 3.1). De metingen zijn uitgevoerd bij de oeverageul bij Dreumel, maar visuele waarnemingen in het veld bevestigen dat dit effect ook bij de andere langsdammen plaatsvindt.



Figuur 3.1: De fluctuatie in waterstand tijdens het passeren van een schip in de hoofdgeul van de Waal in een kribvak (links) en in de oevergeul achter een tussenopening (rechts) op een moment waarbij de tussenopening overstroomd was (Aangepast uit Collas et al 2018).

De opnames van onderwatergeluid laten duidelijk zien dat de langsdammen een barrière vormen, waardoor het onderwatergeluid van schepen nauwelijks doordringt in de oevergeul (Figuur 3.2). In een nabijgelegen open kribvak was dit onderwatergeluid wel duidelijk hoorbaar (Figuur 3.2). Omdat zowel vis als macrofauna in hun gedrag negatief kunnen worden beïnvloed door onderwatergeluid, wordt de verminderde geluidslast in de oevergeulen positief voor het ecosysteem beschouwd. Wat precies de effecten hiervan zijn is nog niet te duiden.



Figuur 3.2: De relatieve geluidsintensiteit onder water tijdens passeren van schepen in een [kribvak](#) (links) en achter de [langsdam](#) (rechts). De pijlen geven aan wanneer een schip voorbij kwam varen, waarbij de rode pijl een vergelijkbaar type schip is qua belading en snelheid. Van blauw naar rood neemt de geluidsintensiteit toe.

3.1.2 Morfologische ontwikkeling

3.1.2.1 Evaluatie erosie/sedimentatie oevergeulen

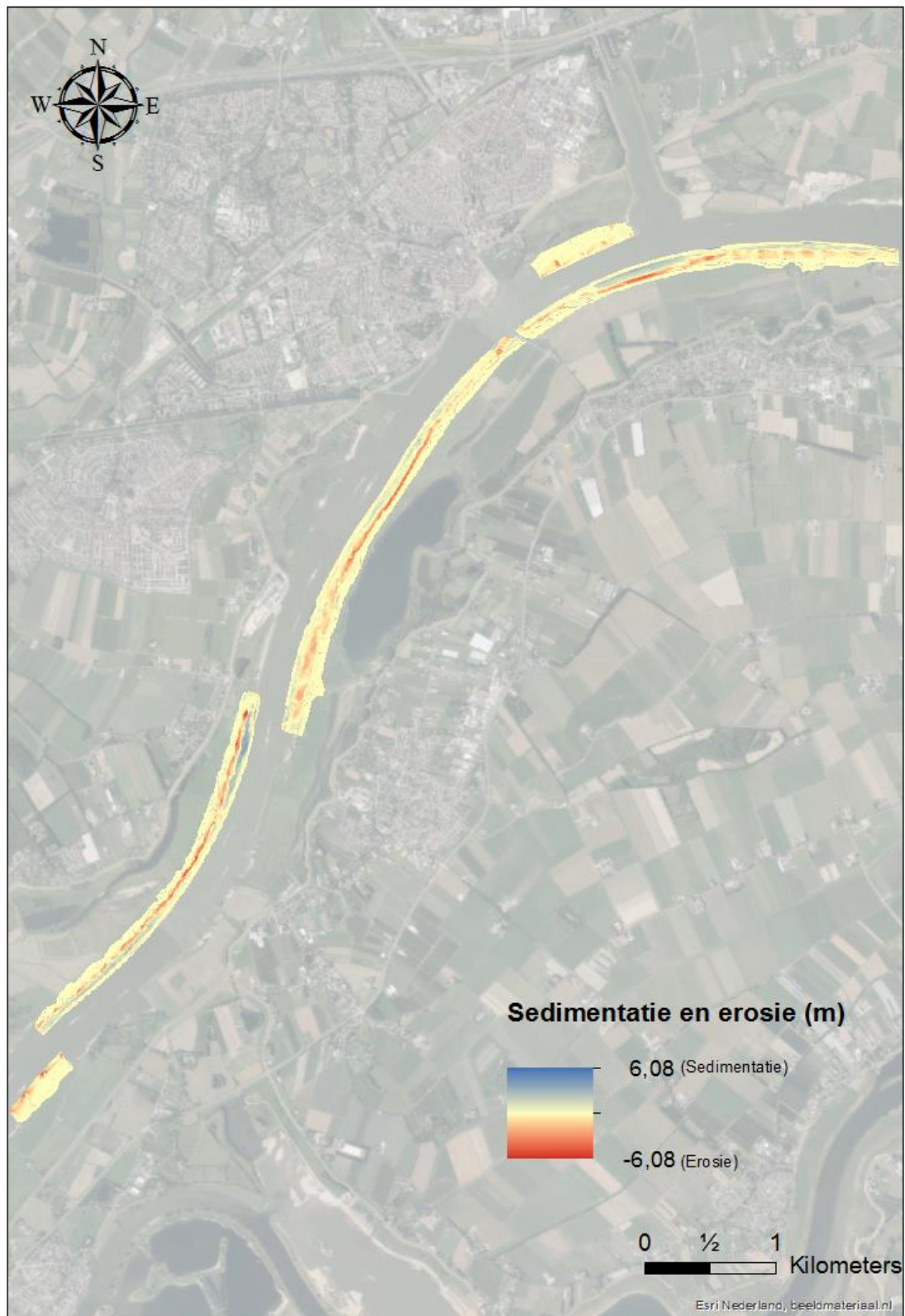
In alle drie de oevergeulen is sinds de aanleg van de langsdammen (2015 - 2019) sprake van erosie. Het kleinste volumeverlies was in de oevergeul bij Wamel (Tabel 3.1). Het grootste verlies was in de oevergeul bij Ophemert. Het eerste jaar na aanleg werd de oevergeul bij Wamel gekarakteriseerd door sedimentatie in de periode daarna is er een toenemende erosie. De Dreumel oevergeul is elk jaar sprake van netto erosie, waarbij dient te worden opgemerkt dat in de betreffende oevergeul in 2018 een baggerinspanning heeft plaatsgevonden. De oevergeul bij Ophemert is in 2016/2017/2018 geërodeerd; in 2019 was sprake van sedimentatie. De waargenomen erosie over de periode 2015-2019 was vergelijkbaar met het waargenomen sediment verlies op de twee referentie kribvak locaties (Figuur 3.3), rekening houdend met de baggerinspanning in de oevergeul bij Dreumel. Wanneer de erosie in m3 per 200 meter rivierlengte wordt uitgerekend dan is de erosie hoger in de kribvakken dan in de oevergeul bij Wamel en Ophemert (Tabel 3.1).

Tijdens de zomermaanden is met name in de oevergeul bij Wamel slib aanwezig (persoonlijke waarneming R. van Aalderen en F. Collas). Na een periode met hogere afvoeren is dit slib echter weer nagenoeg afwezig (persoonlijke waarneming F. Collas). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het risico van aanslibbing van de oevergeulen beperkt is mits voldoende connectiviteit tijdens hogere afvoeren blijft gewaarborgd.

Tabel 3.1: Verandering in sediment volume (m^3) in de drie oeversgeulen en de twee kribvak locaties in de periode 2015-2019. + = sedimentatie; - = erosie

Locatie	2015-2016	2016-2018*	2018-2019	2015-2019	
	m^3	m^3	m^3	m^3	$m^3/200\text{ m}$
Oeversgeul Wamel	+ 60375	- 23397	- 42154	- 5176	- 335
Oeversgeul Dreumel	- 19127	- 106460	- 31061	- 156649	- 8830
Oeversgeul Ophemert	- 1483	- 29372	+ 5132	- 25724	- 1614
Kribvak locatie Tiel	- 1543	- 21560	+ 9164	- 13940	- 3765
Kribvak locatie Heerewaarden	- 29264	+ 663	- 6151	- 34751	- 12353

* Inschatting voor de periode 2016-2017 gebaseerd op het verschil tussen de 2016 en 2018 datasets.



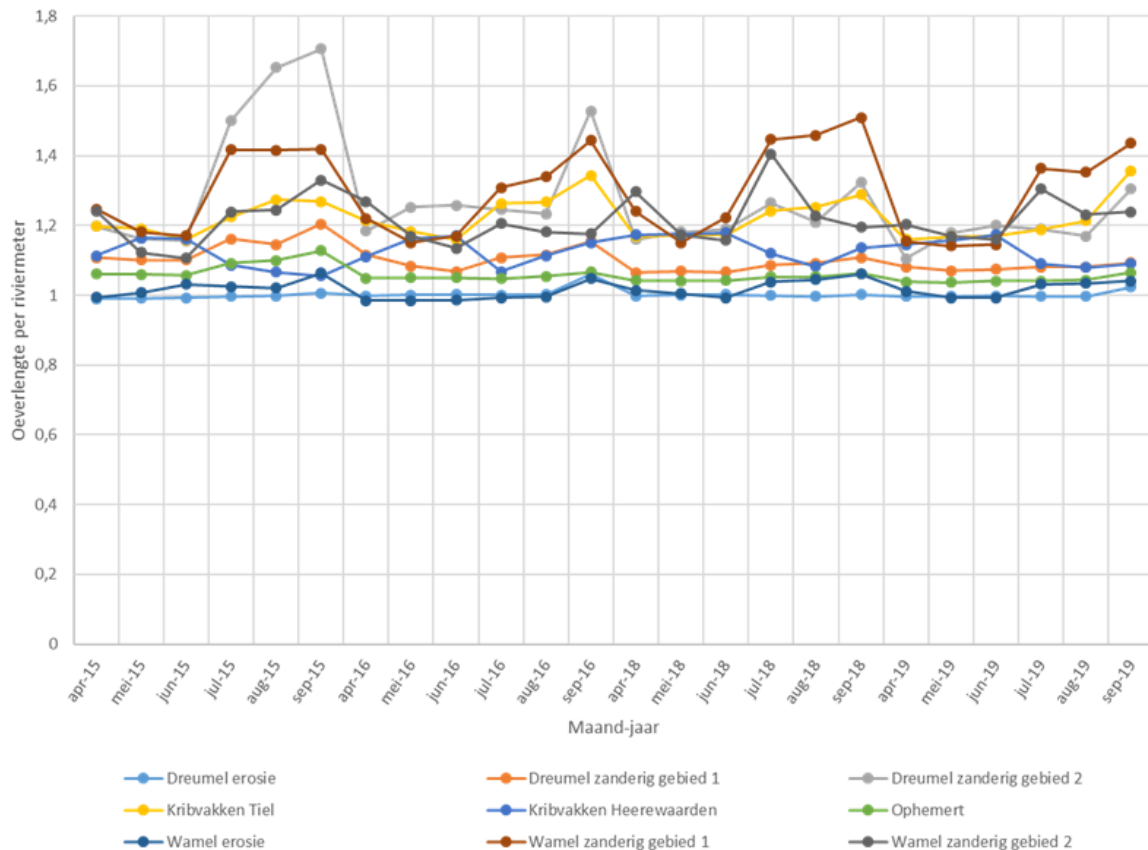
Figuur 3.3: Verschil in bodemhoogte gedurende de periode 2015-2019 in het studiegebied (Flores et al. in voorbereiding).

3.1.2.2 Oeverlengte oevergeulen

Daar de langsdammen zelf ook als oever kunnen worden beschouwd is de oeverlengte per rivierlengte toegenomen door de aanleg van langsdammen. De ecologische waarde van de stortstenen oever is echter beperkt daarom is het zinvol is om naar de oeverlengte per rivierlengte te kijken zonder beschouwing van de stenige oevers van de langsdam en stenige kribrestanten. In de oeverlengte onderscheiden we de locaties met eroderende oevers van de zandige flauwe oevers. De oeverlengte van de kribvakken verandert weinig in loop van de tijd en is gemiddeld 1.2 en 1.1 meter per riviermeter (Tabel 3.3). De oeverlengte van de eroderende oevers is lager dan die van de kribvakken (Tabel 3.3). De oeverlengte van het laatste zandige deel van de oevergeul bij Wamel en het zandige begin van de oevergeul bij Dreumel is vergelijkbaar als de kribvakken (Tabel 3.3). Het begin van oevergeul bij Wamel en het einde van oevergeul bij Dreumel hebben een langere oeverlengte per riviermeter dan de kribvakken (Tabel 3.3; Figuur 3.4). De oevergeul bij Ophemert is vanwege de beperkte lokale oevererosie niet opgedeeld in separate habitats. De oeverlengte per riviermeter in Ophemert is vergelijkbaar met die van de kribvakken (Tabel 3.3).

Tabel 3.3: Gemiddelde oeverlengte per riviermeter voor de verschillende habitats in de oevergeul en in een aantal kribvak locaties in het groeiseizoen gedurende de periode 2015-2019.

Locatie	Kribvakken Tiel	Wamel			Dreumel			Ophemert	Kribvak Heerewaarden
		Zand	Eroderende	Zand	Zand	Eroderende	Zand	Zand	Zand
Gemiddelde oeverlengte inclusief stenen in het groeiseizoen (m/rm)	2.0	3.0	3.0	3.0	2.7	3.1	3.0	2.7	1.6
Gemiddelde oeverlengte exclusief stenen oevers en krib restanten in het groeiseizoen (m/rm)	1.2	1.3	1.0	1.2	1.1	1.0	1.3	1.1	1.1



Figuur 3.4: Ontwikkeling in oeverlengte per riviermeter exclusief stenige oevers in het onderzoeksgebied gedurende relevante ecologische maanden (april tot september) in de periode 2015-2019.

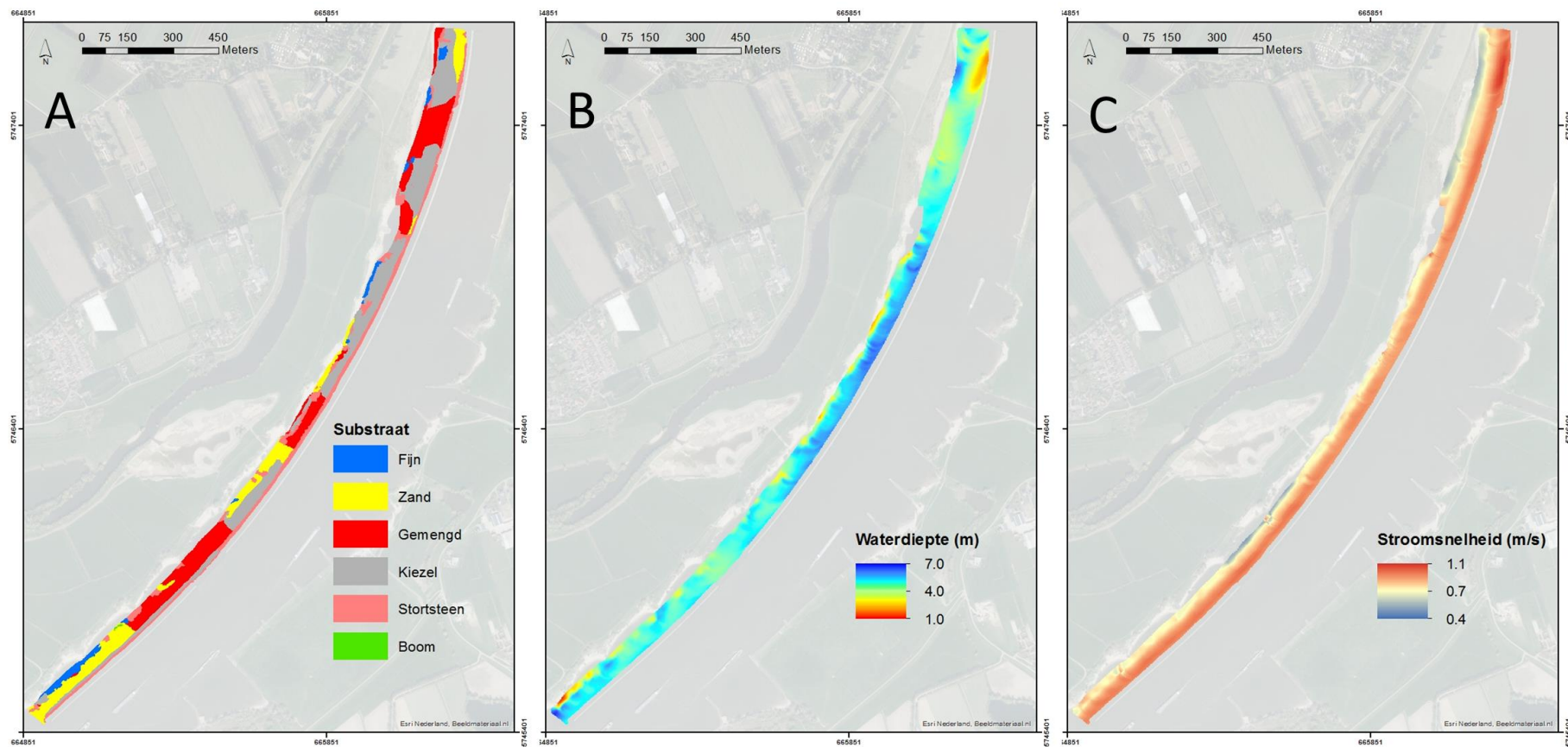
3.1.3 Substraat, waterdiepte en stroomsnelheid

De beschikbare habitat is verschillend voor de drie oevergeulen. Met name het substraat van de drie oevergeulen verschilt sterk: de oevergeul bij Wamel kan worden gekarakteriseerd als stenig, Dreumel als zandig en Ophemert als grindig (Figuur 3.5A, Bijlage 4, Figuur B3, B6; Collas et al. 2019). De oevergeulen bij Wamel en Dreumel hebben een vergelijkbare stroomsnelheid (Tabel 3.4; Figuur 3.5B, Bijlage 4, Figuur B1, B4). De stroomsnelheid is het hoogst in de oevergeul bij Ophemert. De drie oevergeulen hebben een vergelijkbare diepte (Tabel 3.4; Figuur 3.5C; Bijlage 4, Figuur B2, B5). De oevergeul bij Dreumel vertoont wat minder dieptevariatie. In mei 2020 was de substraat samenstelling van alle drie de oevergeulen vergelijkbaar met april 2019. In vergelijking met de kribvakken en de hoofdgeul was er relatief veel variatie in substraat in de oevergeulen (Bijlage 4, Figuur B7). De variatie in water diepte verschilde in mei 2020 niet tussen de drie oevergeulen (Tabel 3.4; Bijlage 4, Figuur B8)

Tabel 3.4: Minimale en maximal gemeten water diepte en stroomsnelheid in de drie oeversgeulen in April 2019 en mei 2020.

Parameter	Oeversgeul	April 2019		Mei 2020	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Water diepte (m)	Wamel	2.14	6.89	0.2	12.1
	Dreumel	2.46	5.57	0.9	9.3
	Ophemert	1.07	6.8	2.0	11.2
Stroomsnelheid 0.1 m boven rivierbodembodem (m/s)	Wamel	0.41	0.79	n.g.	n.g.
	Dreumel	0.44	0.86	0	1.3
	Ophemert	0.51	1.1	n.g.	n.g.

n.g.: niet gemeten

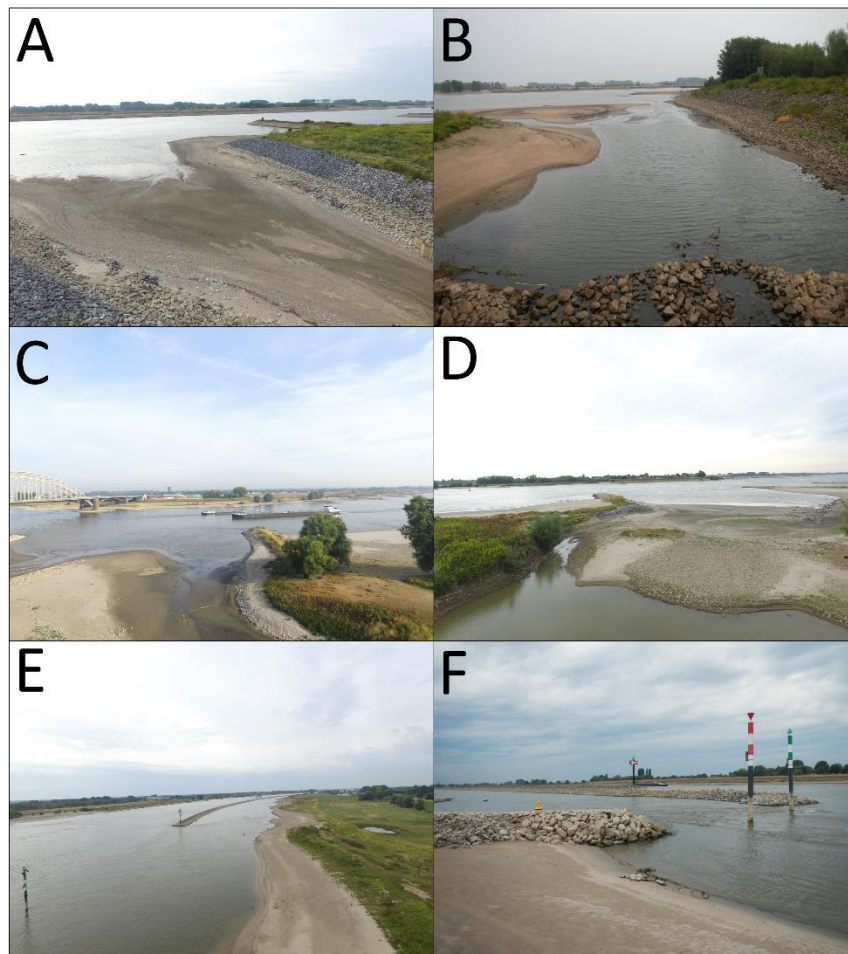


Figuur 3.5: Habitat kartering van de oevergeul bij Ophemert in april 2019 bij een afvoer van 1321 m³/s bij Lobith met betrekking tot (A) substraat, (B) water diepte (in april) en (C) stroomsnelheid bij de bodem.

3.1.4 Connectiviteit

De connectiviteit van oevergeul is groter dan van de bestaande nevengeulen in de Waal. Bij lage afvoeren stroomt de oevergeul nog steeds mee, in tegenstelling tot de meeste nevengeulen.

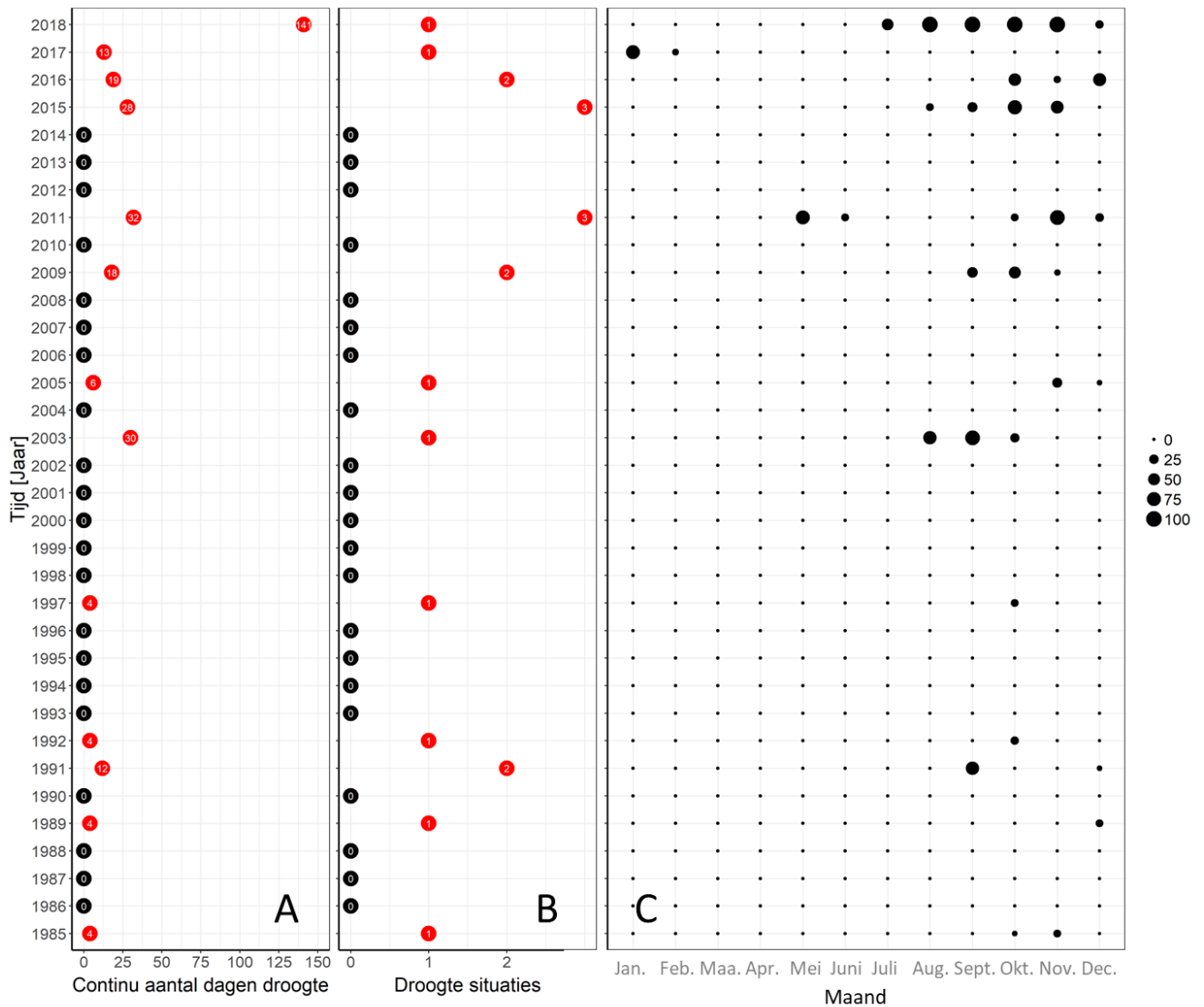
Tijdens de droogte van 2018, in het bijzonder in augustus, bleek dat de langsdammen door hun diepteprofiel tijdens lage waterstanden/afvoeren nog steeds hun ecologische rol vervullen. In tegenstelling tot veel nevengeulen in de Waal, was er in de oevergeulen nog steeds sprake van stroming, terwijl bij de nevengeulen een of beide openingen droog waren gevallen (Figuur 3.6).



Figuur 3.6: Overzicht van de connectiviteit in augustus 2018 bij een afvoer bij Lobith van $907 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ van de instroomopeningen van (A) de nevengeul bij Passewaaij, (B) de kil van Hurwenen, (C) de strang in de Stadswaard Nijmegen, (D) de westelijke geul van Gameren, (E) de oevergeul bij Ophemert, en (F) de overgeul bij Dreumel (Foto's F. Collas).

Dergelijke lage waterstanden bij Lobith komen de afgelopen jaren steeds frequenter voor (Figuur 3.7). De toename in lage waterstanden is het resultaat van rivierbeddingerosie (lagere waterstand bij gelijke afvoer) gecombineerd met een toename in extreme afvoeren door klimaatverandering (Reeze et al. 2017). Dit doet zich vooral voor in de periode augustus tot november (Figuur 3.7C), waarbij met name

augustus en september belangrijke maanden zijn voor de opgroei van juveniele reofiele vis.

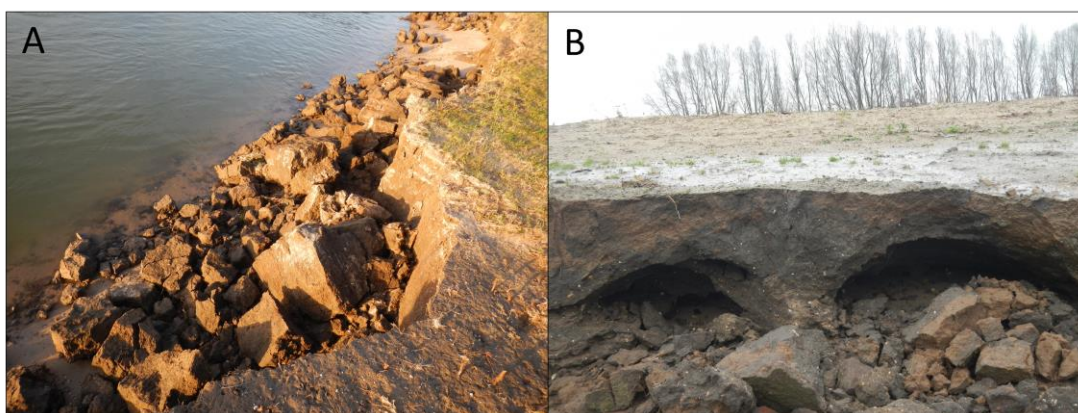


Figuur 3.7: Overzicht van het voorkomen van waterstanden bij Lobith van minder dan 7.5 m NAP in de periode 1985 – 2018 waarbij een groot aantal nevengeulen en strangen langs de Waal deels droogvallen en niet meer meestromen (nevengeulen) uitgedrukt in (A) binnen het jaar de langste aaneengesloten periode, (B) aantal keer per jaar dat dit optrad en (C) percentage van het aantal dagen per maand waarbij de grootte van de zwarte stip het percentage droogte dagen weergeeft. Zwarte bollen in de figuren A en B zijn jaren waarin de dit niet optrad, rode bollen zijn jaren waarin de nevengeulen en strangen deels of geheel droogvielen.

3.1.5 Erosie snelheid eroderende oevers

Op een aantal plekken in het langsdammen traject vindt oevererosie plaats (Figuur 3.8). Bij de oevergeul bij Ophemert zijn enkele locaties met oevererosie. Dit resulteert onder andere in het vrijkomen van een aantal kleibanken die voorheen onder het zand lagen. Bij zowel de oevergeul bij Wamel als Dreumel is over een traject van ongeveer

1 km sprake van oevererosie. Beide locaties waren voor de aanleg van de langsdammen versterkt met stortsteen (om erosie te beperken). Bij oplevering van de langsdammen is het ontstane oevertalud aangevuld met zand. Dit zand is weggespoeld en de oever is gaan eroderen.

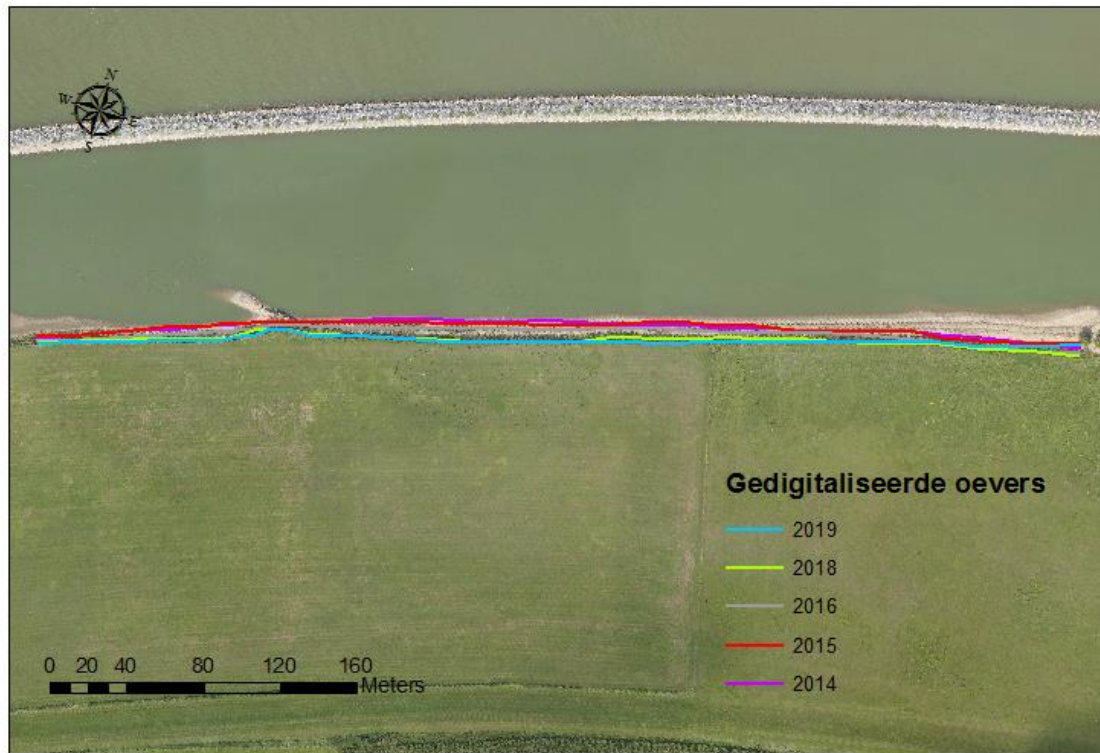


Figuur 3.8: Eroderende oevers bij de oevergeul bij Dreumel in (A) februari 2018 en (B) december 2015 (Foto's: F. Collas).

De erosiesnelheid op beide locaties is in de periode 2015-2019 gemiddeld hetzelfde geweest en bedroeg 1.7 m/j. De erosiesnelheid in de oevergeul bij Wamel lijkt af te nemen, was de snelheid tussen 2015-2016 nog 2.8 m/j in 2018-2019 was dit nog maar 0.4 m/j (Tabel 3.2; Figuur 3.9). De oevererosie in oevergeul bij Dreumel nam minder snel af. Het eerste jaar na aanleg bedroeg de erosie 2.9 m/j. In 2018-2019 is de snelheid afgenomen tot 1.6 m/j (Tabel 3.2; Figuur 3.9). Al zijn er zowel bij de oevergeul bij Wamel en Dreumel trajecten, die na de initiële erosie, nauwelijks meer eroderen.

Tabel 3.2: Erosiesnelheid oever in de oevergeul bij Wamel en Dreumel in de periode 2015-2019 inclusief standaard deviatie.

Locatie	2015-2016	2016-2018	2018-2019	2015-2019
Oevergeul Wamel erosie	2.8 ± 1.0 m/j	1.9 ± 2.0 m/j	0.4 ± 1.7 m/j	1.7 m/j
Oevergeul Dreumel erosie	2.9 ± 2.3 m/j	0.7 ± 1.7 m/j	1.6 ± 0.9 m/j	1.7 m/j

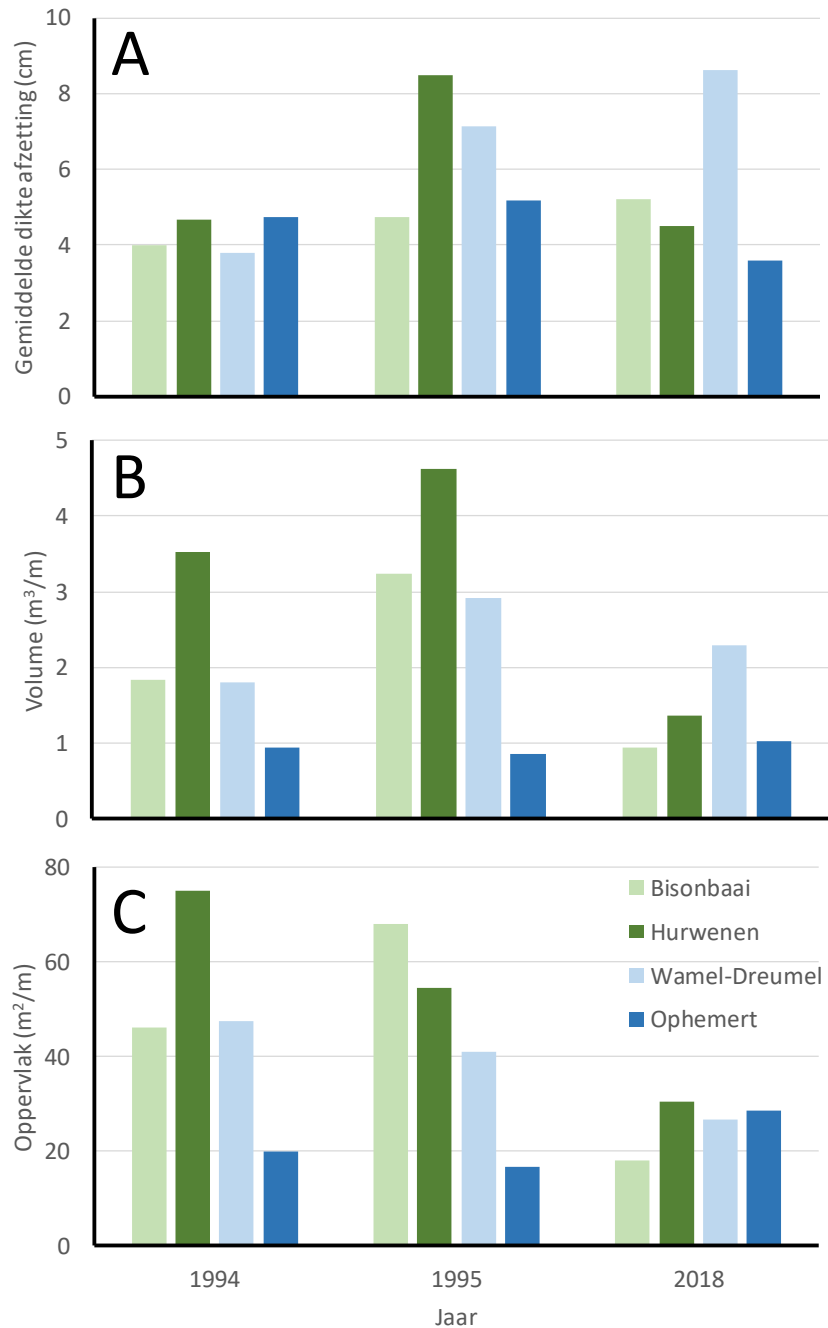


Figuur 3.9: Gedigitaliseerde oevers van de oeversgeul bij Wamel (boven) en Dreumel (onder) gedurende de periode 2014-2019.

3.1.6 Zandafzetting

In vergelijking met de periode 1993-1995 lijkt het volume aan zandafzettingen op de oevers in het gebied van de langsdammen verhoudingsgewijs toegenomen ten opzichte van de referentielocaties.

Zowel in 2016 als in 2018 is zandafzetting op de oevers waargenomen na verhoogde rivierafvoeren (Reeze et al. 2016, Van Winden et al. 2018). Van Winden et. al. (2018) constateerden dat in 2018 ter hoogte van de langsdammen vrijwel over de gehele lengte (ca 90%) zand is afgezet. In 2016 was dit slechts 15% (Reeze et al. 2016), maar toen was de afvoer ook minder hoog (Figuur 2.3). Het grootste volume zand werd afgezet bij de locatie Wamel/Dreumel (Figuur 3.10B). Het minste zand werd afgezet in de Bisonbaai (10%; Figuur 3.10B). Alle locaties, inclusief de referentielocaties, hebben plekken waar veel zand is afgezet maar ook waar weinig zand is afgezet. Opvallend was dat in het gebied net na de uitstroomopening van de langsdammen veel zand was afgezet (zie foto's in Van Winden et al. 2018). Dit is het gevolg van sedimentrijk water uit de oevergeulen dat zich een weg heeft gezocht in de uiterwaarden en door de afname in stroomsnelheid aan het einde van de oevergeulen sedimenteert (Van Winden et al. 2018).



Figuur 3.10: Karakterisering van de zandafzetting in 1994, 1995 en 2018 op een viertal locaties inclusief de langsdammen uitgedrukt in (A) gemiddelde dikte afzetting, volume (B) en oppervlak (C) afgezet per strekkende meter rivieroever. Groen zijn de referentielocaties (open kribvakken), blauw zijn de locaties achter de langsdam.

Wanneer de zandafzetting in 2018 wordt vergeleken met de zandafzetting in 1994 en 1995 (Van Manen et al. 1994; Dinter et al. 1995) vallen een aantal aspecten op (Figuur 3.10). De dikte van afzetting was in 2018 vergelijkbaar met 1994 en 1995 (Figuur 3.10A). De dikte die is afgezet bij de Wamel-Dreumel langsdam in 2018 is afwijkend ten opzichte van de andere locaties van 2018, maar niet afwijkend ten opzichte van eerder waargenomen diktes. Zowel het volume als de oppervlakte dat is afgezet in de referentielocaties Bisonbaai en Hurwenen was in 2018 minder dan in 1994 en 1995

(Figuur 3.10B). Ten opzichte van 1994 en 1995 was de afvoer in 2018 ook lager waardoor in 2018 een lager volume logisch is. Het volume afgezet bij Ophemert is nagenoeg constant, maar het oppervlak in 2018 is groter dan in 1994 en 1995. In 2018 is het meeste zand afgezet bij de Wamel-Dreumel langsdam (Figuur 3.10B). Het volume in 2018 ligt tussen dat van 1994 en 1995 (zelfde orde van grootte). Het oppervlak waarop zand is afgezet bij Wamel-Dreumel was in 2018 lager dan in 1994 en 1995 (Figuur 3.10C). Gebaseerd op de gegevens uit 2018 in vergelijking met 1994 en 1995 kan geconcludeerd worden dat de langsdammen het afzetten van zand op de oever doen toenemen ten opzichte van referentielocaties.

3.1.7 Samenvatting en conclusies ontwikkeling en diversiteit habitat in oevergeulen

Direct na de aanleg van de langsdammen zijn de oevergeulen hydromorfologisch actief geworden. Enerzijds is dit een logisch gevolg van het morfologisch in evenwicht komen na een nieuwe inrichting, anderzijds hangt het ook samen met de hoge rivierafvoer in juni 2016 (Figuur 2.3). Op een aantal locaties vindt oevererosie plaats of was er juist sprake van sedimentatie waardoor het ondieper is geworden. Hierdoor zijn de oevergeulen veranderd ten opzichte van de aanlegsituatie. De oevergeulen zijn nog lang niet in een morfologisch evenwicht als daarvan ooit sprake zal zijn. Hierdoor is het lastig om op dit moment voorspellingen over de verdere ontwikkeling te doen op basis van de huidige set waarnemingen. Dit komt mede omdat de instroomopeningen tussentijds aangepast zijn (zie hoofdstuk 2.1).

- In de oevergeul achter de langsdammen is minder invloed van scheepvaart (golfslag, waterverplaatsing, onderwatergeluid). Hierdoor zijn de habitatomstandigheden in de tijd stabiel hetgeen een verbetering is;
- Op voorhand is de zorg geuit dat de langsdam de vorming van oeverwallen zou belemmeren doordat deze het zandtransport naar de oever blokkeert. Dit blijkt nochtans niet het geval. Zandafzetting op de oever achter de langsdammen vindt nog steeds plaats tijdens hoge rivierafvoeren; hierdoor ontstaan potentiële groeiplaatsen voor specifieke stroomdalflora;
- Lokale oevererosie resulteert in steilwanden die een habitat vormen voor soorten zoals de oeverwalwalvis en bever. De gemiddelde erosiesnelheid lijkt af te nemen;
- De oevergeulen staan het hele jaar met de hoofdgeul in verbinding en stromen permanent. Deze hoge hydrologische connectiviteit waarborgt de ecologische waarde van de oevergeul tijdens lage rivierafvoeren en lage waterstanden vooral voor de stromingsminnende (reofiele) soorten;
- Door de afwisseling van steile en flauwe oevers, snelstromend en langzaamstromend water, diepe en ondiepe stukken is de habitatdiversiteit in de oevergeul anders en hoger dan in kribvakken.
- Dankzij de verminderde invloed van scheepvaart(golven) lijkt de groeigrens van de oever gezien zich verder richting het water te verplaatsen.
- Alle drie de oevergeulen worden gekenmerkt door netto erosie. Echter is het verlies in m³ lager dan in nabijgelegen referentiekribvakken wanneer gecorrigeerd naar erosie per 200 meter oeverlengte.

- Er zijn locaties in de oeversgeul waar de bodem licht ophoogt door sedimentatie, wat zal resulteren in een toename in ondieptes. Dit is gunstig voor de habitatdiversiteit met variatie in ondieptes, stroomsnelheden en substraat (grindige bodems, detritus).
- De totale oeverlengte per riviermeter neemt toe door de aanleg van de langsdam aangezien de langsdam op zichzelf de lengte verdubbeld hetgeen positief is voor biodiversiteit. Wanneer stenig substraat niet wordt meegenomen in de oeverlengte dan is de oeverlengte in een aantal oeversgeul gebieden hoger dan in referentie kribvak gebieden.

Samenvattend zal de morfodynamiek lokaal voor een natuurlijker karakter zorgen, met enerzijds de ontwikkeling van zandige en kleiige oeverswallen, lokale oeverserosie en aanzanding, ondieptes in de oeversgeul. Door de verminderde invloed van scheepvaart lijkt de groeigrens van oeversvegetatie naar beneden op te schuiven. Indien deze ontwikkeling toegelaten wordt dan kan dit in de toekomst voor een toename in structuur (gunstig voor vis en macrofauna) zorgen, gecombineerd met een input van organisch materiaal.

3.2 Biota

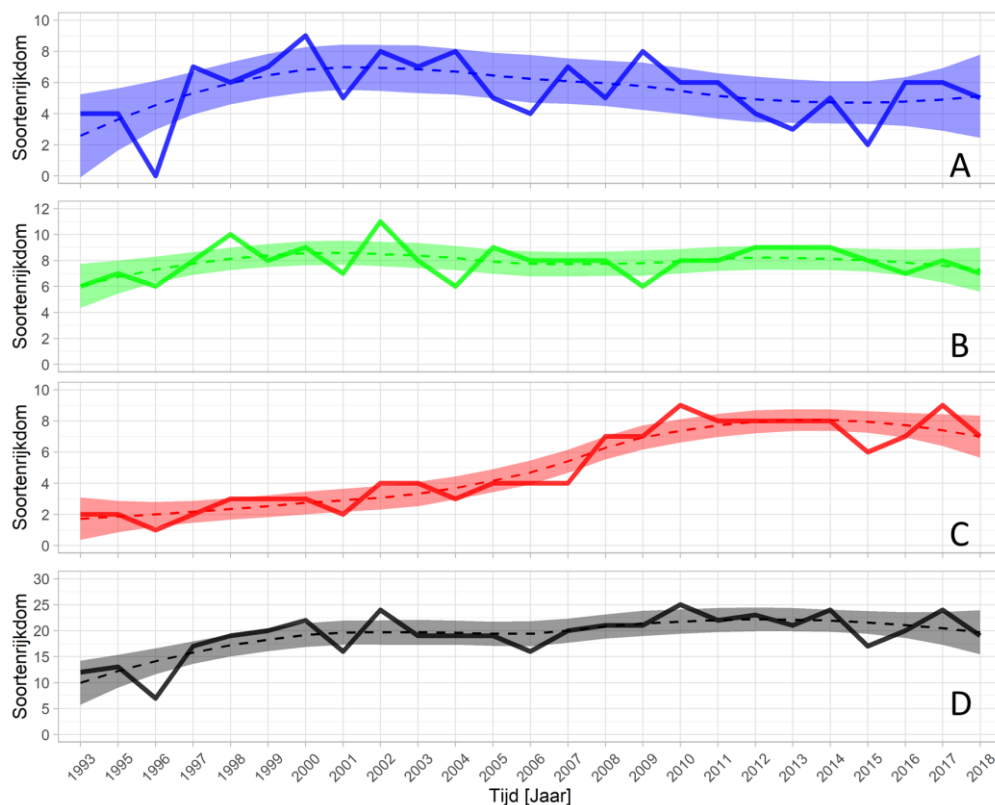
3.2.1 Vis

De waargenomen effecten van de langsdammen op vis zijn:

- Een toename van de inheemse soortenrijkdom;
- Dichtheden zowel van inheemse en uitheemse vissen nemen toe;
- Er is geen eenduidige toename in reofiele vis dichtheden;
- Er is geen verschil in soortenrijkdom en dichtheden tussen de drie aangelegde oevergeulen;
- Het dichtzetten van de oevergeul bij Wamel heeft geen nadelig effect gehad op soortenrijkdom, noch op dichtheden;
- De oevergeulen worden door migrerende vis (diadroom) gebruikt;
- Voor de Winde (reofiele soort) vervult de oevergeul duidelijk een opgroefunctie.

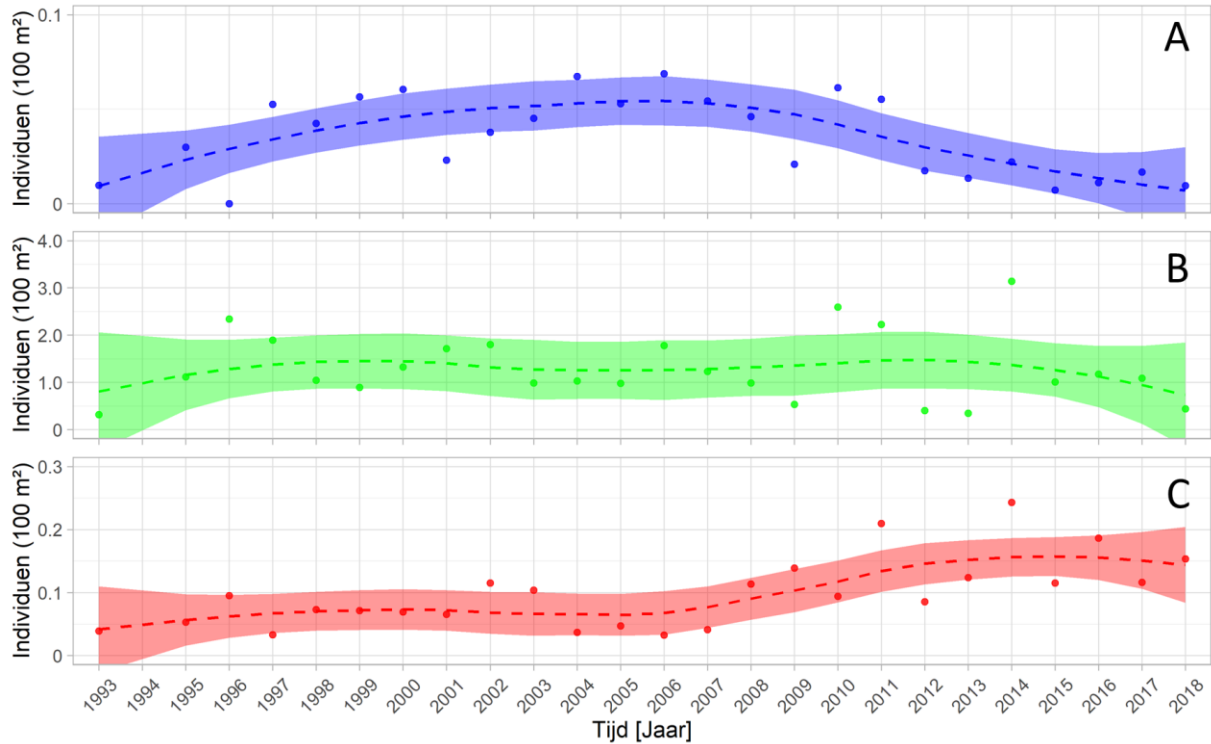
3.2.1.1 MWTL trend Waal

Op basis van de MWTL monitoring in de Waal (boomkor en elektrovisserij) blijkt de soortenrijkdom in de periode 1993-2018 te zijn toegenomen (Figuur 3.11D). Dit is voornamelijk toe te schrijven aan de opkomst van uitheemse vissoorten (Figuur 3.11C). De soortenrijkdom van reofiele en eurytope vis laat een beperkte variatie in de tijd zien (Figuur 3.11A en B). Dit sluit aan bij waargenomen patronen in Reeze et al. (2017).



Figuur 3.11: Reofiele (A), eurytope (B), uitheemse (C) en totale (D) vissoortenrijkdom waargenomen tijdens boomkor en elektrovisserij MWTL-monitoring in de Waal in de periode 1993 – 2018. Door middel van een LOESS filter is de trend (stippellijn) en zekerheid bepaald (band).

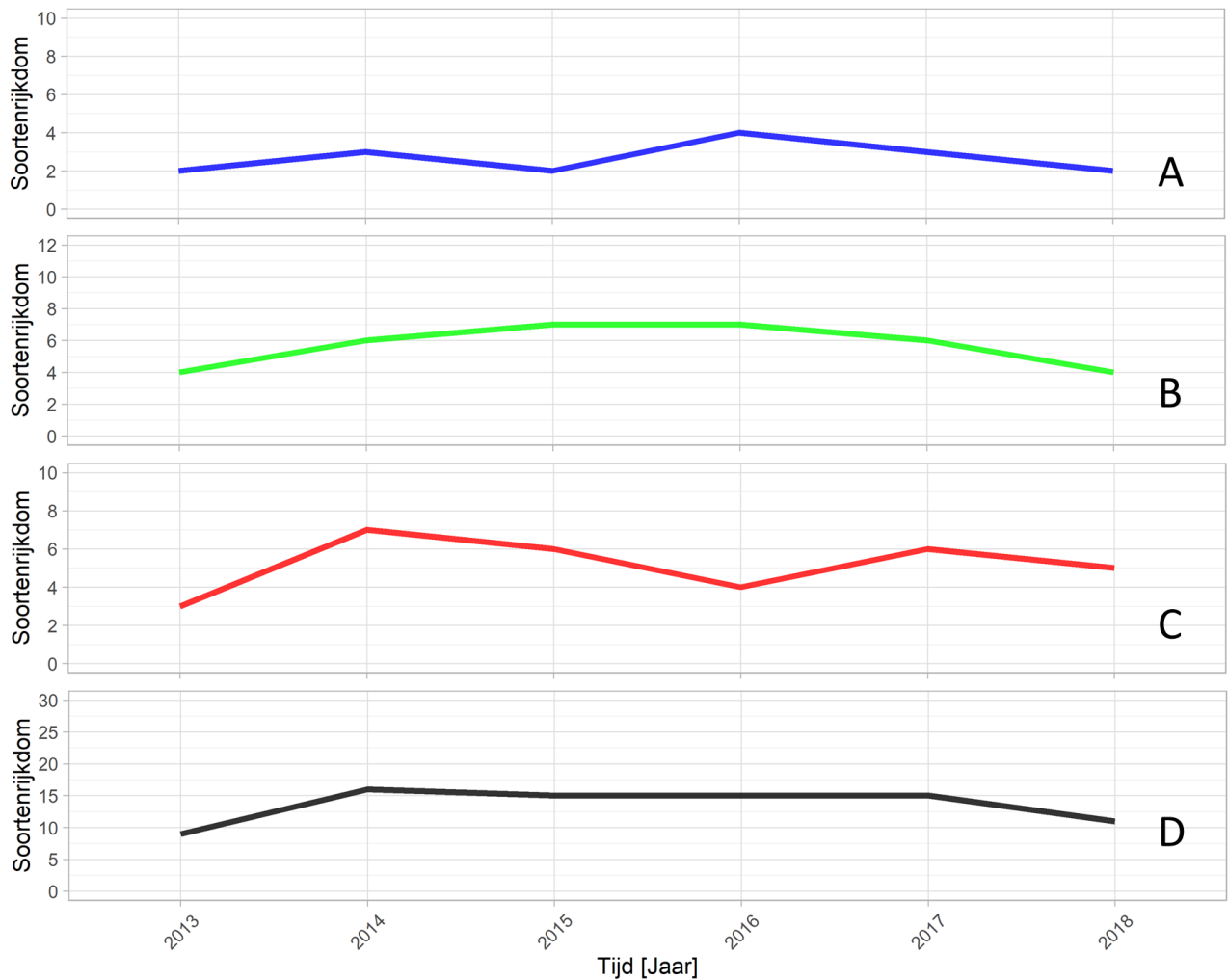
De dichtheden in het open water (boomkormonitoring) variëren sterk in de tijd (Figuur 3.12), al zijn er een aantal trends zichtbaar. De aantallen reofiele vis nemen recent af (Figuur 3.12A). Het grootste deel van het visbestand bestaat uit eurytope vis (Figuur 3.9B). Uitheemse vissen zijn duidelijk toegenomen (Figuur 3.12C). Dit wordt veroorzaakt door de kolonisatie van een aantal uitheemse grondelsoorten sinds 2009.



Figuur 3.12: Gemiddelde dichtheden van reofiele (A, blauw), eurytope (B, groen) en uitheemse (C, rood) vissoorten waargenomen tijdens de boomkor MWTL-monitoring in de Waal in de periode 1993 – 2018. Door middel van een LOESS filter is de trend (stippellijn) en zekerheid bepaald (band).

De bemonstering van de oevers (elektrovisserij) laat een grotere variatie in de tijd zien dan de bemonstering van het open water (boomkor). Dit komt vooral door de grotere variatie in habitats, die ook nog veranderen bij verschillen in waterstanden. Bij de oeverbemonstering is de dichtheid van reofiele vis stabiel (Bijlage 5, Figuur B1a). De aantallen van met name eurytope vissen variëren in de tijd (Bijlage 5, Figuur B1b). Uitheemse vissen nemen sinds 2011 toe (Bijlage 5, Figuur B1c).

Eventuele effecten van de langsdammen op de waarnemingen in de MWTL monitoring worden zichtbaar wanneer specifiek wordt ingezoomd op de MWTL monitoringspunten in het traject met de langsdammen van 2013 tot en met 2018. De soortenrijkdom laat echter geen duidelijk patroon zien (Figuur 3.13). In het traject met de langsdammen laten ook de vis dichtheden van reofiele, eurytope en uitheemse vis geen trendbreuk zien na het aanleggen van de langsdammen. Dit geldt zowel voor de elektrovisserij als voor de boomkorvisserij (Bijlage 5, Figuur B2 en B3). De langsdammen hebben dus voorsnog uitsluitend een aantoonbaar lokaal effect in de oevergeul zelf.



Figuur 3.13: Reofiele (A), eurytope (B), uitheemse (C) en totale (D) vissoortenrijkdom waargenomen tijdens MWTL-monitoring in de Waal in het langsdammen traject in de periode 2013 – 2018.

3.2.1.2 Resultaten oevergeul Soortenrijkdom

Broedzegen

De oevergeulen zijn bemonsterd op beschutte locaties en meer dynamische locaties (bij drempels en verlagingen). Ter vergelijking zijn ook open kribvakken bemonsterd, met en zonder steendepot. De soortenrijkdom in de oevergeul bij Dreumel was in de hele meetperiode 2016 – 2019 het hoogst (Tabel 3.3). Er was geen verschil in soortenrijkdom tussen de afgeschermdede delen van de oevergeul en de dynamische delen. De soortenrijkdom in het nabijgelegen kribvak was over het algemeen hoger dan in een kribvak met steendepot. Het aantal inheemse vissoorten laat een beperkte variatie zien, hetzelfde geldt voor de uitheemse vissoorten. Reofiele vissoorten zijn over het algemeen meer aanwezig in de oevergeul.

Tabel 3.3: Broedzegen soortenrijkdom gedurende de periode 2016 – 2019 in de oevergeul bij Dreumel, in kribvakken bij Heerewaarden en in de westelijke nevengeul van Gameren. Dynamische oevergeul is bij een verlaging en drempel, afgeschermd oevergeul is op een beschut traject.

Gilde	Jaar	Kribvak		Oevergeul		Nevengeul
		Zonder steendepot	Met steendepot	Dynamisch h	Afgeschermd d	
Reofiel	2016	1	1	4	4	3
	2017	4	2	4	3	3
	2018	3	3	2	5	3
	2019	3	1	2	3	n.b.
Eurytoop	2016	6	6	7	6	6
	2017	5	4	4	5	4
	2018	6	3	6	4	3
	2019	5	3	5	4	n.b.
Uitheems	2016	6	5	7	8	5
	2017	5	4	6	6	5
	2018	7	5	6	6	6
	2019	7	4	6	7	n.b.
Limnofiel	2016	-	-	-	-	1
	2017	-	-	-	-	1
	2018	-	-	-	-	0
	2019	-	-	-	-	n.b.

Tabel 3.4: Soortenrijkdom gedurende maandelijkse broedzegenvisserij in de periode 2017 – 2018 in de oevergeul bij Dreumel en in kribvakken bij Heerewaarden.

Maand	Jaar	Reofiel		Eurytoop		Uitheems		Limnofiel	
		Kribvak	Oevergeul	Kribvak	Oevergeul	Kribvak	Oevergeul	Kribvak	Oevergeul
Juli	2017	4	2	5	5	5	6	-	-
September	2017	3	3	3	5	5	6	-	-
Oktober	2017	3	5	3	5	6	5	-	-
November	2017	2	3	4	5	2	4	-	-
December	2017	1	2	2	3	1	0	-	-
Maart	2018	2	1	1	3	1	3	-	-
April	2018	1	3	2	4	2	2	-	-
Mei	2018	2	3	3	5	1	3	-	-
Juni	2018	2	2	4	6	5	7	1	-
Juli	2018	3	4	4	5	7	6	-	-
Augustus	2018	3	4	6	6	6	6	-	-
September	2018	4	3	2	5	5	6	-	-

De totale soortenrijkdom is gemiddeld genomen per maand significant hoger in de oevergeul bij Dreumel dan in de kribvakken (gepaarde t-test P-waarde < 0,001; Tabel 3.4). De inheemse soortenrijkdom is ook significant hoger in de oevergeul dan in de

kribvakken (gepaarde t-test P-waarde < 0,001; Tabel 3.4). Daarentegen was er geen significant verschil in de soortenrijkdom van uitheemse vissen (gepaarde t-test P-waarde = 0,13; Tabel 3.4) noch in reofiele vis (gepaarde t-test P-waarde = 0,27).

Broedzegen monitoring bij alle drie de oevergeulen, kribvakken bij Heerewaarden en bij Tiel en in de westelijke nevengeul van Gameren laat een ander patroon in soortenrijkdom zien. Kribvakken in Heerewaarden scoren qua soortenrijkdom vergelijkbaar met de oevergeulen (Tabel 3.5). De nevengeul in Gameren en de kribvakken bij Tiel scoorde lager qua soortenrijkdom. Alle locaties hadden een vergelijkbaar aantal uitheemse vissoorten (Tabel 3.5). In 2017 was de totale soortenrijkdom het hoogst in de oevergeul bij Dreumel. De oevergeul bij Wamel en de kribvakken in Tiel scoorde lager (Bijlage 6; Tabel B1). Het aantal uitheemse soorten was wederom constant tussen alle locaties. Qua reofiele vis was de rijkdom het hoogst in de oevergeul bij Dreumel en in de kribvakken bij Heerewaarden. In 2019 was zowel de totale, inheemse, uitheemse en reofiele soortenrijkdom nagenoeg constant tussen alle bemonsterde locaties (Bijlage 6; Tabel B2). Wederom was er geen verschil in rijkdom tussen de drie oevergeulen.

Tabel 3.5: Vis soortenrijkdom tijdens broedzegen visserij in 2018 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel).

Gilde	Jaar	Nevengeul Gameren	Kribvak Heerewaarden	Oevergeul Ophemert	Oevergeul Dreumel	Oevergeul Wamel	Kribvak Tiel
Reofiel	2018	3	3	3	5	3	2
Eurytoop	2018	3	6	7	6	7	4
Uitheems	2018	6	7	6	6	7	6
Limnofiel	2018	-	-	-	-	-	-

Fuikmonitoring

Fuikmonitoring richt zich op specifieke soorten die met de andere vistuigen moeilijk te vangen zijn. Deze informatie wordt vooral voor de soortenrijkdom gebruikt. Totale soortenrijkdom was in de fuikmonitoring in beide jaren en in alle drie de periodes hoger in de oevergeul ten opzichte van de kribvakken (Bijlage 7; Tabel B1). Als alleen naar inheemse vis wordt gekeken, is een vergelijkbaar patroon zichtbaar waarbij alleen mei 2017 geen verschil laat zien in soortenrijkdom (Bijlage 7; Tabel B1). Ook de uitheemse soortenrijkdom is in de oevergeul altijd hoger dan in het kribvak (Bijlage 7; Tabel B1).

Elektrovisserij

Het aantal reofiele vissen was hoger in de oeverzone van de oevergeul bij Wamel ten opzichte van de kribvakken bij Tiel (Tabel 3.6). De soortenrijkdom van eurytope en uitheemse vis bleef nagenoeg gelijk. De soortenrijkdom van reofiele vis nabij de stenen van de langsdam bij Dreumel was het hoogst in 2016 en nam de daarop volgende jaren af (Bijlage 8; Tabel B1), net als de totale soortenrijkdom.

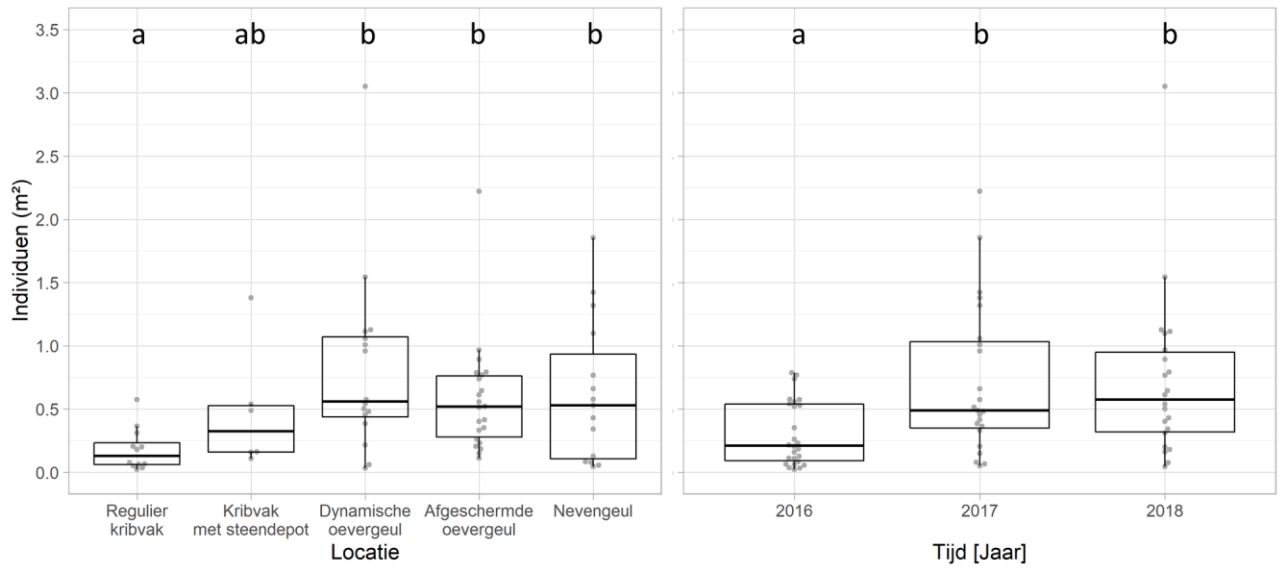
Tabel 3.6: Vis soortenrijkdom tijdens elektrovisserij van stortsteen in de oeverzone gedurende meerdere maanden in 2017 in de oevergeul bij Wamel en in kribvakken nabij Tiel.

Gilde	Periode	Kribvak	Oevergeul
		Tiel	Wamel
Reofiel	Juli	1	4
	Aug. -		
	Sept	1	2
	Okt.	1	2
Eurytoop	Juli	5	4
	Aug. -		
	Sept	4	3
	Okt.	3	3
Uitheems	Juli	2	3
	Aug. -		
	Sept	2	1
	Okt.	2	2
Limnofiel	Juli	-	-
	Aug. -		
	Sept	-	-
	Okt.	-	-

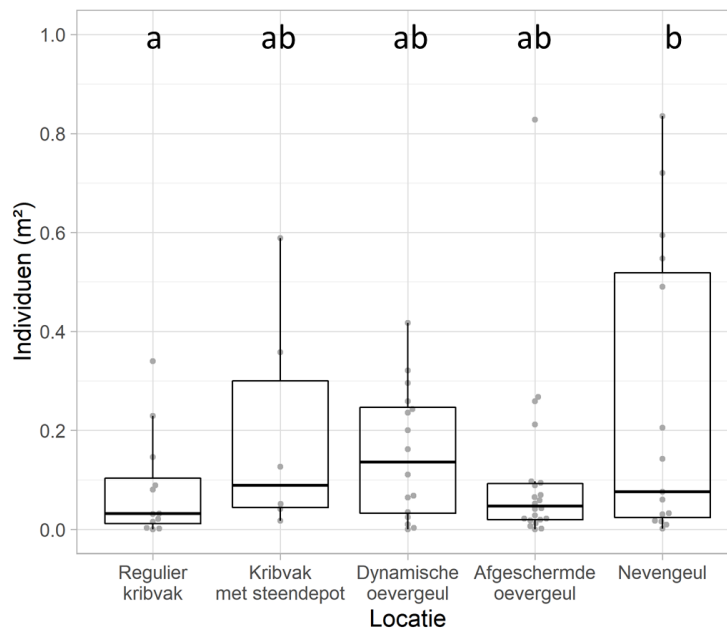
Dichtheden

Broedzegen

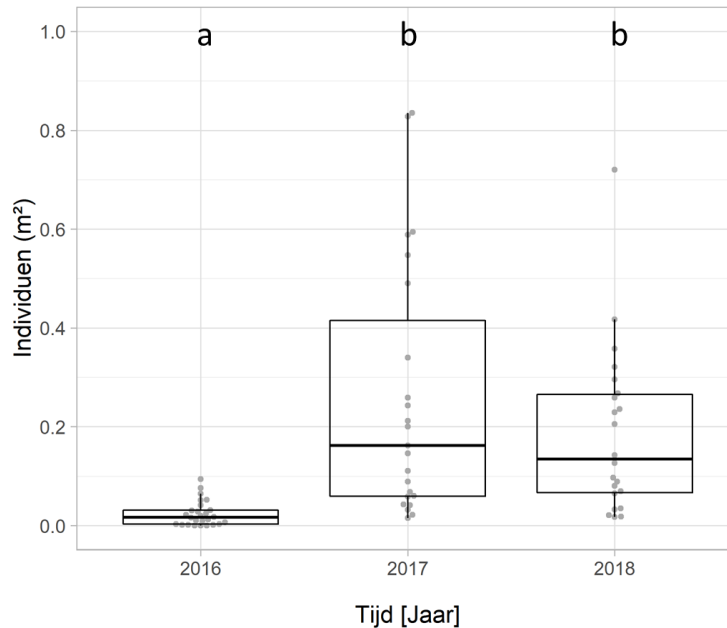
Juvenile vis is 's nachts bemonsterd met een broedzegen. De dichtheden van juvenile vis in de oevergeul bij Dreumel zijn significant hoger gedurende de periode 2016 - 2018 ten opzichte van de kribvakken bij Heerwaarden (Figuur 3.14). Het kribvak met een steendepot ligt qua dichtheid tussen de reguliere kribvakken en de oevergeul in. De oevergeul had een vergelijkbare visdichtheid als de nevengeul (westelijke nevengeul Gameren) (Figuur 3.14). Een identiek patroon werd gevonden voor inheemse (Bijlage 6; Figuur B1) en uitheemse vissoorten (Bijlage 6; Figuur B2). Reofiele visdichtheid was significant hoger in de nevengeul ten opzichte van de reguliere kribvak locatie (Figuur 3.15 en 3.16). De langsdam locaties verschilden niet significant van de nevengeul noch van de kribvak locaties. Het waargenomen effect betreffende reofiele vis is primair gebaseerd op de dominant aanwezige Winde. De absolute aantallen rivierprik, serpeling en sneed waren hoger in de oevergeul, echter was een statistisch vergelijk op soortniveau niet mogelijk. Eurytope visdichtheden waren significant lager in het reguliere kribvak ten opzichte van de andere locaties (Bijlage 6; Figuur B3).



Figuur 3.14: Dichtheden van alle vissen waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in de periode 2016 tot en met 2018 in verschillende (deel)locaties en gedurende de jaren. Verschillende letters geven significante verschillen aan. Dynamische oevergeul is bij een verlaging en drempel, afgeschermde oevergeul is op een beschut traject.



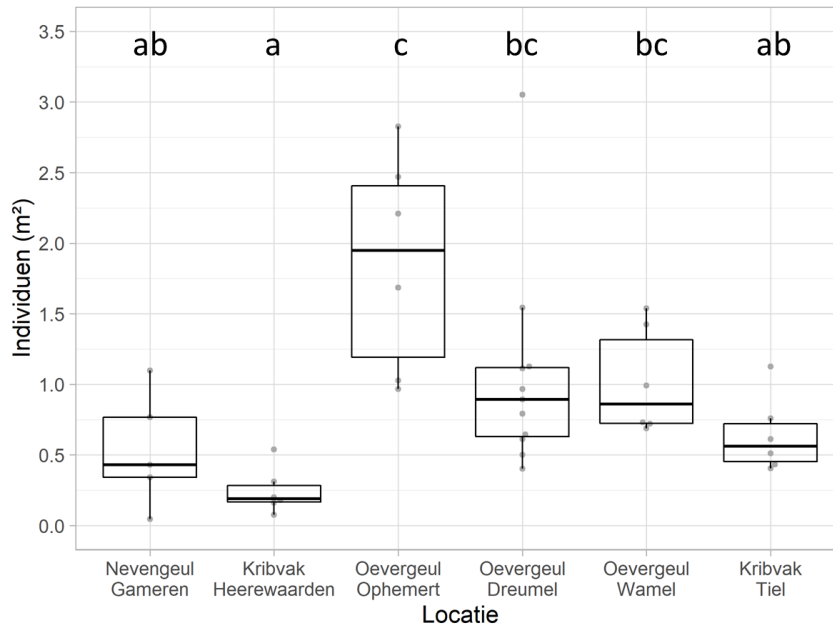
Figuur 3.15: Dichtheden van reofiele vissen waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in de periode 2016 tot en met 2018 in verschillende (deel)locaties. Verschillende letters geven significante verschillen aan. Dynamische oevergeul is bij een verlaging en drempel, afgeschermde oevergeul is op een beschut traject.



Figuur 3.16: Dichtheden van reofiele vissen waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in de periode 2016 tot en met 2018 in verschillende jaren. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

De dichtheden juveniele vis in de oevergeul bij Dreumel verschilden in 2017 niet met die van de kribvakken bij Heerewaarden (Bijlage 6; Figuur B4). In 2018 was er echter wel elke maand een verschil in dichtheid tussen de twee locaties. Dit geldt ook voor alleen de inheemse soorten (Bijlage 6; Figuur B4). Het hele jaar door waren er meer uitheemse vissen in de oevergeul bij Dreumel dan in de kribvakken bij Heerewaarden (Bijlage 6; Figuur B4).

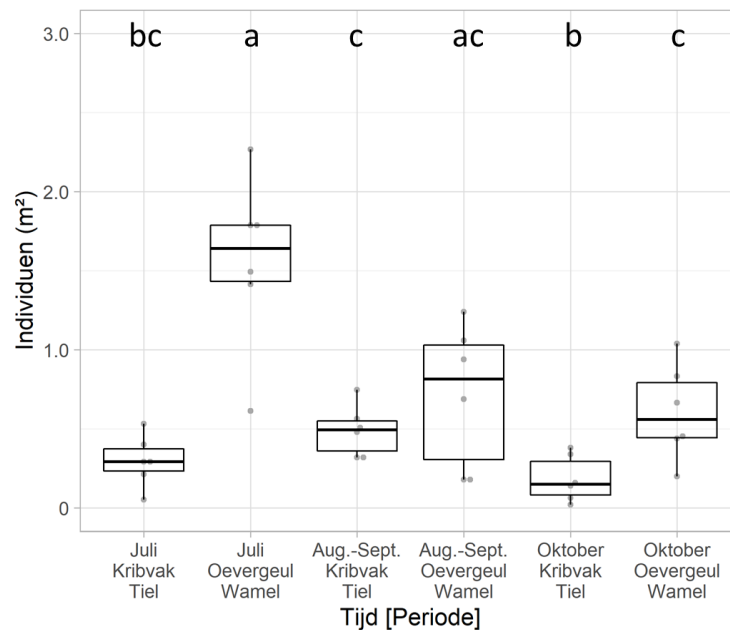
De patronen in de dichtheden juveniele vis zijn vergelijkbaar voor alle drie de oevergeulen, kribvakken bij Heerewaarden en bij Tiel en in de westelijke nevengeul van Gameren. De dichtheid in de oevergeul bij Ophemert verschilde significant van de nevengeul, van de kribvakken in Heerewaarden en in Tiel (Figuur 3.17). Opvallend is dat de dichtheid in de kribvakken bij Tiel lager was dan in de oevergeulen bij Dreumel en Wamel maar niet significant. In 2017 waren er geen significante verschillen in visdichtheden tussen de locaties gevonden (Bijlage 6; Figuur B5). In 2019 was de dichtheid van vis in de oevergeul bij Wamel en Ophemert significant hoger dan in de kribvakken bij Heerewaarden en Tiel (Bijlage 6; Figuur B6). Inheemse visdichtheden waren in 2018 significant hoger in alle drie de oevergeulen ten opzichte van de kribvakken in Heerewaarden (Bijlage 6; Figuur B7). Er was geen verschil met de kribvakken bij Tiel. Hetzelfde effect werd in 2019 gevonden (Bijlage 6; Figuur B9). In 2017 was er geen verschil in inheemse vis dichtheden tussen kribvakken en oevergeulen (Bijlage 6; Figuur B8). In alle drie de monitoringsjaren was de uitheemse vis dichtheden in ieder geval in één van de oevergeulen significant hoger dan in de kribvakken (Bijlage 6; Figuur B10,B11 en B12).



Figuur 3.17: Dichtheden van alle vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2018 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

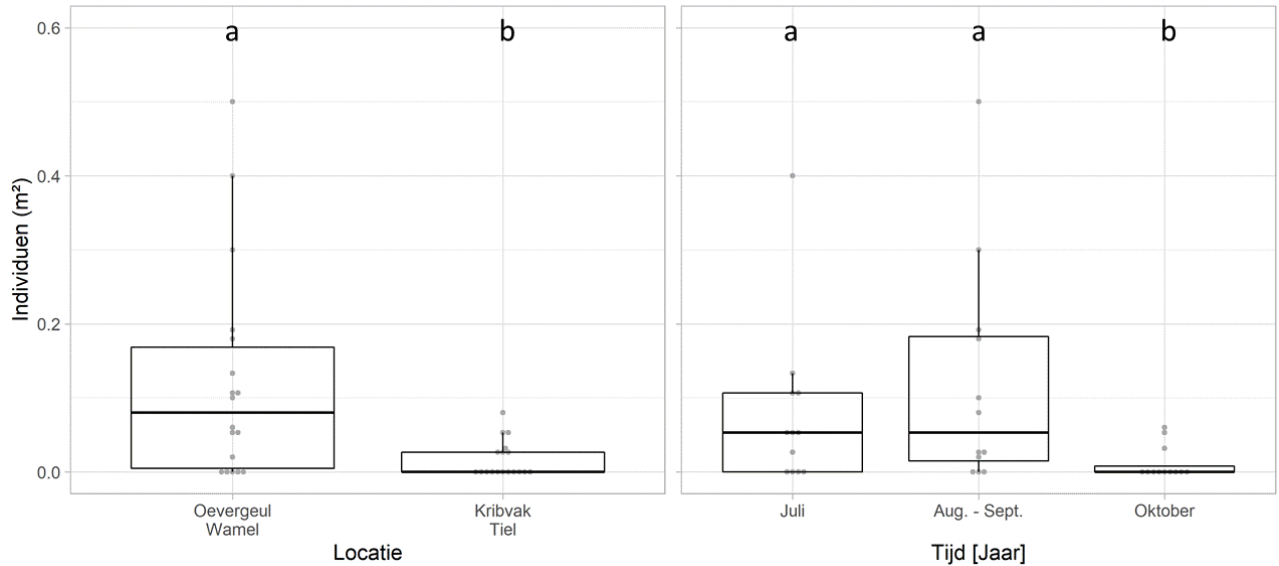
Elektrovisserij

De dichtheden van alle vis in de oeverzone was significant hoger in de oevergeul dan in het kribvak in de maand juli en oktober (Figuur 3.18). Bemonstering tijdens de maand augustus-september liet geen verschil zien.



Figuur 3.18: Visdichtheden van alle vis waargenomen tijdens elektrovisserij gedurende verschillende maanden in 2017 in de oevergeul bij Wamel en de kribvakken bij Tiel. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

De dichtheid van inheemse vis was significant hoger in de oevergeul bij Wamel dan in de kribvakken nabij Tiel (Bijlage 8, Figuur B1). Zowel de reofiele vis dichtheid (Figuur 3.19) en eurytope vis dichtheid (Bijlage 8, Figuur B2) was significant hoger in de oevergeul dan in het kribvak. Uitheemse vis in de oeverzone verschilde alleen tussen locaties in augustus/september waarbij de aantallen significant lager waren in de oevergeul dan in het kribvak.



Figuur 3.19: Visdichtheden van reofiele vis waargenomen tijdens elektrovisserij gedurende verschillende maanden in 2017 in de oevergeul bij Wamel en de kribvakken bij Tiel en in verschillende maanden. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.2.1.3 Vergelijk visstand oevergeulen

Broedzegen

Soortenrijkdom

In 2017 (Bijlage 6; Tabel B1), 2018 (Tabel 3.5) en 2019 (Bijlage 6; Tabel B2) verschilde de totale soortenrijkdom niet tussen de drie oevergeulen. Ook was er geen verschil in het aantal uitheemse en inheemse soorten tussen de drie oevergeulen. De oevergeul bij Dreumel hadden de hoogste soortenrijkdom aan reofiele vis.

Dichtheden

In 2018 en 2019 zijn alle drie de oevergeulen bemonsterd met een broedzegen. Er is geen significant verschil gevonden in totale visdichtheid (Figuur 3.17; Bijlage 6; Figuur B6). Ook in 2017 was er geen verschil in totale visdichtheid tussen de oevergeul bij Wamel en Dreumel (Bijlage 6, Figuur B5). Ook de inheemse en uitheemse vis dichtheden waren niet verschillend tussen de oevergeulen in alle drie de monitoringjaren.

Elektrovisserij

Soortenrijkdom

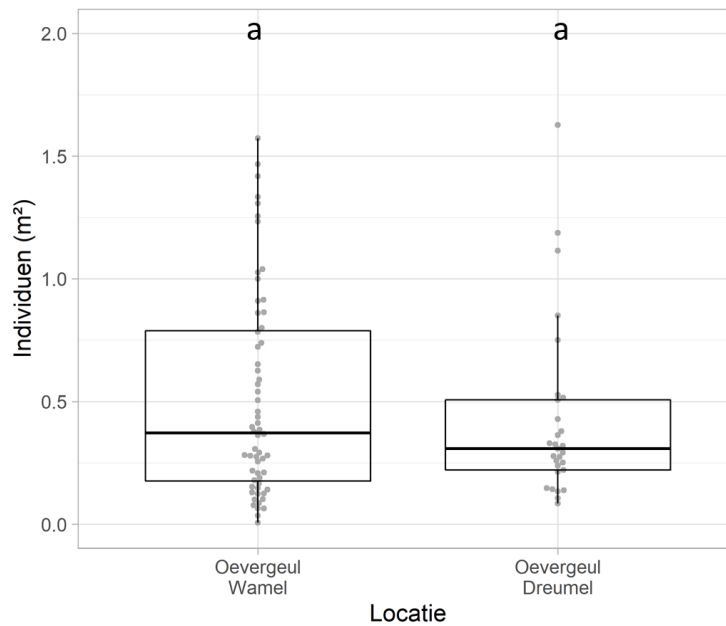
Het aantal reofiele vissoorten was hoger in de oevergeul bij Dreumel dan in de oevergeul bij Wamel (Tabel 3.7). In de periode 2016 – 2019 nam de reofiele visrijkdom toe in de oevergeul bij Dreumel terwijl de rijkdom gelijk bleef in de oevergeul bij Wamel. Totale soortenrijkdom was iets hoger in de oevergeul bij Dreumel dan in Wamel (Tabel 3.7).

Tabel 3.7: Vis soortenrijkdom tijdens elektrovisserij in de oevergeul gedurende de periode 2016-2019 in de oevergeul bij Wamel en Dreumel.

Gilde	Periode	Oevergeul	Oevergeul
		Dreumel	Wamel
Reofiel	2016	4	4
	2017	6	5
	2018	8	5
	2019	7	5
Eurytoop	2016	5	8
	2017	8	8
	2018	7	6
	2019	11	6
Uitheems	2016	2	3
	2017	3	3
	2018	5	5
	2019	4	3
Limnofiel	2016	1	2
	2017	-	-
	2018	-	-
	2019	1	-

Dichtheden

Voor alle vis, inheemse vis, uitheemse vis, reofiele vis en eurytope vis is geen verschil gevonden in de dichtheden tussen de oevergeul bij Wamel en Dreumel (Figuur 3.19; Bijlage 8, Figuur B3-B6).



Figuur 3.19: Visdichtheden van alle vis waargenomen tijdens elektrovisserij in de jaren 2016 tot en met 2019 in de oevergeul bij Wamel en Dreumel. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.2.1.4 Invloed aanpassing drempel oevergeul bij Wamel

Soortenrijkdom

Broedzegen

De instroomopening van de oevergeul bij Wamel is in april 2018 afgesloten (zie hoofdstuk 1.2). Totale soortenrijkdom in de oevergeul bij Dreumel was in 2017 hoger dan in de oevergeul bij Wamel (Bijlage 6; Tabel B1). In 2018 en 2019 was de rijkdom vergelijkbaar (Tabel 3.5 en Bijlage 6; Tabel B2). Hetzelfde geldt voor de inheemse visrijkdom (Bijlage 6; Tabel B1, B2; Tabel 3.5). De uitheemse vis rijkdom was constant gedurende de jaren en verschilde niet tussen de oevergeulen. Reofiele vissoorten waren in 2017 en 2018 talrijker in de oevergeul bij Dreumel ten opzichte van de oevergeul bij Wamel. In 2019 was er geen verschil in reofiele visrijkdom tussen de twee oevergeulen. Dit laat zien dat de aanpassing van de oevergeul bij Wamel begin 2018, niet heeft geresulteerd in een lagere soortenrijkdom, ook niet in een afname van reofiele vissoorten. Dit komt waarschijnlijk door de poreuze structuur van de drempel waardoor de oevergeul nog steeds voldoende debiet trekt om te blijven stromen: het reofiele karakter is behouden gebleven.

Elektrovisserij

De soortenrijkdom in de oevergeul bij Wamel waargenomen met elektrovisserij veranderde niet na het afsluiten van de instroomopening in 2018 (Tabel 3.7). Tevens nam de reofiele vis rijkdom niet af (Tabel 3.7).

Dichtheden

De dichtheden van de alle vis, inheemse vis, eurytope vis en uitheemse vis namen niet af na aanpassing van de instroomopening. De reofiele vis dichtheid was daarentegen

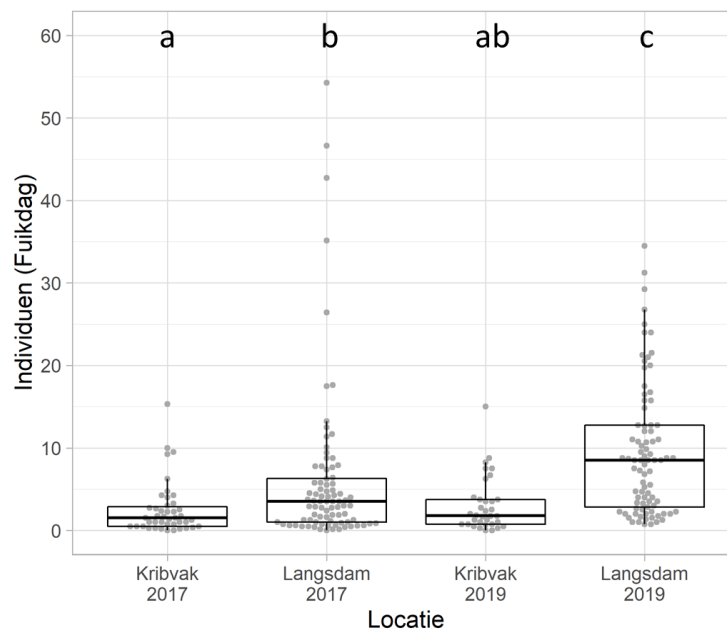
significant lager in 2019 dan in voorgaande jaren (Bijlage 8, Figuur B4). Echter was dit effect ook zichtbaar in de oevergeul bij Dreumel hetgeen impliceert dat het niet komt door de aanpassing van de instroomopening in de oevergeul bij Wamel.

Broedzegen

De broedzegenmonitoring laat geen effect zien van de aanpassing in de oevergeul bij Wamel op visdichtheden (Bijlage 6; Figuur B20, B21 en B22). Het enige effect dat werd waargenomen was een toename in reofiele vis in de oevergeul bij Wamel na aanpassing in vergelijking met de oevergeul bij Dreumel na aanpassing (Bijlage 6; Figuur B23).

Fuik

De fuikmonitoring laat een positief effect zien op de totale visdichtheden na de aanpassing van de instroomopening van de oevergeul bij Wamel (Bijlage 7; Figuur B2). Ook zijn er hogere aantallen waargenomen van inheemse vis (Figuur 3.20), uitheemse vis (Bijlage 7; Figuur B3) en eurytope vis (Bijlage 7; Figuur B4).



Figuur 3.20: Aantallen inheemse vis per fuikdag in de jaren 2017 en 2019 in de oevergeul bij Wamel en een kribvak. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.2.1.5 Migratie diadrome vis

NEDAP

Na het aanleggen van het NEDAP systeem in de oevergeul bij Dreumel en Ophemert zijn in mei 2019 en in maart 2020 gezenderde zalmsmolts bovenstrooms losgelaten. In het najaar van 2019 gezenderde schieralen en eind mei gezenderde zeeforel.

In 2019 zijn er in totaal 13 zalmsmolts door de oevergeulen heen gegaan. Van de 13 hebben er 3 gebruik gemaakt van de oevergeul bij Dreumel en 10 van de oevergeul bij Ophemert. In totaal hebben 7 van de betreffende 13 zalmsmolts Brakel bereikt. In totaal

zijn bij Brakel 18 zalmsmolts gepasseerd. Dit betekent dat in totaal 39% van de vissen die Brakel bereikte via de oevergeulen zijn gegaan. In 2020 hebben 5 vissen gebruik gemaakt van de oevergeulen waarvan 4 Brakel hebben bereikt. In totaal hebben 48 zalmsmolts Brakel bereikt. Van de vissen die Brakel bereikt is 10% door de oevergeulen gegaan.

Aangezien gemiddeld 10% van de afvoer van de Waal door de oevergeulen gaat, kan geconcludeerd worden dat in ieder geval 10% van de zalmsmolts door de oevergeul migreert. In 2019 was het percentage zalmsmolts dat de oevergeul gebruikte voor migratie vele malen hoger dan verwacht. Dit is een eerste indicatie dat de oevergeulen migratie van zalmsmolts kunnen faciliteren. Aangezien er nog maar twee jaar gegevens zijn verzameld, is het aanbevolen om in de toekomst wederom het aandeel zalmsmolts dat door de oevergeul migreert te bepalen.

In het geval van schieraal zijn in totaal 20 individuen door de oevergeulen gepasseerd. Brakel is bereikt door 38 individuen. Het aandeel schieraal dat door de oevergeulen is gegaan, is dus 52%, hetgeen impliceert dat de oevergeulen in 2019 een waardevolle migratie route voor schieraal waren. Net als voor zalmsmolts is het wenselijk om in de toekomst wederom een evaluatie van het aandeel gezenderde schieraal dat door de oevergeul migreert te bepalen.

In totaal zijn maar vijf gezenderde zeeforellen uitgezet. 1 zeeforel is door de oevergeul bij Ophemert gemigreerd. In totaal hebben drie zeeforellen Xanten bereikt, waarvan er geen een door de oevergeul is gemigreerd.

Ankerkuil

Soortenrijkdom

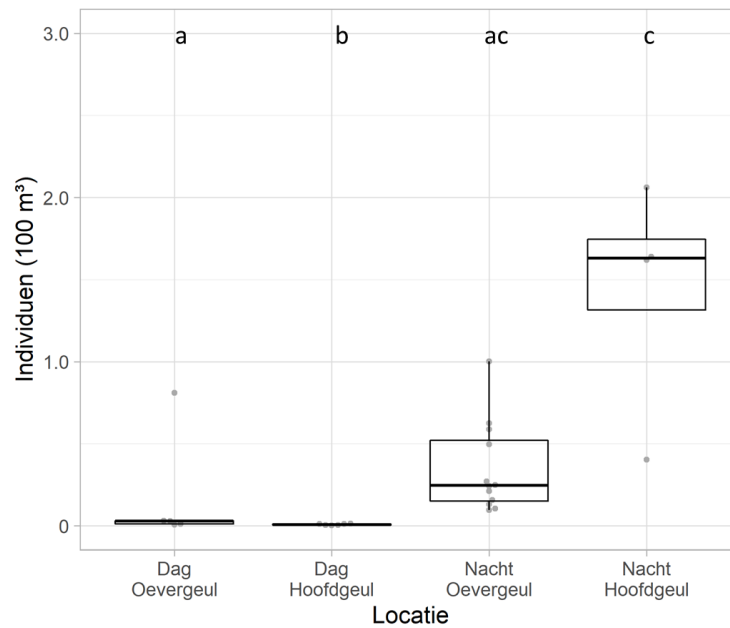
In alle drie de ankerkuil monitoringsperioden is de soortenrijkdom in de oevergeul hoger dan in de hoofdgeul (Tabel 3.8), als is vaker in de nacht gevist in de oevergeul dan in de hoofdgeul. Er zijn echter grote verschillen zichtbaar tussen dag- en nachtvisserij mede door de verschillen in bemonsteringsduur. In de maanden mei en september is de rijkdom gedurende de nacht hoger, ondanks de beperkte monitoringsduur gedurende de nacht. In de maand oktober was de soortenrijkdom hoger gedurende de dag met een meer vergelijkbare monitoringsinspanning. Net als totale soortenrijkdom is de inheemse visrijkdom hoger in de oevergeul dan in de hoofdgeul (Tabel 3.8). Wederom is de soortenrijkdom in mei en september hoger gedurende de nacht terwijl in oktober de inheemse soortenrijkdom hoger is gedurende de dag. Zowel in de oevergeul als in de hoofdgeul zijn regelmatig diadrome vissoorten waargenomen (Tabel 3.8). Soortenrijkdom van diadromen in de oevergeul lijkt hoger te zijn dan in de hoofdgeul, maar ook dit kan komen door de langere monitoringsduur gedurende de nacht in de oevergeul.

Tabel 3.8: Vis soortenrijkdom tijdens ankerkuil visserij in 2019 in de oevergeul bij Dreumel en de hoofdgeul van de Waal voor inheemse reofiele, eurytope en limnofiele vis en uitheemse vis. Diadrome vis kan niet worden opgeteld bij de andere groepen.

Gilde	Periode	Oevergeul		Hoofdgeul	
		Dag	Nacht	Dag	Nacht
Reofiel	Mei	2	4	2	-
	September	4	5	1	n.b.
	Oktober	3	5	1	3
Eurytoop	Mei	5	5	5	1
	September	6	6	5	n.b.
	Oktober	6	6	5	6
Uitheems	Mei	3	7	3	-
	September	4	4	1	n.b.
	Oktober	3	6	2	5
Limnofiel	Mei	1	1	-	-
	September	1	1	-	n.b.
	Oktober	-	-	-	-
Diadroom	Mei	4	3	3	-
	September	3	3	2	n.b.
	Oktober	1	4	1	2

Dichtheden

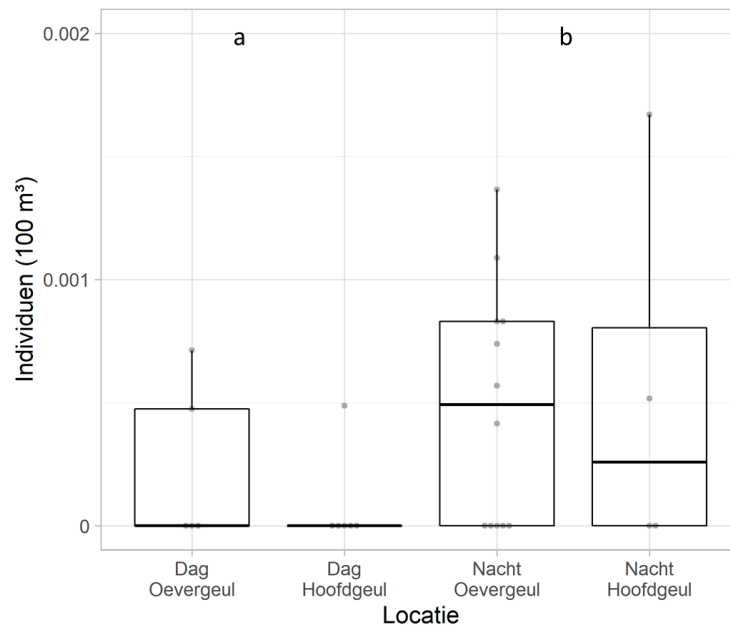
De totale visdichtheid in oktober werd gekarakteriseerd door een interactie tussen locatie en moment van vissen ($\chi^2 = 23.6988$, DF = 1, P-waarde < 0,001). De totale visdichtheid in oktober was gedurende de dag significant hoger in de oevergeul dan in de hoofdgeul; P-waarde < 0,001; Figuur 3.21). 'S nachts nam de dichtheid in de hoofdgeul significant toe (P-waarde < 0,001). In de nacht was er geen significant verschil in dichtheid tussen de oevergeul en de hoofdgeul (P-waarde = 0,06; Figuur 3.21).



Figuur 3.21: Vangst van alle vis per 100 m³ tijdens ankerkuilmonitoring in oktober 2019 in de oevergeul bij Dreumel en in de hoofdgeul bij IJzendoorn. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Het merendeel van de waargenomen vis betrof inheemse vis en de dichtheid werd net als bij alle vis gekarakteriseerd door een interactie van locatie en vismoment ($\chi^2 = 20.182$, DF = 1, P-waarde < 0,001). Net als bij de totale vis was de dichtheid overdag significant hoger in de oevergeul dan in de hoofdgeul (P-waarde < 0,001; Bijlage 9, Figuur B1). S 'nachts was er geen verschil tussen de hoofdgeul en oevergeul (P-Waarde = 0,06). De dichtheid in de hoofdgeul en oevergeul was in de nacht significant hoger dan overdag (P-waarde < 0,001).

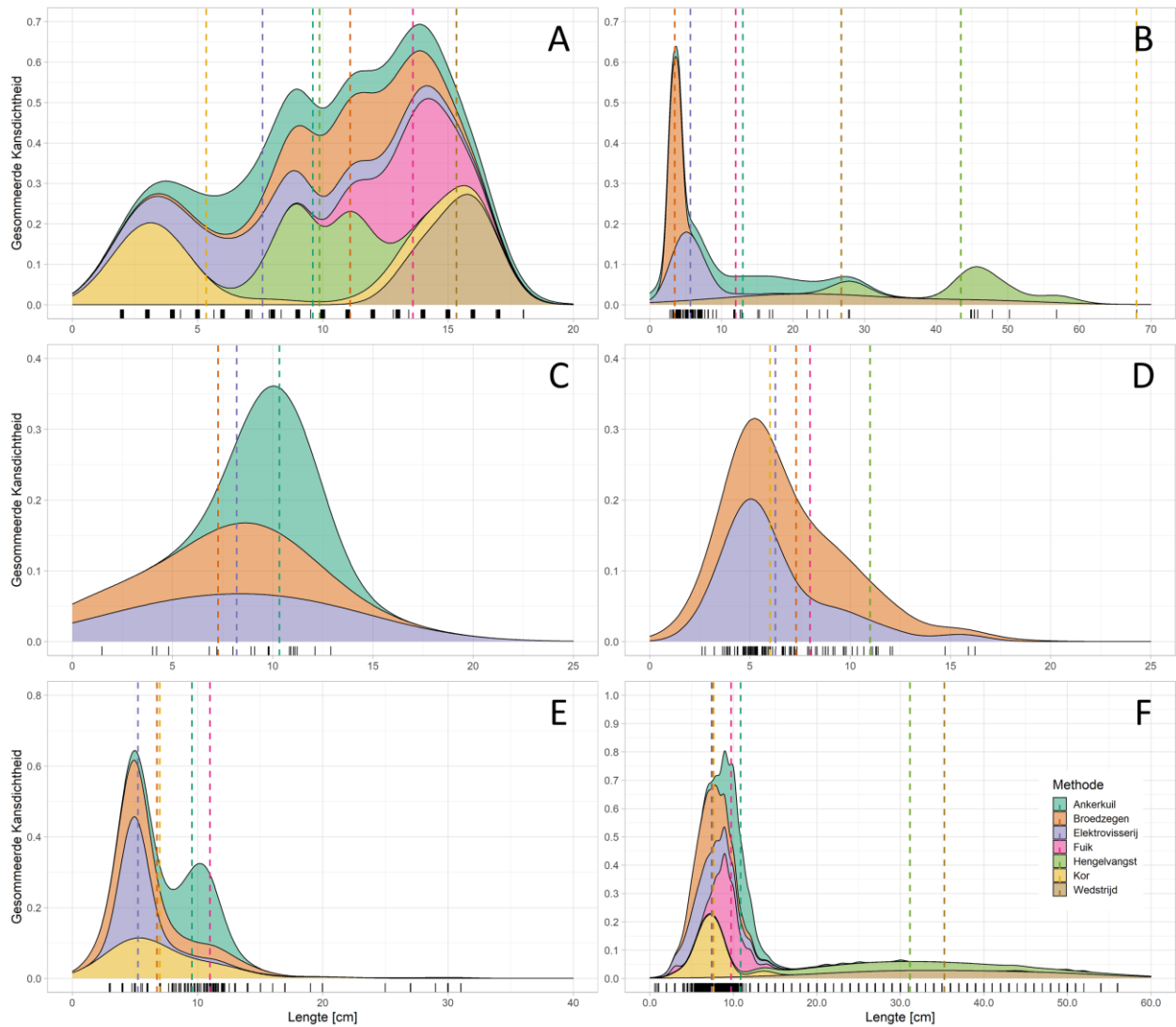
De aantallen van diadrome vis verschilden alleen tussen dag en nacht ($\chi^2 = 0.0074$, DF = 1, P-waarde < 0,05; Figuur 3.22). De dichtheid overdag was significant lager dan s 'nachts (P-waarde < 0.5).



Figuur 3.22: Vangst van diadrome vis per 100 m³ tijdens ankerkuilmonitoring in oktober 2019 in de oevergeul bij Dreumel en in de hoofdgeul bij IJzendoorn. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

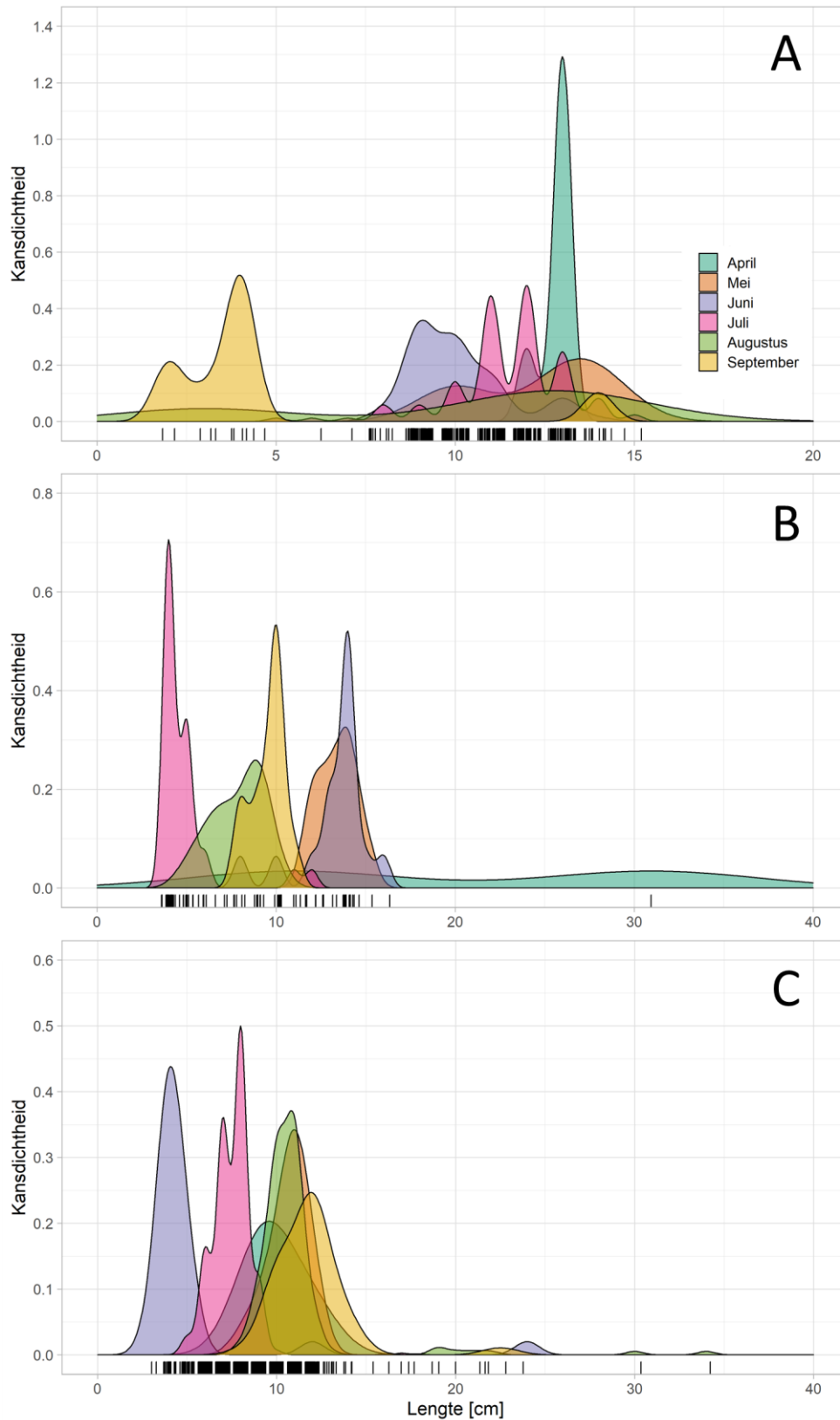
3.2.1.6 Gebruik langsdammen

De langsdammen vervullen de rol van opgroeiplek voor alver, barbeel, rivierprik, serpeling, sneep en winde (Figuur 23a t/m f). Daarnaast zijn in het geval van alver, barbeel, sneep en winde ook adulte vissen gevangen hetgeen impliceert dat de oevergeulen geschikte adulte habitat herbergen. Bijzonder is de waarneming van een larvale rivierprik van 1.2 cm, de betreffende lengte geeft aan dat het zeer aannemelijk is dat in de oevergeul paai van rivierprikken heeft plaatsgevonden (zie Dorenbosch et al. 2018 voor een uitgebreide discussie).



Figuur 3.23: Gesommeerde kansdichtheid van waargenomen lengtes van (A) alver, (B) barbeel, (C) rivierprik, (D) serpeling, (E) sneep en (F) winde in de oeveergeulen gedurende de periode 2016-2019 gebruikmakend van verschillende monitoringstechnieken. De stippellijnen geven per monitoringstechniek de gemiddelde lengte aan.

Wanneer de lengte van alver, sneep en winde tijdens het maandelijkse broedzegen onderzoek wordt vergeleken is bij alle drie de soorten een duidelijk piek van juveniele individuen te zien die vervolgens groeien in de tijd. In het geval van alver ligt de piek in augustus - september, de maanden daarvoor zijn alle waargenomen alvers beduidend groter (Figuur 3.24a). In het geval van sneep worden de kleinste individuen in juli waargenomen (Figuur 3.24b) waarna de lengtes in augustus en september toenemen. Bij winde worden de kleinste individuen in juni waargenomen (Figuur 3.24c). Vervolgens neemt de lengte van de individuen toe gedurende de maanden juli tot en met september.



Figuur 3.24: Waargenomen lengtes van (A) alver, (B) sneep en (C) winde tijdens broedzegen monitoring gedurende meerdere maanden in 2018 in de oeversgeul bij Dreumel.

Tabel 3.9: Totaal waargenomen soortenrijkdom in oevergeulen tijdens het visonderzoek gespecificeerd op basis van de gebruikte vismethodiek. De totaal kolom geeft het aantal methodes waarbij de betreffende soort is waargenomen.

Soort	Monitoringstechniek							Totaal
	Broedzegen	Elektro	Fuik	Broedkor	Ankerkuil	Wedstrijden	Hengelvangstregistratie	
Aal	x	x	x	x	x			5
Alver	x	x	x	x	x	x	x	7
Baars	x	x	x	x	x	x	x	7
Barbeel	x	x	x	x	x	x	x	7
Bittervoorn		x			x			2
Blankvoorn	x	x	x	x	x	x	x	7
Blauwneus	x	x	x	x	x	x	x	7
Bot	x	x		x	x	x	x	6
Brasem	x	x	x	x	x	x	x	7
Diklipharder		x						1
Donau brasem	x			x		x	x	4
Driedoornige stekelbaars	x	x		x	x			4
Elft					x			1
Giebel							x	1
Houting					x			1
Karper	x	x	x					3
Kesslergrondel	x	x	x	x	x	x	x	7
Kleine modderkruiper		x						1
Kolblei	x		x	x		x	x	5
Kopvoorn	x	x						2
Marm grondel	x	x			x			3
Meerval		x	x	x			x	4
Pontische stroomgrondel	x	x	x	x	x	x	x	7
Pos	x	x	x	x				4
Rietvoorn		x	x					2
Rivierdonderpad		x	x					2
Rivierprik	x	x			x			3
Roofblei	x	x	x	x	x	x	x	7
Serpeling	x	x	x	x			x	5
Sneep	x	x	x	x	x			5
Snoek	x	x					x	3
Snoekbaars	x	x	x	x	x	x	x	7
Vetje								-
Winde	x	x	x	x	x	x	x	7
Witvinggrondel	x	x	x	x	x	x		5
Zalm								-
Zeeforel								-
Zeeprik					x			1
Zwartbekgrondel	x	x	x	x	x	x	x	7
Aantal soorten:	26	30	22	22	23	16	20	
Aantal unieke soorten:	0	2	0	0	3	0	1	
Totaal aantal soorten:	36							

3.2.1.7 Conclusie vis

In totaal zijn 39 soorten waargenomen tijdens het onderzoek waarvan 36 in de oevergeul (Tabel 3.9) en 28 in kribvakken / de hoofdgeul (Bijlage 10, Tabel B1). 11 waargenomen soorten waren uniek voor de oevergeul. 3 soorten waren uniek voor de kribvakken / de hoofdgeul. Voor het bemonsteren van de visgemeenschap van alle levensstadia in verschillende habitats zijn meerdere vismethoden nodig. Dit is ook van invloed op de mogelijkheden om resultaten te vergelijken en conclusies te trekken. In de broedzegen, de broedkor, de fuik en met de elektrovisserij worden hoofdzakelijk juveniele en kleine vis gevangen. Met de ankerkuil, de hengelsportwedstrijden en hengelsportregistraties worden relatief veel volwassen vissen gevangen.

In de oevergeul worden meer soorten waargenomen dan in de kribvakken (Tabel 3.10). Dit betreft zowel de totale soortenrijkdom als opgesplitst naar de inheemse en uitheemse soorten. De dichtheden verschillen meestal ook significant tussen oevergeul en kribvak: deze zijn significant hoger in de oevergeul. Deze verschillen zijn gedurende het gehele jaar zichtbaar. De oevergeulen onderling verschillen nauwelijks in soortenrijkdom en in aantallen, hetgeen impliceert dat ze een vergelijkbare diversiteit aan habitats herbergen. Het effect van het grotendeels dichtzetten van de instroomopening van de oevergeul bij Wamel is onduidelijk. Vooralsnog lijkt de aanpassing geen negatieve consequenties te hebben voor soortenrijkdom noch voor aantallen. De dichtheid van reofiele vis nam tegen de verwachting in zelfs toe na aanpassing van de instroomopening. De soortenrijkdom in de oevergeul was hoger dan in de hoofdgeul op basis van een monitoring met een ankerkuil. Overdag was de dichtheid hoger in de oevergeul dan in de hoofdgeul, 's nachts was er geen verschil tussen beide locaties. Tevens waren larven van de rivierprik, een soort die onder de habitatrichtlijn valt, talrijker in de oevergeul dan in nevengeul en kribvakken (Dorenbosch et al. 2019).

Gebaseerd op bovenstaande resultaten kan geconcludeerd worden dat:

- Soortenrijkdom van inheemse vis in de beschutte oeverzone achter de langsdam neemt toe ; Dit zijn vooral winde, blankvoorn, baars, sneep en alver.
- De dichtheden van zowel inheemse als uitheemse vissen zijn hoger in de oevergeulen;
- Er is weinig verschil in soortenrijkdom en aantallen tussen de drie oevergeulen;
- Het dichtzetten van de instroomopening van oevergeul bij Wamel heeft geen nadelige gevolgen gehad voor de soortenrijkdom noch voor de dichtheden ;
- De oevergeul vervult vooral een toegevoegde waarde als opgroei-habitat voor jonge vis. Volwassen vissen worden ook waargenomen, maar het is onduidelijk of dit verschilt van de oorspronkelijke situatie.
- Diadrome vissen profiteren van de oevergeul. Ze worden niet beperkt in hun migratiemogelijkheden door de aanleg van langsdammen. Integendeel, smolts (jonge zalm) bleken door de oevergeul stroomafwaarts te zwemmen. In de bodem van de oevergeul zijn jonge rivierprikken aangetroffen.

Tabel 3.10: Op een hoog geaggregeerd niveau een overzicht van waargenomen effecten van aangelegde langsdammen op vis in relatie tot de verschillende onderzoeksvragen. Groen: positief effect langsdammen; Rood: negatief effect langsdammen; Grijs: geen effect langsdammen.

Onderzoeksvraag	Methodiek	Alle vis	Inheemse vis	Uitheemse vis
Vershil locaties en temporele ontwikkeling				
Soortenrijkdom Dichtheden	Broedzegen	LD = KV	LD = KV	LD = KV
		LD > KV	LD > KV	LD = KV
		LD > KV	LD > KV	LD > KV
	Fuik	LD > KV	LD > KV	LD > KV
		LD = KV	LD > KV	LD = KV
		LD = KV	LD > KV	LD = KV
	Elektrovisserij	LD > KV	LD > KV	LD > KV
		LD > KV**	LD > KV*	LD > KV*
		LD > KV	LD > KV	LD > KV
Broedzegen	LD > KV	LD > KV	LD = KV	
	LD > KV	LD > KV	LD = KV	
	LD > KV	LD > KV	LD = KV	
Fuik	LD > KV	LD > KV	LD = KV	
	LD > KV	LD > KV	LD = KV	
	LD > KV	LD > KV	LD = KV	
Elektrovisserij	-	LD > KV	-	
	-	LD > KV	-	
	-	LD > KV	-	
Vershil oevergeulen				
Soortenrijkdom	Broedzegen	LD = LD	LD = LD	LD = LD
	Elektrovisserij	LD > LD	LD > LD	LD = LD
Dichtheden	Broedzegen	LD = LD	LD = LD	LD = LD
	Elektrovisserij	LD = LD	LD = LD	LD = LD
Invloed drempel				
Soortenrijkdom Dichtheden	Broedzegen	Voor < Na	Voor < Na	Voor = Na
		Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na
		Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na
	Fuik	Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na
		Voor < Na	Voor < Na	Voor < Na
		Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na
Elektrovisserij	Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na	
	Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na	
	Voor = Na	Voor = Na	Voor = Na	
Migratie diadrome vis oevergeul				
Soortenrijkdom	NEDAP	geen beperking migratie	-	-
	Ankerkuil	LD > HG	LD > HG	LD > HG
Dichtheden	Ankerkuil	LD > HG ^o ; LD = HG ^s	LD > HG ^o ; LD = HG ^s	LD > HG

LD: oevergeul langsdam; KV: kribvak; HG: hoofdgeul.

* oevergeulen verschillen alleen ten opzichte van één kribvak locatie

** één oevergeul verschilt ten opzichte van beide kribvak locaties

Voor: situatie voor aanpassing drempel oevergeul bij Wamel

Na: situatie na aanpassing drempel oevergeul bij Wamel

^o: overdag

^s: 'S nachts

3.2.2 Macrofauna

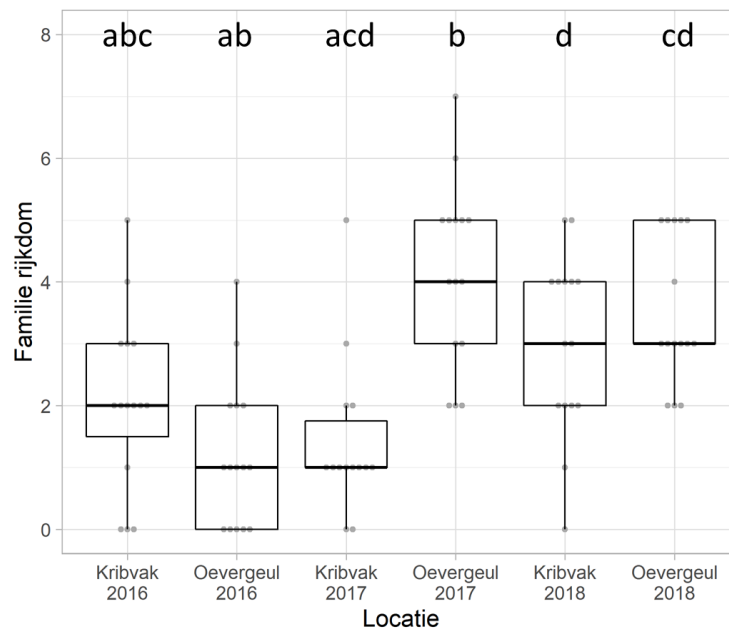
De waargenomen effecten van de langsdammen op macrofauna zijn:

- Een toename in familierijkdom en dichtheden in het zandige substraat in de oevergeul ten opzichte van kribvakken;
- Geen verschil in rijkdom nog in dichtheden op stenig substraat in de oeverzone van de oevergeul ten opzichte van kribvakken;
- Ook uitheemse macrofauna soorten nemen toe in de oevergeul;
- Zeldzame inheemse soorten zoals haften en rivierromboutlarven zijn meer aanwezig in de oevergeul dan in een kribvak.

3.2.2.1 Effect langsdammen

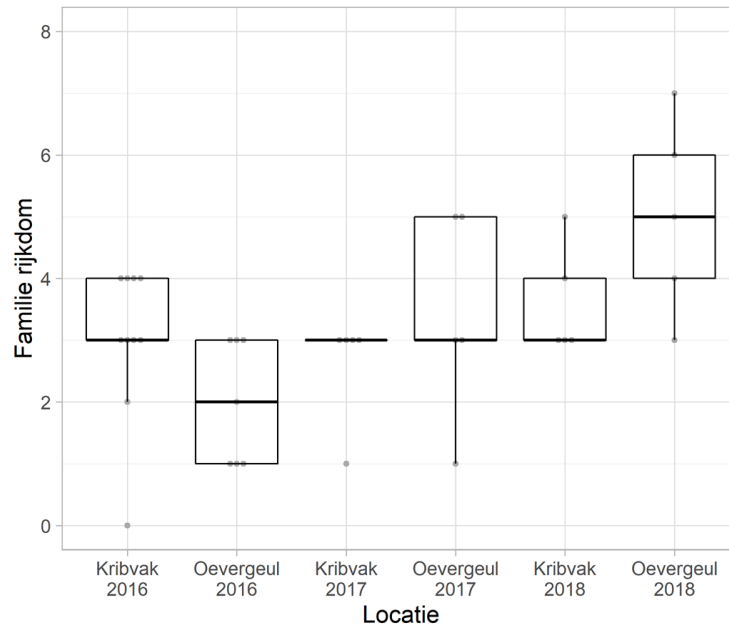
Familierijkdom

De rijkdom per steekmonster was beperkt, de hoogste rijkdom is waargenomen in de oevergeul in 2017 (Figuur 3.25). Er was een significant effect van de interactie tussen 'jaar' en 'locatie' ($\chi^2 = 18,785$, DF = 2, P-waarde < 0,001). Zowel in 2016 en 2018 was er geen verschil in rijkdom per monster tussen de oevergeul en het kribvak. In 2017 was de rijkdom per steekmonster significant hoger in de oevergeul dan in het kribvak (P-waarde < 0,001).



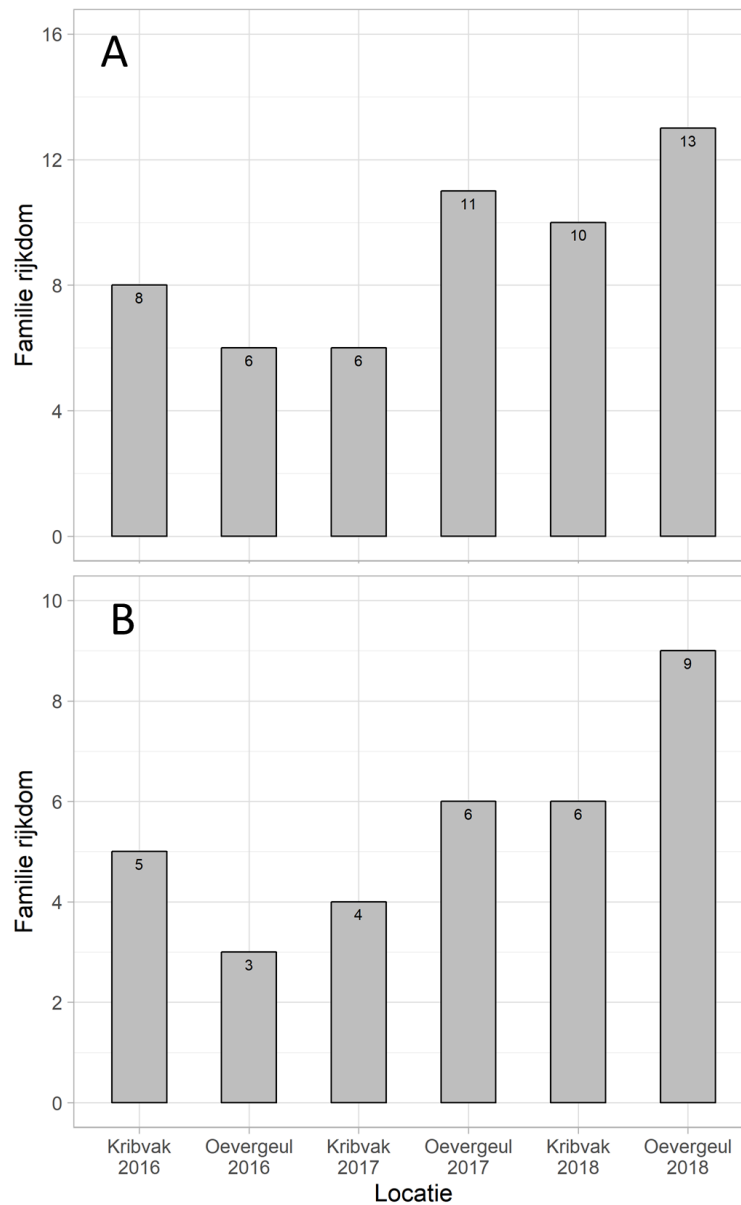
Figuur 3.25: Diversiteit van macrofauna (aantal families) per steekmonster in de periode 2016 tot 2018 in de oevergeul bij Dreumel en in een kribvak. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

De rijkdom per bemonsterde steen verschilde niet significant tussen locatie noch per monitoringsjaar ($\chi^2 = 5,649$, DF = 2, P-waarde = 0,06; Figuur 3.26).



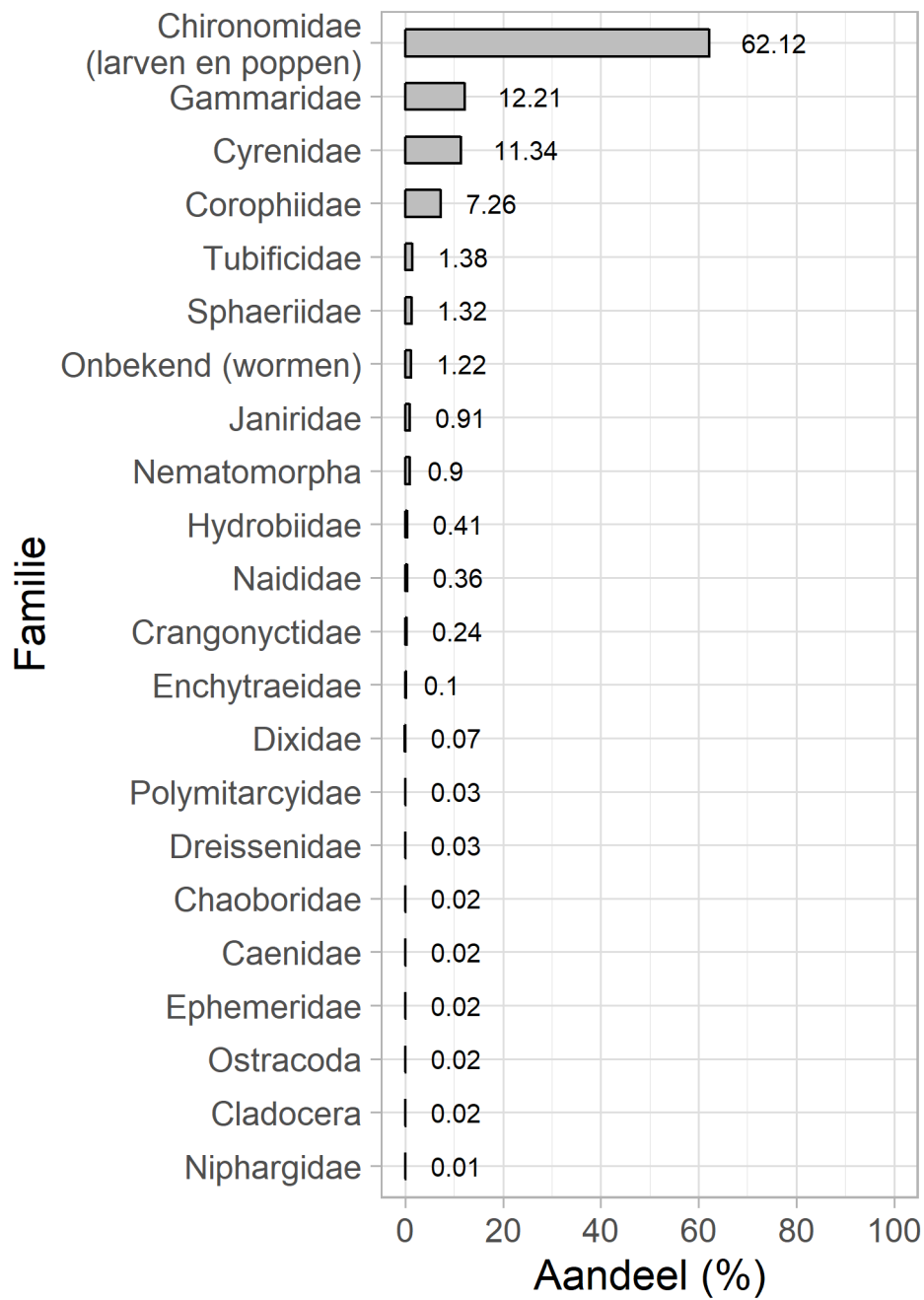
Figuur 3.26: Macrofauna familierijkdom per steenmonster in de periode 2016 tot 2018 in de oevergeul bij Dreumel en in een kribvak.

De totale familierijkdom was hoger in de steekbuis monsters dan in de steen monsters (Figuur 3.26). In 2016 zijn er meer families waargenomen in steekbuis monsters van het kribvak dan in steekbuismonsters van de oevergeul (verschil van 2 families). In 2017 en 2018 zijn meer families waargenomen in de oevergeul dan in het kribvak (Figuur 3.27a; verschil van 5 en 3 families, respectievelijk). Familierijkdom in de steenmonsters van 2016 was hoger in het kribvak dan in de oevergeul (verschil van 2 families). In 2017 en 2018 was de familierijkdom hoger in de oevergeul dan in het kribvak (Figuur 3.27b; verschil van 2 en 3 families, respectievelijk). De lagere familierijkdom in 2016 kan komen door de majeure ingreep die in het langsdammen traject heeft plaatsgevonden.



Figuur 3.27: Totale macrofauna familierijkdom in (A) de steekbuis monsters en (B) de afgeborstelde steen monsters in de periode 2016 tot 2018 in de oevergeul bij Dreumel en in een kribvak.

De meest dominant aanwezige familie was de Chironomidae (dansmuggen) (62.12% van alle individuen; Figuur 3.28). Andere families die veel zijn waargenomen zijn de Gammaridae (vlokreeften), Cyrenidae (korfmosselen) en Corophiidae (slijkgarnalen), gezamenlijk met de Chironomidae meer dan 90%. Er zijn drie haftenfamilies in de oevergeul waargenomen: Polymitarcyidae, Ephemeridae en Caenidae. In de kribvakken zijn geen haften waargenomen. Polymitarcyidae betreft de soort *Ephoron virgo*, de bekende Zomersneeuw (Figuur 3.29). Deze soort wordt in de najaarsmonster van het MWTL nooit aangetroffen, omdat ze dan als ei aanwezig is en dus niet waarneembaar. Tijdens additionele lichtval monitoring in juli 2020 is zomersneeuw in alle drie de oevergeulen waargenomen.



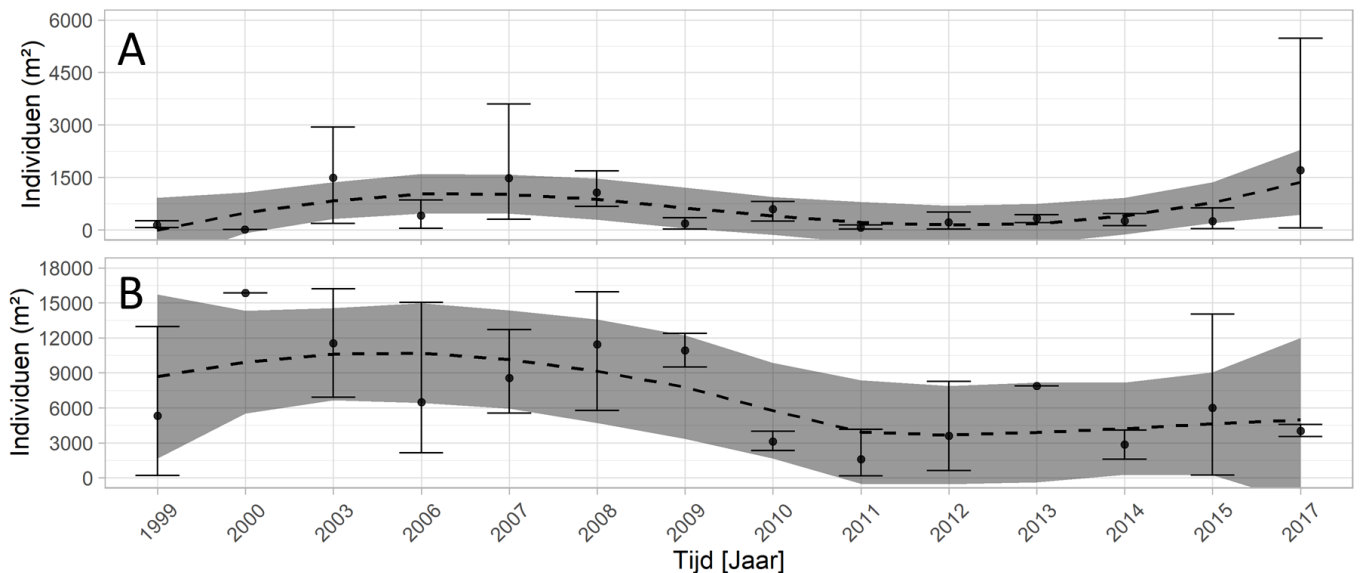
Figuur 3.28: Aandeel van alle waargenomen macrofauna families, niet identificeerbare individuen en de Nematomorpha voor zowel de steekbuis als steen bemonstering in de periode 2016 tot 2018 tezamen.



Figuur 3.29: Een larve van de haft Zomersneeuw (oevergeul bij Dreumel juli 2018; Foto: F. Collas).

MWTL resultaten

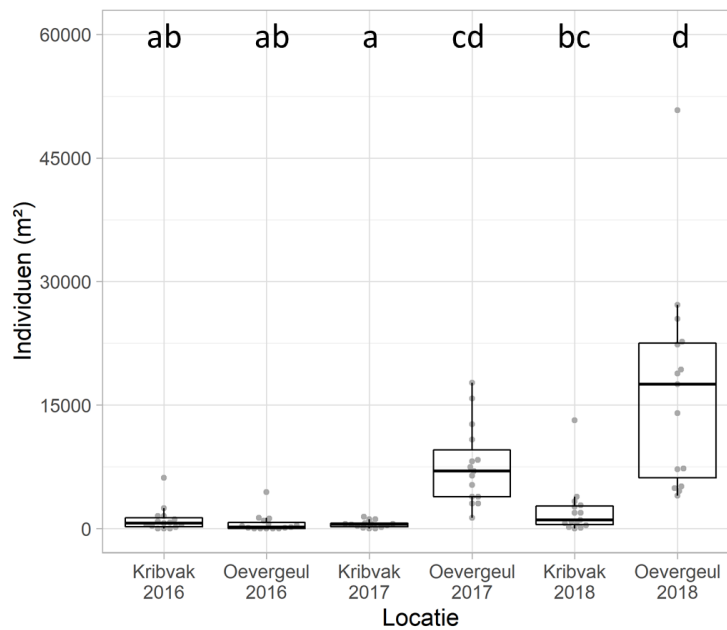
De dichtheden van macrofauna in het litoraal, van de Waal bemonsterd met een handnet worden gekenmerkt door een positieve trend in recente jaren (Figuur 3.30a). De dichtheid in 2017 was 1711 individuen per m². De macrofauna op stenen wordt gekarakteriseerd door een neerwaartse trend in de afgelopen jaren (Figuur 3.30b). De dichtheid in 2017 was 4041 individuen per m².



Figuur 3.30: MWTL macrofauna dichtheden in het litoraal van de Waal van Nijmegen tot Gorkum bemonsterd met (A) handnet en (B) afborstelen stenen in de periode 1999 – 2017.

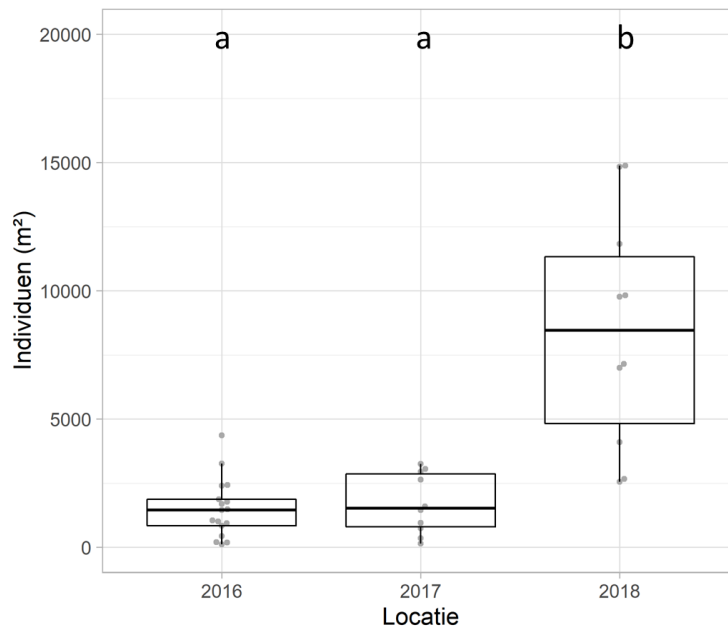
Dichtheden

De dichtheden van macrofauna in de steekbuis monsters verschilde significant tussen locaties waarbij er een interactie was van locatie en jaar. In 2016 was er geen significant verschil tussen de twee locaties (Figuur 3.31). In 2017 was de dichtheid in de oevergeul significant hoger dan in het kribvak (P-waarde < 0,001). In 2018 was de dichtheid van macrofauna wederom significant hoger in de oevergeul ten opzichte van het kribvak (P-waarde < 0,001).



Figuur 3.31: Macrofaunadichtheid per steekmonster in de periode 2016 tot 2018 in de oevergeul bij Dreumel en in een kribvak. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Dichtheden van macrofauna op stenen verschilde niet tussen de oevergeul en het kribvak. Er was alleen een significant effect van jaar ($\chi^2 = 24,22$, DF = 2, P-waarde < 0,001; Figuur 3.32), waarbij de dichtheid in 2018 significant hoger was dan in 2016 en 2017 (Figuur 3.32; P-waarde < 0,001 en < 0,001, respectievelijk).



Figuur 3.32: Macrofaunadichtheid per steenmonster in de periode 2016 tot 2018 in de oevergeul bij Dreumel en in een kribvak tezamen. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Ecologische indicatie MWTL monitoring

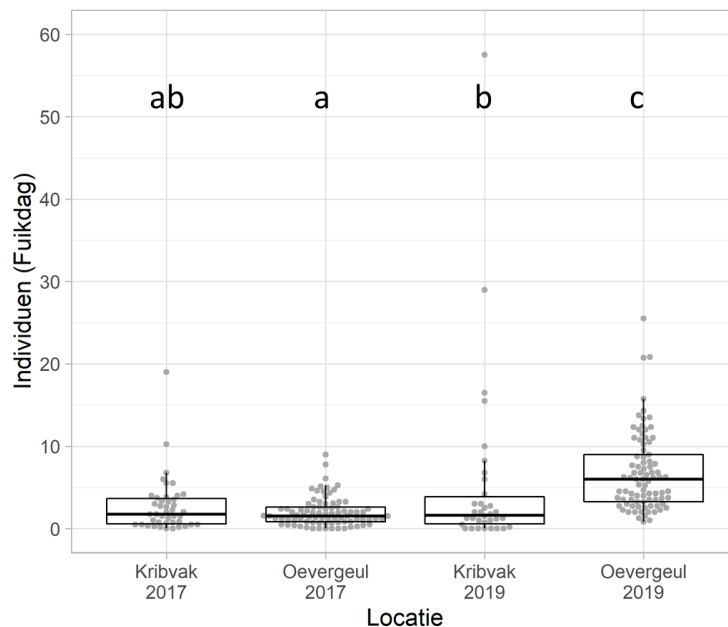
Een aantal soorten/groepen werd gekenmerkt door een daling, specifiek soorten die kenmerkend zijn voor schuivend zand in rivieren (*Propappus volki*, *Robackia demejerei*, *Paratendipes nubilus*, *Kloosia pusilla*). Mogelijk is de afwezigheid het resultaat van de verminderde scheepvaart dynamiek. Daarnaast is er een afname waargenomen van *Cryptochironomus rostratus*, een typische riviersoort, en *Polypedilum scalaenum*, een soort van zandbodems zonder veel organisch materiaal. Mogelijk zijn de betreffende soorten wel aanwezig in de diepere habitats achter de oevergeul die niet bemonsterd zijn.

Een aantal soorten/groepen is alleen in de oevergeul waargenomen, bijvoorbeeld de watermijten en dwergduikertjes. Unieke soorten/groepen in de oevergeulen zijn *Vejdovskyella intermedia*, *Crangonyx pseudogracilis*, *Hygrobates nigromaculatus*, *Hygrobates trigonicus*, *Micronecta minutissima* en *Micronecta scholtzi*. Daarnaast zijn er een aantal soorten/groepen die profiteren van de oevergeulen maar die ook aanwezig zijn in de kribvakken waarmee is vergeleken. Zo zijn bijvoorbeeld waterpissebedden, aasgarnalen en vlokreeften talrijker in de oevergeul. Met name de exotische *Dikerogammarus villosus* was talrijker in de oevergeul. De aantallen waargenomen (semi)aquatische diptera zijn hoger in de oevergeul dan in het kribvak. Specifiek is er een toename van *Chironomus acutiventris* en *Chironomus nudiventris*, beide typische riviersoorten. De trefkans van haften was hoger in de oevergeulen hetgeen aansluit bij de waargenomen zwermen van eendagsvliegen.

Bijvangst fuiken

De uitheemse Chinese wolhandkrab was regelmatig aanwezig in de fuiken (Figuur 3.33). Er was een significante interactie van 'locatie' en 'jaar' ($\chi^2 = 9,385$, $DF = 2$, P -waarde $< 0,001$; Figuur 3.33). Waarbij de dichtheid in 2019 significant verschilde tussen de oevergeul bij Wamel en het kribvak (P -waarde $< 0,01$). In 2017 was er geen verschil in het aantal Chinese wolhandkrabben tussen het kribvak en de oevergeul (P -waarde = 0,20).

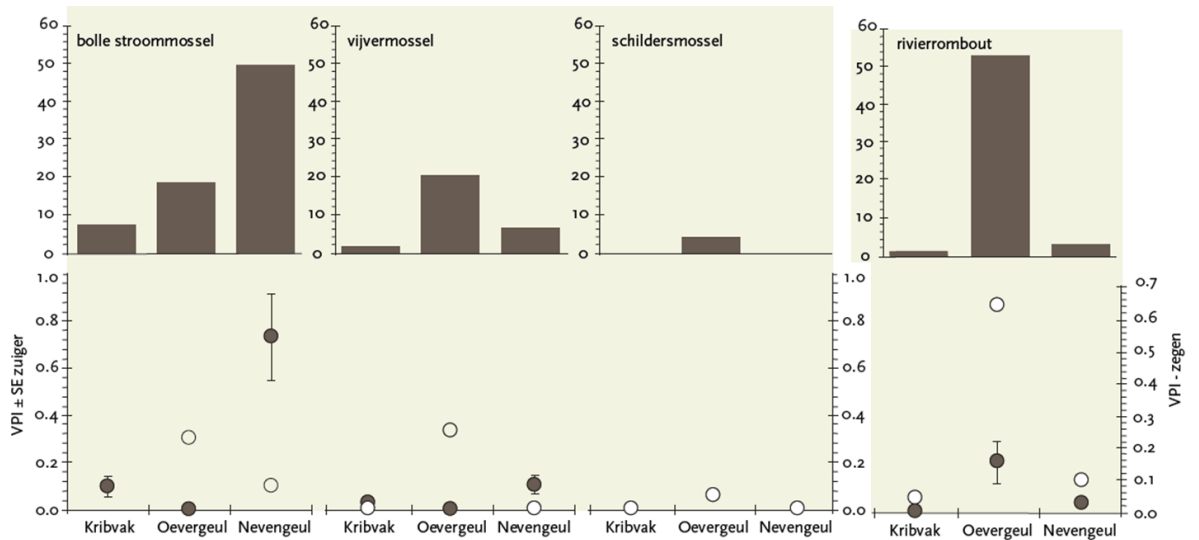
Tevens werden tijdens de fuikmonitoring af en toe kreeften gevangen. Dit moeten allemaal uitheemse kreeften zijn aangezien de inheemse Europese rivierkreeft momenteel nog maar op één geïsoleerde plek in Nederland voorkomt. Het kwam vaker voor dat er geen kreeft werd gevangen dan wel een kreeft. Er was geen verschil tussen 'locaties' in het aantal waarnemingen van kreeften. Alleen 'periode' had een significant effect ($\chi^2 = 40,834$, $DF = 2$, P -waarde $< 0,001$), waarbij significant meer kreeften werden waargenomen in de periode mei-juni en juli-augustus ten opzichte van september-oktober (P -waarde $< 0,001$ en $< 0,001$, respectievelijk).



Figuur 3.33: Aantal gevangen Chinese wolhandkrabben per fuikdag in 2017 en 2019 in de oevergeul bij Wamel en in een kribvak bij IJzendoorn. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Bijvangst broedzegen en bodemzuiger onderzoek

De gerichte monitoring van larven van rivierprik en rivierrombout (*Gomphus flavipes*) en inheemse mosselen met een bodemzuiger laat zien dat in de oevergeul de vangst per inspanning het hoogste is voor de rivierrombout (Figuur 3.34; Figuur 3.35). Daarnaast wordt de bolle stroommossel (*Unio tumidus*) regelmatig in oevergeulen waargenomen, al is dat niet zo vaak als in nevengeulen. De vijvermossel (*Anodonta anatina*) en schildersmossel (*Unio pictorum*) worden weer het vaakst in de oevergeul waargenomen (Figuur 3.34). Voorgenoemde resultaten onderbouwen dat zeldzamere soorten in de oevergeulen hun habitat hebben gevonden.



Figuur 3.34: Aantal gevangen individuen van de bolle stroommossel, vijvermossel, schildersmossel en rivierrombout in kribvakken, oevergeulen en nevengeulen in 2017 met een hevelzuiger (zwarte symbolen) en in de periode 2016-2018 als bijvangst in de broedzegen (witte symbolen) VPI: vangst per inspanning. (Aangepast uit Dorenbosch et al. 2019).



Figuur 3.35: Rivierrombout larve en juveniele inheemse mosselen waargenomen in de oevergeul bij Dreumel in Juli 2018 (Foto: F. Collas).

3.2.2.2 Conclusie macrofauna

De aanwezigheid van macrofauna is tot op een hoger taxonomisch niveau (families) geanalyseerd en geëvalueerd. Over het algemeen zijn de effecten van de langsdammen op macrofauna in de oevergeulen positief. Qua familierijkdom en aantallen in het zandig substraat van de oevergeulen bij Dreumel scoort deze beter dan de bemonsterde kribvakken. De verwachting is dat de aantallen in de toekomst verder zullen toenemen. De meest dominante groep is de Chironomidae, een familie met vrijwel alleen inheemse soorten. Er zijn ook een aantal uitheemse soorten die profiteren. Er is bijvoorbeeld een toename in het aantal korfmosselen (*Corbicula spec.*) en Jenkins' waterhorens (*Potamopyrgus antipodarum*). Er zijn echter ook een drietal haftenfamilies waargenomen en er zijn regelmatig larven van de rivierrombout (*Gomphus flavipes*) en inheemse najaden waargenomen. De oevergeul bij Dreumel waar de steekmonsters zijn genomen is de meest zanderige van alle geulen; de fauna van de andere oevergeulen met meer grind en stenen zal enigszins anders zijn. Op stenen domineren doorgaans uitheemse soorten. De aantallen op stenen verschillen niet significant tussen de oevergeul en kribvakken. De uitheemse Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) lijkt te profiteren van het dichtzetten van de oevergeul bij Wamel. De conclusie kan worden getrokken dat de oevergeulen positief zijn voor zowel de rijkdom als aantallen macrofauna, ook zeldzame inheemse soorten profiteren.

- De soortenrijkdom en dichtheid (individue/m²) van macrofauna in de zanderige oeverzone neemt toe in de oevergeul door aanleg van langsdammen;
- Zowel uitheemse soorten (bijvoorbeeld Aziatische korfmosselen) als inheemse soorten (bijvoorbeeld eendagsvliegen) profiteren van de aanleg van oevergeulen;
- Macrofauna op stenig substraat in de oeverzone vertoont een vergelijkbare dichtheid als in kribvakken;
- Zeldzame soorten als de rivierrombout (habitatrictlijn) en inheemse zoetwatermosselen profiteren van de omstandigheden van oevergeulen achter de langsdammen.

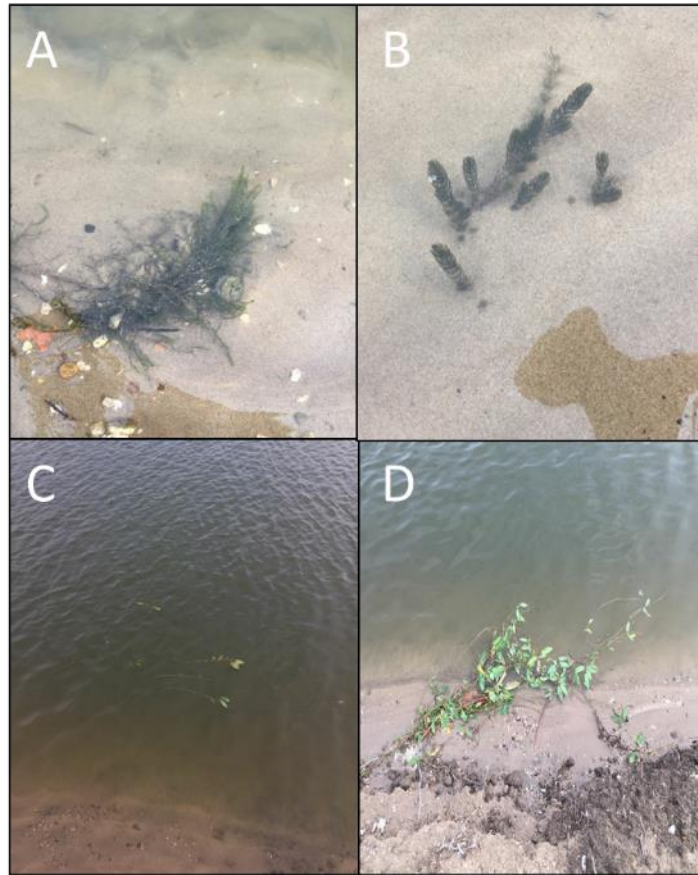
3.2.3 Planten en mossen

De waargenomen effecten van de langsdammen op planten en mossen zijn:

- De verminderde scheepvaart faciliteert de vestiging van waterplanten en mossen in de oevergeulen;
- Stroomdalflora in het langsdammen traject wordt nog steeds gefaciliteerd door zandafzetting tijdens hoog water.

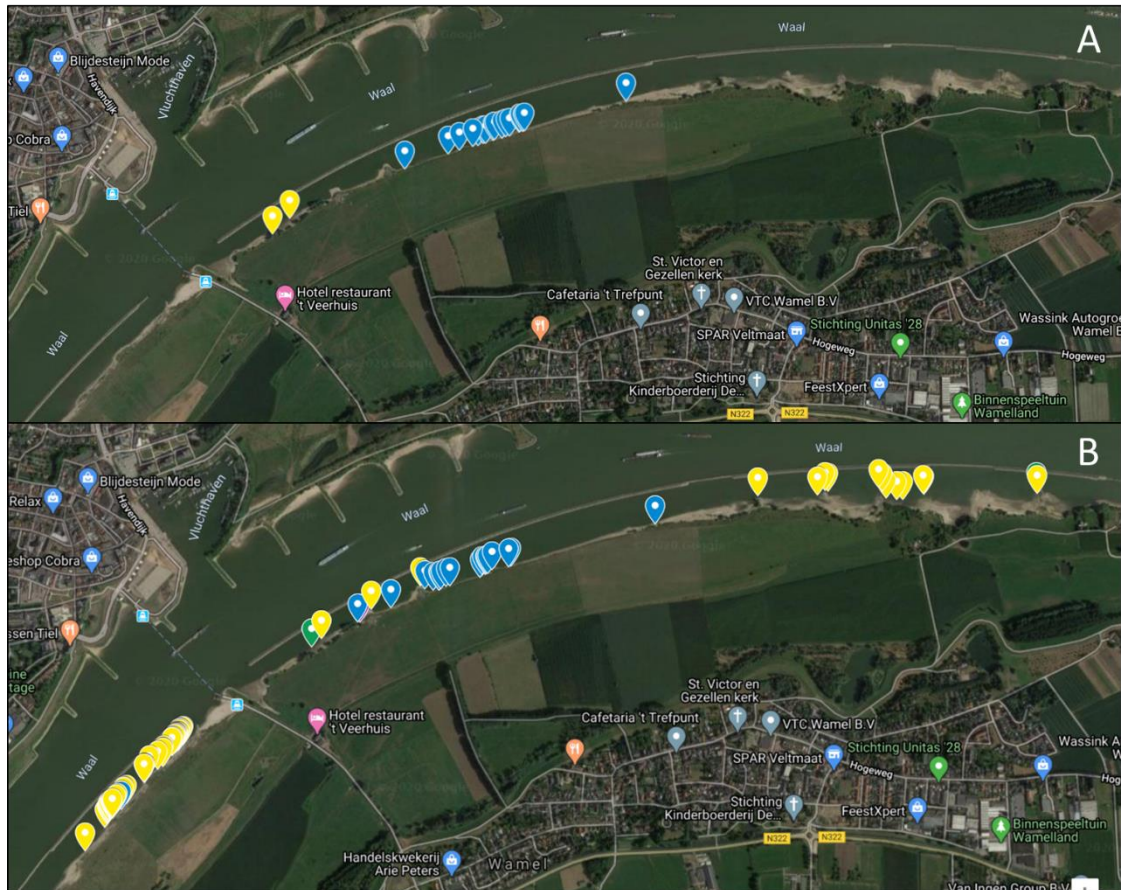
3.2.3.1 Waterplanten en mossen

In totaal werden drie soorten waterplanten gevonden in de oevergeulen: 1) veenwortel (*Persicaria amphibia*), 2) grof hoornblad (*Ceratophyllum demersum*) en 3) riet (*Phragmites australis*) (Figuur 3.36). De eerste waarneming van waterplanten was veenwortel in 2016 ter hoogte van de steilwand in de oevergeul bij Dreumel (Bijlage 11, Figuur B1). De betreffende vestiging vond plaats door oevererosie waardoor de amfibische veenwortel in het water terecht kwam. Tevens werd een mossoort waargenomen, namelijk gewoon bronmos (*Fontinalis antipyretica*).



Figuur 3.36: In 2019 waargenomen mossen en waterplanten: (A) gewoon bronmos, (B) grof hoornblad, (C) veenwortel, en (D) veenwortel (Foto's: F. Collas).

In 2018 is intensief gezocht bij de oeversgeul bij Wamel hetgeen resulteerde in een groot aantal waarnemingen van veenwortel (Figuur 3.37a), tevens werd gewoon bronmos waargenomen. In 2019 zijn alle drie de oeversgeulen gestandaardiseerd geïnterviewd op de aanwezigheid van waterplanten en mossen inclusief drie kribvakken. In 2019 werden de meeste waterplanten en mossen in de oeversgeul bij Wamel waargenomen (Figuur 3.37b). Veenwortel groeide in 2018 en 2019 op dezelfde locatie in de oeversgeul bij Wamel. Bij de steilwand van Dreumel zijn na 2016 geen waarnemingen meer gedaan van veenwortel. In 2017 is tijdens de nachtelijke vismonitoring in de oeversgeul bij Dreumel veenwortel in de zegen aangetroffen. In 2019 is op enkele locaties in de oeversgeul bij Dreumel wederom veenwortel aangetroffen. Waterplanten en mossen zijn zeer beperkt aanwezig in de oeversgeul bij Ophemert. Alleen gewoon bronmos is aangetroffen op een tweetal locaties (Bijlage 11, Figuur B2). In de kribvakken is in 2019 zowel gewoon bronmos als grof hoornblad waargenomen, veenwortel was afwezig (Bijlage 11, Figuur B2). Tevens was op een aantal locaties een algenlaag zichtbaar (Bijlage 11, Figuur B3). In 2020 zijn wederom waterplanten waargenomen in de oeversgeul bij Wamel en Dreumel.



Figuur 3.37: Overzicht van waargenomen waterplanten in (A) 2018 en (B) 2019. Waargenomen soorten zijn: gewoon bronmos (geel), grof hoornblad (groen) en veenwortel (blauw).

Gebaseerd op de waargenomen waterplanten en mossen kan geconcludeerd worden dat de oevers van de oevergeulen geschikte habitat herbergen voor een aantal soorten. Mogelijk dat met een verdere ontwikkeling van de oevergeul de geschiktheid toe zal nemen voor meer plantensoorten en mossen. Tijdens de fuik- en ankerkuil monitoring werd in ieder geval duidelijk dat er een grootte influx is van planten fragmenten in de oevergeulen. Mogelijk kunnen deze fragmenten het traject in de toekomst koloniseren. Het is daarom gewenst om over een aantal jaar een inventarisatie van waterplanten en mossen uit te voeren in de oevergeulen. Waterplanten en mossen zijn meer aanwezig in de oevergeul bij Wamel en Dreumel dan in de oevergeul bij Ophemert. Er zijn twee mogelijke verklaringen: 1) zowel de oevergeul bij Wamel en Dreumel hebben een deel van de oever dat erodeert waardoor oude zaadbanken in het water terecht komen en 2) de stroomsnelheid in de oevergeul bij Ophemert is een stuk hoger dan in de twee andere oevergeulen hetgeen de vestiging van waterplanten en mossen nadelig kan beïnvloeden. De aanwezigheid van veenwortel in de oevergeul bij Wamel was in twee opeenvolgende jaren op nagenoeg dezelfde plek. Mogelijk dat hier sprake is van permanente vestiging.

3.2.3.2 Stroomdalflora

Kurstjens (2016, 2019) heeft in de Dreumelsche uiterwaard behorend bij de Dreumel langsdam de stroomdalflora in kaart gebracht. Onder andere de (zand)pioniers Druifkruid (*Dysphania botrys*) en Postelein (*Portulaca oleracea*) waren beide talrijk net

als de Welriekende ganzenvoet (*Dysphania ambrosioides*). Daarnaast is Brede ereprijs (*Veronica austriaca*), Kattendoorn (*Ononis spinosa*), en Moeslook (*Allium oleraceum*) onder andere aangetroffen. Zie de betreffende bronnen voor een uitgebreide beschrijving van de lokale stroomdalflora. Kurstjens (2019) concludeert dat qua voorkomen en talrijkheid van kenmerkende stroomdalsoorten het langsdammen traject en het referentietraject behoorlijk veel op elkaar lijken. De soortenrijkdom in de Dreumelsche Waard scoort beter dan de Hurwenensche Uiterwaarden. In beide gebieden is een toename in soortenrijkdom geconstateerd. De lokale oevererosie bij de langsdammen heeft er toe geleid dat een aantal soorten zijn verdwenen. Er zijn echter ook soorten opgedoken die typisch zijn voor steilwanden. Daar waar na het hoog water van 2018 zand is afgezet in de Dreumelse uiterwaard (Van Winden et al. 2018) heeft in 2019 kolonisatie plaatsgevonden van diverse indicatieve soorten. Essentieel voor stroomdalflora is het aanwezig zijn van kale zandgronden die tijdens hoog water worden afgezet. Vooralsnog is er geen indicatie dat de langsdammen het proces van zandafzetting nadelig beïnvloeden (Reeze et al. 2016, Van Winden et al. 2018). Het is wenselijk om het stroomdalflora onderzoek de komende periode te blijven herhalen, in het bijzonder in het groeiseizoen na een hoogwater.

3.2.3.3 Conclusie (water)planten en mossen

De oevergeulen achter de langsdammen herbergen habitat voor in ieder geval drie waterplanten: grof hoornblad, riet en veenwortel. Daarnaast is gewoon bronmos aanwezig in de oevergeulen. Waterplanten en mossen zijn talrijker in de oevergeul bij Wamel en Dreumel dan in de oevergeul bij Ophemert. Het voorkomen van veenwortel lijkt sterk gecorreleerd aan eroderende oevers. Er is op de oevers vooralsnog geen achteruitgang van de stroomdalflora in de Dreumelsche uiterwaard. De stroomdalflora op de oevers achter de langsdammen wordt nog steeds gefaciliteerd door zandafzetting tijdens hoog water. De eroderende oevers resulteren in habitat verlies van een aantal specifieke stroomdal soorten, maar de steilwanden die daardoor ontstaan bieden ook weer een specifieke habitat voor andere stroomdalgrasland soorten.

- Vestiging van waterplanten in de oevergeulen is waargenomen, zij het vooralsnog zeer beperkt; Uitgebreide ontwikkeling van waterplanten werd op voorhand niet verwacht vanwege de grote waterstandsfluctuatie bij verschillende afvoeren. Mogelijk dat de beschutte omstandigheden in de oevergeul achter de langsdam de kansen voor waterplanten vergroten.
- Er lijkt vooralsnog geen negatief effect te zijn op de stroomdalflora in de Dreumelsche uiterwaard, omdat er zandafzetting op de oevers plaatsvindt tijdens perioden met hoge rivierafvoeren.

3.2.4 Anekdotische informatie

3.2.4.1 Vleermuizen

Tijdens het nachtelijk visonderzoek werden regelmatig vleermuizen waargenomen. Er heeft echter geen gestandaardiseerde monitoring met batdetectoren plaatsgevonden waardoor het niet mogelijk is soorten te benoemen. Vanwege het grote aantal dansmuggen in het langsdammen traject, gecombineerd met de verminderde invloed van scheepvaart is de oevergeul een geschikt foerageergebied voor vleermuizen, zoals de watervleermuis (*Myotis daubentonii*) en meervleermuis (*Myotis dasycneme*). Nader

onderzoek naar het belang van de oeversgeulen voor verschillende soorten vleermuizen is gewenst.

3.2.4.2 Bever

Sinds 2018 zijn bij alle drie de oeversgeulen regelmatig vraatsporen van bevers waargenomen in wilgenopslag. In de steilwand bij Dreumel heeft een bever in 2018 een beverburcht gebouwd (Figuur 3.38). Tijdens de hoge rivierafvoer in 2019 is de burcht weggestroomd. Regelmatig werden tussen de uitstekende takken van de burcht vissen waargenomen. Zowel in 2019 als in 2020 zijn nog steeds vraatsporen van de bever waargenomen. In 2020 is een beverburcht waargenomen in de oeversgeul bij Wamel wederom in een steilwand.



Figuur 3.38: De beverburcht in de steilwand van de oeversgeul bij Dreumel in 2018 (Foto: F. Collas).

3.2.4.3 Vogels

Er heeft nog geen gestandaardiseerd onderzoek plaatsgevonden naar de ontwikkeling van de (broed)vogelstand in het langsdammen traject. Wel worden incidenteel waarnemingen doorgegeven. Regelmatig zijn grote aantallen grauwe ganzen waargenomen (Figuur 3.39). Deze ganzen zijn dan vooral aanwezig in de oeverszone. De stenen van de langsdam bieden een plek voor vogels om te rusten (zoals aalscholvers en kokmeeuwen) of te nestelen. In de steile oevers bij Wamel en Dreumel

hebben oeverzwaluwen een nestplek gevonden. Kurstjens (2019) beschreef de afwezigheid van kleine plevieren als opvallend. Grad van de Marel, een vrijwilliger in het visonderzoek, heeft regelmatig een ooievaar in het langsdammen traject gezien. Nader onderzoek naar de ontwikkeling van de (broed)vogelstand en (overwinterende) watervogels in het langsdammen traject is gewenst.



Figuur 3.39: Rustende ganzen in de oevergeul bij Dreumel in december 2015 (Foto: F. Collas).

3.2.4.4 Detritus

Door de verminderde golfslag blijven plantenmateriaal en takken die in de oevergeulen terecht komen op de bodem liggen. Hierdoor ligt er in sommige delen van de oevergeul veel detritus (Figuur 3.40), zoals aan het begin en einde van de oevergeul bij Wamel; het einde van de oevergeul bij Dreumel en aan het einde van de oevergeul bij Ophemert. Dit zijn allemaal locaties waar bomen dicht bij het water staan.



Figuur 3.40: Zichtbare aanwezigheid van organisch materiaal (detritus) in de vorm van bladafval en stukjes van takken in de oevertgeul bij Wamel in 2019 (Foto: F. Collas).

3.2.4.5 Overige waarnemingen

- In november 2015 is bij de langsdammen op klei op de steile oeverwanden bij Dreumel eirond knikkertjesmos (*Physcomitrium eurystomum*) waargenomen (Nieuwkoop, 2016). Het betreft een zeer zeldzame soort die profiteert van kleiige oeverwanden (Rode Lijst voor Nederland: Gevoelig; Europese Rode Lijst: regionaal bedreigd).
- Kurstjens (2016, 2019) beschrijft een aantal min of meer bijzondere soorten die zijn waargenomen tijdens de stroomdalfloramonitoring bij de Dreumel langsdam. Het betreft twee vlindersoorten, namelijk bruin blauwtje (*Aricia agestis*) en de St. Jansvlinder (*Zygaena filipendulae*). Tevens zijn een weidebeekjuffer (*Calopteryx splendens*) waargenomen en een aantal uitsluitende rivierromboutlarven (*Gomphus flavipes*).
- Een van de vrijwilligers in het visonderzoek, Grad van de Marel, heeft regelmatig een vos (*Vulpes vulpes*) in het langsdammen traject waargenomen.
- In september 2018 is een schildpad gevangen tijdens de fuikmonitoring. Het betrof een geelbuikschildpad (*Trachemys scripta scripta*). In juli 2018 is ook een schildpad

waargenomen tijdens elektrovisserij bij de langsdam. Het is echter niet gelukt om het dier te vangen voor determinatie.

- Op de zanderige oever bij de Dreumel langsdam is in 2019 een Grindwolfspin (*Arctosa cinerea*) waargenomen. De soort was al sinds 2018 bekend uit het langsdammen traject (zie waarneming.nl). Tijdens additionele monitoring in 2020 zijn enkele tientallen individuen waargenomen.
- In de ankerkuil is veel plastic bijvangst. Qua aantallen lijkt meer plastic te worden gevangen per bemonsterde m³ dan in de hoofdgeul. Tevens worden er veel vezeldoekjes en maandverband gevangen met de broedkor. Mogelijk vervuiling van de bodem van de oevergeulen.

4. Conclusies & aanbevelingen

4.1 Conclusies

Habitatdiversiteit en -ontwikkeling

- In de oeversgeul achter de langsdammen is minder invloed van scheepvaart (golfslag, waterverplaatsing, onderwatergeluid). Hierdoor zijn de habitatomstandigheden in de tijd stabiel; hetgeen een verbetering is;
- Op voorhand is de zorg geuit dat de langsdam de vorming van oeverswallen zou belemmeren doordat deze het zandtransport naar de oever blokkeert. Dit blijkt nochtans niet het geval. Zandafzetting op de oever achter de langsdammen vindt nog steeds plaats tijdens hoge rivierafvoeren; hierdoor ontstaan potentiële groeiplaatsen voor specifieke stroomdalflora;
- Lokale oeverserosie resulteert in steilwanden die een habitat vormen voor soorten zoals de oeverswaluw en bever. De gemiddelde erosiesnelheid lijkt af te nemen;
- De oeversgeulen staan het hele jaar met de hoofdgeul in verbinding en stromen permanent. Deze hoge hydrologische connectiviteit waarborgt de ecologische waarde van de oeversgeul tijdens lage rivierafvoeren en lage waterstanden vooral voor de stromingsminnende (reofiele) soorten;
- Door de afwisseling van steile en flauwe oevers, snelstromend en langzaamstromend water, diepe en ondiepe stukken is de habitatdiversiteit in de oeversgeul anders en hoger dan in kribvakken.
- Dankzij de verminderde invloed van scheepvaart(golven) lijkt de groeigrens van de oever gezien zich verder richting het water te verplaatsen.
- Alle drie de oeversgeulen worden gekenmerkt door netto erosie. Echter is het verlies in m³ lager dan in nabijgelegen referentiekribvakken wanneer gecorrigeerd naar erosie per 200 meter oeverslengte.
- Er zijn locaties in de oeversgeul waar de bodem licht ophoogt door sedimentatie, wat zal resulteren in een toename in ondieptes. Dit is gunstig voor de habitatdiversiteit met variatie in ondieptes, stroomsnelheden en substraat (grindige bodems, detritus).
- De totale oeverslengte per riviermeter neemt toe door de aanleg van de langsdam aangezien de langsdam op zichzelf de lengte verdubbeld hetgeen positief is voor biodiversiteit. Wanneer stenig substraat niet wordt meegenomen in de oeverslengte dan is de oeverslengte in een aantal oeversgeul gebieden hoger dan in referentie kribvak gebieden.

Vissen

- Soortenrijkdom van inheemse vis in de beschutte oeverszone achter de langsdam neemt toe; Dit zijn vooral winde, blankvoorn, baars, sneep en alver.
- De dichtheden van zowel inheemse als uitheemse vissen zijn hoger in de oeversgeulen;
- Er is weinig verschil in soortenrijkdom en aantallen tussen de drie oeversgeulen;
- Het dichtzetten van de instroomopening van oeversgeul bij Wamel heeft geen nadelige gevolgen gehad voor de soortenrijkdom noch voor de dichtheden ;
- De oeversgeul vervult vooral een toegevoegde waarde als opgroeihabitat voor jonge vis. Volwassen vissen worden ook waargenomen, maar het is onduidelijk of dit verschilt van de oorspronkelijke situatie.

- Diadrome vissen profiteren van de oevergeul. Ze worden niet beperkt in hun migratiemogelijkheden door de aanleg van langsdammen. Integendeel, smolts (jonge zalmen) bleken door de oevergeul stroomafwaarts te zwemmen. In de bodem van de oevergeul zijn jonge rivierprikken aangetroffen

Macrofauna

- De soortenrijkdom en dichtheid (individuen/m²) van macrofauna in de zanderige oeverzone neemt toe in de oevergeul door aanleg van langsdammen;
- Zowel uitheemse soorten (bijvoorbeeld Aziatische korfmosselen) als inheemse soorten (bijvoorbeeld eendagsvliegen) profiteren van de aanleg van oevergeulen;
- Macrofauna op stenig substraat in de oeverzone vertoont een vergelijkbare dichtheid als in kribvakken;
- Zeldzame soorten als de rivierrombout (habitatrichtlijn) en inheemse zoetwatermosselen profiteren van de omstandigheden van oevergeulen achter de langsdammen.

Waterplanten

- Vestiging van waterplanten in de oevergeulen is waargenomen, zij het vooralsnog zeer beperkt; Uitgebreide ontwikkeling van waterplanten werd op voorhand niet verwacht vanwege de grote waterstandsfluctuatie bij verschillende afvoeren. Mogelijk dat de beschutte omstandigheden in de oevergeul achter de langsdam de kansen voor waterplanten vergroten.

Stroomdalflora

- Er lijkt vooralsnog geen negatief effect te zijn op de stroomdalflora in de Dreumelsche uiterwaard, omdat er zandafzetting op de oevers plaatsvindt tijdens perioden met hoge rivierafvoeren.

4.2 Aanbevelingen

Ontwerp en materiaal van de langsdam

- Mogelijk kan de habitat (m.a.w. stortsteen) voor exotische soorten worden geminimaliseerd en voor inheemse soorten gemaximaliseerd door de langsdam van een ander materiaal dan stortsteen te maken (bijv. hout) of de stortsteen op te vullen met bijvoorbeeld zand. Indien dit hydraulisch niet wenselijk is kan eventueel bekleding van de langsdam met hout een waardevolle aanpassing zijn;
- Indien de langsdammen van stortsteen worden gemaakt is het wenselijk om de stortsteen van de kribben die worden verwijderd te hergebruiken in plaats van nieuwe stortsteen te betrekken. Een dergelijk hergebruik sluit aan bij een circulaire gedachtegoed van constructie materiaal;
- Indien de langsdammen van stortsteen worden gemaakt is het wenselijk om de langsdam aan de binnenzijde (oevergeul kant) op te vullen met grind en/of zand zoals ook bij de aanleg van de huidige langsdammen is gebeurt. Hierdoor neemt de habitat van uitheemse soorten af terwijl er een toename is in mogelijk paaisubstraat van een aantal inheemse

reofiele vissoorten. Een deel van het bij aanleg aangebracht zand is met verloop van tijd geërodeerd hetgeen impliceert dat herhaaldelijk opvullen mogelijk wenselijk is. Mogelijk kan de waargenomen aanzanding nabij de langsdam uiteindelijk resulteren in natuurlijk aanvullen van het zand;

- Bij het ontwerp van nieuwe langsdammen dient rekening te worden gehouden met het aantal verlagingen aangezien de verlaging zorgt voor een toename van de invloed van scheepvaart. Indien mogelijk is het wenselijk om de afstand tussen verlagingen bij één langsdam te maximaliseren om de oeverlengte met minimale invloed van scheepvaart te optimaliseren.
- Het is wenselijk een ontwerphoogte van de langsdam aan te houden die gedurende de voortplantingsperiode en opgroeiperiode van vis (april tot september) boven het water uit steekt. Dit zorgt ervoor dat gedurende de kritische periode van vis de invloed van scheepvaart op de oever is geminimaliseerd;

Inrichting en dimensies van de oevergeul

- In het deel van de oevergeul dat bestemd is voor recreatievaart is de stroomsnelheid nog niet optimaal voor ecologische ontwikkeling. Het kan wenselijk zijn om meer structuur aan te brengen waardoor variatie in stroming ontstaat en specifiekere luwtes.
- De productiviteit van de oevergeul kan worden vergroot door overstromingsvlakten aan te leggen die in het voorjaar geruime tijd onderwater staan en direct in verbinding staan met de oevergeul. Door de beschutting tegen invloed van de scheepvaart zal de productie van fyto- en zoöplankton in de betreffende vlakke hoog worden. Daarnaast kan de in de overstromingsvlakte groeiende vegetatie als paaisubstraat voor vissen dienen.
- Door het toevoegen van houtig substraat kan lokaal het substraat en de structuur in de oevergeul worden vergroot. Tevens kan lokaal er voor gekozen worden om bomen en wilgenopslag te laten staan.
- Kribben zo volledig mogelijk verwijderen om de habitat van exotische vissoorten te minimaliseren. Extra structuur kan worden toegevoegd door het aanbrengen van rivierhout of bijvoorbeeld dubbele palenrijen gevuld met wilgentenen en/of grind.

Recreatievaart in de oevergeul

- Recreatievaart kan gebruik maken van de oevergeul mits de vaarsnelheid maximaal 9 km/h is. Tot nu toe worden de oevergeulen maar zeer beperkt gebruikt door recreatievaart. Vanuit het beperkte gebruik zou er bij voorkeur voor het verbeteren van de ecologie geen recreatievaart door de oevergeul gaan. Zonder recreatievaart zou de noodzaak voor onderhoud in de oevergeul afnemen en kunnen de oevergeulen zich langer zonder menselijk ingrijpen ontwikkelen. Indien de recreatievaart gebruik moet blijven maken van de oevergeul dan is een snelheidsbeperking essentieel om golfbelasting te minimaliseren.

Beheer & onderhoud

- Eventuele aanpassingen van de instroomopening ten behoeve van andere functies van de langsdammen mogen niet plaatsvinden tijdens de voortplantingsperiode van een aantal reofiele vissen (april tot en met mei);
- Zo weinig mogelijk ingrijpen in de natuurlijke ontwikkeling van de oevergeul, dit is onder meer van toepassing op het baggeren van de oevergeul, het verwijderen van vegetatie op de oevers en het beschermen van de eroderende oevers.

Vergelijking met andere locaties met langsdammen

- Het is ook zinvol om resultaten te vergelijken met andere locaties waar langsdammen in grote rivieren zijn toegepast. Zo is in het kader van de Groen Blauwe Rijn Alliantie zowel in de oeversgeul bij Ophemert als de oeversgeul bij Walsum in Duitsland de juveniele reofiele vissen bemonsterd (zie: van de Ven et al. 2021).

5. Literatuur

- Bergsma, J.H., Achterkamp, B., Liefveld, W.M. (2012) Langsdammen Waal, monitoring nulsituatie vis en macrofauna. Rapport 12-180. Bureau Waardenburg bv, Culemborg, pp. 29.
- Brabender, M. (2015) The impact of shore types on benthic macroinvertebrate community structure and functioning in a large lowland river. Dissertation, Technischen Universität Dresden, Dresden, Duitsland, pp. 129.
- Brabender, M., Weitere, M., Anlanger, C., Brauns, M. (2016) Secondary production and richness of native and non-native macroinvertebrates are driven by human-altered shoreline morphology in a large river. *Hydrobiologia* 776: 51-65.
- Collas, F.P.L., Van den Heuvel, L., Van Kessel, N., Schoor, M.M., Eerden, H., Buijse, A.D., Leuven, R.S.E.W. (2018) Longitudinal training dams mitigate effects of shipping on environmental conditions and fish density in the littoral zones of the river Rhine. *Science of the Total Environment* 619-620: 1183-1193.
- Collas, F.P.L., Flores, N.Y., Schoor, M.M., Leuven, R.S.E.W. (2019) Substraatkartering van oevergeulen bij langsdammen in de Waal. Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2019-3, Radboud Universiteit, Nijmegen, pp. 30.
- Dorenbosch, M., Van Kessel, N., Collas, F.P.L., Jans, L.H., Schoor, M.M., Leuven, R.S.E.W. (2019) Verspreiding van rivierprik, rivierrombout en inheemse mosselen langs de Waal. *De Levende Natuur* 120(3): 86-91.
- Flores, N.Y., Collas, F.P.L., Leuven, R.S.E.W. (in voorbereiding) Sedimentary processes in Shore Channels along Longitudinal Training Dams. Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2021-2, Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Geerling, G. (2016). De werking van RWS KRW maatregelen in conceptuele relatieschema's. Deltares, Delft, pp. 63.
- Grift, R.E., 2001. How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine. Ph.D.-thesis Wageningen University
- Kranenbarg, J. (2004) Monitoring nevengeulen. Juveniele visgemeenschap Gamberensche waard en Opijnen 1998-2002. Werkdocumentnr. 2004.071X.
- Kurstjens, G. (2016) Effect van langsdammen op stroomdalflora langs de Waal – 0 situatie na aanleg. Kurstjens ecologisch adviesbureau, Beek-Ubbergen, pp. 19.
- Kurstjens, G. (2019) Effect van langsdammen op stroomdalflora langs de Waal vier jaar na aanleg. Kurstjens ecologisch adviesbureau, Beek-Ubbergen, pp. 35.
- Nieuwkoop, J. (2016) Standplaatsen van *Physcomitrium eurystomum* (eirond knikkertjesmos) langs de Waal. *Buxbaumiella* 105: 6 – 9.

- Reeze, B., Van Winden, A., Oomen, D. (2016). Inventarisatie van zandoverslag op de oeverwal van de Waaltrajecten met langsdammen in het jaar 2016. Bureau Strooming, Nijmegen.
- Reeze, B., Van Winden, A., Postma, J., Pot, R., Hop, J., Liefveld, W. (2017) Watersysteemrapportage Rijntakken 1990-2015. Ontwikkelingen waterkwaliteit en ecologie. Bart Reeze Water & Ecologie, Harderwijk, pp. 136.
- Schöll, F.X. (2011) Ökologische Bewertung des hinterströmten Parallelwerks Walsum Stapp mittels Makrozoobenthos. *Limnologie aktuell*, Bd. 13, 185-187.
- Simons, J., Bakker, C., Sorber, A. (2000) Evaluatie nevengeulen Opijnen en Beneden-Leeuwen 1993-1998. Riza rapport 2000.040, RIZA, Lelystad.
- Van de Ven, M., S. Staas, N. van Kessel, K. Simons, K. van Bochoven, E. Wallaart (2021). Monitoring juvenile rheophilic fish communities in the lower Rhine with different sampling techniques. Rapport ATKB 20190054/rap03.
- Van Dinter, M., Sorber, A.M., Berendsen, H.J.A. (1995). Inventarisatie van de sedimentatie van zand op de oeverwallen van de Waal en de Gelderse IJssel tijdens het hoogwater van januari en februari 1995. Interuniversitair Centrum voor Geo-ecologisch Onderzoek, Amsterdam, Utrecht.
- Van Manen, G.R., Onneweer, Y., Berendsen, H.J.A. (1994). Inventarisatie van de sedimentatie van zand op de oeverwallen van de Waal tijdens het hoogwater van December 1993 – januari 1994. Internal Report GEOPRO (Department of Physical Geography, Utrecht University), pp. 11.
- Van Winden, A., Reeze, B., Veldt, P. (2018) Inventarisatie van zandoverslag op de oeverwal van de Waaltrajecten met langsdammen in het voorjaar 2018. Bureau Strooming, Nijmegen.

6. Bijlagen

Bijlage 1: Gebruikte vismonitoring technieken

Tabel B1: Overzicht van de uitgevoerde vismonitoring technieken in relatie tot monitoringsjaar en oeverageul.

Methode	Oeverageul	Jaar				
		2012	2016	2017	2018	2019
Hengelvangst	Wamel	-	-	RU/UT*	RU/UT*	RU/UT*
	Dreumel	-	RU/UT*	RU/UT*	RU/UT*	RU/UT*
	Ophemert	-	RU/UT*	RU/UT*	RU/UT*	RU/UT*
Viswedstrijd	Wamel	-	HFMN/SNL	HFMN/SNL	-	-
	Dreumel	-	HFMN/SNL	HFMN/SNL	HFMN/SNL	HFMN/SNL
	Ophemert	-	-	-	-	-
Broedzegen	Wamel	-	-	RU	RU	RU
	Dreumel	BuWa	RU	RU	RU	RU
	Ophemert	BuWa	-	-	RU	RU/RWS
Stroomzegen	Wamel	-	-	-	-	-
	Dreumel	-	ATKB	-	-	-
	Ophemert	-	-	RWS	-	RWS
Broedkor/raamkuil	Wamel	-	SNL	SNL	SNL	SNL
	Dreumel	-	SNL	SNL	SNL	SNL
	Ophemert	-	-	-	-	-
Electro	Wamel	-	SNL	SNL/RU	SNL	SNL
	Dreumel	BuWa	SNL/RU	SNL/RU	SNL/RU	SNL
	Ophemert	BuWa	-	RWS	-	RWS
Fuik	Wamel	-	-	SNL	SNL	SNL
	Dreumel	-	-	-	-	-
	Ophemert	-	-	-	-	-
Ankerkuil	Wamel	-	-	-	-	-
	Dreumel	-	-	-	-	SNL
	Ophemert	-	-	-	-	-
NEDAP	Wamel	-	-	-	-	-
	Dreumel	-	-	-	-	RWS
	Ophemert	-	-	-	-	RWS
Pulsdradenvisserij	Wamel	-	-	-	-	-
	Dreumel	-	ATKB	-	-	-
	Ophemert	-	-	RWS	-	-
Bodemzuiger	Wamel	-	-	BuWa	-	-
	Dreumel	-	-	BuWa	-	-
	Ophemert	-	-	BuWa	-	-
MWTL (ook langer terug)	Wamel	-	RWS	RWS	RWS	RWS
	Dreumel	-	RWS	RWS	RWS	RWS
	Ophemert	-	RWS	RWS	RWS	RWS

RU: Radboud Universiteit; UT: Universiteit Twente; HFMN: Hengelsport Federatie Midden Nederland; SNL: Sportvisserij Nederland; BuWa: Bureau Waardenburg; RWS: Rijkswaterstaat; ATKB: ATKB.

Hengelvangst

In de periode 2016-2019 zijn in het kader van het project 'vissen langs de dam' hengelvangsten van vrijwilligers geregistreerd in het langsdammen traject (Figuur B1).

Het onderzoeksgebied omvatte zowel de noord- als zuidkant van de rivier en was niet beperkt tot waarnemingen achter de langsdammen. Waarnemingen konden worden doorgegeven via 1) een online invulformulier in LimeSurvey, 2) per e-mail, of 3) via MijnVismaat. Van iedere vangst zijn de volgende gegevens gevraagd: datum, tijd, locatie (GPS/beschrijving), soortnaam en lengte van de vis (in cm). In het geval van twijfel is additionele informatie opgevraagd bij de betreffende vrijwilliger en is de vangst gecontroleerd door een expert. Hengelvangstregistraties konden het gehele jaar worden doorgegeven. Het merendeel van de waarnemingen is gedaan in de maanden mei tot en met oktober.



Figuur B1: a) Locaties waar hengelvangsten zijn doorgegeven in het langsdammen traject. Geel: 2016; Groen: 2017; Blauw: 2018.

Viswedstrijd

Vanuit de Hengelsport Federatie Midden Nederland en Sportvisserij Nederland zijn in de periode 2016 – 2019 een aantal viswedstrijden georganiseerd (Figuur B2). De locatie van de wedstrijden varieerden tussen de oevergeul bij Wamel en Dreumel. Er zijn geen viswedstrijden georganiseerd bij de oevergeul bij Ophemert. Tevens zijn er door YellowFeed een aantal koppelwedstrijden georganiseerd bij de langsdammen. De viswedstrijden werden in verschillende maanden georganiseerd variërend van mei in 2016 tot oktober in 2019. In totaal zijn 8 wedstrijden georganiseerd.



Figuur B2: Een vislocatie tijdens een viswedstrijd bij de oevergeul bij Dreumel (Foto: Frank Bosman).

Broedzegen

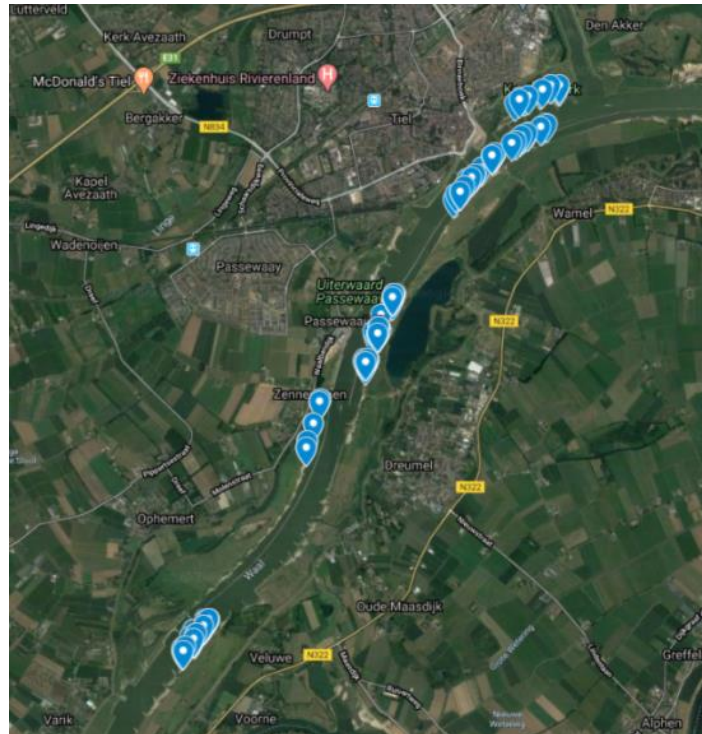
Radboud universiteit

Monitoring door middel van een broedzegen heeft 's nachts plaatsgevonden in 2016, 2017, 2018 en 2019 (Figuur B3). In 2016 was de monitoring beperkt tot de langsdam van Dreumel en kribvakken bij Heerewaarden. In 2017, 2018 en 2019 is bij alle drie de langsdammen door middel van een broedzegen gevist. Tevens zijn extra kribvakken bemonsterd nabij de verkeerspost van Rijkswaterstaat te Tiel. In de periode juli 2017 tot en met september 2018 is maandelijks met een broedzegen gevist in de oevergeul bij Dreumel.

De gebruikte zegen had een lengte van 20 meter (kleinste gestrekte maaswijdte van 5 mm). Alle bemonsteringen zijn na zonsondergang uitgevoerd waarbij de zegen wadend langs de oever is voortgetrokken, bij voorkeur over een afstand van 50 meter en een breedte van 10 meter. De broedzegen monitoring is gericht op het vangen van juveniele vis. Af en toe is er ook een adulte vis gevangen.

Rijkswaterstaat ON

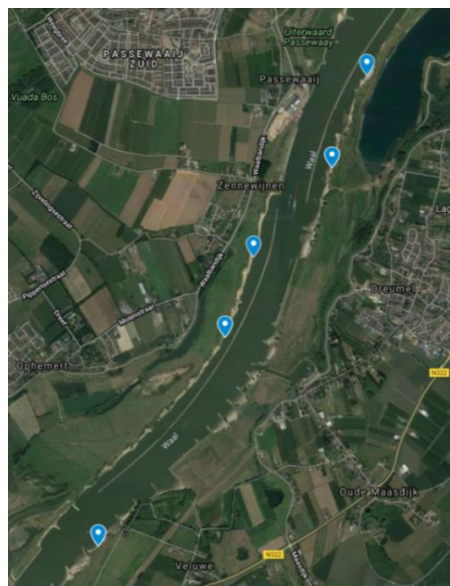
In 2019 is in de oevergeul bij Ophemert overdag gevist met een broedzegen in het kader van een grootschalige monitoring van recente herstelmaatregelen in het rivierengebied. De broedzegen had een lengte van 25 meter. De bemonstering met de broedzegen is uitgevoerd door middel van een 'rondgevist' aanpak. Hierbij is een oeverbreedte van 10 meter aangehouden waarbij het beviste oppervlak vervolgens 100 m² is. Bevissing met de broedzegen heeft in juni plaatsgevonden in 7 trajecten.



Figuur B3: Locaties waar door de Radboud Universiteit met een broedzegen is gemonsterd in de periode 2016-2019.

0-meting Bureau Waardenburg

In 2012 is voor de aanleg van de langsdammen in juni en augustus door Bureau Waardenburg s 'nachts visonderzoek met een broedzegen uitgevoerd (zie Bergsma et al. 2012; Figuur B4). Hierbij zijn vijf locaties bemonsterd, twee locaties in de oevergeul bij Dreumel en Ophemert en een kribvak bij Heerewaarden. De broedzegen is wadend langs de oever voorgetrokken.



Figuur B4: Locaties waar tijdens de 0-meting in 2012 door Bureau Waardenburg met een broedzegen en met elektrovisserij is gevist.

Stroomzegen (75 meter zegen)

In juli 2016 is door ATKB met een stroomzegen gevist. De betreffende zegen was 75 meter lang en werd op een aantal locaties achter de langsdam en in een kribvak gebruikt. In het kader van een grootschalige monitoring van recente herstelmaatregelen in het rivierengebied is vanuit Rijkswaterstaat ON in juli 2017 door middel van een stroomzegen in de oevergeul bij Ophemert gevist op 6 trajecten. Dit is in 2019 herhaald in de maanden juli en september met respectievelijk 7 en 7 trajecten.

Broedkor/wonderkuil

Visserij met de kor, een sleepnet, is sinds 2016 elk jaar in de oevergeul bij Wamel en Dreumel. De kor is tegen de stroming in met een constante snelheid van 3 tot 5 km/uur over de bodem getrokken. De gebruikte kor had een net breedte van 1,8 meter en een hoogte van 30 cm. De gestrekte maaswijdte was 10 mm. De precieze monitoringsaanpak varieerde in intensiteit en moment tussen jaren. In 2016 is overdag bemonsterd in augustus en zijn er 17 trekken uitgevoerd. In 2017 is tevens overdag bemonsterd en zijn er verdeeld over drie bemonsteringsmomenten in mei, juli en september 26 trekken uitgevoerd. In 2018 en in 2019 is een deel van de monitoring overdag uitgevoerd en een deel tijdens de nacht. In 2018 zijn verdeeld over de drie meetmomenten 13 trekken overdag uitgevoerd en 15 's nachts. In 2019 zijn verdeeld over de drie meetmomenten 18 trekken overdag uitgevoerd en 16 's nachts (Figuur B5).

Tevens is met een wonderkuil gevist, een trechtervormig net dat wordt voortgetrokken door twee boten. In 2018 en 2019 is 's nachts gevist in de oevergeul bij Wamel en Dreumel met een kuil in respectievelijk 6 en 3 trajecten.



Figuur B5: Trajecten waar broedkor en/of raamkuil monitoring heeft plaatsgevonden in het langsdammen traject in 2019.

Elektrovisserij

Door middel van elektrovisserij zijn alle drie de langsdammen onderzocht. Door verschillende organisaties zijn verschillende methodes gebruikt.

Radboud Universiteit

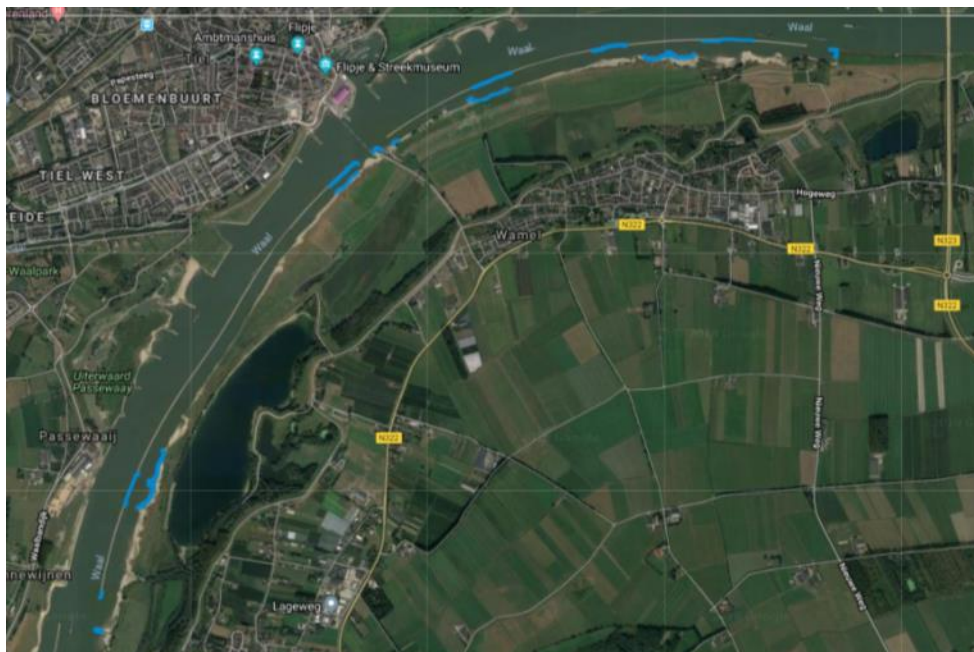
Elektrovisserij is uitgevoerd van de stortstenen structuur van de Dreumel langsdam in de maand juli in de periode 2016 t/m 2018. Per 200 meter langsdam is 50 meter bemonsterd zodat visdichtheden konden worden onderzocht langs de gehele lengte van de langsdam. Daarnaast zijn in juli 2016 en 2017 een aantal stenige structuren in de oeverzone van de Dreumel langsdam bemonsterd. Monitoring bij andere langsdammen was beperkt tot de oevergeul bij Wamel in juli, september en augustus 2017 waarbij wederom stenige structuren in de oeverzone zijn bemonsterd (waaronder de stenige afdekking).

Rijkswaterstaat

In het kader van een grootschalige monitoring van recente herstelmaatregelen in het rivierengebied is vanuit Rijkswaterstaat ON in 2017 en 2019 met elektrovisapparatuur de oeverzone van de oevergeul bij Ophemert bemonsterd. In 2017 vond de bemonstering in juli plaats waarbij 5 locaties zijn bemonsterd. In 2019 zijn in juni, juli en september respectievelijk 6, 7 en 7 trajecten bemonsterd.

Sportvisserij Nederland

Elektrovisserij is uitgevoerd bij de oevergeul bij Wamel en Dreumel in de periode 2016 t/m 2019. Naast het stortsteen van de langsdam zijn ook stenige structuren in de oeverzone bemonsterd en een kribvak gelegen bij de uitstroomopening van de oevergeul bij Dreumel. In 2016 heeft bemonstering in juli en augustus plaatsgevonden op respectievelijk 9 en 5 locaties. In de maanden mei, juli en september zijn steeds 10 dezelfde trajecten bemonsterd, gedurende de jaren 2017 en 2018. In 2019 zijn in mei en juli 10 trajecten bemonsterd en in september 9 trajecten (Figuur B6). De bemonsterde locaties varieerden beperkt tussen de jaren.



Figuur B6: Trajecten waar door Sportvisserij Nederland gevist is met elektrovisserij in het langsdammengebied in 2019.

0-meting Bureau Waardenburg

In 2012 is voor de aanleg van de langsdammen in augustus door Bureau Waardenburg overdag elektrovisserij onderzoek uitgevoerd (zie Bergsma et al. 2012). Hierbij zijn vijf locaties bemonsterd, twee locaties in de oevergeul bij Dreumel en Ophemert en een kribvak bij Heerewaarden. Destijds zijn beide kribben van het kribvak bevestigd.

Fuik monitoring

Het eerste jaar met fuikmonitoring was 2017. In dit jaar is drie keer in een periode van 5 weken gevist in een kribvak bovenstrooms van het langsdam gebied en in de oevergeul bij de oevergeul bij Wamel (Figuur B7). De bemonsterings perioden betroffen 1) 13 mei tot en met 16 juni, 2) 8 juli tot en met 9 augustus, en 3) 23 september tot en met 28 oktober. Het aantal fuikstellen varieerde per locatie en per moment en hing onder andere af van de heersende waterstand. De schietfuiken zijn driemaal per week gelicht door een beroepsvisser en vrijwilligers. In 2018 is dezelfde opzet toegepast alleen zijn de periodes iets opgeschoven: 1) 26 mei tot en met 29 juni, 2) 21 juli tot en met 24 augustus, en 3) 22 september tot en met 26 oktober. In 2019 is bemonsterd in de periode 1) 18 mei tot en met 21 juni, 2) 13 juli tot en met 16 augustus en 21 september tot en met 25 oktober. In het kribvak was het vanwege hoogwater van 22 tot en met 28 mei niet mogelijk om visserij met fuiken uit te voeren.



Figuur B7: Locaties waar fuik monitoring in het langsdammen gebied heeft plaatsgevonden in 2019.

Ankerkuil

De ankerkuil monitoring is uitgevoerd door middel van het schip 'De Harder' van visserijbedrijf Bout-Van Dijke (Figuur B8). De methode behelst het te water laten van twee 8 meter brede stalen balken beide verbonden met een net. De onderste balk wordt tot op de bodem neergelaten en de bovenste balk wordt rondom de waterlijn gepositioneerd. Het geheel, de balken en het schip, zijn verbonden met het scheepsanker waarmee het schip voor anker ligt. Het net tussen de balken wordt door de stroming van het water geopend. Het net heeft verschillende maaswijdtes. Het uiteinde van het net heeft een maaswijdte van 20 mm. Monitoring door middel van de ankerkuil heeft plaatsgevonden in november 2018 en mei, september en oktober 2019. Per monitoringsmoment is 2 dagen in de hoofdgeul gevist ter hoogte van IJzendoorn en twee dagen in de oevergeul bij Dreumel.



Figuur B8: De boot waarmee ankerkuilmonitoring heeft plaatsgevonden in de oevergeul bij Dreumel en in de Waal hoofdgeul nabij IJzendoorn (Foto: F. Collas).

NEDAP

In 2019 is over de volledige breedte van de oevergeul bij Dreumel en Ophemert een NEDAP systeem aangelegd dat gezenderde vissen die er overheen zwemmen registreert. In mei 2019 zijn 146 gezenderde zalmsmolts bovenstrooms in Duitsland vrijgelaten. Tevens zijn in 2019 ook 149 schieralen gezenderd en bovenstrooms in Duitsland vrijgelaten. In de maanden daarna is geregistreerd of deze vissen door de oevergeulen trokken. Ondanks dat er voor 2019 geen NEDAP-systeem lag in de oevergeulen kunnen historische NEDAP-gegevens toch gebruikt worden. Hierbij kan gedacht worden aan een trendbreuk in het aandeel zalmsmolts dat het benedenstroomse NEDAP-systeem bij Brakel passeert voor en na aanleg van de langsdammen.

Pulsdradenvisserij

De methode is gebaseerd op het gebruik maken van meerdere anodes en een kathode die door middel van een stellage in het water hangen. Door langzaam te varen kunnen vervolgens vissen worden gevangen. De methode kan goed worden toegepast bij hoge stroming. De methode is in juli 2016 eenmalig toegepast bij de oevergeul bij Dreumel en in juli 2017 in de oevergeul bij Ophemert.

Bodemzuiger

In het kader van een onderzoek naar benthische soorten in een groter traject van de Waal zijn ook de oevergeulen van de langsdammen met een bodemzuiger bemonsterd (zie Dorenbosch et al. 2019 voor een gedetailleerde methodologische beschrijving). Het onderzoek richtte zich op het verzamelen van rivierprik larven in kribvakken, nevengeulen en oevergeulen. In totaal zijn tussen 7 oktober en 16 november 2017 in totaal 81 monsters verzameld in kribvakken, 67 in nevengeulen en 69 in oevergeulen.

MWTL

Vanuit de rijksoverheid vindt een jaarlijkse monitoring van de grote rivieren plaats. Het betreffende monitoringsprogramma wordt uitgevoerd met een boomkor en met elektrovis apparatuur. De boomkorvisserij op de Waal is gestart in 1993, de elektrovisserij in 1997. Monitoring vindt plaats op meerdere locaties in de Waal in de maanden maart – april.

Bijlage 2: Gebruikte macrofauna monitoring technieken

Steekbuis bemonstering

Door middel van een lichtgewicht steekbuis zijn in de periode 2016 tot en met 2018 macrofauna monsters verzameld in de oevergeul bij Dreumel en in kribvakken. Gemonsterd werd op waterdieptes van 50 cm. De diameter van de steekbuis was 12 cm. Elk jaar bestond de meetcampagne uit het bemonsteren van drie kribvakken en drie oud kribvak locaties bij de langsdam. Per locatie zijn vervolgens een vijftal steekbuis monsters verzameld resulterende in 15 monsters per jaar. De steekbuis werd 10 cm in het bodemsubstraat gestoken hetgeen werd gemeten met een liniaal die was gemonteerd op de zijkant van de steekbuis.

Stortsteen bemonstering

In de periode 2016 tot en met 2018 zijn per jaar minimaal een vijftal stortstenen in de oevergeul bemonsterd (niet de stortstenen van de langsdam zelf). Tevens zijn minimaal een vijftal stenen in een kribvak bemonsterd, dit betrof stenen die onderdeel uitmaakte van de krib. In het veld is een zijde van de steen afgeborsteld, vervolgens is de steen weer teruggeplaatst op de locatie van verzamelen.

Bodemzuiger

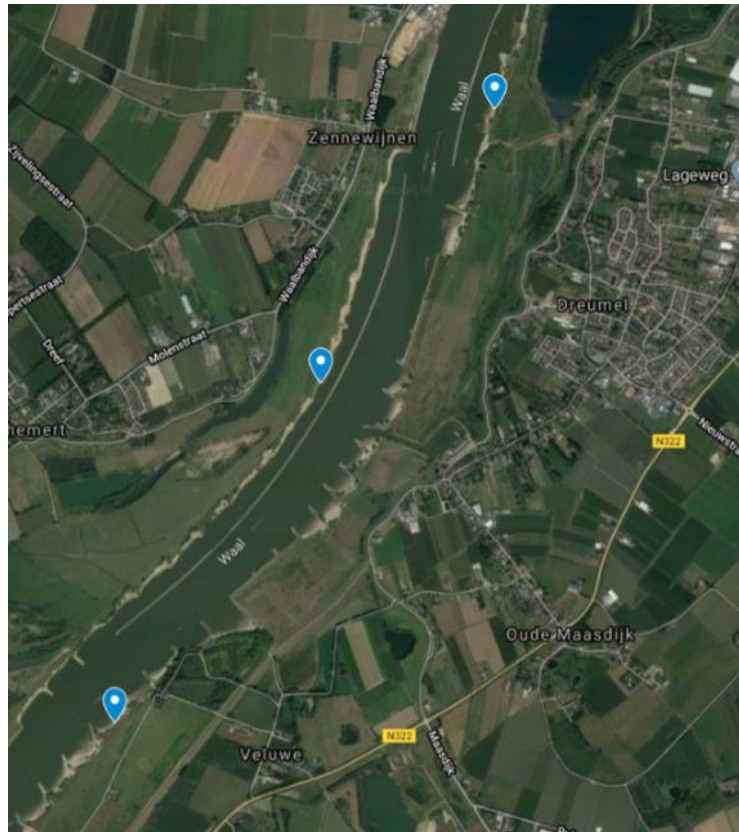
In het kader van een onderzoek naar benthische soorten in een groter traject van de Waal zijn ook de oevergeulen van de langsdammen met een bodemzuiger bemonsterd (zie Dorenbosch et al. 2019 voor een gedetailleerde methodologische beschrijving). Het onderzoek richtte zich op het verzamelen van rivierrombout larven en unionidae in kribvakken, nevengeulen en oevergeulen. In totaal zijn tussen 7 oktober en 16 november 2017 in totaal 81 monsters verzameld in kribvakken, 67 in nevengeulen en 69 in oevergeulen.

0-meting

In 2012 is voor de aanleg van de langsdammen door Bureau Waardenburg macrofauna bemonsterd volgens het MWTL-protocol (zie Bergsma et al. 2012; Figuur B1). Hierbij zijn drie locaties bemonsterd, een locatie in de oevergeul bij Dreumel en Ophemert en een kribvak bij Heerewaarden. De kribstenen zijn bemonsterd en met een handnet is het substraat van het kribvak bemonsterd.

MWTL

Vanuit de rijksoverheid vindt een meerjarige monitoring van de macrofauna in de grote rivieren plaats. Het betreffende monitoringsprogramma wordt onder andere uitgevoerd met een handnet en door het afborstelen van hard substraat. De macrofaunamonitoring op de Waal is gestart in 1997 en vindt plaats in het voorjaar. De betreffende gegevens worden tot op soort gedetermineerd.



Figuur B1: Locaties waar tijdens de 0-meting in 2012 door Bureau Waardenburg macrofauna monitoring heeft plaatsgevonden.

Bijvangst

Zegenmonitoring

Tijdens voorgenoemde broedzegen bemonstering in de kribvakken en langsdam oevergeulen (paragraaf 2.3.1.3) werden regelmatig rivierrombout larven en juveniele unionidae waargenomen. Dergelijke waarnemingen werden genoteerd.

Fuikvisserij

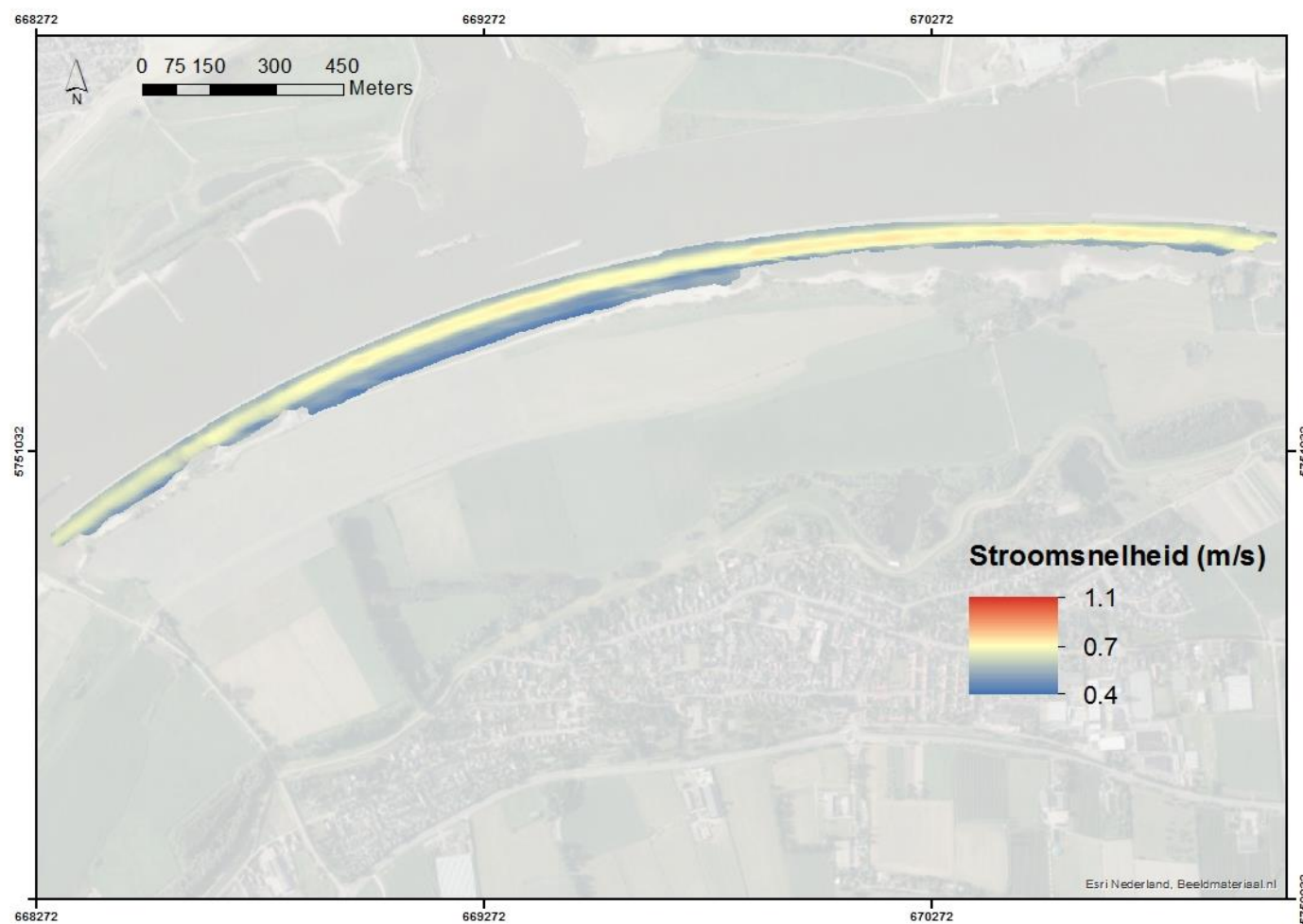
Tijdens de fuik monitoring werden ook regelmatig uitheemse Chinese wolhandkrabben en uitheemse kreeften gevangen. Dergelijke waarnemingen werden genoteerd.

Bijlage 3: Overzicht groepering waargenomen vissen

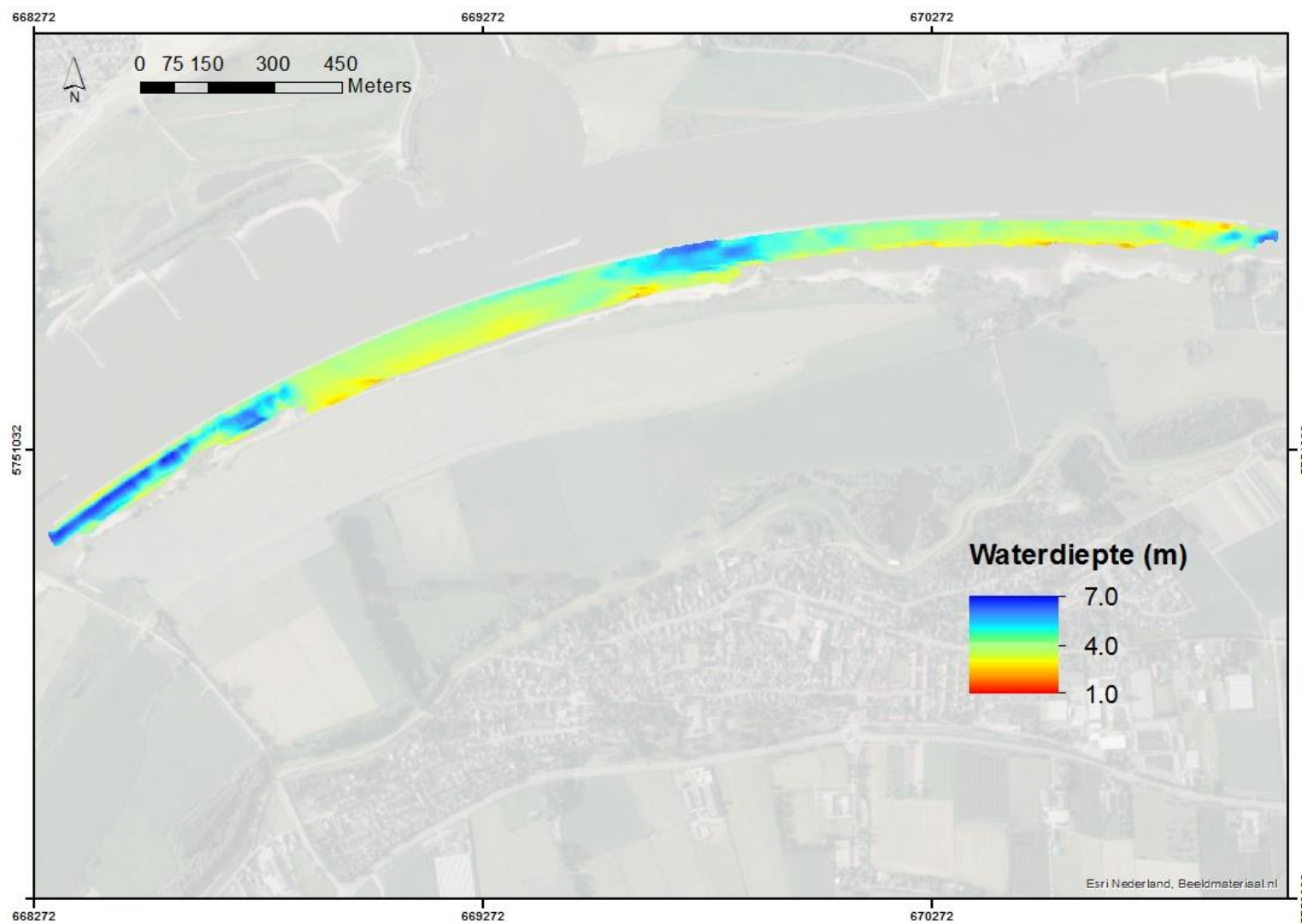
Tabel B1: Overzicht van de waargenomen soorten gedurende de onderzoeksperiode en de bijbehorende gilde, diadrome status, oorsprong en vermelding op de R7 maatlat.

Soortnaam	Wetenschappelijke naam	Gilde	Inheems/uitheems	Diadroom	R7 maatlat
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	Eurytoop	Inheems	Ja	Ja
Alver	<i>Alburnus alburnus</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	Ja
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Barbeel	<i>Barbus barbus</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Bittervoorn	<i>Rhodeus amarus</i>	Limnofiel	Inheems	Nee	Ja
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Blauwneus	<i>Vimba vimba</i>	Reofiel	Uitheems	Nee	
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Brasem	<i>Abramis brama</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	-	Inheems	Ja	
Donaubrasem	<i>Ballerus sapa</i>	Reofiel	Uitheems	Nee	
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Eurytoop	Inheems	Ja	Ja
Elft	<i>Alosa alosa</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Giebel	<i>Carassius gibelio</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Houting	<i>Coregonus oxyrinchus</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Karper	<i>Cyprinus carpio</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	
Kesslers grondel	<i>Ponticola kessleri</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	
Kleine modderkruiper	<i>Cobitis taenia</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Kolblei	<i>Blicca bjoerkna</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Kopvoorn	<i>Squalius cephalus</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Marmergrondel	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	
Meerval	<i>Silurus glanis</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Pontische stroomgrondel	<i>Neogobius fluviatilis</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	
Pos	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Rietvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Limnofiel	Inheems	Nee	Ja
Rivierdonderpad	<i>Cottus gobio</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	Ja
Riviergrondel	<i>Gobio gobio</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Roofblei	<i>Leuciscus aspius</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	
Serpeling	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Sneep	<i>Chondrostoma nasus</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Snoek	<i>Esox lucius</i>	Eurytoop	Inheems	Nee	
Snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	
Vetje	<i>Leucaspis delineatus</i>	Limnofiel	Inheems	Nee	Ja
Winde	<i>Leuciscus idus</i>	Reofiel	Inheems	Nee	Ja
Witvingrondel	<i>Romanogobio belingi</i>	Reofiel	Uitheems	Nee	
Zalm	<i>Salmo salar</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Zeeforel	<i>Salmo trutta</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>	Reofiel	Inheems	Ja	Ja
Zwartbekgrondel	<i>Neogobius melanostomus</i>	Eurytoop	Uitheems	Nee	

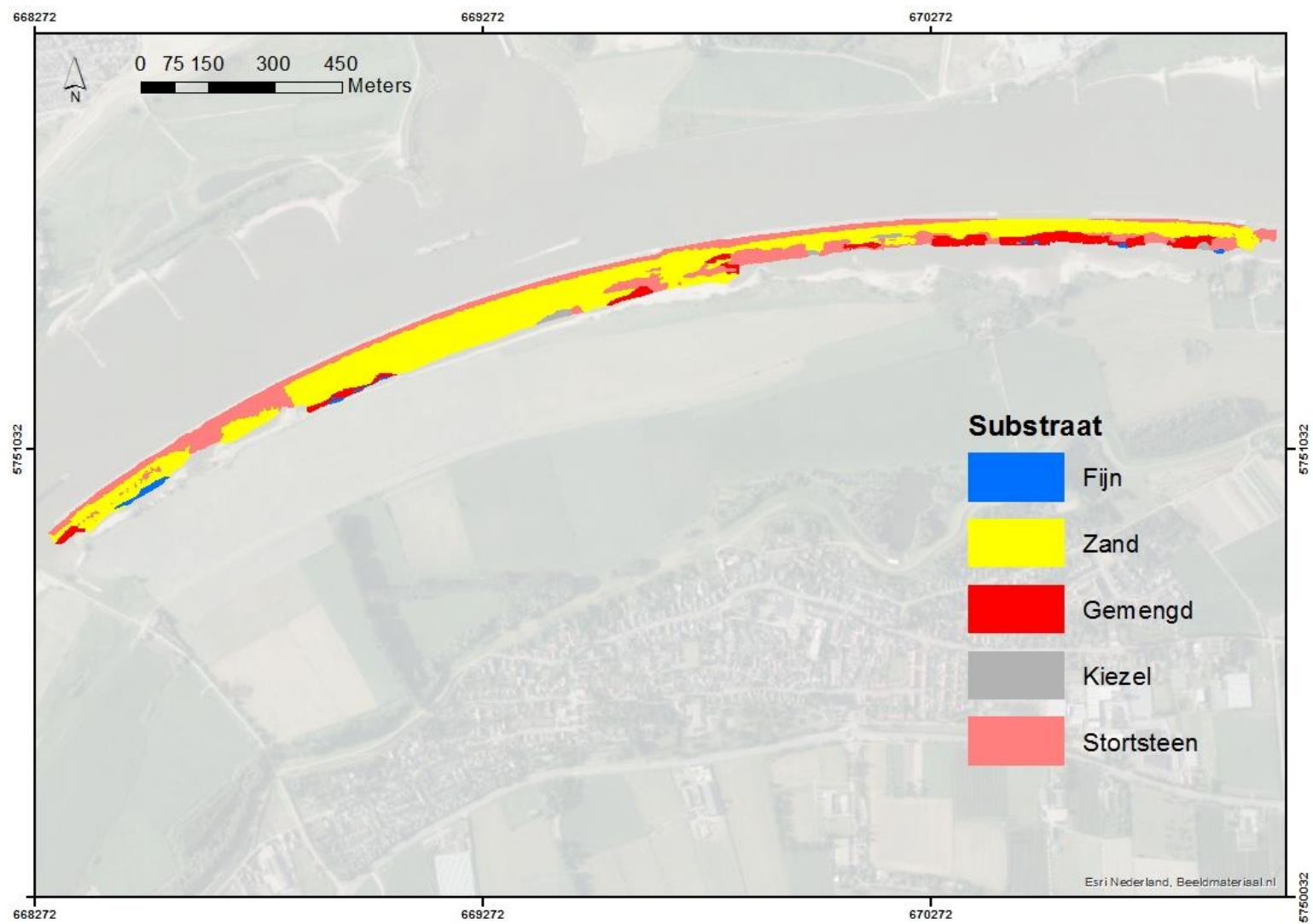
Bijlage 4: Habitat in de oevergeul bij Wamel en Dreumel



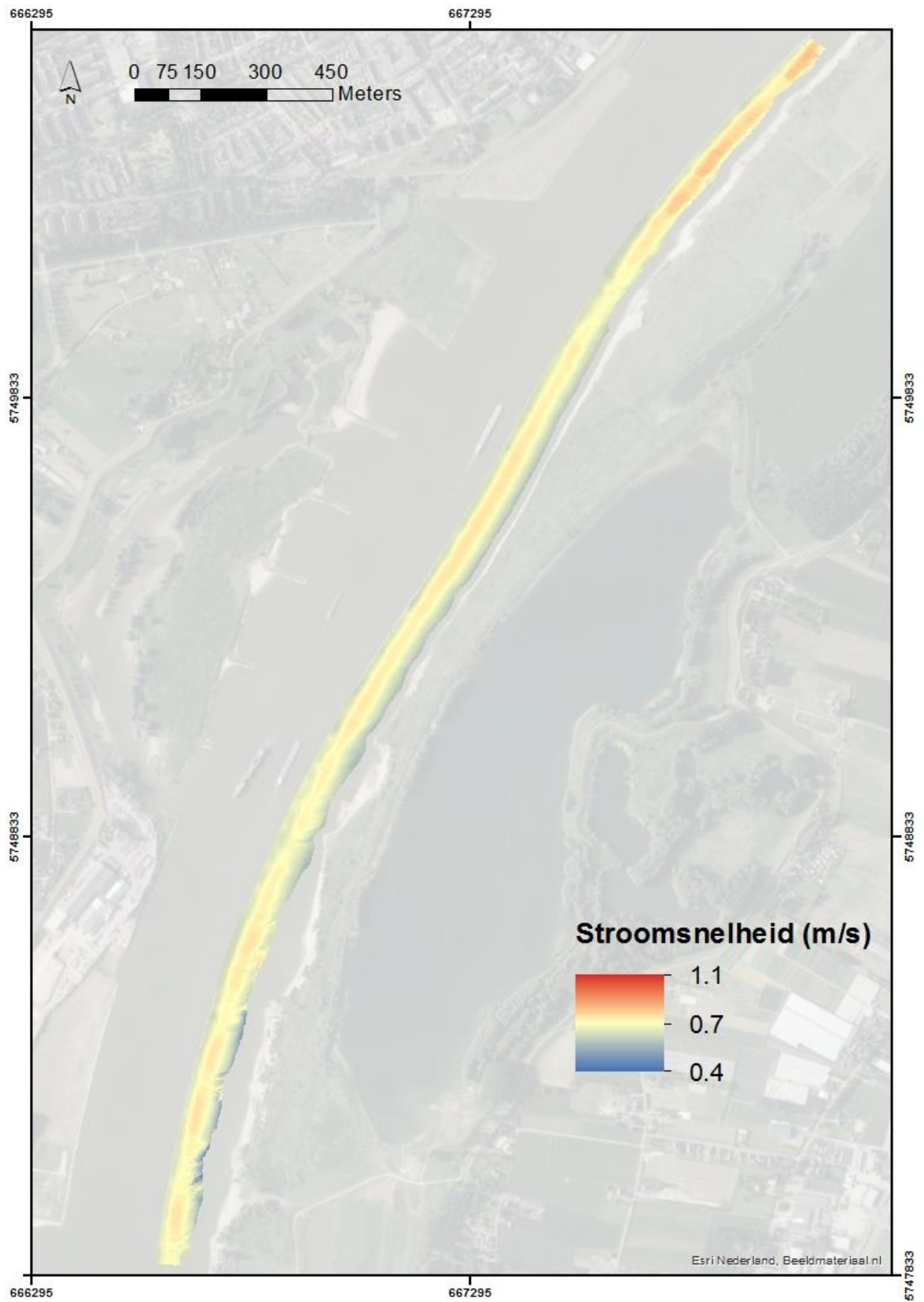
Figuur B1: Geïnterpoleerde stroomsnelheid 0,1 m boven de rivierbodem (m/s) in de oevergeul bij Wamel bij een afvoer van $1326 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in april 2019.



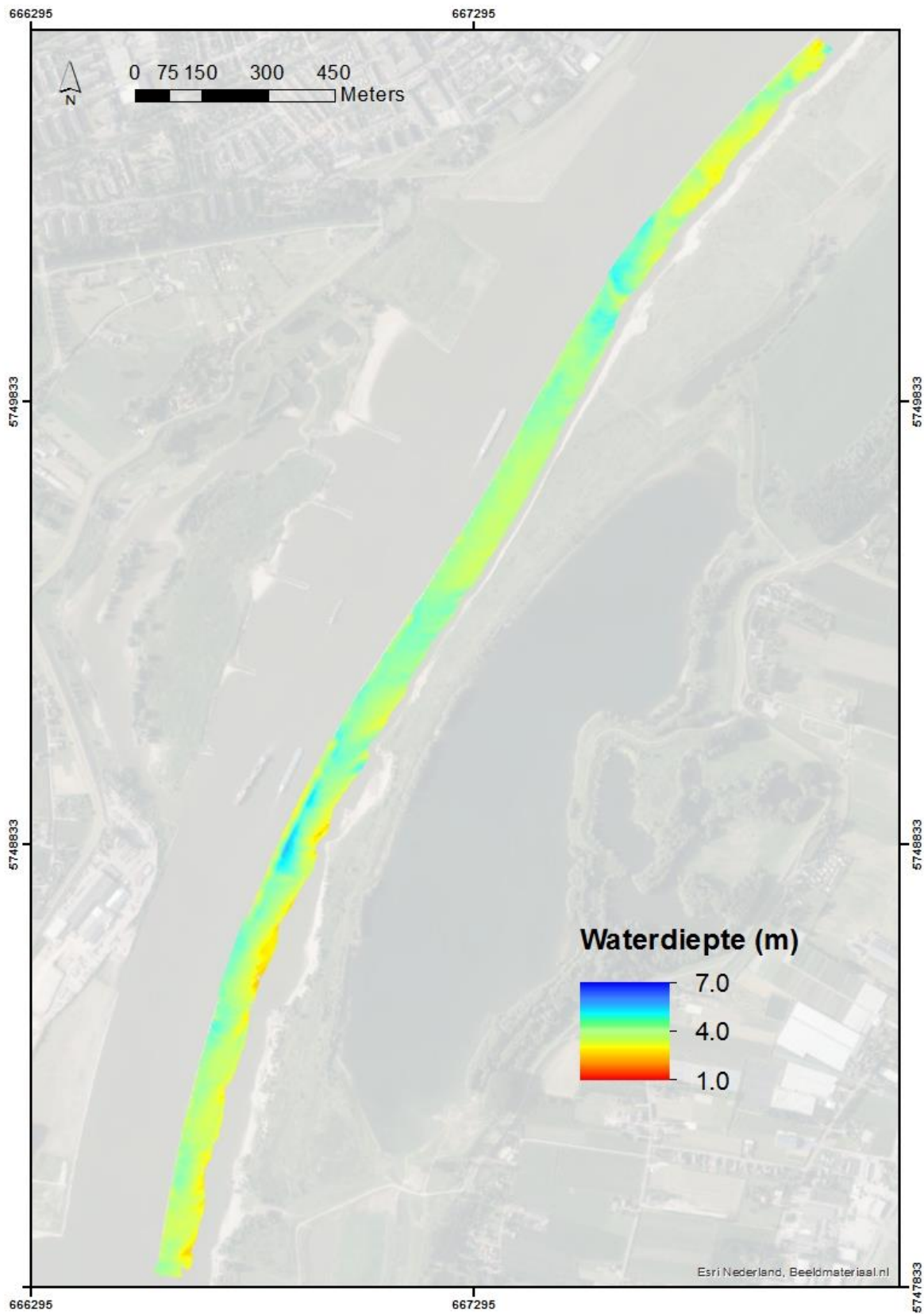
Figuur B2: Geïnterpoleerde waterdiepte in de oevergeul bij Wamel bij een afvoer van $1326 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in april 2019.



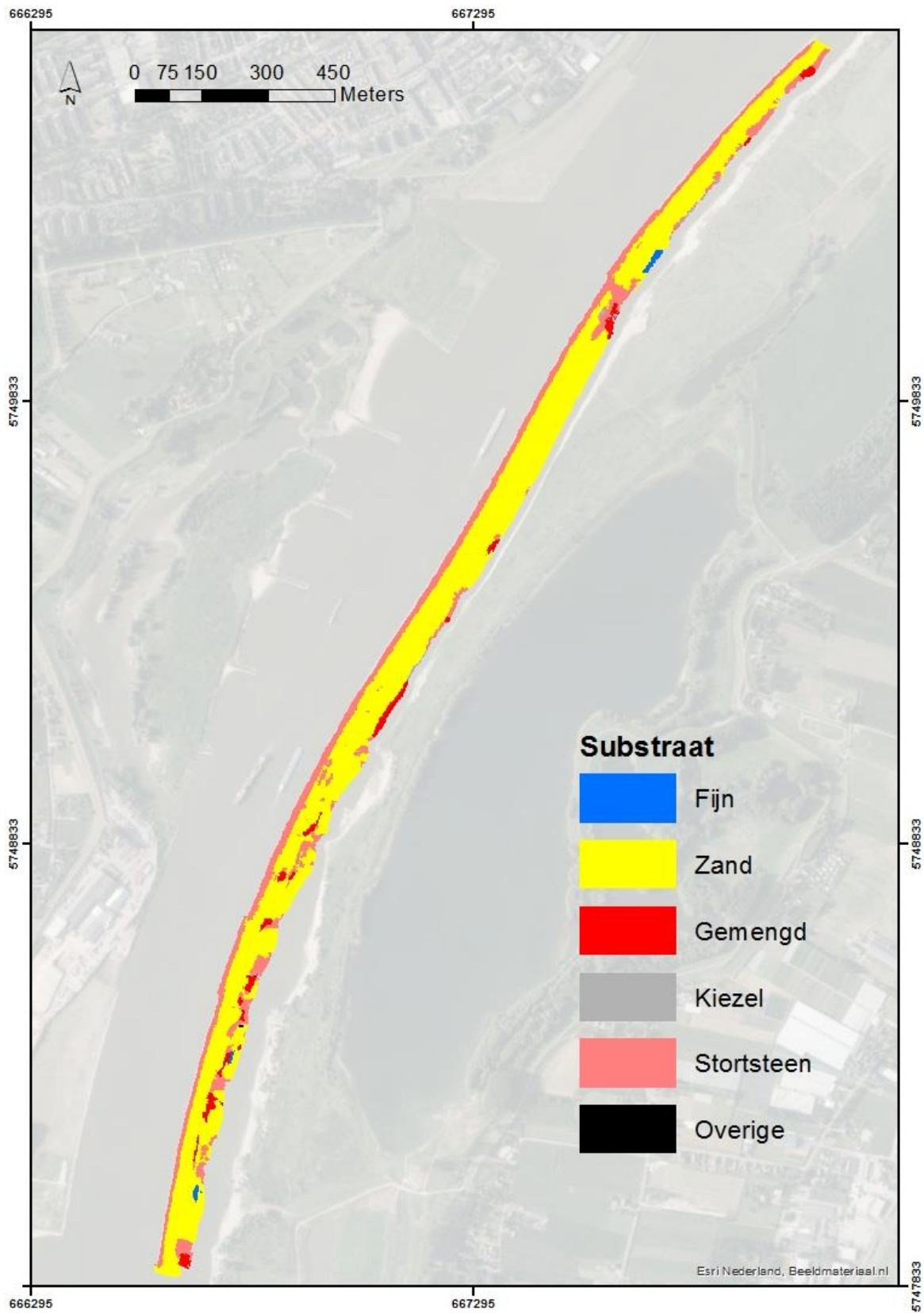
Figuur B3: Substraat classificatie in de oevergeul bij Wamel in april 2019.



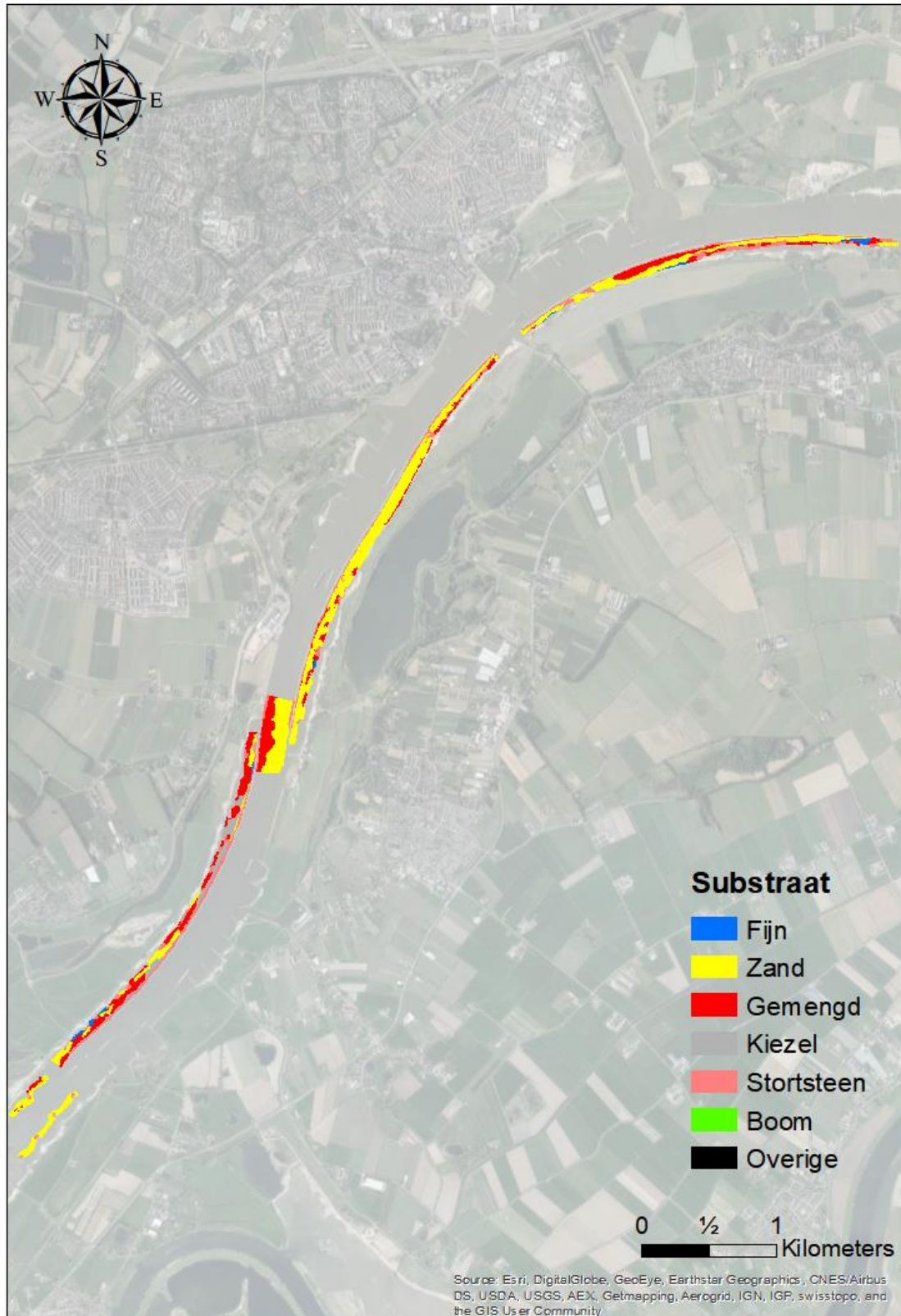
Figuur B4: Geïnterpoleerde stroomsnelheid 0,1 m boven de rivierbodem (m/s) in de oevergeul bij Dreumel bij een afvoer van $1326 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in april 2019.



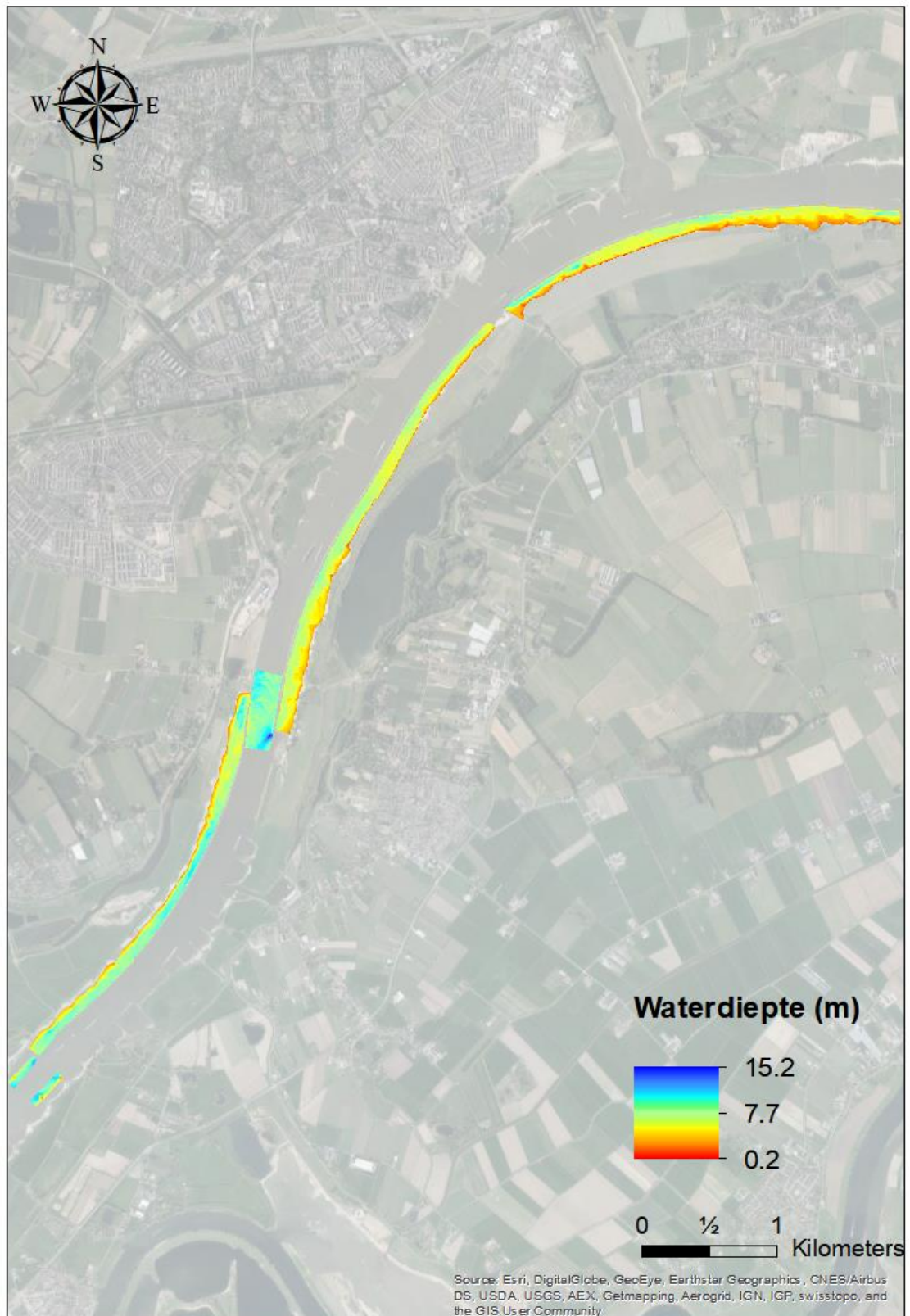
Figuur B5: Geïnterpoleerde waterdiepte in de oevergeul bij Dreumel bij een afvoer van $1326 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in april 2019.



Figuur B6: Substraat classificatie in de oevergeul bij Dreumel in april 2019.



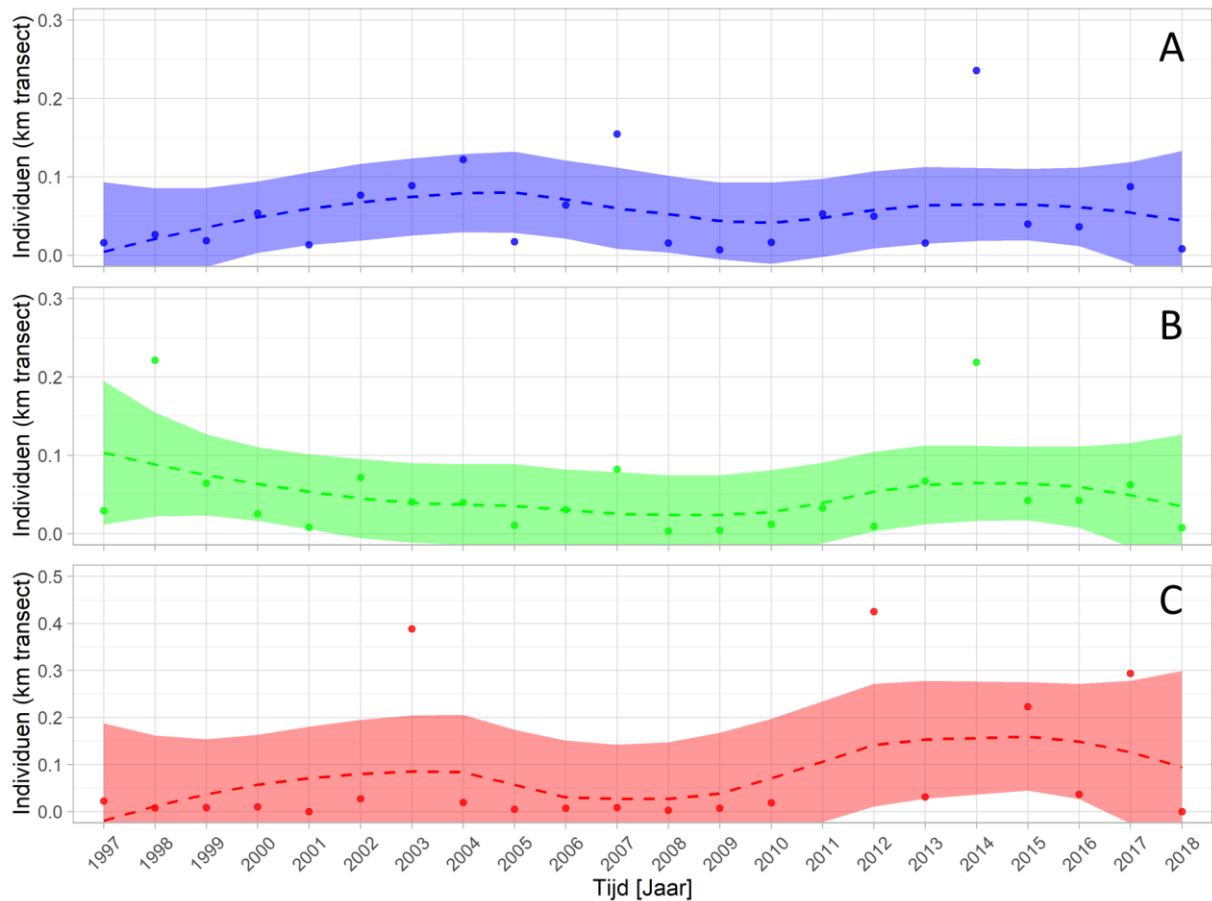
Figuur B7: Substraat classificatie in de drie oevergeulen, de hoofdgeul en in kribvakken in mei 2020.



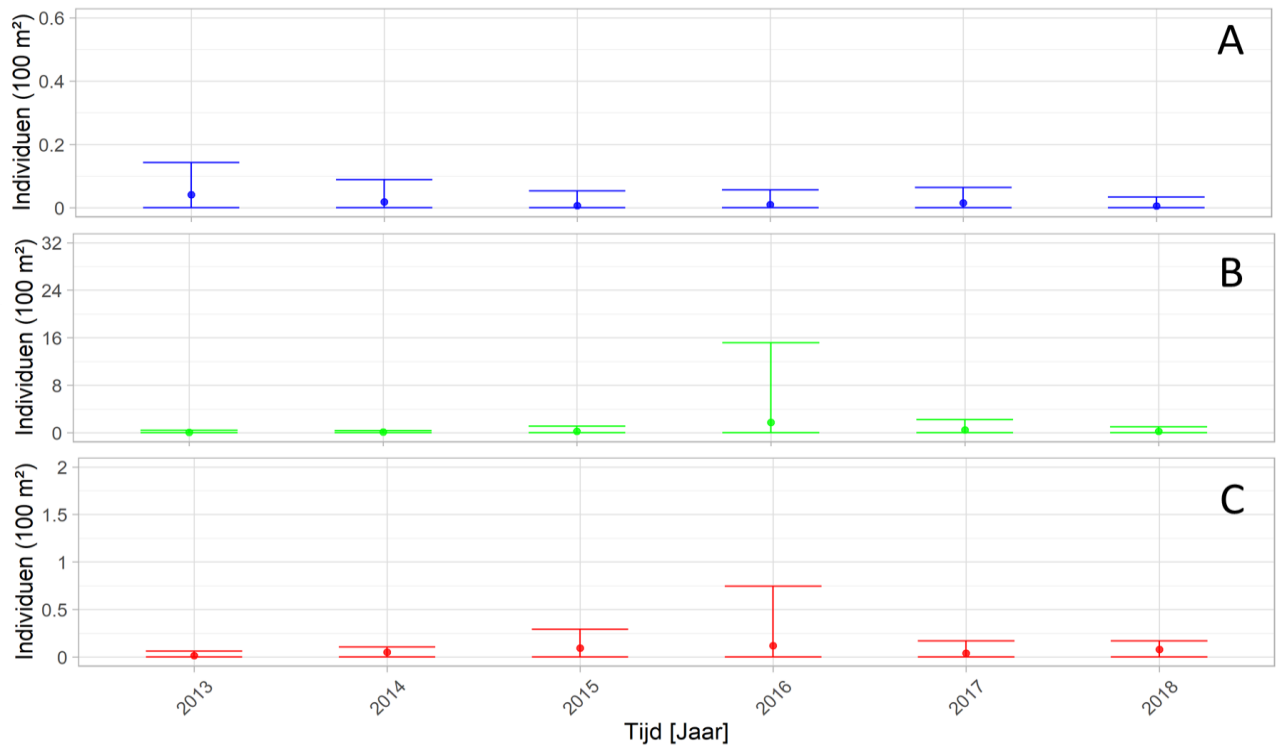
Figuur B8: Geïnterpoleerde waterdiepte in de drie oevergeulen, de hoofdgeul en kribvakken in mei 2020.

Bijlage 5: MWTL analyses

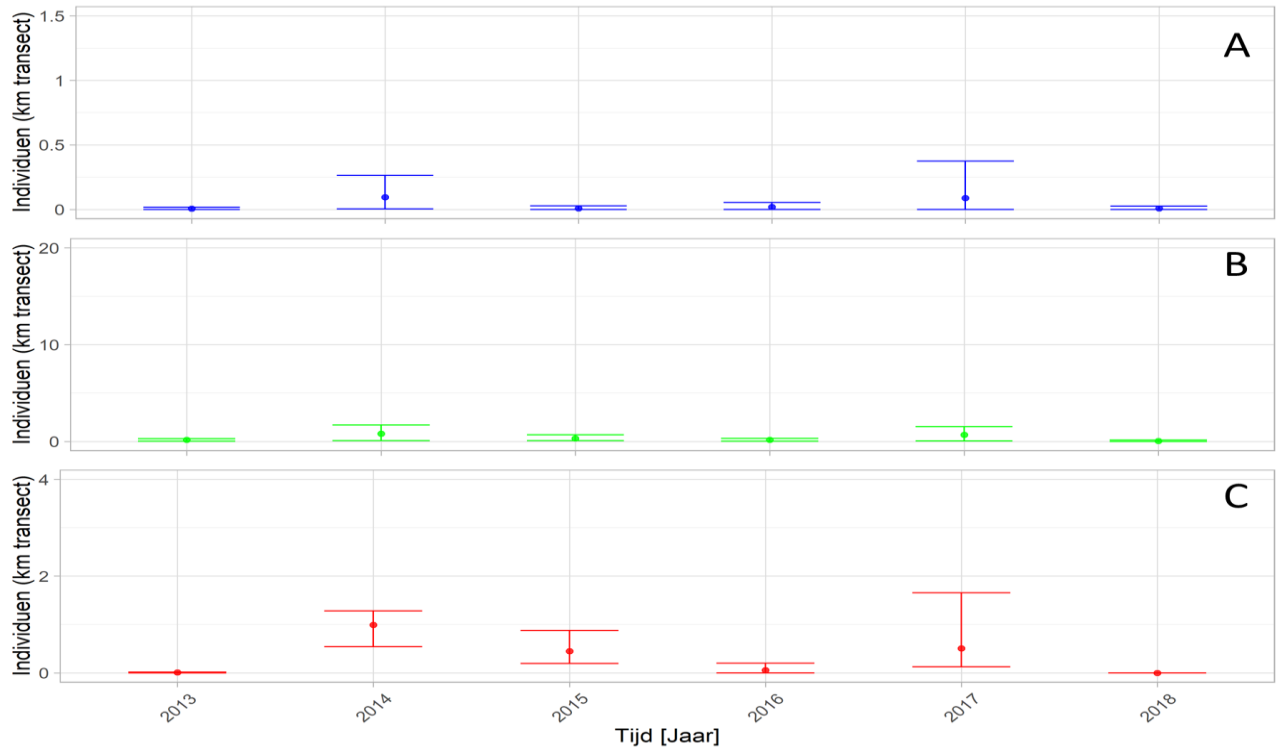
MWTL monitoring gegevens periode 1993 – 2018.



Figuur B1: Gemiddelde dichtheden van reofiele (A, blauw), eurytope (B, groen) en uitheemse (C, rood) vissoorten waargenomen tijdens de elektrovisserij MWTL-monitoring in de Waal in de periode 1997 – 2018. Door middel van een LOESS filter is de trend (stippellijn) en zekerheid bepaald (band).



Figuur B2: Dichtheden van reofiele (A, blauw), eurytope (B, groen) en uitheemse (C, rood) vissoorten waargenomen tijdens de boomkor MWTL-monitoring in het langsdammen traject in de periode 2013-2018.



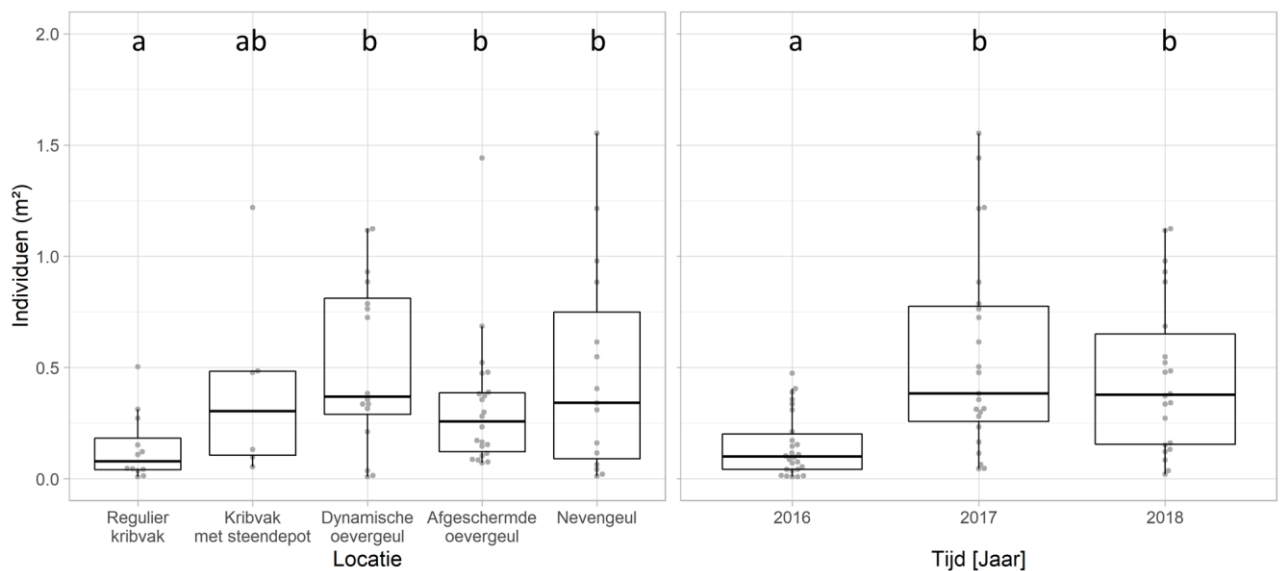
Figuur B3: Dichtheden van reofiele (A, blauw), eurytope (B, groen) en uitheemse (C, rood) vissoorten waargenomen tijdens de elektrovisserij MWTL-monitoring in het langsdammen traject in de periode 2013-2018.

Bijlage 6: Broedzegen analyses

Dataset:

Oevergeul bij Dreumel, kribvakken Heerewaarden en Nevengeul Gameren gedurende de periode 2016 – 2018.

Analyse van de broedzegen bemonstering gedurende de periode 2016 – 2018 resulteerde in een significant verschil in visdichtheden tussen locaties ($\chi^2 = 14,034$, DF = 4, P-waarde < 0,001) en tussen jaren ($\chi^2 = 11,591$, DF = 4, P-waarde < 0,001), het verschil tussen locaties was constant tussen jaren. De dichtheden van vissen zijn significant hoger in de oevergeul en in een nevengeul ten opzichte van een kribvak (P-waarde < 0,001). Één van de bemonsterde kribvakken had een steendepot waardoor de hydrologie van het kribvak anders was. Dit kribvak zit qua dichtheden tussen de langsdam en een regulier kribvak in. Visdichtheden in 2017 en 2018 waren significant hoger dan in 2016 (P-waarde < 0,001).

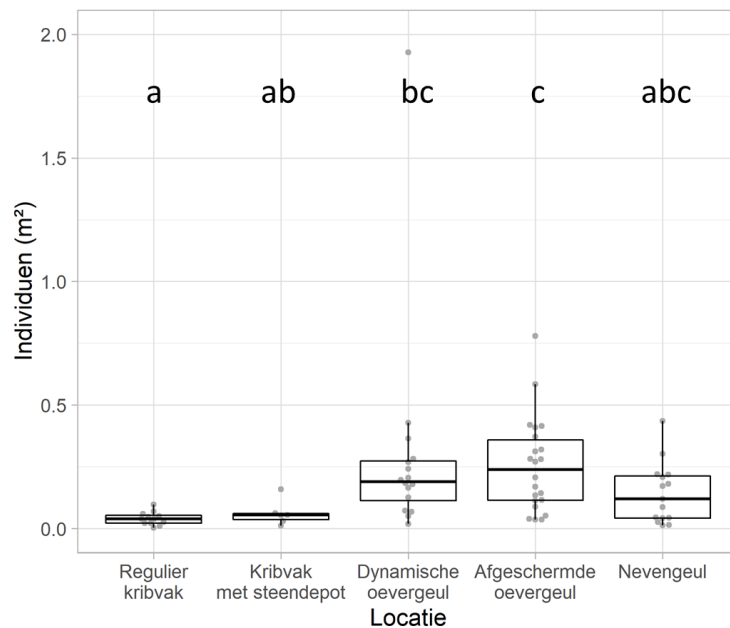


Figuur B1: Dichtheden van inheemse vissen waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in de periode 2016 tot en met 2018 in verschillende (deel)locaties en gedurende de jaren. Verschillende letters geven significante verschillen aan. Dynamische oevergeul is bij een verlaging en drempel, afgeschermd oevergeul is op een beschut traject.

Ook de dichtheden van inheemse vissen verschilden significant tussen locaties ($\chi^2 = 12,294$, DF = 4, P-waarde < 0,001; Figuur B1) en jaren ($\chi^2 = 21,477$, DF = 2, P-waarde < 0,001). Dichtheden van inheemse vis waren significant hoger in de oevergeul en nevengeul dan in het kribvak (P-waarde < 0,001). Dichtheden van inheemse vis waren significant lager in 2016 dan in 2017 en 2018.

Uitheemse visdichtheid varieerde significant tussen locaties ($\chi^2 = 6,284$, DF = 4, P-waarde < 0,001). De dichtheid van uitheemse vissen was niet significant verschillend tussen de jaren. De dichtheid ten opzichte van kribvakken was significant hoger bij de twee langsdam locaties (P-waarde < 0,001). Nevengeul en kribvak met steendepot hadden een gemiddelde dichtheid van uitheemse vissen (Figuur B2). De dichtheid van

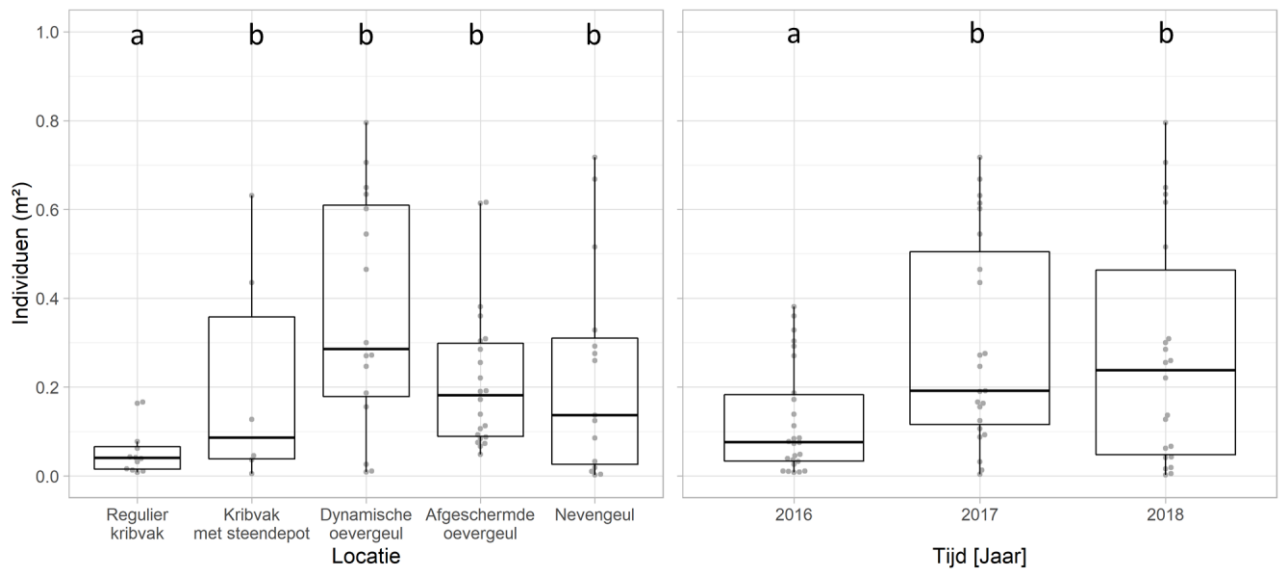
inheemse vissen (Figuur B1) was bij alle locaties hoger dan de dichtheid van uitheemse vissen (Figuur B2).



Figuur B2: Dichtheden van uitheemse vissen waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in de periode 2016 tot en met 2018 in verschillende (deel)locaties. Verschillende letters geven significante verschillen aan. Dynamische oevergeul is bij een verlaging en drempel, afgeschermd oevergeul is op een beschut traject.

De dichtheid van reofiele vissen varieerde significant tussen locaties ($\chi^2 = 9,978$, DF = 4, P-waarde < 0,01; Figuur 3.15) en verschilde significant tussen jaren ($\chi^2 = 44,285$, DF = 2, P-waarde < 0,001). Reofiele visdichtheid was significant hoger in de nevengeul ten opzichte van het kribvak (P-waarde < 0,05). Tussen alle andere locaties was er geen significant verschil. Reofiele visdichtheid was significant hoger in 2017 en 2018 ten opzichte van 2016 (P-waarde < 0,001 en < 0,001, respectievelijk; Figuur 3.16).

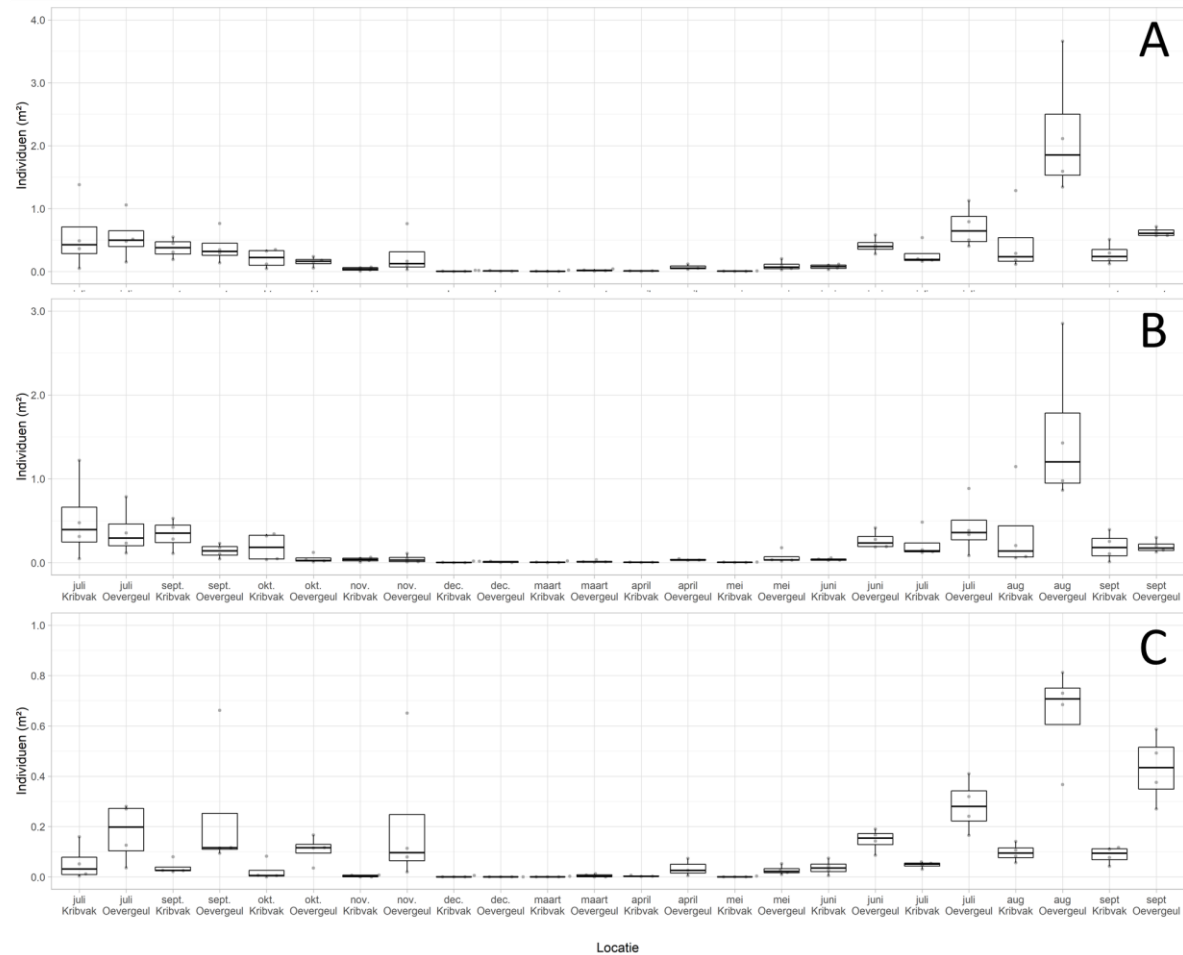
Eurytope visdichtheden varieerden significant tussen locaties ($\chi^2 = 19,929$, DF = 4, P-waarde < 0,001) en tussen jaren ($\chi^2 = 9,639$, DF = 4, P-waarde < 0,001). De dichtheid in de kribvakken was significant lager dan bij de twee langsdam locaties en de nevengeul (P-waarde < 0,001; Figuur B5). De dichtheid tussen het kribvak en het kribvak met steendepot verschilde ook significant (P-waarde < 0,05). De eurytope visdichtheid was in 2017 en 2018 significant hoger dan in 2016 (P-waarde < 0,001).



Figuur B3: Dichtheden van eurytope vissen waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in de periode 2016 tot en met 2018 in verschillende (deel)locaties en gedurende de jaren. Verschillende letters geven significante verschillen aan. Dynamische oevergeul is bij een verlaging en drempel, afgeschermd oevergeul is op een beschut traject.

Dataset:

Maandelijks vismonitoring in de oevegeul bij Dreumel en kribvakken Heerewaarden gedurende de periode 2017 – 2018.



Figuur B4: Dichtheden van alle vis (A), inheemse vis (B) en uitheemse vis (C) waargenomen tijdens maandelijkse broedzegenmonitoring in de periode 2017 tot en met 2018 in de oevegeul bij Dreumel en de kribvakken in Heerewaarden.

Dataset:

Vismonitoring in juli in de oevergeul bij Wamel, Dreumel en Ophemert, kribvakken bij Heerewaarden en Tiel en in de westelijke nevengeul van Gameren gedurende de periode 2017 – 2019.

Soortenrijkdom

Tabel B1: Vis soortenrijkdom tijdens broedzegen visserij in 2017 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel).

Gilde	Jaar	Nevengeul Gameren	Kribvak Heerewaarden	Oevergeul Ophemert	Oevergeul Dreumel	Oevergeul Wamel	Kribvak Tiel
Reofiel	2017	3	4	n.b.	4	2	2
Eurytoop	2017	4	5	n.b.	5	3	3
Uitheems	2017	5	5	n.b.	6	6	6
Limnofiel	2017	1	-	n.b.	-	-	-

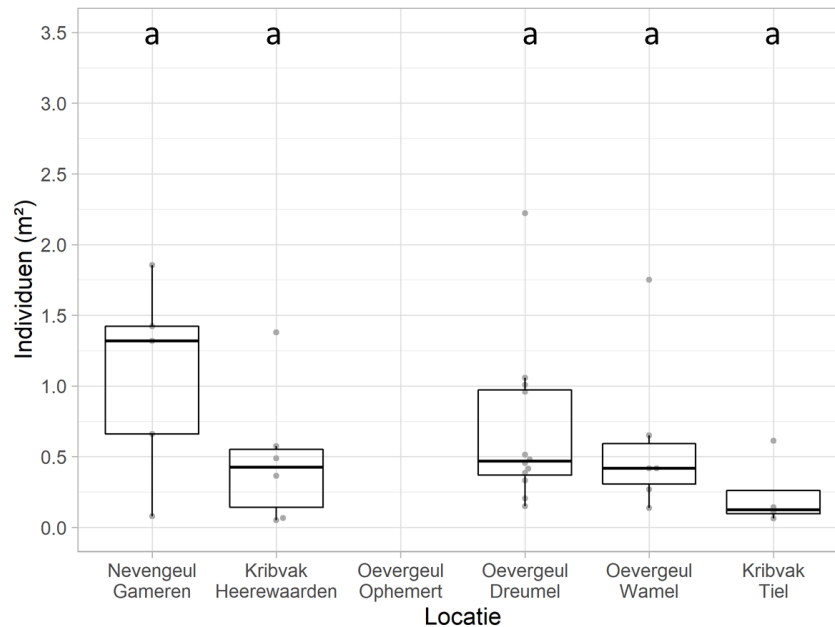
Tabel B2: Vis soortenrijkdom tijdens broedzegen visserij in 2019 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel).

Gilde	Jaar	Nevengeul Gameren	Kribvak Heerewaarden	Oevergeul Ophemert	Oevergeul Dreumel	Oevergeul Wamel	Kribvak Tiel
Reofiel	2019	n.b.	3	3	3	3	2
Eurytoop	2019	n.b.	5	5	5	5	4
Uitheems	2019	n.b.	7	6	7	6	7
Limnofiel	2019	n.b.	-	-	-	-	-

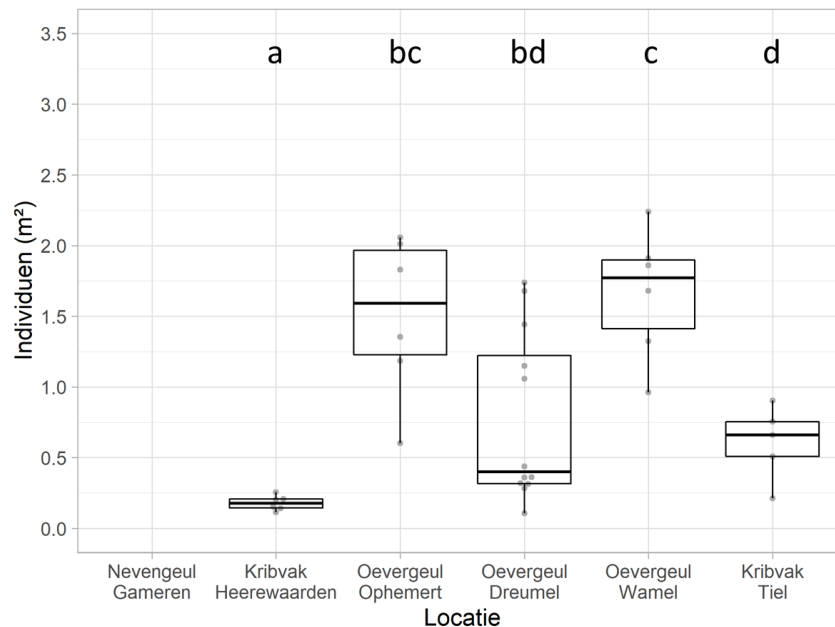
Dichtheden

Alleen in 2018 zijn alle oevergeulen bemonsterd inclusief een nevengeul en twee nabijgelegen kribvakken. Er was een significant verschil in visdichtheid tussen de verschillende locaties ($\chi^2 = 9,639$, DF = 5, P-waarde < 0,001). De dichtheid was het hoogst in de oevergeul bij Ophemert. De dichtheid in Ophemert verschilde significant van de nevengeul, van de kribvakken in Heerewaarden en in Tiel (P-waarde < 0,01, 0,001 en 0,05, respectievelijk). Er was geen significant verschil in visdichtheid tussen de drie oevergeulen. Opvallend is dat de dichtheid in de kribvakken bij Tiel lager was dan in de oevergeul bij Dreumel en in Wamel maar niet significant. In 2017 is er niet gevist in de oevergeul bij Ophemert. Dat jaar waren er geen significante verschillen in visdichtheden tussen de overige locaties (Figuur B5). In 2019 is er niet gevist in de

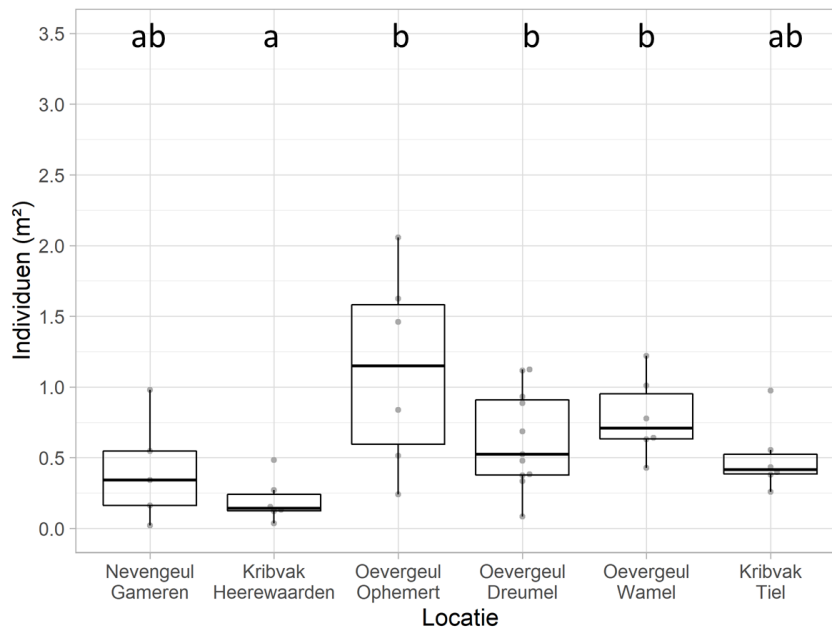
nevengeul. In 2019 was de visdichtheid het hoogst in de oeverageul bij Wamel (Figuur B6). De totale visdichtheid in de oeverageulen bij Wamel en Ophemert was significant hoger dan in de twee kribvak locaties (P-waarde < 0,05).



Figuur B5: Dichtheden van alle vis waargenomen tijdens broedzegeenmonitoring in 2017 in drie oeverageulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.



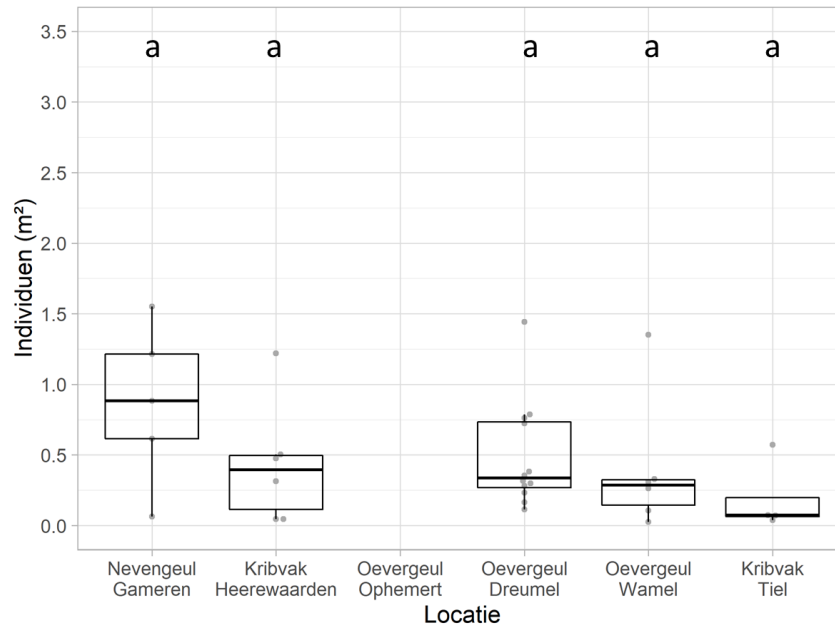
Figuur B6: Dichtheden van alle vis waargenomen tijdens broedzegeenmonitoring in 2019 in drie oeverageulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.



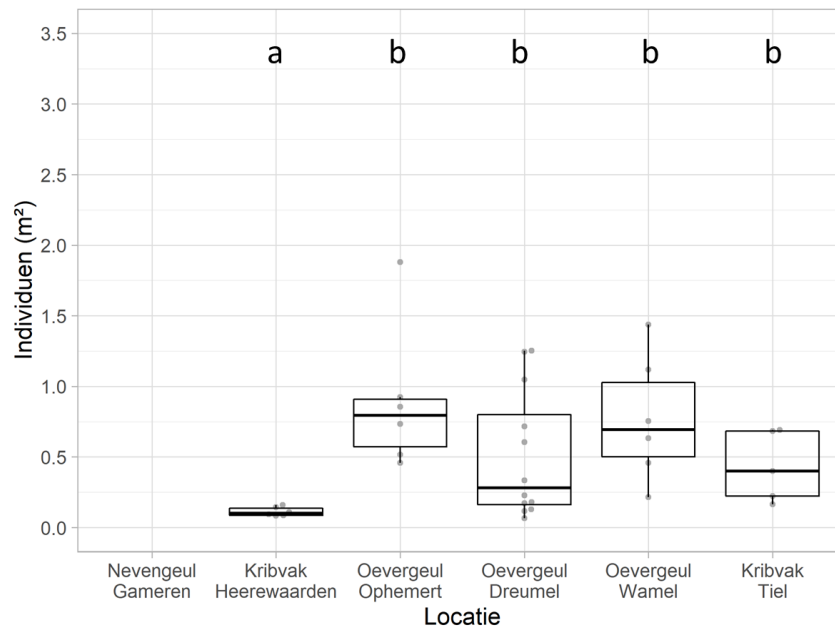
Figuur B7: Dichtheden van inheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2018 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

De inheemse vis dichtheid was significant verschillend tussen locaties ($\chi^2 = 9,437$, DF = 5, P-waarde < 0,001). De dichtheid van de drie oevergeulen was niet significant verschillend (Figuur B7). Alleen de inheemse vis dichtheid in de kribvakken bij Heerewaarden waren significant verschillend van de oevergeulen (P-waarde < 0,001). De kribvakken bij Tiel en de Nevengeul van Gameren zaten qua dichtheid tussen de oevergeulen en de Kribvakken bij Heerewaarden in.

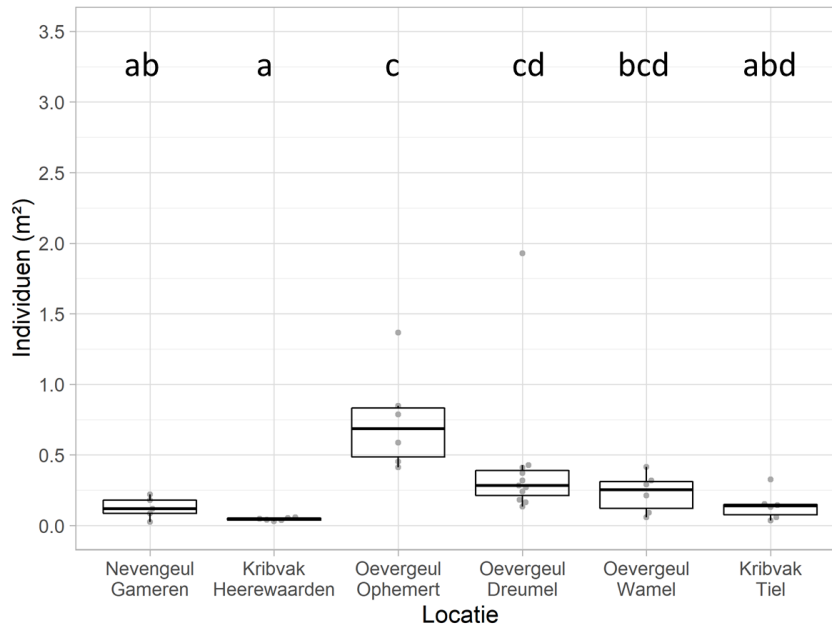
In 2017 is er niet gevist in de oevergeul bij Ophemert. Dat jaar waren er geen significante verschillen in inheemse visdichtheden tussen de overige locaties (Figuur B8). In 2019 waren de inheemse visdichtheden in de oevergeulen onderling niet verschillend (Figuur B9). De inheemse visdichtheden in de kribvakken bij Tiel waren vergelijkbaar met de oevergeul locaties. Ten opzichte van de kribvakken in Heerewaarden verschilde alle andere locaties significant in inheemse vis dichtheden (Figuur B9).



Figuur B8: Dichtheden van inheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2017 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

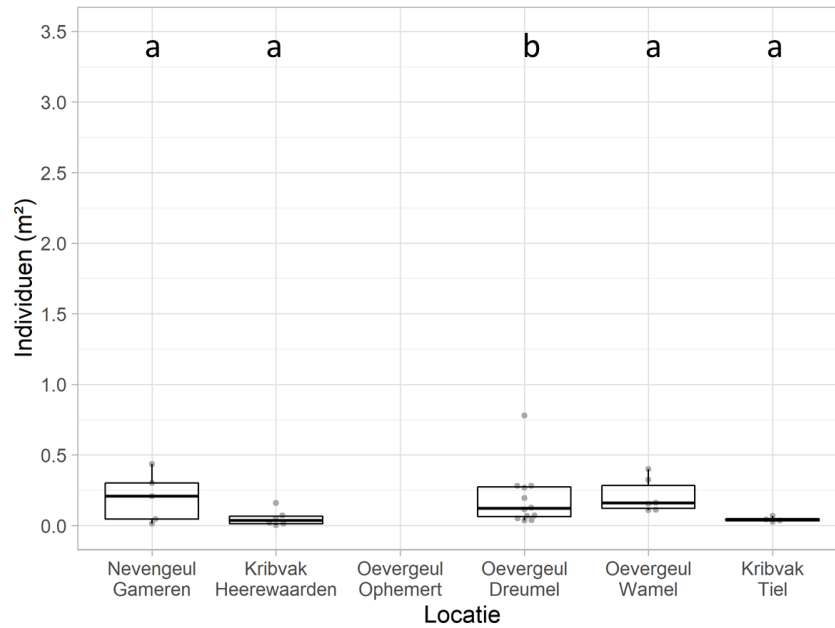


Figuur B9: Dichtheden van inheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2019 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

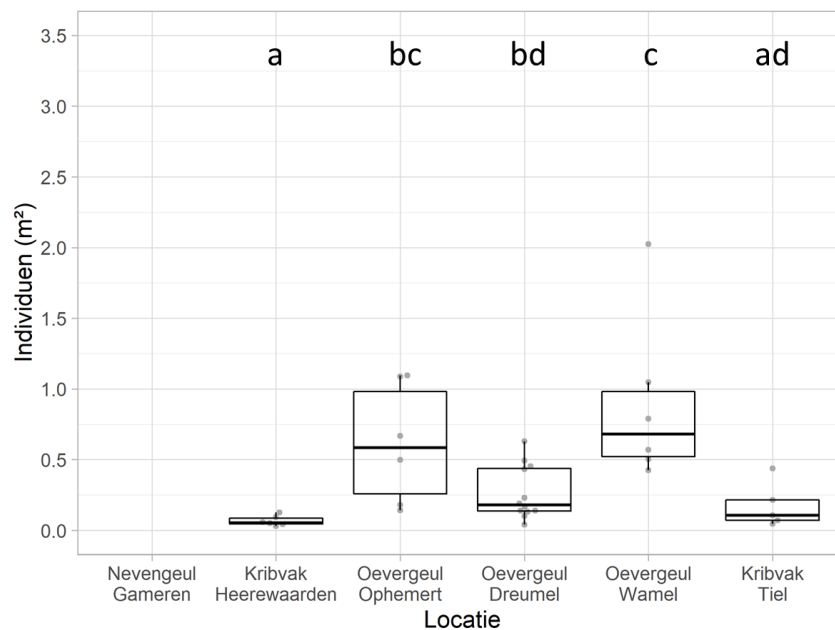


Figuur B10: Dichtheden van uitheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2018 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

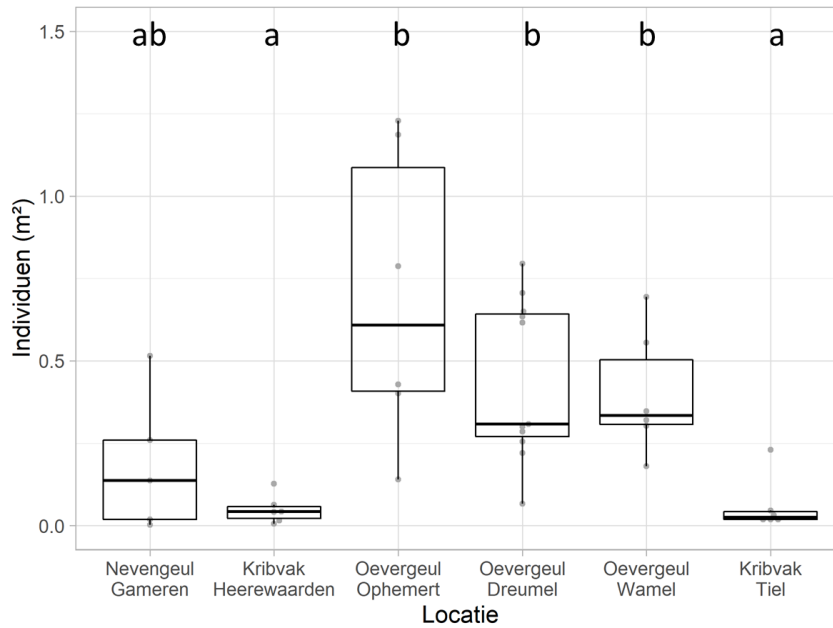
De uitheemse vis dichtheid was significant verschillend tussen locaties ($\chi^2 = 26,876$, $DF = 5$, P -waarde $< 0,001$). De dichtheid van de drie oevergeulen was niet significant verschillend (Figuur B10). Uitheemse visdichtheden waren hoger in de oevergeul bij Ophemert en Dreumel dan in het kribvak van Heerewaarden (P -waarde $< 0,001$) en de Nevengeul van Gameren (P -waarde $< 0,01$ en $0,05$, respectievelijk). In 2017 is er niet gevist in de oevergeul bij Ophemert. Dat jaar was de uitheemse vis dichtheid significant hoger in de oevergeul bij Dreumel dan in de kribvakken (Model output: $\chi^2 = 11,145$, $DF = 5$, P -waarde $< 0,05$; P -waarde $< 0,05$; Figuur B11). In 2019 was er net als in 2017 en 2018 een significant verschil in uitheemse vis dichtheden tussen locaties (Figuur B12). De oevergeul bij Ophemert en Wamel hadden significant meer uitheemse vis dan beide kribvak locaties. De oevergeul bij Dreumel had meer uitheemse vis dan de kribvakken bij Heerewaarden maar evenveel uitheemse vis als de kribvakken bij Tiel (Figuur B12).



Figuur B11: Dichtheden van uitheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2017 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

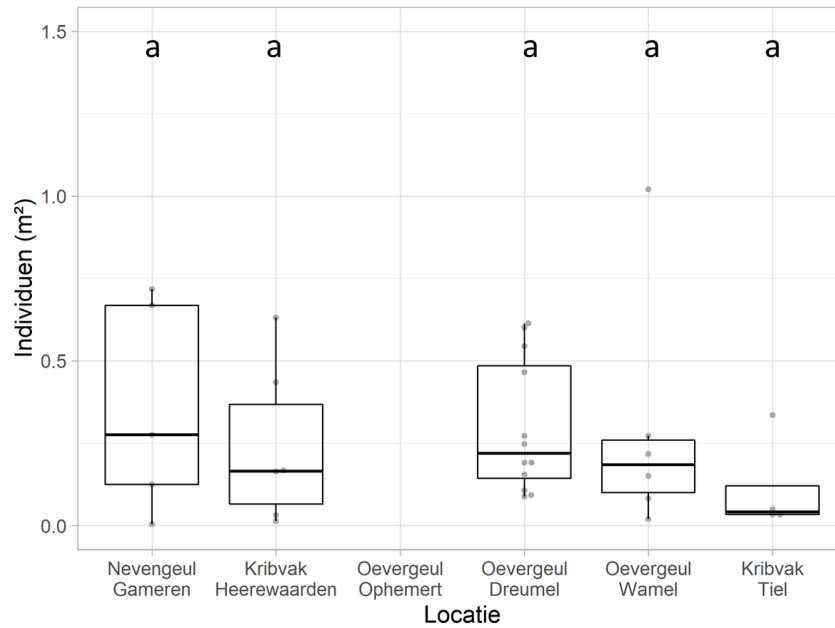


Figuur B12: Dichtheden van uitheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2019 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

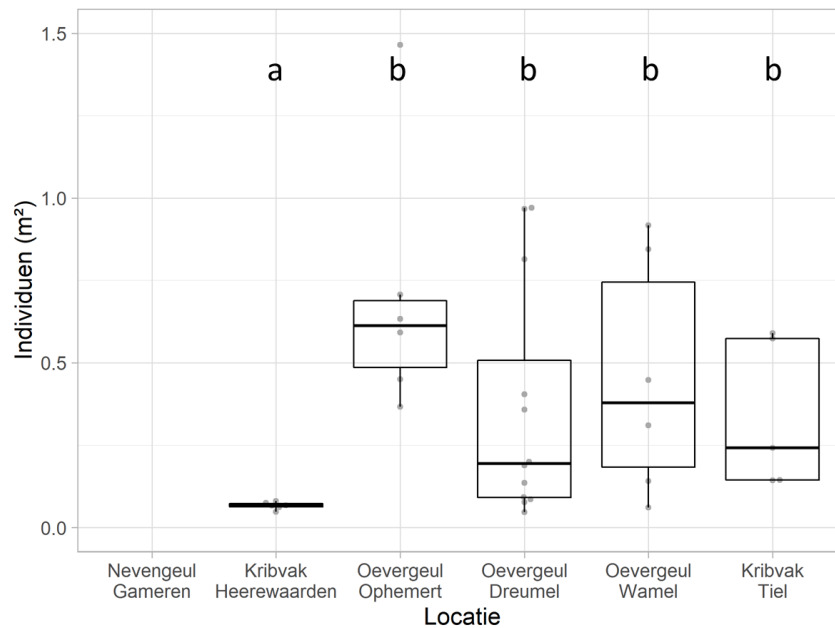


Figuur B13: Dichtheden van eurytope vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2018 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

De eurytope vis dichtheid was significant verschillend tussen locaties ($\chi^2 = 30,165$, $DF = 5$, P -waarde $< 0,001$). De dichtheid van de drie oevergeulen was niet significant verschillend (Figuur B13). Eurytope visdichtheden waren hoger in de oevergeulen dan in de kribvak locaties (P -waarde $< 0,001$). De nevengeul van Gameren scoorde qua eurytope vis dichtheden tussen de kribvakken en oevergeulen in. In 2017 is er niet gevist in de oevergeul bij Ophemert. Dat jaar waren er geen significante verschillen in eurytope visdichtheden tussen de overige locaties (Figuur B14). De dichtheid van eurytope vis verschilde in 2019 significant tussen de kribvak locaties en de oevergeulen en de kribvakken bij Tiel (Figuur B15).



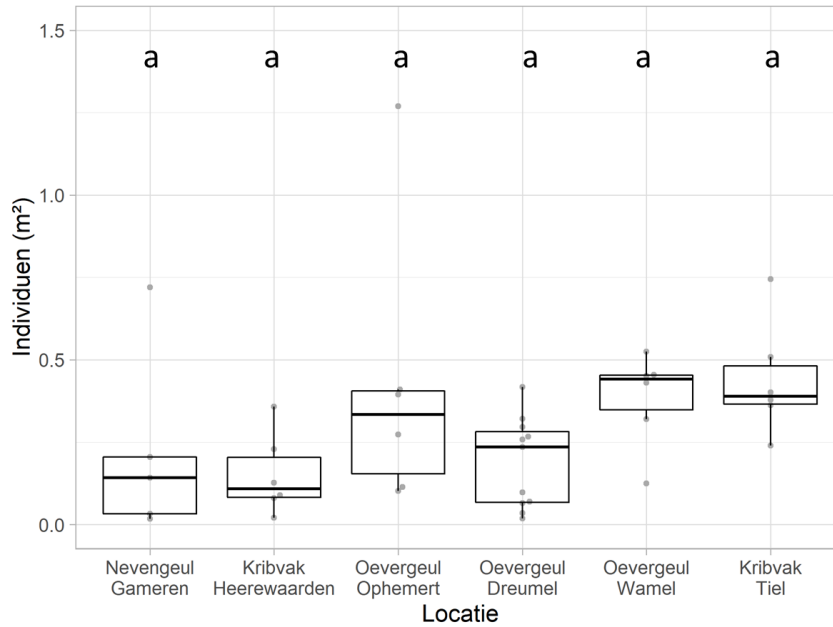
Figuur B14: Dichtheden van eurytope vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2017 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.



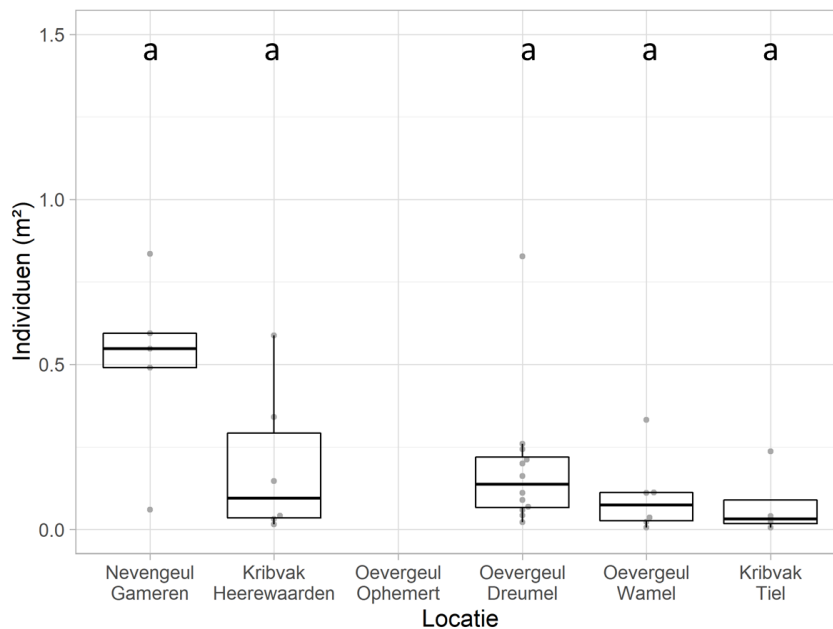
Figuur B15: Dichtheden van eurytope vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2019 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Er was geen verschil in reofiele vis dichtheden tussen de locaties. Opvallend is de hoge dichtheid van reofiele vis in kribvakken bij Tiel (Figuur B16). Net als in 2018 was er in 2017 geen significant verschil in reofiele vis dichtheden tussen de locaties (B17). In 2019 was er wel een significant verschil tussen locaties met betrekking tot de dichtheid van reofiele vis ($\chi^2 = 11,439$, DF = 4, P-waarde < 0,001). De oevergeul

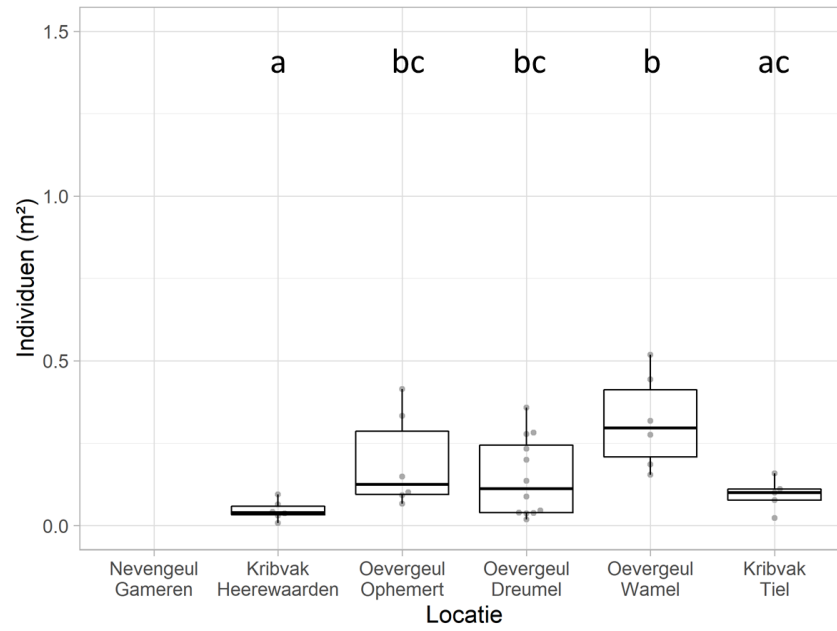
in de oevergeul bij Wamel had significant meer reofiele vis dan beide kribvak locaties (P-waarde < 0,001 en < 0,05, respectievelijk). De oevergeul bij Ophemert en Dreumel hadden significant hogere reofiele vis dichtheden dan de kribvakken in Heerewaarden (P-waarde < 0,01 en < 0,01, respectievelijk; B18).



Figuur B16: Dichtheden van reofiele vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2018 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.



Figuur B17: Dichtheden van reofiele vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2017 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

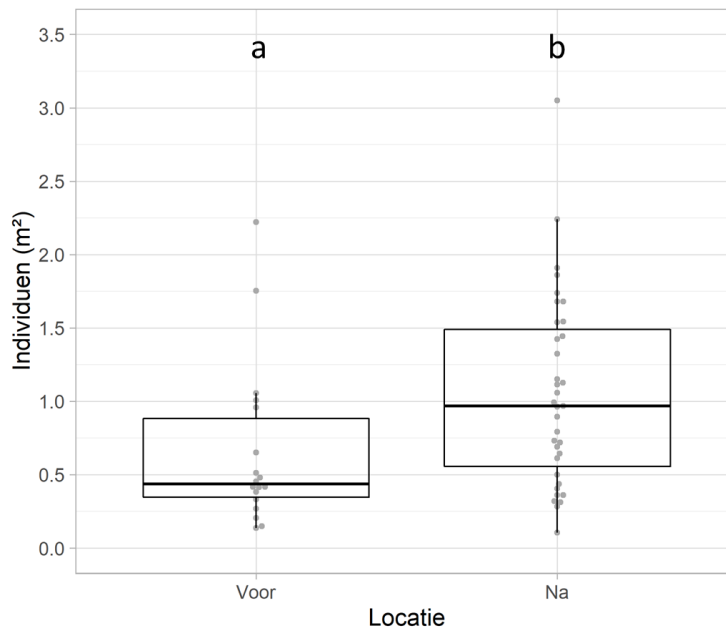


Figuur B18: Dichtheden van reofiele vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring in 2019 in drie oevergeulen (Ophemert, Dreumel en Wamel), de westelijke nevengeul van Gameren en twee kribvak locaties (Heerewaarden, Tiel). Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Dataset:

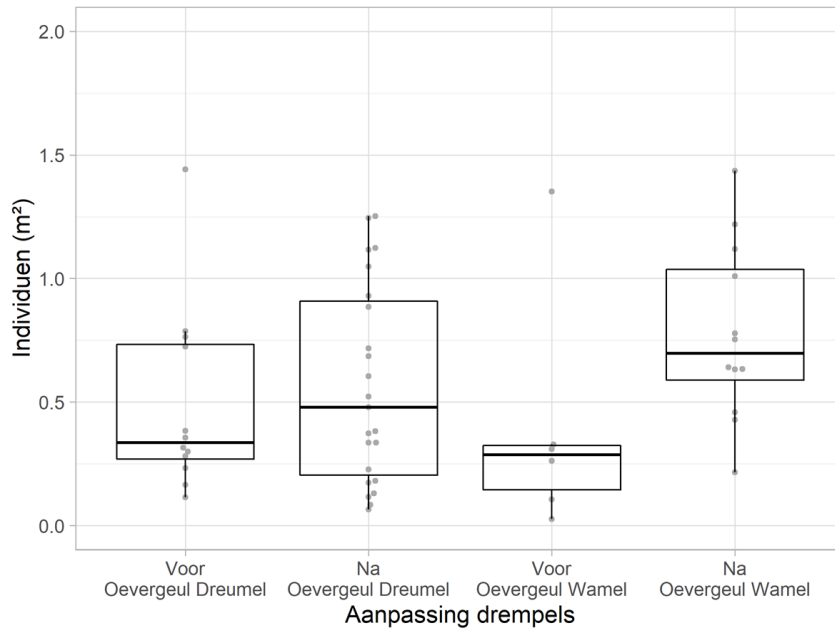
Vismonitoring in juli in de oevertgeul bij Wamel en Dreumel gedurende de periode 2017 – 2019.

De totale visdichtheden verschilden significant voor (2017) en na de aanpassing (2019; $\chi^2 = 2,533$, DF = 1, P-waarde < 0,05), echter was er geen interactie met locatie (Figuur B19). Zowel de oevertgeul bij Dreumel als Wamel hadden een hogere visdichtheid voor en na hetgeen impliceert dat het waargenomen effect niet veroorzaakt wordt door de aanpassing.

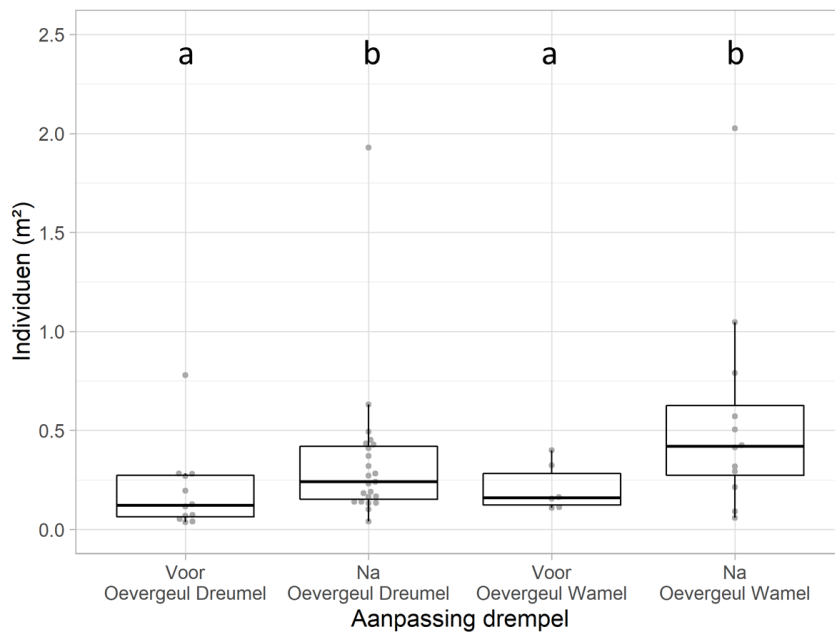


Figuur B19: Dichtheden van alle vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring gedurende de periode 2017-2019 in de oevertgeul bij Dreumel en Wamel. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

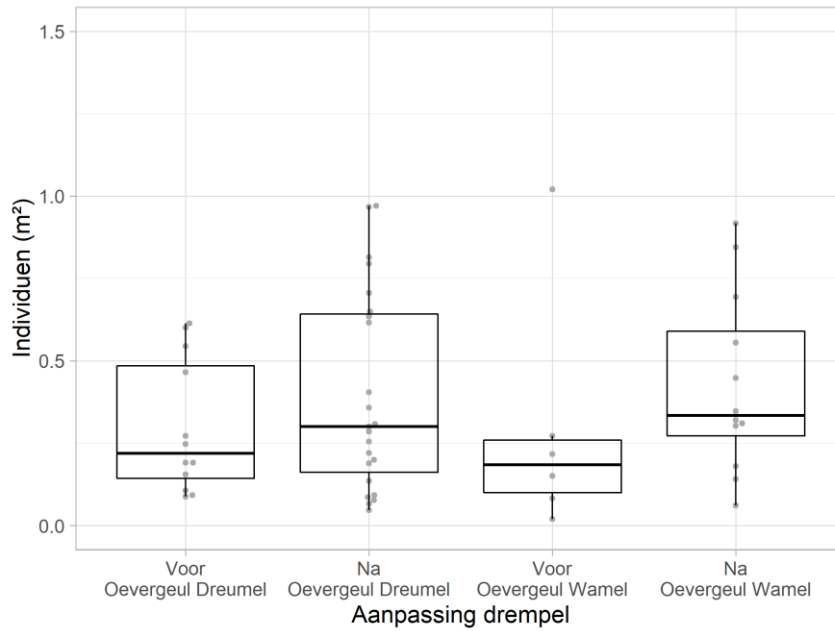
Wanneer er gekeken wordt naar de verschillende groepen bleek dat er geen significant verschil voor en na was in het aantal inheemse vissen ($\chi^2 = 1,256$, DF = 1, P-waarde = 0,12; B20). De dichtheden van uitheemse vis waren na de aanpassing significant hoger bij beide locaties ($\chi^2 = 1,081$, DF = 1, P-waarde < 0,01; B21). Er was geen significant verschil in eurytope vissen voor en na aanpassing ($\chi^2 = 1,184$, DF = 1, P-waarde = 0,15; B22). Bij reofiele vis dichtheden was er een significante interactie tussen dichtheden voor en na de aanpassing en de twee oevertgeulen ($\chi^2 = 4,524$, DF = 1, P-waarde < 0,05; B23). Interessant was dat het aantal reofiele vis na de aanpassing van de oevertgeul bij Wamel significant hoger was dan daarvoor (P-waarde < 0,05). Dit effect was niet waarneembaar in de oevertgeul bij Dreumel.



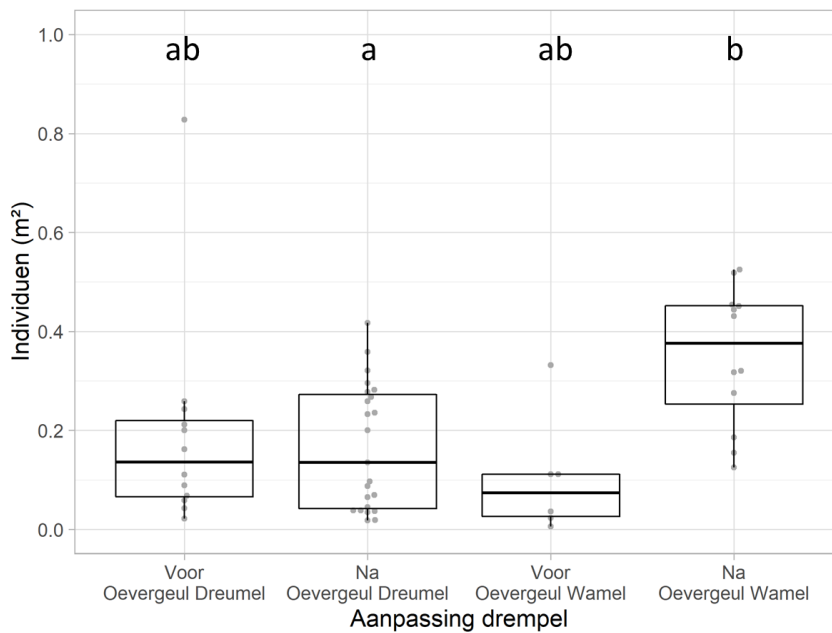
Figuur B20: Dichtheden van alle vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring gedurende de periode 2017-2019 in de oevergeul bij Dreumel en Wamel. Verschillende letters geven significante verschillen aan



Figuur B21: Dichtheden van inheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring gedurende de periode 2017-2019 in de oevergeul bij Dreumel en Wamel. Verschillende letters geven significante verschillen aan



Figuur B22: Dichtheden van uitheemse vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring gedurende de periode 2017-2019 in de oevergeul bij Dreumel en Wamel. Verschillende letters geven significante verschillen aan



Figuur B23: Dichtheden van reefiele vis waargenomen tijdens broedzegenmonitoring gedurende de periode 2017-2019 in de oevergeul bij Dreumel en Wamel. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Bijlage 7: Fuik analyses

Dataset:

Wamel oevergeul en kribvak IJzendoorn gedurende de periode 2017 – 2019.

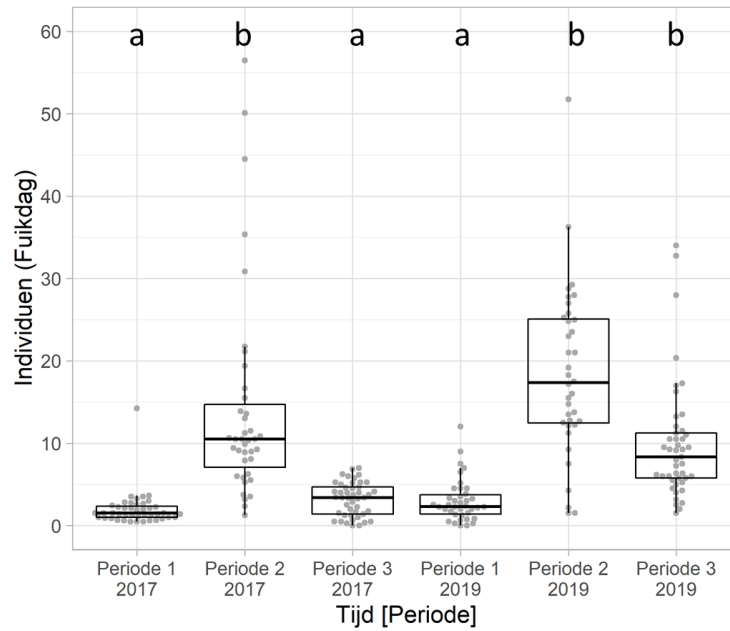
Soortenrijkdom

Tabel B1: Soortenrijkdom tijdens de fuikmonitoring in 2017 en 2019 in drie verschillende periodes in de oevergeul bij Wamel oevergeul en een kribvak bij IJzendoorn.

Gilde	Periode	2017		2019	
		Kribvak Tiel	Oevergeul Wamel	Kribvak Tiel	Oevergeul Wamel
Reofiel	Juli	1	1	0	1
	Aug. - Sept	1	2	0	1
	Okt.	1	2	1	2
Eurytoop	Juli	5	5	3	6
	Aug. - Sept	4	7	3	4
	Okt.	5	5	6	5
Uitheems	Juli	2	3	2	5
	Aug. - Sept	4	6	3	6
	Okt.	2	5	4	6
Limnofiel	Juli	-	-	-	-
	Aug. - Sept	-	-	-	-
	Okt.	-	-	-	1

Dichtheden

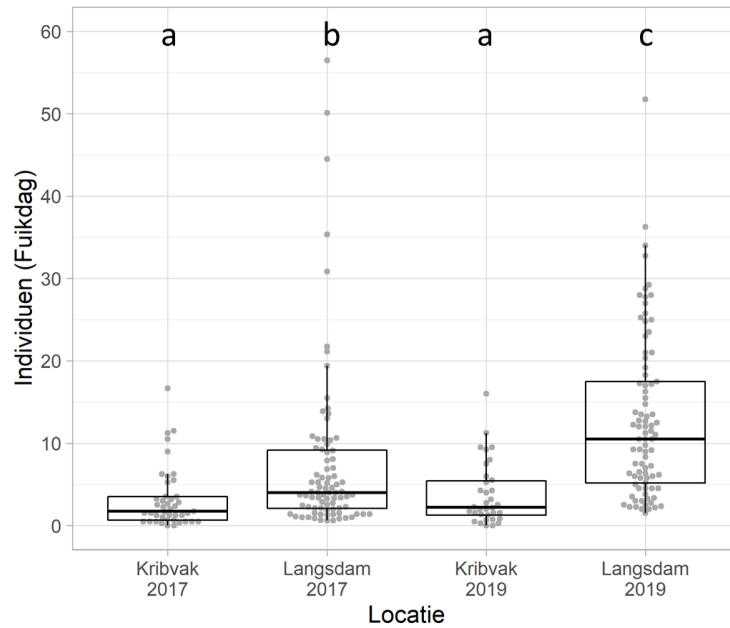
De hoeveelheid gevangen vis door middel van de fuik monitoring verschilde significant tussen de monitoringsperiodes voor alle vis, inheemse vis, uitheemse vis en eurytope vis. Het patroon tussen de monitoringsperiodes was vergelijkbaar, voor alle vis samen was er een interactie tussen periode en jaar ($\chi^2 = 15,354$, $DF = 2$, P-waarde $< 0,001$; Figuur B1). De vangst per fuikdag was significant hoger in de 2^e periode (juli – augustus) dan in de 1^{ste} periode (mei-juni) voor beide jaren (P-waarde $< 0,001$ en $< 0,001$, respectievelijk). Fuikvangst in de 3^e periode (september – oktober) was in 2017 significant lager dan de 2^e periode (P-waarde $< 0,001$) maar in 2019 vergelijkbaar (P-waarde = 0,162). Gegeneraliseerd kan gezegd worden dat de piek van fuik vangsten in juli-augustus ligt.



Figuur B1: Vangst per fuikdag van alle vis waargenomen tijdens fuikmonitoring in de jaren 2017 en 2019 in de oevergeul bij Wamel en een kribvak gedurende drie monitoringsperioden. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

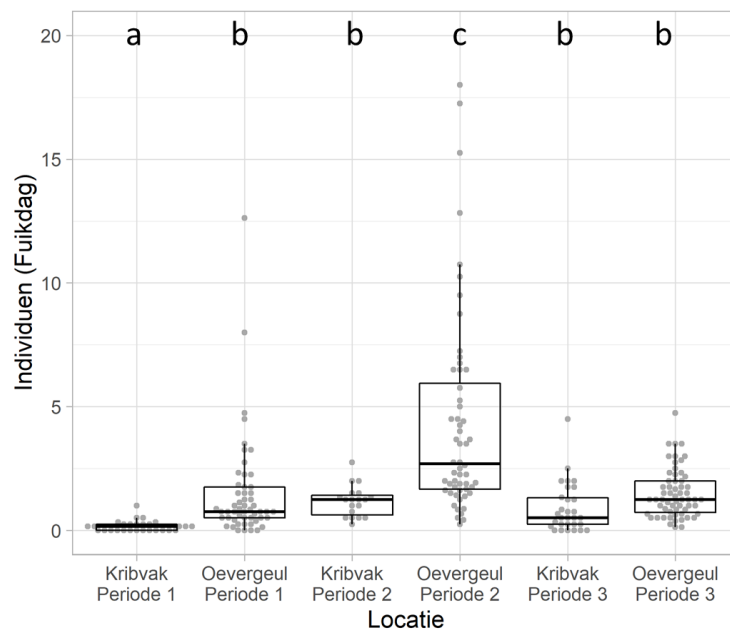
Interessanter is echter de vraag of er verschillen zijn in vangsten per fuikdag tussen de oevergeul bij Wamel en het referentie kribvak en of er invloed van de verandering van de drempel zichtbaar is in de verschillen. De vangst van alle vissoorten liet een significant interactie zien tussen locatie en jaar ($\chi^2 = 2,107$, $DF = 1$, P -waarde $< 0,05$; Figuur B2). In beide jaren was de vangst in de kribvakken significant lager dan in de oevergeul bij Wamel (P -waarde $< 0,001$ en $< 0,001$, respectievelijk). In 2019 was de vangst in de oevergeul significant hoger dan in 2017 (P -waarde $< 0,001$), terwijl dat in het kribvak niet het geval was.

Ook de vangsten per fuikdag van inheemse vis werd gekarakteriseerd middels een interactie tussen locatie en jaar ($\chi^2 = 2,610$, $DF = 1$, P -waarde $< 0,05$; Figuur B3). Zowel in 2017 en 2019 was het verschil tussen de oevergeul en het kribvak significant (P -waarde $< 0,001$ en $< 0,001$, respectievelijk) en ook hier was de vangst in de oevergeul bij Wamel in 2019 significant hoger dan in 2017, terwijl dat in het kribvak niet het geval was.

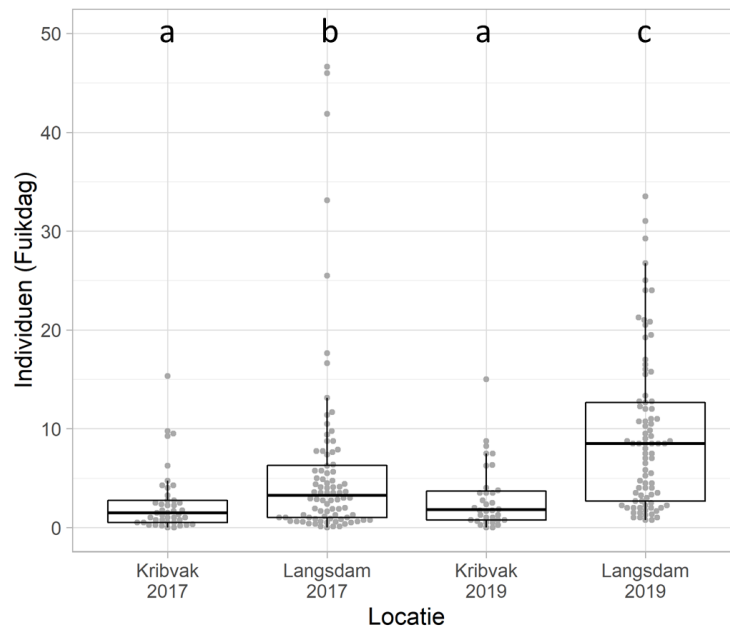


Figuur B2: Vangst per fuikdag van alle vis waargenomen tijdens fuikmonitoring in de jaren 2017 en 2019 in de oevergeul bij Wamel en een kribvak. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

De vangsten per fuikdag van uitheemse vis liet een interactie zien tussen locatie en periode ($\chi^2 = 24,857$, DF = 2, P-waarde < 0,001; Figuur B3). De vangst in periode 1 en in periode 2 verschilde significant tussen de oevergeul en het kribvak (P-waarde < 0,001 en < 0,01, respectievelijk). In periode 3 was er geen significant verschil tussen beide locaties (P-waarde = 0,40). Dit effect was hetzelfde in beide monitoringsjaren ($\chi^2 = 23,182$, DF = 1, P-waarde < 0,001).



Figuur B3: Vangst per fuikdag van uitheemse vis waargenomen tijdens fuikmonitoring in de jaren 2017 en 2019 in de oevergeul bij Wamel en een kribvak gedurende de drie monitorings perioden. Verschillende letters geven significante verschillen aan.



Figuur B4: Vangst per fuikdag van eurytope vis waargenomen tijdens fuikmonitoring in de jaren 2017 en 2019 in de oeversgeul Wamel oeversgeul en een kribvak. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Eurytope visvangst werd significant beïnvloed door monitoringsjaar en locatie ($\chi^2 = 2,611$, DF = 1, P-waarde < 0,05; Figuur B4). Zowel in 2017 en 2019 was er een significant verschil tussen het kribvak en de oeversgeul (P-waarde < 0,001 en < 0,001, respectievelijk). In het geval van eurytope vis werd er een significant effect van periode gevonden ($\chi^2 = 12,496$, DF = 2, P-waarde < 0,001). Het verschil tussen het kribvak en de oeversgeul was significant in de 2^e en 3^e monitoringsperiode (P-waarde < 0,001 en < 0,001, respectievelijk).

Bijlage 8: Elektrovisserij analyses

Dataset:

Elektrovisserij stenen langsdam Dreumel periode 2016-2018.

Soortenrijkdom

Tabel B1: Soortenrijkdom tijdens de elektrovisserij van de stortsteen van de Dreumel langsdam gedurende 2016.

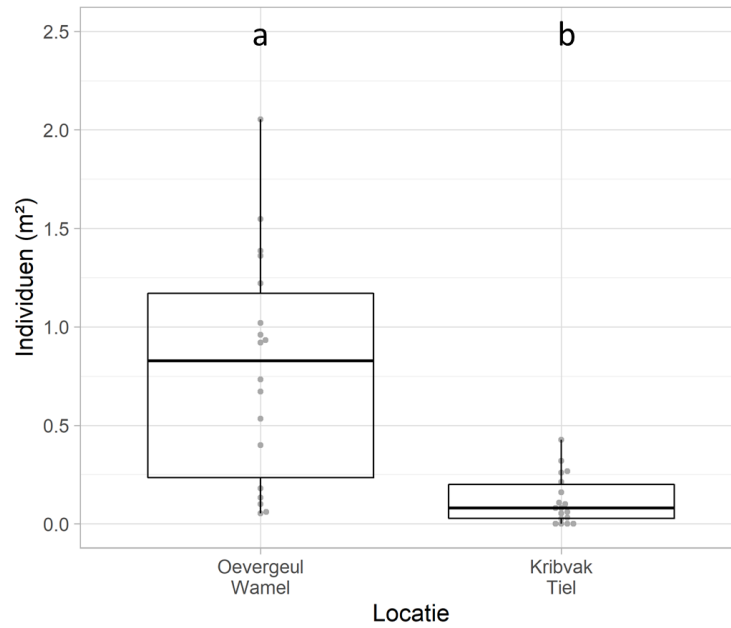
Gilde	2016	2017	2018
Reofiel	5	2	3
Eurytoop	7	6	7
Uitheems	2	3	2
Limnofiel	1	-	-

Dataset:

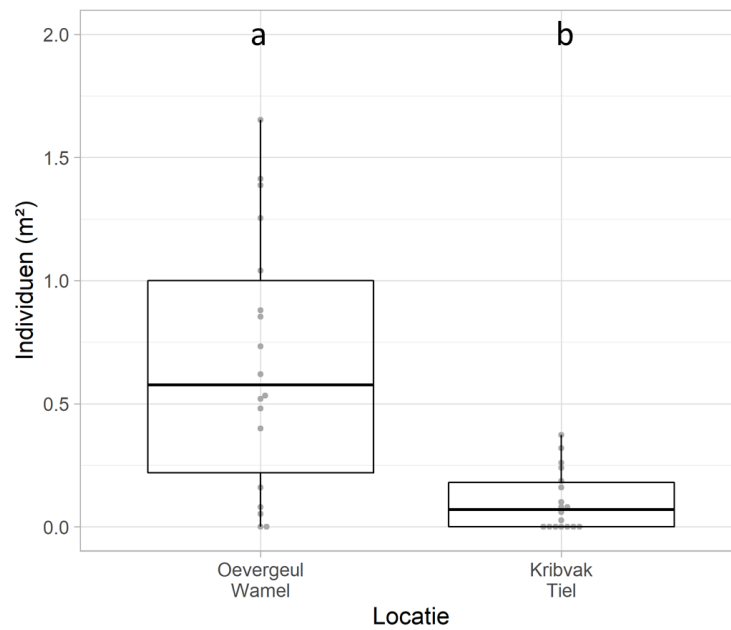
Elektrovisserij oeverzone oevergeul bij Wamel en kribvak Tiel gedurende meerdere maanden in 2017.

Dichtheden

De hoeveelheid gevangen vis door middel van de elektrovisserij in de oeverzone verschilde significant tussen locaties inheemse vis ($\chi^2 = 24,629$, DF = 1, P-waarde < 0,001; Figuur B1), reofiele vis ($\chi^2 = 14,622$, DF = 1, P-waarde < 0,001) en eurytope vis ($\chi^2 = 25,362$, DF = 1, P-waarde < 0,001; Figuur B2).



Figuur B1: Dichtheid van inheemse vis waargenomen tijdens elektrovisserij van stenen in de oeverzone in 2017 in de oevergeul bij Wamel en kribvakken bij Tiel gedurende drie monitoringsperioden. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

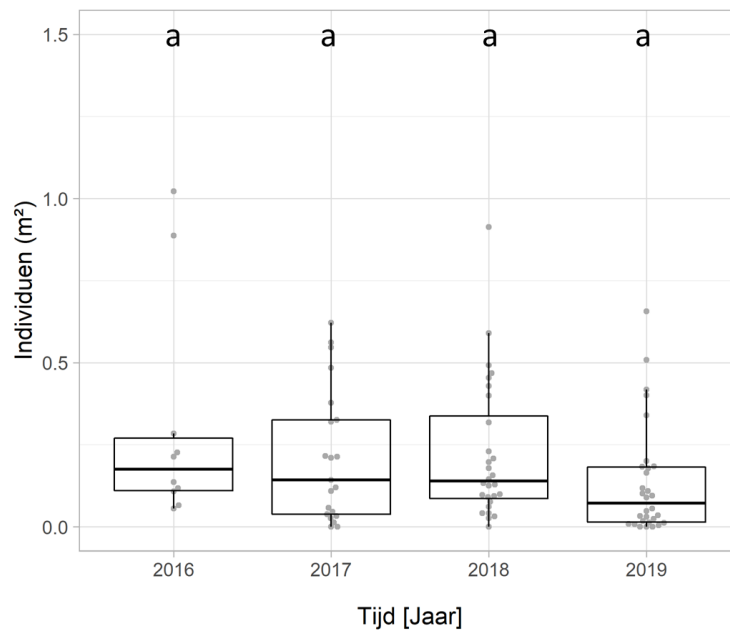


Figuur B2: Dichtheid van eurytope vis waargenomen tijdens elektrovisserij van stenen in de oeverzone in 2017 in de oevergeul bij Wamel en kribvakken bij Tiel gedurende drie monitoringsperioden. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

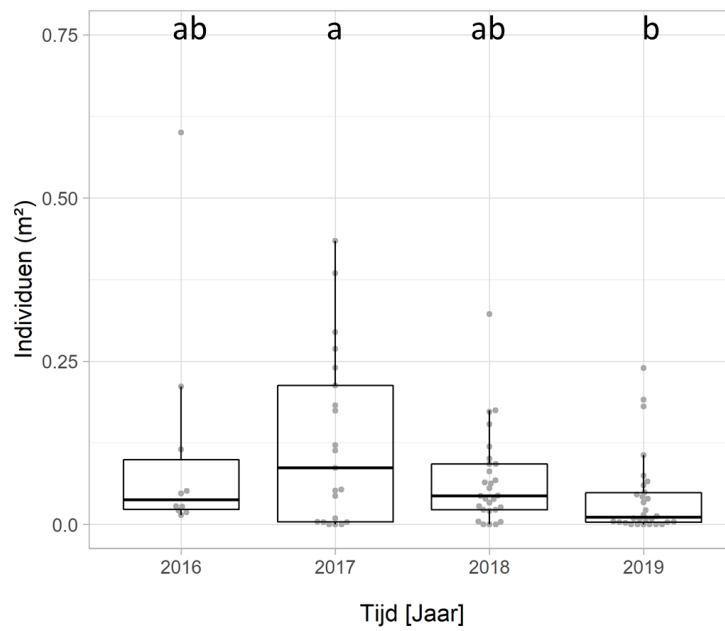
Dataset:

Elektrovisserij oevergeul bij Wamel en Dreumel gedurende de jaren 2016 – 2019.

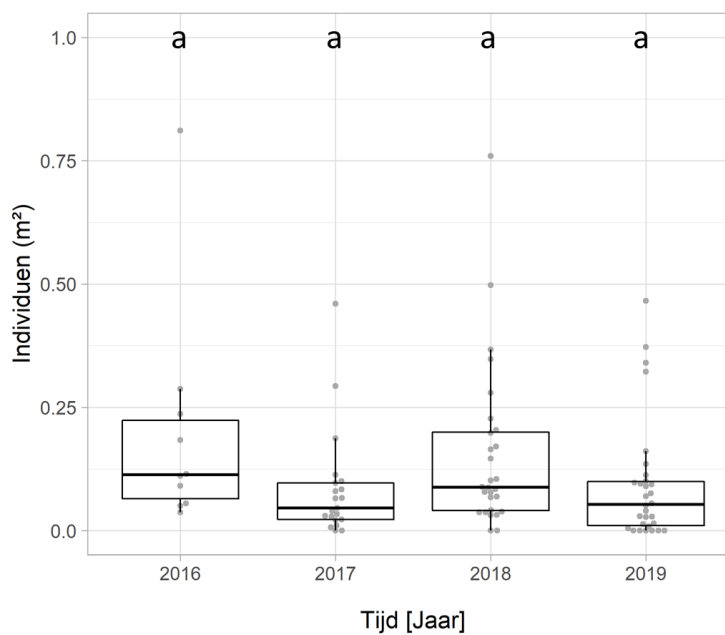
Dichtheden van inheemse vis, uitheemse vis en eurytope vis verschilden niet significant tussen jaren nog tussen oevergeulen (Figuur B3, B5, B6). Alleen betreffende reofiele vis werd een effect van bemonsterjaar waargenomen ($\chi^2 = 14.135$, DF = 3, P-waarde < 0.01; Figuur B4). In 2019 was de dichtheid van reofiele vis significant lager dan in 2017 (P-waarde < 0.01).



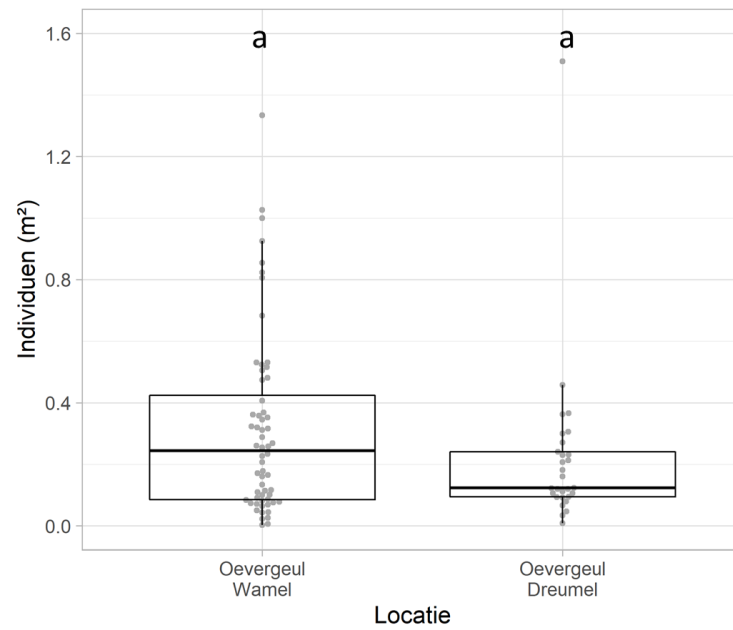
Figuur B3: Dichtheid van inheemse vis waargenomen tijdens elektrovisserij van de oevergeul bij Dreumel en Wamel gedurende 2016-2019. Verschillende letters geven significante verschillen aan.



Figuur B4: Dichtheid van reofiele vis waargenomen tijdens elektrovisserij van de oevergeul bij Dreumel en Wamel gedurende 2016-2019. Verschillende letters geven significante verschillen aan.



Figuur B5: Dichtheid van eurytope vis waargenomen tijdens elektrovisserij van de oevergeul bij Dreumel en Wamel gedurende 2016-2019. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

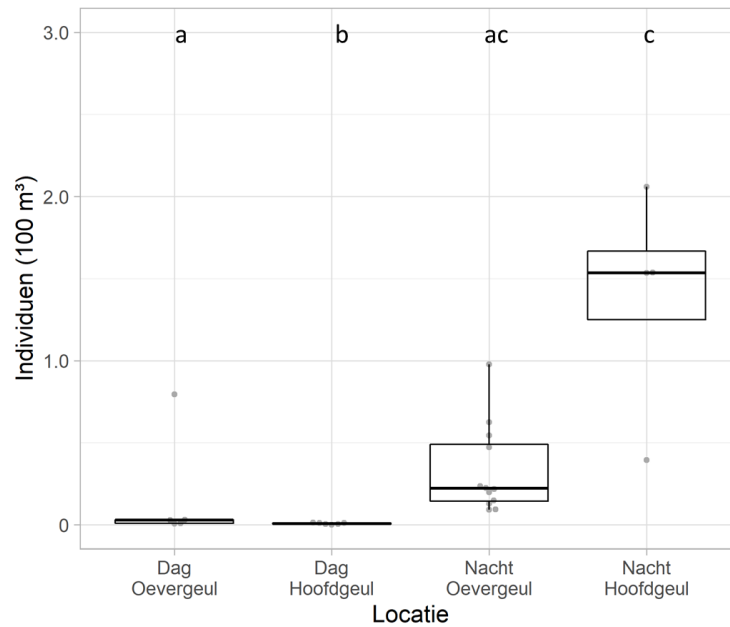


Figuur B6: Dichtheid van uitheemse vis waargenomen tijdens elektrovisserij van de oevergeul bij Dreumel en Wamel gedurende 2016-2019. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Bijlage 9 Ankerkuil visserij

Dataset:

Ankerkuil visserij 2019

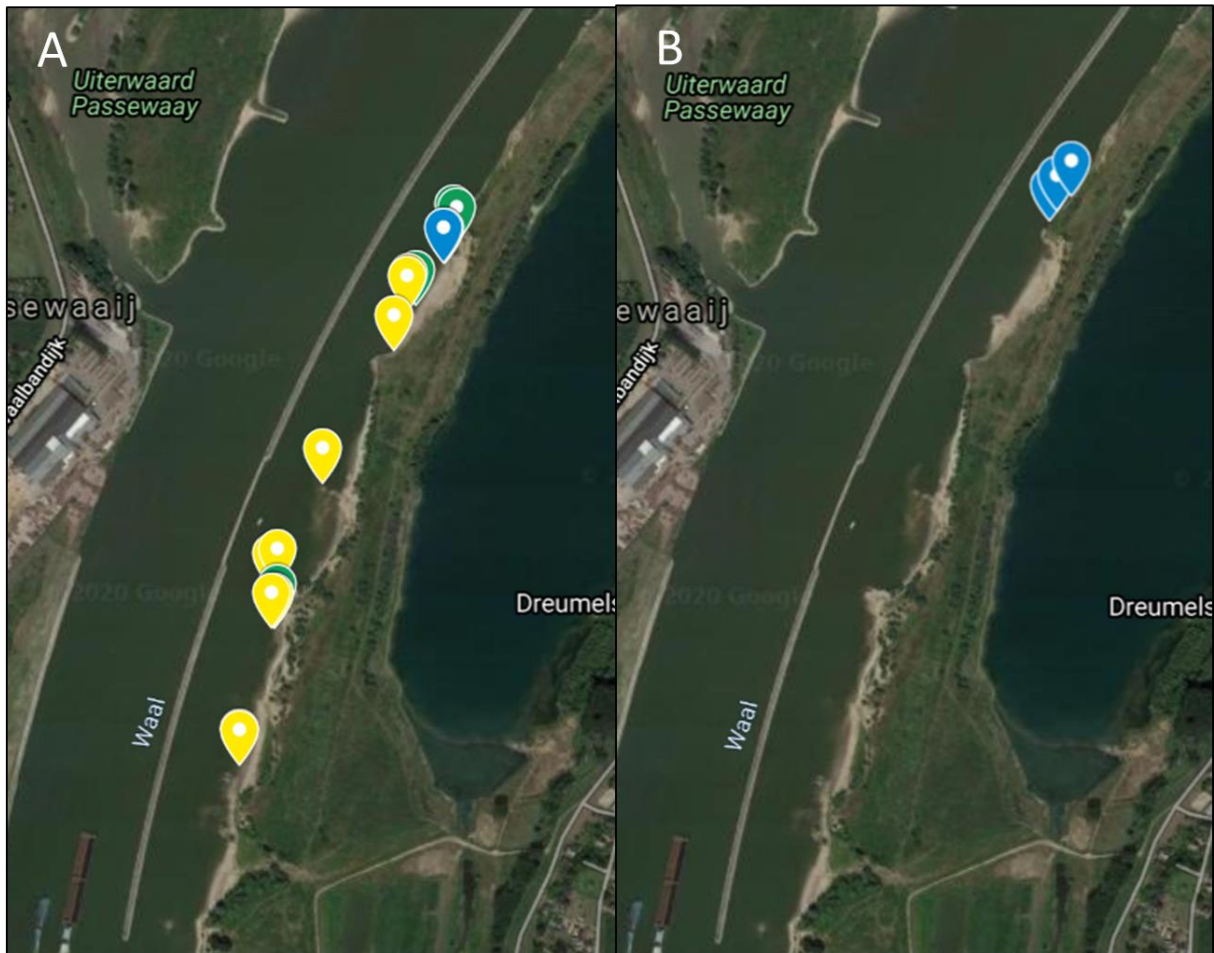


Figuur B1: Vangst van inheemse vis per 100 m³ tijdens ankerkuilmonitoring in oktober 2019 in de oevergeul bij Dreumel en in de hoofdgeul bij IJzendoorn. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Bijlage 10 Soortenrijkdom kribvakken*Tabel B1: Totaal waargenomen soortenrijkdom in kribvakken tijdens het visonderzoek in relatie tot de gebruikte vismethodiek.*

Soort	Monitoringstechniek			
	Broedzegen	Elektro	Fuik	Ankerkuil
Aal	x	x	x	x
Alver	x	x	x	x
Baars	x	x	x	x
Barbeel		x		x
Bittervoorn				
Blankvoorn	x	x	x	x
Blauwneus	x			
Bot	x	x	x	
Brasem	x	x	x	x
Diklipharder	x			
Donau brasem				
Driedoornige stekelbaars	x			x
Elft				
Giebel				
Houting				
Karper				x
Kesslergrondel	x	x	x	
Kleine modderkruiper				
Kolblei	x		x	
Kopvoorn				
Marm grondel				
Meerval			x	
Pontische stroomgrondel	x	x	x	
Pos	x		x	
Rietvoorn				
Rivierdonderpad				
Rivierprik				x
Roofblei	x	x	x	x
Serpeling	x	x		
Sneep	x			x
Snoek				x
Snoekbaars	x	x	x	x
Vetje	x			
Winde	x	x	x	x
Witvinggrondel	x			x
Zalm				x
Zeeforel				x
Zeeprik				
Zwartbekgrondel	x	x	x	x
Aantal soorten:	21	14	15	18
Aantal unieke soorten:	3	0	1	5
Totaal aantal soorten:	28			

Bijlage 11: Voorkomen van waterplanten



Figuur B1: Overzicht van waargenomen waterplanten en mossen in (A) 2019 en (B) 2016 in de oevergeul bij Dreumel. Waargenomen soorten zijn: gewoon bronmos (geel), grof hoornblad (groen) en veenwortel (blauw).



Figuur B2: Overzicht van waargenomen waterplanten en mossen in 2019 in (A) de oevergeul bij Ophemert en (B) een drietal kribvakken bij Heerewaarden. Waargenomen soorten zijn: gewoon bronmos (geel), grof hoornblad (groen) en riet (paars).



Figuur B3: Laag draadalgen die het substraat bedekt in de oevertgeul bij Wamel in 2019 (Foto: F. Collas).