

## NOTITIE KIWK

### **Maatregелеffectiviteit oeverherstel**

Macrofaunarespons op de aanleg van duurzame oevers in het  
beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland



Jip de Vries, Gea van der Lee, Piet Verdonschot

**Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research**

Februari 2022

**Auteurs**

Jip de Vries, Gea van der Lee, Piet Verdonschot (*correspondentie: jip.devries@wur.nl*)

**Opdrachtgever**

Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK)

**Projectgroep**

Gebruikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit

**Wijze van citeren**

De Vries, J., Van der Lee, G.H., Verdonschot, P.F.M. (2022). Macrofaunarespons op de aanleg van duurzame oevers in het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 22 pp.

**Trefwoorden**

Zuiderzeeland, macrofauna, duurzame oever, ecologische kwaliteit, habitatpreferentie

**Beeldmateriaal** Gea van der Lee

DOI: 10.18174/564867

CC-BY-NC 4.0

Dit project is uitgevoerd in opdracht van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK).

© 2022 Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental 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.

## Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Materiaal en methoden	6
2.1 Metingen	6
2.2 Taxonomische afstemming	7
2.3 Data-analyse	7
3 Resultaten	9
3.1 Meetpuntcombinatie 1	9
3.2 Meetpuntcombinatie 2	11
3.3 Meetpuntcombinatie 3	13
4 Conclusies en aanbevelingen	15
5 Literatuur	16
6 Supplement 1	17

## Samenvatting

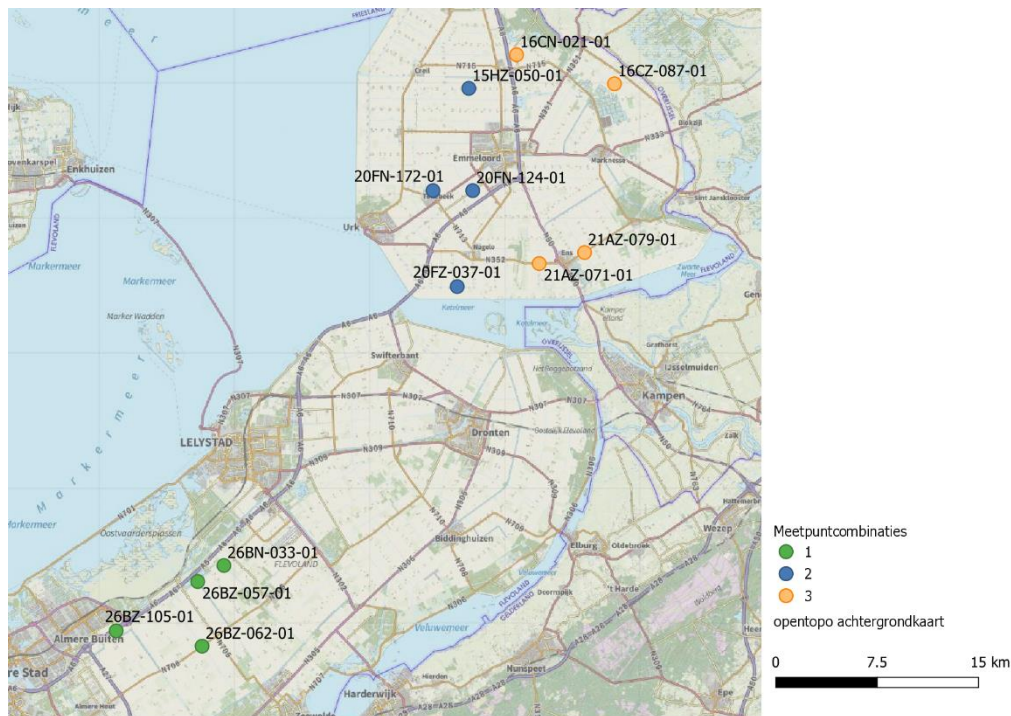
Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende gemeenschappen. In dit document is het effect van de aanleg van duurzame oevers in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland op de macrofaunagemeenschap in tochten geanalyseerd. Door een gebrek aan monitoringsdata op locaties met een duurzame oever vóór de aanleg hiervan, was het echter niet mogelijk om veranderingen in de soortensamenstelling toe te schrijven aan de aanleg van duurzame oevers.

Wel zijn er verschillen in soortensamenstelling te zien tussen locaties met verschillende oevertypen en een overeenkomende typologie. Lokaal is te zien dat bij de aanwezigheid van duurzame oevers meer soorten worden gevonden, die daarbij geassocieerd zijn met een omgeving rijk aan waterplanten en slib/fijne detritus en positief scoren op de KRW-maatlat. Elders blijkt echter dat een hoge organische belasting dit verschil kan overschaduwen en dus het effect van duurzame oevers teniet kan doen. De verschillen tussen locaties worden dan door andere (locatie-specifieke) milieu-omstandigheden veroorzaakt. De waterkwaliteit op basis van de macrofaunasamenstelling (EKR-scores) is voor enkele locaties met een duurzame oever hoger dan voor de bijbehorende controlelocaties. Hiermee lijkt de aanwezigheid van duurzame oevers positief van invloed te zijn op de ecologische kwaliteit, mits andere limiterende omgevingsfactoren op orde zijn. Om het verschil in kwaliteit toe te kunnen schrijven aan de aanleg van de oevers is echter een uitgebreidere monitoringsopzet nodig.

De aanbeveling is dan ook om toekomstige monitoring zo vorm te geven dat er voor meerdere locaties een uitspraak over de effectiviteit van de aanleg van duurzame oevers kan worden gedaan. Hiermee kunnen we leren van uitgevoerde maatregelen en kennis over maatregелеffectiviteit verder ontwikkelen.

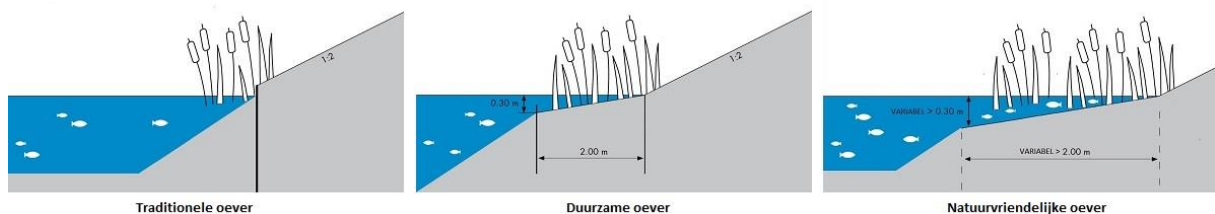
# 1 Inleiding

Een van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het kwantificeren van de effectiviteit van lokale maatregelen in verschillende watertypen op verschillende levensgemeenschappen. In dit document is het effect van de aanleg van duurzame oevers in het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland op de macrofaunagemeenschap in tochten (lijnvormige watergangen) geanalyseerd. De meetpunten liggen in de Zuidelijk en Oostelijk Flevoland (Figuur 1) en behoren tot het type niet-zoete gebufferde sloten (M1b). De punten liggen voornamelijk op zeekleigronden met als landgebruik overwegend akkerbouw.



**Figuur 1.** De locatie van meetpuntcombinaties.

Sinds de jaren '90 zijn er in de tochten in Flevoland verschillende oevervormen aangelegd, waaronder steenachtige, traditionele, duurzame en natuurvriendelijke oevers. Deze bieden in meer of mindere mate ruimte voor vegetatie-ontwikkeling (Figuur 2). De watergangen zijn 6-16 meter breed (Tabel 1).



**Figuur 2.** Oevervormen: A) Traditionele oever B) Duurzame oever C) Natuurvriendelijke oever.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Metingen

Er is een selectie gemaakt van meetpunten waar duurzame oevers aan minimaal een oeverkant zijn aangelegd, en waar bij voorkeur 7 of meer, maar minstens 4 jaar aan monitoringsdata beschikbaar was, met zowel data van voor als bij voorkeur meerdere jaren na de aanleg. Deze data is echter vaak enkel beschikbaar voor de jaren ná de aanleg van de duurzame oever. Een vergelijking met de ecologische toestand voordat de maatregel is genomen, in de vorm van een BACI-analyse (Before After Control Impact) is hierdoor niet mogelijk (Osenberg & Schmitt, 1996). In plaats daarvan zijn nabijgelegen meetpunten geselecteerd met vergelijkbare dimensies en zo mogelijk met een vergelijkbare omgeving. Deze meetpunten dienen als controlemeetpunt waar geen maatregel is uitgevoerd. Ook voor deze punten is een minimum van 4 jaar aan data aangehouden. In samenspraak met het waterschap zijn er drie combinaties van elk twee impact- en twee controlelocaties geselecteerd (Tabel 1, Tabel 2). De controlelocaties zijn van het traditionele en steenachtige type, een enkele oeverkant is natuurvriendelijk.

Op de 14 geselecteerde locaties is de macrofauna in het oppervlaktewater van het beheergebied van Waterschap Zuiderzeeland bemonsterd met een standaard macrofaunanet aan beide oeverkanten volgens het handboek hydrobiologische monitoring. Enkel metingen uit het voorjaar zijn meegenomen voor de homogeniteit van de analyse.

**Tabel 1:** Details van de geselecteerde macrofaunamonsterlocaties. NVO=Natuurvriendelijke oever, onb.=onbekend, C=Controlelocatie, I=Impactlocatie.

Groep	Code	Coördinaten		Breedte	Oevertypen				C/I
		x	y		Links	Jaar van aanleg	Rechts	Jaar van aanleg	
1	26BN-033-01	159234	494267	8,9	NVO	Onb.	Traditioneel	Onb.	C
1	26BZ-057-01	157296	493078	13,75	Duurzaam	Onb.	Duurzaam	2015	I
1	26BZ-062-01	157620	488298	10,1	Duurzaam	Onb.	Traditioneel	Onb.	I
1	26BZ-105-01	151263	489427	16,4	Traditioneel	Onb.	Traditioneel	Onb.	C
2	15HZ-050-01	177350	529563	6	Traditioneel	Onb.	Traditioneel	Onb.	C
2	20FN-124-01	177640	522000	8,2	Duurzaam	1999	Duurzaam	2016	I
2	20FN-172-01	174700	522000	6	Duurzaam	1999	Duurzaam	Onb.	I
2	20FZ-037-01	176491	514901	6	Traditioneel	1991	Traditioneel	Onb.	C
3	16CN-021-01	180883	532054	6	Steenachtig	1997	Steenachtig	1997	C
3	16CZ-087-01	188125	529902	7	Duurzaam	2007	Duurzaam	2007	I
3	21AZ-071-01	182556	516607	7,4	Steenachtig	1995	Steenachtig	1995	C
3	21AZ-079-01	185911	517418	6	Duurzaam	2007	Duurzaam	2007	I

**Tabel 2:** Beschikbare meetjaren per monsterlocatie. Donkere kleurcodering geeft jaar van aanleg indien bekend en na 1999.

Code	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
26BN-033-01				X			X				X			X			X			X
26BZ-057-01									X					X			X			X
26BZ-062-01									X		X			X			X			X
26BZ-105-01											X			X			X			X
15HZ-050-01									X			X			X				X	
20FN-124-01									X			X			X				X	
20FN-172-01					X			X				X			X				X	
20FZ-037-01				X			X					X			X				X	
16CN-021-01	X			X			X					X			X				X	
16CZ-087-01						X			X			X			X				X	
21AZ-071-01						X			X	X			X			X				X
21AZ-079-01				X			X			X			X			X				X

## 2.2 Taxonomische afstemming

De taxonomische lijsten, afkomstig uit verschillende jaren en van verschillende locaties, laten verschillen zien in taxonomische niveaus. Voor de analyse is een eenduidig gegevensbestand noodzakelijk. Daarom is voor de analyse de oorspronkelijke macrofaunadata taxonomisch afgestemd op basis van frequentie van voorkomen in de monsters en totale abundantie per taxon. Indien een genus op een paar uitzonderingen na was gedetermineerd tot op soortniveau, is het genus verwijderd en zijn de soorten gehandhaafd. Indien de frequentie waarmee het genus voorkomt echter hoog was, is de data geaggregeerd op genusniveau. Voor de genera *Glyptotendipes* en *Chironomus* zijn alle gegevens geaggregeerd naar genusniveau, omdat determinatie van deze groep niet consistent is uitgevoerd en minder betrouwbaar is. Bij de Tubificidae en Corixidae zijn naast de soorten ook de gehele groep Tubificidae meegenomen, omdat een groot aantal juveniele Tubificidae indicatief is voor bepaalde milieu-omstandigheden.

## 2.3 Data-analyse

Allereerst zijn de EKR-scores voor de verschillende meetpunten berekend met het R-package 'krw' (van Tent, 2019). Vervolgens is de abundantie van de macrofauna eerst  $\log_{10}(x+1)$  getransformeerd om het effect van hoge dichtheden te verminderen en de rol van laag-abundante soorten te vergroten (Banting et al., 2020).

De data is met behulp van een Principale-ComponentenAnalyse (PCA) geanalyseerd en de resultaten zijn geplotted om de patronen in de macrofaunagemeenschap tussen de meetpunten weer te geven.

Daarnaast hebben we de indicatorsoorten van de meetpunten met en zonder duurzame oever per combinatie vergeleken op basis van de trouw van een taxon aan een groep en de relatieve abundantie binnen de groep (Dufrêne & Legendre 1997). We zijn er hierbij van uitgegaan dat een indicator een soort is die een significant ( $p < 0.01$ ) verschil geeft tussen groepen. De indicatiewaarde geeft aan in hoeverre een taxon gerelateerd is aan een bepaalde groep, in dit geval de individuele meetpunten met verschillende oevertypen.

Voor de macrofauna hebben we deze score vergeleken met de KRW-maatlatwaarden van soorten voor watertype M1b (Altenburg et al., 2018), de WEW autecologie score voor habitatpreferentie (Verberk et al., 2012) en de Duitse saprobie-index (Friedrich & Herbst, 2004; German saprobic Index new version). Voor

de KRW-maatlatwaarden hebben we onderscheid gemaakt tussen dominant negatieve taxa (N) en positieve taxa (P). Voor de habitatpreferentie hebben we onderscheid gemaakt tussen soorten met affiniteit voor zand, klei/leem, waterplanten, grove detritus/hout, grind/stenen. Alle analyses zijn gedaan in R (versie 3.6.3) met softwarepakket 'vegan' (Oksanen et al., 2019).



### 3 Resultaten

In een overzicht van EKR-scores per meetpunt is te zien dat de maatlatscores voor elk van de locaties nog achterblijven bij de KRW-doelen bij een grenswaarde van 0.6 (Supplement 1, Figuur S1), zowel voor locaties met duurzame oevers als ook voor locaties met NVO's, traditionele en steenachtige oevers.

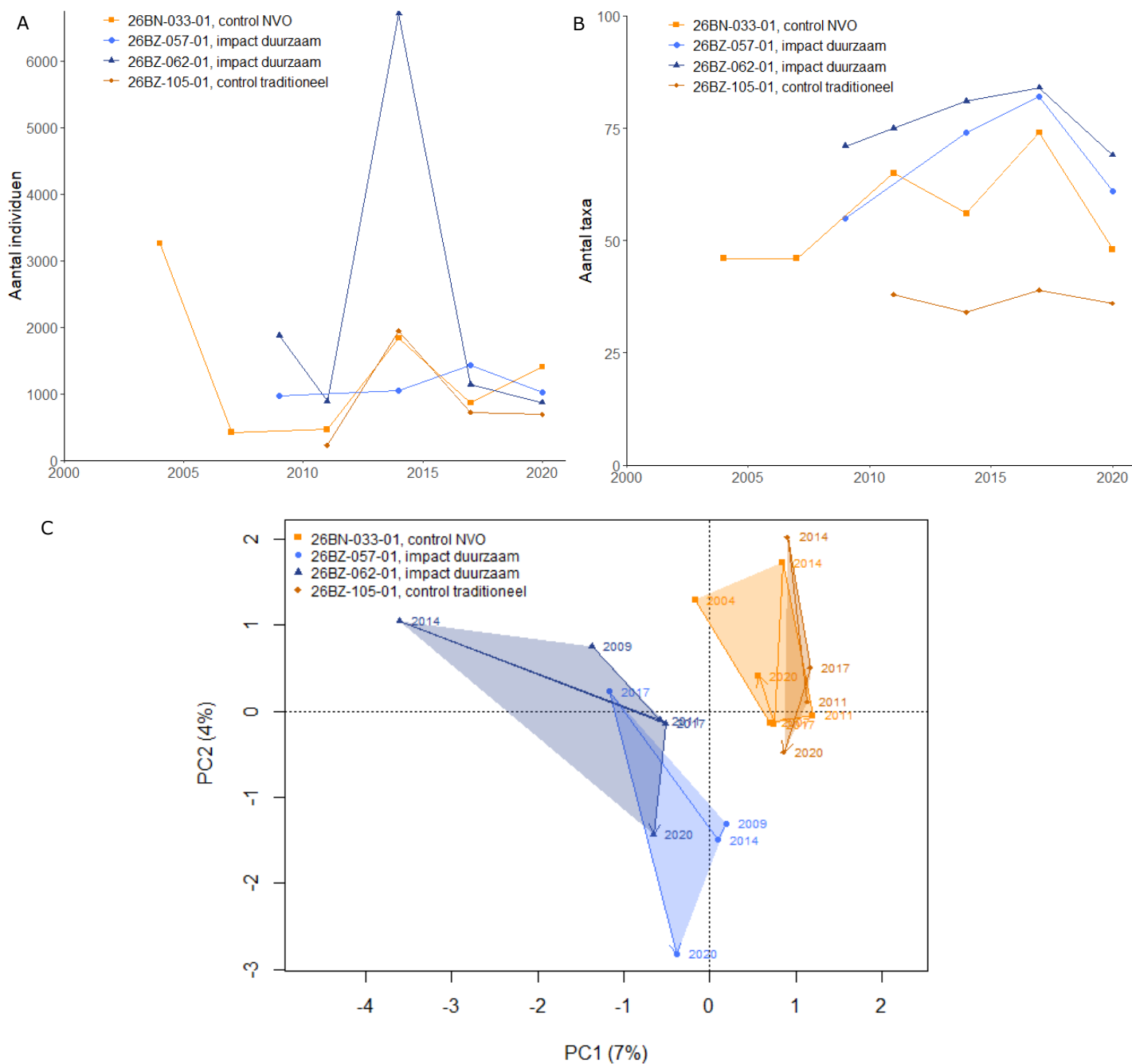
Voor elk van de meetpuntcombinaties zijn algemene trends in abundantie en aantal taxa, PCA-ordinatie resultaten van de macrofaunasamenstelling en taxa gerelateerd aan oevertypen beschreven.

#### 3.1 Meetpuntcombinatie 1

Voor de eerste meetpuntcombinatie zijn twee locaties met een duurzame oever vergeleken met twee nabij liggende controlelocaties met traditionele en natuurvriendelijke oevervormen. Een zijde van de duurzame oever is in 2015 aangelegd, voor de andere oevers is het jaartal van aanleg onbekend.

In de weergave van gemonitorde totale macrofauna abundantie (totaal aantal individuen) door de tijd lijkt deze voor alle meetpunten redelijk stabiel, met een aantal pieken (Figuur 3A). De piek in 2014 is op drie meetpunten te zien, en is voor de duurzame oever terug te herleiden naar een grote hoeveelheid individuen van het vlokreeftengenus *Gammarus* en de waterpissebed *Aselus aquaticus*, voor de controlelocaties zijn dat onder anderen individuen van het vedermug genus *Chironomus*.

Het aantal taxa laat een ander patroon zien, met een stijgende lijn door de jaren heen voor locaties met duurzame oevers en voor een van de controlelocaties. In 2020 is het aantal taxa afgenomen. Daarbij valt het ook op dat op de locaties met duurzame oevers een groter aantal taxa werd gevonden dan op de controlelocaties.



**Figuur 3.** Aantal individuen (A) en aantal taxa (B) voor vier meetpunten in de eerste meetpuntcombinatie over de jaren 2000-2020. C) Ordinatie (PCA) van de macrofaunagemeenschap aanwezig op de 4 locaties van meetpuntcombinatie 1. Iedere locatie is aangeduid met een gekleurd vlak. De trend in de gemeenschap is te zien door de opeenvolgende jaren die met een pijl zijn verbonden.

De ontwikkeling in de soortensamenstelling in de tijd is in de PCA weergegeven met een pijl die de opeenvolgende jaren verbindt. Per locatie is geen duidelijke trend te zien. In de PCA wordt verder duidelijk dat de locaties met een duurzame oever (blauw) verschillen van de controlelocaties (oranje) op de eerste en tweede PC-as. De soorten gerelateerd aan de eerste as laten verschillen zien in habitatpreferentie: de soorten gevonden op de locaties aan de linkerkant van de PCA hebben een affiniteit met waterplanten en slib/fijne detritus. Er is geen verschil in saprobie-index te zien (Supplement Tabel S2). Wel is er een groot aantal soorten dat positief scoort op de maatlat geassocieerd met de negatieve waarden van de eerste ordinatie-as, dus de locaties met duurzame oevers.

Naast de ordinatie is er per locatie gekeken naar indicerende soorten (Supplement Tabel S1). De locaties met duurzame oevers worden gekenmerkt door soorten die positief scoren op de KRW-maatlat, zoals de haft *Caenis horaria*, de kokerjuffer *Anabolia nervosa* en de waterwants *Ilyocoris cimicoides*. Deze soorten delen een preferentie voor een habitat met waterplanten. De controle-locaties worden minder duidelijk gekenmerkt. Wel is de soort *Rhantus exsoletus* kenmerkend voor een controlelocatie, een slibminnende keversoort.

Omdat we niet genoeg data van vóór de aanleg van de duurzame oevers hebben, kunnen we geen uitspraak doen over de vraag of deze meetpunten door de oeveraanleg zijn veranderd en minder zijn gaan lijken op de controlepunten, of dat dit door andere kenmerken van het systeem komt m.a.w. een al aanwezig verschil tussen de slootsystemen. Wel wordt duidelijk dat de locaties met duurzame oevers over de jaren soortenrijker zijn geworden met soorten die een habitat met waterplanten prefereren, met een terugval in het aantal taxa in het laatste monitoringsjaar, terwijl de controle-locaties weinig indicerende soorten herbergen en in samenstelling weinig veranderen.

### 3.2 Meetpuntcombinatie 2

Voor de tweede meetpuntcombinatie zijn twee locaties met duurzame oevers vergeleken met twee controlelocaties met traditionele oevers.

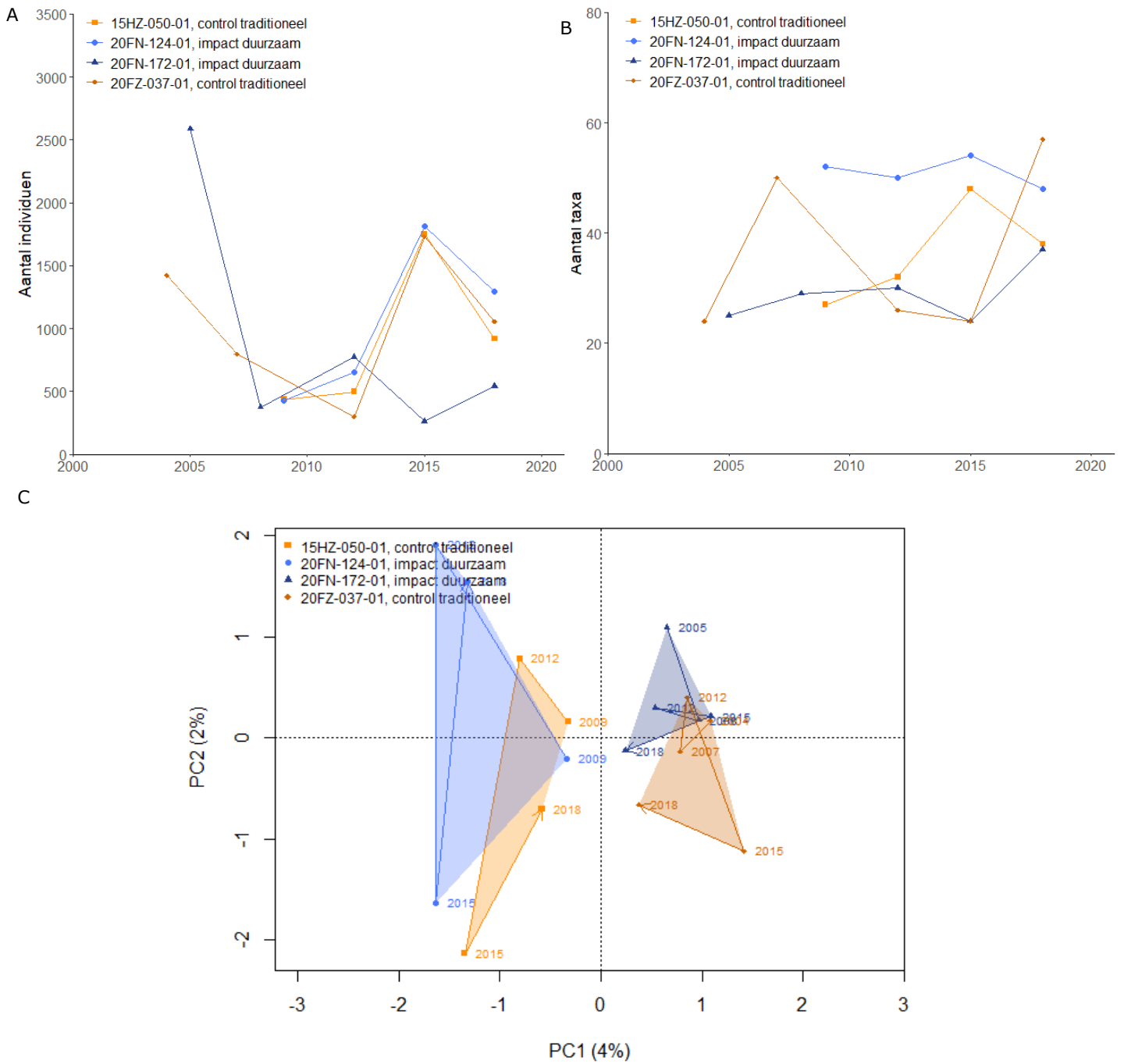
De abundantie laat geen duidelijke trend zien, maar een schommeling door de jaren met een piek in vroege jaren. Voor het meetpunt 20FN-172-01 is deze terug te herleiden naar een grote hoeveelheid slakken (*Valvata piscinalis* en in mindere mate *Bithynia tentaculata* en *Radix spp.*). Daarnaast is er een piek in abundantie te zien in 2015 voor alle punten behalve voor een van de impactlocaties. Er is geen duidelijk verschil tussen impact- en controlelocaties te zien.

Het aantal taxa is voor de impactlocaties stabiel door de tijd. Voor de controlelocaties is er meer variatie (wisselingen in aantal taxa) te zien. Eén locatie met duurzame oevers heeft over de hele meetperiode duidelijk meer taxa, voor de overige meetpunten is dit niet het geval.

In de PCA-ordinatieplot (Figuur 4C) is te zien dat er gedeeltelijk overlap is tussen de controle- en impact paren, wat betekent dat ze vergelijkbaar in soortensamenstelling zijn.

Om meer inzicht te krijgen in de verschillen in soortensamenstelling hebben we gekeken naar welke taxa specifiek zijn geassocieerd met elk van de meetpunten met verschillende oevertypen (Supplement Tabel S1). Een controlelocatie (20FZ-037-01, rechts in de PCA) is geassocieerd met borstelwormen van de familie *Tubificidae* en vedermuggen uit het genus *Chironomus*, die beiden negatief scoren op de KRW-maatlat. De andere controlelocatie (15HZ-050-01) is juist geassocieerd met een op de KRW-maatlat positief scorende napjesslak (*Acroloxus lacustris*) die een habitat met waterplanten prefereert. Eén van de impactlocaties (20FN-124-01, links in de PCA) is geassocieerd met op de KRW-maatlat positief scorende watermijt *Arrenurus latus*, de moerashoornschaal *Musculium lacustre*, de kever *Hyphydrus ovatus* en de mollusken *Sphaerium corneum/ovale/nucleus*. Deze soorten prefereren een omgeving met slib/fijne detritus en in mindere mate waterplanten.

Naast de verschillen tussen de meetpunten met verschillende oevertypen hebben we ook gekeken naar de taxa die zijn gerelateerd aan de eerste ordinatie-as in Figuur 4C (Supplement Tabel S2). Hier komt hetzelfde patroon uit naar voren: locaties links op de eerste as in de ordinatie zijn geassocieerd met een omgeving rijk en waterplanten en slib, terwijl de locaties rechts zijn geassocieerd met het genus *Chironomus*, wat duidt op een hogere organische belasting. Daarmee lijken de meetpunten langs de eerste as geordend in twee groepen met minder en meer organische belasting.



**Figuur 4.** Aantal individuen (A) en aantal taxa (B) voor vier meetpunten in de tweede meetpuntcombinatie over de jaren 2000-2020. (C) Ordinatie (PCA) van de macrofaunagemeenschap aanwezig op de 4 locaties van meetpuntcombinatie 2. Iedere locatie is aangeduid met een gekleurd vlak. De trend in de gemeenschap is te zien door de opeenvolgende jaren die met een pijl zijn verbonden.

### 3.3 Meetpuntcombinatie 3

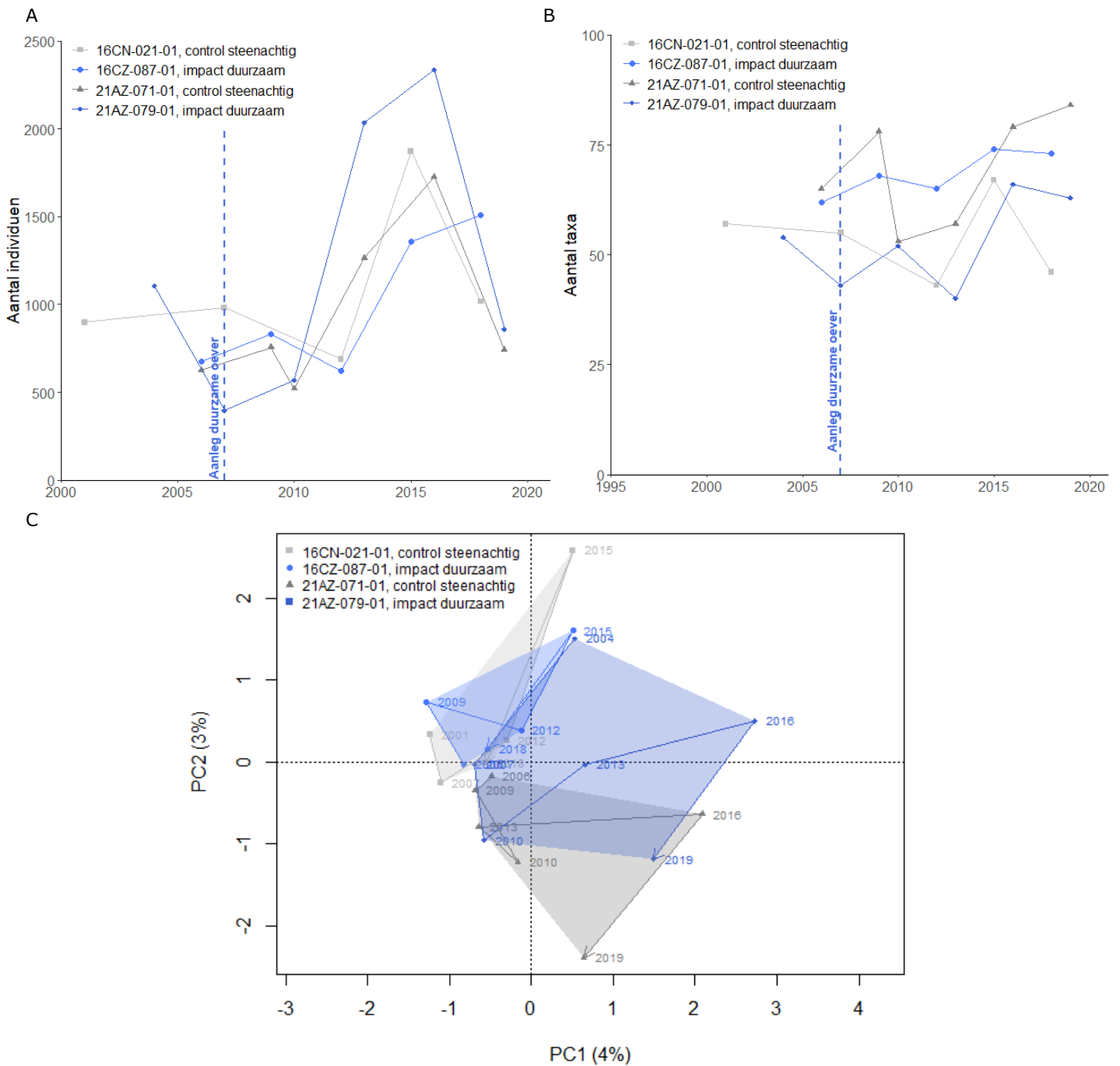
De derde meetpuntcombinatie omvat twee duurzame oevers (blauw) uit 2007 met twee controlepunten met steenachtige oevers (grijs).

Wederom is er een schommeling te zien in de waargenomen abundantie met rond 2015 hogere waarden (Figuur 5A). De piek in abundantie in 2016 voor de duurzame oever is terug te herleiden naar een grote hoeveelheid individuen van de borstelwormen *Tubificidae* en de erwtenmosselen *Pisidium* en *Sphaerium*. Het aantal taxa varieert, de hoogste soortenrijkdom wordt gevonden op de steenachtige oever.

In de PCA-ordinatieplot is aan de overlap te zien dat de locaties met duurzame oever wat samenstelling betreft op de locaties met steenachtige oever lijken (Figuur 5C). Wederom kunnen we voor meer inzicht in de verschillen tussen meetpunten kijken naar soorten die zijn geassocieerd met elk meetpunt en met de ordinarieassen.

De eerste ordinarieas is geassocieerd met enerzijds soorten die negatief scoren op de KRW-maatlat (*Asellus aquaticus*, *Psectrotanypus varius*) ten opzichte van positief scorende soorten (*Valvata cristata*, *Musculium lacustre*, *Hippeutis complanatus*). Beide kanten zijn geassocieerd met habitats met waterplanten en rijk aan slib/fijne detritus. Positieve waarden op de tweede as zijn geassocieerd met soorten met een hogere saprobie-index (*Tubificidae*, *Limnodrilus hoffmeisteri*).

Dit komt ook naar voren wanneer de soorten worden bekeken die elk van de locaties kenmerken. Locatie 21AZ-071-01 met steenachtige oevers komt positief naar voren, geassocieerd met *Coenagrionidae* (waterjuffers) en *Piona coccinea* (watermijt). Op alle meetpunten in deze combinatie huizen dus soorten die een habitat met waterplanten prefereren, terwijl een onderscheid in locaties en meetmomenten wordt gemaakt door de saprobie status.



**Figuur 5.** Aantal individuen (A) en aantal taxa (B) voor vier meetpunten in de tweede meetpuntcombinatie over de jaren 2000-2020. (C) Ordinatie (PCA) van de macrofaunagemeenschap aanwezig op de 4 locaties van meetpuntcombinatie 3. Iedere locatie is aangeduid met een gekleurd vlak. De trend in de gemeenschap is te zien door de opeenvolgende jaren die met een pijl zijn verbonden.

## 4 Conclusies en aanbevelingen

Voor de meetpunten met duurzame oevers was er over het algemeen weinig of geen monitoringsdata beschikbaar van vóór de aanleg. Om toch vergelijking te kunnen maken zijn er waarnemingen op controlepunten gebruikt, geselecteerd op zoveel mogelijk overeenkomende dimensies en geografische ligging. In de ordinaties zijn verschillen in soortensamenstelling weergegeven waaruit blijkt dat locaties met duurzame oevers soms, maar niet altijd verschillen in samenstelling t.o.v. de andere typen.

Lokaal is te zien dat bij de aanwezigheid van duurzame oevers meer soorten worden gevonden, die daarbij geassocieerd zijn met een omgeving rijk aan waterplanten en slib/fijne detritus, en positief scoren op de KRW-maatlat (combinatie 1). In een andere meetpuntcombinatie (combinatie 2) blijkt echter dat een hoge organische belasting dit verschil kan overschaduwen en dus het effect van duurzame oevers teniet kan doen. In de derde meetpunt combinatie waren weinig verschillen tussen oevertypes te zien, daar beide oevertypes werden geassocieerd met waterplantminnende soorten, maar werd wel duidelijk dat de locaties organisch onder druk staan. De verschillen tussen locaties worden op deze locaties door andere (locatie-specifieke) milieu-omstandigheden dan de oevervorm veroorzaakt.

De waterkwaliteit op basis van de macrofaunasamenstelling (EKR-scores) is voor enkele locaties met een duurzame oever hoger dan voor de bijbehorende controlelocaties. Hiermee lijkt de aanwezigheid van duurzame oevers een verschil te kunnen maken in ecologische kwaliteit, mits andere limiterende omgevingsfactoren op orde zijn. De reden voor het achterblijven van een effect van duurzame oeveraanleg duidt erop dat de oeverwijziging niet alle aanwezige, tegelijk werkende stressoren aanpakt die op het aquatisch systeem werken: de overige lokale milieu-omstandigheden, zoals de mate van eutrofiëring, zullen dan niet veel veranderen en het ecosysteem onder druk houden.

De aanbeveling is om bij de toekomstig geplande aanleg van duurzame oevers op voldoende monitoring te letten en locaties met vergelijkbare milieu-omstandigheden te betrekken. Alleen bij een BACI-opzet met controle- en impactlocaties, met ten minste 4 jaar aan data voor en na het uitvoeren van een maatregel, een statistische analyse en een consequente monitoringsopzet is het mogelijk om daadwerkelijke effecten van maatregelen af te leiden. Hiermee kunnen we leren van uitgevoerde maatregelen en kennis over maatregelleffectiviteit ontwikkelen.

## 5 Literatuur

Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J. G., van den Berg, M. S., van den Broek, T., Buskens, R., ... & Evers, C. H. M. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. STOWA.

Banting, A.L.K., Taylor, M.K., Vinebrooke, R.D., Carli, C.M., Poesch, M.S., 2020. Assisted colonization of a regionally native predator impacts benthic invertebrates in fishless mountain lakes. *Conserv. Sci. Pract.* 3, 1–14. <https://doi.org/10.1111/csp2.344>

Dufrene, M. and Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67(3):345-366.

Friedrich, G., & Herbst, V. (2004). Eine erneute Revision des Saprobien-systems-weshalb und wozu? *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 32(1), 61-74.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson G. L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2019). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

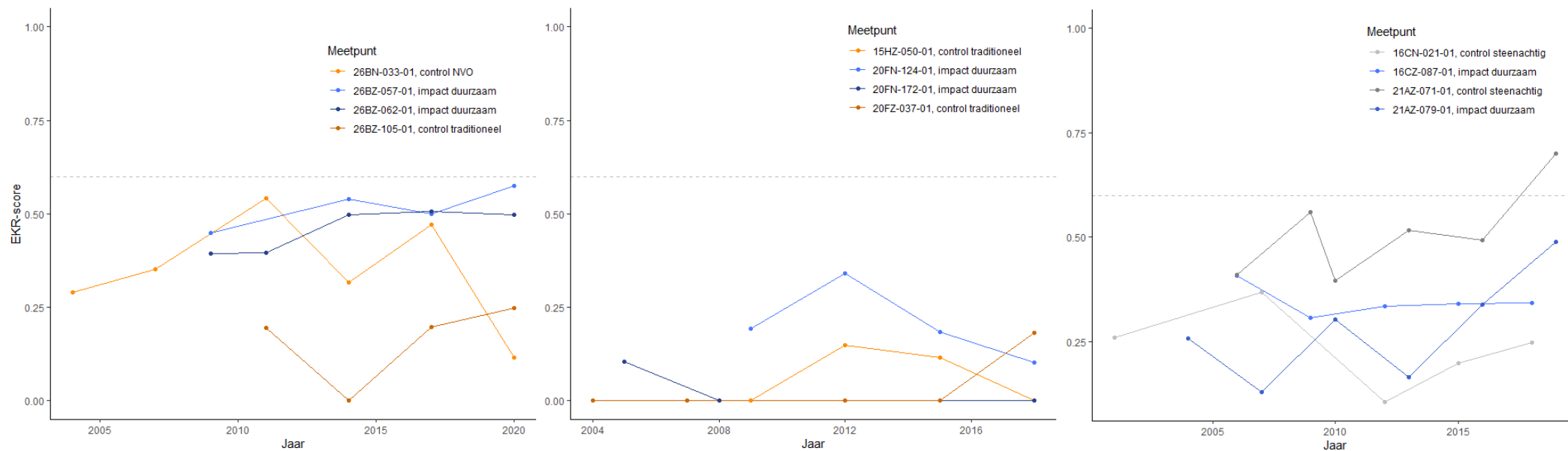
Osenberg, C.W., Schmitt, R.J., 1996. Detecting Ecological Impacts Caused by Human Activities - Chapter 1, in: Osenberg, C.W., Schmitt, R.J. (Eds.), *Detecting Ecological Impacts*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-627255-0.x5000-9>

Van Tent, J. (2019) *krw-Package voor KRW-toetsingen*, versie 0.2.2. <https://redtent.github.io/krw/index.html>

Verberk, W. C. E. P., Verdonschot, P. F. M., Haaren, T. V., & Maanen, B. V. (2012). *Milieu-en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwater-macrofauna*. STOWA.



## 6 Supplement 1



**Figuur S1:** EKR-scores voor elk van de meetpuntencombinaties van 2000-2020. De stippellijn geeft de grens voor een Goed Ecologisch Potentieel voor de maatlaten van sterk veranderde en kunstmatige wateren, niet aangepast voor de specifieke locaties met een verlaagd GEP.

**Tabel S1:** Overzicht van de saprobiescores (volgens German Saprobic Index), maatlatwaarde (volgens KRW watertype M1b) en habitatpreferentie (volgens WEW autecologie) voor **de macrofaunasoorten die indicierend zijn voor de meetpunten met bepaalde oevertypen** ( $p < 0.01$ ). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is, P = positieve KRW-score, N = negatieve KRW-score.

Type meetpunt	Taxonnaam	Saprobie (SIN)	Maatlat-waarde (KRW)	Habitat preferentie					
				slib/ fijne detritus	zand	klei/ leem	Water- planten	grove detritus/ hout	grind/ stenen
Combi 1									
26BN-033-01	<i>Agabus</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
26BN-033-01	<i>Rhantus exsoletus</i>	n.v.t.	n.v.t.	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26BZ-057-01	<i>Anabolia nervosa</i>	2,0	P	0,0	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0
26BZ-057-01	<i>Caenis horaria</i>	2,0	P	0,4	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1
26BZ-062-01	<i>Hygrotus versicolor</i>	n.v.t.	n.v.t.	0,2	0,1	0,1	0,6	0,0	0,0
26BZ-062-01	<i>Ilyocoris cimicoides</i>	n.v.t.	P	0,3	0,1	0,1	0,5	0,1	0,0
26BZ-062-01	<i>Haliplus</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
26BZ-062-01	<i>Sigara striata</i>	n.v.t.	N	0,4	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
Combi 2									
15HZ-050-01	<i>Acroloxus lacustris</i>	n.v.t.	P	0,2	0,1	0,1	0,6	0,0	0,0
20FN-124-01	<i>Arrenurus latus</i>	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
20FN-124-01	<i>Hygrotus versicolor</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
20FN-124-01	<i>Piona coccinea</i>	n.v.t.	P	0,6	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0

20FN-124-01	<i>Sphaerium corneum/ovale/nucleus</i>	2,0	n.v.t.	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
20FN-124-01	<i>Hyphydrus ovatus</i>	3,6	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
20FN-124-01	<i>Musculium lacustre</i>	n.v.t.	P	0,6	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0
20FZ-037-01	<i>Tubificidae</i>	n.v.t.	N	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
20FZ-037-01	<i>Chironomus</i>	n.v.t.	N	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<hr/>									
Combi 3									
16CN-021-01	<i>Planorbarius corneus</i>	2,2	n.v.t.	0,2	0,1	0,0	0,6	0,1	0,0
16CN-021-01	<i>Helochares</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
16CZ-087-01	<i>Hygrotus versicolor</i>	n.v.t.	n.v.t.	0,2	0,1	0,1	0,6	0,0	0,0
16CZ-087-01	<i>Erpobdella octoculata</i>	2,8	N	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6
21AZ-071-01	<i>Coenagrionidae</i>	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
21AZ-071-01	<i>Ceratopogonidae</i>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
21AZ-071-01	<i>Piona coccinea</i>		P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

**Tabel S2:** Overzicht van de saprobiescore (volgens German Saprobic Index), maatlatwaarde (volgens KRW watertype M1b, P=Positief kenmerkend, N=Negatief kenmerkend) en habitatpreferentie (volgens WEW autecologie) voor **de macrofaunasoorten die het sterkst zijn gerelateerd aan de eerste ordinatie-as** voor locaties met verschillende oevertypen (waarde op as < -0.6 of > 0.6). n.v.t. betekent dat (op dit taxonomisch niveau) geen informatie beschikbaar is.

Taxonnaam	PC1	Saprobie (SIN)	Maatlat-waarde (KRW)	Habitat preferentie					
				slib/ fijne detritus	zand	klei/ leem	Water- planten	grove detritus/ hout	grind/ stenen
<i>Combi 1</i>									
<i>Piona coccinea</i>	-1,00	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Sialis</i>	-1,00	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Piona neumani</i>	-1,00	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Limnesia maculata</i> [1]	-0,99	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Sigara lateralis</i>	-0,99	n.v.t.	P	0,4	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2
<i>Cymatia coleoptrata</i>	-0,99	n.v.t.	P	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
<i>Laccophilus</i>	-0,99	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Caenis robusta</i>	-0,98	2,0	P	0,5	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0
<i>Piona pusilla</i>	-0,98	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Plea minutissima</i>	-0,97	n.v.t.	P	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
<i>Arrenurus bicuspidator</i>	-0,96	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Limnomysis benedeni</i>	-0,96	n.v.t.	N	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Ablabesmyia</i>	-0,95	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Pisidium</i>	-0,95	n.v.t.	n.v.t.	0,6	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Hydrodroma pilosa</i>	-0,93	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Arrenurus crassicaudatus</i>	-0,91	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Haliphus</i>	-0,91	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Psectrotanypus varius</i>	-0,90	n.v.t.	N	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Bithynia tentaculata</i>	-0,87	n.v.t.	n.v.t.	0,3	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3
<i>Bithynia leachi</i>	-0,84	2,3	n.v.t.	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
<i>Arrenurus globator</i>	-0,81	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Coenagrionidae</i>	-0,81	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Valvata piscinalis</i>	-0,59	2,0	n.v.t.	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gammarus</i>	-0,40	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Chironomus</i>	-0,31	n.v.t.	n.v.t.	0,6	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0

<i>Combi 2</i>									
<i>Alboglossiphonia</i>	-1,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Piona coccinea</i>	-1,00	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Helobdella stagnalis</i>	-0,99	n.v.t.	n.v.t.	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,3
<i>Bithynia leachi</i>	-0,98	2,6	n.v.t.	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
<i>Asellus aquaticus</i>	-0,94	n.v.t.	N	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2
<i>Hippeutis complanatus</i>	-0,88	2,8	P	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<i>Arrenurus latus</i>	-0,88	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Valvata cristata</i>	-0,87	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Neumania deltooides</i>	-0,75	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Arrenurus crassicaudatus</i>	-0,71	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Psectrocladius sordidellus/limbatellus gr.</i>	-0,61	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Arrenurus sinuator</i>	-0,56	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Chironomus</i>	0,64	n.v.t.	N	0,6	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0
<i>Combi 3</i>									
<i>Asellus aquaticus</i>	-0,76	2,8	N	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2
<i>Psectrotanypus varius</i>	-0,16	n.v.t.	N	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Ophidonais serpentina</i>	0,00	n.v.t.	P	0,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1
<i>Limnodrilus claparedianus</i>	0,25	n.v.t.	N	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Arrenurus sinuator</i>	0,34	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	0,35	3,3	N	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Triaenodes bicolor</i>	0,46	n.v.t.	P	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<i>Coenagrionidae</i>	0,47	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Tubificidae</i>	0,54	3,6	N	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Phaenopsectra</i>	0,66	n.v.t.	P	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4
<i>Endochironomus tendens</i>	0,77	n.v.t.	P	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4
<i>Bathyomphalus contortus</i>	0,86	2,2	n.v.t.	0,0	0,0	0,0	0,9	0,1	0,0
<i>Plea minutissima</i>	0,91	n.v.t.	P	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
<i>Musculium lacustre</i>	0,94	2,0	P	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Hippeutis complanatus</i>	0,95	n.v.t.	P	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<i>Pisidium</i>	0,98	n.v.t.	n.v.t.	0,6	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Radix</i>	0,98	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Gyraulus crista</i>	0,99	2,0	n.v.t.	0,2	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0
<i>Sphaerium corneum/ovale/nucleus</i>	0,99	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Valvata cristata</i>	1,00	n.v.t.	P	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
<i>Gyraulus albus</i>	1,00	2,0	n.v.t.	0,1	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0