



Onderzoek macrofauna en zoöplankton Koopmanspolder 2021-2022

Lara M. Schuijt en Jeroen A. Veraart

Onderzoek macrofauna en zoöplankton Koopmanspolder 2021-2022

Lara M. Schuijt en Jeroen A. Veraart

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en maakte deel uit van het project 'Werken met Waterlandschappen', dat gesubsidieerd is door het Topconsortium Kennis en Innovatie (TKI), het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en gefinancierd is door de Provincie Noord-Holland (projectnummer BO-65-003-001 en LWV20.192).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, januari 2024

Gereviewd door:
Ralf Verdonchot (WUR)

Akkoord voor publicatie:
Karin Andeweg, teamleider van Water and Food

Rapport 3321
ISSN 1566-7197

Dit rapport beschrijft onderzoek dat verricht is bij de Koopmanspolder bij Andijk naar de macrofauna- en zoöplanktonsoortensamenstelling. Het onderzoek is uitgevoerd in vijf typen oeverzones, waaronder de IJsselmeerkust, de oever van de Zwemkom, een strang in de Vooroever, het slotenstelsel van de achteroever en de overstromingsvlakte van de achteroever. De macrofauna- en zoöplanktongemeenschappen bleken sterk te verschillen tussen de IJsselmeerkust en de achteroever. Terwijl aan de IJsselmeerkust en in de Zwemkom soorten voorkomen die karakteristiek zijn voor een merensysteem, werden in de achteroever gemeenschappen gevonden die horen bij een slotensysteem. Deze verschillen in gemeenschappen laat zien dat er weinig connectiviteit en uitwisseling is tussen de achteroever en het IJsselmeer. De bemonsterde vooroeverstrang daarentegen staat wel in verbinding met het IJsselmeer en laat een duidelijke gradiënt zien van verschillende gemeenschappen. Al met al laat het onderzoek zien dat 'zachte' land-waterovergangen (zoals de vooroeverstrang en de achteroever) bijdragen aan habitatheterogeniteit en het verhogen van biodiversiteit. De connectiviteit van de achteroever met het IJsselmeer kan echter nog verbeterd worden.

Trefwoorden: achteroever, vooroever, IJsselmeerkust, macrofauna, zoöplankton

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/645529> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2024 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Inhoud

Verantwoording	5
Woord van dank	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Vraag en doelstelling	11
2 Methode	13
2.1 Gebiedsbeschrijving	13
2.1.1 De Koopmanspolder en de IJsselmeerkust	13
2.1.2 Onderzoekslocaties	14
2.2 Monsterverzameling en -bewerking	15
2.2.1 Macrofauna	15
2.2.2 Zoöplankton	16
2.2.3 Habitat	16
2.2.4 Visonderzoek	16
2.3 Analyses	16
3 Resultaten	18
3.1 Abiotische kenmerken van de monsterlocaties	18
3.1.1 Fysisch-chemische waterkwaliteit	18
3.1.2 Bodemsubstraat en vegetatie	20
3.2 Macrofauna	20
3.2.1 Macrofauna abundantie en diversiteit per monsterlocatie	20
3.2.2 Macrofaunagemeenschappen in relatie met monsterlocaties en velddata	23
3.3 Zoöplankton	26
3.3.1 Abundantie en diversiteit per monsterlocatie	26
3.3.2 Zoöplanktongemeenschappen in relatie met monsterlocaties en velddata	28
4 Discussie	31
4.1 Abiotische verschillen tussen de typen oeverzones	31
4.2 Macrofauna- en zoöplanktonsoortensamenstelling, diversiteit en verspreiding	31
4.2.1 De IJsselmeerkust	31
4.2.2 De vooroeverstrang	32
4.2.3 De achteroever	32
4.3 Connectiviteit met IJsselmeer	32
4.4 Macrofauna en zoöplankton als voedsel voor vissen	33
4.5 Het verbeteren van oevers in de toekomst	34
5 Conclusies	35
6 Aanbevelingen	36
Literatuur	37
Bijlage 1 Stageopdracht visbroed- en zoöplanktonmonitoring	39
Bijlage 2 Gemeten pH-waardes in de vijf verschillende oevertypes	41
Bijlage 3 Vegetatie- en substraatbedekking in de vijf verschillende oevertypes	42
Bijlage 4 Dieet van de vislarven en juveniele vissen in de Koopmanspolder	44



Verantwoording

Rapport: 3321

Projectnummer: BO-65-003-001 en LWV20.192

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Senior onderzoeker zoetwaterecologie Wageningen Environmental Research

naam: dr. R.C.M. Verdonschot

datum: 18-12-2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Karin Andeweg

datum: 4-1-2024

Woord van dank

Aan het veld- en laboratoriumwerk dat ten grondslag ligt aan dit rapport hebben Anne-Marie van Noord, Shannen Dill, Marie-Claire Boerwinkel en Dian Oosterhuis van Wageningen Environmental Research bijgedragen. Het veldwerk is in samenwerking met Sportvisserij Nederland uitgevoerd, waarbij er aanvullende vismonitoring heeft plaatsgevonden. Dank gaat uit naar o.a. Jaap Quak, Gerard van der Laak, Roland van Aalderen, Jan Kamman en Willy van Emmerik van Sportvisserij Nederland. Verder willen wij Remko van Ek en Roel Doef bedanken voor hun bijdrage bij de opzet van het onderzoek, het interpreteren van de resultaten en de organisatie van de vele bezoeken aan de Koopmanspolder, waarbij we altijd welkom waren in het huis van Roel Doef. Het onderzoek maakte deel uit van het project 'Werken met Waterlandschappen', gesubsidieerd via een TKI-subsidie, het Ministerie van LNV en gefinancierd is door de Provincie Noord-Holland (projectnummer BO-65-003-001 en LWV20.192).

Samenvatting

In het IJsselmeergebied ontbreken oeverzones waarbij er een geleidelijke overgang is van water naar land vrijwel volledig, wat onder andere komt door inpoldering en bedijking. Deze geleidelijke overgangen zorgen echter voor specifieke milieuoedities en zijn van belang voor de natuur en biodiversiteit, doordat ze door verschillende planten en dieren als leefgebied worden gebruikt. Om meer oeverzones met geleidelijke land-waterovergangen te creëren, zijn in het IJsselmeergebied vooroevers en achteroevers aangelegd. Vooroevers hebben een geleidelijke overgang van water naar land buiten de dijk, terwijl achteroevers waterrijke gebieden achter de dijk zijn, die via een gemaal verbonden zijn met het IJsselmeer. Het doel van deze studie is te onderzoeken hoe de vooroever bij Andijk en de achteroever bij de Koopmanspolder kunnen bijdragen aan het ecologisch functioneren van het watersysteem en de biodiversiteit van zoöplankton en macrofauna.

Het watersysteem in het onderzoeksgebied is ingedeeld in vijf typen oeverzones: de IJsselmeerkust, de oever van de Zwemkom, de vooroeverstrang, het slotensstelsel van de achteroever en de overstromingsvlakte van de achteroever. Om een beeld te krijgen van de huidige diversiteit en soortensamenstelling van de verschillende typen oeverzones, zijn op twee momenten macrofauna- en zoöplanktonbemonsteringen uitgevoerd, in het najaar van 2021 en in het voorjaar van 2022. Daarnaast zijn ook fysisch-chemische waterparameters gemeten en is er een beschrijving gemaakt van de substraat- en vegetatiesamenstelling.

Uit de fysisch-chemische waterparameters blijkt dat de elektrische geleidbaarheid (indicatie voor het zoutgehalte) in de achteroever erg hoog is, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door relatief zoute kwel. Ook is de watertemperatuur in de achteroever hoger in het voorjaar vergeleken met de vooroever en de IJsselmeerkust, wat gunstig zou kunnen zijn voor de zoöplanktonproductiviteit.

De macrofauna- en zoöplanktongemeenschappen verschillen tussen de achteroever en het IJsselmeer. Terwijl de achteroever zoöplankton- en macrofaunagemeenschappen bevat die horen bij een slotensysteem met veel waterplanten en een bodem van organisch materiaal, bevatten de monsters van de IJsselmeerkust en de Zwemkom gemeenschappen die passen bij de golfslagzone van een meersysteem, met veel open water met weinig waterplanten en een mineraal substraat. Het zijn twee verschillende leefmilieus zonder geleidelijke overgangen; connectiviteit en uitwisseling lijken gering. De vooroeverstrang staat wel in verbinding met het IJsselmeer. Daar is een duidelijke gradiënt te zien in de samenstelling van de levensgemeenschappen van een IJsselmeerkustgemeenschap naar een gemeenschap die overeenkomsten heeft met de meer biodiverse gemeenschap van de achteroever.

Het onderzoek laat hiermee zien dat 'zachte' land-waterovergangen, waarbij er in verhouding veel oeverhabitat is ten opzichte van open water, sterk bijdragen aan de habitatheterogeniteit en het verhogen van de biodiversiteit. Omdat er in dit onderzoek geen metingen zijn gedaan voor en na uitvoering van de inrichtingsmaatregelen is het op basis van de data in dit rapport alleen mogelijk hypothetische aanbevelingen te geven voor het verbeteren van de oevers. In theorie zou de combinatie van een vooroever die geleidelijke land-water-overgangen bevat (bijvoorbeeld via een strang) met een achteroever het meeste ecologische winst opleveren, zowel in termen van habitatheterogeniteit als biodiversiteit. Voor vissen is een hoge macrofauna en zoöplankton biodiversiteit van essentieel belang, zodat er voor verschillende vissoorten en levensstadia het geschikte voedsel aanwezig is.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het IJsselmeer kent maar weinig 'zachte' land-waterovergangen, wat onder andere komt door de vele inpolderingen en de bedijking ten behoeve van de peilregulatie en waterveiligheid. Oeverzones waarbij het land geleidelijk overgaat in het meer met de bijbehorende droog-nat-gradiënt en vegetatiezonering ontbreken daardoor grotendeels in het IJsselmeergebied. Deze overgangen zijn echter belangrijk voor de natuur en biodiversiteit, omdat ze specifieke milieuocondities bieden die als leefgebied worden gebruikt voor dieren en planten (o.a. vogels, macrofauna) en plekken bieden waar vissen kunnen paaien. Om een groter areaal van deze oeverzones te realiseren, zijn in het IJsselmeer vooroevers en achteroevers aangelegd (Consulentschap NMF Noord-Holland, 1990; Rijkswaterstaat 2020). De eerste plannen voor de aanleg van een vooroever van Andijk werden eind jaren tachtig van de vorige eeuw al gemaakt (LNV, 1990).

Vooroevers zijn brede zones aan de buitenzijde van de dijk waarbij er een geleidelijke overgang is van water naar land (Remmelzwaal et al., 2017). Door hun functie als golvenbrekers dragen vooroevers bij aan waterveiligheid (Van Ek, 2016) en daarnaast kunnen zich, met name in de luwte van de structuur, verschillende ecotopen of habitattypen en gradiënten in abiotische omstandigheden ontwikkelen, zoals rietmoeras en ondiep water met waterplanten. Achteroevers zijn daarentegen waterrijke gebieden achter de dijk (of gelegen achter een kade) die via een gemaal (bijv. buisvijzel) verbonden zijn met het watersysteem van het IJsselmeer, zodat er water in- en uitgelaten kan worden (Van Ek et al., 2017; Doef en Van Ek, 2021). Hierdoor kan er een eigen (natuurlijk) peilbeheer bewerkstelligd worden in de achteroever, wat kansen biedt voor onder andere waterberging en de natuur (Remmelzwaal et al., 2017).

Dit achteroever-concept werd in Nederland voor het eerst uitgewerkt en uitgevoerd in de Koopmanspolder bij Andijk in de provincie Noord-Holland. De focus van dit project lag op het stimuleren van de natuur, recreatie en indirect de sportvisserij (opgroeiplek voor vis, maar geen officieel sportviswater (pers. med. Roland van Aalderen)). De achteroever in de Koopmanspolder werd in 2012 aangelegd in een gebied dat eerder verpacht werd als weidegrond (Van Ek et al., 2017). De bedoeling is dat de Koopmanspolder door flexibel peilbeheer fungeert als 'zachte' overgangszone met moeras en natte graslanden tussen het IJsselmeer en de binnendijkse agrarische polders. Het huidige monitoringsprogramma in het gebied richt zich op hoe de flora en fauna zich in de Koopmanspolder ontwikkelen en of vissen de polder gebruiken als paaiplaats (Van Ek, 2016; Van Ek, 2020; Van Ek, 2023; Van Emmerik & De Laak, 2017; Kleppe, 2021; Soesbergen, 2018).

Dit rapport is onderdeel van het TKI (Topconsortium Kennis en Innovatie; subsidie van het Rijk) project 'Werken met Waterlandschappen' (www.waterlandschappen.nl). Het overkoepelende doel van dit project is om de regionale economie te verbinden met de natuurlijke dynamiek die hoort bij de grote wateren en aanpalende gebieden. Voor de biodiversiteit is het van belang om land- en waternatuur daarbij in samenhang te beschouwen. Productieve en diverse ecosystemen zijn van meerwaarde voor de mensen die leven en werken rondom de grote wateren. De Koopmanspolder is binnen dit project gekozen als 'Living lab', waar wordt gekeken naar bestaande gebiedsprocessen op plekken met land-water-overgangen.

1.2 Vraag en doelstelling

Vanuit het project 'Werken met Waterlandschappen' staan de volgende kennisvragen centraal:

- Wat kunnen achteroevers betekenen voor het robuust functioneren van de meersystemen in het IJsselmeergebied in termen van (voedsel)productie (waterplanten, invertebraten, vis) voor de soorten (vis, vogels) op hoger trofisch niveau die rondom het IJsselmeer en Markermeer leven en de (sport)visserij?
- Welke ontwerpprincipes zijn te optimaliseren om het concept op te schalen (in hectares) in het IJsselmeergebied, rekening houdend met verschillen in lokale omstandigheden?

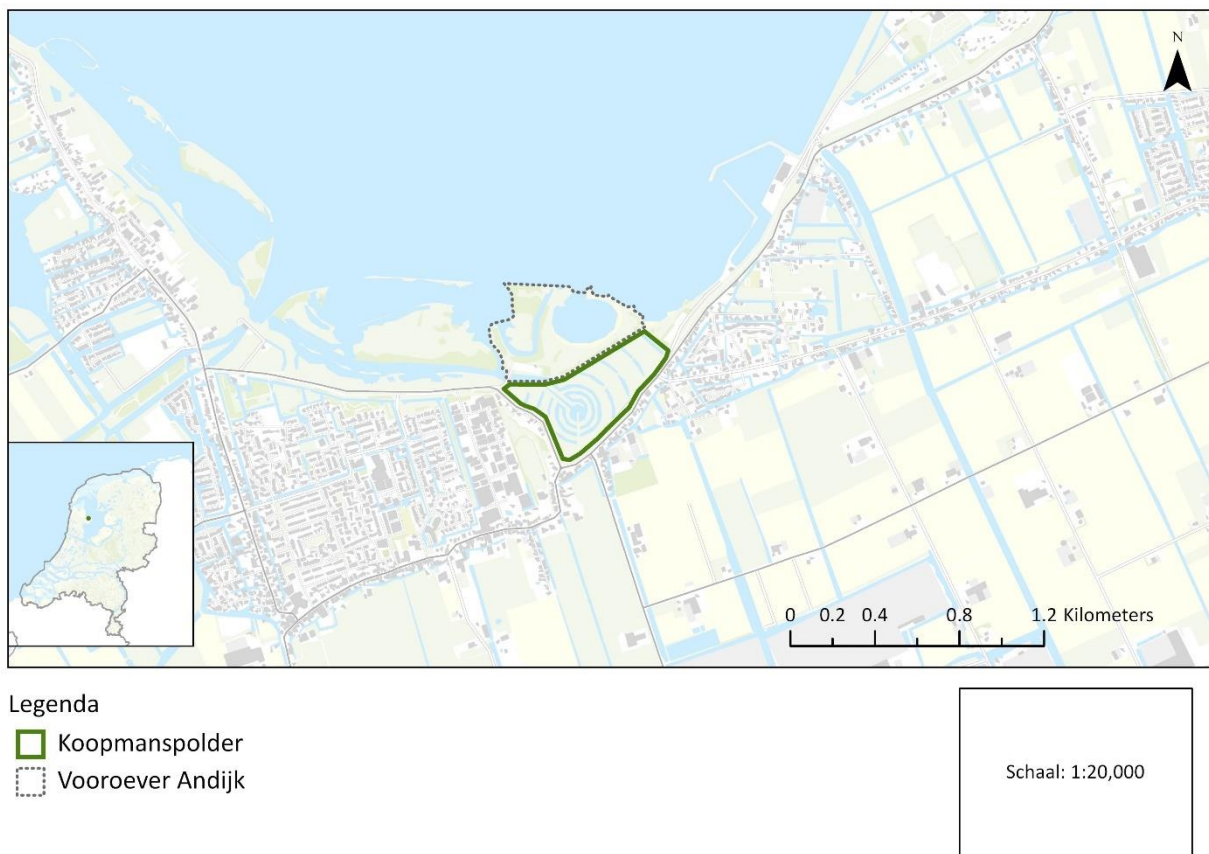
Het doel van dit rapport is om aan deze kennisvragen bij te dragen door specifiek naar de macrofauna en zoöplankton te kijken in de achteroever van de Koopmanspolder bij Andijk en dit te vergelijken met de vooroever en de oever van het IJsselmeer op dezelfde locatie. Macrofauna- en zoöplanktonbemonsteringen, uitgevoerd in het najaar van 2021 en in het voorjaar van 2022, worden gebruikt om een beeld te krijgen van de huidige diversiteit en soortsaamenstelling in de verschillende typen oeverzones en gradiënten binnen de oeverzones.

2 Methode

2.1 Gebiedsbeschrijving

2.1.1 De Koopmanspolder en de IJsselmeerkust

De Koopmanspolder ligt in Noord-Holland tussen de dorpen Wervershoof en Andijk en heeft een oppervlakte van circa 16 hectare (Figuur 1). Bij het inrichten van de Koopmanspolder heeft de provincie Noord-Holland een landschapskunstenaar gevraagd een ontwerp te maken waarbij grondafvoer niet nodig zou zijn, wat resulteerde in ringvormige sloten in de polder (Van Ek et al., 2017). Vervolgens is op verzoek van Rijkswaterstaat een verbinding gemaakt tussen de Koopmanspolder en het IJsselmeer via een inlaatconstructie en een visvriendelijke buisvijzel. Doordat de polder ongeveer 1,5 meter lager dan het IJsselmeerpeil ligt, kan onder vrij verval IJsselmeerwater de polder in stromen. Met de visvriendelijke buisvijzel wordt het water weer teruggepompt naar het IJsselmeer zonder vissen te beschadigen. Ook kan de verbinding met het IJsselmeer volledig afgesloten worden om het water alleen in de polder te laten circuleren (Van Ek, 2016).



Figuur 1 Overzichtskartaal van de Koopmanspolder als onderdeel van de Noord-Hollandse IJsselmeerkust.

Na de afronding van de inrichting van de Koopmanspolder in 2012 zijn er verschillende proeven met het instellen van het waterpeil uitgevoerd. In 2014 werd gestreefd naar vernatting met een hoog winterpeil, waarna gedurende de zomer het waterpeil natuurlijk kon uitzakken. In 2015 werd een droogtesituatie gesimuleerd, met een extreem laag peil in de zomer. In 2016 werd juist een wateroverlastsituatie gesimuleerd, met een extreem hoog peil dat voor korte tijd werd gehandhaafd in het vroege voorjaar (Van Ek, 2016).

Vanaf 2017 wordt er een natuurlijk waterpeilregime in de Koopmanspolder gehanteerd, met inundatie in het voorjaar (gericht op gunstige paaicondities voor vis) en met plas-drascondities in de zomer. Als we specifiek kijken naar de jaren 2021 en 2022, omdat in deze jaren de bemonsteringen plaatsvonden in dit rapport, dan begon in 2021 de voorjaarsinundatie al in januari en eindigde in juni. Dit betekende een waterpeil van circa -1,0 meter NAP in februari dat geleidelijk uitzakte naar circa -1,4 meter NAP in het najaar, met een korte drogere situatie (-1,6 meter NAP) eind augustus/begin september in verband met het maaien van de vegetatie in de polder (Van Ek, 2023). In 2022 is er gekozen voor een langere voorjaarsinundatie, die begon begin februari en doorliep tot en met juli (Van Ek, 2023).

Direct naast de Koopmanspolder zijn verschillende vooroevers te vinden, waaronder 'De Vooroever', een baai en de oorspronkelijke IJsselmeerkust (zie Figuur 1). De baai, 'De Zwemkom' genoemd, is een baai met ondiep stilstaand water met een smalle opening naar het IJsselmeer. In de Zwemkom blijft relatief veel slib achter en in de zomer komt er vaak blauwalgbloei tot ontwikkeling. 'De Vooroever' is een recreatie- en natuurgebied van circa 144 hectare langs de IJsselmeerkust tussen Medemblik en Andijk. Van recreatiegebied Nesbos tot aan de Koopmanspolder is het gebied ingericht als een natuurgebied (Smit & Vos, 2011). De bemonsterde strang in de vooroever (zie Figuur 2) maakt deel uit van het natuurgebied in 'De Vooroever'. Omdat alle vooroevers (inclusief de vooroeverstrang, de Zwemkom en de IJsselmeerkust) buitendijks liggen, volgen ze het tegennatuurlijke waterpeil van het IJsselmeer.

2.1.2 Onderzoekslocaties

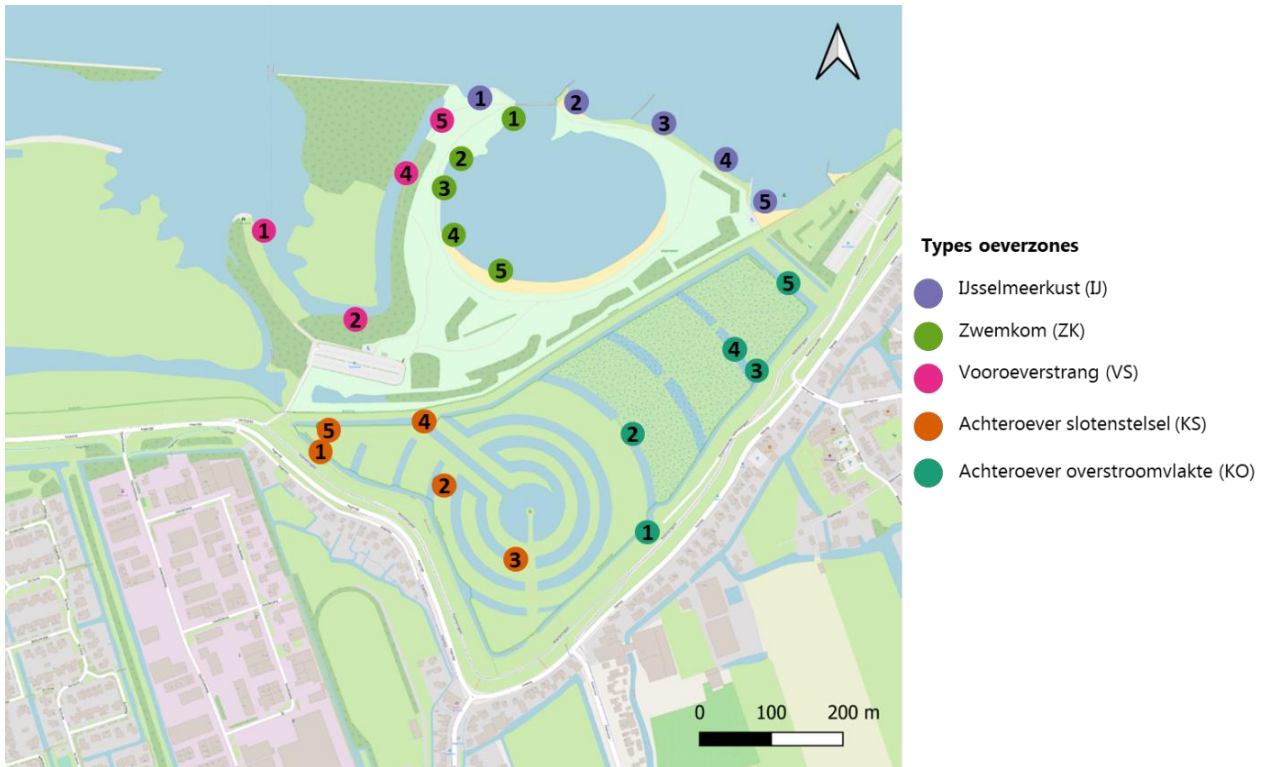
Het watersysteem in het onderzoeksgebied bevat vijf typen oeverzones (Figuur 2):

- De IJsselmeerkust (IJ),
- Oever van de Zwemkom (ZK),
- Strang in de Vooroever (VS),
- Slotenstelsel van de achteroever (KS)
- Overstromingsvlakte van de achteroever (KO).



Figuur 2 Foto's van de vijf verschillende typen oeverzones in het onderzoeksgebied: de IJsselmeerkust (A), de oever van de Zwemkom (B), de strang in de Vooroever (C), het slotenstelsel van de achteroever (D) en de overstromingsvlakte van de achteroever (E).

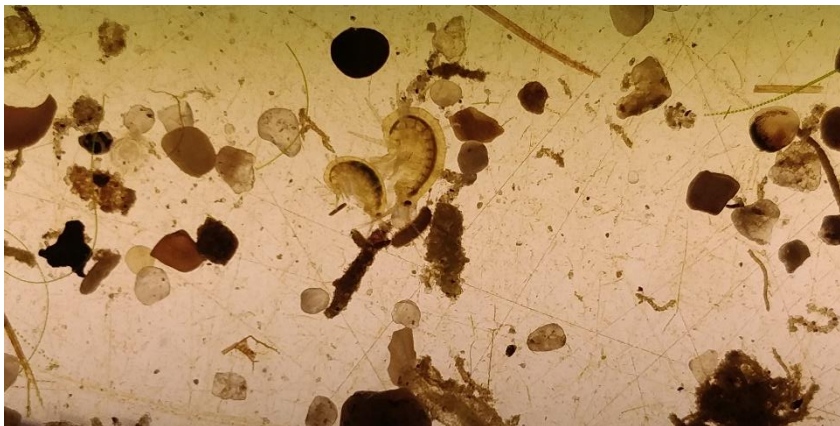
Om iets te kunnen zeggen over abundantie en diversiteit van macrofauna en zoöplankton in de verschillende oeverzones, zijn er voor elke oeverzone 5 locaties bemonsterd, met uitzondering van de vooroeverstrang, waar vanwege de bereikbaarheid slechts 4 locaties bemonsterd konden worden. Dit resulteerde in een totaal van 24 monsterlocaties (Figuur 3).



Figuur 3 Macrofauna- en zoöplanktonmonsterlocaties in de achteroever, vooroever en langs de IJsselmeerkust bij de Koopmanspolder. Per oevertype zijn 5 verschillende locaties (1-5) bemonsterd, met uitzondering van de vooroeverstrang, waar monsterlocatie 3 onbereikbaar bleek en daardoor ontbreekt.

2.2 Monsterverzameling en -bewerking

In het onderzoeksgebied werden twee bemonsteringen uitgevoerd: de eerste keer in het najaar van 2021 (begin oktober) en de tweede keer in het voorjaar van 2022 (begin april).



Figuur 4 Detailopname van een macrofaunamonster in het laboratorium waarop vlokreeften en erwtmosselen zichtbaar zijn.

2.2.1 Macrofauna

Per monsterlocatie werd een traject van 10 meter oeverlengte geselecteerd. Hierbinnen werd drie keer een halve meter substraat/vegetatie geschept met een standaard-macrofaunanet (1 mm maaswijdte) naar rato van de aanwezigheid van de belangrijkste substraten (zie habitatbeschrijving). De drie scheppen met het net

werden als één monster in een monsteremmer levend meegenomen naar het laboratorium en koel bewaard tot verdere verwerking.

In het laboratorium werden de macrofaunamonsters levend uitgezocht en gedetermineerd. Er is gekozen voor een quickscan-benadering, waarbij de exemplaren niet altijd tot het laagste taxonomisch niveau (soort) werden gedetermineerd.

2.2.2 Zoöplankton

De zoöplanktonbemonstering is alleen gericht op meso- en macrozoöplankton, omdat deze twee groepen met een net kwantitatief bemonsterd kunnen worden. Per monsterlocatie werd een planktonnet (30 cm diameter, 250 µm maaswijdte) met een vloeiende beweging door het midden van de waterkolom bewogen op minimaal 20 cm boven de bodem (in verband met opwervelend materiaal) over een traject van 5 meter. Aan het uiteinde van het planktonnet is een monsterpotje bevestigd waarin het zoöplankton en wat water verzameld werd. Vervolgens werd dit in het veld in een nieuwe monsterpot (200 ml) geconserveerd in 95% ethanol en koel bewaard tot analyse in het laboratorium.

In het lab werd het gefixeerde meso- en macrozoöplankton geïdentificeerd. Hierbij is weer een combinatie van verschillende taxonomische niveaus (groep, genus en soort) gebruikt.

In aanvulling op de bemonstering van zoöplankton in het najaar van 2021 en voorjaar van 2022 is er in de zomer van 2022 ook kleiner zoöplankton en visbroed bemonsterd (Oosterhuis, 2022). Een samenvatting en soort(groepen)lijst van dit onderzoek is terug te vinden in Bijlage 1. Dit onderzoek is in de data-analyse verder niet gebruikt, maar wel bij de reflectie op de resultaten.

2.2.3 Habitat

Per monsterlocatie werd – naast de bemonstering van biologie (macrofauna en zoöplankton) – ook een beschrijving gemaakt van abiotische kenmerken van de locatie, waaronder: landschappelijke ligging, substraatsamenstelling, vegetatiesamenstelling, fysisch-chemische waterparameters en diepte.

2.2.4 Visonderzoek

In de zomer van 2022 is ook visbroed bemonsterd in de Koopmanspolder, waarvan een samenvatting terug te vinden is in Bijlage 1. De Vooroeversrang en de Zwemkom zijn in 2021 bemonsterd door Sportvisserij Nederland (Van der Laak & Quak, 2022) en de achteroevers in 2017 door Sportvisserij Nederland (Van Emmerik & De Laak, 2017) en in 2020/2021 door ATKB (Kleppe, 2021). De resultaten van de visonderzoeken zijn in de analyse niet gebruikt, maar wel bij de interpretatie van de resultaten van deze studie.

2.3 Analyses

Voor de analyse van de macrofauna is het van belang om de oorspronkelijke taxa die tijdens het determineren zijn vastgesteld, taxonomisch op elkaar af te stemmen. Hiervoor is voor elk taxon de totale abundantie berekend en in hoeveel van de monsters het voorkomt. Deze totale abundantie en frequentie in monsters ondersteunden vervolgens de beslissingen die genomen zijn bij de taxonomische afstemming op basis van de volgende criteria:

- Afstemming vindt plaats op een zo laag mogelijk niveau, bij voorkeur op soortniveau.
- Het genus is verwijderd als deze, op een paar uitzonderingen na, is gedetermineerd tot op soortniveau, waardoor de soorten worden gehandhaafd. Als dit echter niet het geval is en de frequentie waarmee het genus voorkomt hoog is en niet een paar uitzonderingen betreft, dan is gekeken naar de indicatieve waarde van het genus als geheel en naar de indicatieve waarde van de taxa afzonderlijk. Indien er tussen de soorten onderling duidelijk ecologische verschillen zijn, dan is voor de soort gekozen en het genus verwijderd. Is echter het genus op zich al indicatief en lijken de soorten binnen het genus op elkaar wat betreft de ecologie, dan is gekozen voor het genus. Deze afweging is voor elk genus en soort gemaakt.

-
- Er is geen onderscheid gemaakt tussen mannetjes, vrouwtjes, poppen, larven, juvenielen en nymfen, maar deze zijn samengevoegd onder de soort.
 - Terrestrische organismen, groepen organismen die niet representatief zijn bemonsterd en de tot de niet gangbare macrofauna gerekende groepen, zoals Hydrozoa, Porifera, Bryozoa, Nematoda en Collembola, zijn verwijderd.

Macrofauna- en zoöplanktonbiodiversiteit werden berekend met behulp van het package `vegan` in R (versie 4.2.1). Hiermee hebben we de totale abundantie, de Shannons diversiteitsindex (H' ; biodiversity functie) en de taxa-rijkdom (S ; het aantal taxonomische groepen met behulp van de `specnumber` functie) berekend. De Shannons diversiteitsindex wordt berekend met de volgende formule:

$$H = \sum p_i \times \ln(p_i)$$

Hierbij is p_i het relatieve aandeel dat soort i uitmaakt van de totale abundantie van alle aanwezige soorten. Een maximale Shannons diversiteitsindex wordt dus bereikt als elke soort uit evenveel individuen bestaat.

De Shannons diversiteitsindex geeft een indruk van de biodiversiteit van verschillende trofische niveaus in het aquatische ecosysteem, in aanvulling op de soortenrijkdom en is in dit rapport toegepast op macrofauna en zoöplankton. Deze waardes kunnen vergeleken worden met andere watersystemen (De Vries et al., 2023). Met de gebruikte index in dit rapport kunnen alleen conclusies getrokken worden over de bijdrage van macrofauna en zoöplankton aan de aquatische biodiversiteit op deze onderzoekslocatie.

De relatie tussen de macrofauna-/zoöplankton-samenstelling, de monsterlocaties en de milieuvariabelen werden geanalyseerd aan de hand van een multivariate analyse met het programma CANOCO 5.15 (Ter Braak & Šmilauer, 2012). Het aantal macrofauna- en zoöplankton-individuen werd $\ln(2x+1)$ getransformeerd voordat de analyses werden uitgevoerd om overheersende effecten van zeer grote aantallen van bepaalde taxa te reduceren. Allereerst werd de lengte van de ordinatie-as bepaald. Voor de macrofaunadataset was de gradiëntlengte kleiner dan 3SD en hebben we een indirecte unimodale ordinatie gebruikt (de *Detrended correspondence analysis*, DCA) en omdat de gradiëntlengte groter dan 3SD was voor de zoöplanktondata, hebben we voor deze groep een hoofdcomponentenanalyse (PCA) gebruikt. De milieuvariabelen zijn vervolgens post hoc op de grafieken geprojecteerd, waardoor deze variabelen geen invloed hebben op de positionering van de taxa.

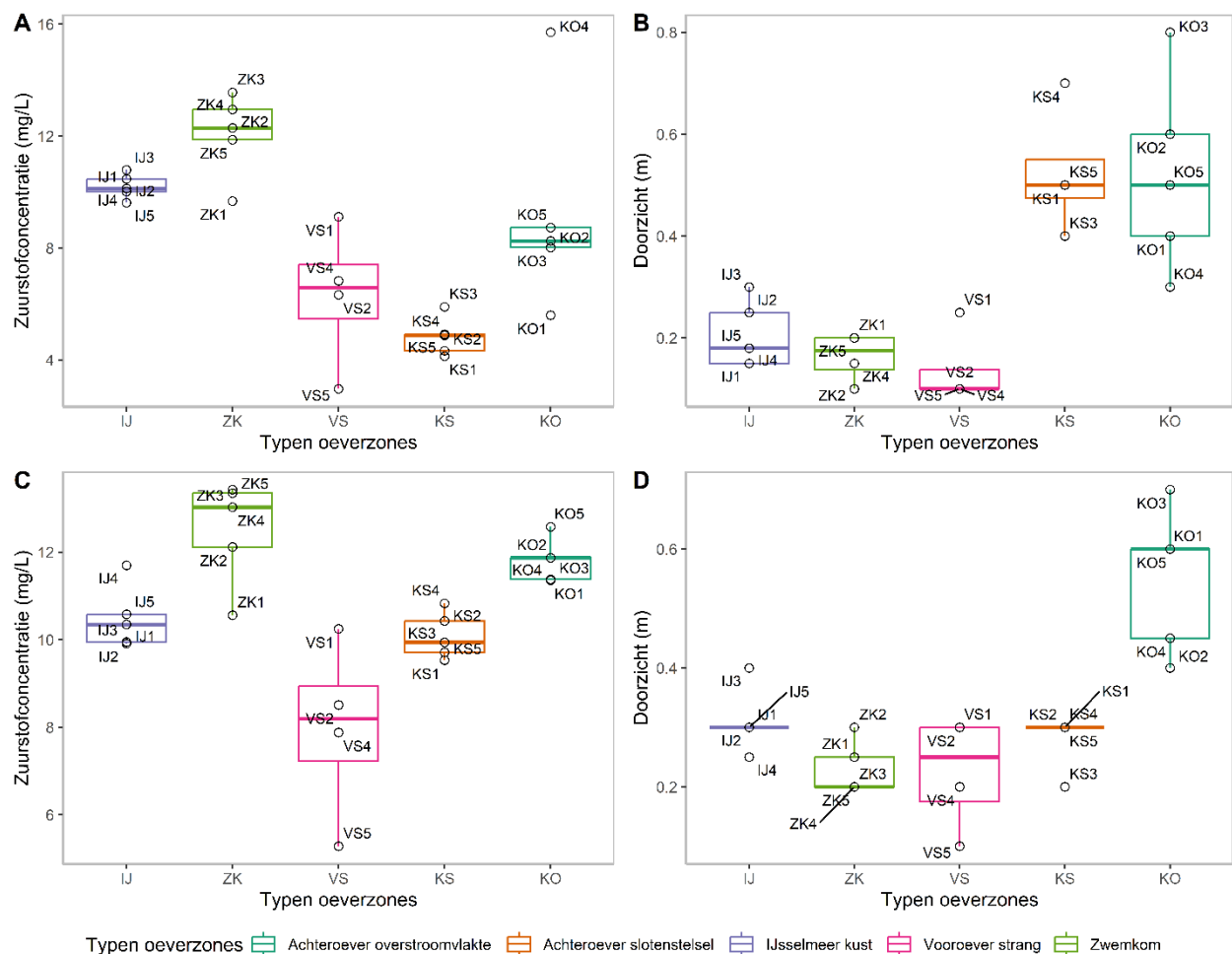
3 Resultaten

3.1 Abiotische kenmerken van de monsterlocaties

3.1.1 Fysisch-chemische waterkwaliteit

3.1.1.1 Zuurstof

De opgeloste zuurstofconcentratie is hoger in het voorjaar vergeleken met het najaar (Figuur 5A en C). Wat betreft de verschillend bemonsterde oevertypen zijn de hoogste zuurstofconcentraties gemeten in de Zwemkom (ZK) en zijn de zuurstofconcentraties in het slotenstelsel van de achteroever relatief laag (tussen de 4 en 6 mg/L). De zuurstofconcentraties in de vooroeverstrang laten een gradiënt zien van hogere concentraties in VS1 (IJsselmeer instroom) naar lage concentraties in VS5 (achterste deel).



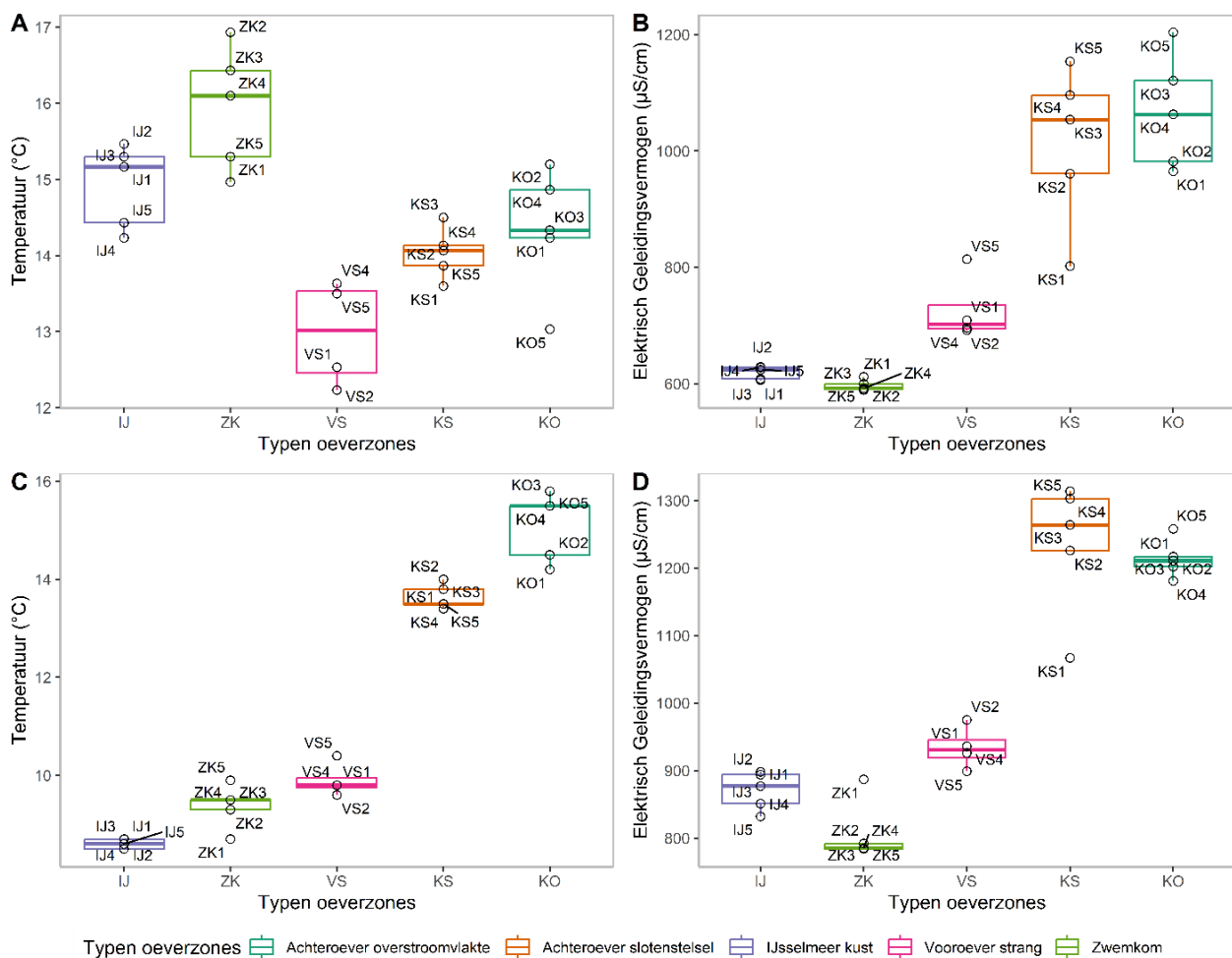
Figuur 5 Zuurstofconcentraties in het water in het najaar 2021 (A) en voorjaar 2022 (C) en het doorzicht van het water in het najaar van 2021 (B) en voorjaar 2022 (D) in de verschillende oevertypen bij de Koopmanspolder. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS= Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3). De spreiding geeft inzicht in de ruimtelijke variatie in najaar 2021 en voorjaar 2022. De figuur is niet geschikt om conclusies te trekken over de dynamiek van zuurstof in de tijd (zoals seizoensdynamiek en verschillen tussen dag en nacht) of in de diepte.

3.1.1.2 Doorzicht

De wateren van de achteroever hebben in het najaar een hoger doorzicht vergeleken met de andere typen, terwijl het doorzicht in het voorjaar alleen in de overstromingsvlakte van de achteroever nog hoog is ten opzichte van de andere oevertypen (Figuur 2B en D). In de vooroeverstrang is in het voorjaar een gradiënt te zien van een hoger doorzicht bij de instroom (VS1) naar een lager doorzicht in het achterste deel (VS5).

3.1.1.3 Watertemperatuur

De watertemperatuur varieert in het najaar van 12°C in de vooroeverstrang tot 17°C in de Zwemkom (Figuur 6A). In het voorjaar van 2022 zijn nog grotere temperatuurverschillen te vinden: de IJsselmeerkust, de zwemkom en de vooroeverstrang hebben duidelijk lagere watertemperaturen dan de wateren van de achteroever (Figuur 6C). De gemeten temperatuur aan de IJsselmeerkust komt overeen met de gemiddelde watertemperatuur in het IJsselmeer van ongeveer 12°C in het najaar (oktober) en 9°C in het voorjaar (april), gebaseerd op gegevens van Rijkswaterstaat (Noordhuis et al., 2019).



Figuur 6 Temperatuur in het water in het najaar 2021 (A) en voorjaar 2022 (C) en het elektrisch geleidingsvermogen van het water in het najaar van 2021 (B) en voorjaar 2022 (D) in verschillende oevertypen bij de Koopmanspolder. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS=Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

3.1.1.4 Elektrisch geleidingsvermogen

Ook de elektrische geleidbaarheid van het water is gemeten, wat een maat is om de concentratie opgeloste macro-ionen in te bepalen, waaronder zouten zoals chloride. De geleidbaarheid is in het water van de achteroever hoger (ca. 1000 µm/cm hoger) vergeleken met het water van de IJsselmeerkust, de zwemkom en de vooroeverstrang (Figuur 6B en 6D). Dit is een indicatie dat het zoutgehalte in het water van de

achteroever een stuk hoger is (veel bodem-watercontact met een historie van zoute omstandigheden en kwel) in vergelijking met het IJsselmeerwater (rivier-gevoed).

3.1.1.5 Zuurgraad

Tijdens de najaarsbemonstering zijn de hoogste pH-waarden in de zwemkom gevonden, terwijl in het voorjaar de hoogste pH-waarden in de overstromingsvlakte van de achteroever zijn gemeten (Figuur B2.1). De hogere pH- en zuurstofconcentraties wijzen op een hogere fotosynthetische activiteit en primaire productie in de zwemkom en in de overstromingsvlakte van de achteroever in het najaar.

3.1.2 Bodemsubstraat en vegetatie

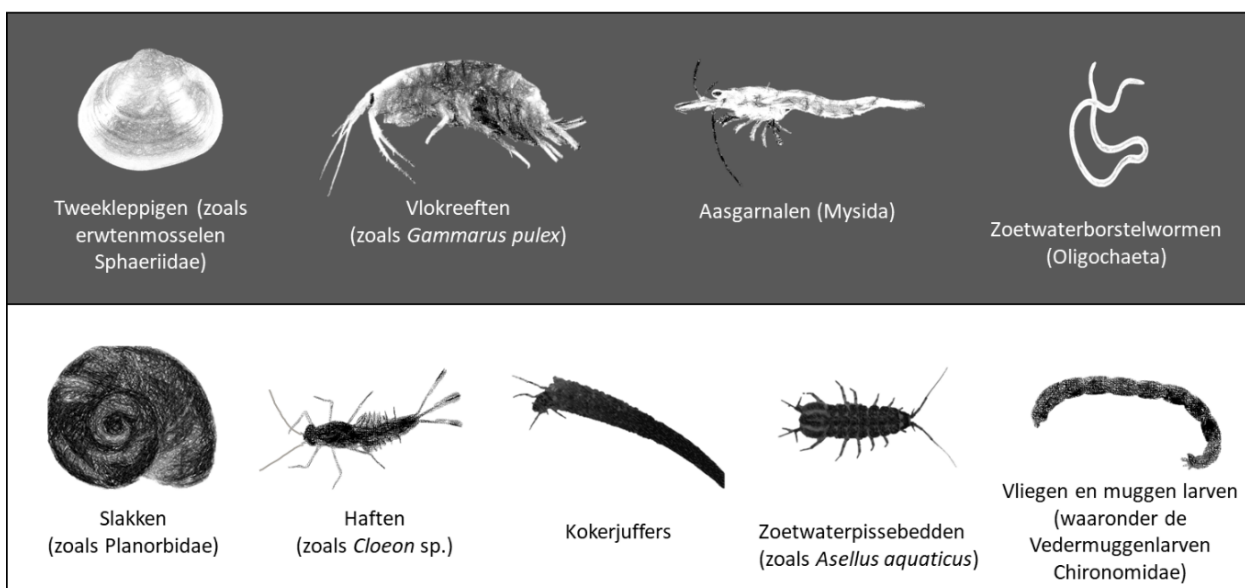
Het bodemsubstraat van de IJsselmeerkust bestaat voornamelijk uit zand (Figuur B3.1B en B3.2B). In de zwemkom is het dominante substraat ook zand in het najaar, maar in het voorjaar is dit slib. Het substraat in de vooroeverstrang varieert in het najaar per bemonsteringslocatie met het grootste aandeel klei op locatie VS1, slib op locatie VS2 en VS4 en grof organisch materiaal (CPOM) op locatie VS5. In het voorjaar bestaat het substraat in de vooroeverstrang voornamelijk uit slib, met uitzondering van VS1 waar het substraat klei domineert. Het substraat in sloten van de achteroever bestaat uit slib, fijn organisch materiaal (FPOM) en grof organisch materiaal. Het percentage bedekking met slib is er veel hoger in het voorjaar vergeleken met het najaar.

In het najaar is er meer open water aanwezig in vergelijking met het voorjaar, wanneer de vegetatiebedekking hoger ligt (Figuur B3.1A en B3.2A). Vegetatie is sowieso schaars aan de IJsselmeerkust, in de zwemkom en de vooroeverstrang in het voorjaar, waar open water dominant is. Daarnaast bestaat de bedekking aan de IJsselmeerkust en in de zwemkom nog uit emerse vegetatie en draadalg. De vooroeverstrang bevat emerse vegetatie. De achteroever daarentegen is qua vegetatiebedekking meer divers, met in het slotenstelsel ook veel emerse vegetatie en op sommige locaties ook submerse vegetatie. De overstromingsvlakte bevat emerse en submerse vegetatie, kroos en draadalg.

3.2 Macrofauna

3.2.1 Macrofauna abundantie en diversiteit per monsterlocatie

In totaal zijn 82 verschillende macrofaunataxa geïdentificeerd (Tabel 1). Voor een weergave van belangrijke macrofaunahoofdgroepen, die later in het rapport verder behandeld zullen worden, zie Figuur 7.

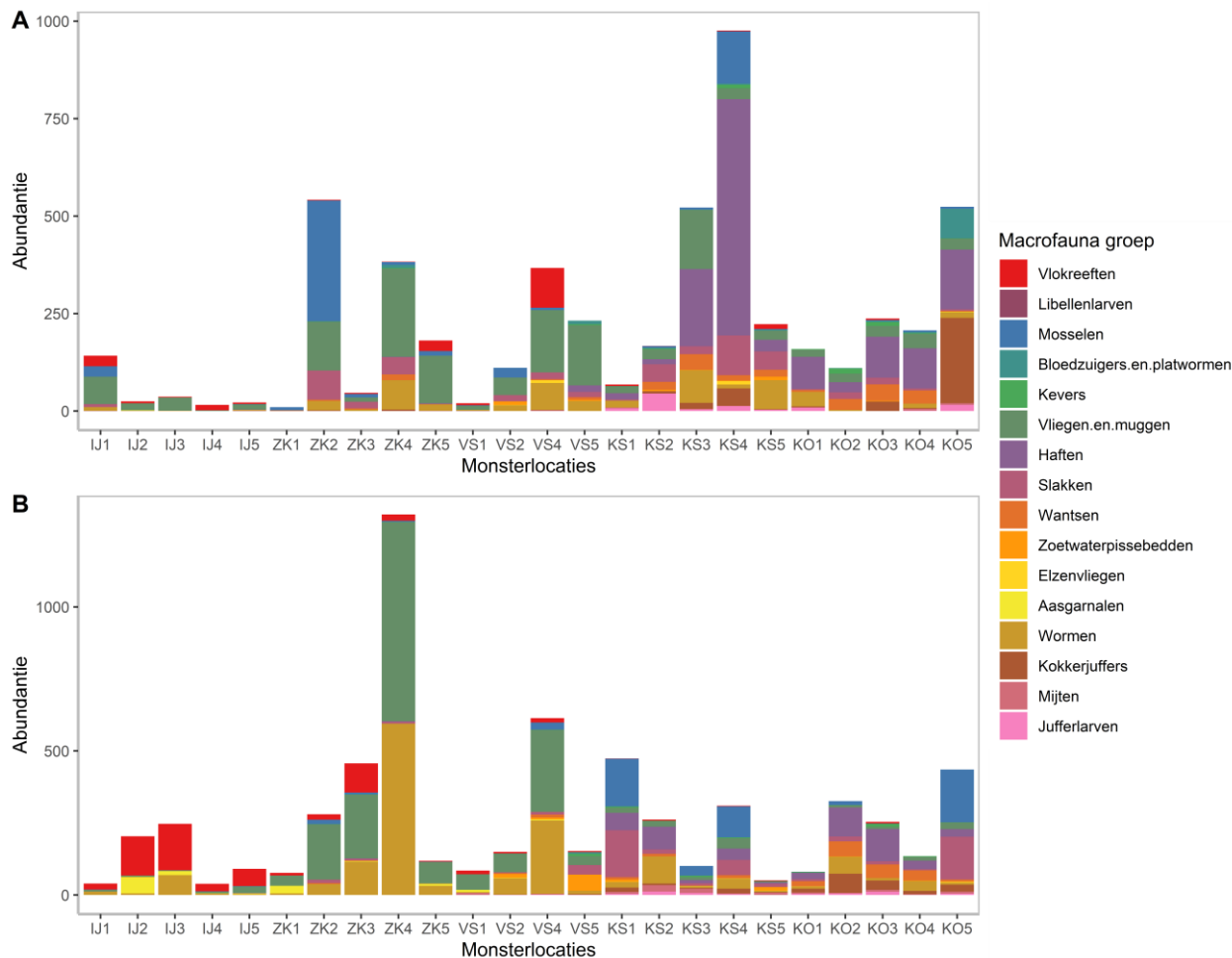


Figuur 7 Macrofauna hoofdgroepen die in de tekst van de resultaten en in de discussie aan bod komen.

Tabel 1 De geïdentificeerde macrofauna- en zoöplanktontaxa op de verschillende locaties.

Macrofauna taxa	Macrofauna taxa (vervolg)	Macrofauna taxa (vervolg)	Macrofauna taxa (vervolg)	Zoöplankton taxa
Hydrachnidae (watermijten)	Insecta – Coleoptera (waterkevers)	Insecta – Ephemeroptera (haften)	Insecta – Trichoptera (kokerjuffers)	Chydoridae:
<i>Arrenurus</i> sp.	<i>Colymbetes</i> sp.	<i>Caenis</i> sp.	<i>Agraylea</i> sp.	<i>Alona</i> sp.
<i>Hydrodroma</i> sp.	Curculionidae	<i>Cloeon</i> sp.	<i>Agrypnia pagetana</i>	<i>Alonella</i> sp.
<i>Limnesia</i> sp.	<i>Haliplus</i> sp.	Insecta – Hemiptera (waterwantsen)	<i>Athripsodes aterrimus</i>	<i>Chydorus</i> sp.
<i>Neumania</i> sp.	Hydrophilidae	Corixidae	<i>Cyrnus flavidus</i>	<i>Graptoleberis</i> sp.
<i>Unionicola</i> sp.	<i>Hydroporus</i> sp.	Delphacidae	<i>Holocentropus picicornis</i>	Daphniidae:
Amphipoda (vlokreeften)	<i>Hygrotus</i> sp.	<i>Gerris</i> sp.	<i>Leptocerus tineiformis</i>	<i>Ceriodaphnia</i> sp.
Corophiidae	<i>Hyphidrus</i> sp.	<i>Ilyocoris cimicoides</i>	Limnephilidae	<i>Daphnia</i> sp.
<i>Crangonyx</i> sp.	<i>Laccophilus</i> sp.	<i>Mesovelia</i> sp.	<i>Mystacides</i> sp.	<i>Scapholeberis</i> sp.
Gammaridae	<i>Noterus</i> sp.	<i>Notonecta glauca</i>	<i>Oecetis lacustris</i>	<i>Simocephalus</i> sp.
Bivalvia (tweekleppigen)	<i>Ochthebius</i> sp.	<i>Plea minutissima</i>	<i>Oecetis ochracea</i>	Eurycercidae:
<i>Dreissena</i> sp.	Scirtidae	Insecta – Megaloptera (slijkvliegen)	<i>Orthotrichia costalis</i>	<i>Eurycercus</i> sp.
Sphaeriidae	Insecta – Diptera (vliegen en muggen)	<i>Sialis lutaria</i>	Polycentropodidae	Sididae
Hirudinea (bloedzuigers)	Ceratopogonidae	Insecta – Odonata (libellen)	<i>Triaenodes bicolor</i>	<i>Diaphanosoma</i> sp.
<i>Erpobdella</i> sp.	Chaoboridae	<i>Coenagrion puella/pulchellum</i>	Isopoda (waterpissebedden)	Cyclopoida
<i>Glossiphonia complanata</i>	Chironomidae	<i>Erythromma najas</i>	Asellidae	Calanoida
<i>Helobdella stagnalis</i>	Culicidae	<i>Aeshna</i> sp.	<i>Jaera istri</i>	Ostracoda
Piscicolidae	Dixidae	<i>Anax</i> sp.	Mysida (aasgarnalen)	
Gastropoda (slakken)	Ephydriidae	<i>Orthetrum</i> sp.	<i>Katamysis warpachowskyi</i>	
<i>Bithynia</i> sp.	Psychodidae		<i>Limnomysis benedeni</i>	
Lymnaeidae	Ptychopteridae		<i>Neomysis integer</i>	
<i>Physa</i> sp.	Sciomyzidae		Oligochaeta (zoetwaterborstelwormen)	
Planorbidae	Stratiomyidae		Lumbricidae	
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Tabanidae		Naididae	
<i>Valvata</i> sp.	Tipulidae		Tubificidae	
			Platyhelminthes (platwormen)	
			<i>Dugesia</i> sp.	
			<i>Polycelis</i> sp.	

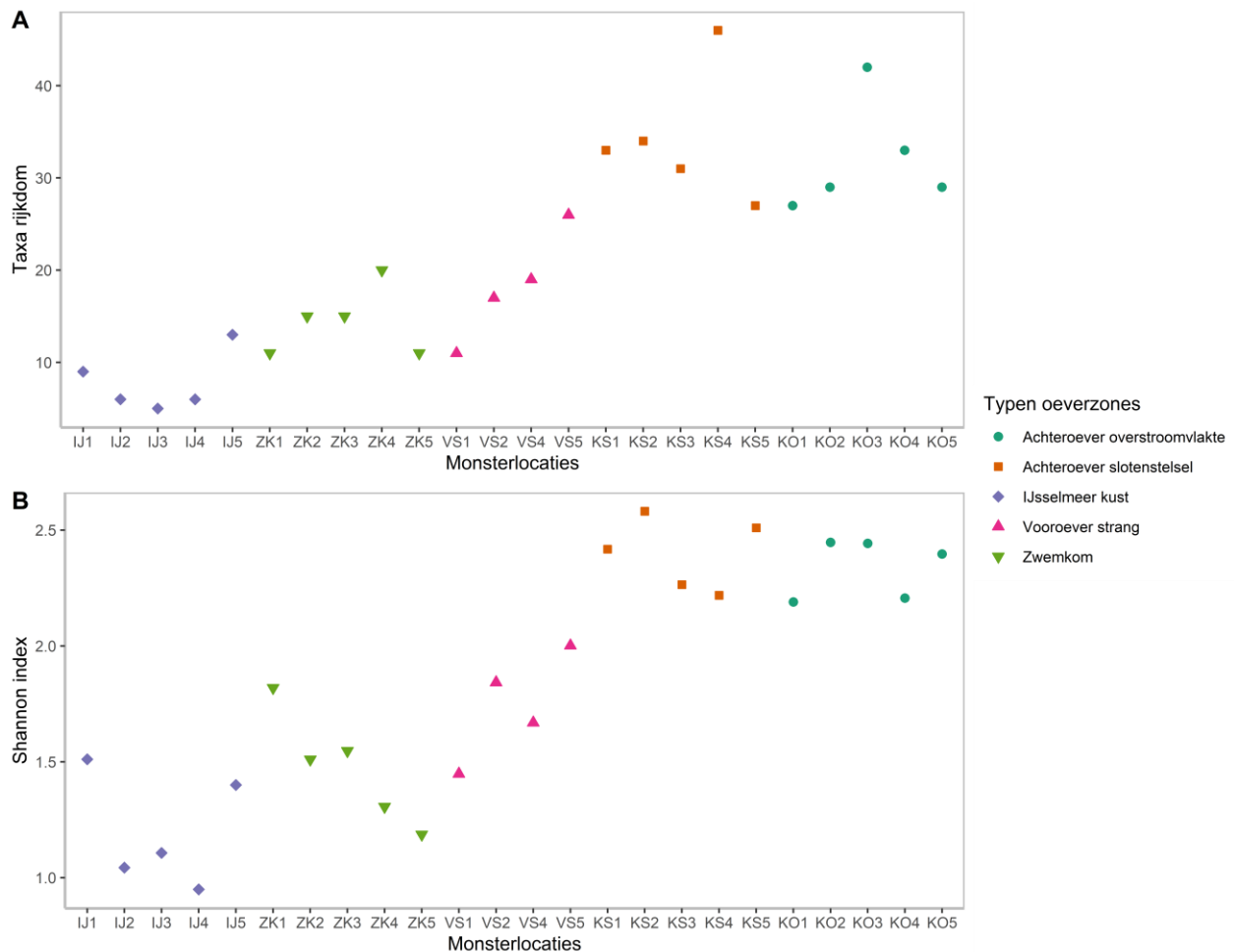
In het najaar zijn aan de IJsselmeerkust in vergelijking met de andere locaties weinig macrofauna individuen gevonden (Figuur 8A). De hoogste aantallen aan de IJsselmeerkust werd gevonden binnen de groepen vlokreeften, wormen en vliegen- en muggenlarven. In de Zwemkom werden ook veel vliegen- en muggenlarven aangetroffen, maar daarnaast hadden slakken en zoetwaterborstelwormen nog een hoge abundantie en werden op locatie ZK2 veel tweekleppigen gevonden. De vooroeverstrang bevatte op de eerste twee bemonsterlocaties (VS1 en VS2, vanaf instroom) een lage abundantie, maar die lag een stuk hoger op de laatste twee bemonsterlocaties (VS4 en VS5, achter in de strang). Monsterpunt VS1 bevatte voornamelijk vliegen- en muggenlarven. Deze groep was ook op de andere locaties in de vooroeverstrang veel aanwezig. Daarnaast waren op locatie VS2 tweekleppigen dominant, op locatie VS4 vlokreeften en op locatie VS5 zoetwaterborstelwormen en haften. Op de meeste locaties in de achteroever waren haften de abundantste groep macrofauna.



Figuur 8 Absolute abundantie (aantal individuen) van macrofaunagroepen tijdens de bemonstering in het najaar 2021 (A) en het voorjaar 2022 (B) op de verschillende meetlocaties. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS= Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

In het voorjaar waren vlokreeften en aasgarnalen de abundantste macrofaunagroepen aan de IJsselmeerkust (Figuur 8B). De zwemkom werd op de meeste bemonsteringslocaties gedomineerd door vliegen- en muggenlarven en zoetwaterborstelwormen. Ook de vooroeverstrang werd op drie locaties gedomineerd door vliegen- en muggenlarven en zoetwaterborstelwormen (VS1, VS2 en VS4), maar op locatie VS5 hadden zoetwaterpissebedden en slakken de hoogste abundantie. In het slotenstelsel van de achteroever werden op drie locaties tweekleppigen met een hoge abundantie aangetroffen (KS1, KS3 en KS4). Daarnaast zijn er op KS1 en KS4 veel slakken geteld. Op locatie KS2 is een hoge abundantie van haften en zoetwaterborstelwormen gevonden. Locatie KS5 had een lage totale abundantie ten opzichte van de andere punten, waarbij slakken en zoetwaterpissebedden domineerden. Op de overstromingsvlakte van de achteroever waren, met uitzondering van KO5, haften weer de dominantste macrofaunagroep (net als in het najaar). Op locatie KO5 zijn daarentegen juist veel tweekleppigen en slakken geteld.

Wat betreft de macrofaunadiversiteit in de verschillende landschapstypen en locaties, is een duidelijke trend waarneembaar met een lage diversiteit aan de IJsselmeerkust en in de zwemkom en een hogere diversiteit (taxonrijkdom en Shannons diversiteitsindex) in de wateren van de achteroever (Figuur 9). De vooroeverstrang laat een duidelijke gradiënt zien van een lagere diversiteit op locatie VS1, gevolgd door een toename in diversiteit verder de strang in, richting locatie VS5.



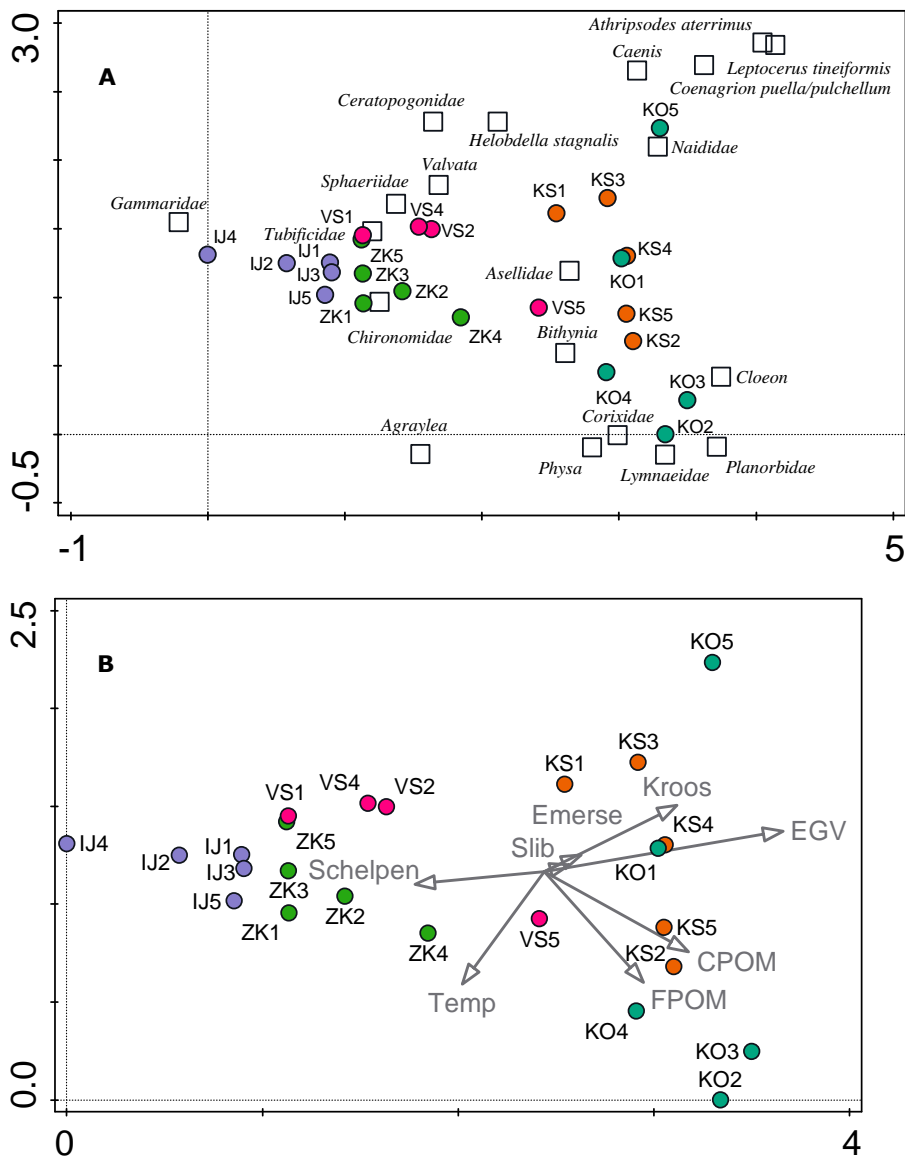
Figuur 9 De taxonrijckdom (A) en diversiteit weergegeven door de Shannon-Wiener index (B) van de macrofaunagemeenschappen in de monsterlocaties. In dit figuur zijn de monsters van het najaar in 2021 en voorjaar 2022 samengenomen. Hoe hoger de Shannon-index, hoe hoger de diversiteit. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS= Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

3.2.2 Macrofaunagemeenschappen in relatie met monsterlocaties en velddata

Met een DCA van de macrofauna is inzichtelijk gemaakt in welk opzicht de diverse bemonsteringslocaties van elkaar verschillen in het najaar 2021 en het voorjaar 2022. In Figuur 10 is te zien dat op grond van de eerste as de bemonsteringlocaties aan de IJsselmeerkust (IJ), de zwemkom (ZK) en de vooroeverstrang (VS), met uitzondering van VS5, afgezonderd liggen van de achteroever.

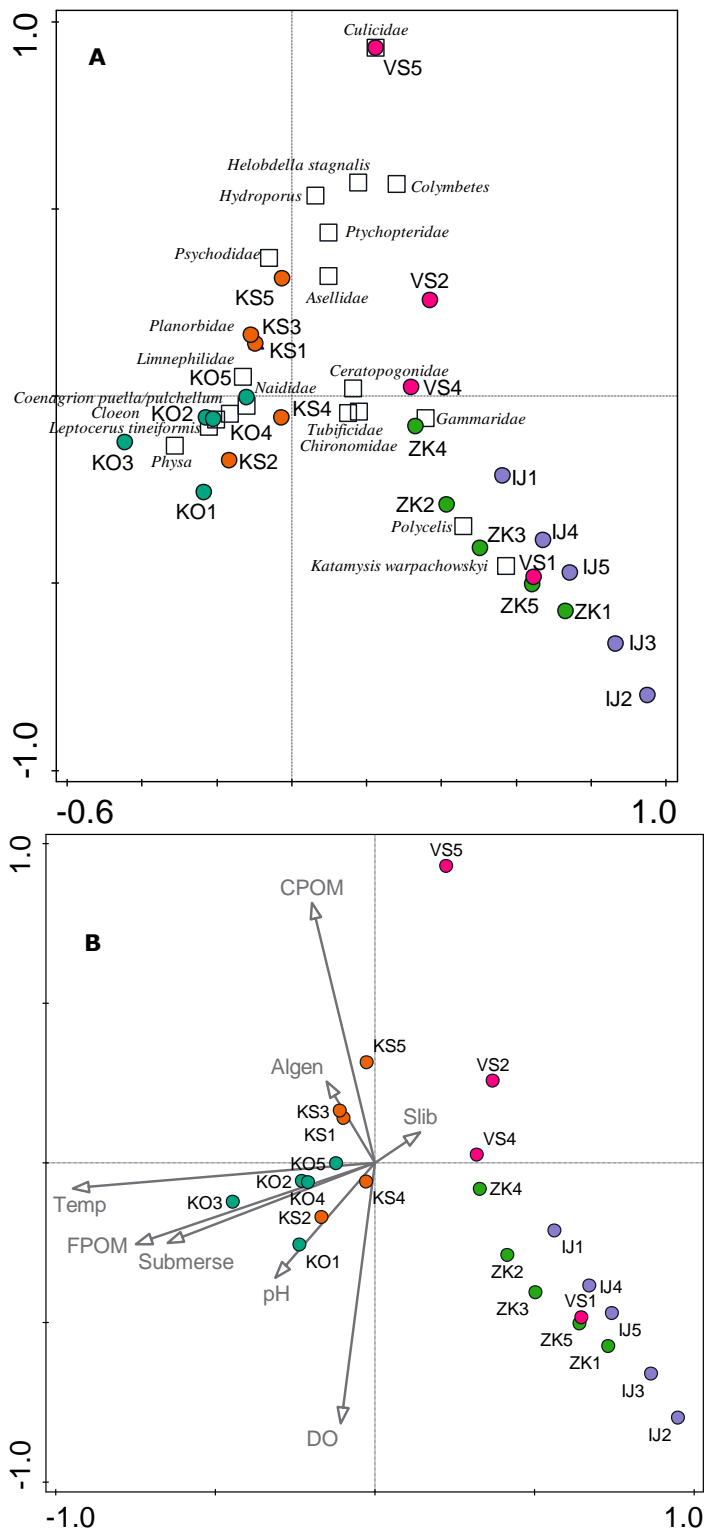
Ook de gevonden macrofauna geven verschillende habitat- en oevertypen aan. Terwijl aan de linkerkant van Figuur 10A taxa te vinden zijn die voorkomen in eutrofe wateren met zandig substraat met veel open water en weinig waterplanten (erwtmosselen Sphaeriidae, vlokreeften Gammaridae, knutten Ceratopogonidae en vedermuggen Chironomidae), worden aan de rechterkant van de figuur taxa geprojecteerd die vooral in eutrofe wateren met waterplanten voorkomen, zoals de haft *Cloeon* en de slakken Planorbidae en Lymnaeidae. De eerste as van de macrofauna taxa is voornamelijk gecorreleerd aan een hoger elektrisch geleidingsvermogen, een grotere substraatbedekking van grof organisch materiaal (CPOM) en fijn organisch materiaal (PFOM) in de wateren van de achteroever en een hogere substraatbedekking met schelpen (en zand) aan de IJsselmeerkust en in de zwemkom (Figuur 10B). De tweede as is minder duidelijk direct gecorreleerd met specifieke milieuv variabelen.

In het voorjaar van 2022 ziet de DCA er iets anders uit vergeleken met het najaar, maar de patronen in de ruimtelijke verdeling zijn vergelijkbaar (Figuur 11). Op grond van de eerste as zijn weer de monsterlocaties van de achteroever gescheiden van de locaties aan de IJsselmeerkust, de zwemkom en de vooroever. Ook in deze figuur neemt de locatie VS5 in de vooroeverstrang weer een tussenpositie in.



Figuur 10 Detrended correspondence analysis (DCA) ordinatie-as 1 en as 2 op basis van de macrofauna taxonsamenstelling van de monsterlocaties in het najaar 2021 (A). De 20 macrofauna taxa met het hoogste gewicht zijn in deze figuur weergegeven. De eerste as verklaart 18% en de tweede as 11% van de totale variabiliteit in macrofaunasamenstelling. Monsterlocaties zijn weergegeven met cirkels en macrofaunataxa met vierkanten. De bijbehorende acht meest verklarende milieuvariabelen zijn achteraf in het diagram geprojecteerd met pijlen en hebben geen invloed op de positie van de monsterlocaties en soorten (B). De positie van milieuvariabelen is gebaseerd op het verband die deze hebben met de ordinatie-assen, die op basis van de macrofauna taxonsamenstelling van de monsterlocaties data zijn gegenereerd. De richting van de pijl geeft een toename van die specifieke milieuvariabele weer. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS=Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

De eerste as van de DCA met macrofauna taxa wordt voornamelijk verklaard door temperatuur, FPOM en de aanwezigheid van submerse waterplanten (Figuur 11B). De temperatuur is aan de IJsselmeerkust, in de zwemkom en in de vooroeverstrang lager in vergelijking met de wateren van de achteroever. Daarnaast heeft het substraat van de wateren van de achteroever een hogere substraatbedekking met FPOM en zijn er meer submerse waterplanten aanwezig. Deze vegetatie is zo goed als afwezig op de andere locaties (met uitzondering van IJ4 en ZK2). De tweede is gecorreleerd aan de opgeloste zuurstofconcentratie in het water, die met name op locatie VS5 erg laag is, en aan de substraatbedekking met CPOM, die juist erg laag is aan de IJsselmeerkust en in de zwemkom.

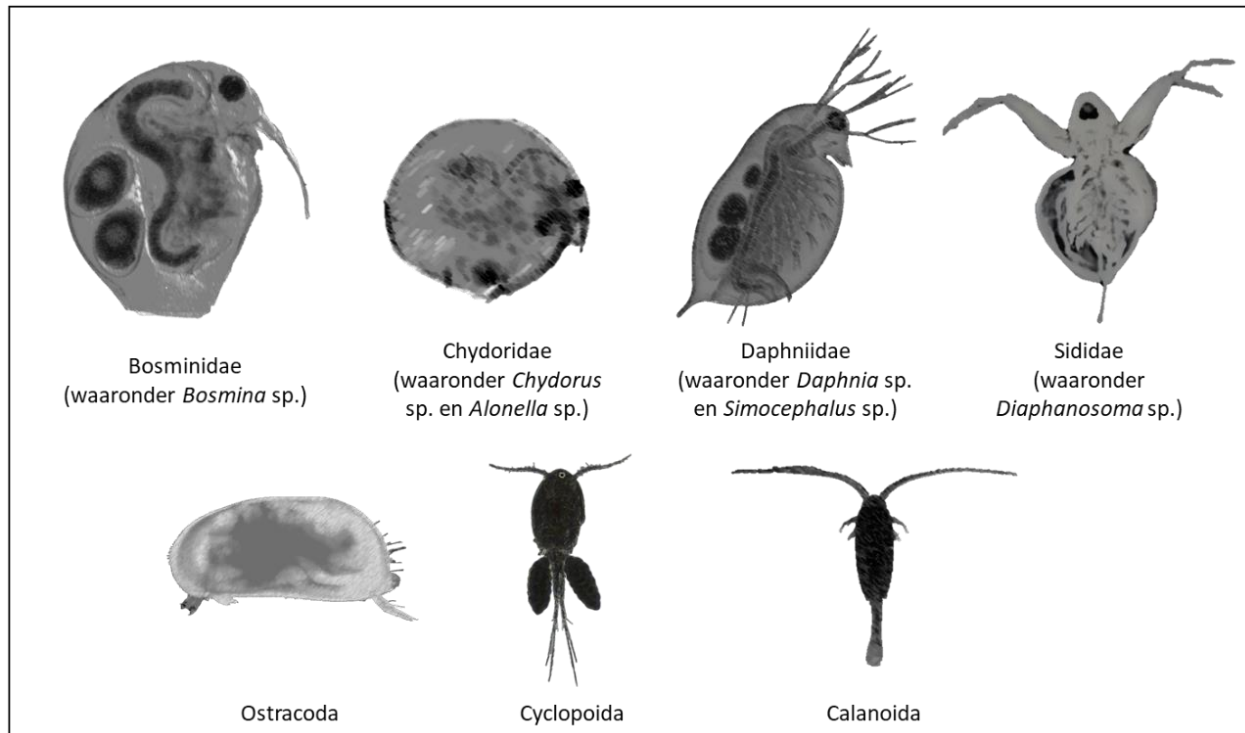


Figuur 11 Detrended correspondence analysis (DCA) ordinatie-as 1 en as 2 op basis van de macrofauna taxonsamenstelling van de monsterlocaties in het voorjaar 2022 (A). De 20 macrofauna taxa met het hoogste gewicht zijn in dit figuur weergegeven. De eerste as verklaart 22% en de tweede as 12% van de totale variabiliteit in macrofaunasamenstelling. Monsterlocaties zijn weergegeven met cirkels en macrofaunataxa met vierkanten. De bijbehorende acht meest verklarende milieuv variabelen zijn achteraf in het diagram geprojecteerd met pijlen en hebben geen invloed op de positie van de monsterlocaties en soorten (B). De positie van milieuv variabelen is gebaseerd op het verband die deze hebben met de ordinatieassen, die op basis van de macrofauna taxonsamenstelling van de monsterlocaties data zijn gegenereerd. De richting van de pijl geeft een toename van die specifieke milieuv variabele weer. IJ=IJsselmeerkust, Z=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS=Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

3.3 Zoöplankton

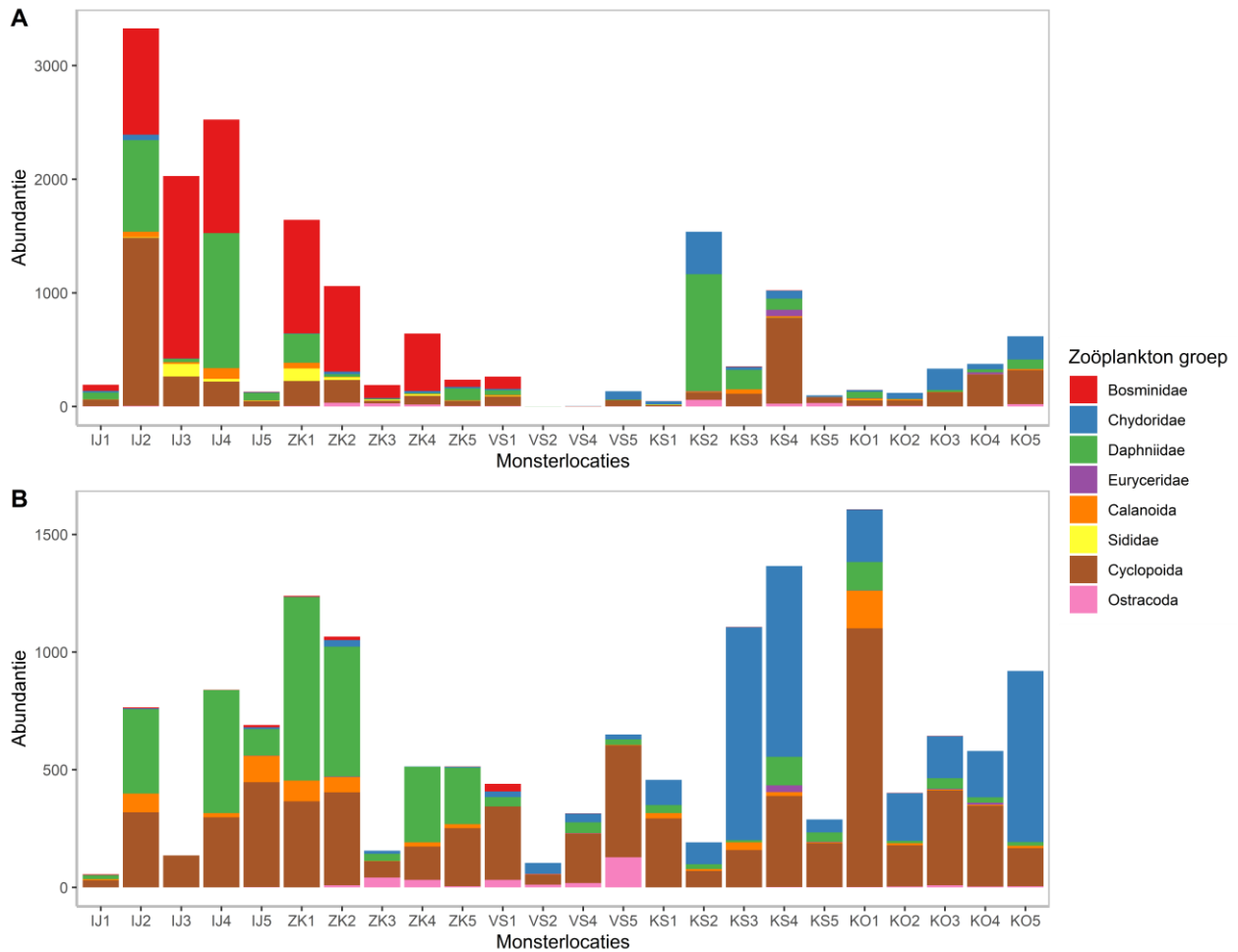
3.3.1 Abundantie en diversiteit per monsterlocatie

Er werden in totaal twaalf verschillende meso- en macrozoöplankton taxa geïdentificeerd in het materiaal verzameld tijdens beide bemonsteringen (Tabel 1). Voor een weergave van belangrijke zoöplanktonhoofdgroepen, die later in het rapport verder behandeld zullen worden, zie Figuur 12.



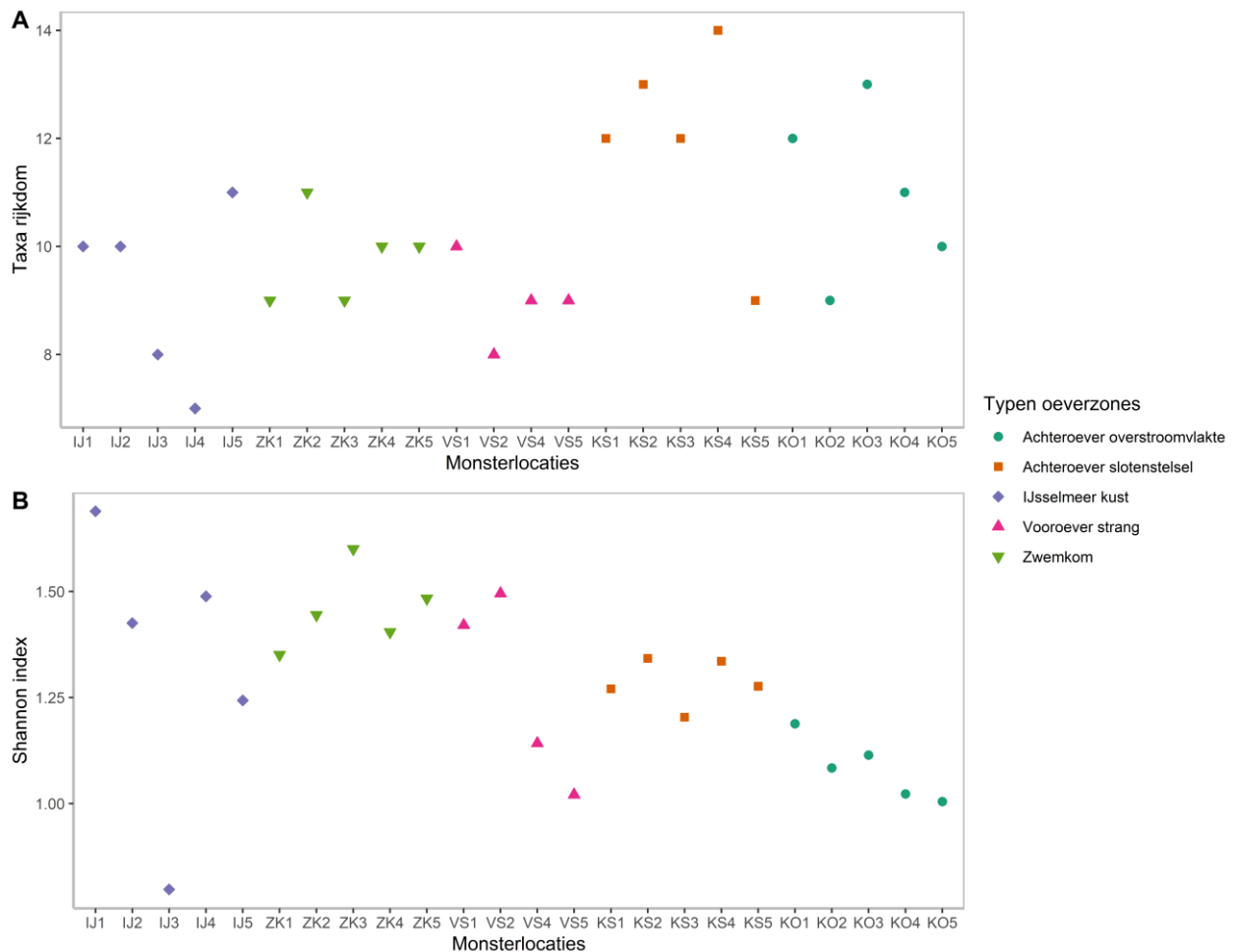
Figuur 12 Zoöplanktonhoofdgroepen die in de tekst van de resultaten en in de discussie aan bod komen.

De zoöplanktonabundantie was aan de IJsselmeerkust op de meeste plekken hoger in het najaar vergeleken met het voorjaar. In de andere wateren werden in de meeste gevallen hogere aantallen in het voorjaar gevonden vergeleken met het najaar (Figuur 13). In het najaar werden de IJsselmeerkust en de zwemkom voornamelijk gedomineerd door Bosminidae, terwijl in het voorjaar op de meeste locaties Daphniidae en Cyclopoida een hoge abundantie hadden. In de vooroeverstrang was de zoöplankton-abundantie erg laag in het najaar en in het voorjaar hadden de Cyclopoida een hoge abundantie. De wateren van de achteroever had ook een hoge abundantie van Cyclopoida, met daarnaast in het voorjaar nog veel Chydoridae.



Figuur 13 Absolute abundantie (aantal individuen) van zoöplanktongroepen tijdens de bemonstering in het najaar 2021 (A) en het voorjaar 2022 (B) op de verschillende meetlocaties. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS= Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

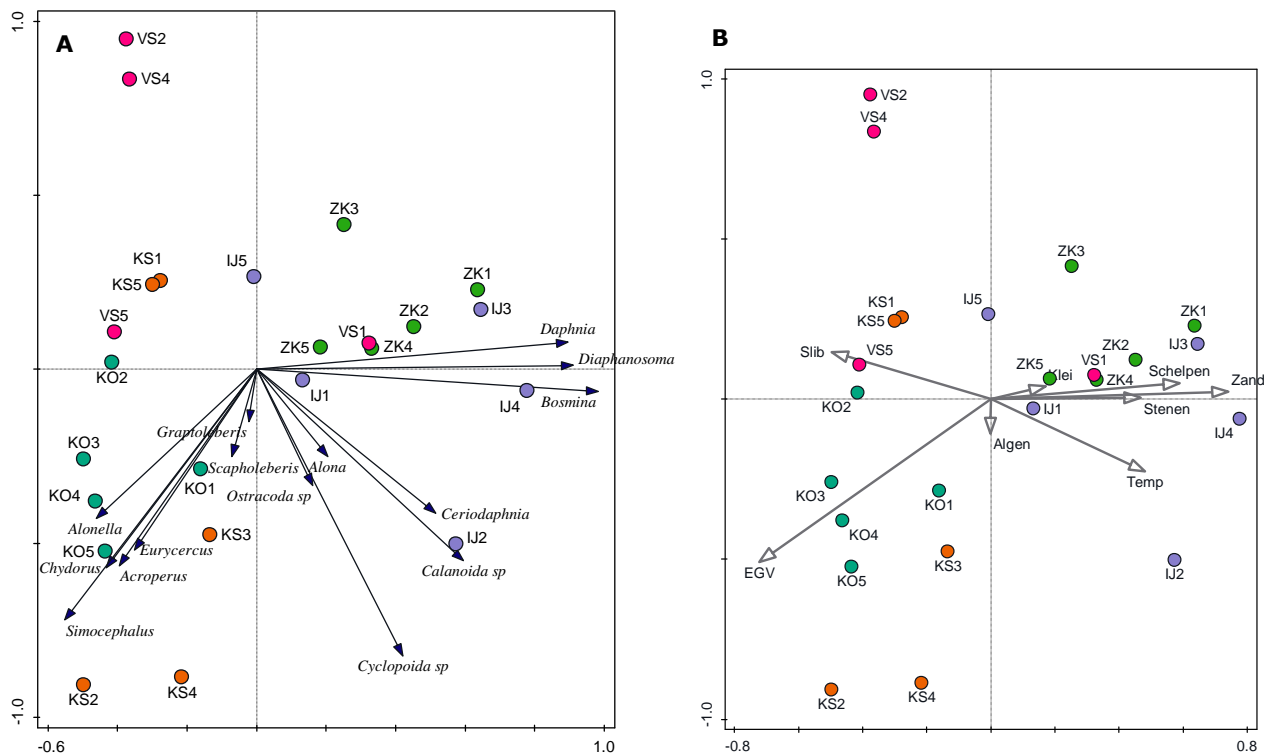
De taxonrijkdome was over het algemeen hoger op monsterlocaties in de wateren van de achteroever, terwijl de Shannons diversiteitindex wat hoger was aan de IJsselmeerkust en in de zwemkom (en op twee locaties van de vooroever) vergeleken met de achteroever (Figuur 14).



Figuur 14 De taxonrijckdom (A) en diversiteit weergegeven door de Shannon-Wiener index (B) van de macrofaunagemeenschappen in de monsterlocaties. In deze figuur zijn de monsters van het najaar in 2021 en voorjaar 2022 samengenomen. Hoe hoger de Shannon-index, hoe hoger de diversiteit. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS= Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

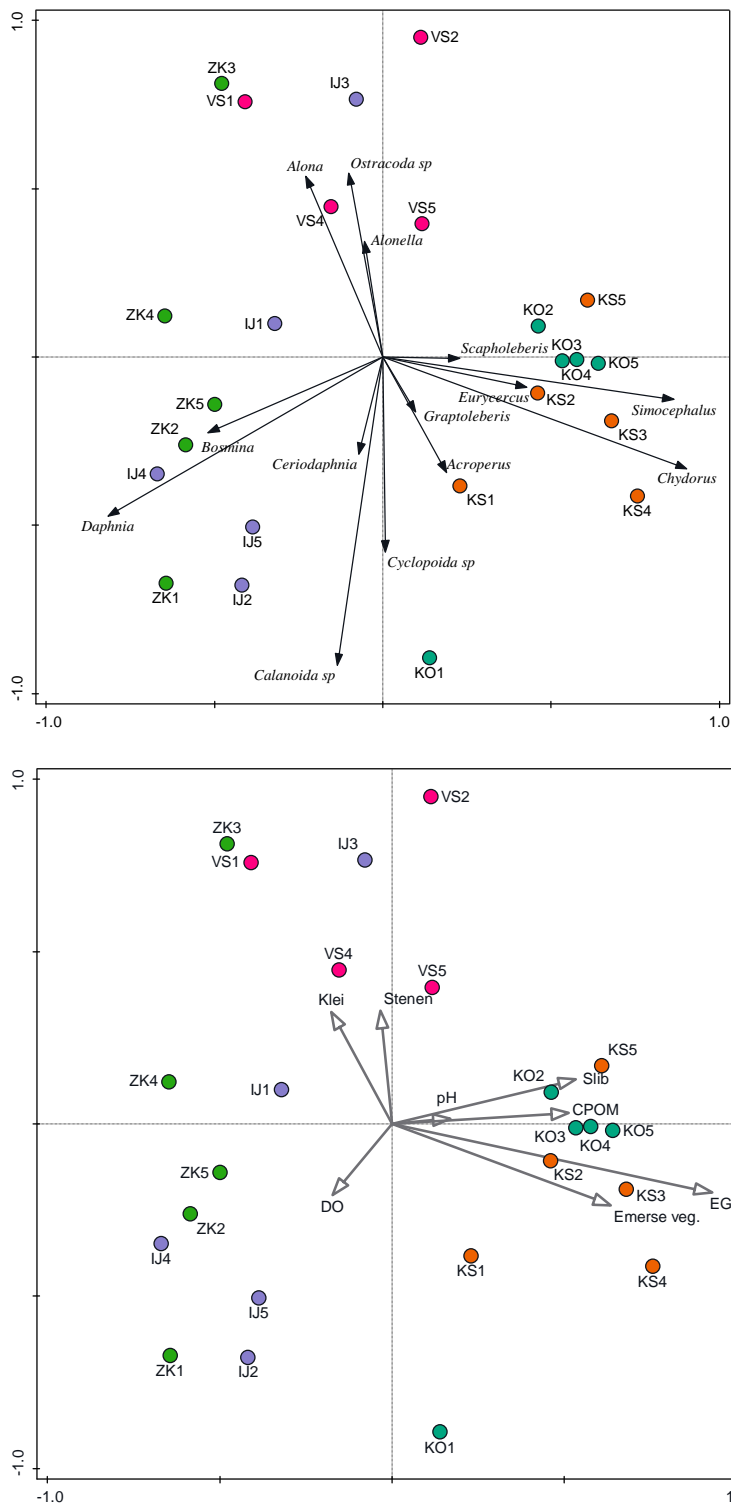
3.3.2 Zoöplanktongemeenschappen in relatie met monsterlocaties en velddata

Met een PCA van de zoöplanktondata is de relatie tussen de bemonsteringslocaties weergegeven voor het najaar in 2021 (Figuur 15). Aan de linkerkant van de grafiek liggen de monsterlocaties van de vooroever (met uitzondering van VS1) en de achteroever, terwijl aan de rechterkant de monsterlocaties aan de IJsselmeerkust en de zwemkom te vinden zijn. Taxa gecorreleerd aan de IJsselmeerkust en zwemkom zijn *Daphnia* sp., *Diaphanosoma* sp., en *Bosmina* sp., wat voornamelijk pelagische taxa zijn (Gianuca et al., 2018), terwijl *Simocephalus* sp., *Chydorus* sp., *Alonella* sp. gecorreleerd zijn aan de wateren van de achteroever (overigens betreft dit litorale en planten-geassocieerde taxa (Gianuca et al., 2018)) (Figuur 15A). De eerste as van de zoöplanktontaxa wordt voornamelijk verklaard door het substraattype van de verschillende locaties, met een hoog bedekkingspercentage met zand, stenen en schelpen aan de IJsselmeerkust en in de zwemkom (Figuur 15B). Daarnaast zijn de monsterlocaties in de wateren van de achteroever geassocieerd met een hoog elektrisch geleidingsvermogen en de zwemkom- en IJsselmeerlocaties met een hogere watertemperatuur.



Figuur 15 Hoofdc componentenanalyse (PCA) ordinarie-as 1 en as 2 op basis van de zoöplankton taxonsamenstelling van de monsterlocaties in het najaar 2021 (A). De eerste as verklaart 47% en de tweede as 19% van de totale variabiliteit in macrofaunasamenstelling. Monsterlocaties zijn weergegeven met cirkels en zoöplanktontaxa met vierkanten. De bijbehorende acht meest verklarende milieuv variabelen zijn achteraf in het diagram geprojecteerd met pijlen en hebben geen invloed op de positie van de monsterlocaties en soorten (B). De positie van milieuv variabelen is gebaseerd op het verband die deze hebben met de ordinarieassen, die op basis van de macrofauna taxonsamenstelling van de monsterlocaties data zijn gegenereerd. De richting van de pijl geeft een toename van die specifieke milieuv variabelen weer. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS=Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

Voor de PCA van de zoöplanktondata in het voorjaar 2022 is op de eerste as een vergelijkbare clustering te zien als in het najaar 2021, met aan de linkerkant de IJsselmeer- en zwemkomlocaties en aan de rechterkant de achteroeverlocaties (Figuur 16). Echter, in deze PCA liggen de monsterlocaties van de vooroeverstrang ertussenin. De zoöplanktongemeenschap van de IJsselmeerkust en in de zwemkom wordt geassocieerd met voornamelijk *Daphnia* sp. en *Bosmina* sp., de achteroever met *Simocephalus* sp., *Chydorus* sp. en de vooroeverstrang met *Alona* sp., *Alonella* sp. (litorale en plant-geassocieerde taxa) en *Ostracoda* (Figuur 16A). De eerste as van de PCA is gecorreleerd aan substraatbedekkingspercentage van CPOM, elektrisch geleidingsvermogen en de aanwezigheid van emerse vegetatie in de wateren, waarbij deze milieuv variabelen hoger zijn in de achteroever (Figuur 16B).



Figuur 16 Hoofdc componentenanalyse (PCA) ordinatie-as 1 en as 2 op basis van de zoöplankton taxonsamenstelling van de monsterlocaties in het voorjaar 2022 (A). De eerste as verklaart 46% en de tweede as 22% van de totale variabiliteit in macrofaunasamenstelling. Monsterlocaties zijn weergegeven met cirkels en zoöplankton taxa met vierkanten. De bijbehorende acht meest verklarende milieuv variabelen zijn achteraf in het diagram geprojecteerd met pijlen en hebben geen invloed op de positie van de monsterlocaties en soorten (B). De positie van milieuv variabelen is gebaseerd op het verband die deze hebben met de ordinatie-assen, die op basis van de macrofauna taxonsamenstelling van de monsterlocaties data zijn gegenereerd. De richting van de pijl geeft een toename van die specifieke milieuv variabele weer. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS=Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever en de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

4 Discussie

De vooroever is in de jaren negentig van de vorige eeuw gerealiseerd en de inrichting van de Koopmanspolder was in 2012 afgerond. Van de macrofauna en het zoöplankton zijn echter weinig tot geen gegevens voorhanden, zowel van voor als na de ingrepen. Om te beoordelen wat de effecten zijn van de oever-ontwikkelingsmaatregelen is gekozen voor een vergelijking van de huidige oevertypen die in het gebied aanwezig zijn. Er is in deze studie gekeken naar de abiotische waterkenmerken en naar de samenstelling, diversiteit en ruimtelijke verdeling van zoöplankton en macrofauna in de verschillende oevertypes bij de Koopmanspolder. In de volgende paragrafen worden de gevonden resultaten bediscussieerd aan de hand van relevante literatuur en worden aanbevelingen gedaan over het verbeteren van dit type oevers in de toekomst.

4.1 Abiotische verschillen tussen de typen oeverzones

In het slotenstelsel van de achteroever en in de vooroeverstrang is de zuurstofconcentratie in het najaar relatief laag (tussen de 4 en 6 mg/L). Deze lage zuurstofconcentraties zouden veroorzaakt kunnen worden door een hogere decompositie van organisch materiaal door micro-organismen en macrofauna bij een hoge watertemperatuur (Van der Lee et al., 2018), aangezien op de achteroever meer organisch materiaal aanwezig is in vergelijking met de locaties aan de IJsselmeerkust (Figuur B3.1 en B3.2). Daarnaast is de verhouding oeveroppervlak ten opzichte van het watervolume veel groter in de sloten en de strang, waardoor de invloed van de bodem op de waterkolom veel sterker is dan in een groter water. Daar komt bij dat het water door golfslag aan de IJsselmeerkust altijd in beweging is, terwijl het water in de strang en de achteroever stilstaat.

Verder valt op dat de elektrische geleidbaarheid (indicatie voor zoutgehalte) van het water in de achteroever erg hoog is, wat veroorzaakt wordt door relatief zoute kwel uit de ondergrond. Het zoutgehalte heeft een grote invloed op de samenstelling van de levensgemeenschap. Volgens de typologische indeling in watertypen van de Kaderrichtlijn Water (Elbersen et al., 2003) vallen de gemeten waarden in de sloten van de achteroever, die tussen de 800 en 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ liggen (wat ongeveer gelijk is aan een chloride concentratie van tussen de 250 en 450 mg/L), binnen de klasse zwak brakke wateren (300-3000 mg Cl/L), terwijl de overige oeverzones binnen de klasse zoetwater vallen (<300 mg Cl/L).

4.2 Macrofauna- en zoöplanktonsoortensamenstelling, diversiteit en verspreiding

4.2.1 De IJsselmeerkust

De macrofaunagemeenschap op de bemonsterde locaties aan de IJsselmeerkust in deze studie bestond voornamelijk uit vedermuggen (Chironomidae), vlokreeften (Gammaridae), wormen (Tubificidae) en aasgarnalen (Mysida). De dominantie van deze groepen komt grotendeels overeen met de levensgemeenschap die op de bodem in het westelijke deel van het Markermeer is gevonden. Hier werden veel wormen aangetroffen, maar daarnaast ook vlokreeften, vedermuggen en driehoeksmosselen (Van Riel et al., 2018). Dat er in deze studie relatief weinig driehoeksmosselen gevonden zijn, zou kunnen komen doordat de bemonstering aan de IJsselmeerkust heeft plaatsgevonden op ondiepe plekken waar de oever bestond uit zand en er geen stenen of ander hard substraat aanwezig was. Harde substraten, zoals stortsteen, worden door driehoeksmosselen in het IJsselmeergebied geprefereerd (Noordhuis, 2001). Dit komt doordat de driehoeksmossel een hard substraat nodig heeft om zich aan te kunnen hechten.

Wat het zoöplankton betreft, werden naast cyclopoden voornamelijk *Daphnia* sp., *Diaphanosoma* sp., en *Bosmina* sp. aangetroffen aan de IJsselmeerkust. Dit zijn voornamelijk pelagische taxa (Gianuca et al., 2018). Ook Dorgelo en Van der Kamp (1992) beschreven al dat het grotere zoöplankton van het IJsselmeer wordt gekarakteriseerd door *Bosmina* sp., *Daphnia* sp. en cyclopoden. In een recentere studie in het IJsselmeer bij Vrouwezand zijn ook voornamelijk *Bosmina* sp., *Daphnia* sp. en cyclopoden voor de mesozoöplankton aangetroffen (De Beauvèsère-Storm, 2021). Daarnaast domineerden deze zoöplanktongroepen ook in vergelijkbare habitats op de Marker Wadden in het voorjaar (Van Leeuwen et al., 2023).

4.2.2 De vooroeverstrang

De ontwikkeling van 'De Vooroever', waar de bemonsterde vooroeverstrang onderdeel van is, begon in de jaren negentig van de vorige eeuw (Consulentschap NMF Noord-Holland, 1990). Het doel van het aanleggen van de vooroever was het versterken van het ecologisch functioneren van het IJsselmeer (Consulentschap NMF Noord-Holland, 1990). Op basis van onze monsterlocaties in de vooroeverstrang lijkt de vooroever bij te dragen aan het ecologisch functioneren door te zorgen voor een hogere macrofaunabiodiversiteit (al kunnen er geen harde conclusies getrokken worden vanwege de beperkte omvang van de dataset). Voor de macrofauna- en zoöplanktonsoortensamentelling werd er in de vooroeverstrang een gradiënt waargenomen waarbij de soortensamenstelling verandert naarmate de monsterlocaties verder van de monding van de strang in het IJsselmeer verwijderd liggen. Aan het begin van de strang lijkt de soortensamenstelling op die van de IJsselmeerkust, met een gemeenschap met veel vedermuggen (Chironomidae), vlokreeften (Gammaridae), wormen (Tubificidae), aasgarnalen (Mysida), *Daphnia* sp., *Diaphanosoma* sp., en *Bosmina* sp. Dieper in de strang gelegen punten bevatten een sterkere planten- en organisch materiaal geassocieerde gemeenschap, met onder andere *Simocephalus* sp., *Chydorus* sp., zoetwaterpissebedden en slakken.

4.2.3 De achteroever

Het doel van de achteroever was om naast waterberging ook een meerwaarde te creëren voor de ecologie. Vergeleken met de IJsselmeerkust is de macrofaunadiversiteit een stuk hoger in de wateren van de achteroever. Een recente studie heeft voor een grote dataset met macrofaunaverspreidingsdata op de schaal van heel Nederland een maximale Shannons diversiteitsindex van 3,5 voor stilstaande wateren gevonden (De Vries et al., 2023). Een index van 1,0-1,5 staat voor een lage biodiversiteit. Dit betekent dus dat de macrofaunadiversiteit aan de IJsselmeerkust (index tussen 1,0 en 1,5) en de oever van de zwemkom (index tussen de 1,0 en 2,0) redelijk laag is, terwijl de Shannons diversiteitindex van de achteroever rond de 2,5 ligt. De achteroever heeft daarmee een relatief hoge macrofaunadiversiteit.

Voor zoöplankton is de soortenrijkdom in de achteroever hoog (tussen de 10 en 15 taxa), maar Shannons diversiteitindex relatief laag (tussen de 1,0 en 1,25) in vergelijking met de IJsselmeerkust (7-10 taxa, Shannons diversiteitindex tussen 1,25 en 1,75). Dit wordt veroorzaakt doordat er een onevenredige verdeling is van het aantal individuen over de verschillende taxa. In de achteroever zijn voornamelijk *Chydorus* sp. en cyclopoden in hoge aantallen aanwezig, terwijl de aantallen van de overige taxa relatief laag zijn. Aan de IJsselmeerkust en de zwemkom zijn daarentegen wat minder taxa, maar het aantal individuen is meer gelijk verdeeld over de taxa, waardoor er een hogere waarde voor de Shannon-index bereikt wordt. In vergelijking met andere regio's is de soortenrijkdom in de achteroever hoog, aangezien in een studie waarin verschillende meren in Europa en Noord-Amerika bekeken zijn, een gemiddelde zoöplanktonsoortenrijkdom tussen de 4 en 16 soorten is gevonden (Shurin et al., 2007).

4.3 Connectiviteit met IJsselmeer

Naast de heersende milieucondities is de mate van connectiviteit en isolatie medebepalend voor de samenstelling van de gemeenschap van zoöplankton en macrofauna (en ook van vissen) (Kurstjens et al., 2020). Connectiviteit kan een positieve invloed hebben op de nutriëntencyclus, de koolstofcyclus en de biodiversiteit van een systeem. Zo toonden bijvoorbeeld Power et al. (1995) in een modelstudie aan dat voor overstromingsvlakten bij een rivier geldt dat deze grotere en stabielere populaties van zowel ongewervelden als vissen kunnen bevatten bij een langdurige inundatieperiode en een goede connectiviteit

met de rivier. Voorts tonen Verdonschot et al. (2023) aan dat de uitwisseling van organische stof tussen achterland (de achteroever) en meersysteem in het IJsselmeer en het Ketelmeer momenteel beperkt is, wat belemmerend werkt voor het functioneren van het ecosysteem.

In deze studie laten we zien dat er duidelijke verschillen zijn in de zoöplankton- en macrofaunagemeenschappen van de verschillende oevertypes, ondanks dat deze op korte afstand van elkaar liggen. De achteroever bevat zoöplankton- en macrofaunagemeenschappen die horen bij een slotensysteem met waterplanten en een bodem met organisch materiaal, terwijl de IJsselmeerkust en de zwemkom gemeenschappen bevat die passen bij een meersysteem met open water en een mineraal substraat. Een geleidelijke overgang die zorgt voor een goede connectiviteit en die uitwisseling mogelijk maakt, ontbreekt, waardoor er twee verschillende systemen naast elkaar bestaan.

Van een gradiënt in omstandigheden, die hoort bij een verbonden en daardoor geleidelijke overgang tussen habitattypen, is alleen in de strang sprake. De bemonsterde vooroeverstrang staat wel in verbinding met het IJsselmeer. Voor de macrofauna en zoöplankton in de vooroeverstrang is een duidelijke gradiënt te zien van een gemeenschap die lijkt op de gemeenschap van de bemonsterde IJsselmeerkust (locatie VS1) naar een gemeenschap die wat meer richting de gemeenschap gaat die op de achteroever te vinden is (met een hogere biodiversiteit (locatie VS4 en VS5)).

4.4 Macrofauna en zoöplankton als voedsel voor vissen

Zoöplankton en macrofauna zijn belangrijke voedselbronnen voor de larven en juveniele stadia van de meeste vissoorten (Van Emmerik & Quak, 2020). Het dieet van de vislarven en juveniele vissen, die in de Koopmanspolder zijn aangetroffen tijdens de bemonstering van Sportvisserij Nederland in 2017 (Van Emmerik & De Laak, 2017) en ATKB in 2020/2021 (Kleppe, 2021), is weergegeven in Tabel B4.1. Uit deze tabel blijkt dat de meeste larven niet aangewezen zijn op één specifieke soort zoöplankton of macrofauna, en dat de voedseldiversiteit over het algemeen toeneemt voor juveniele vissen (Nunn et al., 2021). Wel is er een aantal algemene patronen te herkennen. Zo behoren rotiferen en kleine copepoden (nauplii) tot het dieet van de meeste vislarven. Grotere zoöplankton, zoals cladoceren en adulte copepoden, maar ook macrofauna (zoals insectenlarven, waterpissebedden, vlokreeften, zoetwaterborstelwormen, aasgarnalen), perifyton en andere vissen worden door juveniele vissen gegeten (Van Emmerik & Quak, 2020; Nunn et al., 2021).

Aangezien de voedselvoorkeuren van vissen per levensstadium en soort verschilt (zoals te zien is in Tabel B4.1), is het van belang dat er een breed aanbod aan macrofauna en zoöplankton is (Quak, 2018). Een hoge variatie aan voedsel in een klein gebied is van groot belang voor de succesvolle ontwikkeling van larven en juveniele vissen. Meer habitatheterogeniteit zorgt voor een hogere diversiteit van zoöplankton en macrofauna en dientengevolge ook voor een toename in diversiteit van de visgemeenschap. Het is bekend dat de aanwezigheid van complexe structuren in het water, zoals vegetatie en dood hout, een positief effect hebben op visdichtheden en soortensamenstelling (Buijse et al., 2002; Górski et al., 2012). Naast het bieden van een divers voedselaanbod zorgen deze structuren ook voor schuilplaatsen, wat de overleving bevordert.

Er werden geen grote verschillen waargenomen in de diversiteit van het zoöplankton in de Koopmanspolder. Alhoewel de zoöplankton taxarijkdom van de achteroever wat hoger was vergeleken met de andere locaties, is de Shannons diversiteitindex hier juist lager. Wel is er een verschil in de dominante zoöplanktonsoorten tussen de verschillende wateren. In het IJsselmeer is in het najaar het kleinere zoöplankton relatief dominant (zoals *Diaphanosoma* sp. en *Bosmina* sp.), wat zou kunnen komen door een hoge predatiedruk door vissen (Jeppesen et al., 2000). In de wateren van de achteroever zijn meer planten-geassocieerde soorten, zoals *Simocephalus* sp., *Chydorus* sp. en *Alonella* sp., dominant en zijn er lagere aantallen van bepaalde soorten kleinere zoöplankton (zoals *Bosmina* sp.), wat zou kunnen komen door voorkeur van vislarven en juvenielen voor deze kleinere taxa (Quak, 2018).

Wat de macrofauna betreft, vallen de meeste organismen (o.a. vlokreeften, bloedzuigers, kevers, vliegen- en muggen, haften, slakken, kokerjuffers, wormen en zoetwaterpissebedden) binnen het dieet van de vislarven en juveniele vissen die voorkomen in de Koopmanspolder. Deze macrofaunagroepen komen allemaal voor in

de wateren van de achteroever en de meeste taxa ook in de vooroeverstrang, terwijl veel van deze groepen afwezig zijn aan de oever van de IJsselmeerkust. Op basis hiervan lijken de vooroeverstrang en de achteroever betere foerageergebieden te zijn voor jonge vissen in vergelijking met de IJsselmeerkust.

In de visbemonstering in De Vooroever op twee locaties (andere locaties dan de bemonsterde vooroeverstrang in deze studie) in 2021 zijn 13 verschillende vissoorten aangetroffen (De Laak & Quak, rapport in voorbereiding), terwijl in de wateren van de achteroever 15 vissoorten zijn aangetroffen in 2020/2021 (Kleppe, 2021). Echter, er zijn tijdens de visbemonstering van de achteroever in 2017 zelfs 23 verschillende soorten vissen aangetroffen (Van Emmerik & De Laak, 2017). Deze hogere soortenrijkdom zou kunnen komen door de hogere vegetatiebedekking met submerse en emerse planten in de wateren van de achteroever ten opzichte van de vooroever. Het is voor jonge vissen namelijk belangrijk dat er voldoende schuilgelegenheid aanwezig is om predatie te voorkomen (Van Emmerik, 2022).

4.5 Het verbeteren van oevers in de toekomst

Al met al laat het onderzoek zien dat 'zachte' land-waterovergangen, zoals die te vinden zijn in de vooroeverstrang, zorgen voor een verhoogde habitatheterogeniteit en bijdragen aan de biodiversiteit. Omdat er geen metingen zijn gedaan voor en na uitvoering van de inrichtingsmaatregelen, is het op basis van de data in dit rapport alleen mogelijk om hypothetische aanbevelingen te geven voor het verbeteren van oevers in de toekomst.

Hypothetisch zou de combinatie van een vooroever met hierin een geleidelijke land-waterovergang (zoals een strang), in combinatie met een achteroever, de meeste winst opleveren wat betreft het creëren en/of faciliteren van habitatheterogeniteit en biodiversiteit. Het voordeel van vooroevers is dat ze een goede connectiviteit hebben met het IJsselmeer en daardoor interactie met het meersysteem hebben. Hierin zit echter ook meteen een nadeel, namelijk dat ze te maken hebben met het tegennatuurlijke peilbeheer van het IJsselmeer. Een tegengesteld peil is niet optimaal voor de macrofauna, omdat de als habitat belangrijke ondiepe litorale zones niet goed tot ontwikkeling kunnen komen en het verloop van natuurlijke ecosysteemprocessen in deze zone verstoord wordt. Dit is ook eerder aangetoond voor de diversiteit (en voedingswaarde) van de macrofauna in het Markermeer (Verdonschot et al., 2021).

Achteroevers daarentegen hebben het voordeel dat er een eigen peilbeheer gehandhaafd kan worden, waardoor het peilbeheer afgestemd kan worden op de optimale condities voor aquatische organismen. Een nadeel van een achteroever naar het model van de Koopmanspolder in deze studie is dat de connectiviteit met het IJsselmeer onvoldoende is, waardoor in de achteroever een eigen systeem is ontstaan. Het beter bij elkaar betrekken van beide systemen, bijvoorbeeld door water continu in en uit de polder te laten stromen zodat meer uitwisseling kan plaatsvinden, zou een duidelijke meerwaarde hebben voor beide systemen.

Tot slot is een lange voorjaarsinundatie van in de zomer droogvallende delen, zoals die plaatsvond in 2022 in de Koopmanspolder (Van Ek, 2023), gunstig voor de productiviteit van het zoöplankton en de macrofauna. De inundatie moet lang genoeg zijn, zodat primaire productie op gang komt en zoöplankton, macrofauna en visbroed hiervan kunnen profiteren (Kurstjens et al., 2020). De voorjaarsinundatie zorgt ervoor dat er een ondiepe laag water op de overstromingsvlakte van de Koopmanspolder komt te staan. Deze ondiepe laag water zal in het voorjaar sneller opwarmen, wat zorgt voor een hogere zoöplanktonproductie. Hierdoor ontstaat een productiever systeem, wat weer gunstig is voor de macrofauna en vislarven. Ook uit een beperkte veldstudie in de overstromingsvlakte van Buiten Ooij bij Nijmegen bleek dat voorjaarsinundatie zorgde voor hoge productiviteit van algen, zoöplankton en macrofauna (Kurstjens et al., 2020). Ook de dichtheden aan vislarven waren in de jaren dat er voorjaarsinundatie plaatsvond in de overstromingsvlakte veel hoger in vergelijking met jaren zonder inundatie (Kurstjens et al., 2020). Door een natuurlijk peilregime met langdurige voorjaarsinundaties te hanteren, kan naast het stimuleren van de biodiversiteit van macrofauna en zoöplankton ook de voedselvoorziening voor vissen in verschillende levensstadia worden gewaarborgd.

5 Conclusies

De volgende kennisvragen stonden centraal:

- Wat kunnen achteroevers betekenen voor het robuust functioneren van de meersystemen in het IJsselmeergebied, in termen van (voedsel)productie (waterplanten, invertebraten, vis) voor de soorten (vis, vogels) op hoger trofisch niveau die rondom het IJsselmeer en Markermeer leven, en de (sport)visserij?
- Welke ontwerpprincipes zijn te optimaliseren om het concept op te schalen (in ha) in het IJsselmeergebied, rekening houdend met verschillen in lokale omstandigheden?

Vraag 1: Betekenis van achteroevers voor het robuust functioneren van meersystemen in het IJsselmeergebied

De inzichten uit deze studie zijn een nieuwe bouwsteen om deze vraag op te lossen, maar geven nog niet het volledige antwoord. Het antwoord is uit te splitsen naar een bijdrage in biodiversiteit en ecologische draagkracht (productiviteit).

Deze studie illustreert de meerwaarde van een vooroever met vooroeverstrang en achteroever voor de aquatische biodiversiteit ter plaatse. De vegetatie van de vooroever bij Medemblik heeft zich lang kunnen ontwikkelen sinds de aanleg van de jaren negentig van de vorige eeuw. De achteroever is pas sinds 2012 in verbinding gebracht met het IJsselmeer en wordt sindsdien beheerd als een natuurterrein met recreatiemogelijkheden. De verbinding tussen achteroever en IJsselmeer is maar twee keer per jaar een realiteit bij peilopzet in het voorjaar en het verlagen van het peil tegen het einde van de zomer. Hierdoor is de meerwaarde van deze verbinding voor de biodiversiteit voor de achteroever, vooroever en IJsselmeerkust tezamen, nog te verbeteren, bijvoorbeeld door een verbinding te realiseren die voortduurt in het voorjaar en de zomer.

De gradiënt in macrofaunagemeenschappen in de vooroeverstrang was een eyeopener en kan beschouwd worden als een aangetoond positief effect van dit soort type inrichtingsmaatregelen, dat tot nu toe onderbelicht is gebleven.

De bijdrage van achteroevers aan de ecologische draagkracht van het IJsselmeer is met deze studie niet aangetoond. Echter het combineren van resultaten van deze studie met inzichten uit ander lopend onderzoek in het kader van de PAGW kan hier wel meer inzicht in bieden.

Vraag 2: Ontwerpprincipes voor de voor- en achteroevers die op te schalen zijn naar toekomstige inrichtingsmaatregelen in litorale zones

Het realiseren van een macrofaunagradiënt in een vooroeverstrang is zeker interessant om als ontwerpprincipe in de toekomst te gaan hanteren. Van belang is daarbij wel om tijd te geven aan de successie bij het evalueren van de effectiviteit.

In het huidige ontwerp en beheer van de huidige Koopmanspolder is een binnendijks landschap met een buitendijks landschap (de vooroever) gecombineerd. Het verbinden van binnen- en buitendijkse landschappen is een opschaalbaar ontwerpprincipe. Echter, met de 'kennis van nu' is het aan te bevelen om bijvoorbeeld meer aandacht te geven aan de voor- en nadelen van connectiviteit van beide deelsystemen vanuit meerdere perspectieven, d.w.z. macrofauna, zoöplankton, vis en uitwisseling van stoffen.

6 Aanbevelingen

- De mogelijkheid onderzoeken om aanvullende, continue waterkwaliteitsmetingen met een datalogger te verrichten op de locaties die PWN nu ook maandelijks bemonstert, om meer inzicht te krijgen in de zuiverende werking van een achteroever.
- Een analyse van de velddata van dit onderzoek kan gecombineerd worden met het veldonderzoek van PWN in de Koopmanspolder; mogelijk leidt dit tot aanvullende inzichten.
- Wat kan er geleerd worden als verschillende studies in het IJsselmeergebied over herstel van leefgebied in litorale zones met elkaar vergeleken worden (Koopmanspolder, Marker Wadden, Oostvaardersplassen etc.) en ook elders in Europa?
- Het organiseren van een reflectieworkshop waarbij de resultaten van dit onderzoek in een breder kader geplaatst worden: Welke inzichten zijn bijvoorbeeld relevant voor de PAGW Wieringerhoek?
- De studie biedt inzicht over de effecten van herstel leefgebied op de biodiversiteit van macrofauna en zoöplankton. Maar wat betekent herstel leefgebied (en peilbeheer) voor alle dimensies van biodiversiteit op verschillende trofische niveaus? Het is een aanbeveling om ook daar onderzoek naar te doen. Een monotone emergente vegetatie van riet kan immers wel weer heel divers zijn in rietmoerasvogels, om maar een voorbeeld te geven.
- De interactie met het gebruik is in deze deelstudie niet onderzocht, maar is voor het hoofddoel van het project 'Werken met Waterlandschappen' wel relevant en is ook in andere deelprojecten onderzocht. Synthese van al deze resultaten is van belang om de tweede onderzoeksvraag (hoofdstuk 1) te kunnen beantwoorden.

Literatuur

- De Beauvesère-Storm A. 2021. Soortensamenstelling en abundantie van mesozoöplankton uit de Rijkswateren MWTL meetjaar 2020. Eurofins / AquaSense BM20.06.
- Ter Braak, C. J., Šmilauer, P. 2012. Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0.
- Buijse, A.D., H. Coops, M. Staras, L.H. Jans, G.J. van Geest, R.E. Grift, B.W. Ibelings, W. Oosterberg & F.C.J.M. Roozen (2002). Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. *Freshwater Biology* 47: 889-907.
- Consulentschap NMF Noord-Holland, 1990. INFORMATIENOTA PROJECT VOOROEVERONTWIKKELING "ONDERDIJK". Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- Dorgelo, J., & Van der Kamp, L. (1992). Heavy metals in the IJsselmeer area (The Netherlands): supply, distribution and concentrations in water, sediment and organisms. A review. *Hydrobiological Bulletin*, 25, 191-216.
- Doef, R., en Van Ek, R. 2021. Ervaringen met het achteroever-concept in de Koopmanspolder. *Water Matters* (kennis-catteren van H20-Magazine): 32-35.
- Van Ek, R. 2016. Pilot Koopmanspolder - Eindrapportage monitoring. Deltares.
- Van Ek, R., Doef, R., Bruin-Baerts, K., van Nierop, A. 2017. Achteroevers: Lessen uit de Koopmanspolder. *Landschap* 2017/1.
- Van Ek, R. 2020. Koopmanspolder monitoring 2019 - Monitoringsrapport 2019. Witteveen+Bos.
- Van Ek, R. 2023. Koopmanspolder monitoring - Monitoringsrapport 2021-2022. Witteveen+Bos.
- Elbersen, J. W. H., Verdonschot, P. F. M., Roels, B., & Hartholt, J. G. (2003). Definitiestudie Kaderichtlijn Water (KRW); I. typologie Nederlandse oppervlaktewateren (No. 669). Alterra.
- Van Emmerik, W.A.M., de Laak, G.A.J. 2017. Visonderzoek achteroever Koopmanspolder. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Emmerik, W.A.M. 2022. De ontwikkeling van de visstand rond Marker Wadden. Eindrapport 5 jaar vismonitoring. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Gianuca, A. T., J. Engelen, K. I. Brans, F. T. T. Hanashiro, M. Vanhamel, E. M. van den Berg, C. Souffreau, L. D. Meester. 2018. Taxonomic, functional and phylogenetic metacommunity ecology of cladoceran zooplankton along urbanization gradients. *Ecography* 41:183-194.
- Górski, K., Buijse, A. D., Winter, H. V., De Leeuw, J. J., Compton, T. J., Vekhov, D. A. & Nagelkerke, L. A. J. (2012). Geomorphology and flooding shape fish distribution in a largescale temperate floodplain. *River Research and Applications*, 29(10), 1226–1236.
- Jeppesen, E., Peder Jensen, J., Søndergaard, M., Lauridsen, T., & Landkildehus, F. (2000). Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater biology*, 45(2), 201-218.
- Kleppe, R. 2021. REGIONALE VISMIGRATIE KOOPMANSPOOLDER 2020 EN 2021. ATKB voor natuur en leefomgeving.
- Kurstjens, G., Nijssen, M., van Winden, A., Dorenbosch, M., Moller Pillot, H., van Turnhout, C., & Veldt P., 2020. Natte overstromingsvlakten in het rivierengebied. Ecologisch functioneren en ontwikkelkansen, rapport 2020/OBN237-RI. VBNE, Driebergen.
- De Laak, G.A.J. & Quak, J. Rapport in voorbereiding. Visserijkundig Onderzoek Zwemkom en Vooroever in Wervershoof, 2021. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- De Laak, G.A.J., Quak J., 2022. Visserijkundig onderzoek Zwemkom en Vooroever in Wervershoof. Sportvisserij Nederland, Bilthoven. [Intern rapport, opvraagbaar]
- Van der Lee, G. H., Verdonschot, R. C., Kraak, M. H., & Verdonschot, P. F. (2018). Dissolved oxygen dynamics in drainage ditches along a eutrophication gradient. *Limnologica*, 72, 28-31.
- Van Leeuwen, C. H. A., de Leeuw, J. J., Volwater, J. J. J., van Keeken, O. A., Jin, H., Drost, A. M., ... & Bakker, E. S. (2023). Creating new littoral zones in a shallow lake to forward-restore an aquatic food web. *Science of the Total Environment*, 904, 166768.
- LNV. 1990. Informatienotie - Natuurontwikkelingsproject IJsselmeeroevers - Onderdijk. Den Haag, p. 46.
- Noordhuis, R. 2001. Macrofauna in het IJsselmeergebied. *De Levende Natuur* 102 (5): 231-236

-
- Noordhuis, R., S. de Rijk, G. van Geest, M. Maarse, S. Vergouwen, and A. Boon. 2019. *KlimaatScan - Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor het ecologisch functioneren van de Nederlandse Grote Wateren?* Deltares, Utrecht, p. 70.
- Oosterhuis, D. 2022. *Koopmanspolder: Sampling methods for effective larval and juvenile fish monitoring, stagerapport Wageningen Universiteit (opvraagbaar) en presentatie over de stage tijdens de Water en Visdag is wel online beschikbaar.*
- Power M.E., Sun Parker M., Dietrich W.E., Wootton J.T. (1995). Hydraulic food-chain models: an approach to the study of foodweb dynamics in large rivers. *BioScience* 45: 159–167
- Quak, J. 2018. *Wie het kleine niet eert - Voedseleecologie van larvale en juveniele vis.* VISIONAIR NR. 50
- Van Riel M.C., Verdonschot P.F.M & Dekkers D.D. (2018) *Markermeer bodemfaunakartering 2016 en MWTL-analyse MWTL data.* Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 48 pp.
- Rijkswaterstaat, 2020. *Kansen voor Achteroevers.* Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Rommelzaal, A., Lankester, J., van den Broeke, M. A., Lichtendahl, M., van Konijnenburg, P., Garritsen, T., van Heusden, W. 2017. *Preverkenning IJsselmeergebied - Achtergronddocument Preverkenning ecologische kwaliteit IJsselmeergebied.* Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat / Rijkswaterstaat en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit / Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Shurin, J. B., Arnott, S. E., Hillebrand, H., Longmuir, A., Pinel-Alloul, B., Winder, M., & Yan, N. D. (2007). Diversity–stability relationship varies with latitude in zooplankton. *Ecology Letters*, 10(2), 127-134.
- Smit, J.M., Vos, M.G. 2011. *Groenstructuurplan Gemeente Medemblik.* HB Adviesbureau, Alkmaar.
- Soesbergen, M. 2018. *Achteroever Koopmanspolder watervlooiën voer voor vissen.* *Natuur in Noord-Holland.* Jaargang 17 4
- Verdonschot, R. C. M., J. de Vries, G. H. van der Lee, A. Bakker, A. M. van Noord, and P. F. M. Verdonschot. 2022. *Verbrede blik op het voedselweb en ecologisch functioneren van de Nederlandse grote wateren: Verkenning van de rol die het achterland speelt bij het ecologisch functioneren van het IJsselmeergebied aan de hand van stofstromen - Deel I Theoretisch kader en casestudie IJssel-Vechtdelta.* In: *Notitie Zoetwatersystemen.* Wageningen Environmental Research, Wageningen, p. 64.
- Verdonschot, P. F. M., M. C. v. Riel, and R. C. M. Verdonschot. 2021. *Gezond bodemleven als sleutel voor een robuust Markermeer.* *Landschap: tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde* 38: 14-23.
- Vijverberg, J. & Frank, H. Th. 1976. The chemical composition and energy contents of copepods and cladocerans in relation to their size. *Freshwater Biology* 6: 333 – 345
- De Vries, J., Kraak, M. H., & Verdonschot, P. F. (2023). Complementarity of community indices in characterizing aquatic macroinvertebrate assemblages. *Global Ecology and Conservation*, 46, e02604.

Bijlage 1 Stageopdracht visbroed- en zoöplanktonmonitoring

Oosterhuis, D. 2022. Koopmanspolder: *Sampling methods for effective larval and juvenile fish monitoring*, stagerapport Wageningen Universiteit (opvraagbaar) en presentatie over de stage tijdens de Water en Visdag is wel online beschikbaar.

Samenvatting

De Koopmanspolder is de eerste toepassing binnen het brede innovatieve concept achteroevers. Er is een verbinding gelegd met het IJsselmeer, zodat het waterpeil actief kan worden aangestuurd, er zijn zachte land-waterovergangen gerealiseerd, het aandeel open water is vergroot en er is een visvriendelijke verbinding gerealiseerd. De Koopmanspolder wordt gebruikt als proeftuin voor waterbeheer en natuurontwikkeling nabij het IJsselmeer.

In de Koopmanspolder worden sinds 2012 monitoringsactiviteiten uitgevoerd, met name gericht op het voorkomen van vis, vogels en vaatplanten. Vismetingen laten zien dat er een toename is in biomassa en aantal soorten vis. Visueel wordt ook genoeg jonge vis waargenomen, maar dit is nooit direct gemeten. In het voorliggende onderzoek is gedurende een korte periode op systematische wijze juveniele vis bemonsterd. Daarbij is specifiek gekeken wat effectieve vangmethoden zijn. Daarnaast richt de bemonsteringsmethode zich ook op het verkrijgen van inzicht in habitatvoorkeuren. Dit onderzoek stelt daarom de volgende onderzoeksvraag: Welke samplingsmethodes zijn effectief voor het monitoren van jonge vis in de Koopmanspolder? Deze vraag is opgedeeld in drie deelvragen: 1) Hoe effectief is het gebruik van broedvallen en flesvallen in vergelijking met een vislarvennet? 2) Zijn er verschillen in vis aanwezigheid tussen locaties? 3) Zijn er verschillen in vis aanwezigheid tussen samplingstijden? 4) Wat zijn de verschillen in habitat tussen locaties?



Figuur B1.1 Visbroed-experiment tijdens de stageopdracht van Dian Oosterhuis in 2022.

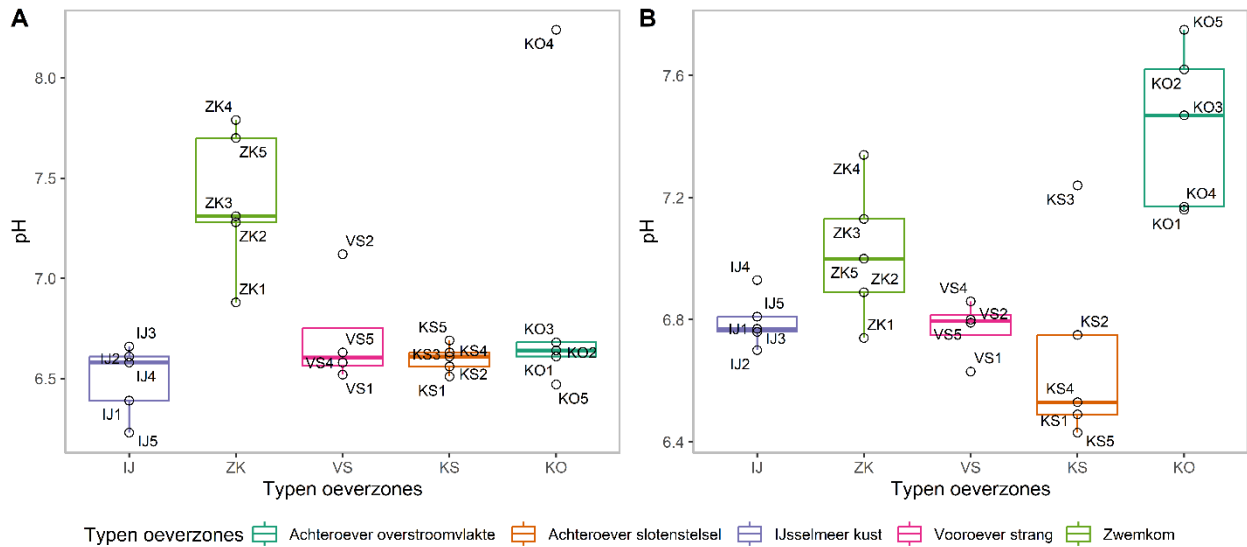
Tijdens dit onderzoek zijn broedvallen, flesvallen en een vislarvennet gebruikt als samplingsmethoden voor het vangen van vis op vier locaties. Statistische analyse toonde aan dat het vislarvennet het efficiëntst is. Verschillen met voorgaande studies zijn het meest gelinkt aan het verschil in samplingopzet. De hoge

abundantie Kaukasische dwerggrondel (exoot) en de lage abundantie van inheemse vissoorten heeft mogelijk te maken met de recente invasie van de exoot in de Koopmanspolder en het geringe aanbod van verschillende substraten (veel slib) op de locaties. Verschillen in visaantallen in tijd en locaties konden niet worden aangetoond en zijn mogelijk beïnvloed door andere variabelen (snoek, voedselaanbod en gedrag van scholen vis) en gebrek aan onderscheiding van visaantallen in verschillende habitats binnen een samplinglocatie. Verder is er aangetoond met zoöplanktonsamples dat zoöplankton ($\leq 80\mu\text{m}$) van de groepen Calanoida, Cyclopoida (nauplii, adult), Nauplius, Rotifera, Copepoda and Protozoa (*K. quadrata* and *K. cochlearis*) beschikbaar zijn als voedselbronnen voor jonge vis.

Het gebruik van grote vislarvennetten (hoepelnet), elektrovissen en kleine handnetten kunnen in vervolgonderzoek individueel en in combinatie worden onderzocht. Het gebruik van broedvallen en flesvallen hebben op basis van dit onderzoek een lagere voorkeur. Het design van broedvallen kan verder worden onderzocht door onder andere het verhogen van aantal vallen, het verkleinen van tijdsintervallen tussen bemonsteringstijden en een systematische keuze van locatie en habitat. Habitats kunnen worden aangewezen als bemonsteringslocaties op basis van vegetatiebedekking, substraatbedekking, open water, rietvegetatie, waterdiepte etc. Andere zoöplanktonbemonsteringsmethoden kunnen worden gebruikt in verder onderzoek om de precisie van bemonstering te verbeteren en zodat de kwantiteit van voedselbronnen verder kan worden onderzocht.

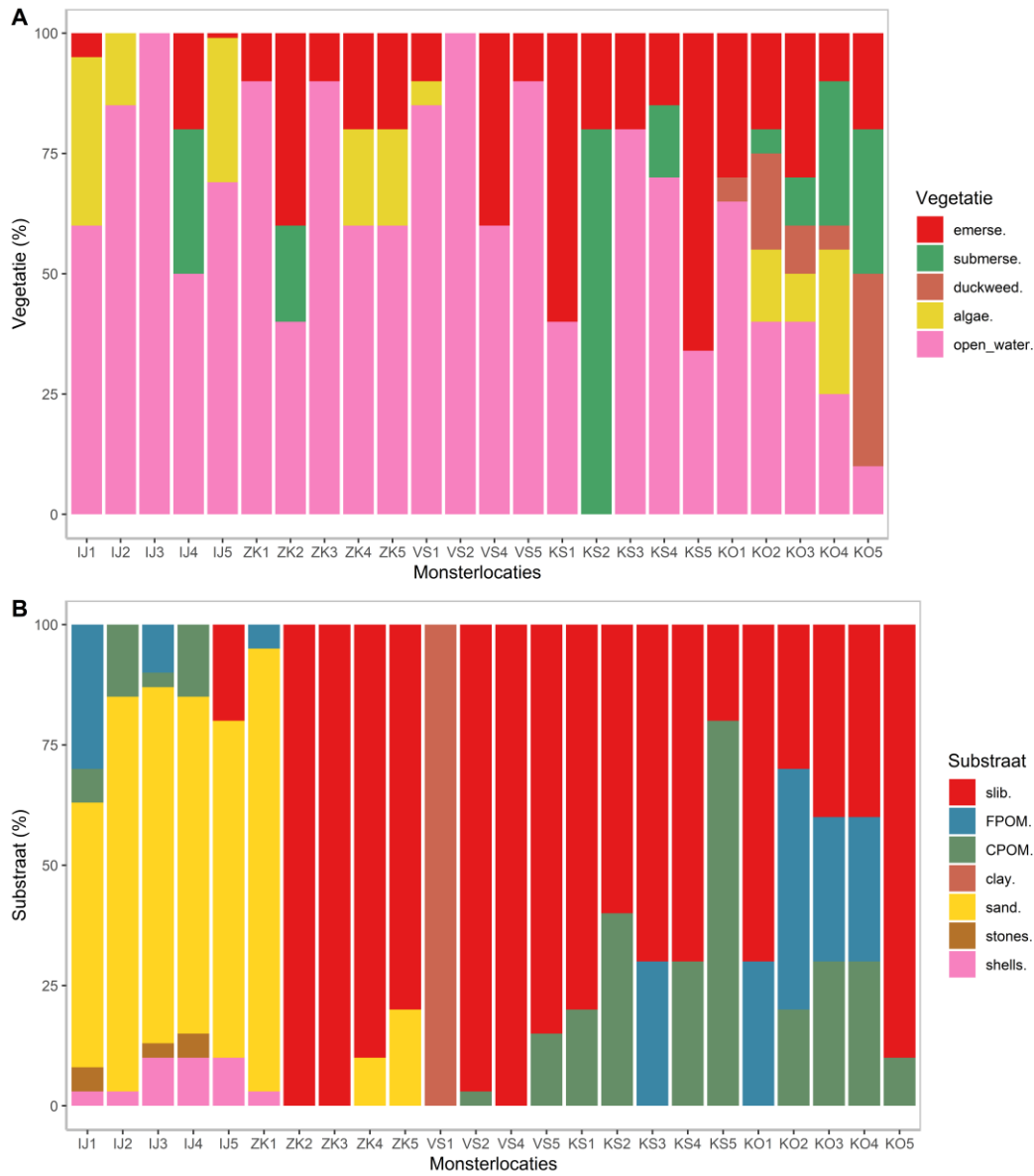
De lage abundantie van inheemse vissen en hoge abundantie van *K. caucasica* geeft reden om mogelijke invasieve effecten te blijven onderzoeken. In dynamische ecosystemen als de Koopmanspolder blijft continue, jaarlijkse monitoring dus belangrijk. Zo zal het proeftuinproject in de Koopmanspolder als voorbeeld blijven dienen voor de natuurlijke dynamiek van visreproductie bij de achteroevers van het IJsselmeer.

Bijlage 2 Gemeten pH-waardes in de vijf verschillende oevertypes

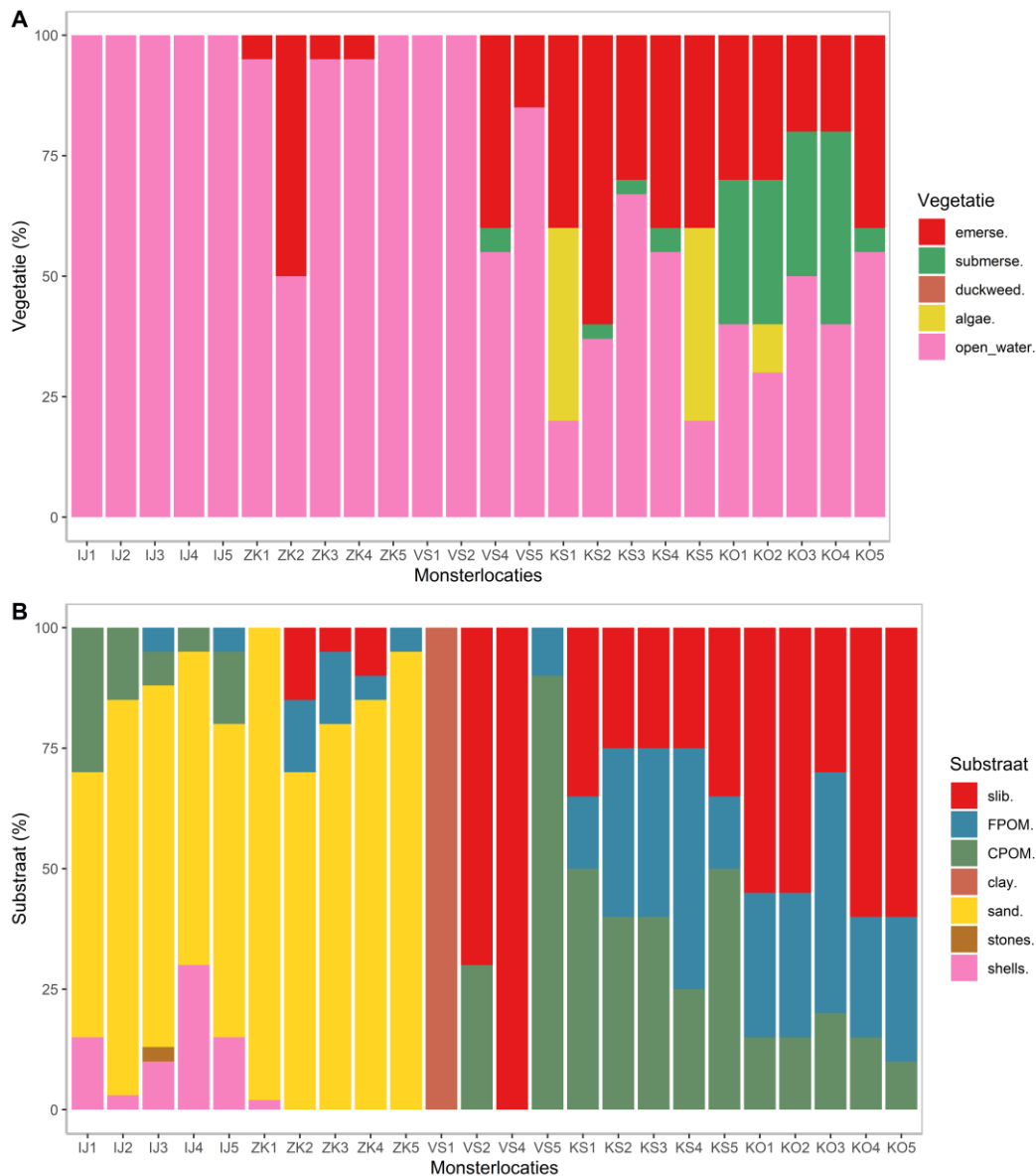


Figuur B2.1 Gemeten pH-waardes in het water in het najaar 2021 (A) en voorjaar 2022 (C) in de verschillende oevertypen bij de Koopmanspolder. IJ=IJsselmeerkust, ZK=Zwemkom, VS=Vooroeverstrang, KS= Slotenstelsel achteroever en KO=Overstromingsvlakte achteroever; de nummers zijn de verschillende locaties (zie Figuur 3).

Bijlage 3 Vegetatie- en substraatbedekking in de vijf verschillende oevertypes



Figuur B3.1 Vegetatiebedekking (A) en substraatbedekking (B) van de bemonsterde locaties aan de IJsselmeerkust (IJ), Zwemkom (ZK), Vooroeverstrang (VS), Achteroever slotenstelsels (KS) Achteroever overstromingsvlakte (KO) in het najaar van 2021.



Figuur B3.2 Vegetatiebedekking (A) en substraatbedekking (B) van de bemonsterde locaties aan de IJsselmeerkust (IJ), Zwemkom (ZK), Vooroeverstrang (VS), Achteroever slotenstelsels (KS) Achteroever overstroomingsvlakte (KO) in het voorjaar van 2022.

Bijlage 4 Dieet van de vislarven en juveniele vissen in de Koopmanspolder

Tabel B4.1 Het dieet van de vislarven en juveniele vissen (gebaseerd op een review van Nunn et al., 2012) van de vissoorten die aangetroffen zijn in de Koopmanspolder tijdens de bemonstering Sportvisserij Nederland in 2017 en ATKB in 2020/2021.

Soort	Familie	Dieet vislarven	Dieet juveniele vissen
Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)	Anguillidae	-	-
Alver (<i>Alburnus alburnus</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Cyclopoida (nauplii, adulte) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : Bacillariophyta (diatomeeën)	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Cyclopoida (nauplii) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae
Baars (<i>Perca fluviatilis</i>)	Percidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Daphniidae, Polyphemidae, Leptodoridae, Cyclopoida (nauplii, adulte)	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Bosminidae, Chydoridae, Leptodoridae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Ephemeroptera <u>Overige</u> : vissen
Bittervoorn (<i>Rhodeus amarus</i>)	Cyprinidae	-	-
Blankvoorn (<i>Rutilus rutilus</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Daphniidae, Cyclopoida (nauplii, adulte) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : perifyton, Bacillariophyta (diatomeeën)	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Bosminidae, Cyclopoida, <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : perifyton, detritus, cyanobacteriën
Brasem (<i>Abramis brama</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Chydoridae, Bosminidae, Daphniidae, Cyclopoida (nauplii, adulte) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : Diatomeeën	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Chydoridae, Bosminidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : perifyton
Driedoornige stekelbaars (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	Gasterosteidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Cyclopoida (nauplii, adulte), Chydoridae, Daphniidae, Bosminidae <u>Macrofauna</u> : Chironomidae	<u>Zoöplankton</u> : Bosminidae, Chydoridae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Oligochaeta, Asellidae, Gammaridae
Giebel (<i>Carassius gibelio</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Bosminidae, Chydoridae, Copepoda <u>Macrofauna</u> : Chironomidae	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Bosminidae, Chydoridae, Copepoda <u>Macrofauna</u> : Chironomidae
Karper (<i>Cyprinus carpio</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Chydoridae, Ostracoda, Cyclopoida (nauplii, adulte) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Corixidae	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Chydoridae, Ostracoda, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Hemiptera, Chironomidae, Oligochaeta, Gastropoda, Trichoptera
Kleine modderkuiper (<i>Cobitis taenia</i>)	Cobitidae	-	-
Kolblei (<i>Blicca bjoerkna</i>)	Cyprinidae	-	-
Marm grondel (<i>Proterorhinus semilunaris</i>)	Gobiidae	-	-
Pos (<i>Gymnocephalus cernua</i>)	Percidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Cyclopoida (nauplii, adulte), Daphniidae, Bosminidae, Chydoridae <u>Macrofauna</u> : Chironomidae	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera, Hirudinea
Rietvoorn (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Daphniidae, Copepoda (nauplii) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : Bacillariophyta (diatomeeën)	<u>Zoöplankton</u> : Bosminidae, Chydoridae, Daphniidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae
Riviergrondel (<i>Gobio gobio</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Chydoridae, Cyclopoida (nauplii, adulte) <u>Macrofauna</u> : Chironomidae	<u>Zoöplankton</u> : Chydoridae, Cyclopoida, Ostracoda <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera <u>Overige</u> : perifyton

Soort	Familie	Dieet vislarven	Dieet juveniele vissen
Roofblei (<i>Aspius aspius</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Copepoda (nauplii, adulte), Cladocera <u>Macrofauna</u> : Chironomidae	<u>Macrofauna</u> : Chironomidae
Snoek (<i>Esox lucius</i>)	Esocidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Daphniidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Asellidae, Gammaridae	<u>Zoöplankton</u> : Daphniidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Asellidae, Gammaridae <u>Overige</u> : vissen
Vetje (<i>Leucaspis delineatus</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Daphniidae, Chydoridae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : perifyton	<u>Zoöplankton</u> : Bosminidae, Daphniidae, Chydoridae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae <u>Overige</u> : perifyton
Winde (<i>Leuciscus idus</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Cyclopoida (nauplii, adulte), Polyphemidae <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Diptera (adulte) <u>Overige</u> : Bacillariophyta (diatomeeën)	<u>Macrofauna</u> : Diptera (adulte), Chironomidae <u>Overige</u> : perifyton, Cyanophyta (cyanobacteriën), detritus
Zeelt (<i>Tinca tinca</i>)	Cyprinidae	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Ostracoda, Daphniidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Ephemeroptera <u>Overige</u> : Protozoa, Bacillariophyta (diatomeeën)	<u>Zoöplankton</u> : Rotifera, Bosminidae, Chydoridae, Ostracoda, Daphniidae, Cyclopoida <u>Macrofauna</u> : Chironomidae, Ephemeroptera
Zwartbekgrondel (<i>Neogobius melanostomus</i>)	Gobiidae	-	-

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3321
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3320
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

