

BEROEPSVISTUIGEN VOOR RIVIERKREEFTBEHEER

Vergelijkend onderzoek naar effectiviteit en bijvangst

ATKB
voor natuur
en leefomgeving



BEROEPSVISTUIGEN VOOR RIVIERKREEFTBEHEER

Vergelijkend onderzoek naar effectiviteit en bijvangst

Kenmerk:	20251355/rap01/v01
Status rapport:	Definitief
Versie:	1
Datum:	22 september 2026

Auteur:	N. Bleile
Kwaliteitscontrole:	Y. Janssen

Opdrachtgever:	Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur Postbus 93144 2509 AC Den Haag
Contactpersoon	Dr. R. Schaap

Dit rapport is digitaal gegenereerd en derhalve niet voorzien van een handtekening. De inhoud van de rapportage is aantoonbaar gecontroleerd en vrijgegeven.
©ATKB voor natuur en leefomgeving. Gebruik en overname van gegevens alleen toegestaan met volledige bronvermelding. Foto's: ATKB

Bleile, N. (2026). Beroepsvistuigen voor rivierkreeftbeheer - Vergelijkend onderzoek naar effectiviteit en bijvangst. ATKB Waardenburg. Kenmerk: 20251355/rap01/v01.

ATKB ASSEN
STATIONSSTRAAT 29C
9401 KW ASSEN

ATKB MIDDELHARNIS
PRINS BERNHARDLAAN 147
3241 TA MIDDELHARNIS

ATKB WAARDENBURG
KOEWEISTRAAT 7
4181 CD WAARDENBURG

ATKB ZOETERMEER
LOUIS BRAILLELAAN 100
2719 EK ZOETERMEER

ATKB WAGENINGEN
AGRO BUSINESS PARK 9
6708 PV WAGENINGEN

KVK 27 1 771 40
BTW NL 8076 36 757B01
IBAN NL53 RABO 0160177529

TEL. 088 11 53 200 | INFO@AT-KB.NL | AT-KB.NL

SAMENVATTING

Uitheemse rivierkreeften veroorzaken schade aan natuur, waterkwaliteit en waterveiligheid. Om de beheersing van deze soorten mogelijk te maken, werkt het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) aan regelgeving waarmee waterschappen selectieve rivierkreeftenvistuigen kunnen inzetten. Hiervoor moet worden aangetoond dat deze vistuigen effectief rivierkreeften vangen en slechts beperkte bijvangst van andere diersoorten veroorzaken. In dit onderzoek zijn beroepsvistuigen (fuiken en kubben) met en zonder ontsnappingspijp en het innovatieve vangtuig tunnelkorf getest en vergeleken. Doel was te beoordelen of fuiken en kubben met een ontsnappingspijp voldoende ontsnappingsmogelijkheid voor eventuele bijvangst bieden zonder dat de vangstefficiëntie voor rivierkreeften sterk afneemt. Daarnaast is onderzocht hoe de vangsten en bijvangsten van de tunnelkorf zich verhouden tot die van de conventionele vistuigen.

Het onderzoek laat zien dat de toepassing van een ontsnappingspijp het aantal bijgevangen vissen significant kan verminderen ten opzichte van conventionele fuiken en kubben. In fuiken en kubben met een ontsnappingspijp worden gemiddeld respectievelijk 70% en 74% minder vissen gevangen dan in de conventionele varianten. Tegelijkertijd blijkt dat de ontsnappingspijp ook leidt tot een significante afname van de vangst van rivierkreeften. In fuiken met een ontsnappingspijp worden gemiddeld 28% minder rivierkreeften gevangen dan in conventionele fuiken, terwijl in kubben met een ontsnappingspijp de vangst gemiddeld 17% lager ligt dan in conventionele kubben.

In vergelijking met de conventionele fuiken en kubben worden in de innovatieve tunnelkorf significant meer kreeften en vissen gevangen. Het aantal kreeften in de tunnelkorven is 8 tot 12 keer hoger dan in de conventionele fuiken of kubben. Het aantal vissen is in de tunnelkorven 4 tot 6 keer hoger dan in de conventionele vangtuigen. Het aandeel vis aan de totale vangst is het hoogst in conventionele fuiken maar verschilt niet significant van de tunnelkorf. In de overige vangtuigen was het aandeel vis significant lager dan in de tunnelkorf. In de fuiken met ontsnappingspijp was het aandeel vis significant lager dan in de conventionele fuiken. Voor de kubben was het verschil tussen de conventionele en aangepaste vangtuigen niet significant. Daarnaast was het aandeel vis in de conventionele kubben significant lager dan in de conventionele fuiken en in de aangepaste kubben was het aandeel vis significant lager dan in de aangepaste fuiken

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat een ontsnappingspijp in fuiken en kubben het aantal bijgevangen vissen significant kan verlagen. Echter vangen vangtuigen met een ontsnappingspijp ook significant minder kreeften. De resultaten laten zien dat er een duidelijke afweging bestaat tussen het minimaliseren van bijvangst en het maximaliseren van de vangstefficiëntie voor rivierkreeften.

Om de bijvangst verder te verminderen wordt aanbevolen om de diameter van de ontsnappingspijp aan te passen op de grootte van de inzwemopening van de vangtuigen en omgekeerd. Daarnaast raden wij aan om aanvullende maatregelen zoals de toepassing van een stopgrid te testen en alle ontsnappingsmaatregelen ook te testen voor de tunnelkorf.

INHOUD

1 Inleiding 1

1.1 Aanleiding 1
1.2 Doel 1
1.3 Leeswijzer 2

2 Materiaal en methode 3

2.1 Onderzoekslocatie 3
2.2 Vangtuigen 4
2.3 Onderzoeksopzet 7
2.4 Statistische analyse 7

3 Resultaten 11

3.1 Algemeen 11
3.2 Aantal vissen in conventionele en aangepaste vangtuigen 13
3.3 Aantal vissen in conventionele fuiken en kubben en innovatieve tunnelkorven 14
3.4 Aantal kreeften in conventionele en aangepaste vangtuigen 16
3.5 Aantal kreeften in conventionele fuiken en kubben en innovatieve tunnelkorven 17
3.6 Aandeel van bijvangst vis 19

4 Discussie 21

5 Conclusies en aanbevelingen 24

5.1 Conclusie 24
5.2 Aanbevelingen 24

6 Literatuur 26

BIJLAGEN

Bijlage 1. Model diagnostiek

1 INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Uitheemse rivierkreeften veroorzaken schade aan de natuur, waterkwaliteit en waterveiligheid. Een methode om uitheemse rivierkreeften te bestrijden is door middel van bevissing. Het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) werkt aan een wijziging van de regelgeving onder de Visserijwet met als doel dat overheden selectieve rivierkreeftenvistuigen mogen gebruiken om uitheemse rivierkreeften te beheersen. Om een vistuig aan te wijzen als selectief rivierkreeftvistuig moet worden aangetoond dat dit vistuig geschikt is om grootschalig rivierkreeften mee te vangen en weinig bijvangst heeft van andere soorten dan rivierkreeften.

Waterschappen en beroepsvissers hebben aangegeven dat fuiken en kubben het meest geschikt zijn om rivierkreeften te vangen. Met deze beroepsvistuigen kunnen echter ook vissen en andere dieren gevangen worden. Voordat de vistuigen kunnen worden aangewezen als selectief rivierkreeftenvistuig moeten ze worden aangepast, zodat bijvangst van andere soorten dan kreeften verminderd wordt.

Tijdens het Bestuurlijk overleg Natuur van 27 maart 2025 heeft de staatssecretaris van LVVN toegezegd dat hij: “bereid is te onderzoeken of ook bepaalde beroepsvistuigen zodanig kunnen worden aangepast dat het gebruik hiervan ook structureel kan worden toegestaan aan waterschappen.”

Naast de bekende beroepsvistuigen zijn ook nieuwe innovatieve vistuigen ontwikkeld zoals de tunnelkorf. Voordat een innovatief vistuig kan worden toegestaan als selectief rivierkreeftenvistuig, moet getoetst worden of het geschikt is om grootschalig rivierkreeften te vangen, met daarbij een beperkte bijvangst. Om de mogelijkheden om rivierkreeften te beheersen te bevorderen, is het wenselijk dat dit wordt getoetst voor de tunnelkorf.

1.2 DOEL

Het doel van het uitgevoerde onderzoek was het testen en vergelijken van de aangepaste en niet aangepaste beroepsvistuigen fuiken en kubben en het innovatieve vangtuig tunnelkorf. Het onderzoek dient antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Kunnen kubben en fuiken worden aangepast zodat deze voldoende ontsnappingsmogelijkheden bieden voor vissen, amfibieën en andere diersoorten, en nog steeds voldoende rivierkreeften vangen?
2. Op welke wijze kunnen deze aanpassingen vormgegeven worden?
3. Wat is het verschil tussen de vangst van rivierkreeften en bijvangst in de innovatieve tunnelkorven en de onaangepaste beroepsvistuigen (fuiken en kubben).

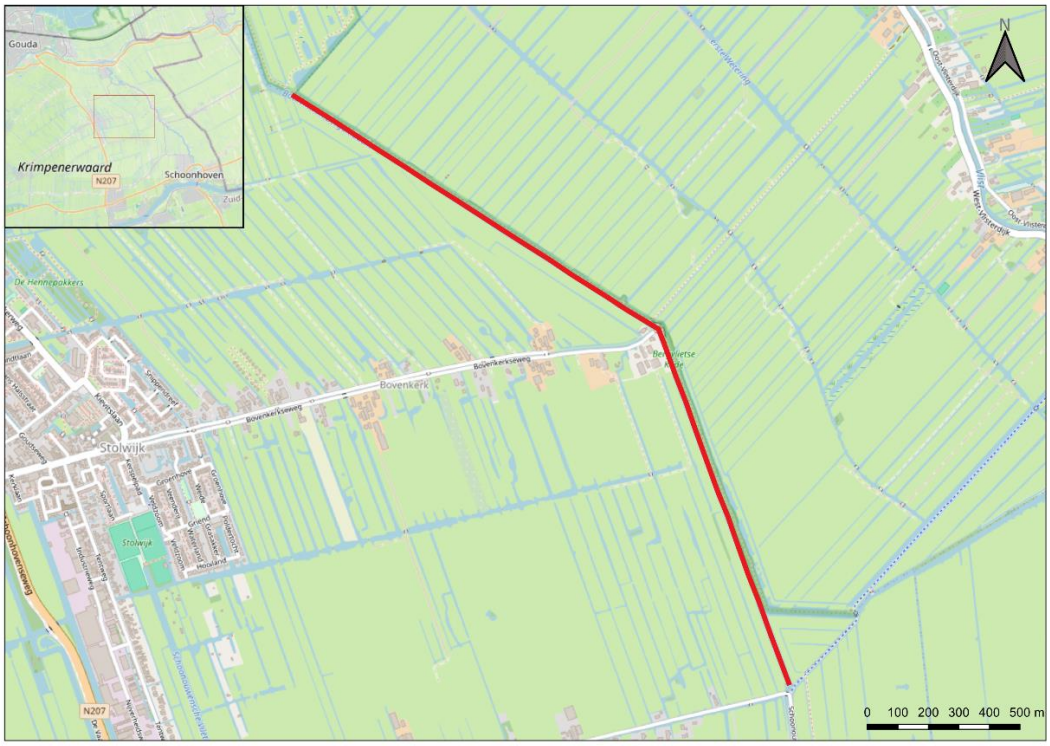
1.3 LEESWIJZER

Na deze inleiding worden in hoofdstuk 2 de toegepaste materialen en methoden beschreven. Hierbij wordt ingegaan op de onderzoekslocatie, de ingezette vangtuigen, de onderzoeksopzet en de statistische analyse. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd en wordt ingegaan op het aantal kreeften en vissen in de verschillende vangtuigen. Daarnaast wordt het aandeel vis aan de totale vangst vergeleken tussen alle vangtuigen. In hoofdstuk 4 volgt de interpretatie van de resultaten en wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvragen. Hoofdstuk 5 sluit af met de belangrijkste conclusies en geeft aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Ten slotte is in hoofdstuk 6 een overzicht gegeven van de geraadpleegde literatuur.

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 ONDERZOEKSLOCATIE

Het onderzoek is uitgevoerd in waterlichaam Bergvliet bij Stolwijk (zie figuur 1). De Bergvliet heeft een lengte van ongeveer 2,7 kilometer, een breedte van 10-15 meter en is ongeveer 60-80 centimeter diep.



Figuur 1 *Ligging van de Bergvliet (rode lijn) bij Stolwijk.*

Aan de noordoostkant wordt de oever van de Bergvliet gekenmerkt door bomen en struiken met overhangende takken. Aan de zuidwestkant wordt de oever gekenmerkt door weilanden en een klein stukje met bomen en struiken. Plaatselijk zijn velden met gele plomp aanwezig. Foto 1 geeft een impressie van de Bergvliet. We hebben ervoor gekozen om de vangtuigen in de zuidwestelijke oever te plaatsen (linker oever in foto 1), omdat deze oever homogener is en beter bereikbaar met een boot.



Foto 1 *Impressie van de Bergvliet. De foto's zijn gemaakt tijdens de uitvoering van het onderzoek.*

2.2 VANGTUIGEN

Voor het onderzoek zijn vijf verschillende vangtuigen ingezet: conventionele fuiken en kubben, fuiken en kubben met een ontsnappingspijp en de innovatieve tunnelkorven. Navolgend wordt een beschrijving gegeven van de vijf vangtuigen zoals ze zijn ingezet bij het onderzoek.

Conventionele fuiken

Bij de fuiken gaat het om zogenoemde eenwieks-kreeftenfuiken (zie foto 2, A). Dit zijn kleine fuiken die speciaal zijn ontworpen en gemaakt voor de vangst van rivierkreeften. De fuiken zijn volledig gemaakt van een 9 ply Polyetheen (Hierna: "PE") netwerk met een maaswijdte van 22 millimeter. De eerste hoepel is 41 centimeter breed en 45 centimeter hoog. De totale lengte inclusief schutwant (vleugel) bedraagt 4 meter. De lengte van het schutwand bedraagt 2 meter.

De fuiken zijn haaks op de oever geplaatst, waarbij de vleugel in de oever staat. In de oever zijn de fuiken vast gemaakt met een betonijzer. Vanaf de achterzijde is de fuik op spanning gezet middels een gewicht.

Conventionele kubben

De kubbe (zie foto 2, B) wordt in het werkveld ook wel "springkorf" genoemd. Binnen de Nederlandse visserijregelgeving wordt met "korf" een ander vangtuig bedoeld. Conform de uitvoeringsregeling visserij (artikel 1, onderdeel hh) behandelen we springkorven navolgend als "kubbe". De gebruikte kubben zijn cilindervormig en hebben een diameter van 30 centimeter en een lengte van 60 centimeter. Ze zijn voorzien van een 4 millimeter coated RVS verend frame welke het netwerk op spanning houdt in uitgevouwen toestand. Aan weerszijden in de zijkanten is een inzwemopening met keel aangebracht. In de keel is een niet-vervormbare ring met een diameter van maximaal 9 centimeter geplaatst om otters, duikende vogels en grotere vis te weren. Deze maatvoering is overgenomen uit het muskusrattenbeheer en staat bekend als "otterring". De kubben zijn gemaakt van een 18 ply PE netwerk met een maaswijdte van 20 millimeter hele maas.

De kubben zijn beaasd met Halibut pellets. Deze zijn samengesteld uit heilbotvoer, marine vismeel en gezuiverde visolie en worden met name in de hengelsport toegepast als lokaas.

Tunnelkorf

De tunnelkorven (zie foto 2, C) zijn 12,8 meter lang, 40 centimeter breed en 30 centimeter hoog. De tunnelkorf is aan weerszijden voorzien van in totaal 22 inzwemopeningen. De diameter van de inzwemopening is maximaal 9 centimeter en is voorzien van een keel. Aan beide uiteinden van de tunnelkorf zijn opvangzakken van 2 meter aangebracht die via 2 kelen bereikt kunnen worden en waar de vangst zich in verzameld. De tunnelkorven zijn gemaakt van een 18 ply netwerk met een maaswijdte van 20 millimeter hele maas. De tunnelkorven zijn parallel aan de oever uitgezet, zodat de openingen naar de oever en het open water wijzen.



Foto 2 *Overzicht van de ingezette conventionele vangtuigen fuik (A) en kubbe (B) en de innovatieve tunnelkorf (C en D).*

Fuiken met ontsnappingspijp

De conventionele fuiken zijn aan de bovenkant voorzien van een ontsnappingspijp van PVC met een diameter van 63 millimeter (zie foto 3). Hiermee wordt voldaan aan de minimumeis welke RVO stelt bij vergunningverlening voor visserij met aalvistuigen in de gesloten periode. De ontsnappingspijp is aan de binnenzijde van de fuik voorzien van een gladde ring van Ethyleen-Propyleen-Dieen-Monomeer (EPDM) met een doorsnede van 30 cm. De eerste hoepel van de fuik heeft een vlakke kant, waardoor de ontsnappingspijp altijd aan de bovenkant zit als de fuik goed in het water staat.

Kubben met ontsnappingspijp

De conventionele kubben zijn eveneens voorzien van een ontsnappingspijp in dezelfde configuratie als de fuiken. Omdat de kubben rond zijn kunnen ze rollen in het water. Om ervoor te zorgen dat de ontsnappingspijp altijd aan de bovenkant blijft zijn de kubben voorzien van twee drijvers rondom de ontsnappingspijp. De drijvers hebben voldoende drijfvermogen om de ontsnappingspijp naar boven te draaien maar zijn zwak genoeg om de ontsnappingspijp te allen tijde onder water te houden.



Foto 3 *Aangepast fuiken (A en B) en kubben (C en D) met een ontsnappingspijp. Om ervoor te zorgen dat de ontsnappingspijp bij de kubben altijd aan de bovenkant zit zijn er nog twee drijvers aangebracht.*

2.3 ONDERZOEKSOPZET

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van 4 mei t/m 2 juni 2026. Op 4 mei zijn alle vangtuigen in het water geplaatst. Van elk type vangtuig zijn 20 exemplaren ingezet, waarmee het totaal aantal vangtuigen uitkomt op 100. De vangtuigen zijn met een onderlinge afstand van circa 15 meter afwisselend in de oever geplaatst. Dit zorgt voor een homogene verspreiding van de vangtuigen en zo min mogelijk beïnvloeding tussen vangtuigen onderling.

De vangtuigen zijn gedurende vier weken twee keer per week gelicht en geleegd. Zodoende zijn in totaal acht lichtingen uitgevoerd op respectievelijk 7, 11, 14, 18, 21, 26 en 28 mei en op 2 juni. Op 2 juni zijn de vangtuigen voor de laatste keer gelicht en aansluitend verwijderd. In eerste instantie was het doel om negen lichtingen uit te voeren. Bij lichting 8 is echter een zwemmende otter waargenomen in het water. Om te voorkomen dat de otter in de vangtuigen terecht komt zijn alle vangtuigen direct uit het water gehaald.

Per lichting en vangtuig is het aantal rivierkreeften en vissen per soort genoteerd. Na de vangstverwerking zijn de kreeften en vissen direct weer teruggezet in het water. De kreeften zijn op enige afstand van het vangtuig, maar wel in de buurt, verspreid uitgezet. Daarnaast is per lichting ook de watertemperatuur genoteerd. De watertemperatuur is op meerdere punten in het bovenste deel van de waterkolom gemeten. Per lichtingsdag is een gemiddelde van alle metingen genoteerd.

Sommige vangtuigen zijn tijdens het onderzoek beschadigd geraakt. Schade kan bijvoorbeeld ontstaan doordat kreeften of bijvangst, zoals ratten, gaten in het vangtuig maken. Door deze gaten kunnen kreeften en mogelijke bijvangst ontsnappen. Beschadigde vangtuigen zijn altijd genoteerd, ter plaatse gerepareerd en teruggeplaatst.

2.4 STATISTISCHE ANALYSE

Voor de statistische analyse is een databestand opgesteld met het aantal gevangen rivierkreeften en het aantal gevangen vissen per lichting en per individueel vangtuig. Hierbij is geen rekening gehouden met verschillende soorten. Andere bijvangst dan vis is slechts beperkt aangetroffen, waardoor deze niet mee zijn genomen in de statistische analyse. Vangsten uit beschadigde vangtuigen zijn volledig uit de dataset verwijderd.

Alle statistische analyses zijn uitgevoerd in R (versie 4.2.1 – “Funny looking Kid”) (R Core Team, 2022). Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen is de data opgesplitst in verschillende datasets. Allereerst zijn twee aparte datasets opgesteld voor de vangstgegevens van kreeften en de vangstgegevens van vissen. Deze twee datasets zijn vervolgens verder opgesplitst in de verschillende vangtuigen om het effect van een ontsnappingspijp binnen één vangtuigtype te analyseren.

Naast het vangtuigtype is in alle modellen ook de watertemperatuur opgenomen als verklarende variabele. Omdat rivierkreeften koudbloedige dieren zijn, heeft de watertemperatuur een sterke invloed op hun

activiteit en daarmee op hun vangbaarheid. Om de voorspellende kracht van de modellen te vergroten, is deze variabele daarom meegenomen in de analyses. Omdat de invloed van watertemperatuur echter niet centraal staat in de onderzoeksvragen, worden de resultaten hiervan slechts beperkt besproken.

Voor alle analyses geldt dat verschillende modellen getest zijn. Het beste model is gekozen op basis van AIC (Akaike Information Criterion) en modelvalidatie met behulp van het R-pakket DHARMa (Hartig, 2024). Navolgend wordt een beschrijving gegeven van de uitgevoerde analyses.

Aantal vissen in conventionele en aangepaste fuiken

Het effect van een ontsnappingspijp op het aantal gevangen vissen in de fuiken is onderzocht met een Generalized Linear Model (GLM) uit het pakket MASS (Venables et al., 2002). Omdat de telgegevens overdispersie vertoonden ten opzichte van een Poisson-verdeling is een negatieve binomiale verdeling gebruikt. Het model gebruikt een log-linkfunctie en omvat vangtuigtype (conventionele fuik en fuik met ontsnappingspijp) en watertemperatuur als verklarende variabelen. Om verschillen in de sta-duur van de vangtuigen te corrigeren, is de logaritme van de sta-duur opgenomen als offsetterm. Het gebruikte model heeft de vorm:

$$\log(E[Y_i]) = \beta_0 + \beta_1 Vangtuig + \beta_2 Temperatuur_i + \log(Staduur_i)$$

waarbij Y_i het aantal gevangen kreeften voor observatie i voorstelt.

Aantal vissen in conventionele en aangepaste kubben

Voor de analyse van het aantal bijgevangen vissen in conventionele en aangepaste kubben is hetzelfde model gebruikt als voor de analyse van het aantal vissen in de fuiken.

Aantal vissen in conventionele fuiken en kubben en innovatieve tunnelkorven

Voor de vergelijking van het aantal vissen in conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf is een Generalized Linear Mixed Model (GLMM) met een negatieve binomiale verdeling en log-linkfunctie gebruikt. Hiervoor is het pakket glmmTMB gebruikt (Brooks *et al.*, 2017). De ruwe telgegevens zijn gebruikt als responsevariabele en vangtuigtype en temperatuur zijn opgenomen als verklarende variabelen. Om verschillen in de sta-duur van de vangtuigen te corrigeren werd de logaritme van de sta-duur opgenomen als offset. Variatie tussen lichtingen is gemodelleerd door middel van een random intercept voor Lichting. Het model kan worden geschreven als:

$$\log(E[Y]) = \beta_0 + \beta_1 Vangtuig + \beta_2 Temperatuur + \log(Staduur) + u_{Lichting}$$

waarbij:

$$u_{Lichting} \sim N(0, \sigma^2)$$

Voor de vergelijking tussen alle drie de vangtuigen is een Tukey post-hoc-test uitgevoerd met behulp van het pakket emmeans (Lenth, 2023).

Aantal kreeften in conventionele en aangepaste fuiken

Het effect van een ontsnappingspijp op het aantal gevangen rivierkreeften in de fuiken is onderzocht met een Generalized Linear Model (GLM). Hiervoor is het pakket MASS (Venables et al., 2002) gebruikt. Omdat de telgegevens overdispersie vertoonden ten opzichte van een Poisson-verdeling is een negatieve binomiale verdeling gebruikt. Het model gebruikt een log-linkfunctie en omvat vangtuigtype (conventionele fuik en fuik met ontsnappingspijp) en watertemperatuur als verklarende variabelen. Om verschillen in de sta-duur van de vangtuigen te corrigeren, is de logaritme van de sta-duur opgenomen als offsetterm. Het gebruikte model heeft de vorm:

$$\log(E[Y_i]) = \beta_0 + \beta_1 Vangtuig + \beta_2 Temperatuur_i + \log(Staduur_i)$$

waarbij Y_i het aantal gevangen kreeften voor observatie i voorstelt.

Aantal kreeften in conventionele en aangepaste kubben

Voor de kubben is het effect van de ontsnappingspijp op het aantal gevangen rivierkreeften onderzocht met een Generalized Additive Model (GAM) uit het pakket mgcv (Wood *et al.*, 2016). Als responsvariabele is hier de CPUE (aantal kreeften/sta-duur) gebruikt in plaats van ruwe aantallen. Omdat de responsvariabele positief en rechtsscheef verdeeld was, en zowel nulwaarden als continue positieve waarden kon bevatten, is een Tweedie-verdeling gebruikt (p = 1,303) met een log-linkfunctie. Het vangtuigtype (conventionele kubbe en kubbe met ontsnappingspijp) is gebruikt als verklarende variabele en de watertemperatuur is opgenomen als smoother (k=5). De vorm van het gebruikte model is:

$$\log(E[CPUE]) = \beta_0 + \beta_1 Vangtuig + s(Temperatuur)$$

Aantal kreeften in conventionele fuiken en kubben en innovatieve tunnelkorven

Voor de vergelijking van de kreeftvangsten in conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorven is eveneens een Generalized Additive Model (GAM) met een Tweedie-verdeling (p = 1,372) gebruikt. De CPUE (aantal kreeften/sta-duur) is als responsevariabele gebruikt en er is een smoother voor temperatuur met interactie met vangtuig toegevoegd. Dit zorgt ervoor dat de relatie tussen temperatuur en CPUE per vangtuig kan verschillen. Het gebruikte model heeft de vorm:

$$\log(E[CPUE]) = \beta_0 + \beta_1 Vangtuig + s(Temperatuur, by = Vangtuig)$$

Waarbij $s(Temperatuur)$ een splinefunctie voor temperatuur voorstelt, die specifiek is voor elk type vangtuig. Voor de vergelijking tussen alle drie de vangtuigen is een Tukey post-hoc-test uitgevoerd met behulp van het pakket emmeans (Lenth, 2023).

Aandeel van bijvangst vis

Het aandeel vis aan de totale vangst in de verschillende types vangtuigen is geanalyseerd middels een GAM met Tweedie-verdeling (p=1,388) en log-linkfunctie. Hiervoor is het pakket mgcv (Wood *et al.*, 2016) gebruikt. In het model is het aandeel vis als response variabele gebruikt en het type vangtuig als verklarende variabele. Het effect van watertemperatuur werd gemodelleerd met vangtuigspecifieke

smooth-termen (k=4), zodat de vorm van de temperatuurrespons tussen vangtuigen kon verschillen. Om te corrigeren voor verschillen tussen lichtingen is lichting opgenomen als random effect. Het model kan worden geschreven als:

$$log(E(Aandeel\ vis)) = \beta_0 + \beta_1(Vangtuig) + f(Temperatuur \mid Vangtuig) + b_{Lichting}$$

Voor de vergelijking tussen de verschillende vangtuigen is een Tukey post-hoc test uitgevoerd met behulp van het pakket emmeans (Lenth, 2023).

3 RESULTATEN

3.1 ALGEMEEN

Tijdens het onderzoek zijn in totaal drie soorten rivierkreeften aangetroffen, namelijk geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft (*Faxonius virilis*) (n=1.939), gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (n=211) (*Faxonius limnosus*) en rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) (16.719). Van rode Amerikaanse rivierkreeft zijn verreweg de meeste exemplaren aangetroffen.

Daarnaast zijn 17 verschillende vissoorten, 20 wolhandkrabben (*Eriocher sp.*), 7 ratten/muskusratten en één wilde eend bijgevangen in de vangtuigen. Vissen zijn zowel in de conventionele vangtuigen als in de vangtuigen met ontsnappingspijp gevangen. Daarnaast zijn in de eenwieksfuiken met ontsnappingspijp ook drie ratten en de wilde eend gevangen. Twee van de ratten probeerden door de ontsnappingspijp te ontsnappen maar pasten er niet doorheen en bleven in de ontsnappingspijp hangen. De overige bijvangst is gevangen in de conventionele eenwieksfuiken en in de tunnelkorven. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de aangetroffen soorten en aantallen per type vangtuig.

Tijdens het veldwerk zijn daarnaast ook een bever en een otter waargenomen in het water.

Tabel 1 *Overzicht van de gevangen soorten en aantallen tijdens het onderzoek.*

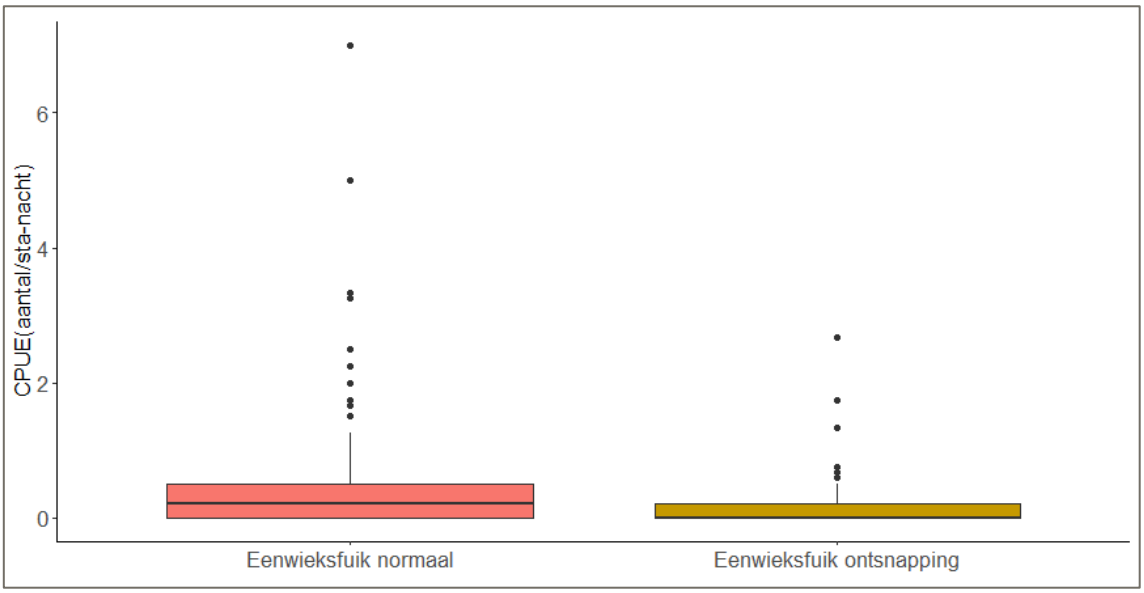
		Fuik		Kubbe		Tunnelkorf	
Soortgroep	Soort	Conventioneel	Ontsnapping	Conventioneel	Ontsnapping		Totaal
Kreeft	Geknobbelde Amerikaanse rivierkreeft	108	88	67	67	1.609	1.939
	Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft	47	36	9	15	104	211
	Rode Amerikaanse rivierkreeft	1.820	1.270	1.079	874	11.676	16.719
	Subtotaal kreeft	***1.975***	***1.394***	***1.155***	***956***	***13.389***	***18.869***
Vis	Aal	3				60	63
	Baars	51	5	16		228	300
	Bittervoorn	14	1	6	1	61	83
	Blankvoorn	66	25	11	5	101	208
	Brasem	29	3	6		34	72
	Giebel	1		1			2
	Hybride*					2	2
	Kaukasische dwerggrondel					1	1
	Kleine modderkruiper					4	4
	Kolblei	32	6	2	2	141	183
	Marmergrondel	4	6	7	2	22	41
	Pos	13	12		0	578	603
	Rietvoorn	32	8	8	2	104	154
	Snoek	1				1	2
	Snoekbaars					4	4
	Winde	1		1		1	3
	Zeelt	20	9	1	3	24	57
	Zwartbekgrondel					1	1
	Subtotaal vis	***267***	***75***	***59***	***15***	***1.367***	***1.783***
Overig	Wolhandkrab	3				17	20
	Rat/Muskusrat	1	3			3	7
	Wilde eend		1				1
	Subtotaal overig	***4***	***4***			***20***	***28***
	Totaal	**2.246**	**1.473**	**1.214**	**971**	**14.776**	**20.680**

* kruising tussen twee karperachtigen

3.2 AANTAL VISSEN IN CONVENTIONELE EN AANGEPASTE VANGTUIGEN

Fuiken

In figuur 2 is de CPUE (aantal/sta-nacht) van de bijgevangen vissen in de conventionele fuiken en in de fuiken met een ontsnappingspijp weergegeven. Het aantal gevangen vissen in de fuiken werd significant beïnvloed door de ontsnappingspijp en door de watertemperatuur. De fuiken met ontsnappingspijp vingen gemiddeld 70% minder vissen dan de conventionele fuiken (IRR=0,30; 95% CI=0,20-0,45; β=-1,191; SE=0,204; z=-5,84; p<0,0001).

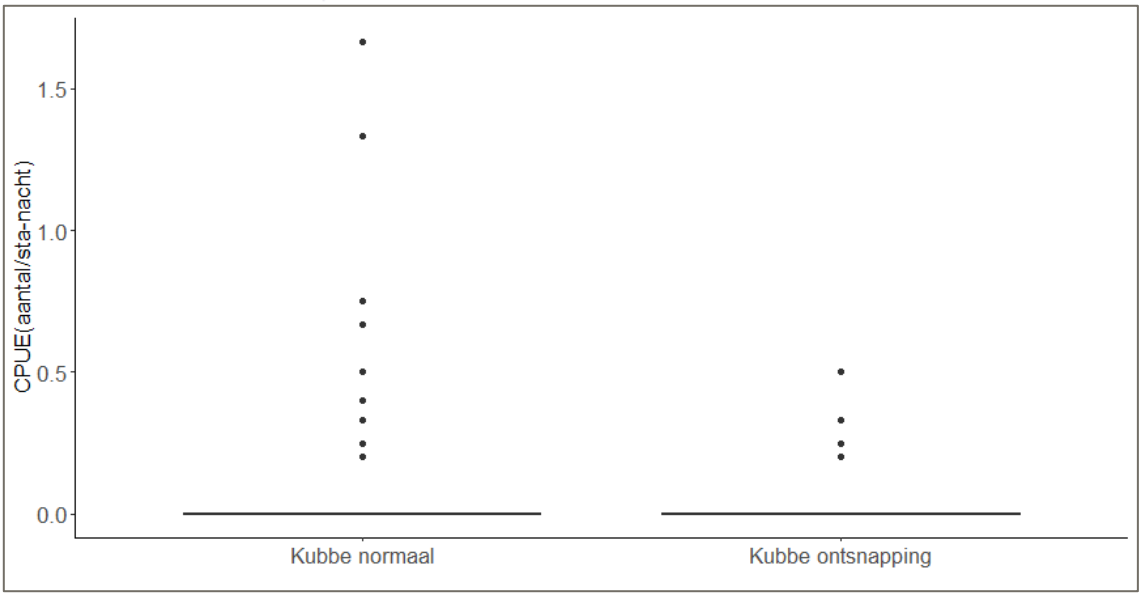


Figuur 2 *CPUE (aantal/sta-nacht) van de gevangen vissen in de conventionele fuiken en in de fuiken met een ontsnappingspijp.*

Het model verklaarde 20% van de deviantie in het aantal gevangen vissen (null deviance = 324,55; residual deviance = 259,53). De DHARMa-diagnostiek liet geen duidelijke afwijkingen van de modelaannames zien. De gesimuleerde residuen weken niet significant af van een uniforme verdeling (Kolmogorov-Smirnov-test: p=0,674) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,112) of een verhoogd aantal uitbijters (p=0,96). Visuele inspectie van de residuen tegen de voorspelde waarden liet eveneens geen duidelijke systematische patronen zien. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

Kubben

In figuur 3 is de CPUE (aantal/sta-nacht) in de conventionele kubben en in de kubben met een ontsnappingspijp weergegeven. Het aantal gevangen vissen in de kubben werd significant beïnvloed door de ontsnappingspijp en door de watertemperatuur. De kubben met ontsnappingspijp vingen gemiddeld 74% minder vissen dan de conventionele kubben (IRR=0,26; 95% CI=0,13-0,50; β=-1,344; SE=0,323; z=-4,17; p<0,0001).

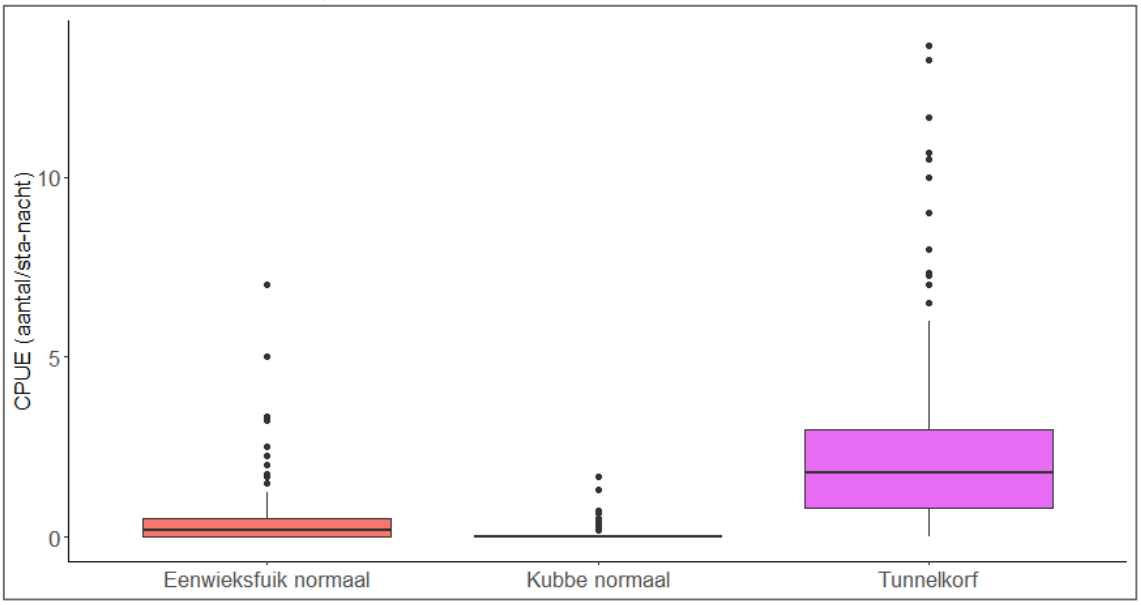


Figuur 3 *CPUE (aantal/sta-nacht) van de gevangen vissen in de conventionele kubben en in de kubben met een ontsnappingspijp.*

Het model verklaarde 17% van de deviantie in het aantal gevangen vissen (null deviance = 198,32; residual deviance = 163,98). De DHARMa-diagnostiek liet geen duidelijke afwijkingen van de modelaannames zien. De gesimuleerde residuen weken niet significant af van een uniforme verdeling (Kologorov-Smirnov-test: p=0,816) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,856) of een verhoogd aantal uitbijters (p=0,76). Visuele inspectie van de residuen tegen de voorspelde waarden liet eveneens geen duidelijke systematische patronen zien. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

3.3 AANTAL VISSEN IN CONVENTIONELE FUIKEN EN KUBBEN EN INNOVATIEVE TUNNELKORVEN

In figuur 4 is een boxplot met de gemeten CPUE (aantal/sta-nacht) van de bijgevangen vissen in de conventionele fuik, conventionele kubbe en tunnelkorf weergegeven. In tabel 2 en tabel 3 zijn de resultaten van de post-hoc-test weergegeven. De door het model geschatte CPUE in de tunnelkorven is met 8,58 verreweg het hoogst (zie tabel 2) en ongeveer 6 keer hoger dan in de conventionele fuiken (1,43) en 26 keer hoger dan in de conventionele kubben (0,33). De CPUE in de conventionele fuiken is ongeveer 4 keer hoger dan in de conventionele kubben. Alle verschillen tussen de drie vangtuigen zijn significant (Tukey post-hoc-test; alle $p < 0,0001$; zie tabel 3).



Figuur 4 *Gemeten CPUE (aantal/sta-nacht) van de bijgevangen vissen in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorven.*

Het model heeft een marginale R^2 van 0,639 en een conditionele R^2 van 0,664, wat aangeeft dat de vaste effecten ongeveer 64% van de variatie in vangstaantallen verklaarden en dat het random effect *Lichting* slechts beperkt extra verklaring toevoegde. De DHARMa-diagnostiek liet geen duidelijke afwijkingen van de modelaannames zien. De gesimuleerde residuen weken niet significant af van een uniforme verdeling (Kolmogorov-Smirnov-test: p=0,808) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,428) of een verhoogd aantal uitbijters (p=0,64). Visuele inspectie van de residuen tegen de voorspelde waarden liet eveneens geen duidelijke systematische patronen zien. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

Tabel 2 *Resultaten van de post-hoc-test van het aantal vissen in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf. Weergegeven is de geschatte CPUE (response), standard error (SE) en het 95% betrouwbaarheidsinterval.*

Vangtuig	Response	SE	95%-BI
Conventionele fuik	1,43	0,20	1,08-1,89
Conventionele kubbe	0,33	0,06	0,23-0,47
Tunnelkorf	8,58	1,10	6,68-11,03

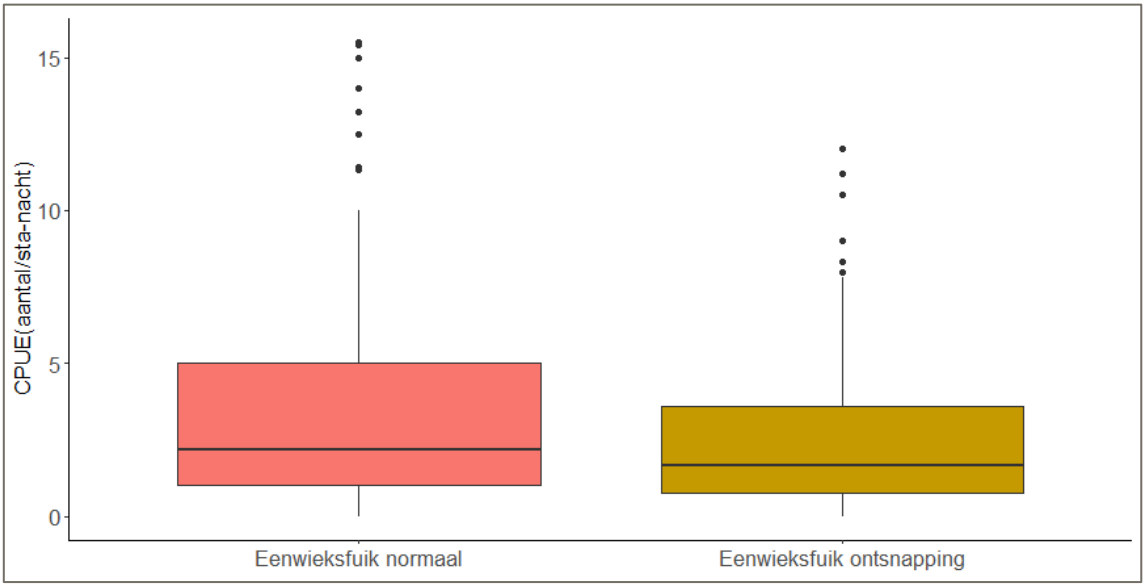
Tabel 3 *Resultaten van de post-hoc-test van het aantal vissen in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf. Weergegeven is de ratio tussen de CPUE van twee vangtuigen, de standaard error (SE), z-ratio en p-waarde*

Vergelijking	Ratio	SE	z-ratio	p-waarde
Conventionele fuik/conventionele kubbe	4,348	0,795	8,036	<0,0001
Conventionele fuik/Tunnelkorf	0,166	0,022	-13,692	<0,0001
Conventionele kubbe/Tunnelkorf	0,038	0,007	-18,565	<0,0001

3.4 AANTAL KREEFTEN IN CONVENTIONELE EN AANGEPASTE VANGTUIGEN

Fuiken

In figuur 5 is de gemeten CPUE (aantal/sta-nacht) van de gevangen kreeften in de conventionele fuiken en in de fuiken met een ontsnappingspijp weergegeven. Het aantal gevangen kreeften in de fuiken werd significant beïnvloed door zowel de ontsnappingspijp als de watertemperatuur (p<0,0001). De fuiken met ontsnappingspijp vingen gemiddeld 28% minder kreeften dan de conventionele fuiken (IRR=0,72; 95% CI=0,59-0,89; β=-0,325; SE=0,104; z=-3,131; p=0,0017).

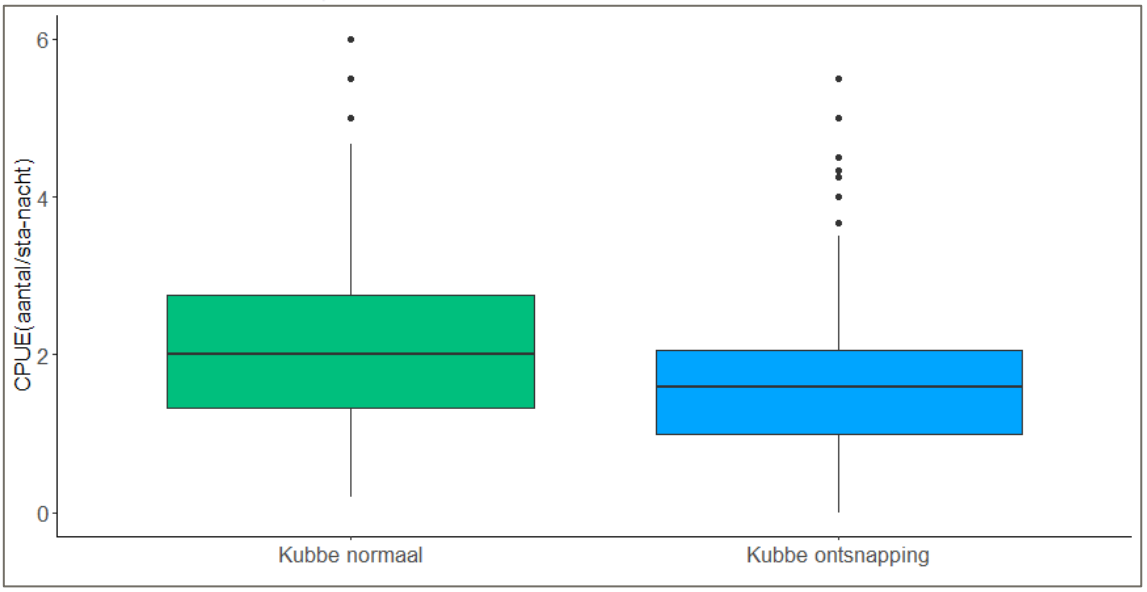


Figuur 5 *CPUE (aantal/sta-nacht) van de gevangen rivierkreeften in de conventionele fuiken en in de fuiken met ontsnappingspijp.*

Het model verklaarde 10,7% van de deviantie in het aantal gevangen kreeften (null deviance = 387,13; residual deviance = 345,78). De DHARMa-diagnostiek liet geen duidelijke afwijkingen van de modelaannames zien. De gesimuleerde residuen weken niet significant af van een uniforme verdeling (Kolmogorov-Smirnov-test: p=0,289) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,40) of een verhoogd aantal uitbijters (p=1,00). Visuele inspectie van de residuen tegen de voorspelde waarden liet eveneens geen duidelijke systematische patronen zien. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

Kubben

In figuur 6 is de CPUE (aantal/sta-nacht) in de conventionele kubben en in de kubben met ontsnappingspijp weergegeven. De CPUE in de kubben werd significant beïnvloed door zowel de ontsnappingspijp als de watertemperatuur (p<0,001). De kubben met ontsnappingspijp was de CPUE gemiddeld 17% lager dan in de conventionele kubben (IRR=0,83; 95% CI=0,70-0,93; β=−0,188; SE = 0,059; t=−3.17; p=0,0017).

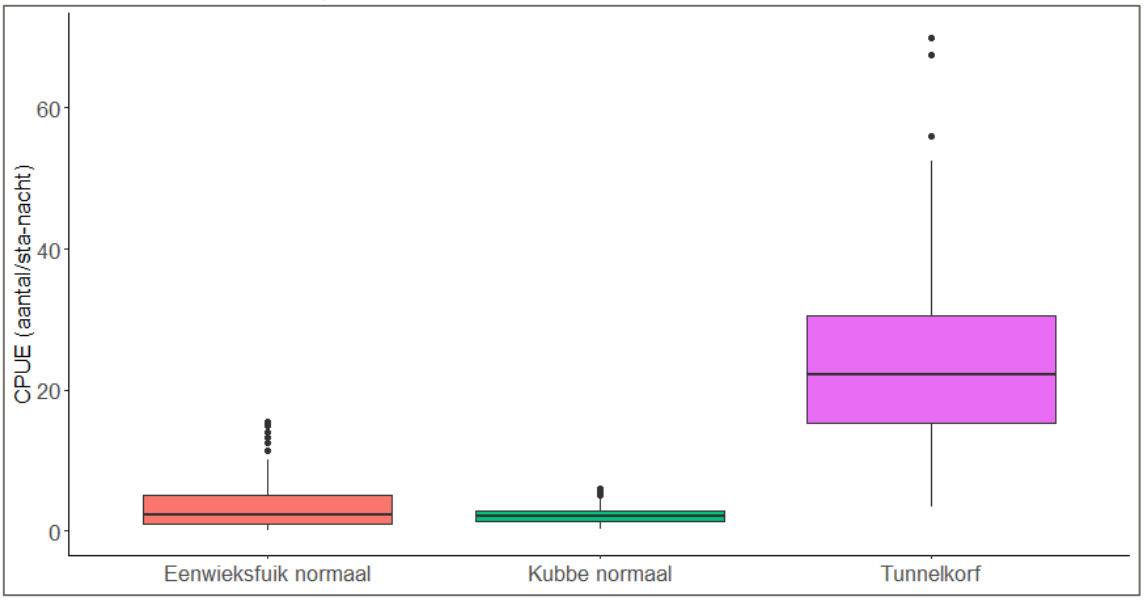


Figuur 6 *CPUE (aantal/sta-nacht) van de gevangen kreeften in de conventionele kubben en in de kubben met ontsnappingspijp.*

Het model verklaarde 8,9% van de deviantie in het aantal kreeften (adjusted R^2=0,0703, n=320). De DHARMa-diagnostiek liet geen duidelijke afwijkingen van de modelaannames zien. De gesimuleerde residuen weken niet significant af van een uniforme verdeling (Kolmogorov-Smirnov-test: p=0,54) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,52) of een verhoogd aantal uitbijters (p=0,19). Visuele inspectie van de residuen tegen de voorspelde waarden liet eveneens geen duidelijke systematische patronen zien. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

3.5 AANTAL KREEFTEN IN CONVENTIONELE FUIKEN EN KUBBEN EN INNOVATIEVE TUNNELKORVEN

In figuur 7 is een boxplot met de gemeten CPUE in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf weergegeven. In tabel 4 en tabel 5 zijn de resultaten van de post-hoc-test weergegeven. De door het GAM-model geschatte CPUE in de tunnelkorven is met 27,75 verreweg het hoogst (zie tabel 4) en ongeveer 8 keer hoger dan in de conventionele fuiken (3,38) en 12 keer hoger dan in de conventionele kubben (2,30). De CPUE in de conventionele fuiken is ongeveer 1,5 keer hoger dan in de conventionele kubben. Alle verschillen tussen de drie vangtuigen zijn significant (Tukey post-hoc-test, alle $p \leq 0{,}002$; zie tabel 5).



Figuur 7 *CPUE (aantal/sta-nacht) van de gevangen rivierkreeften in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorven.*

Voor de fuik en tunnelkorf is daarnaast een significant effect van watertemperatuur aangetoond (p<0,001). Voor de kubbe is er geen significant temperatuureffect (p=0,588).

Het model verklaarde 80,9% van de deviantie (adjusted R^2=0,835, n=476). De DHARMa-diagnostiek liet geen aanwijzingen zien voor sterke afwijkingen van de uniforme residuverdeling (Kolmogorov-Smirnov-test: p=0,30) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,07) of een verhoogd aantal uitbijters (p=0,44). Wel wees de gecombineerde kwantieltest op significante afwijkingen van de residuen ten opzichte van de voorspelde waarden, wat suggereert dat het model nog niet alle systematische variatie in de data verklaart. Gezien de overige tests niet significant zijn en de p-waardes duidelijk onder de 0,05 significantiegrens liggen wordt niet verwacht dat deze afwijking een effect heeft op de algehele uitkomst. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

Tabel 4 *Resultaten van de post-hoc-test van het aantal kreeften in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf. Weergegeven is de geschatte CPUE (response), standard error (SE) en het 95% betrouwbaarheidsinterval.*

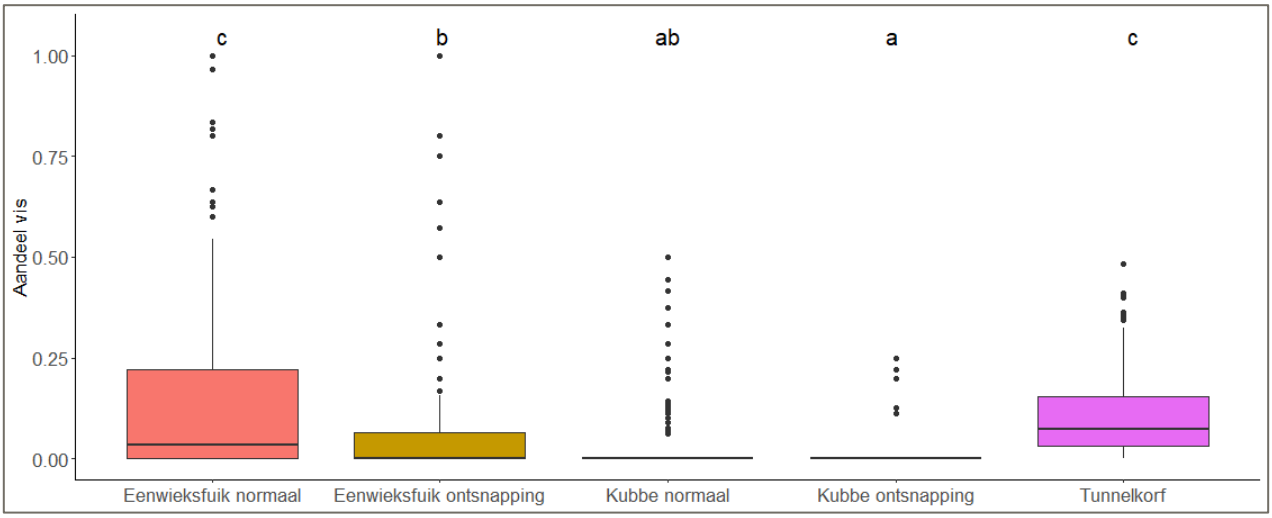
Vangtuig	Response	SE	95%-BI
Conventionele fuik	3,38	0,178	3,05-3,75
Conventionele kubbe	2,30	0,226	1,90-2,80
Tunnelkorf	27,75	3,244	22,05-34,91

Tabel 5 *Resultaten van de post-hoc-test van het aantal kreeften in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf. Weergegeven is de ratio tussen de CPUE van twee vangtuigen, de standaard error (SE), t-ratio en p-waarde.*

Vergelijking	Ratio	SE	t-ratio	p-waarde
Conventionele fuik/conventionele kubbe	1,468	0,164	3,445	0,0018
Conventionele fuik/Tunnelkorf	0,122	0,016	-16,405	<0,0001
Conventionele kubbe/Tunnelkorf	0,083	0,013	-16,291	<0,0001

3.6 AANDEEL VAN BIJVANGST VIS

In figuur 8 is een boxplot weergegeven met het aandeel vis ten opzichte van de totale vangst in de vijf verschillende vangtuigen. De resultaten van de post-hoc test zijn weergegeven in tabel 6 en tabel 7. Het geschatte gemiddelde aandeel vis is het hoogst in de conventionele fuiken (19%), gevolgd door de tunnelkorven (16%) en fuiken met ontsnappingspijp (9%). In de conventionele kubben (4%) en de kubben met ontsnappingspijp (1%) is het aandeel vis het laagst (zie tabel 6).



Figuur 8 *Boxplot van het aandeel vis aan de totale vangst in de verschillende vangtuigen (ruwe gegevens). De letters geven aan welke verschillen wel of niet significant zijn. Verschillende letters betekenen significante verschillen. Dezelfde letters betekenen niet significante verschillen.*

In de fuiken met ontsnappingspijp was het aandeel vis significant lager dan in de conventionele fuiken (p=0,0203). Voor de kubben was het verschil tussen de conventionele en aangepaste vangtuigen niet significant (p=0,1166). Daarnaast was het aandeel vis in de conventionele kubben significant lager dan in de conventionele fuiken (p=0,0001) en in de aangepaste kubben was het aandeel vis significant lager dan in de aangepaste fuiken (zie tabel 7).

Het aandeel vis in de innovatieve tunnelkorf verschilt niet significant van het aandeel vis in de conventionele fuiken (p=0,9374). In de overige vangtuigen was het aandeel vis wel significant lager dan in de tunnelkorf (p<0,05; tabel 7).

Het model verklaarde 25,6% van de deviantie (adj. R^2 = 0,178). De DHARMa-diagnostiek liet geen duidelijke afwijkingen van de modelaannames zien. De gesimuleerde residuen weken niet significant af van een uniforme verdeling (Kolmogorov-Smirnov-test: p=0,14) en er werden geen aanwijzingen gevonden voor overdispersie (p=0,56) of een verhoogd aantal uitbijters (p=0,42). Visuele inspectie van de residuen tegen de voorspelde waarden liet eveneens geen duidelijke systematische patronen zien. De uitkomst van de DHARMa-diagnostiek is weergegeven in bijlage 1.

Tabel 6 *Resultaten van de post-hoc-test van het aantal vissen in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf. Weergegeven is de geschatte CPUE (response), standard error (SE) en het 95% betrouwbaarheidsinterval.*

Vangtuig	response	SE	95%-BI
Conventionele fuik	0,19	0,04	0,12-0,29
Fuik met ontsnapping	0,09	0,02	0,06-0,14
Conventionele kubbe	0,04	0,01	0,02-0,08
Kubbe met ontsnapping	0,01	0,01	0,01-0,03
Tunnelkorf	0,16	0,03	0,11-0,23

Tabel 7 *Resultaten van de post-hoc-test van het aantal vissen in de conventionele fuiken en kubben en in de innovatieve tunnelkorf. Weergegeven is de ratio tussen de CPUE van twee vangtuigen, de standaard error (SE), z-ratio en p-waarde.*

Vergelijking	Ratio	SE	t-ratio	p-waarde
Conventionele fuik/Fuik ontsnapping	**21,054**	**0,5147**	**3,046**	**0,0203**
Conventionele fuik/conventionele kubbe	**46,701**	**16,244**	**4,431**	**0,0001**
Conventionele fuik/Kubbe ontsnapping	**155,022**	**68,353**	**6,216**	**<0,0001**
Conventionele fuik/Tunnelkorf	11,881	0,264	0,777	0,9374
Fuik ontsnapping/conventionele kubbe	22,181	0,755	2,342	0,1329
Fuik ontsnapping/kubbe ontsnapping	**73,629**	**31,987**	**4,596**	**<0,0001**
Fuik ontsnapping/Tunnelkorf	**0,5643**	**0,115**	**-2,811**	**0,0405**
Conventionele kubbe/Kubbe ontsnapping	33,195	1,66	2,399	0,1166
Conventionele kubbe/Tunnelkorf	**0,254**	**0,083**	**-4,219**	**0,0003**
Kubbe ontsnapping/Tunnelkorf	**0,077**	**0,032**	**-6,084**	**<0,0001**

4 DISCUSSIE

Het onderzoek toont aan dat de toegepaste ontsnappingspijp effectief is in het verminderen van de bijvangst van vis in conventionele fuiken en kubben. In vangtuigen die zijn voorzien van een ontsnappingspijp worden naar schatting respectievelijk 74% en 70% minder vissen gevangen dan in de conventionele vangtuigen. Deze resultaten komen overeen met de resultaten uit een eerder onderzoek waarbij de effectiviteit van een ontsnappingspijp in fuiken en kubben is getest in een poldergebied in Berkenwoude. Bij dat onderzoek was het aantal vissen in kubben met een ontsnappingspijp 96% lager dan in de kubben zonder ontsnappingspijp. In de fuiken was het aantal vissen in vangtuigen met een ontsnappingspijp 33% lager dan in vangtuigen zonder ontsnappingspijp (Van Giels *et al.*, 2023).

De aanwezigheid van een ontsnappingspijp voorkomt de bijvangst van vissen echter niet volledig. In fuiken met een ontsnappingspijp bestaat de totale vangst naar schatting gemiddeld nog voor 9% uit vis, terwijl dit aandeel in kubben met ontsnappingspijp 1% bedraagt. Dit geeft aan dat een deel van de vissen ondanks de ontsnappingsmogelijkheid in het vangtuig aanwezig blijft tot het moment van lichten. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat vissen de vangtuigen niet uitsluitend per ongeluk inzwemmen of als gevolg van de aantrekkingskracht door het aas, maar dat ze de vangtuigen tevens gebruiken als schuilplek. Tijdens het lichten van de vangtuigen kunnen vissen stress ervaren en gedesoriënteerd raken, waardoor zij de ontsnappingsopening mogelijk niet tijdig vinden of benutten. De resterende bijvangst lijkt daardoor niet zozeer het gevolg van een onvoldoende functionerende ontsnappingspijp, maar eerder van het gedrag van vissen in en rondom het vangtuig.

In de kubben was het aandeel vis in de vangst veruit het laagst, zowel in de aangepaste als in de conventionele variant. Dit betekent echter niet dat de visbijvangst in kubben onder alle omstandigheden beperkt is. Met name op locaties met hoge dichtheden aan (kleine) vis kunnen ook in kubben aanzienlijke aantallen vissen worden bijgevangen. Daarnaast is het van belang op te merken dat binnen dit onderzoek voornamelijk vis als bijvangst is beschouwd. Andere ongewenste bijvangstsoorten, zoals macrofauna, kikkers en salamanders, zijn slechts incidenteel aangetroffen. Hierdoor kon niet worden vastgesteld in hoeverre de toepassing van een ontsnappingspijp de bijvangst van deze soortgroepen beïnvloedt. Op basis van hun formaat en gedrag is het echter aannemelijk dat een ontsnappingspijp voor deze soorten kan bijdragen aan een aanzienlijke vermindering van de bijvangst.

Voor ratten/muskusratten is aangetoond dat de ingezette ontsnappingspijp in de huidige configuratie nog niet optimaal werkt. Twee van de ratten/muskusratten die in de aangepaste fuiken zijn gevangen zaten vast in de ontsnappingspijp en blokkeerden hiermee de doorgang. Dit geeft aan dat de gehanteerde diameter van 63 millimeter te klein is voor grotere bijvangst zoals ratten, grotere vissen en andere grotere soorten. Voor deze grotere bijvangst zou de diameter van de ontsnappingspijp vergroot moeten worden of moet worden voorkomen dat ze het vangtuig in kunnen zwemmen. De ingezette kubben en tunnelkorven beschikken reeds over een vernauwde inzwemopening van maximaal 9 centimeter ten behoeve van het weren van otters. Dat er alsnog drie ratten/muskusratten gevangen zijn in de tunnelkorven laat zien dat een inzwemopening van 9 centimeter te groot is om deze soorten te weren. Daarnaast is de grootte van

deze inzwemopeningen niet goed afgestemd op de diameter van de ontsnappingspijp. De inzwemopeningen dienen maximaal even groot te zijn als de diameter van de ontsnappingspijp om ervoor te zorgen dat alle bijvangst die het vangtuig in kan zwemmen ook weer kan ontsnappen.

Een ontsnappingspijp kan daarnaast dienen als extra inzwemopening voor vissen en andere soorten die het vangtuig gebruiken als schuilplek. Weliswaar kunnen deze soorten in theorie door de ontsnappingspijp ook weer het vangtuig uit zwemmen maar op deze manier zou een ontsnappingspijp toch kunnen leiden tot extra bijvangst. Een andere maatregel om bijvangst te verminderen zou een stopgrid kunnen zijn. Een stopgrid is een netwerk van mazen dat voor de eerste inkeling geplaatst wordt. Hiermee wordt grotere bijvangst geweerd voordat deze het vangtuig inzwemt. Daarnaast kan een stopgrid mogelijk ook zorgen voor een extra afschrikkende werking voor kleinere bijvangst. Ook voor deze aanpassing zou getest moeten worden wat het effect op bijvangst en de vangst van rivierkreeften is.

Het aantal rivierkreeften was in de vangtuigen met ontsnappingspijp eveneens significant lager dan in de onaangepaste fuiken en kubben. In de fuiken en kubben met ontsnappingspijp worden naar schatting 28% (95% BI=11-41%) en 17% (95% BI=11-30%) minder kreeften gevangen dan in de respectieve onaangepaste vangtuigen. Deze afname in vangstefficiëntie is relevant in het licht van het beoogde gebruik van deze vangtuigen, namelijk het grootschalig vangen en beheren van rivierkreeftenpopulaties. Een vermindering van 17 tot 28% in de vangsten kan, afhankelijk van de omvang van het bestand en de benodigde beheerinspanning, leiden tot een substantieel lagere effectiviteit van bestrijdings- en beheermaatregelen.

Hoewel ontsnappingspijpen kunnen bijdragen aan het verminderen van ongewenste bijvangsten, gaat dit in de onderzochte situatie gepaard met een aanzienlijke afname van het aantal gevangen rivierkreeften. Naar verwachting neemt deze vangst verder af naarmate de diameter van de ontsnappingspijp wordt vergroot, zodat ook grotere bijvangstsoorten kunnen ontsnappen. Voor bestrijdings- en beheermaatregelen waarbij een vooraf vastgesteld reductiedoel voor het kreeftenbestand moet worden bereikt, zal deze lagere vangstefficiëntie waarschijnlijk moeten worden gecompenseerd door een hogere vangstinspanning, bijvoorbeeld door meer vangtuigen in te zetten, vaker te lichten of de vangstperiode te verlengen.

Tegelijkertijd laten de resultaten zien dat het aandeel vis in de aangepaste vangtuigen lager is dan in de conventionele vangtuigen. De verhouding tussen het aantal gevangen rivierkreeften en de hoeveelheid visbijvangst is daarmee gunstiger in de aangepaste vangtuigen. Dit betekent dat, zelfs wanneer een hogere vangstinspanning nodig is om hetzelfde aantal rivierkreeften te vangen, de totale visbijvangst naar verwachting lager blijft dan bij toepassing van conventionele vangtuigen. De uiteindelijke mate waarin dit voordeel behouden blijft, is echter afhankelijk van de gekozen diameter van de ontsnappingspijp. Wanneer de diameter wordt vergroot, kunnen zowel de vangstefficiëntie als de selectiviteit verder veranderen. De resultaten laten zien dat de afweging tussen selectiviteit en vangstefficiëntie nadrukkelijk meegenomen dient te worden bij de beoordeling van de toepasbaarheid van deze aanpassing binnen beheer- en reductieprogramma's.

Uit de vergelijking tussen de conventionele fuiken en kubben enerzijds en de innovatieve tunnelkorf anderzijds blijkt dat met de tunnelkorf significant meer vissen en significant meer rivierkreeften worden gevangen. Bij de interpretatie van deze resultaten dient echter rekening te worden gehouden met de verschillen in afmetingen en actieradius van de onderzochte vangtuigen. Fuiken en kubben hebben een aanzienlijk kleiner formaat dan de tunnelkorf en omvatten daardoor een kleiner vangstgebied. Voor een representatieve beoordeling van de absolute effectiviteit zou daarom niet alleen rekening moeten worden gehouden met de vangstaantallen, maar ook met factoren zoals de omvang van het vangtuig, het effectief bevist oppervlak en de benodigde inspanning voor plaatsing en lichting.

Het aandeel vissen in de totale vangst verschilt niet significant tussen de tunnelkorf en de conventionele fuik. Tegelijkertijd worden met de tunnelkorf circa achtmaal meer rivierkreeften gevangen dan met de conventionele fuik. Dit wijst erop dat de tunnelkorf, binnen de context van dit onderzoek, een hogere vangstefficiëntie voor rivierkreeften realiseert zonder dat dit gepaard gaat met een toename van het relatieve aandeel vissen in de vangst. Vanuit dat perspectief kan de tunnelkorf als een effectiever en selectiever vangtuig worden beschouwd. In vergelijking met de aangepaste fuiken en beide varianten kubben is het aandeel vissen in de totale vangst van de tunnelkorf echter wel significant hoger. Een mogelijkheid om de bijvangst in de tunnelkorven te verlagen is het aanbrengen van ontsnappingspijpen aan de beide uiteinden van de tunnelkorf of het aanbrengen van stopgrids of kleinere inzwemopeningen.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 CONCLUSIE

Dit onderzoek toont aan dat een ontsnappingspijp de bijvangst van vis in conventionele fuiken en kubben sterk kan reduceren, met een geschatte afname van respectievelijk 74% en 70%. Deze verbetering in selectiviteit gaat echter gepaard met een lagere vangst van rivierkreeften: in aangepaste fuiken en kubben worden respectievelijk 28% en 17% minder kreeften gevangen dan in onaangepaste vangtuigen.

De tunnelkorf ving significant meer rivierkreeften dan de conventionele vangtuigen en liet, ten opzichte van de conventionele fuik, geen significant verschil zien in het aandeel vis in de vangst. In vergelijking met de aangepaste fuik en beide types kubbe is het aandeel vis in de tunnelkorven wel hoger. De resultaten laten zien dat er een duidelijke afweging bestaat tussen het minimaliseren van bijvangst en het maximaliseren van de vangstefficiëntie voor rivierkreeften.

Voor grotere soorten zoals ratten is de gebruikte ontsnappingspijp te klein en niet goed afgestemd op de grootte van de inzwemopening van de vangtuigen. Verdere aanpassingen aan de ontsnappingspijp of aanvullende maatregelen, zoals een stopgrid, zijn nodig om de bijvangst verder te verlagen.

5.2 AANBEVELINGEN

Het onderzoek laat zien dat de bijvangst van vis significant kan worden verminderd door het toepassen van een ontsnappingspijp met een diameter van 63 millimeter. Bijvangst van vis en andere niet-doelsoorten wordt hiermee echter niet volledig voorkomen. Om de bijvangst verder te beperken, wordt aanbevolen om aanvullende aanpassingen aan de vangtuigen te ontwikkelen en te testen. We adviseren hierbij een bronbenadering toe te passen: alles wat niet bijgevangen wordt, hoeft ook niet te ontsnappen. Daarom wordt aanbevolen om de effectiviteit van een stopgrid in combinatie met een ontsnappingspijp te onderzoeken. Een stopgrid kan voorkomen dat grotere individuen van niet-doelsoorten het vangtuig binnendringen en heeft mogelijk tevens een afschrikkend effect op kleinere dieren. Daarbij dient de diameter van de ontsnappingspijp te worden afgestemd op de maaswijdte of doorlaatbaarheid van het stopgrid, zodat alle dieren die het vangtuig alsnog kunnen betreden ook weer kunnen ontsnappen.

Wanneer een ontsnappingspijp wordt toegepast, dient de diameter daarvan te worden afgestemd op de afmetingen van de inzwemopeningen van het vangtuig en andersom. Bij de in dit onderzoek gebruikte vangtuigen wordt aanbevolen een ontsnappingspijp met een minimale diameter van 9 centimeter toe te passen. Hierdoor kunnen alle dieren die via de inzwemopening het vangtuig kunnen binnenzwemmen, in principe ook weer ontsnappen. Voor het vinden van de optimale balans tussen vangstefficiëntie en selectiviteit kunnen verschillende diameters van ontsnappingspijp en inzwemopening getest worden. We merken hierbij op dat het vernauwen van de inzwemopening kan leiden tot afname van de efficiëntie voor rivierkreeften.

Om te voorkomen dat vissen de ontsnappingspijp ook gebruiken om het vangtuig in te zwemmen, zou een ontsnappingspijp ontwikkeld kunnen worden die alleen vanaf de binnenkant passeerbaar is, vergelijkbaar met de kelen in een vangtuig.

Aangezien de ontsnappingspijp in dit onderzoek uitsluitend is getest bij fuiken en kubben, wordt aanbevolen om zowel deze maatregel als de combinatie van een stopgrid en ontsnappingspijp ook te testen bij tunnelkorven.

Naast het optimaliseren van de ontsnappingsmogelijkheden en het weren van bijvangst uit de vangtuigen raden we aan om het gebruik van vistuigen te beperken tot perioden waarin kreeften efficiënt gevangen kunnen worden en de kans op bijvangst van vis relatief laag is. Hierbij heeft het de voorkeur om de inzet van vangtuigen te vermijden tijdens perioden waarin vissoorten zich concentreren voor bijvoorbeeld voortplanting of overwintering. Dit betreft vooral het voorjaar (april tot mei) en de winterperiode (oktober tot maart). In deze periode zitten vissen vaak met velen bij elkaar en kunnen in grote aantallen in de vangtuigen zwemmen en gevangen worden. Daarnaast is kreeft in deze periode minder actief en daarmee minder goed vangbaar.

6 LITERATUUR

Brooks, M. E., Kristensen, K., van Benthem K. J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Maechler, M. & Bolker, B. M. (2017). glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. The R Journal, 9(2), 378-400. doi: 10.32614/RJ-2017-066.

Hartig, F. (2024). _DHARMa: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models_. R package version 0.4.7, <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMa>.

Lenth, R. (2023). _emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means_. R package version 1.8.4-1, <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002) Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0

Van Giels, J., Kanters, S., Bleile, N. & Cusell, C. (2023). Pilot actieve bestrijding rivierkreeften in polder Berkenwoude.

Wood, S. N., Pya, N. & Saefken, B. (2016) Smoothing parameter and model selection for general smooth models (with discussion). Journal of the American Statistical Association 111:1548-1575.

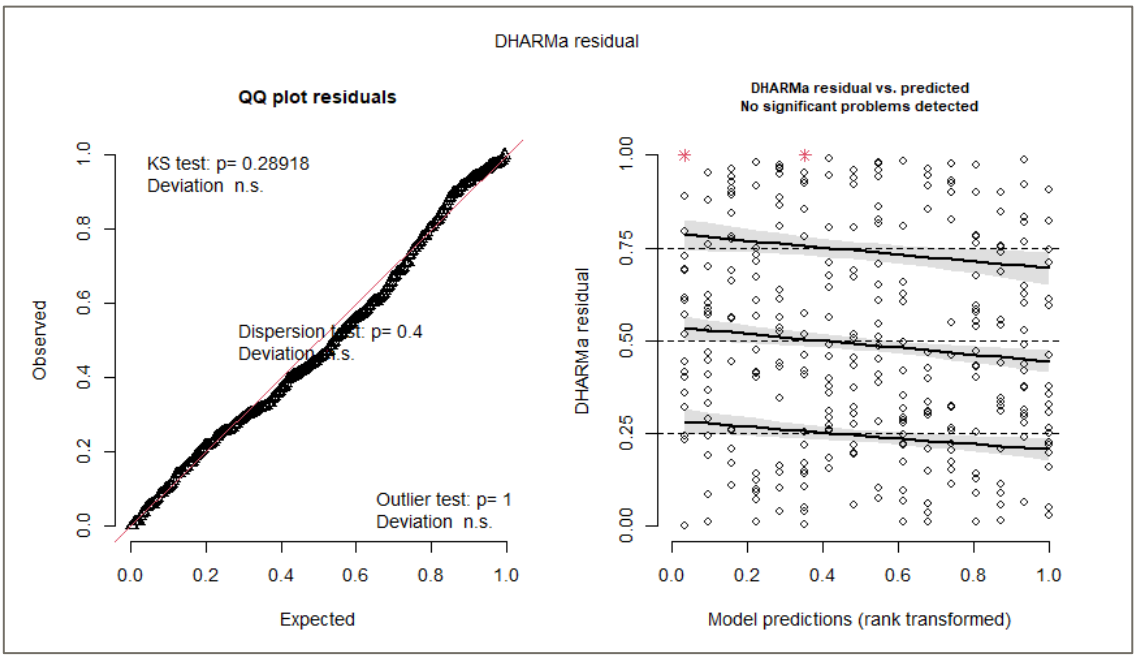
BIJLAGEN

Bijlage 1. Model diagnostiek

BIJLAGE I

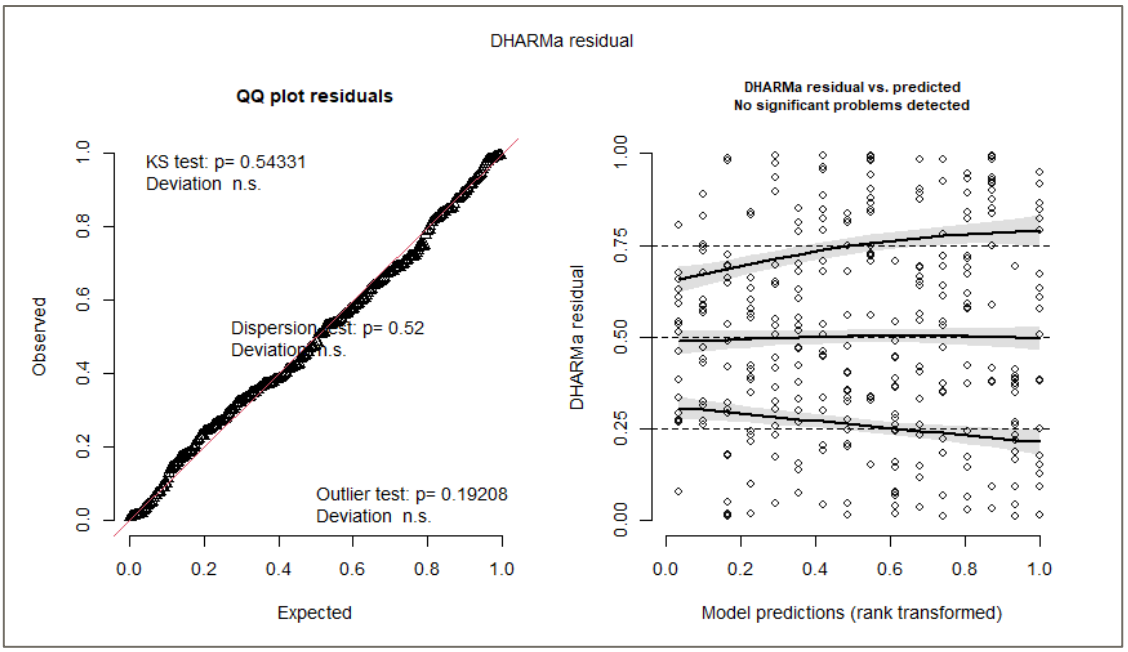
Model diagnostiek

DHARMa-diagnostiek model kreeften in conventionele fuiken vs. aangepaste fuiken.



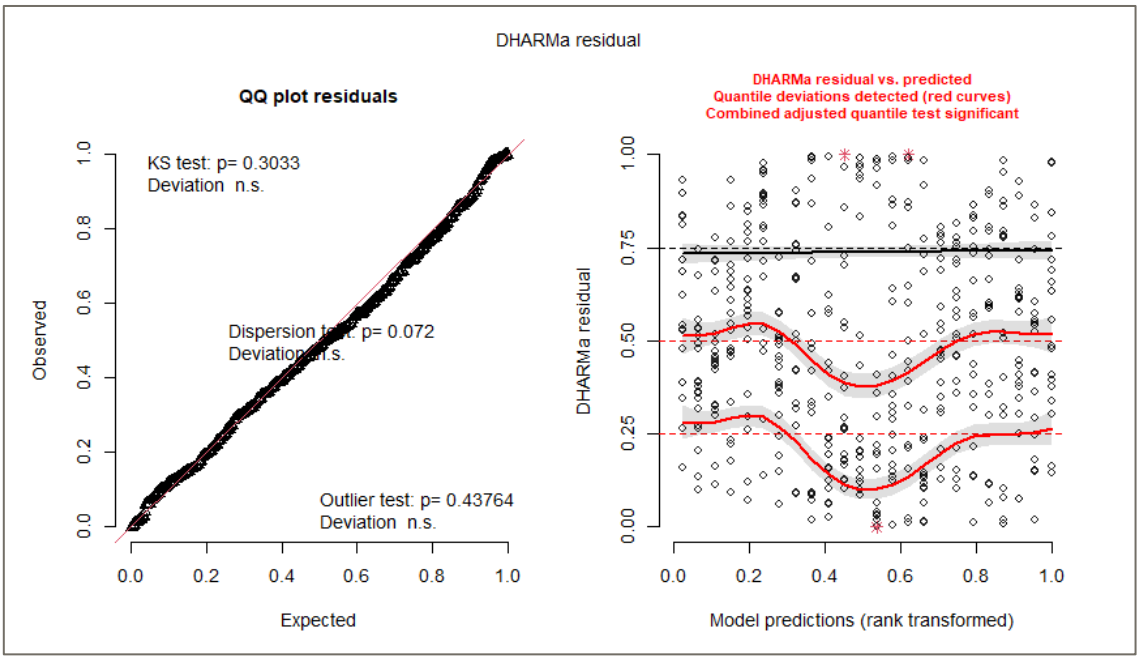
Figuur B1.1 *DHARMa-diagnostiek model kreeften in conventionele fuiken vs. aangepaste fuiken. Geen van de tests laat significante resultaten zien.*

DHARMa-diagnostiek model kreeften in conventionele kubben vs. aangepaste kubben.



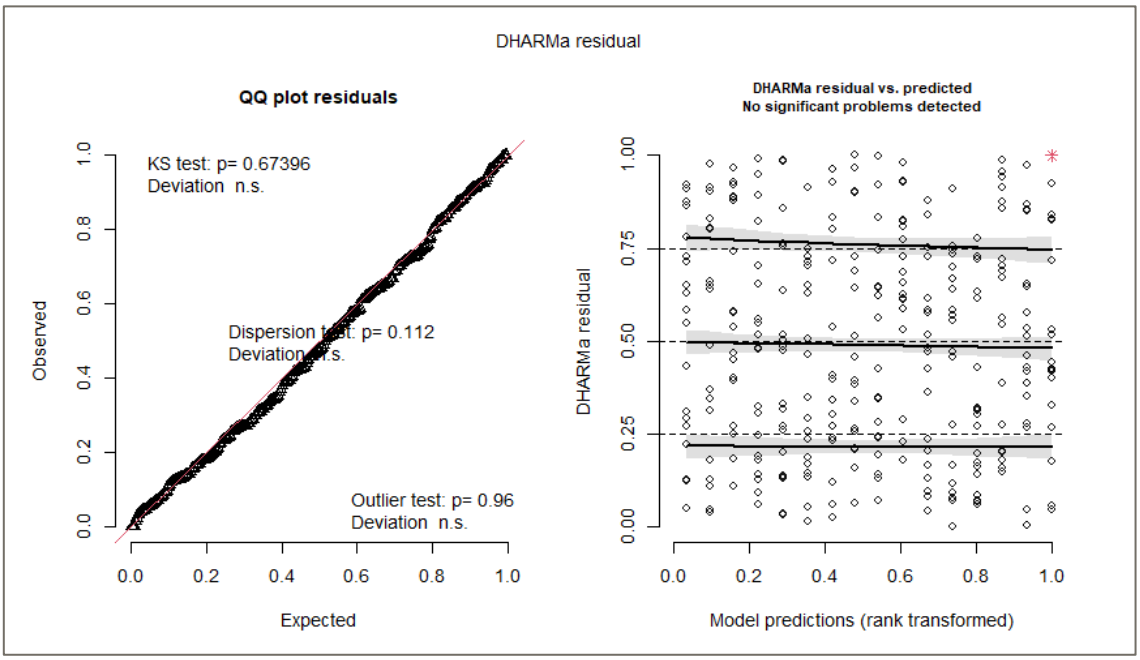
Figuur B1.2 *DHARMa-diagnostiek model kreeften in conventionele kubben vs. aangepaste kubben. Geen van de tests laat significante resultaten zien*

DHARMa-diagnostiek model kreeften in conventionele vangtuigen vs. tunnelkorf



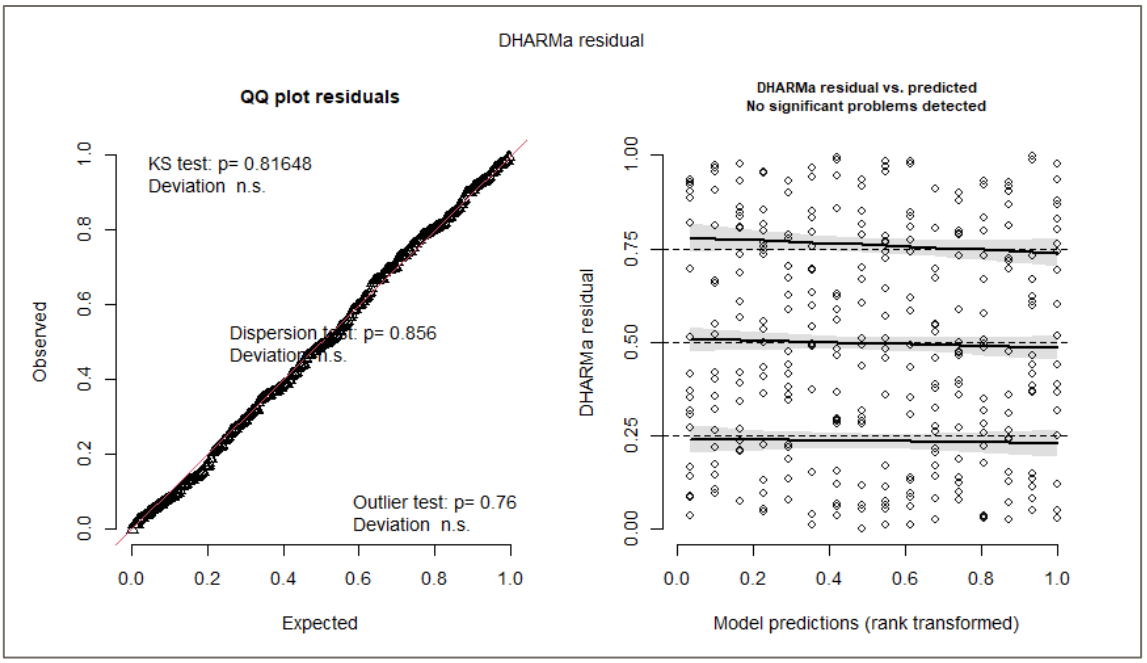
Figuur B1.3 *DHARMa-diagnostiek model kreeften in conventionele vangtuigen vs. het innovatieve vangtuig tunnelkorf. De residual test (rechts) wijst op significante afwijkingen van de residuen ten opzichte van de voorspelde waarden.*

DHARMa-diagnostiek model vissen in conventionele fuiken vs. aangepaste fuiken.



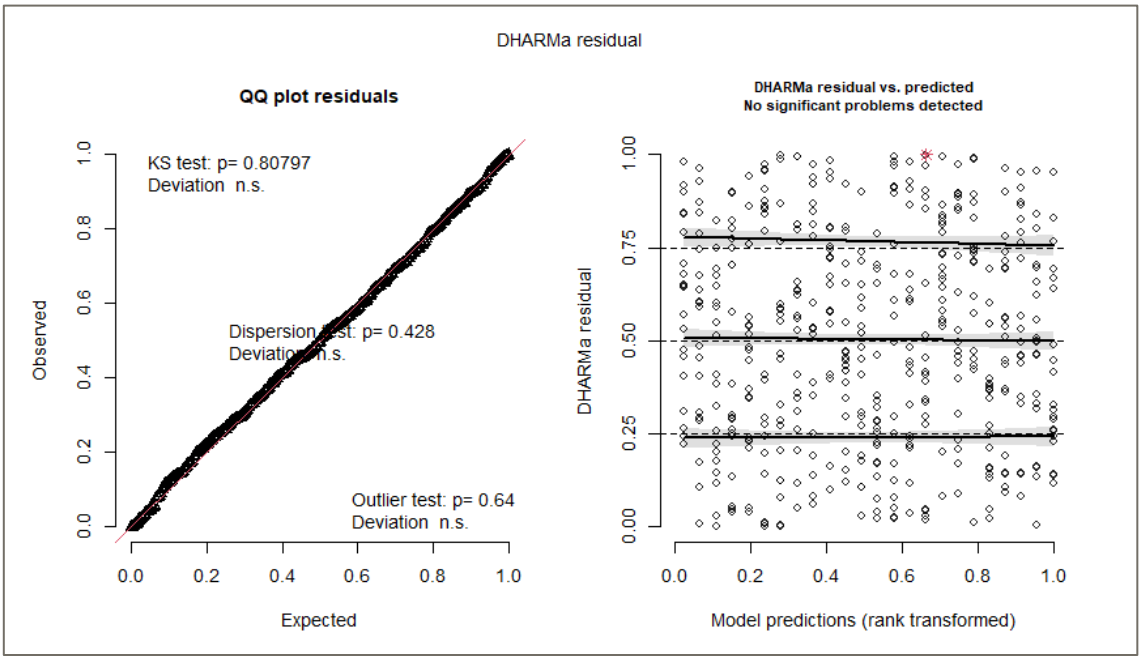
Figuur B1.4 *DHARMa-diagnostiek model vissen in conventionele fuiken vs. aangepaste fuiken. Geen van de tests laat significante resultaten zien.*

DHARMa-diagnostiek model vissen in conventionele kubben vs. aangepaste kubben.



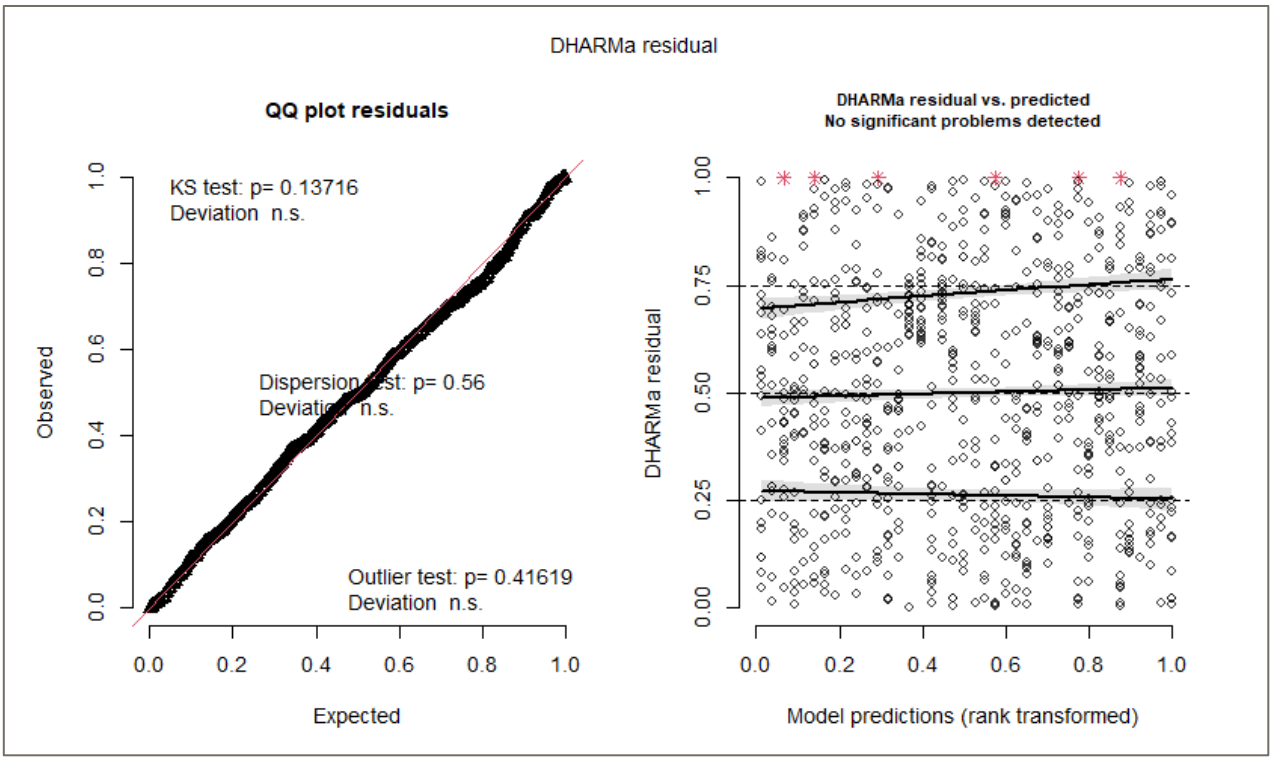
Figuur B1.5 *DHARMa-diagnostiek model vissen in conventionele kubben vs. aangepaste kubben. Geen van de tests laat significante resultaten zien.*

DHARMa-diagnostiek model vissen in conventionele vangtuigen vs. tunnelkorf



Figuur B1.6 *DHARMa-diagnostiek model vissen in conventionele vangtuigen vs. het innovatieve vangtuig tunnelkorf. Geen van de tests laat significante resultaten zien.*

DHARMa-diagnostiek model aandeel vis



Figuur B1.7 *DHARMa-diagnostiek model aandeel vis. Geen van de tests laat significante resultaten zien.*

ATKB | voor natuur en leefomgeving