



**Vlaanderen**  
is wetenschap

# Visgemeenschap en vismigratie in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven

## Evaluatie van visdoorgangen en potentiële vismigratieknelpunten

David Buysse, Nico Demaerteleire, Sebastien Pieters, Emilie Gelaude, Vincent Smeekens,  
Tuur De Dapper, Ine Pauwels, Jelger Elings, Lore Vandamme & Johan Coeck

INSTITUUT  
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

**Auteurs:**

David Buysse , Nico Demaerteleire, Sebastien Pieters, Emilie Gelaude, Vincent Smeekens, Tuur De Dapper, Ine Pauwels , Jelger Elings, Lore Vandamme & Johan Coeck 

*Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*

**Reviewer:**

Pieterjan Verhelst

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

**Vestiging:**

Herman Teirlinckgebouw  
INBO Brussel  
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel  
[vlaanderen.be/inbo](https://vlaanderen.be/inbo)

**e-mail:**

[david.buysse@inbo.be](mailto:david.buysse@inbo.be)

**Wijze van citeren:**

Buysse D., Demaerteleire N., Pieters S., Gelaude E., Smeekens V., De Dapper T., Pauwels I., Elings J., Vandamme L. & Coeck J. (2024). Visgemeenschap en vismigratie in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven. Evaluatie van visdoorgangen en potentiële vismigratieknelpunten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (8). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: [doi.org/10.21436/inbor.102077483](https://doi.org/10.21436/inbor.102077483)

**D/2024/3241/188**

**Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (8)**

**ISSN: 1782-9054**

**Verantwoordelijke uitgever:**

Hilde Eggermont

**Foto cover:**

De Dijle in Leuven (Y. Adams / Vilda)



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

## VISGEMEENSCHAP EN VISMIGRATIE IN DE DIJLE TUSSEN ROTSELAAR EN LEUVEN

### **Evaluatie van visdoorgangen en potentiële vismigratieknelpunten**

David Buysse, Nico Demaerteleire, Sebastien Pieters, Emilie Gelaude, Vincent Smeekens, Tuur De Dapper, Ine Pauwels, Jelger Elings, Lore Vandamme & Johan Coeck

[doi.org/10.21436/inbor.102077483](https://doi.org/10.21436/inbor.102077483)

## Dankwoord/Voorwoord

Tijdens dit onderzoek werd beroep gedaan op de diensten van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). Voor de installaties van de vangconstructies op de vistrappen in Rotselaar en Leuven, en de detectie-antennes konden we steeds rekenen op de medewerking van Mathias Vaes (Gebiedsbeheerder Dijlebekken) en collega's.

Aan de vstrap en molen van Rotselaar konden we rekenen op de samenwerking met Dirk Vansintjan en op een vriendelijke babbel met de bewoners van het samenhuizenproject.

Dank aan Robbe Terryn (Thesisstudent - KUL) voor de assistentie bij de monitoring van de vistrappen in Leuven en Rotselaar.

## Samenvatting

Populaties van migrerende vissoorten gaan wereldwijd achteruit, onder andere door migratieknelpunten die hun leefgebieden versnipperen. In Europa alleen al is 37% van de vissoorten momenteel bedreigd (IPBES 2019). Soorten zoals paling (*Anguilla anguilla*), bot (*Platichthys flesus*) en rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) maar ook driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*, trachurus-populaties) leggen lange afstanden af tussen hun voortplantings- en opgroei gebied die zich ofwel in de zee of in de rivieren bevinden. Knelpunten in beneden-, midden- en bovenlopen van de rivieren hebben dan ook een groot effect op de populaties van deze vissoorten omdat ze de voortplantings- en/of opgroei gebieden hogerop in de rivier onbereikbaar maken.

Ook **de Dijle is voor verschillende zeldzame en beschermde vissoorten een potentieel belangrijke migratie- en verbindingsroute naar opgroei- en voortplantingsgebieden**. De prioriteitenkaart inzake vrije vismigratie duidt de Dijle daarom aan als waterloop met prioriteit 1 ((Benelux Beschikking M(2009)01)): de vismigratieknelpunten dienden er uiterlijk in 2021 weggewerkt te zijn. **Potentiële knelpunten in de Dijle**, zoals **de molen in Rotselaar** en de verschillende kunstwerken in Leuven-centrum, hebben mogelijk een groot effect op de populaties van potamodrome en diadrome vissoorten omdat ze de paai- en opgroei gebieden hogerop in het bekken afsluiten. Tot 2012 was de watermolen op de Dijle in Rotselaar niet vispasseerbaar. Ondertussen is **de watermolen en stuw uitgerust met een 388 meter lange V-vormige bekkenvistrap** met 20 ruwe stortstenen drempels die stroomopwaartse vismigratie moet mogelijk maken. Verder stroomopwaarts, **in Leuven-centrum**, bezit de hoofdarmp van de Dijle **twee kunstwerken** waarvan het onduidelijk is of ze steeds voor alle soorten vispasseerbaar zijn in stroomopwaartse richting. Het betreft **de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens**. De stuw ligt onder normale omstandigheden in neergelaten stand en is dan in theorie vispasseerbaar, al kan het gebeuren dat zich door ophoping van puin of slib onder de stuwklep toch een beperkt verval vormt. Ter hoogte van de Dijlemolens wordt de Dijle geknepen en stroomt het water onder drie opgetrokken molenschuiven door. In 2013 werd het verval ter hoogte van één van de knippen aangestort onder de vorm van een stenen helling. Ondanks dat het verval ter hoogte van deze opening verkleind werd blijven de stroomsnelheden er hoog en was het onduidelijk of ze passeerbaar is voor stroomopwaarts migrerende vissen. Tevens in Leuven-centrum kunnen stroomopwaarts migrerende vissen vanuit de hoofdarmp **de 4<sup>de</sup> Dijlearm** opzwemmen. Op deze arm is er ter hoogte van het Sluispark **een stuw met groot verval** aanwezig. Om dit knelpunt voor vismigratie op te lossen, bouwde de Vlaamse Milieumaatschappij **een vistrap rond de stuw**. De ongeveer 85 meter lange vistrap splitst het onoverbrugbare hoogteverschil op in een 23-tal stapjes die de vissen wel moeten kunnen opzwemmen.

Met behulp van vistrapfauken **is de passeerbaarheid van de vistrappen in Rotselaar en Leuven bestudeerd** en werd het aanbod aan stroomopwaarts migrerende potamodrome en diadrome vissoorten in kaart gebracht. Bijkomend werden in Rotselaar artificiële substraten gebruikt om jonge optrekkende palingen onder de molen te monitoren. **Via PIT- en akoestische telemetrie onderzochten we de stroomopwaartse vispasseerbaarheid van de Stuw Karel van Lotharingen en de Dijlemolens**. In functie van de evaluatie van de vispasseerbaarheid van de vistrappen en de kunstwerken werden stroomsnelheden opgemeten. De watertemperatuur werd gelogd door INBO en debieten werden geregistreerd door de waterbeheerder en ter beschikking gesteld via [waterinfo.be](http://waterinfo.be).



Met de gecombineerde onderzoekstechnieken werden in dit onderzoek (2020-2021) **in totaal 30 vissoorten gevangen in de Dijle** tussen Rotselaar en Leuven. Het zijn vissoorten die tot verschillende ecologische gilden behoren, met name stromingsminnende, plantenminnende, generalistische en diadrome soorten maar ook enkele ongewenste uitheemse soorten. **Minstens zes vissoorten zijn beschermd in Europa en/of Vlaanderen:** biermpje (*Barbatula barbatula*), bittervoorn (*Rhodeus sericeus*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*), (rivier)donderpad (*Cottus gobio*), rivierprik en vetje (*Leucaspius delineatus*). Elf rivierprikken zijn tijdens hun stroomopwaartse paaimigratie op verschillende locaties onderschept. De drie **in Leuven aangetroffen diadrome vissoorten, paling, bot en rivierprik** zijn een **indicatie van een verbeterde habitatconnectiviteit** en tonen dat de Dijle ook **een belangrijke migratie- en verbindingsroute** kan zijn voor verschillende algemene maar ook zeldzame en/of beschermde potamodrome en diadrome vissoorten naar stroomopwaarts gelegen leef- en voortplantingsgebieden.

In de **vistrap in Rotselaar** werden in totaal **28 vissoorten** en exact **10000 individuen** gevangen. Naast de dominante soorten blankvoorn (*Rutilus rutilus*) en riviergrondel (*Gobio gobio*) zijn ook vetje, blauwband (*Pseudorasbora parva*), biermpje, rietvoorn (*Scardinius erythrophthalmus*), paling, serpeling (*Leuciscus leuciscus*) en kopvoorn (*Squalius cephalus*) relatief goed vertegenwoordigd. Lengtefrequentiedistributies tonen dat er vermoedelijk succesvolle reproductie is in het Dijle stroomgebied van o.a. de obligaat stroomminnende kopvoorn en serpeling.

In de **vistrap op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm in Leuven** werden in totaal **17 vissoorten** en **1961 individuen** gevangen. Riviergrondel en gestippelde alver waren dominant aanwezig. Door de hoge aantallen **gestippelde alver** met individuen van verschillende jaarklassen kan de soort voor het eerst en als **nieuw** aangemeld worden **als reproducerende populatie in het Dijle-stroomgebied en als uniek in het Scheldestroomgebied**.

Er werd vastgesteld dat er, zoals vermoed, heel wat terugkeergedrag is bij de vistrapfauken en dat de vangsten in feite een onderschatting zijn van het werkelijke aantal vissen dat de vistrappen is gepasseerd.

In functie van de **PIT-telemetry studie** werden er 1076 vissen voorzien van een PIT-tag. Soorten die het meest getagd werden zijn blankvoorn (n = 598), riviergrondel (n = 229), kopvoorn (n = 88) en paling (n = 73). Tweehonderdtweeënveertig vissen en negen soorten zijn zowel de stuw Karel Van Lotharingen als de Dijlemolens succesvol in stroomopwaartse richting gepasseerd.

Vierendertig vissen kregen een **akoestische zender** ingeplant: snoek (*Esox Lucius*) (n = 4), rivierprik (n = 1), kopvoorn (n = 10), Europese meerval (*Silurus glanis*) (n = 1) en blankvoorn (n = 18). De migratiebewegingen van 17 individuen ten opzichte van de potentiële knelpunten worden in detail besproken. Drie blankvoorns werden getransloceerd naar de Vaartstraat in Leuven, stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens. Alle drie zwemmen stroomopwaarts om, al dan niet met vertraging, uiteindelijk succesvol de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens te passeren.

De doelstelling van de waterbeheerder om aan de watermolen van Rotselaar en de stuw op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm '**multi-species' vismigratie** toe te laten werd bereikt. Dit wordt namelijk bevestigd door de vangst van soorten en individuen uit verschillende grootteklassen met goede en minder goede zwemcapaciteiten. Stroomsnelheidsmetingen bij basisdebiet tonen dat er nergens extreme waarden worden gemeten en dat er zowel over de drempels als in de sleuven van beide vistrappen voldoende zones zijn waar vissen vlot kunnen passeren. Naast de stroomsnelheden

voldoen ook de minimale doorzwemdiptes en –breedtes in beide vistrappen om vlotte passage te garanderen.

**Met behulp van telemetrische onderzoeksmethodes (PIT en akoestische telemetrie) kon stroomopwaartse vispassage langs de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens aangetoond worden. Bij basisdebiet van de Dijle in Leuven passeerden minstens 245 getagde vissen en negen verschillende vissoorten ((baars (*Perca fluviatilis*), blankvoorn, gibel (*Carassius gibelio*), karper (*Cyprinus carpio*), kopvoorn, paling, rietvoorn, riviergrondel en serpeling)) beide kunstwerken in stroomopwaartse richting. Niettegenstaande voorzichtigheid geboden is om conclusies te trekken op basis van het gedrag van slechts drie akoestisch gezenderde blankvoorns die in Leuven zijn gepasseerd werd wel vastgesteld dat ze lang lijken te aarzelen om onder de Dijlemolens door te zwemmen. Vermoedelijk vormen de hydraulische condities onder de Dijlemolens, met name de hogere stroomsnelheden en turbulenter zone, een (tijdelijke) gedragsbarrière voor sommige individuen. Uiteindelijk passeren ze wel alle drie langs de Dijlemolens in stroomopwaartse richting. Alle getagde individuen (PIT en akoestisch) migreerden stroomopwaarts bij basisdebiet, hoofdzakelijk tijdens het paaiseizoen. Met telemetrische methodes kon er geen vispassage worden geregistreerd bij (sterk) verhoogd debiet van de Dijle. Omdat er onvoldoende rivierprik en geen (rivier)donderpad en bot (de laatste twee zijn benthische soorten) kon getagd worden, kan er geen uitspraak gemaakt worden over de passeerbaarheid van beide kunstwerken voor deze soorten. Gelet op o.a. de gemeten stroomsnelheden ter hoogte van beide kunstwerken kunnen we stellen dat de hydraulische condities voor passage van vissoorten met minder goede zwemcapaciteiten en juveniele levensstadia eerder suboptimaal zijn bij basisdebiet. Bij verhoogd debiet veranderen de hydraulische condities waardoor de passeerbaarheid van de vispasseerbare opening onder de Dijlemolens negatief beïnvloed wordt. Met technische ingrepen en/of beheermaatregelen kan stroomopwaartse vispassage ter hoogte van beide kunstwerken geoptimaliseerd worden.**

In dit rapport worden verschillende aanbevelingen voor het beheer van stroomopwaartse vismigratie in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven geformuleerd.



## Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

### Vistrap op de Dijle in Rotselaar

De vistrap in Rotselaar **lijkt de stroomopwaartse migratie langs de turbine maar voor een deel van de optrekkende jonge paling te faciliteren**. De vindbaarheid van de vispassage is voor die soort vermoedelijk anders dan bijvoorbeeld voor karperachtigen. Daarom wordt er naar aanleiding van de resultaten uit dit onderzoek in 2022 **een extra migratiefaciliteit voorzien** voor jonge paling **onder de vorm van een palinggoot** in de turbinekom net stroomafwaarts van de vaste stuw. Voor de publicatie van dit rapport werd, op 8 april 2022, door INBO een experimentele palinggoot gebouwd in samenwerking met de beheerder van de turbine, VMM en ANB. De effectiviteit van deze palinggoot werd in 2022 in opdracht van ANB/Visserijfonds door INBO onderzocht.

De situering van de lokstroom van de vispassage ten opzichte van de waterstroom die van de turbine komt, alsook de sterkte van de lokstroom zijn onderwerp van een doctoraatsonderzoek in het EU Horizon 2020 ITN project "RIBES" van INBO i.s.m. de UGent. In dit onderzoek wordt de relatie tussen de lokstroom en visgedrag onderzocht. De doctoraatsstudent onderzoekt het visgedrag met akoestische telemetrie en volgt de bewegingen van de gezenderde vissen in de molenkom tot op een meter nauwkeurigheid. De resultaten kunnen in de toekomst mogelijk aanbevelingen geven over een eventuele optimalisatie van de aantrekking van vis tot de vispassage in Rotselaar.

De **passerbaarheid** van de enige en **meest stroomopwaartse gelegen houten drempel** van de vistrap in Rotselaar **kan verhoogd worden** voor (rivier)donderpad **door de drempel onder een relatief zachte helling aan te storten met breukstenen** zodat een ruwe stortsteen drempel wordt gevormd. Dit zal ook de passage-mogelijkheden vergroten van jonge paling (glasaal en elver).

### Vistrap op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm in Leuven

De vangst van potamodrome (bv. gestippelde alver, kopvoorn, serpeling, ...) en diadrome soorten (paling, bot en rivierprik) toont aan dat er vanuit de hoofdarm van de Dijle heel wat vissen en vissoorten in relatief hoge aantallen de 4<sup>de</sup> arm opzwellen tot in de vistrap en verder stroomopwaarts. Dit betekent echter ook dat het stroomopwaarts gelegen knelpunt ter hoogte van de **Ursulinensluis moet gesaneerd worden i.f.v. verdere stroomopwaartse vismigratie**.

Ook het volledige debiet van de Voer wordt via de 4<sup>de</sup> arm richting de Dijle gestuurd. Vissen die de 4<sup>de</sup> Dijle-arm opzwellen en de vistrap passeren moeten vervolgens ook de Voer kunnen optrekken. De Voer werd op de prioriteitenkaart voor sanering van vismigratieknelpunten aangeduid als een aandachtwaterloop. Een timing voor het wegwerken van de knelpunten op de Voer in de toekomst is wenselijk. Aangezien de Voer bij haar doortocht door Leuven centrum grotendeels overwelfd is, heeft dit traject evenwel weinig te bieden als leefgebied voor vissen. Bovendien bevinden zich langs de stroomopwaartse zijde van de doortocht van de Voer door Leuven centrum verschillende moeilijk op te lossen vismigratieknelpunten. VMM bekijkt de mogelijkheid om stroomopwaarts van het stadscentrum een lokstroom vanuit de Voer naar de Dijle af te leiden, waardoor de Voer binnen Leuven centrum minder relevant wordt als migratieroute (VMM, schriftelijke mededeling).

Tijdens het onderzoek werd herhaaldelijk vastgesteld dat **de verticale sleuven van de vistrap door burgers werden dichtgemaakt met grote stenen**. Op die momenten werd





**stroomopwaartse vismigratie verhinderd.** Om dit in de toekomst te voorkomen is sensibilisatie van bezoekers via bv. info-borden en **regelmatige inspectie** van de sleuven aan te bevelen.

Via de monitoring van de vistrap werd aangetoond dat er nu ook in het stroomgebied van de Schelde **gestippelde alver** voorkomt. De vistrap in Leuven biedt aantrekkelijk leefgebied voor de soort. Het is niet uitgesloten dat gestippelde geschikt paaihabitat vindt tussen de stenen van de vistrap. Daarom moet zoveel mogelijk **voorkomen** worden **dat de vistrap droog valt**, bijvoorbeeld tijdens beheerwerken. Zeker tijdens het paaiseizoen van de soort, van mei t.e.m. juli, moet voorkomen worden dat de dieren stranden en potentieel eitjes droog komen te liggen en afsterven. De herkomst van de dieren is vooralsnog onbekend. Mogelijks kan genetisch onderzoek meer duidelijkheid brengen omtrent de herkomst.

### **Parallele monding van vispassages**

Op basis van voortschrijdend inzicht moet bij toekomstig ontwerp van vispassages de voorkeur gegeven worden aan parallelle mondingen van vispassages.

### **Vispasseerbaarheid van de Dijle in Leuven**

**De stroomopwaartse passeerbaarheid van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens** voor bijvoorbeeld rivierprik en benthische soorten als (rivier)donderpad en bot kon niet aangetoond worden. De hydraulische condities bij basisdebiet voor stroomopwaartse vispassage, zeker voor vissoorten met minder goede zwemcapaciteiten en juveniele levensstadia, zijn eerder suboptimaal. Bij verhoogd debiet veranderen de hydraulische condities, waardoor de passeerbaarheid van de vispasseerbare opening onder de Dijlemolens negatief beïnvloed wordt. **Met technische ingrepen en/of beheermaatregelen kan stroomopwaartse vispassage ter hoogte van beide kunstwerken geoptimaliseerd worden.**

De hydraulische condities (i.e. het verval, de zeer hoge stroomsnelheden, de turbulente stromingen, de lange zone met 'wit water', ...) onder de twee niet aangestorte openingen van de Dijlemolens zijn ronduit slecht en verhinderen zeer waarschijnlijk vispassage. Onder de opening op rechteroever heeft de waterbeheerder door de aanstorting met stortstenen de hydraulische condities verbeterd maar zijn ze vermoedelijk nog steeds niet optimaal. Bij basisdebiet werd er wel duidelijk vispassage vastgesteld. Bij verhoogd debiet neemt het verval toe en veranderen ook hier de hydraulische condities waardoor vispassage vermoedelijk sterk bemoeilijkt wordt.

Al naargelang het ambitieniveau **kan de vispasseerbaarheid van de Dijlemolens als volgt verbeterd worden:**

- De meest wenselijke oplossing in functie van stroomopwaartse vismigratie is, net zoals bij de opening op de rechteroever, **de stroomafwaartse aanstorting van de twee niet vispasseerbare openingen onder de vorm van een stortstenen-helling.** Bijkomend dienen **enkele grotere stoorstenen** willekeurig geplaatst te worden **op de drie bodemplaten onder de Dijlemolens** (dus ook onder de vispasseerbare opening). Deze stoorstenen verhogen de passeerbaarheid bij basisdebiet en zijn zeker nodig bij verhoogd debiet. De stoorstenen bieden schuilmogelijkheden en rustzones. Specifiek gebruiken rivierprikken hun bek om tijdelijk te rusten tijdens het passeren van moeilijk(er) passeerbare barrières. Het gebruik van de bek om positie te houden wordt groter naarmate het debiet groter wordt. Prikken hebben de neiging om langs de muren en de bodem te migreren, hier zijn de stroomsnelheden mogelijk lager en hebben ze de mogelijkheid om zich vast te zuigen op de bodem achter een stoorsteen.



Met deze maatregelen worden de Dijlemolens over de volledige breedte vispasseerbaar.

- Indien de bodemplaat op rechteroever niet voorzien kan worden van stoorstenen (bv. omwille van kajakafvaarten) dan kan bekeken worden of de grote stenen die aangestort zijn afwaarts van de opening op rechteroever, bij droog zetten van de hoofdarm van de Dijle, niet kunnen verplaatst worden naar de middelste opening en de opening op linkeroever (manueel of met een kraan). Op de bodemplaten ter hoogte van deze twee openingen kunnen dan de stoorstenen geplaatst. Op deze manier wordt de kajakafvaart onder de opgetrokken schuif op rechteroever niet gehinderd door stoorstenen.
- De waterbeheerder kan ook de mogelijkheid bestuderen tot herverdelen van het debiet tussen de hoofdarm (Dijlemolens) en de parallelle 1<sup>ste</sup> arm (stuw). Als de Dijlemolens minder debiet moeten verwerken dan kan het tijdsvenster met voldoende gunstige hydraulische condities vergroot worden. Echter daardoor zal de lokwerking van de 1<sup>ste</sup> arm toenemen, waardoor het belang van het vispasseerbaar maken van de hier aanwezige stuw groter wordt.
- Optimaliseren van de doorgang onder de Dijlemolens met stoorstenen kan conflicteren met kajakvaart. Zo nodig kan bekeken worden of kajakvaart langs de 1<sup>ste</sup> arm kan gestuurd worden, bv. door de stuw annex niet-functionele vispassage daar eenvoudiger passeerbaar te maken voor kajak. Eventueel kan bekeken worden of een combi van vis- en kajakpassage kan aangelegd worden (bv. naar het voorbeeld van de kanoglijbaan aan de Scaldissluis in Gent).

#### Eflows-beheer in de Dijle in Leuven

De Dijle is terug een belangrijke hoofdmigratieroute voor de diadrome soorten paling, rivierprik en bot. Potentieel komen daar in de toekomst nog andere soorten bij zoals zeeprik, zeeforel, enz. **De attractiviteit en passeerbaarheid van de Dijle** - en van de hoofdarm in het bijzonder - voor stroomopwaarts migrerende vissen in Leuven is gebaat met **een zo natuurlijk mogelijk afvoerdebiet** waarbij zo weinig mogelijk debiet wordt afgeleid en **zo weinig mogelijk wordt gestuwd**. Een gunstige maatregel in die zin, die de waterbeheerder al eerder in voege heeft gebracht, is dat de voeding van de Vaart (Dijlekanaal Leuven – Mechelen) enkel nog gebeurt in functie van het faciliteren van scheepvaartversassingen en de daarbij optredende ‘waterverliezen’ in de verschillende panden op de Vaart. Ook het volledige debiet van de Voer wordt via de 4<sup>de</sup> arm richting de Dijle gestuurd. Verschillende constructies in Leuven waren oorspronkelijk voorzien om constant te stuwen (bv. Stuw Karel Van Lotharingenstraat, ...). Noch voor vismigratie, noch voor het stromend karakter van de rivier is het wenselijk dat deze kunstwerken opnieuw op een hoog waterpeil zouden stuwen.

De waterbeheerder zet volop in op het openleggen van zoveel mogelijk waterloopte. Daarbij blijft een bepaald debiet in de verschillende armen nodig voor de belevingswaarde en de aquatische ecologie (VMM, schriftelijke mededeling). Omwille van de potentiële lokwerking die de zijarmen uitoefenen, moeten **ook de knelpunten op deze zijarmen op termijn vispasseerbaar** gemaakt worden zodat vissen nooit een foute route kunnen nemen.



## English abstract

Populations of migratory fish species are declining globally, which is partly due to migration barriers that fragment their habitats. In Europe, 37% of the fish species are currently threatened (IPBES 2019). Species such as European eel (*Anguilla anguilla*), European flounder (*Platichthys flesus*) and river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) but also three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*, trachurus populations) travel long distances between their spawning and growth habitats which are located either in the sea or in rivers. Migration barriers in lower, middle and upper reaches of rivers therefore have a major impact on the populations of these fish species because their breeding and/or growth habitats have become inaccessible.

**The River Dijle in Belgium is a potentially important migration route towards growth habitats and reproduction areas for several rare and protected fish species.** The 'Priority map on free fish migration' therefore designates the River Dijle as a watercourse with 'Priority 1' ((Benelux Decision M(2009)01)): the fish migration barriers on this river should have been eliminated by 2021 at the latest. **Potential barriers** in the River Dijle, such as **the watermill in Rotselaar** and the various potential bottlenecks at the city of Leuven, have a potentially large impact on populations of potamodromous and diadromous fish species. Until 2012, the watermill on the River Dijle in Rotselaar was a migration barrier. Meanwhile, **the watermill has been equipped with a 388 meter long pool and weir fish pass** to enable upstream fish migration. Further upstream, in Leuven, the main channel of the River Dijle has **two engineering structures** of which it is unclear whether they are passable under different hydrological conditions for all upstream migrating fish species. This concerns **the 'Karel Van Lotharingen weir' and the 'Dijlemolens'**. Under normal conditions, **the weir is in a lowered position** and is then theoretically fish-passable, although in certain conditions a limited drop may form. Near the **Dijlemolens**, the river is forced to flow through three narrow openings. In 2013 mitigation actions were undertaken at one of the narrow openings, i.e. **the construction of a rock ramp**. Despite reducing the gradient at this opening, flow velocities remain high and it was unclear whether it is passable for upstream migrating fish. In Leuven, upstream migrating fish can also swim up **the '4th lateral channel'**. On this lateral channel there is **a weir**. To mitigate this fish migration barrier, the Flemish Environment Agency (VMM) built **a fish pass**. The fish pass is approximately 85 meter long.

Upstream passage at the fish passes in Rotselaar and Leuven was studied with fyke nets in 2020 and 2021. In addition, artificial substrates were used in Rotselaar to monitor accumulating juvenile eels ('elvers') at the mill. **We investigated upstream fish passage at the 'Karel Van Lotharingen weir' and the 'Dijlemolens' using PIT and acoustic telemetry.** Flow velocities were measured at both fish passes and all engineering structures. Water temperature was logged and discharge was recorded by the VMM and made available via waterinfo.be.

Using combined survey techniques **a total of 30 fish species** belonging to different ecological guilds were caught in the River Dijle. At least **six fish species caught are protected in Europe and/or Flanders**: stone loach (*Barbatula barbatula*), bitterling (*Rhodeus sericeus*), spiralin (*Alburnoides bipunctatus*), bullhead (*Cottus gobio*), river lamprey and sunbleak (*Leucaspius delineatus*). Eleven river lamprey were intercepted at different locations during their upstream spawning migration. The **three diadromous fish species** found in Leuven, i.e. European eel, European flounder and river lamprey, are **an indication of improved habitat connectivity** and show that the River Dijle is an important migration route for several common but also rare and/or protected potamodromous and diadromous fish species.

A total of **28 fish species and 10000 individuals** were caught in the fish pass in Rotselaar. Besides the dominant species roach (*Rutilus rutilus*) and gudgeon (*Gobio gobio*), sunbleak, topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*), stone loach, rudd (*Scardinius erythrophthalmus*), European eel, common dace (*Leuciscus leuciscus*) and chub (*Squalius cephalus*) were also relatively well represented. Length frequency distributions show that there is probably successful reproduction in the River Dyle catchment of the rheophilic species chub and dace, among others.

**In the fish pass on the 4th Dijle channel in Leuven, a total of 17 fish species and 1961 individuals** were caught. Gudgeon and spirilin were dominant. Due to the high numbers of spirilin of different year classes, **the species can be reported for the first time as a reproducing population in the Dijle river basin and as unique in the River Scheldt catchment.**

It was found, as suspected, that there is a lot of return behaviour at the fish pass traps (i.e. fyke nets) and the catches are in fact an underestimation of the actual number of fish that passed the fish passes.

In the **PIT telemetry study**, 1076 fish got a PIT tag. Species most frequently tagged were roach (n = 598), gudgeon (n = 229), chub (n = 88) and European eel (n = 73). Two hundred and forty-two fish and nine different fish species successfully passed both the 'Karel Van Lotharingen weir' and the 'Dijlemolens' upstream.

Thirty-four fish were implanted with an **acoustic transmitter**: pike (*Esox Lucius*) (n = 4), river lamprey (n = 1), chub (n = 10), Wels catfish (*Silurus glanis*) (n = 1) and roach (n = 18). The migratory movements of 17 individuals in relation to the potential bottlenecks are discussed in detail. Three roach were translocated in Leuven, downstream of the Karel Van Lotharingen weir and the Dijlemolens. All three swam upstream to eventually, with or without delay, successfully pass the Karel Van Lotharingen weir and the Dijlemolens.

**The water manager's goal to realise 'multi-species fish passages' at the Rotselaar water mill and the weir on the 4th Dijle arm has been achieved.** This is shown by the capture of species and individuals from different size classes with good and minor swimming capacities. Flow velocity measurements (i.e. at base flow river discharge) show that no extreme values are measured. In addition to flow velocities, the minimum passage depths and widths in both fish passes are also sufficient to ensure passage.

**Upstream fish passage beyond the Karel Van Lotharingen weir and the Dijlemolens could be demonstrated with both telemetry methods. At base flow of the River Dijle, at least 245 PIT-tagged fish from nine different species passed both engineering structures in an upstream direction** (i.e. European perch (*Perca fluviatilis*), roach, Prussian carp (*Carassius gibelio*), common carp (*Cyprinus carpio*), chub, European eel, rudd, gudgeon and dace)). Based on the behaviour of only three **acoustically tagged roach** that passed, it was observed that **they seem to hesitate for a long time to swim under the Dijlemolens. The hydraulic conditions at these narrow openings, particularly the turbulent zone with high(er) flow velocities, presumably create a (temporary) behavioural barrier for some individuals.** Eventually, all three did pass the Dijlemolens in an upstream direction. All tagged individuals (PIT and acoustic) migrated upstream at base flow, mainly during the spawning season.

During the telemetry studies, no fish passage could be recorded at increased flow of the Dijle. As insufficient river lamprey and no bullhead nor flounder (the latter two are benthic species) could be tagged, no conclusions could be made on the passability of both engineering structures for these species. **Considering the measured flow velocities at both engineering structures, we**



**can state that the hydraulic conditions for passage of fish species with poorer swimming capacities and juvenile life stages are rather suboptimal at base flow. At increased flow the hydraulic conditions change negatively thereby affecting the passability of the narrow opening at the Dijlemolens. Technical interventions and/or management measures can optimise upstream fish passage at both structures.**

This report therefore formulates several recommendations for the management of upstream fish migration in the River Dijle between Rotselaar and Leuven.



## Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord .....	2
Samenvatting .....	3
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid .....	6
English abstract .....	9
Lijst van figuren .....	15
Lijst van tabellen .....	19
1 Habitatfragmentatie in Europese rivieren en de gevolgen voor migrerende vissen .....	22
2 Vismigratie in de Dijle .....	23
2.1 Longitudinale connectiviteit.....	23
2.1.1 De getijdewal in Mechelen.....	23
2.1.2 De vistrap in Rotselaar .....	24
2.1.3 Kunstwerken en debietverdeling op de Dijle in Leuven.....	24
3 Onderzoeksmethodes .....	30
3.1 Niet-telemetrische methodes .....	30
3.1.1 Vangstmethode .....	30
3.1.2 Merkmethode .....	31
3.2 Telemetrische methodes.....	32
3.2.1 PIT telemetrie.....	32
3.2.2 Akoestische telemetrie.....	33
3.3 Onderzoeksluik 1: vangst-merk-hervangst .....	34
3.3.1 Gecombineerde doelstellingen .....	34
3.3.2 Praktisch .....	35
3.4 Onderzoeksluik 2: PIT-telemetrie.....	38
3.4.1 Gecombineerde doelstellingen .....	39
3.5 Onderzoeksluik 3: akoestische telemetrie .....	39
3.6 Onderzoeksluik 4: Abiotiek .....	40
3.6.1 Debiet .....	41
3.6.2 Vervalhoogte .....	41
3.6.3 Stroomsnelheden in de vistrappen en t.h.v. de kunstwerken .....	41
3.6.4 Doorzwemhoogtes op de drempels .....	42
3.6.5 Watertemperatuur .....	43
3.7 Randvoorwaarden en bottlenecks .....	43
3.7.1 Bevers .....	43
3.7.2 Kayakvaart .....	44
3.8 Fasering onderzoek .....	44



3.8.1	Onderzoek in 2020 .....	44
3.8.2	Onderzoek in 2021 .....	44
4	Resultaten .....	45
4.1	Vangst-, merk- en hervangstresultaten.....	45
4.1.1	Vismigratie door de vistrap in Rotselaar .....	45
4.1.1.1	Totaal aantal gepasseerde vissen.....	45
4.1.1.2	Seizoenale patronen.....	48
4.1.1.3	Lengtefrequentie-distributies van dominante- en doelsoorten .....	50
4.1.2	Visvangst stroomafwaarts van de molen van Rotselaar .....	52
4.1.2.1	Visvangst met fuiken .....	52
4.1.2.2	Vangst van paling met drijvende substraten ('flottangs').....	53
4.1.3	Vergelijking van de vangstaantallen van paling in de vistrapfuik en flottangs ...	55
4.1.4	Vismigratie door de vistrap op de 4 <sup>de</sup> arm in Leuven.....	56
4.1.4.1	Totaal aantal gepasseerde vissen.....	56
4.1.4.2	Migratie tijdens de zomer .....	58
4.1.4.3	Lengtefrequentie-distributies van dominante- en sleutelsoorten.....	59
4.1.4.4	Visvangst bij het leeglaten van de vistrap in Leuven .....	60
4.1.5	Vangst van rivierprik op de verschillende onderzoekslocaties .....	61
4.1.6	Totaal aantal vissoorten gevangen tijdens de verschillende onderzoeksluiken .	62
4.2	PIT-telemetry (Leuven).....	65
4.2.1	Stroomopwaartse vispassage voorbij potentiële knelpunten in Leuven .....	65
4.2.2	Stroomopwaartse vispassage voorbij potentiële knelpunten in Leuven en het debiet van de Dijle.....	66
4.2.3	Stroomopwaartse vispassage voorbij potentiële knelpunten in Leuven en de watertemperatuur van de Dijle.....	68
4.2.4	Gepasseerde lengteklassen voorbij potentiële knelpunten in Leuven .....	69
4.3	Akoestische telemetry (Rotselaar en Leuven) .....	70
4.3.1	Tijdsduur van passage door vistrap in Rotselaar.....	72
4.3.2	Succesvolle passage door Rotselaar en Leuven .....	72
4.3.2.1	Blankvoorn 55843 .....	73
4.3.2.2	Blankvoorn 55850 .....	74
4.3.2.3	Blankvoorn 55851 .....	76
4.3.3	Succesvolle passage door Rotselaar.....	77
4.3.3.1	Blankvoorn .....	77
4.3.3.2	Snoek.....	78
4.3.3.3	Kopvoorn .....	78
4.3.4	Succesvolle passage door Rotselaar met 'terugkeergedrag' .....	79



4.3.4.1	Blankvoorn .....	79
4.3.4.2	Snoek .....	80
4.3.5	Migratiegedrag stroomafwaarts van de stuw en turbine in Rotselaar .....	81
4.3.5.1	Blankvoorn .....	81
4.3.5.2	Kopvoorn .....	81
4.3.5.3	Europese meerval.....	82
4.4	Abiotiek .....	82
4.4.1	Vistrap Rotselaar .....	82
4.4.1.1	Vervalhoogtes tussen de opeenvolgende bekkens.....	82
4.4.1.2	Stroomsnelheden ter hoogte van de V-vormige stortstenen drempels .....	83
4.4.1.3	Doorzwemhoogtes op de drempels .....	85
4.4.2	Vistrap 4 <sup>de</sup> Dijle-arm Leuven .....	85
4.4.2.1	Vervalhoogtes tussen de opeenvolgende bekkens.....	85
4.4.2.2	Stroomsnelheden in verticale sleuven .....	86
4.4.3	Stuw Karel Van Lotharingen .....	87
4.4.3.1	Stroomsnelheden bij basisdebiet .....	87
4.4.4	Dijlemolens.....	88
4.4.4.1	Stroomsnelheid en verval bij verschillende debieten .....	89
5	Bespreking.....	92
5.1	Visgemeenschap in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven .....	92
5.2	De Dijle als hoofdmigratieroute .....	93
5.2.1	Voor trekvissoorten of diadrome soorten .....	94
5.2.2	Voor potamodrome soorten .....	95
5.3	Watervervuiling en vissterfte .....	95
5.4	Passeerbaarheid vistrappen .....	96
5.5	Attractiviteit vistrappen .....	98
5.6	Passeerbaarheid potentiële knelpunten in Leuven .....	102
5.6.1	V-vormige drempels ter hoogte van de monding van de 4 <sup>de</sup> arm.....	102
5.6.2	Stuw Karel Van Lotharingen en Dijlemolens .....	103
6	Besluit.....	107
	Referenties .....	109
	Bijlage .....	113





## Lijst van figuren

Figuur 1. Een groot deel van de Europese kaart wordt ingekleurd door de meer dan 1 miljoen barrières die aanwezig zijn in de rivierbekkens (AMBER Consortium, 2020).	22
Figuur 2. De getijdewal op de Dijle in Mechelen met uitzonderlijk gelifte stuwstand.	24
Figuur 3. De bekkenvistrap op de Dijle in Rotselaar vlak na realisatie (Links: stroomafwaarts zicht; Foto VMM) en verdronken ruwe V-vormige stortstenen drempels van de vistrap in 2021 (rechts: stroomopwaarts zicht).	24
Figuur 4. Schematische weergave van de Dijle tussen Rotselaar (stroomafwaarts Leuven) en Egenhoven (stroomopwaarts Leuven) met aanduiding van de knelpunten voor vismigratie in stroomopwaartse richting (groen = passeerbaar, rood = niet passeerbaar, groen en rood omcirkeld = potentieel knelpunt) en de relatieve debietverdeling over de verschillende takken (Naar Van Aert, 2013 en aangepast na terreinbezoek op 23/01/2020).	25
Figuur 5. De stuw Karel Van Lotharingen in Leuven wordt enkel in uitzonderlijke omstandigheden opgetrokken zoals bijvoorbeeld tijdens werkzaamheden voor de plaatsing van de visdetectieantennes (Links: stroomafwaarts zicht). Onder normale omstandigheden en in functie van vismigratie wordt ze maximaal neergelaten waardoor er nog een beperkt verval is (rechts: stroomopwaarts zicht).	26
Figuur 6. De Dijlemolens in Leuven (Links: stroomafwaarts zicht; Rechts: stroomopwaarts zicht).	26
Figuur 7. De schuiven van het oude (Links) en nieuwe complex Volmolen in Leuven (Rechts).	27
Figuur 8. Monding van de 4 <sup>de</sup> Dijle-arm via drempels (rechts op de foto) in de hoofdarm van de Dijle (links op de foto). Rechtsboven op de foto is het begin van het Sluispark te zien.	28
Figuur 9. De bekkenvistrap met grote stoorstenen op de 4 <sup>de</sup> arm van de Dijle ter hoogte van de sluismolen.	28
Figuur 10. Een vistrapfuike vangconstructie bestaande uit roosters, inox kader en een fuik op de bekkenvistrap in de Kleine Nete in Herentals	31
Figuur 11. 'PIT tag' of 'zendertje' met geïntegreerd circuit en koperen winding.	31
Figuur 12. Injector of schietpistool voor het inbrengen van de PIT tag.	32
Figuur 13. De verschillende onderdelen van een PIT-detectiestaton.	32
Figuur 14. Zenderen van blankvoorn aan de vistrap in Rotselaar. De vissen worden verdoofd in een bad (Foto Links) en er wordt een zendertje in de buikholte aangebracht. Daarna wordt de wonde dichtgenaaid met verteerbare chirurgische draad (Foto rechts). Eenmaal terug bij bewustzijn, worden de vissen teruggezet op de vangstlocatie.	34
Figuur 15. De akoestische receiver (zwart) wordt bevestigd aan een gewicht en wordt met behulp van een stalen kabel aan een obstakel langsheen het water bevestigd (Foto links). De receiver wordt door de kabel en/of een boei verticaal gehouden tijdens de metingen (Foto rechts).	34
Figuur 16. Op de meest stroomopwaartse gesitueerde houten drempel van de vistrap in Rotselaar werd achtereenvolgens een kooi met beverrooster en een fuik met Noors leefnet bevestigd om stroomopwaarts migrerende vissen te vangen en bevers uit de fuik te weren.	37



Figuur 17. De bekkenvistrap met grote stoorstenen op de 4 <sup>de</sup> arm van de Dijle ter hoogte van de sluismolen (Foto links) en stroomopwaarts van de meest stroomopwaartse drempel er een rooster met sponningen (Foto rechts). Stroomopwaarts van het rooster is de intake van de vispassage over enkele meters ingekokerd. De vistrapfuij werd in deze koker geplaatst en strak getrokken.	37
Figuur 18. Plaatsing van flat-bed PIT-antennes op vier strategische locaties ten opzichte van de kunstwerken op de bodem van de hoofdarm van de Dijle in Leuven. Van links naar rechts en van boven naar onder: antenne stroomafwaarts van de Stuw K.v.Lotharingen, antenne stroomopwaarts van de Stuw K.v.Lotharingen, antenne stroomafwaarts van de Dijlemolens, antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens.	39
Figuur 19. Relaties tussen sturende variabelen en de voor vismigratie belangrijke variabelen, bepaald door meten (*), berekenen (°) of door visuele inspectie (▪).	41
Figuur 20. Schematisch profiel van een drempel met aanduiding van de meetplaatsen voor stroomsnelheid (1-7).	42
Figuur 21. TidbiT temperatuurloggertjes	43
Figuur 22. Een rooster voor de fuikmond van de vistrapfuij (hier met glasaalnetstofcompartiment) moet voorkomen dat bevers in de fuik zwemmen (Foto links). Een bever verbergt zich in de oeervervegetatie van de vistrap in Rotselaar (Foto Rechts).	43
Figuur 23. Procentuele samenstelling van het totaal aantal gevangen vissen in de vistrap in Rotselaar.	47
Figuur 24. Procentuele samenstelling van de totale visbiomassa gevangen in de vistrap in Rotselaar.	48
Figuur 25. Evolutie van het aantal gevangen vissen in de vistrap in Rotselaar (blauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn). De grijze balken tonen de periodes waarin er niet bemonsterd werd met de vistrapfuij.	49
Figuur 26. Evolutie van het aantal gevangen blankvoorn in de vistrap in Rotselaar (blauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn). De grijze balken tonen de periodes waarin er niet bemonsterd werd met de vistrapfuij.	50
Figuur 27. Lengte-frequentie distributies van enkele potamodrome vissoorten die dominant aanwezig waren in de vangsten in de vistrap in Rotselaar: blankvoorn, rietvoorn, kopvoorn, serpeling, riviergrondel en bempje.	51
Figuur 28. Lengte-frequentie distributies van de diadrome vissoorten gevangen in de vistrap in Rotselaar: paling, bot en rivierprik.	52
Figuur 29. Adulte (rivier)donderpad (links) en adulte blankvoorn (rechts) gevangen met een schietfuij in de molenkom stroomafwaarts van de turbine in Rotselaar.	53
Figuur 30. Een flottang uit de turbinekom wordt uitgeschud boven een opvangnet (foto links) en de gepigmenteerde glasalen en juveniele palingen ('elvers') worden verzameld in een emmer (foto rechts).	54
Figuur 31. Evolutie van het aantal paling gevangen stroomafwaarts van de turbine met een flottang langs beide oevers van de turbinekom (blauwe balken). De grijze balk toont de periode waarin er niet bemonsterd werd.	55
Figuur 32. Evolutie van het aantal gevangen paling in de vistrap in Rotselaar (rode balken) en in de twee flottangs in de turbinekom (blauwe balken). De grijze balk toont de periode waarin er niet bemonsterd werd.	55



Figuur 33. Lengte-frequentie distributie van paling gevangen met een met fijnmazige glasaalnetstof-vistrapfuik in Rotselaar.	56
Figuur 34. Procentuele samenstelling van het totaal aantal gevangen vissen in de vistrap in Leuven.	57
Figuur 35. Procentuele samenstelling van de totale visbiomassa gevangen in de vistrap in Leuven.	58
Figuur 36. Evolutie van het aantal gevangen vissen in de vistrap in Leuven (blauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn). De grijze balken tonen de periodes waarin er niet bemonsterd werd met de vistrapfuik.	58
Figuur 37. Lengte-frequentie distributies van enkele potamodrome vissoorten die dominant aanwezig waren in de vangsten in de vistrap in Leuven: blankvoorn, kopvoorn, gestippelde alver en riviergrondel.	59
Figuur 38. Lengte-frequentie distributie van paling gevangen in de vistrap in Leuven.	60
Figuur 39. Evolutie van het aantal gevangen rivierprik op verschillende vangstlocaties in de Dijle tijdens de stroomopwaartse paaimigratie (rood: in fuiken stroomafwaarts van de turbine in Rotselaar; blauw: in de vistrap in Rotselaar; geel: in de vistrap in Leuven) en het daggemiddelde debiet (rode lijn).	62
Figuur 40. Procentuele samenstelling van het totaal aantal gevangen vissen met de verschillende toegepaste onderzoekstechnieken op de verschillende onderzoekslocaties in Rotselaar en Leuven tijdens de volledige studieperiode.	64
Figuur 41. Vissoorten in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven: adulte kopvoorn (links) en adulte karper (rechts).	64
Figuur 42. Vissoorten in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (van links naar rechts en van boven naar onder): adulte Europese meerval, juveniele bot, adulte snoek, adulte serpeling, juveniele paling en adulte rivierprik.	65
Figuur 43. Aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 2 januari 2022 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en een maatgevend daggemiddeld debiet (lichtblauwe lijn) op basis van de limnigraaf te Sint-Joris-Weert (L08_098).	67
Figuur 44. 'Zoom in' op het aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 31 juli 2021 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en een maatgevend daggemiddeld debiet (lichtblauwe lijn) op basis van de limnigraaf te Sint-Joris-Weert (L08_098).	67
Figuur 45. Aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 2 januari 2022 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn).	68
Figuur 46. 'Zoom in' op het aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 31 juli 2021 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn).	69
Figuur 47. Lengte-frequentie distributies van drie soorten (blankvoorn, kopvoorn en riviergrondel) die in relatief grote aantallen succesvol de Stuw Karel van Lotharingen en de Dijlemolens in Leuven in stroomopwaartse richting zijn gepasseerd en gedetecteerd werden op de PIT-antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens.	70
Figuur 48. Migratiebewegingen van het akoestisch gezenderde blankvoorn mannetje met ID 55843, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	73
Figuur 49. Migratiebewegingen van het akoestisch gezenderde blankvoorn mannetje met ID 55850, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar	



en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	75
Figuur 50. Migratiebewegingen van het akoestisch gezenderde blankvoorn voruwtje met ID 55851, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	76
Figuur 51. Migratiebewegingen van akoestisch gezenderde blankvoorns 55842 en 55844, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	78
Figuur 52. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde snoek 48455, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	78
Figuur 53. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde kopvoorn 48459, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	79
Figuur 54. Migratiebewegingen van akoestisch gezenderde blankvoorns 55845, 55848, 55853 en 55854, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	80
Figuur 55. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde snoek 55827, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	80
Figuur 56. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde blankvoorns 55828, 55852 en 55833, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	81
Figuur 57. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde kopvoorns 55836 en 48453, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	82
Figuur 58. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde Europese Meerval 48449, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).	82
Figuur 59. Vervalhoogtes tussen de bekkens (cm) van de vistrap in Rotselaar met de kritische waarde voor V-vormige bekkentrappen in laaglandbeken (15 cm, rode lijn, (Kroes & Monden, 2005)) en met de gewenste ideale vervalhoogtes voor vissoorten en levensstadia met minder goede zwemcapaciteiten (tussen 10 tot 12 cm, groene stippellijnen). Opgemeten op 3 augustus 2020 bij basisdebiet.	83
Figuur 60. Variatie in stroomsnelheden op 5 posities boven de drempels van de 20 opgemeten drempels (punt 1 = rechteroever, punt 3 = middelste en diepste punt van de V, punt 5 = linkeroever) met aanduiding van de mediaan (-).	84
Figuur 61. Variatie in stroomsnelheden op drie punten ter hoogte van het diepste punt van de V-vormige drempel (punt 3, 6 en 7) met aanduiding van de mediaan (-).	84



Figuur 62. Variatie in doorzwemhoogtes op de vijf punten van de 20 opgemeten drempels, met aanduiding van de mediaan (-).	85
Figuur 63. Vervalhoogtes tussen de bekkens (cm) van de vistrap in Leuven en met de gewenste ideale vervalhoogtes voor vertical-slot vispassages voor vissoorten en levensstadia met minder goede zwemcapaciteiten (tussen 8 en 10 cm, groene stippellijnen). Opgemeten op 5 augustus 2020 bij basisdebiet.	86
Figuur 64. Variatie in stroomsnelheden op drie meetpunten ter hoogte de sleuven van de vistrap in Leuven (een punt net afwaarts elke sleuf, een punt in elke sleuf en een punt net opwaarts van elke sleuf.) met aanduiding van de mediaan (-).	87
Figuur 65. Verval ter hoogte van de Stuw Karel Van Lotharingen.	87
Figuur 66. Opgemeten stroomsnelheden boven de Stuw Karel Van Lotharingen (8 meetpunten) en in het vallende water over de stuw over de volledige breedte van de Dijle (7 meetpunten) (links op figuur = rechteroever, rechts op figuur = linkeroever).	88
Figuur 67. Verval ter hoogte van de Dijlemolens (alle foto's van stroomopwaarts getrokken). Van links naar rechts en van boven naar onder: de Dijlemolens, de aangestorte opening op rechteroever, de opening op linkeroever en de middelste opening.	89
Figuur 68. Aanduiding van de tien meetpunten waar stroomsnelheden in de opening onder de Dijlemolens op rechteroever werden opgemeten bij een daggemiddelde basisdebiet van 3,35 m <sup>3</sup> /s op 9 mei 2022.	90
Figuur 69. Schetsen van correcte en incorrecte inpassing van vispassage mondingen in volgens Larinier (2002) (boven) en volgens de 'Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.' (DWA, 2014) (onder).	99
Figuur 70. Met een palinggoot (april 2022) in de turbinekom, net stroomafwaarts van de vaste stuw, wordt onderzocht of jonge paling naast de vistrap ook via een tweede migratiefaciliteit om de turbine in Rotselaar kan geleid worden.	101
Figuur 71. Adulte gestippelde alver gevangen in de vistrap op de 4 <sup>de</sup> arm van de Dijle in Leuven-centrum.	102

## Lijst van tabellen

Tabel 1. Overzicht van potentiële dia- en potamodrome soorten in de Dijle met aanduiding van de belangrijkste monitoringsperiodes i.f.v. stroomopwaartse vismigratie en de jaartallen waarin gemonitord wordt (rood: monitoring met vistrapfuijk i.f.v. paaimigratie van o.a. cyprinidae, percidae, ...; paars: monitoring met aangepaste vistrapfuijk specifiek om jonge paling te vangen; lichtblauw: monitoring i.f.v. paaimigratie van soorten in het najaar en vroege voorjaar; 20 = 2020; 21 = 2021).	36
Tabel 2. Overzicht van de locaties van het netwerk van akoestische receivers in de Dijle (geordend van stroomopwaarts naar stroomafwaarts).	40
Tabel 3. Overzicht van de periodes waarin de vistrap in Rotselaar 24h/24h werd bemonsterd met een vistrapfuijk.	45
Tabel 4. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten gevangen in de vistrap in Rotselaar.	46
Tabel 5. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten gevangen met schietfuiken in de Dijle stroomafwaarts van Rotselaar.	53



Tabel 6. Overzicht van het aantal jonge palingen gevangen met flottangs op verschillende strategische locaties in de Dijle ter hoogte van de vistrap, stuw en turbine van Rotselaar.	54
Tabel 7. Vangst van jonge palingen met een aantal flottangs op de verschillende strategische locaties in de Dijle ter hoogte van Rotselaar: in de vistrap, stroomafwaarts van de stuw en stroomafwaarts van de turbine.	54
Tabel 8. Overzicht van de periodes waarin de vistrap in Leuven onafgebroken werd bemonsterd met een vistrapfuik.	56
Tabel 9. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten gevangen in de vistrap op de 4 <sup>de</sup> arm van de Dijle in Leuven.	57
Tabel 10. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten die op 12 november 2020 werden gered bij het droog zetten van de vistrap op de 4 <sup>de</sup> arm in Leuven.	60
Tabel 11. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten die op 6 januari 2021 werden gered bij het droog zetten van de vistrap op de 4 <sup>de</sup> arm in Leuven.	61
Tabel 12. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten die werden geteld bij twee visreddingen (i.e. 12 november 2020 en 6 januari 2021) bij het droog zetten van de vistrap op de 4 <sup>de</sup> arm in Leuven.	61
Tabel 13. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten, met vermelding van hun ecologische gilde, gevangen op de verschillende onderzoekslocaties in Rotselaar en Leuven met de verschillende toegepaste onderzoekstechnieken tijdens de volledige studieperiode.	63
Tabel 14. Overzicht van het aantal soorten en individuen die gepit werden en het aantal soorten en individuen die succesvol de Stuw Karel van Lotharingen en de Dijlemolens in Leuven in stroomopwaartse richting zijn gepasseerd en gedetecteerd werden op de PIT-antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (met vermelding van het kleinste en grootste individu per soort).	66
Tabel 15. Biotelemetrische gegevens van de gezenderde vissen. (*Met uitzondering van één Europese meerval werden alle vissen gevangen in de vistrapfuik gemonteerd op de meest stroomopwaartse drempel van de vistrap in Rotselaar; **Tag 55848 werd bij twee verschillende blankvoorns gebruikt; ***Drie blankvoorns werden na hervangst uitgezet ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven). Indien mogelijk werd het geslacht van de vissen bepaald ((M = man, V = vrouw, V (?) = vermoedelijk vrouw, NG = niet gekend)).	71
Tabel 16. Overzicht van de passage van akoestisch gezenderde vissoorten door de vistrap in Rotselaar, de datum en het tijdstip van hun detecties op de receivers respectievelijk in de molenkom en opwaarts van de vistrap en de berekende passageduur van de 388 m lange vistrap.	72
Tabel 17. Overzicht van de belangrijkste dagen, tijdstippen en tijdvensters waarop het blankvoorn mannetje met ID 55843 gehoord/gedetecteerd werd op de akoestische receivers opgehangen op verschillende strategische locaties in de Dijle tussen de molenkom in Rotselaar en de Celestijnenlaan stroomopwaarts van Leuven. (↑ = stroomopwaartse migratiebeweging, ↓ = stroomafwaartse migratiebeweging).	74
Tabel 18. Overzicht van de belangrijkste dagen, tijdstippen en tijdvensters waarop het blankvoorn mannetje met ID 55850 gehoord/gedetecteerd werd op de akoestische receivers opgehangen op verschillende strategische locaties in de Dijle tussen de molenkom in Rotselaar en de Celestijnenlaan stroomopwaarts	



van Leuven. (↑ = stroomopwaartse migratiebeweging, ↓ = stroomafwaartse migratiebeweging).	75
Tabel 19. Overzicht van de belangrijkste dagen, tijdstippen en tijdvensters waarop het blankvoorn vrouwtje met ID 55851 gehoord/gedetecteerd werd op de akoestische receivers opgehangen op verschillende strategische locaties in de Dijle tussen de molenkom in Rotselaar en de Celestijnenlaan stroomopwaarts van Leuven. (↑ = stroomopwaartse migratiebeweging, ↓ = stroomafwaartse migratiebeweging).	77
Tabel 20. Opgemeten stroomsnelheden op twee verschillende dieptes in de met stortstenen aangestorte opening onder de Dijlemolens op rechteroever bij een daggemiddelde basisdebiet van 3,35 m <sup>3</sup> /s op 9 mei 2022.	91
Tabel 20. Vergelijking van de vissoortensamenstelling in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven op basis van de vangsten met elektrovisserij i.f.v. de KRLW (2010-2020) en de vangsten met de verschillende onderzoekstechnieken toegepast in deze studie (2020-2021), met vermelding van hun ecologische gilde. Schuin vet gedrukte soorten zijn beschermd door de habitatrichtlijn (*) en/of de wet op de riviervisserij (°).	93

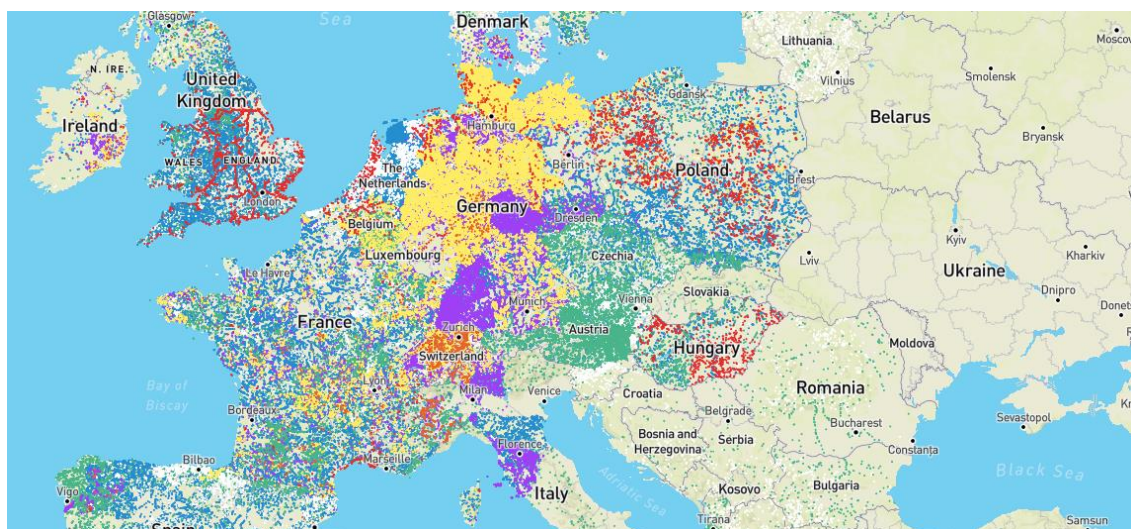


# 1 HABITATFRAGMENTATIE IN EUROPESE RIVIEREN EN DE GEVOLGEN VOOR MIGRERENDE VISSEN

De toenemende versnippering van habitats is een belangrijke factor die bijdraagt aan de dramatische achteruitgang van populaties van migrerende soorten wereldwijd. Zoetwaterecosystemen in het bijzonder worden gekenmerkt door een slechte/verslechterde habitatconnectiviteit (Verhelst et al. 2021). Veel waterwegen hebben migratieknelpunten, een sterk gereguleerde waterafvoer en slecht ontwikkelde oeverzones. Ze zijn onderworpen aan verhoogde sedimentbelasting, verlies van stroomafwaarts nutriëntentransport en eutrofiëring en/of vervuiling (Sabater et al. 2018).

In de verschillende stadia van hun levenscyclus zijn vissen afhankelijk van verschillende habitats voor o.a. hun voeding, hun voortplanting en om te schuilen. Hiervoor moeten ze vrij tussen deze habitats kunnen migreren. Diadrome vissoorten (i.e. trekvissen die vanuit zout water naar zoetwater trekken om te paaien of omgekeerd) zoals paling, driedoornige stekelbaars, bot, spiering, elft, fint, zeeforel, zalm en rivier- en zeeprick leggen lange afstanden af tussen het voortplantings- en opgroei gebied. Deze trekvissen moeten vrij tussen de zee en de bovenlopen kunnen migreren om hun populaties in stand te houden. Potentiële knelpunten in beneden-, midden- en bovenlopen van rivieren hebben dan ook potentieel een groot effect op de populaties van trekvissen omdat ze de paai- en/of opgroei gebieden hogerop in het bekken afsluiten.

Er zijn meer dan 1 miljoen barrières aanwezig in de Europese rivierbekkens (Figuur 1). De hoogste barrière dichtheden komen voor in de sterk veranderde rivieren van Midden-Europa en de laagste in de meest afgelegen, schaars bevolkte berggebieden. In de Balkan, de Baltische staten en delen van Scandinavië en Zuid-Europa, zijn nog relatief ongefragmenteerde rivieren te vinden, maar deze hebben dringend bescherming nodig tegen geplande damontwikkelingen (Belletti et al. 2020). Dergelijke belemmeringen voor vismigratie vergroten het uitroeiingsrisico van zoetwater vissoorten (Collen et al. 2014). In Europa is 37% van de vissoorten momenteel bedreigd (IPBES 2019).



Figuur 1. Een groot deel van de Europese kaart wordt ingekleurd door de meer dan 1 miljoen barrières die aanwezig zijn in de rivierbekkens (AMBER Consortium, 2020).



## 2 VISMIGRATIE IN DE DIJLE

### 2.1 LONGITUDINALE CONNECTIVITEIT

Omdat de Dijle potentieel voor verschillende zeldzame en beschermde vissoorten een belangrijke migratie- en verbindingsroute vormt naar (potentiële) leef- en voortplantingsgebieden werd deze rivier bij de opmaak van de prioriteitenkaart i.h.k.v. de Benelux Beschikking M(2009)01 inzake vrije vismigratie aangeduid als een waterloop met prioriteit 1. Vismigratieknelpunten op waterlopen met prioriteit 1 dienen uiterlijk in 2021 weggewerkt te zijn.

Trekvissen kunnen vrij vanuit de Noordzee via de Westerschelde, de Zeeschelde en de Rupel de monding van de Dijle opzwellen. In Mechelen moeten ze de getijdestuw passeren (zie 2.1.1). Als vissen de getijdestuw passeren kunnen ze verder stroomopwaarts migreren tot aan de molen en vistrap in Rotselaar (zie 2.1.2). Potentiële knelpunten in de beneden- en middenloop van de Dijle, zoals de getijdestuwen op de Dijle in Mechelen, de molen in Rotselaar en de verschillende potentiële knelpunten in Leuven-centrum (zie 2.1.3), hadden of hebben potentieel een groot effect op de populaties van potamodrome en diadrome vissoorten omdat ze de paaien opgroei gebieden hogerop in het bekken afsluiten.

#### 2.1.1 De getijdestuw in Mechelen

In Mechelen wordt de horizontale getijdenbeweging gestopt door de getijdestuw (Figuur 2). Stroomopwaarts van de stuw wordt het waterpeil bij hoogwater echter nog wel beïnvloed door de tijwerking (10-20 cm doottij en 20-80 cm springtij). Het beheer van de getijdestuw op de Dijle in Mechelen is essentieel voor de stroomopwaartse migratie van trekvissen (Stevens et al., 2009). In 2009 werd, door De Vlaamse Waterweg (thans NV Waterwegen en Zeekanaal), de opdracht gegeven aan het INBO om een advies op te stellen m.b.t. de passeerbaarheid van deze stuw. Er werd eveneens een voorstel geformuleerd voor het beheer ervan (Stevens & Coeck 2009). Naar aanleiding van het advies van Stevens & Coeck (2009) werd het beheer van de stuw aangepast om vismigratie beter te laten verlopen. Na het instellen van een vismigratiestand, werd in 2015 aan het INBO gevraagd om een evaluatie van dit beheer uit te voeren. In de studie van Vermeersch et al. (2016) werd deze vismigratiestand geëvalueerd met behulp van akoestische telemetrie. De resultaten van de INBO-studie toonde aan dat de bovenstuw in Mechelen geen knelpunt vormt voor stroomopwaartse vismigratie, mits het aanhouden van een vismigratiebeheer. Door de stuw passeerbaar te maken door het optrekken van de benedenschuiven en het beperken van de stroomsnelheid onder de stuw, is migratie niet meer beperkt tot de periodes waarbij de stuw overstromt. De studie was gericht op diverse soorten met verschillende levensstijl (benthisch / demersaal / pelagisch). Voor geen enkele soort bleek de stuw een hindernis te vormen (Vermeersch et al. 2016).





Figuur 2. De getijdestuw op de Dijle in Mechelen met uitzonderlijk gelifte stuwstand.

### 2.1.2 De vistrap in Rotselaar

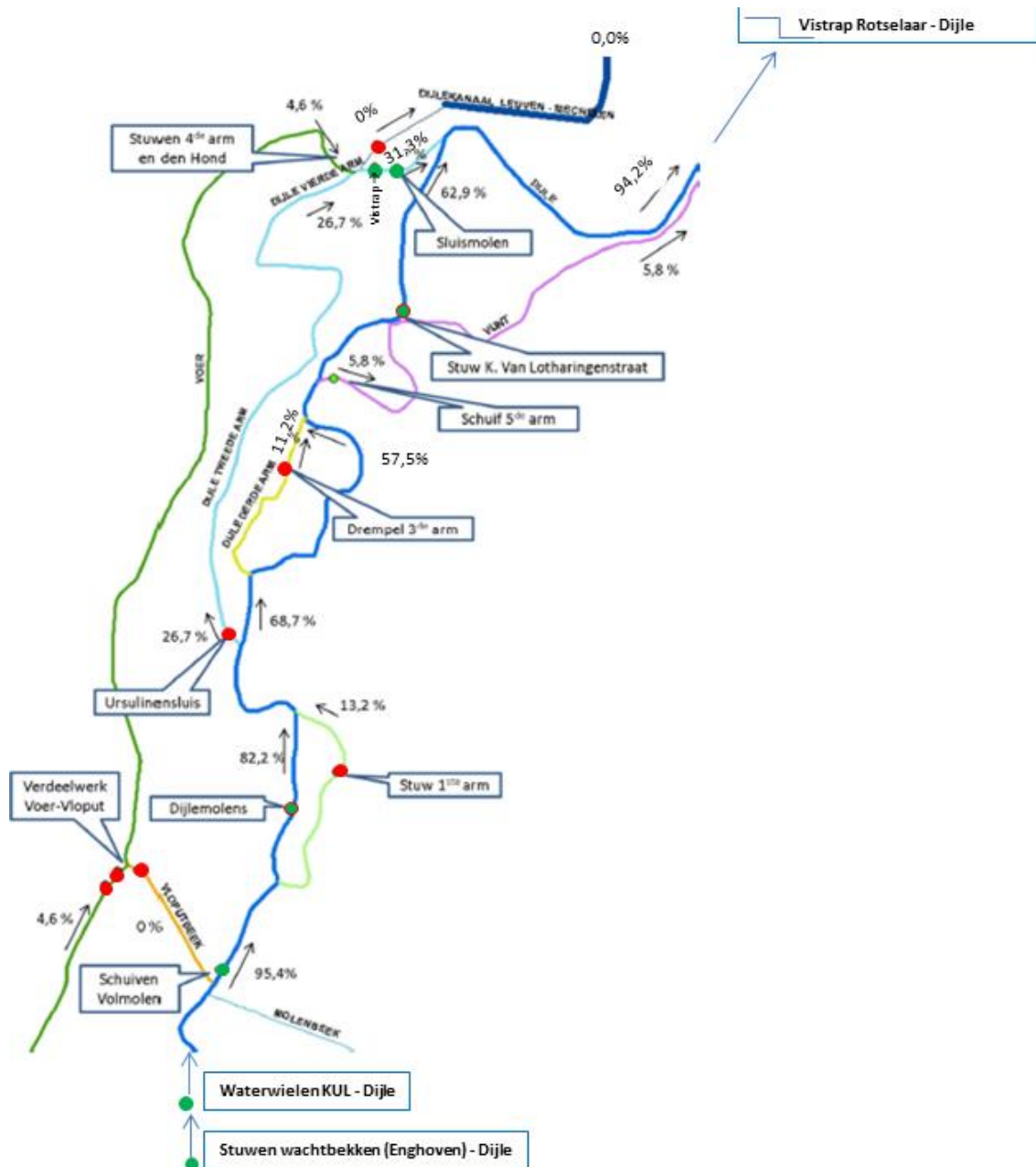
Tot 2012 was de watermolen op de Dijle in Rotselaar, het eerstvolgende kunstwerk stroomopwaarts van de getijdestuw in Mechelen, niet vispasseerbaar (Stevens et al., 2009). Ondertussen is de watermolen en stuw uitgerust met een 388 meter lange V-vormige bekkenvistrap met 20 ruwe stortstenen drempels die stroomopwaartse vismigratie moet mogelijk maken (Figuur 3).



Figuur 3. De bekkenvistrap op de Dijle in Rotselaar vlak na realisatie (Links: stroomafwaarts zicht; Foto VMM) en verdrongen ruwe V-vormige stortstenen drempels van de vistrap in 2021 (rechts: stroomopwaarts zicht).

### 2.1.3 Kunstwerken en debietverdeling op de Dijle in Leuven

De passeerbaarheid van de Dijle en haar zijarmen in Leuven werd reeds in 2010 in een deskstudie door het INBO beoordeeld (Verbiest et al., 2010). Er werd gesteld dat vismigratie vermoedelijk voornamelijk via de Dijle hoofdarm zal plaatsvinden (blauw ingekleurd op Figuur 4), aangezien deze het grootste debiet voert. Sedert 2010 is het beheer van de Dijle in Leuven echter veranderd en heeft onder andere de 4<sup>de</sup> arm aan belang gewonnen in functie van vismigratie (zie volgende paragraaf).



Figuur 4. Schematische weergave van de Dijle tussen Rotselaar (stroomafwaarts Leuven) en Eindhoven (stroomopwaarts Leuven) met aanduiding van de knelpunten voor vismigratie in stroomopwaartse richting (groen = passeerbaar, rood = niet passeerbaar, groen en rood omcirkeld = potentieel knelpunt) en de relatieve debietverdeling over de verschillende takken (Naar Van Aert, 2013 en aangepast na terreinbezoek op 23/01/2020).

De hoofdarm bezit 2 kunstwerken waarbij onduidelijk is of ze vispasseerbaar zijn in stroomopwaartse richting. Het betreft:

- **De stuw aan de Karel Van Lotharingenstraat.** Ondanks dat de stuw in normale omstandigheden zo maximaal als technisch mogelijk is wordt neergelaten blijft er onder de vaakst voorkomende afvoerstandigheden een verval aanwezig. De stroomsnelheden over de stuw zijn mogelijks te hoog en dus kritisch voor bepaalde vissoorten. De stuw was aanvankelijk voorzien om continu in opgetrokken toestand te staan en werd bij de bouw daarom voorzien van een verticaal slot vispassage. Deze verticaal slot vispassage is enkel watervoerend wanneer de stuw in opgetrokken stand

staat. De effectiviteit van deze zeer technische visdoorgang wordt in twijfel getrokken. Enkel bij werken of om de Vunt te spoelen, wordt de stuw tegenwoordig opgetrokken (Figuur 4 en 5).



Figuur 5. De stuw Karel Van Lotharingen in Leuven wordt enkel in uitzonderlijke omstandigheden opgetrokken zoals bijvoorbeeld tijdens werkzaamheden voor de plaatsing van de visdetectieantennes (Links: stroomafwaarts zicht). Onder normale omstandigheden en in functie van vismigratie wordt ze maximaal neergelaten waardoor er nog een beperkt verval is (rechts: stroomopwaarts zicht).

- **De Dijlemolens.** Hier wordt de Dijle geknepen en stroomt het water onder drie opgetrokken molenschuiven door. In 2013 werd het verval ter hoogte van één van de knippen (de opening op de rechteroever) aangestort onder de vorm van een stenen helling. Ondanks dat het verval ter hoogte van deze opening verkleind werd blijven de stroomsnelheden er hoog en is de opening vermoedelijk niet passeerbaar voor alle vissoorten. Het verval en de stroomsnelheden onder de tweede en derde molenschuif zijn vermoedelijk nog groter en dus nog moeilijker passeerbaar voor stroomopwaarts migrerende vissen. De drie molenschuiven staan normaal open (Figuur 4 en 6).



Figuur 6. De Dijlemolens in Leuven (Links: stroomafwaarts zicht; Rechts: stroomopwaarts zicht).

Een derde kunstwerk op de hoofdarm van de Dijle betreft:

- **De schuiven van het oude en nieuwe complex Volmolen.** Deze staan in normale omstandigheden open. Ze worden enkel gesloten om water om te leiden via de Voer (bv. bij werken in het centrum). Er werd geen verval vastgesteld onder de schuiven op 23 januari 2020 (Figuur 4 en 7).



Figuur 7. De schuiven van het oude (Links) en nieuwe complex Volmolen in Leuven (Rechts).

### Debietverdeling in de Dijle tussen de hoofdarm en de verschillende zijarmen

Figuur 4 toont tevens de debietverdeling van de Dijle en de Voer (samen 100%) over de verschillende zijarmen bij basisdebiet. Aangezien de Dijle instaat voor de voeding van de Vaart (Dijlekanaal Leuven – Mechelen) en de Vunt, heeft ze bij het verlaten van de stad een deel van haar debiet verloren. Tot enkele jaren geleden werd er meer water naar de Vaart afgeleid dan strikt noodzakelijk voor het compenseren van schutverliezen en verdamping en ging ca. 1/3 van het basisdebiet naar de Vaart. Nu wordt de Vaart enkel gevoed in functie van het faciliteren van scheepvaartversassingen en de daarbij optredende ‘waterverliezen’ in de verschillende panden op de Vaart. Er is bijgevolg slechts een heel beperkt en discontinu debiet dat naar de Vaart wordt gestuurd. Daarom wordt op onderstaande figuur aangegeven dat er 0% debiet naar de Vaart gaat. Ook het volledige debiet van de Voer wordt via de 4<sup>de</sup> arm richting de Dijle gestuurd.

Stroomopwaarts trekkende vissen die via de Dijle Leuven naderen, komen op hun doortocht via de hoofdarm drie punten tegen waar ze een alternatieve route kunnen kiezen:

- Aan de monding van de 4<sup>de</sup> Dijlearm in de hoofdarm. In normale omstandigheden genereert deze een lokstroom tot  $\pm 31,3$  % van de hoofdstroom. Vissen kunnen de 4<sup>de</sup> arm ingelokt worden. Ter hoogte van de monding van de 4<sup>de</sup> arm in de hoofdarm zijn enkele drempels aanwezig die werden ontworpen i.f.v. vismigratie, maar die nog niet werden geëvalueerd op hun vispasseerbaarheid (Figuur 8).





Figuur 8. Monding van de 4<sup>de</sup> Dijle-arm via drempels (rechts op de foto) in de hoofdarmp van de Dijle (links op de foto). Rechtsboven op de foto is het begin van het Sluispark te zien.

Verder stroomopwaarts van de drempels, ter hoogte van het Sluispark, zorgt de stuw op de 4<sup>de</sup> Dijlearm ervoor dat water in de Dijle hoog genoeg staat om de Vaart te voeden. Daardoor ontstaat er een niveauverschil van ongeveer anderhalve meter tussen het waterpeil op- en afwaarts van de stuw. Om dit knelpunt voor vismigratie op te lossen bouwde de Vlaamse Milieumaatschappij in 2019 een vistrap rond de stuw. Deze vistrap splitst het onoverbrugbare hoogteverschil op in 23 kleinere stapjes die de vissen wel kunnen opzwemmen. De vistrap heeft een lengte van ongeveer 85 m (Figuur 9). Vissen die verder stroomopwaarts migreren in de 4<sup>de</sup> arm en verder in de daarop aansluitende de 2<sup>de</sup> arm komen vermoedelijk vast te zitten aan de schuiven van de Ursulinesluis op deze 2<sup>de</sup> arm.



Figuur 9. De bekkenvistrap met grote stoorstenen op de 4<sup>de</sup> arm van de Dijle ter hoogte van de sluismlen.



- Aan de monding van de 3<sup>de</sup> Dijlearm in de hoofdarm. Deze genereert een eerder beperkte lokstroom tot ± 11,2 % van de hoofdstroom. Als vissen de 3<sup>de</sup> arm opzwemmen komen ze vast komen te zitten tegen een lage drempel in de overwelling.
- Aan de monding van de 1<sup>ste</sup> Dijlearm in de hoofdarm. De 1<sup>ste</sup> arm genereert slechts een lokstroom van 13,2 % t.o.v. het debiet in de hoofdarm. Vissen die de 1<sup>ste</sup> arm opzwemmen komen vast te zitten onder de klepstuw van deze arm.

Een vierde en vijfde kunstwerk op de hoofdarm van de Dijle stroomopwaarts van Leuven-centrum betreffen:

- De waterwielen van de KUL waar vrije migratie mogelijk is onder de schuiven.
- De platliggende stuwen van het wachtbekken in Egenhoven waar onder normale omstandigheden (i.e. geen verval t.h.v. beide stuwen) vrije passage mogelijk is.

De verschillende zijtakken van de Dijle in Leuven werden op de prioriteitenkaart aangeduid als aandachtwaterlopen. Ook de Voer werd aangeduid als een aandachtwaterloop. Er werd nog geen timing voor het wegwerken van aandachtknelpunten opgesteld. Er mogen echter geen nieuwe knelpunten bijkomen en bestaande knelpunten dienen aangepakt te worden zodra zich opportuniteiten hiertoe voordoen (Van Aert, 2013).



### 3 ONDERZOEKSMETHODES

Toepassing van meerdere onderzoeksmethodes kunnen aanvullende informatie opleveren. De combinatie van fuikvangsten, merkexperimenten en telemetrische methodes werd in het verleden al succesvol toegepast (o.a. Buysse et al., 2003). Rekening houdende met de verschillende onderzoeksvragen en met de opgelegde randvoorwaarden/beperkingen worden er verschillende onderzoekstechnieken toegepast in verschillende fases van dit onderzoek. De potentiële bottlenecks en specifieke randvoorwaarden voor deze studie waren o.a.: de technische haalbaarheid, de veiligheid, het weren van bevers uit netten, het niet hinderen van kajakvaart, enz.

Er bestaat een brede waaier van methodes om de verplaatsingen van vissen in de Dijle te bestuderen. De onderzoeksmethodes kunnen onderverdeeld worden in twee types: niet-telemetrische en telemetrische (Lucas et al., 1998). Bij deze onderzoeksmethodes kan al dan niet gebruik gemaakt worden van een merktechniek.

#### 3.1 NIET-TELEMETRISCHE METHODODES

Deze methodes vereisen geregelde en herhaalde directe interventie om informatie te verkrijgen van de bestudeerde vis via bijvoorbeeld een vangst-merk-hervangststudie. Bij vangst-merk-hervangst worden vissen gevangen, gemerkt met een merktechniek, vrijgelaten en vervolgens hervangen op verschillende tijdstippen en/of op verschillende locaties na de initiële vrijlating (Lucas et al., 1998).

##### 3.1.1 Vangstmethode

De resultaten van evaluatiestudies van visdoorgangen die het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek in het verleden uitvoerde, tonen dat het gebruik van een permanente vangconstructie zoals een 'vistrapfuik' (Figuur 10) geschikt is voor het bestuderen van vismigratie op populatieniveau (Buysse et al., 2006a,b; Baeyens et al., 2006; Buysse et al., 2007).







Figuur 10. Een vistrapfuike-vangconstructie bestaande uit roosters, inox kader en een fuik op de bekkenvistrap in de Kleine Nete in Herentals

### 3.1.2 Merkmethode

Bij het merken kan men onderscheid maken tussen individuele merken en groepsmerken. Individuele merken laten een individuele herkenning toe bij hervangst terwijl bij groepsmerken hooguit kan gezegd worden uit welke groep de vis afkomstig is. In deze studie wordt gebruik gemaakt van Passive integrated transponders of kortweg PIT tags om vissen individueel te merken. PIT tags zijn kleine glazen cilindertjes die een winding en een geïntegreerd circuit (microchip) bevatten, geprogrammeerd om een unieke code uit te zenden (Figuur 11). Het woord 'zender' wordt als synoniem gebruikt voor 'PIT tag'. In het verleden werden door INBO al 23mm ( $\varnothing 3,85 \pm 0,05\text{mm}$ ;  $L=23,1 \pm 0,5\text{mm}$ ; 0,6g) en 32mm ( $\varnothing 3,85 \pm 0,05\text{mm}$ ;  $L=33,1 \pm 0,6\text{mm}$ ; 0,8g) PIT tags gebruikt. In deze studie worden naast de 23 en 32 mm tags ook de nieuwere kleine 12 mm tags gebruikt. Met deze kleinste tags kunnen ook kleinere vissen of levensstadia gemerkt worden zoals bv. riviergrondel of juveniele blankvoorn.



Figuur 11. 'PIT tag' of 'zendertje' met geïntegreerd circuit en koperen winding.

PIT tags bezitten geen eigen energiebron voor het uitzenden van een signaal maar kunnen aangezet worden tot het verzenden van hun unieke code onder invloed van een elektromagnetisch veld van een welbepaalde frequentie (125, 134 of 400 kHz). Aangezien PIT tags geen energiebron bevatten hebben ze een onbegrensde levensduur. Voor het aanbrengen van de PIT-tag worden de vissen verdoofd in een kruidnagelolie- oplossing (0,05mL-1). PIT tags worden meestal in de buikholte van vissen aangebracht door gebruik te maken van een injector (Prentice et al 1990) of het maken van een chirurgische incisie (Baras et al. 1999). De PIT-tags met behulp van een injector (i.e. schietpistool) ingebracht (Figuur 12).

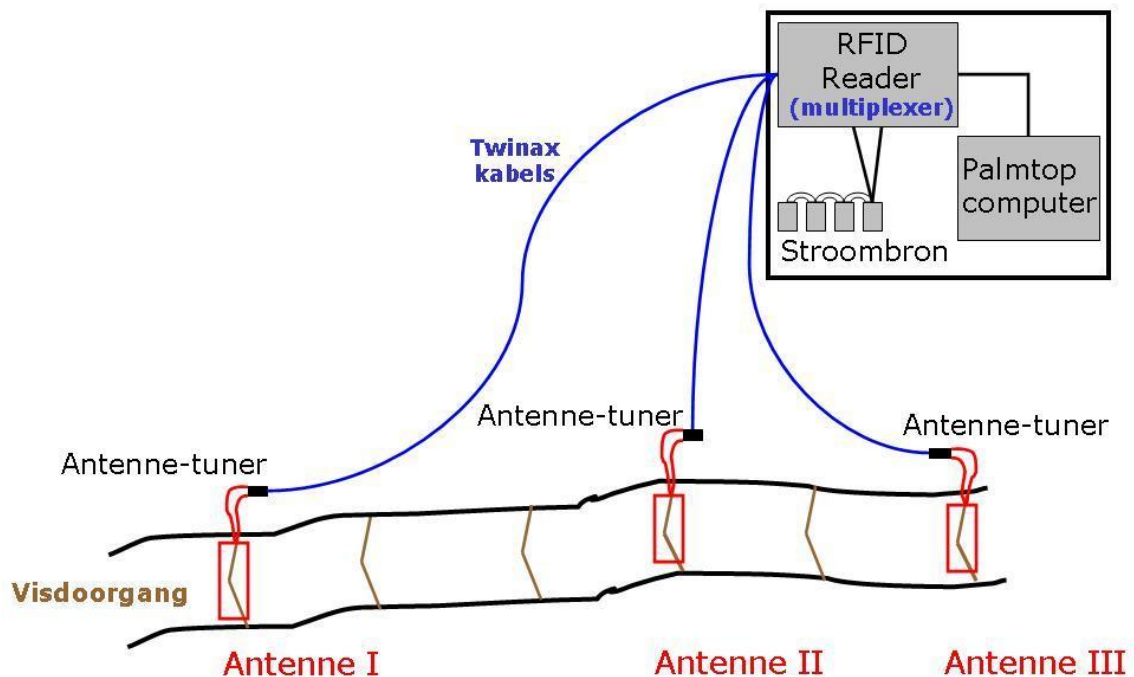


Figuur 12. Injector of schietpistool voor het inbrengen van de PIT tag.

## 3.2 TELEMETRISCHE METHODES

### 3.2.1 PIT telemetrie

Via deze onderzoekstechniek worden de unieke codes van vissen met een PIT tag (zie 1.3.1.2) geregistreerd wanneer die doorheen (een lusvormige) of over een (flat-bed) antenne zwemmen. De verschillende onderdelen van een operationeel PIT-detectiestation worden schematisch voorgesteld in figuur 13.



Figuur 13. De verschillende onderdelen van een PIT-detectiestaton.

De 'reader' registreert de unieke codes van vissen met een zendertje wanneer die door of over antenne zwemmen. Voor het functioneren van de reader is een stroombron vereist. Indien geen nutsvoorzieningen aanwezig zijn dan kan er gebruik gemaakt worden van een herlaadbare batterij. Indien mogelijk kan de batterij via een adaptor op het elektriciteitsnetwerk aangesloten

worden om de batterij bij te laden. De PIT tag kan zijn unieke code pas verzenden wanneer zijn interne winding wordt opgeladen. Het opladen gebeurt in en door het magnetisch veld van de antenne. Een grotere zender zal een grotere lading ontvangen omdat het een groter deel van het magnetisch veld snijdt. Van zodra een zendertje voldoende opgeladen is zendt het onmiddellijk zijn unieke code naar de antenne. De antenne is op zijn beurt met de reader verbonden. Om een goede detectie-efficiëntie te bekomen is het belangrijk dat de antennes alle vissen detecteren die door of over de antenne zwemmen. Daarom moeten 'holes' of gaten in het magnetisch veld van de antenne vermeden worden. Zendertjes die ter hoogte van zo een hule de antenne passeren worden niet opgeladen en kunnen bijgevolg hun code niet verzenden.

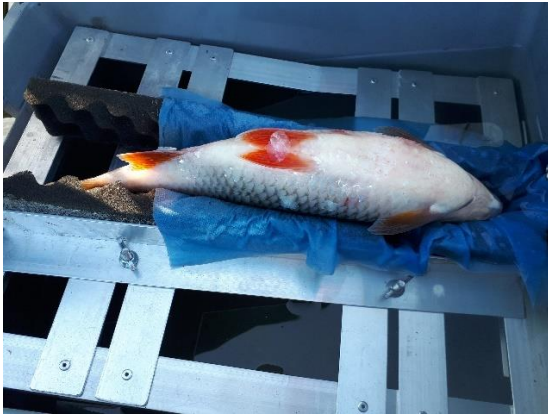
Deze onderzoekstechniek werd succesvol toegepast tussen maart 2006 en mei 2008 ter evaluatie van de attractiviteit en passeerbaarheid van de vistrap aan de Voorste Luysmolen in de Abeek (Buysse et al., 2009). Op de Abeek werd gebruik gemaakt van lusvormige antennes. In het onderzoek op de Dijle zijn lusvormige antennes o.a. omwille van de kayakvaart niet mogelijk. Daarom werden er in dit onderzoek flat-bed antennes gebruikt die op en in de bodem van de Dijle werden verankerd.

### 3.2.2 Akoestische telemetrie

De zwemroutes en het gedrag van vis ter hoogte van de potentiële migratieknelpunten worden in de Dijle in kaart gebracht met akoestische telemetrie. Deze technologie gebruikt geluidsgolven in water om vissen te bestuderen. Elk studiedier wordt met behulp van een korte operatie uitgerust met een akoestische zender of akoestische tag. Akoestische zenders zijn kleine geluidsproducenten die het mogelijk maken om zwemmende vissen op afstand te traceren en hun bewegingen in kaart te brengen. Omdat een vast aantal dieren gedurende een lange periode permanent gevolgd kan worden, laat het ook toe om de passeerbaarheid van een traject te kwantificeren. Een mogelijk nadeel is dat slechts een klein deel van de totale aanwezige populatie bestudeerd wordt en dat enkel voldoende grote dieren onderzocht kunnen worden. De dieren worden namelijk uitgerust met een zender die een bepaald percentage (2%) van het lichaamsgewicht niet mag overstijgen om de beweging van de dieren niet te hinderen. De technologie wordt gebruikt om op kleine schaal visgedrag te bestuderen. Studies die deze technologie gebruiken, vinden meestal plaats in rivieren, meren, estuaria en op zee, en bij waterkrachtcentrales en dammen.

Met een kleine chirurgische ingreep onder verdoving met kruidnagelolie, wordt een akoestische zender in de buikholte van een vis aangebracht (Figuur 14). Het inplanten van een zender gebeurde volgens de methode en richtlijnen beschreven in Baras & Jeandrain (1998). Na de chirurgische ingreep worden de vissen bewaard in een kuip met beluchting tot ze gerecupereerd zijn. Vervolgens worden de vissen teruggezet op hun oorspronkelijke vangstlocatie.





Figuur 14. Zenderen van blankvoorn aan de vistrap in Rotselaar. De vissen worden verdoofd in een bad (Foto Links) en er wordt een zendertje in de buikholte aangebracht. Daarna wordt de wonde dichtgenaaid met verteerbare chirurgische draad (Foto rechts). Eenmaal terug bij bewustzijn, worden de vissen teruggezet op de vangstlocatie.

De zender zendt onder water een geluidssignaal of akoestische 'ping' uit met een eigen pulsduur en tijdsinterval tussen de pulsen. Het signaal is uniek voor elke vis. Op strategische plaatsen in de waterloop worden receivers opgehangen, die het geluidssignaal van voorbij zwemmende gezenderde vissen opvangt (Figuur 15). Deze receivers zetten het geluidssignaal vervolgens om in digitale data en slaan het op. en via een PC gedownload en opgeslagen kunnen worden. Iedere receiver kan het signaal van een zender pas detecteren, wanneer die zich binnen een voldoende kleine afstand van de receiver bevindt. Wanneer de receiver het signaal van de zender kan detecteren, zeggen we dat de zender zich binnen het detectiebereik van de receiver bevindt. De grootte van het detectiebereik is afhankelijk van de morfologie van de rivier en de aanwezigheid van andere onderwatergeluiden, zoals turbulentie ten gevolge van sterke stroming, of de passage van een schip (Pauwels et al., 2014).

Een vis kan in principe het studiegebied niet verlaten zonder gedetecteerd te worden ter door één of meerdere strategisch opgehangen receivers.



Figuur 15. De akoestische receiver (zwart) wordt bevestigd aan een gewicht en wordt met behulp van een stalen kabel aan een obstakel langsheen het water bevestigd (Foto links). De receiver wordt door de kabel en/of een boei verticaal gehouden tijdens de metingen (Foto rechts).

### 3.3 ONDERZOEKSLUIK 1: VANGST-MERK-HERVANGST

#### 3.3.1 **Gecombineerde doelstellingen**

Via toepassing van de vangst-merk-hervangst methodiek in de vistrappen in Rotselaar en Leuven worden antwoorden gezocht op de verschillende onderzoeksvragen.



Met behulp van een aanpasbare **vistrap- en palingfuik in Rotselaar** en bijkomend met het gebruik van drijvende artificiële substraten ('flottangs') wordt meer inzicht verkregen in:

- De passeerbaarheid van de bekkenvistrap in Rotselaar.
- Het aanbod aan diadrome vissoorten stroomafwaarts van Leuven in functie van de evaluatie van de passeerbaarheid van de Dijle in Leuven en de potentiële toepassing van telemetrische technieken.

Met behulp van **de vistrapfuik op de 4<sup>de</sup> arm in Leuven** wordt meer inzicht verkregen in:

- De passeerbaarheid van de bekkenvistrap op de 4<sup>de</sup> arm in Leuven (i.h.k.v. 'Life Belini' en i.f.v. potentiële aanbevelingen voor aanpassingen aan de vispassage).
- De attractiviteit van de 4<sup>de</sup> arm voor stroomopwaartse vismigratie vanuit de hoofdarm (i.e. in het kader van het vernieuwde beheer + potentiële impact voor stroomopwaartse vismigratie van het eerstvolgende kunstwerk, met name de Ursulinensluis).
- De passeerbaarheid van de V-vormige drempels ter hoogte van de monding van de 4<sup>de</sup> arm in de hoofdarm.

### 3.3.2 Praktisch

#### Vistrapfuiken in Rotselaar en 4<sup>de</sup> Arm

Het aantal vissen dat tijdens de studieperiode stroomopwaarts doorheen de vistrappen trekt kan exact bepaald worden door gebruik te maken van een speciaal ontworpen vangconstructie met een 'aanpasbare vistrapfuik'. Alle stroomopwaarts migrerende vissen die de laatste V-vormige bekkentrap passeren komen in de vistrapfuik terecht (Figuur 16). Op die manier kan exact bepaald worden welke vissoorten van de migratiefaciliteit gebruik maken en wat het totaal aantal vissen is dat doorheen de vistrap migreert. De fuik wordt opgespannen in stroomopwaartse richting. De vistrapfuik wordt drie maal per week gelicht (maandag, woensdag en vrijdag) in de paaimigratieperiode van de meest voorkomende soorten in de Dijle, oa. de Cyprinidae, de Percidae, ... in april-mei. In het najaar en vroege voorjaar wordt de fuik ook geplaatst om de trek van rivierprik, trachuruspopulaties van driedoornige stekelbaars en snoek te monitoren (december-maart) (Tabel 1).

Wegens de potentieel omvangrijke stroomopwaartse trek van jonge palingen ('elvers'), zoals in het verleden al kon worden vastgesteld (Maarten Van Aert, mondelinge mededeling), werd de fuik in de zomer (juni-augustus) aangepast. De fuik werd zodanig ontworpen dat het laatste deel van de fuik demonteerbaar is en in functie van de verschillende doelsoorten kon aangepast worden. Voor de monitoring van de elvertrek werd een fijnmazig vangcompartiment gemonteerd op de fuikinstallatie. Daarnaast werden ook kunstmatige substraten of 'flottangs' gebruikt in de vistrap, onder de stuw in de turbinekom en in de parallel gelegen stuwgeul (zie verder).

Alle gevangen vissen en eventuele bijvangsten werden gedetermineerd, gemeten en gewogen.



Tabel 1. Overzicht van potentiële dia- en potamodrome soorten in de Dijle met aanduiding van de belangrijkste monitoringsperiodes i.f.v. stroomopwaartse vismigratie en de jaartallen waarin gemonitord wordt (rood: monitoring met vistrapfuijk i.f.v. paaimigratie van o.a. cyprinidae, percidae, ...; paars: monitoring met aangepaste vistrapfuijk specifiek om jonge paling te vangen; lichtblauw: monitoring i.f.v. paaimigratie van soorten in het najaar en vroege voorjaar; 20 = 2020; 21 = 2021).

Vissoort (levensstadium)	Migratieperiode (stroomopwaarts)											
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
<b>Potamodrome doelsoorten Dijle</b>												
kopvoorn				20/21	20/21							
rivierdonderpad				20/21	20/21							
serpeling				20/21								
<b>Diadrome doelsoorten Dijle</b>												
bot (juveniel)												
paling (elver)						20/21	20/21	20/21	20/21			
paling (gele aal)				20/21	20/21	20/21	20/21	20/21	20/21			
rivierprik		21	21	21	20/21	20/21						20
zeeprik				20/21	20/21							
3D (trachurus)		21	21	21	20/21							20
<b>Potamodrome soorten</b>												
alver				20/21	20/21							
baars				20/21	20/21							
bermpje				20/21	20/21							
bittervoorn				20/21	20/21							
blankvoorn				20/21	20/21							
3D (semi-armatus, leiurus)		21	21	21	20/21							20
karper					20/21							
kolblei				20/21	20/21							
pos				20/21	20/21							
rietvoorn					20/21							
riviergrondel				20/21	20/21							
snoek		21	21	20/21	20/21							
snoekbaars				20/21	20/21							
tiendoornige stekelbaars				20/21	20/21							
vetje				20/21	20/21							
winde				20/21	20/21							
zeelt					20/21							





Figuur 16. Op de meest stroomopwaartse gesitueerde houten drempel van de vistrap in Rotselaar werd achtereenvolgens een kooi met beverrooster en een fuik met Noors leefnet bevestigd om stroomopwaarts migrerende vissen te vangen en bevers uit de fuik te weren.

In de 4<sup>de</sup> arm wordt er een fuik in de koker aan de intake van de vispassage gezet (i.e. stroomopwaarts van de rooster) (Figuur 17).



Figuur 17. De bekkenvistrap met grote stoorstenen op de 4<sup>de</sup> arm van de Dijle ter hoogte van de sluismolen (Foto links) en stroomopwaarts van de meest stroomopwaartse drempel er een rooster met sponningen (Foto rechts). Stroomopwaarts van het rooster is de intake van de vispassage over enkele meters ingekokerd. De vistrapfuik werd in deze koker geplaatst en strak getrokken.

## Merken

In functie van het PIT telemetrie-onderzoek dat in 2021 werd opgestart werden de gevangen vissen in Rotselaar en Leuven in 2020 al zoveel mogelijk gezenderd. Vissen die in 2020 gemerkt werden konden ook in 2021 gedetecteerd worden op de antennes. Een overzicht van het totaal aantal gepitte vissen wordt gegeven in Hoofdstuk 5: Resultaten.



Het volledige onderzoeksluik 1 (vangst-merk-hervangst) zoals hierboven beschreven werd i.f.v. het PIT-telemetry-onderzoek in 2021 herhaald voor wat betreft de site Rotselaar.

### Artificiële substraten of flottangs

De aankomst en aanwezigheid van glasaal werd nagegaan met behulp van flottangs op acht strategische locaties: een flottang op de linker- en rechteroever naast de uitstroom van de turbine (zie verder: Figuur 30), een flottang op de linker- en rechteroever halverwege de vistrap, een flottang op de linker- en rechteroever onder de meest stroomopwaarts gelegen drempel van de vistrap en een flottang op de linker- en rechteroever in de turbinekom net stroomafwaarts van de vaste stuw en op de linker- en rechteroever in de stuwgeul stroomafwaarts van de automatische klepstuwen.

Elke flottang bestaat uit een roestvrijstalen kooi (200 mm hoogte, 500 mm breed, 500 mm lang) gevuld met nylon matten van polyamidevezels (Enkamat®). Deze substraten fungeren als een schuilplaats/rustplaats voor jonge palingen (i.e. glasalen en elvers). Door het kunstmatige substraat snel op te tillen uit het water en ze vervolgens intensief uit te schudden boven een net met fijne mazen kunnen de verborgen jonge palingen worden verzameld (Figuur 30) (Postic-Puivif et al., 2015; Van Wichelen et al. 2021). Flottangs werden door INBO al succesvol ingezet in monitoringsstudies voor glasaal en elvers (Vandamme et al., 2017, 2020 & 2021; Van Wichelen et al., 2021). De flottangs werden, net zoals de vistrapfuij, gecontroleerd op maan-, woens- en vrijdag.

## 3.4 ONDERZOEKSLUIK 2: PIT-TELEMETRIE

Eind 2020 begin 2021 werden voorbereidende testen gedaan omtrent de haalbaarheid van het toepassen van FDX PIT telemetry met automatische detectiestations in Leuven. Deze testen hielden in:

- Het uittesten van verschillende types van antennes (o.a. loop vs. flat-bed) in functie het evaluaeren van de stroomopwaartse vispasseerbaarheid van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens.
- Testen van de passeerbaarheid van antennes voor kayaks (zie ook verder).
- Testen van de praktische haalbaarheid.
- Testen van de detectie-efficiëntie bij gebruik van de kleinst beschikbare pit-tags testen.
- ...

Tijdens de testfase werd op vier verschillende strategische locaties telkens dezelfde testantenne van producent Biomark gemonteerd en in werking gesteld met een autonome batterij. Op basis van deze testen leek het haalbaar om net stroomop- en stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens een antenne te plaatsen op de bodem van de Dijle. Er werden vervolgens vier antennes aangekocht bij de producent (Figuur 18). Bij de definitieve uitbouw van het netwerk waarbij de vier antennes aan de netstroom werden gekoppeld bleken de twee antennes stroomop- en stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen te interfereren met de peilmetingen ter hoogte van de stuw. We waren genoodzaakt om de antennes te ontkoppelen en uit bedrijf te halen. Ook de antenne stroomafwaarts van de Dijlemolens bleek te interfereren met de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens. Enkel de meest cruciale antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens kon operationeel gehouden worden.







Figuur 18. Plaatsing van flat-bed PIT-antennes op vier strategische locaties ten opzichte van de kunstwerken op de bodem van de hoofdarm van de Dijle in Leuven. Van links naar rechts en van boven naar onder: antenne stroomafwaarts van de Stuw K.v.Lotharingen, antenne stroomopwaarts van de Stuw K.v.Lotharingen, antenne stroomafwaarts van de Dijlemolens, antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens.

### 3.4.1 Gecombineerde doelstellingen

Met behulp van **een PIT-antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens** en het uitzetten van gepitte vissen stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens wordt meer inzicht verkregen in:

- de passeerbaarheid van de Stuw Karel van Lotharingen
- de passeerbaarheid van de Dijlemolens
- de passeerbaarheid van de Dijle in Leuven

## 3.5 ONDERZOEKSLUIK 3: AKOESTISCHE TELEMETRIE

In 2020 werden voorbereidende testen gedaan in functie van de haalbaarheid voor het toepassen van akoestische telemetrie in Leuven. Deze testen hielden in:

- het uitvoeren van range-testen met verschillende types van testzenders en receivers in functie van de verschillende te evalueren potentiële knelpunten, i.e. de Dijlemolens en de Stuw Karel Van Lotharingen (o.a. in functie van mogelijke reflectie van het akoestisch signaal op de verharde oevers van de Dijle in Leuven) .
- evaluatie van de praktische haalbaarheid.

Uit de 2020-testfase bleek een akoestische-telemetry-studie haalbaar en werd er in 2021 een akoestisch receivernetwerk uitgerold in de Dijle (Tabel 2). Op basis van de 2020-testresultaten werden de geschikte zendertypes geselecteerd en aangekocht.

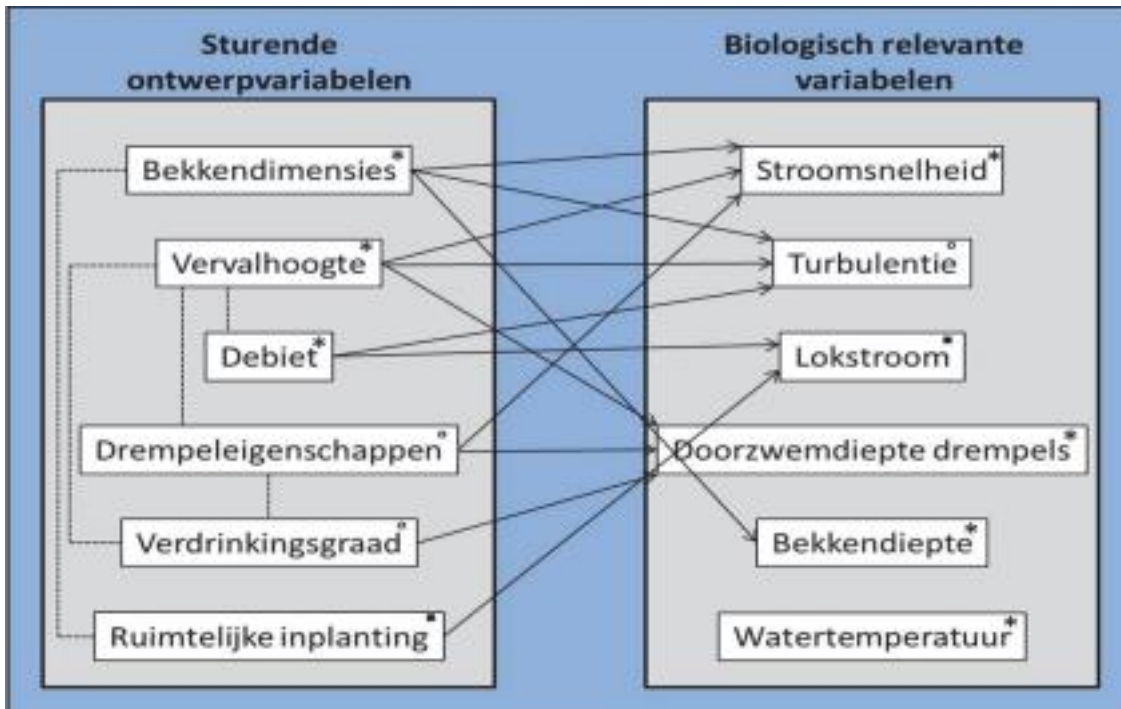
Een nadeel bij deze onderzoekstechniek in vergelijking met PIT-telemetry is de relatief hoge kostprijs van de akoestische zenders en de grotere omvang van de zenders waardoor enkel grote individuen van een beperkt aantal vissoorten in aanmerking komen om gezenderd te worden. De meest geschikte (i.e. grootste) individuen en/of soorten die gevangen werden in Rotselaar in 2021, werden uitgerust met zowel een akoestische zender als een kleine PIT tag. Deze vissen konden gedetecteerd worden op de akoestische receivers en/of de PIT-antennes.

Tabel 2. Overzicht van de locaties van het netwerk van akoestische receivers in de Dijle (geordend van stroomopwaarts naar stroomafwaarts).

Beschrijving receiverlocatie in de Dijle	Plaats
Brug over de Celestijnenlaan	Heverlee (Leuven)
Stroomopwaarts Dijlemolens	Leuven-centrum
Stroomafwaarts Dijlemolens	Leuven-centrum
Stroomafwaarts Stuw Karel Van Lotharingen	Leuven-centrum
Hamelbroekweg	Wijgmaal
Stroomopwaarts Vistrap Rotselaar	Rotselaar
Molen- of turbinekom van de molen van Rotselaar	Rotselaar
Stuwarm Rotselaar	Rotselaar
Uitzetlocatie - Provinciebaan tss. Werchter en Rotselaar	Tussen Rotselaar en Werchter (t.h.v. Hoogessel)
Brug over Dijle - Provinciebaan tss. Werchter en Rotselaar	Werchter
Ter hoogte van de monding van de Demer	Werchter

### 3.6 ONDERZOEKSLUIK 4: ABIOTIEK

Voor de evaluatie van visdoorgangen kan er best uitgegaan worden van de biologisch relevante variabelen die bepalen of de doorgang al dan niet passeerbaar is voor vissen. Deze abiotische variabelen worden bepaald door de sturende factoren van het ontwerp van de visdoorgang. De kritische waarden voor deze variabelen zijn afhankelijk van de doelsoorten, hun ecologische vereisten en hun zwemcapaciteiten (Figuur 19).



Figuur 19. Relaties tussen sturende variabelen en de voor vis migratie belangrijke variabelen, bepaald door meten (\*), berekenen (°) of door visuele inspectie (•).

### 3.6.1 Debiet

Het afvoerdebiet van de Dijle wordt continu gemeten zowel stroomop- als stroomafwaarts van Leuven. Het betreft respectievelijk de meetstations in Sint-Joris-Weert (L08\_098) en in Wilsele (L08\_093). De afvoermeetreeksen (per uur of daggemiddelde) werden online geraadpleegd via [www.waterinfo.be](http://www.waterinfo.be).

### 3.6.2 Vervalhoogte

De hoogteverschillen tussen de verschillende bekkens van de visdoorgangen worden opgemeten met behulp van een vaste kijker en peillat. De vervalhoogte ( $\Delta h$  in m) wordt berekend door  $\Delta h = h_2 - h_1$ , waarbij  $h_2$  de waterstand benedenstrooms is en  $h_1$  de waterstand bovenstrooms ten opzichte van de drempel. Het beïnvloedt de stroomsnelheid en de doorzwemdiepte op de drempel, alsook de turbulentie in het volgende bekken. Maximale vervalhoogtes voor drempels van visdoorgangen in laaglandbekken zitten tussen 20 en 30 cm voor stroomminnende karperachtigen (kopvoorn, serpeling) en tussen 10 en 20 cm voor de overige cypriniden (Armstrong et al., 2010). Kroes and Monden (2005) zetten de maximale vervalhoogte op 0,15m omdat deze waarde bij het gebruik van stortstenen vaak overschreden wordt.

### 3.6.3 Stroomsnelheden in de vistrappen en t.h.v. de kunstwerken

Kroes & Monden (2005) stellen dat stroomsnelheden van meer dan 0,8 m/s zo veel mogelijk moeten vermeden worden om ook juveniele vissen voldoende optrek mogelijkheden te bieden. De mate waarin deze snelheden kritisch zijn, hangt af van de zwemcapaciteit van vissoort, de leeftijd en de conditie waarin de vis verkeert.

## Vistrappen

De stroomsnelheden in de vistrappen ter hoogte van de drempels (Rotselaar) en sleuven (Leuven) werden opgemeten met een stroomsnelheidsmeter (type Hach FH950, nauwkeurigheid van  $\pm 0.015$  m/s). Dit geeft inzicht in de variatie van stroomsnelheden over de drempels. Op elke drempel worden 5 metingen (punt 1 t.e.m. 5) over de breedte gedaan op 5 cm van de bodem (= 'snout velocity' voor de vis) en twee extra metingen centraal in de V (punten 6 en 7) om de maximale stroomsnelheid over de drempel te kennen. Punt 7 betreft het vallende water in het diepste punt van de V. Hier worden de hoogste stroomsnelheden verwacht (Figuur 20).



Figuur 20. Schematisch profiel van een drempel met aanduiding van de meetplaatsen voor stroomsnelheid (1-7).

De stroomsnelheden in de verschillende verticale sleuven van de vistrap in Leuven werden opgemeten op 5 cm boven de bodem, net afwaarts elke sleuf, in elke sleuf en net opwaarts van elke sleuf.

## Kunstwerken

De stroomsnelheden boven en in de vallende straal van de Stuw Karel Van Lotharingen alsook in de drie verschillende openingen van de Dijlemolens werden opgemeten.

### 3.6.4 Doorzwemhoogtes op de drempels

Coenen et al. (2013) stellen een minimum doorzwemhoogte voor van 20 cm voor een bekkenpassage met V-vormige drempels.

### 3.6.5 Watertemperatuur

De metingen van de watertemperatuur gebeuren op twee manieren. Enerzijds via kleine temperatuurloggertjes (type HOBO TidbiT v2, <http://www.onsetcomp.com>) welke achteraf kunnen uitgelezen worden. Deze loggertjes worden geprogrammeerd zodat ze elk uur de watertemperatuur meten tot op 0,1°C. Daarnaast wordt er ook gebruik gemaakt van een 'realtime' temperatuurmeter, welke de watertemperatuur meet tot op 0,01°C en de data via een modem doorstuurt. Daarnaast kunnen ook de metingen van de watertemperatuur geraadpleegd worden op [www.waterinfo.be](http://www.waterinfo.be).



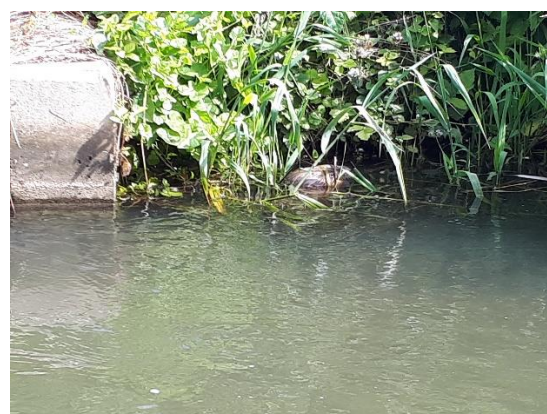
Figuur 21. TidbiT temperatuurloggertjes

## 3.7 RANDVOORWAARDEN EN BOTTLENECKS

### 3.7.1 Bevers

Een belangrijk aandachtspunt in dit onderzoek was het weren van bevers uit de vistrapfuiken. Bevers zijn een beschermde diersoort. Bevers kunnen gevangen of verstrikt raken in fuien en verdrinken. Het plaatsen van (gas)roosters met een bepaalde maaswijdte voor de fuikmond werd voorzien om bevers uit de vistrapfuiken in Rotselaar en Leuven te weren (Figuur 22). In de praktijk werd voor de fuikmond een betonrooster geplaatst met mazen van 10 x 10 cm.

Bij onderzoek met fuien moet men altijd rekening houden met terugkeergedrag van vissen omdat ze afkerig zijn om een fuik in te zwemmen ('reluctance behaviour'). Het gebruik van roosters zal de vangstefficiëntie ongetwijfeld nog sterker negatief beïnvloeden, zeker als er drijven zwevend vuil blijft hangen op de roosters, iets wat vermoedelijk onvermijdelijk is. Het plaatsen van een rooster om bevers uit de fuik te weren werd op de onderzoekslocatie echter onvermijdelijk geacht.



Figuur 22. Een rooster voor de fuikmond van de vistrapfuik (hier met glasaalnetstofcompartment) moet voorkomen dat bevers in de fuik zwemmen (Foto links). Een bever verbergt zich in de oevervegetatie van de vistrap in Rotselaar (Foto Rechts).

### 3.7.2 Kayakvaart

Op de Dijle vinden afvaarten met kayaks plaats. Deze activiteit kan conflicteren met het gebruik van vangconstructies (fuiken) en PIT-antennes omdat deze kayakpassage verhinderen of bemoeilijken of omdat de kayaks de onderzoeksinstallaties (antennes) kunnen beschadigen.

## 3.8 FASERING ONDERZOEK

### 3.8.1 Onderzoek in 2020

- Vangst-merk-hervangststudie in de vistrappen van Rotselaar en de 4<sup>de</sup> arm in Leuven.
- Haalbaarheidsstudie PIT-telemetry op de hoofdarm van de Dijle in Leuven-centrum.
- Haalbaarheidsstudie akoestische telemetry in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven.

### 3.8.2 Onderzoek in 2021

- Vangst-merk-hervangststudie in de vistrap in Rotselaar.
- PIT-telemetry-studie op de hoofdarm van de Dijle in Leuven-centrum.
- Akoestische telemetry-studie in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven.



## 4 RESULTATEN

### 4.1 VANGST-, MERK- EN HERVANGSTRESULTATEN

#### 4.1.1 **Vismigratie door de vistrap in Rotselaar**

Omwille van COVID maatregelen kon de vooropgestelde planning niet gevolgd worden. De monitoring van de vistrap werd in 2020 pas na het paaiseizoen van de karperachtigen gestart op 8 juni 2020 en beëindigd op 31 mei 2021. De totale monitoringsperiode werd om verschillende strategische redenen een aantal keer onderbroken (i.e. hoog debiet, buiten migratieperiode, etc.). De vistrapfuiik stond over de twee onderzoeksjaren heen in totaal 263 dagen opgesteld.

Tabel 3. Overzicht van de periodes waarin de vistrap in Rotselaar 24h/24h werd bemonsterd met een vistrapfuiik.

Monitoringsperiodes vistrap Rotselaar	
Van:	Tot:
8/06/2020	1/07/2020
3/07/2020	13/07/2020
31/07/2020	28/08/2020
3/11/2020	23/12/2020
4/01/2021	31/05/2021
<b>Totaal aantal dagen bemonsterd</b>	<b>263</b>

#### 4.1.1.1 Totaal aantal gepasseerde vissen

Gedurende de volledige studieperiode werden in totaal 28 vissoorten en exact 10000 individuen gevangen, samen goed voor meer dan 311 kg biomassa. Uitzonderlijk was de weegschaal defect waardoor de totale biomassa in werkelijkheid nog iets hoger lag. Met 4617 individuen was blankvoorn dominant aanwezig, net als riviergrondel met bijna 2500 exemplaren. Opvallend is de vangst van 7 rivierprikken. Zowel grote (bv. karper, Europese meerval) als kleinere vissoorten (bv. driedoornige stekelbaars, vetje) werden gevangen. Met uitzondering van een beperkt aantal soorten zijn er zowel juveniele als adulte individuen van de verschillende vissoorten gepasseerd. Een aantal kleine juveniele visjes ( $n = 163$ ) konden in het veld niet tot op soort gedetermineerd worden, ze werden in onderstaande tabel genoteerd als *Pisces spec.* (juveniel) (Tabel 4)

Een beschrijving van alle vissoorten aangetroffen in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven op het niveau van ecologische visgroepen (ecologische gilden) wordt gegeven in paragraaf 5.1.5.



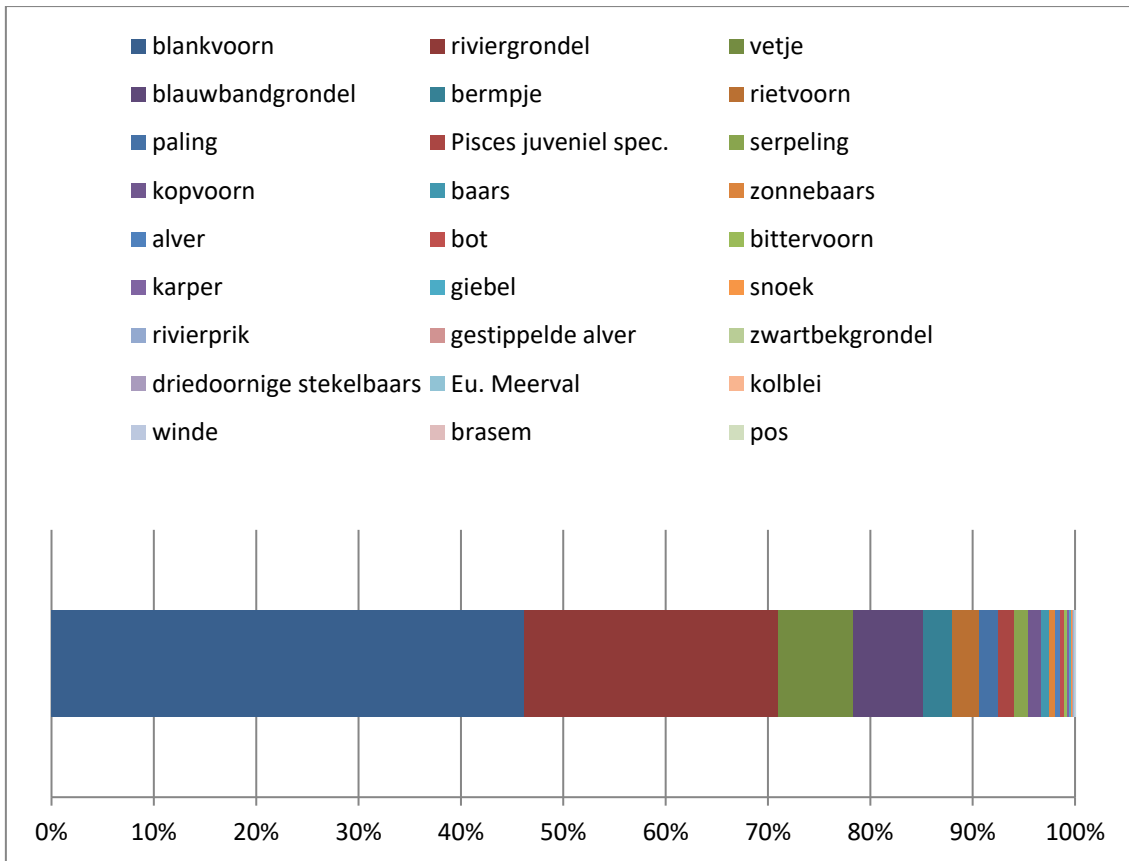
Tabel 4. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten gevangen in de vistrap in Rotselaar.

vissoort	aantal	gewicht (g)	min.lengte (mm)	max.lengte (mm)
1 alver	52	732	59	145
2 baars	77	2008	45	238
3 biermpje	280	533	8	112
4 bittervoorn	32	52	32	64
5 blankvoorn	4617	81229	7	302
6 blauwbandgrondel	689	1057	33	96
7 bot	36	619	48	241
8 brasem	1	8	89	89
9 driedoornige stekelbaars	3	5	36	63
10 Eu. Meerval	3	23000	885	1385
11 gestippelde alver	6	29	50	119
12 giebel	10	2367	105	317
13 karper	23	127669	500	740
14 kolblei	3	73	78	144
15 kopvoorn	127	11194	51	475
16 paling	179	9058	80	815
17 pos	1	33	130	130
18 rietvoorn	270	1485	33	184
19 riviergrondel	2486	20409	21	143
20 rivierprik	7	584	340	386
21 serpeling	130	1360	50	205
22 snoek	8	24794	394	950
23 tiendoornige stekelbaars	1	1	38	38
24 vetje	727	437	27	65
25 winde	3	1469	105	435
26 zeelt	1	241	222	222
27 zonnebaars	61	758	47	130
28 zwartbekgrondel	4	68	77	116
<i>Pisces spec. (juveniel)</i>	163	97		
<b>Totaal</b>	<b>10000</b>	<b>311369</b>		

Onderstaande figuur toont de procentuele samenstelling (% aantal) ten opzichte van de totale visvangst. Naast de dominante soorten blankvoorn (>45%) en riviergrondel (>20%) zijn ook vetje, blauwbandgrondel, biermpje, rietvoorn, paling, serpeling en kopvoorn relatief goed vertegenwoordigd. Van de overige soorten werden minder dan 100 exemplaren gevangen.



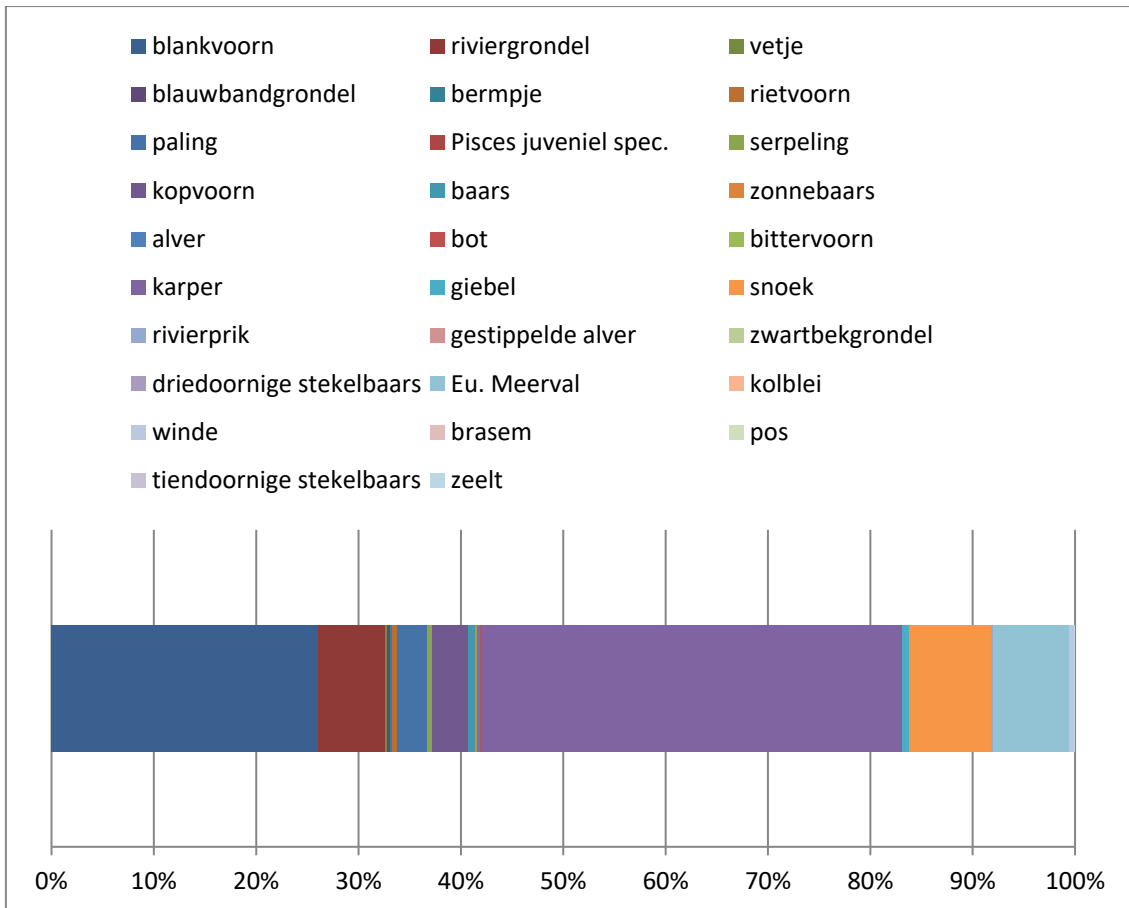




Figuur 23. Procentuele samenstelling van het totaal aantal gevangen vissen in de vistrap in Rotselaar.

Onderstaande figuur toont de procentuele samenstelling (% biomassa) ten opzichte van de totale biomassa gevangen. De vangst van 23 grote karpers resulteert in de hoogste biomassavertegenwoordiging, gevolgd door blankvoorn, snoek, Europese meerval en riviergrondel.



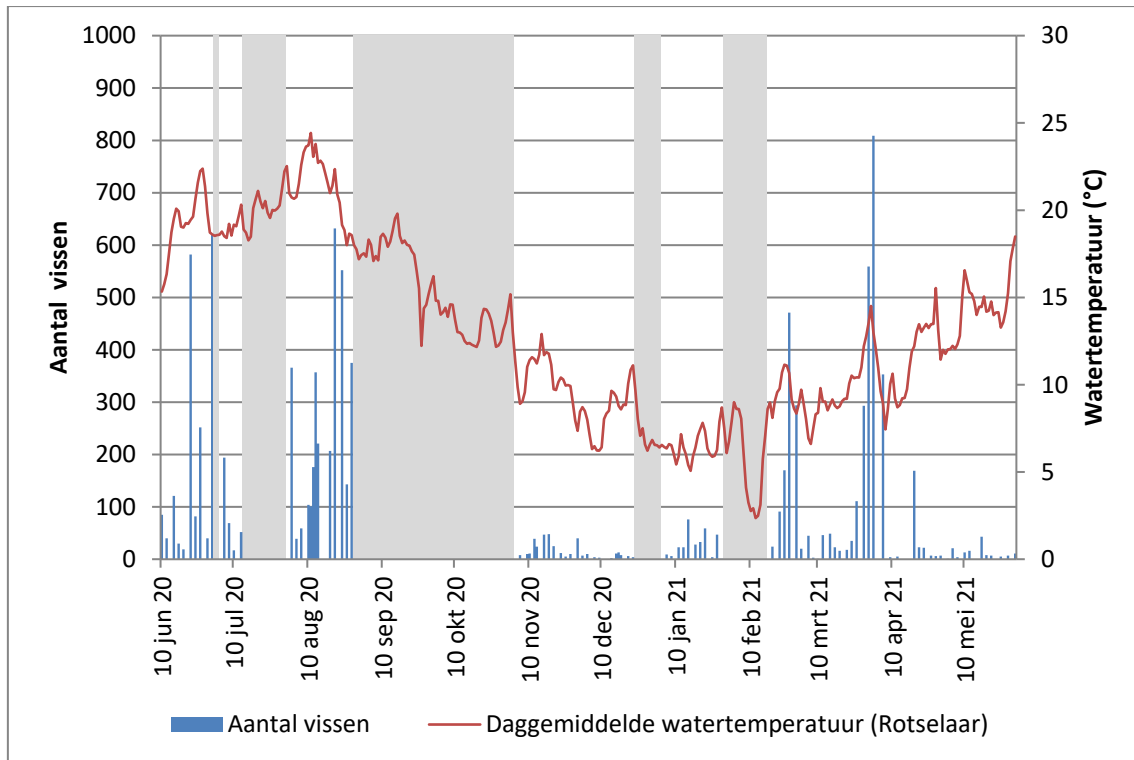


Figuur 24. Procentuele samenstelling van de totale visbiomassa gevangen in de vistrap in Rotselaar.

#### 4.1.1.2 Seizoenale patronen

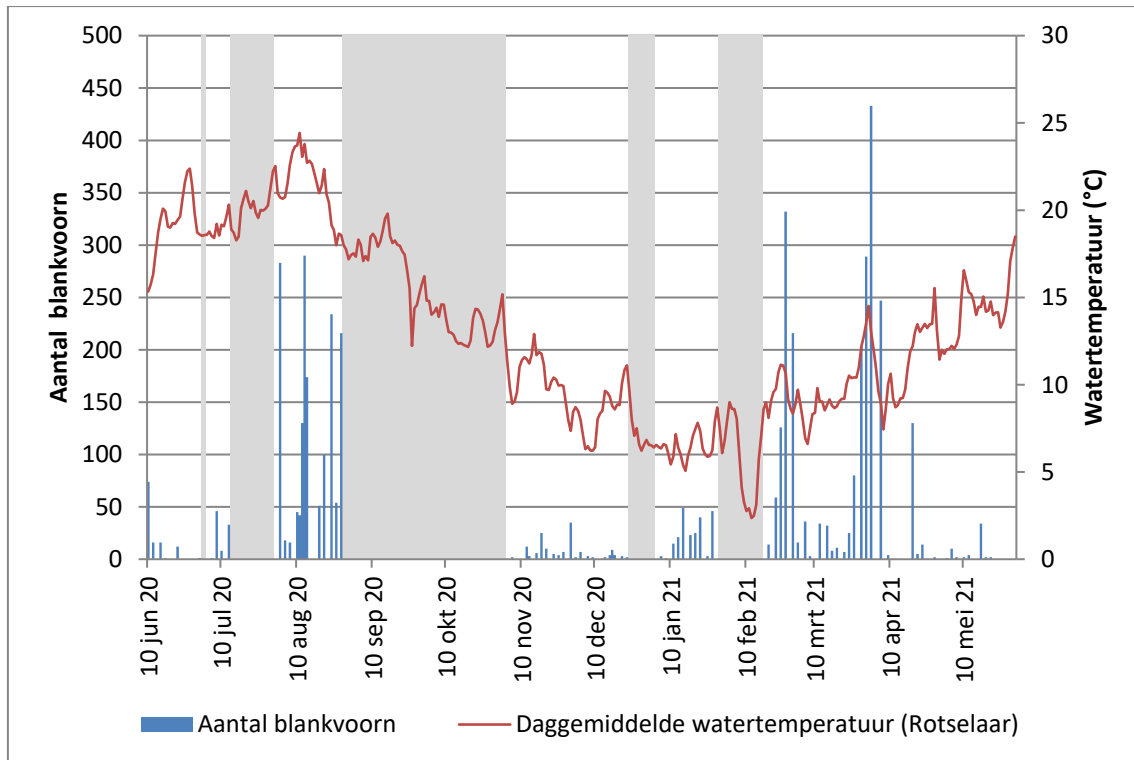
##### Seizoenale patronen in vangstaantallen in de vistrap in Rotselaar

Omwille van COVID kon de monitoring pas op 8 juni 2020 opgestart worden, na het paaiseizoen van de karperachtigen. In de zomer van 2020 werd er relatief veel vismigratie door de vistrap vastgesteld waarbij bij minstens 16 fuikcontroles telkens meer dan 100 vissen werden aangetroffen. Op 22 juni en 1 juli 2020 werden respectievelijk 582 en 619 vissen gevangen. Op 21 en 24 augustus 2020 waren er dat respectievelijk 632 en 552. Tijdens de wintermaanden zijn heel wat vissoorten minder mobiel en resulteert dit in iets lagere vangstaantallen, doch van november 2020 tot en met februari 2021 (exclusief twee periodes waarin niet werd bemonsterd) werd er dagelijkse vispassage genoteerd met in totaal 1413 dieren waaronder ook enkele optrekkende rivierprikken (zie ook verder bij paragraaf 4.1.5 en figuur 39). Eind maart en begin april, bij een opmerkelijk snelle stijging van de watertemperatuur van 10 tot 14,5 °C op enkele dagen tijd, werd omvangrijke paaimigratie van karperachtigen ('cypriniden') vastgesteld. Tussen 25 maart en 6 april 2021 passeerden 2125 vissen, bijna allemaal blankvoorn en riviergrondel maar ook enkele kopvoorn, serpeling, baars, bermpje, ... . De grootste vangst werd op 1 en 2 april 2021, na 48 uur monitoring, genoteerd met 809 vissen.



Figuur 25. Evolutie van het aantal gevangen vissen in de vistrap in Rotselaar (blauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn). De grijze balken tonen de periodes waarin er niet bemonsterd werd met de vistrapfuij.

Figuur 26 toont de seizoenspatronen in de migratie van blankvoorn doorheen de vistrap. Aangezien blankvoorn dominant aanwezig is zijn de patronen zeer gelijkend aan de patronen beschreven bij de totale visvangst (Figuur 25). In augustus 2020 was er relatief veel passage van blankvoorn getuige de vangst van meerdere honderden individuen bij verschillende fuiscontroles. In de wintermaanden was blankvoorn minder frequent maar wel nog steeds dagelijks in de vangsten aanwezig. Op 26 februari en 2 april 2021 werden de hoogste aantallen genoteerd, respectievelijk 332 en 433 blankvoorn. Deze vangsten vallen samen met twee korte periodes waarin de watertemperatuur snel met enkele graden stijgt en dus respectievelijk pre-paaimigratie en paaimigratie initieert bij blankvoorn.



Figuur 26. Evolutie van het aantal gevangen blankvoorn in de vistrap in Rotselaar (blauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn). De grijze balken tonen de periodes waarin er niet bemonsterd werd met de vistrapfuijk.

#### 4.1.1.3 Lengtefrequentie-distributies van dominante- en doelsoorten

##### **Potamodrome soorten**

De blankvoornpopulatie in de Dijle ter hoogte van Rotselaar bestaat uit individuen van verschillende jaarklassen, vooral de 1+ en 2+ dieren zijn dominant aanwezig met respectievelijke mediane lengtes van 8 en 14 cm (Figuur 27).

Van rietvoorn is de 1+ jaarklasse prominent aanwezig (mediane lengte = 5 cm). Oudere rietvoorn wordt in mindere mate aangetroffen (Figuur 27).

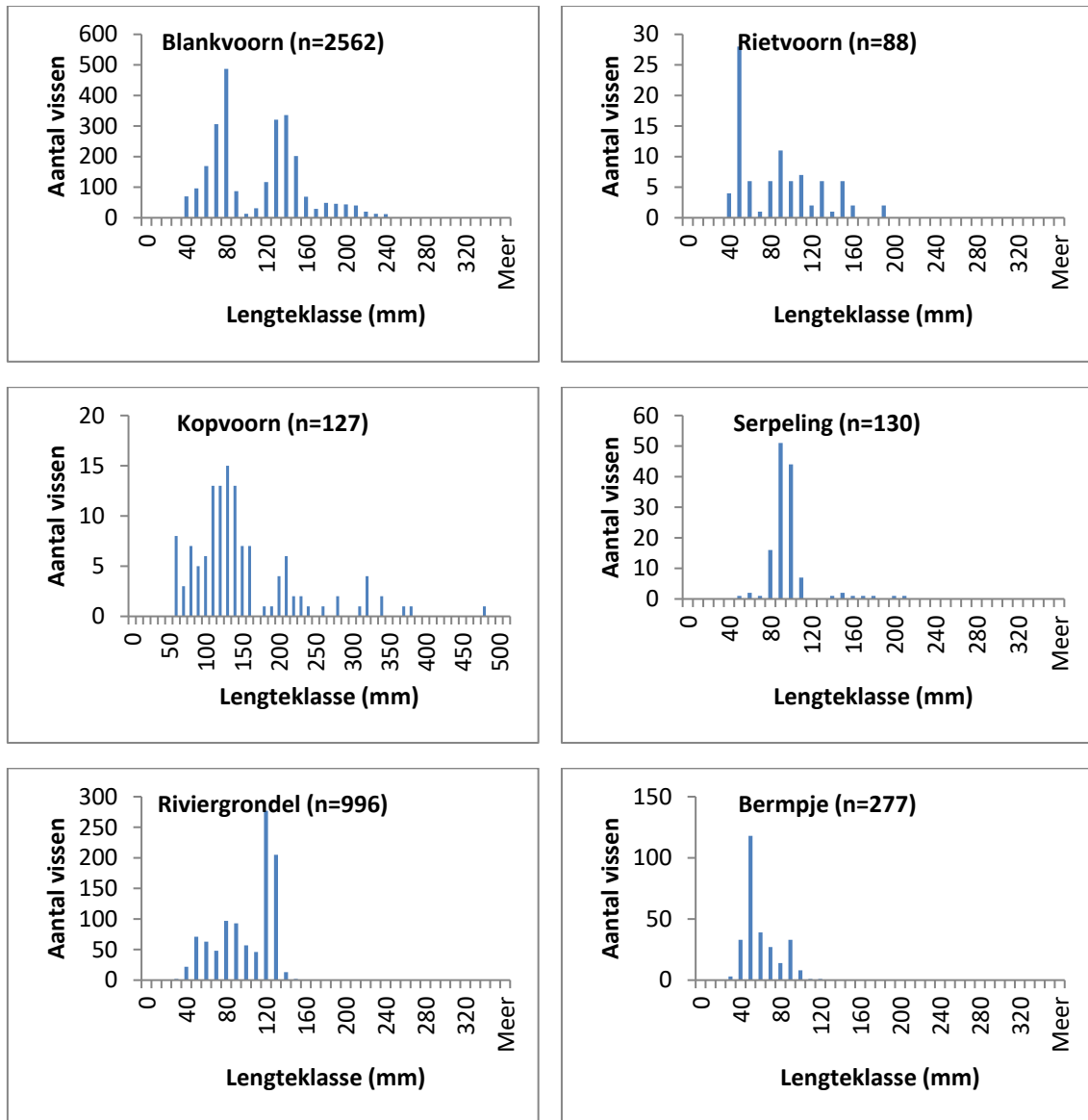
De kopvoornpopulatie bestaat uit individuen van verschillende jaarklassen (1+, 2+, 3+ en ouder). De kleinste individuen maten 6 cm, het grootste 48 cm. De jongste jaarklassen (1+, 2+) zijn best vertegenwoordigd (Figuur 27).

Slechts 1 jaarklasse van serpeling, individuen tussen 8 en 10 cm, is goed vertegenwoordigd. Een beperkt aantal oudere serpelingen werd gevangen. De grootste serpeling mat 21 cm (Figuur 27).

De riviergrondelpopulatie bestaat uit verschillende opeenvolgende jaarklassen (1+, 2+ en ouder) met een duidelijke dominantie van adulte dieren met lengtes rond 12 en 13 cm (Figuur 27).

Ook van het kleine biermpje zijn een aantal jaarklassen aanwezig met dominantie van de jaarklasse met mediane lengte rond 5 cm. De grootste biermpjes, tussen 10 en 12 cm, waren minder talrijk aanwezig (Figuur 27).

De lengtefrequentiedistributies van bovenvermelde soorten tonen dat er vermoedelijk succesvolle reproductie is van o.a. de obligaat stroomminnende kopvoorn en serpeling in het Dijle stroomgebied.



Figuur 27. Lengte-frequentie distributies van enkele potamodrome vissoorten die dominant aanwezig waren in de vangsten in de vistrap in Rotselaar: blankvoorn, rietvoorn, kopvoorn, serpeling, riviergrondel en bempje.

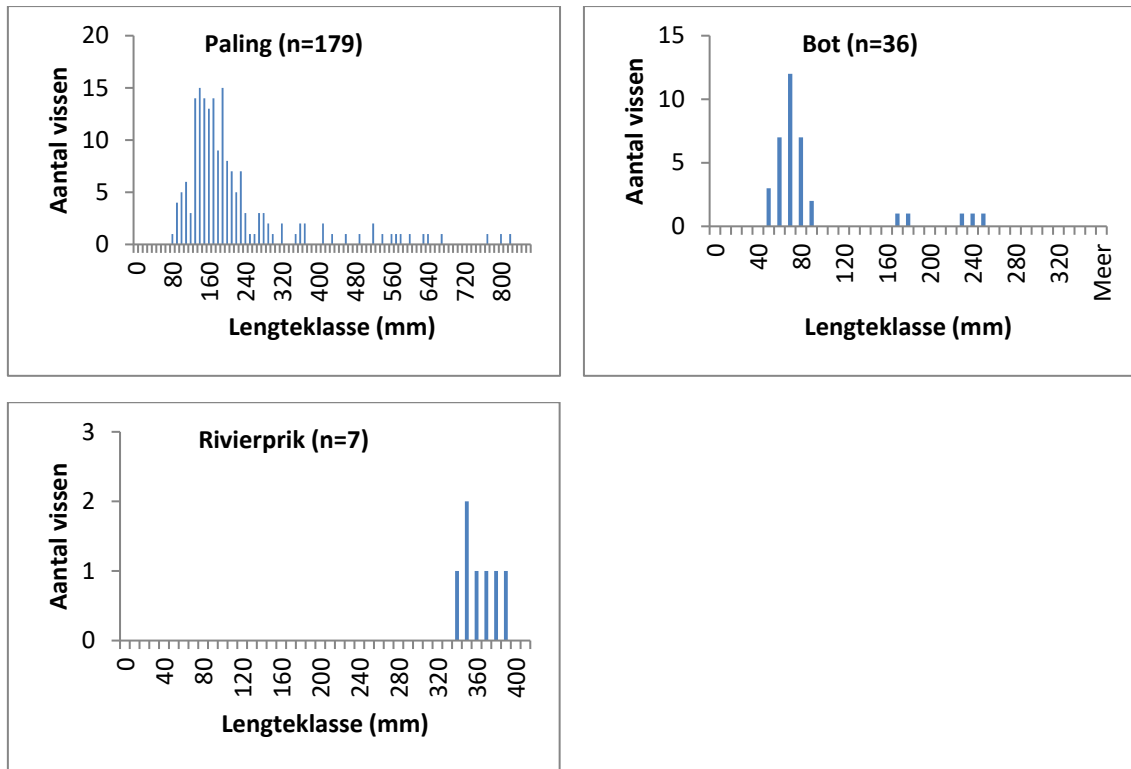
### Diadrome soorten

De palingen gevangen in Rotselaar vertegenwoordigen veel verschillende jaarklassen. Jonge paling, vaak algemeen benoemd als elvers, met een lengte tussen 13 en 23 cm zijn dominant aanwezig. Gele palingen met lengtes tussen 30 en 82 cm werden veel minder talrijk gevangen en vertegenwoordigen individuen van uiteenlopende ouderdom. Het beperkt aantal gevangen individuen van meer dan 75 cm zijn vermoedelijk dieren ouder dan 10 jaar (Figuur 28).

Naast een beperkt aantal individuen van twee oudere jaarklassen (indiviuden tussen 17-18 en 23-25 cm) trok een groter aantal jonge bot van dezelfde jaarklasse, 1+ individuen met een lengte van 5 tot 9 cm, door de vistrap (Figuur 28).

Er werden in totaal ook zeven meerjarige adulte rivierprikken tussen 34 en 39 cm gevangen (Figuur 28).





Figuur 28. Lengte-frequentie distributies van de diadrome vissoorten gevangen in de vistrap in Rotselaar: paling, bot en rivierprik.

#### 4.1.2 Visvangst stroomafwaarts van de molen van Rotselaar

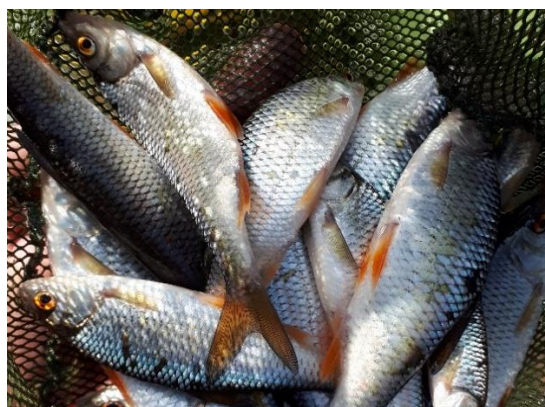
##### 4.1.2.1 Visvangst met fuiken

In functie van het akoestische telemetrisch onderzoek werden verschillende fuiken gezet op strategische locaties stroomafwaarts van de stuw en turbine in Rotselaar. Onderstaande tabel toont de totale aantallen ( $n = 399$ ) en biomassa (26kg) gevangen in functie van het vangen van 'zenderbare' individuen. Met (rivier)donderpad (Figuur 29) en snoekbaars werden er twee vissoorten in de schietfuiken aangetroffen die niet werden gevangen in de vistrap.



Tabel 5. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten gevangen met schietfuiken in de Dijle stroomafwaarts van Rotselaar.

vissoort	aantal	gewicht (g)
1 alver	3	40
2 baars	41	2111
3 bittervoorn	1	1
4 blankvoorn	219	1916
5 blauwbandgrondel	1	6
6 bot	1	546
7 driedoornige stekelbaars	2	5
8 Europese meerval	2	14200
9 kolblei	20	93
10 kopvoorn	7	88
11 paling	11	5338
12 pos	2	49
13 rietvoorn	3	47
14 (rivier)donderpad	1	21
15 riviergrondel	56	194
16 rivierprik	3	194
17 serpeling	3	24
18 snoek	1	380
19 snoekbaars	3	813
20 zeelt	1	259
21 zwartbekgrondel	18	271
<b>Totaal</b>	<b>399</b>	<b>26593</b>



Figuur 29. Adulte (rivier)donderpad (links) en adulte blankvoorn (rechts) gevangen met een schietfuike in de molenkom stroomafwaarts van de turbine in Rotselaar.

#### 4.1.2.2 Vangst van paling met drijvende substraten ('flottangs')

Tussen 22 juni 2020 en 13 januari 2021 (met inbegrip van twee grote onderbrekingen tussen 14 en 29 juli en tussen 29 augustus en 4 november 2020) werden er in totaal 282 jonge palingen ('elvers') gevangen in acht flottangs op acht strategische locaties (Tabel 6 en Figuur 30). Bij de herneming van de monitoring vanaf 5 november tot en met 13 januari werden nog slecht twee kleine elvers (i.e. 10 en 15 cm) aangetroffen in een flottang in de vistrap.

Tabel 6. Overzicht van het aantal jonge palingen gevangen met flottangs op verschillende strategische locaties in de Dijle ter hoogte van de vistrap, stuw en turbine van Rotselaar.

Nr.	Locatie	Aantal jonge palingen
1	Flottang stuw LO	10
2	Flottang stuw RO	26
3	Flottang turbine LO	67
4	Flottang turbine RO	132
5	Flottang vistrap halfweg LO	9
6	Flottang vistrap halfweg RO	15
7	Flottang vistrapfuik LO	16
8	Flottang vistrapfuik RO	7
<b>Totaal</b>		<b>282</b>



Figuur 30. Een flottang uit de turbinekom wordt uitgeschud boven een opvangnet (foto links) en de gepigmenteerde glasalen en juveniele palingen ('elvers') worden verzameld in een emmer (foto rechts).

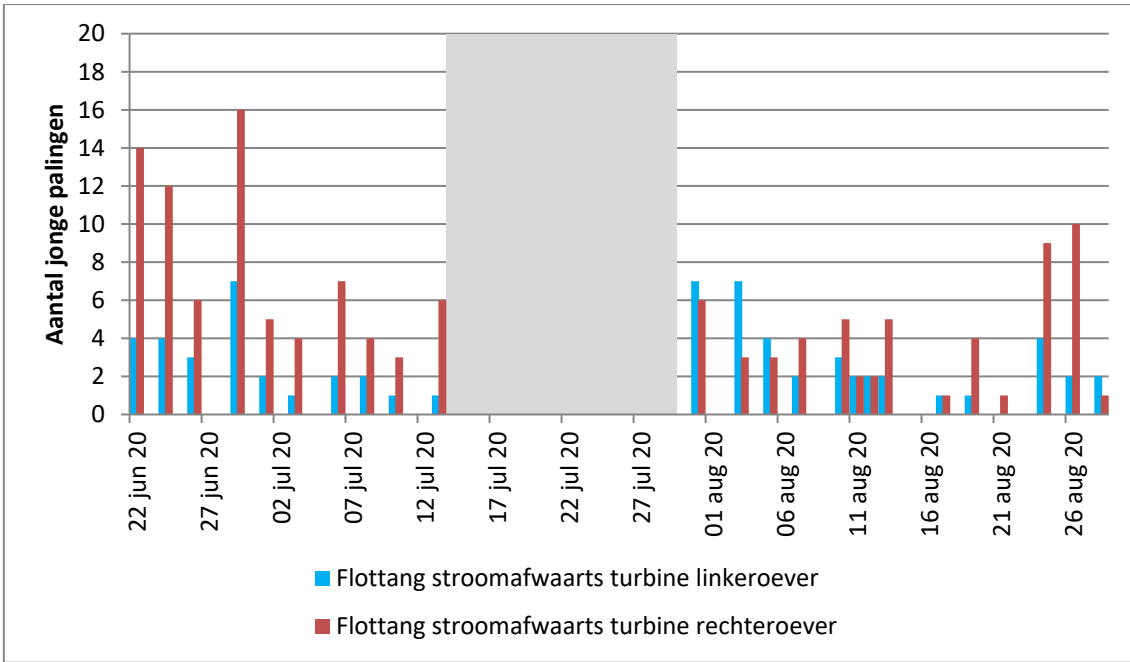
In tabel 7 worden de flottangs gegroepeerd per locatie (i.e. vistrap, turbinekom en stuwgeul). De resultaten tonen dat de meeste jonge palingen zich concentreren in de twee flottangs naast de uitstroom van de turbine.

Tabel 7. Vangst van jonge palingen met een aantal flottangs op de verschillende strategische locaties in de Dijle ter hoogte van Rotselaar: in de vistrap, stroomafwaarts van de stuw en stroomafwaarts van de turbine.

Locatie	Aantal jonge palingen
Flottangs in de vistrap (n = 4)	47
Flottangs t.h.v. de turbine (n = 2)	199
Flottangs onder de stuw (n = 2)	36
<b>Totaal</b>	<b>282</b>

Doorgaans werd er in de turbinekom duidelijk meer glasaal gevangen met de flottang op de rechteroever. Slechts uitzonderlijk werd er beperkt meer gevangen in de flottang op linkeroever (Figuur 31).

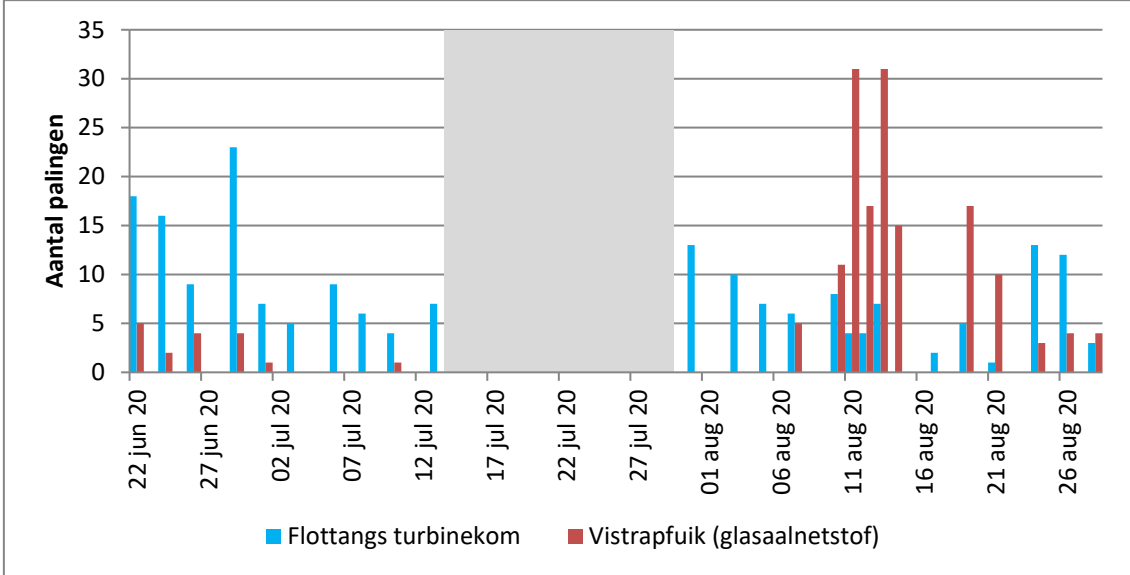




Figuur 31. Evolutie van het aantal paling gevangen stroomafwaarts van de turbine met een flottang langs beide oevers van de turbinekom (baluwe balken). De grijze balk toont de periode waarin er niet bemonsterd werd.

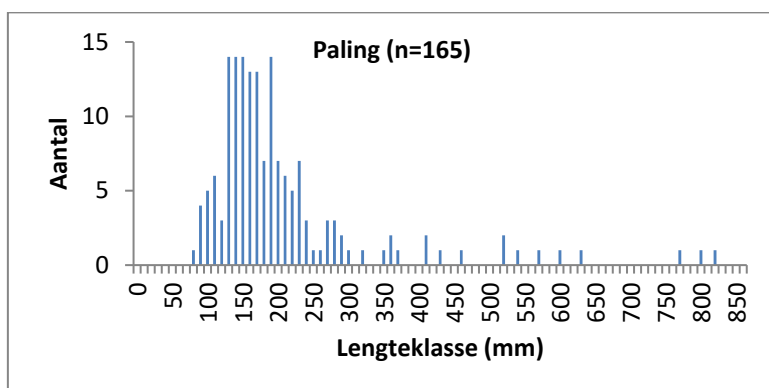
**4.1.3 Vergelijking van de vangstaantallen van paling in de vistrapfuijk en flottangs**

Vergelijking van de gelijktijdig gerealiseerde vangstaantallen van paling in de vistrap (i.e. vistrapfuijk uit glasaalnetstof) met de vangstaantallen van jonge paling in de twee flottangs in de turbinekom toont dat de aantallen duidelijk kunnen verschillen. Tijdens de volledige onderzoeksperiode werden er in de turbinekom en in de vistrapfuijk respectievelijk 199 en 165 palingen gevangen. Tussen 22 juni en 7 augustus waren de vangsten in de flottangs veel hoger dan in de vistrap, tussen 10 en 21 augustus was dit andersom (Figuur 32).



Figuur 32. Evolutie van het aantal gevangen paling in de vistrap in Rotselaar (rode balken) en in de twee flottangs in de turbinekom (baluwe balken). De grijze balk toont de periode waarin er niet bemonsterd werd.

Palingen die ‘selectief’ met flottangs gevangen worden zijn per definitie jongere en kleinere individuen. Onderstaande lengte-frequentiedistributie van de gevangen palingen in de vistrapfuij met glasaalnetstof toont dat ook in de vistrap hoofdzakelijk jonge palingen (‘elvers’) tussen 8 en 25 cm werden gevangen (Figuur 33).



Figuur 33. Lengte-frequentie distributie van paling gevangen met een met fijnmazige glasaalnetstof-vistrapfuij in Rotselaar.

#### 4.1.4 Vismigratie door de vistrap op de 4<sup>de</sup> arm in Leuven

Omwillen van COVID maatregelen kon de vooropgestelde planning niet gevolgd worden. De monitoring van de vistrap werd pas na het paaiseizoen van de karperachtigen gestart op 8 juni 2020 en beëindigd op 28 augustus 2020. Deze periode werd éénmalig onderbroken. De vistrapfuij stond in totaal 65 dagen opgesteld (Tabel 8).

Tabel 8. Overzicht van de periodes waarin de vistrap in Leuven onafgebroken werd bemonsterd met een vistrapfuij.

Monitoringsperiodes vistrap Leuven	
Van:	Tot:
8/06/2020	13/07/2020
31/07/2020	28/08/2020
<b>Totaal aantal dagen bemonsterd</b>	<b>65</b>

##### 4.1.4.1 Totaal aantal gepasseerde vissen

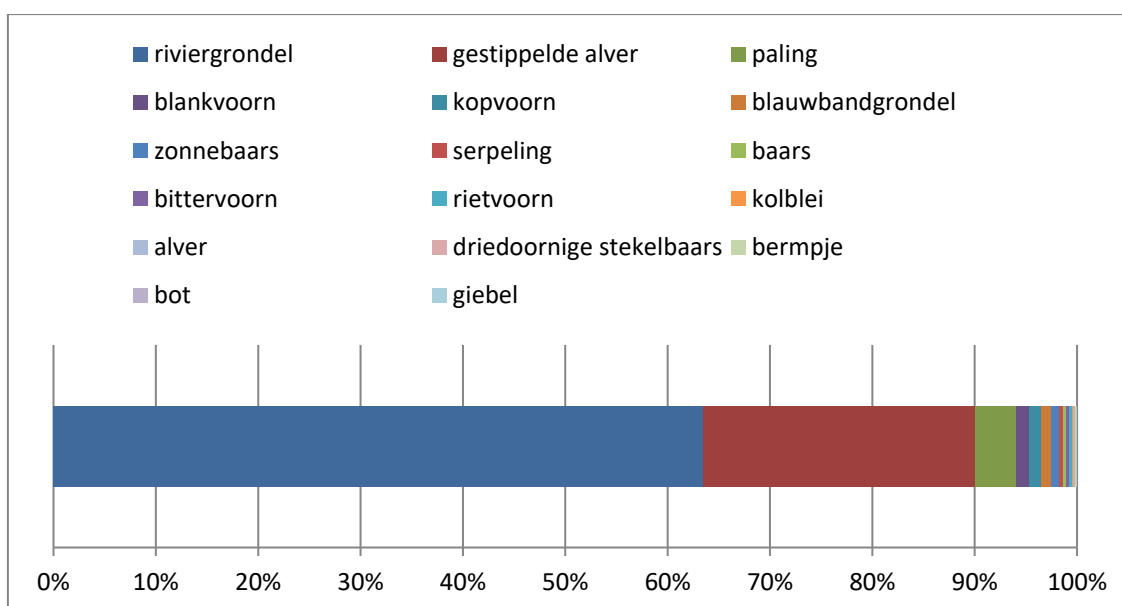
Gedurende de volledige studieperiode werden in totaal 17 vissoorten en 1961 individuen gevangen samen goed voor meer dan 31 kg biomassa. Met 1245 individuen was riviergrondel dominant aanwezig, gevolgd door gestippelde alver met 521 exemplaren (Tabel 9). In vergelijking met de dominante aanwezigheid van blankvoorn in Rotselaar werd er in Leuven weinig blankvoorn gevangen.

Een beschrijving van de verschillende soorten op het niveau van ecologische visgroepen (ecologische gilden) wordt gegeven in paragraaf 4.1.6.

Tabel 9. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten gevangen in de vistrap op de 4<sup>de</sup> arm van de Dijle in Leuven.

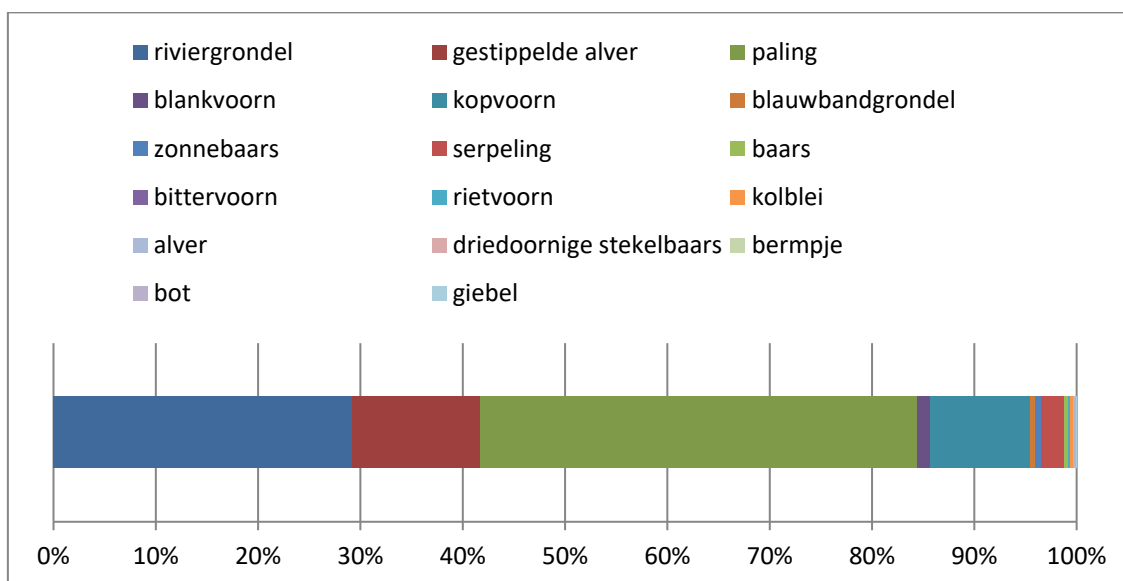
vissoort	aantal	gewicht (g)	min.lengte (mm)	max.lengte (mm)
1 alver	2	39	124	129
2 baars	6	110	84	181
3 berrmpje	1	9	102	102
4 bittervoorn	6	17	50	64
5 blankvoorn	24	421	52	205
6 blauwbandgrondel	21	162	45	83
7 bot	1	46	162	162
8 driedoornige stekelbaars	2	4	43	65
9 gestippelde alver	521	3927	52	119
10 giebel	1	15	93	93
11 kolblei	3	93	68	157
12 kopvoorn	22	3070	132	338
13 paling	79	13426	114	826
14 rietvoorn	4	45	56	119
15 riviergrondel	1245	9182	11	143
16 serpeling	8	706	144	231
17 zonnebaars	15	179	53	120
<b>Totaal</b>	<b>1961</b>	<b>31449</b>		

Onderstaande figuur toont het percentage per soort (% aantal) ten opzichte van het totaal aantal gevangen vissen. Naast de dominante soorten riviergrondel (n = 1245) en gestippelde alver (n = 521) werden ook van paling, blankvoorn en blauwbandgrondel meer dan 20 individuen gevangen. Van de overige soorten werden minder dan 20 exemplaren gevangen.



Figuur 34. Procentuele samenstelling van het totaal aantal gevangen vissen in de vistrap in Leuven.

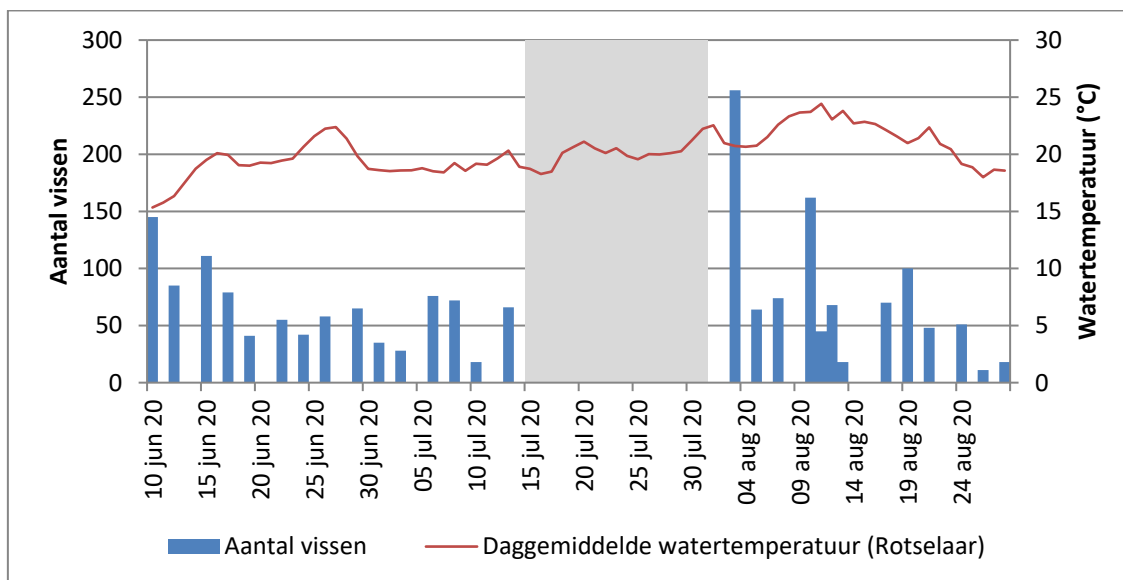
Onderstaande figuur toont het percentage per soort (% biomassa) ten opzichte van de totale biomassa gevangen. Paling vertegenwoordigt de hoogste biomassa. De lengte-frequentiedistributie van de gevangen palingen toont dat het hoofdzakelijk gele paling betref met lengtes tussen 30 en 85 cm.



Figuur 35. Procentuele samenstelling van de totale visbiomassa gevangen in de vistrap in Leuven.

#### 4.1.4.2 Migratie tijdens de zomer

Tijdens de zomer werden wekelijks vaak honderden vissen gevangen. Het hoogste aantal werd op 3 augustus 2020 gerealiseerd met 256 individuen (Figuur 36). De vangstaantallen tonen dat de vistrap op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm ook buiten de paaimigratieperiode van de karperachtigen (i.e. het voorjaar) attractief is en migratie en dispersie toelaat van een breed palet aan vissoorten.



Figuur 36. Evolutie van het aantal gevangen vissen in de vistrap in Leuven (blauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn). De grijze balken tonen de periodes waarin er niet bemonsterd werd met de vistrapfuijk.

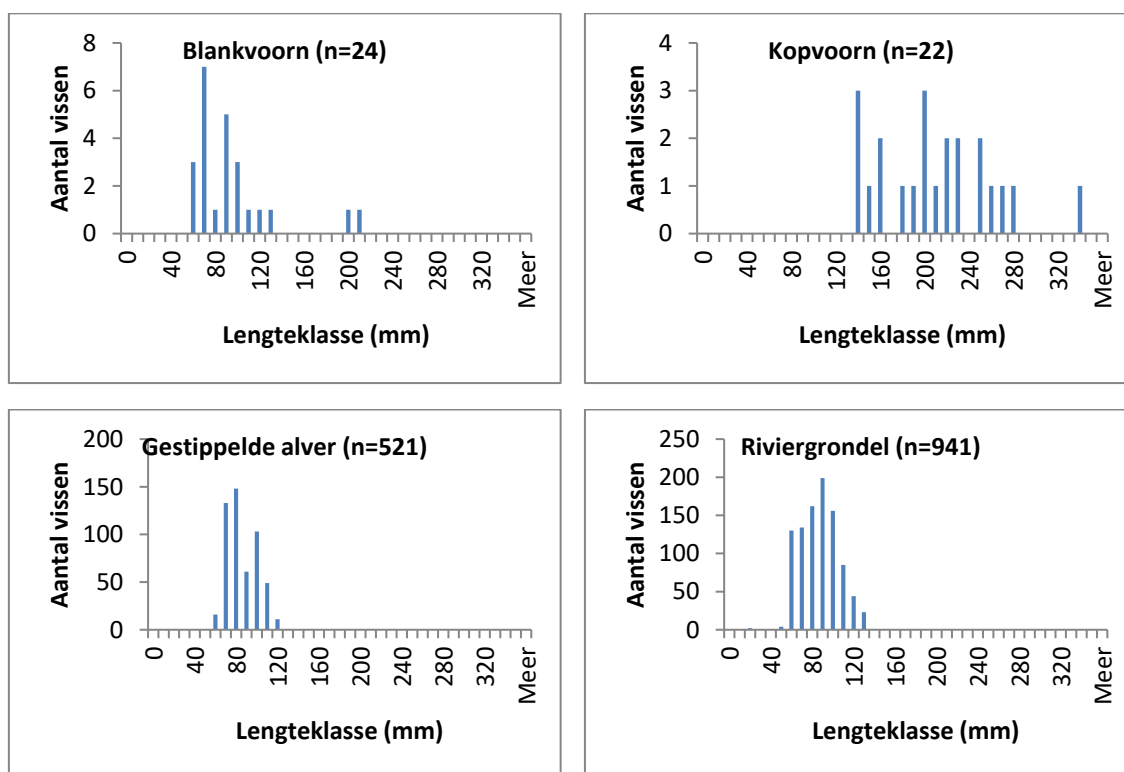
#### 4.1.4.3 Lengtefrequentie-distributies van dominante- en sleutelsoorten

##### Potamodrome soorten

Het beperkt aantal gevangen blankvoorns bestaat uit 1+ en 2+ individuen. Slechts 2 meerjarige blankvoorns werden er gevangen (Figuur 37).

Niettegenstaande het aantal gevangen kopvoorns eerder beperkt was en met gemeten lengtes tussen 14 en 34 cm kunnen we stellen dat de kopvoornpopulatie die de 4<sup>de</sup> Dijle-arm opzweeft bestaat uit individuen van verschillende jaarklassen: 2+ en ouder (Figuur 37).

De gemeten lengterange voor gestippelde alver bedroeg 6 tot 12 cm en vertegenwoordigt individuen van verschillende jaarklassen. Hetzelfde geldt voor riviergrondel waar de gemeten lengterange 5 tot 13 cm bedroeg (Figuur 37).

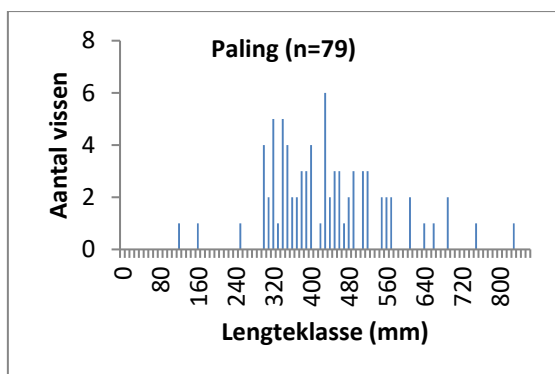


Figuur 37. Lengte-frequentie distributies van enkele potamodrome vissoorten die dominant aanwezig waren in de vangsten in de vistrap in Leuven: blankvoorn, kopvoorn, gestippelde alver en riviergrondel.

##### Diadrome soorten

Gele palingen met lengtes tussen 30 en 83 cm vertegenwoordigen uiteenlopende oudere jaarklassen. Aangezien er in Leuven geen vistrapfuij uit glasaalnetstof werd gebruikt konden de jonge jaarklassen (elvers) niet efficiënt gevangen worden. Vermoedelijk werden er daarom slechts 2 heel kleine palingen gevangen van 12 en 16 cm (Figuur 38).





Figuur 38. Lengte-frequentie distributie van paling gevangen in de vistrap in Leuven.

#### 4.1.4.4 Visvangst bij het leeglaten van de vistrap in Leuven

Omwille van VMM-beheerwerkzaamheden werd de vistrap twee maal droog gezet, op 12 november 2020 en 6 januari 2021. Op vraag van de VMM werd er door INBO op het moment van de werken een visredding uitgevoerd van de gestrande vissen in de vistrap.

##### **Visredding 12 november 2020**

Bij de eerste visredding op 12 november 2020 werden 8 vissoorten aangetroffen. In totaal werden 165 vissen met een totale biomassa van 2,4 kg in de 4<sup>de</sup> Dijle-arm terug uitgezet. Met één zeelt werd een soort genoteerd die niet tijdens de monitoring van de vistrap werd genoteerd. De vissoorten en het aantal geredde dieren per soort worden in tabel 10 getoond.

Tabel 10. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten die op 12 november 2020 werden gered bij het droog zetten van de vistrap op de 4<sup>de</sup> arm in Leuven.

vissoort	aantal	gewicht (g)	min.lengte (mm)	max.lengte (mm)
1 biermpje	31	187	53	115
2 blankvoorn	1	9	85	85
3 driedoornige stekelbaars	5	5	40	48
4 gestippelde alver	23	264	57	116
5 kopvoorn	43	1795	97	213
6 paling	2	149,4	265	415
7 riviergrondel	59	1	49	152
8 zeelt	1	16	103	103
<b>Totaal</b>	<b>165</b>	<b>2427</b>		

##### **Visredding 6 januari 2021**

Bij de tweede visredding op 6 januari 2021 werden opnieuw 8 vissoorten aangetroffen. In totaal werden 100 vissen met een totale biomassa van 0,6 kg in de 4<sup>de</sup> Dijle-arm terug uitgezet. Opvallend is de vangst van een rivierprik. Deze soort werd niet genoteerd tijdens de monitoring van de vistrap. De vissoorten en het aantal geredde dieren per soort worden in tabel 11 getoond.

Tabel 11. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten die op 6 januari 2021 werden gered bij het droog zetten van de vistrap op de 4<sup>de</sup> arm in Leuven.

vissoort	aantal	gewicht (g)	min.lengte (mm)	max.lengte (mm)
1 berrmpje	7	35	56	91
2 blankvoorn	20	78	59	79
3 driedoornige stekelbaars	2	2	47	50
4 gestippelde alver	4	14	62	74
5 kopvoorn	2	20	91	104
6 riviergrondel	59	386	50	123
7 rivierprik	1	66	340	340
8 serpeling	5	21	74	94
<b>Totaal</b>	<b>100</b>	<b>621</b>		

Tabel 12 toont het totaal aantal geredde vissen (i.e 265 vissen en 3 kg biomassa) van in totaal tien verschillende vissoorten tijdens de twee visreddingsmomenten. Opvallend zijn de vangst van talrijke gestippelde alvers, verschillende andere stroomminnende soorten en van de diadrome soorten paling en rivierprik.

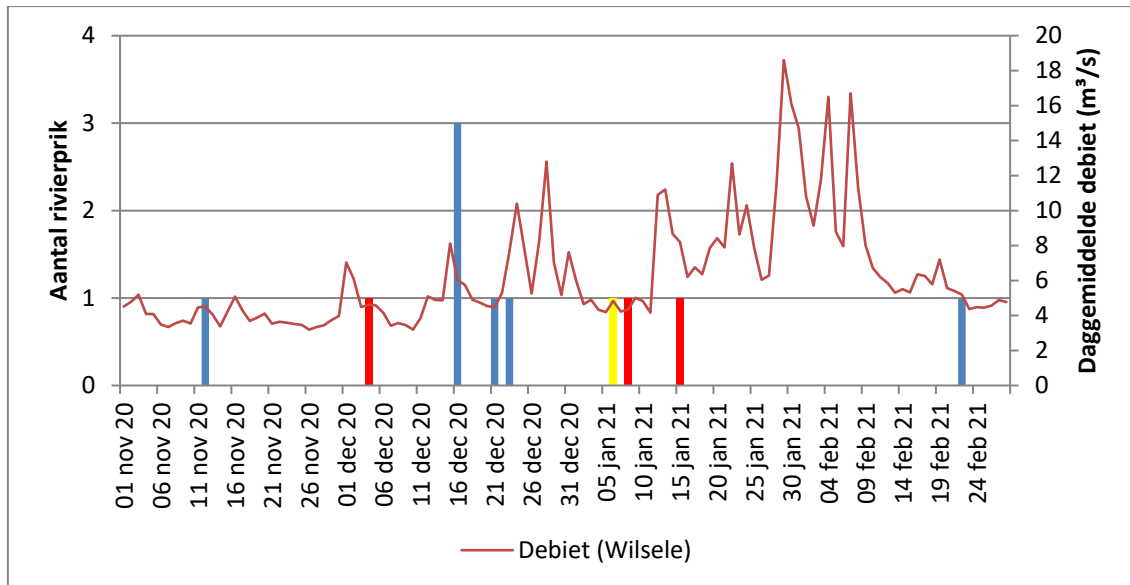
Tabel 12. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten die werden geteld bij twee visreddingen (i.e. 12 november 2020 en 6 januari 2021) bij het droog zetten van de vistrap op de 4<sup>de</sup> arm in Leuven.

vissoort	aantal	gewicht (g)	Min.lengte (mm)	Max.lengte (mm)
1 berrmpje	38	221	53	115
2 blankvoorn	21	87	59	85
3 driedoornige stekelbaars	7	7	40	50
4 gestippelde alver	27	278	57	116
5 kopvoorn	45	1816	91	213
6 paling	2	149	265	415
7 riviergrondel	118	387	49	152
8 rivierprik	1	66	340	340
9 serpeling	5	21	74	94
10 zeelt	1	16	103	103
<b>Totaal</b>	<b>265</b>	<b>3048</b>		

#### 4.1.5 Vangst van rivierprik op de verschillende onderzoekslocaties

Onderstaande figuur toont de vangst van in totaal 11 rivierprikken op verschillende vangstlocaties in de Dijle tijdens de stroomopwaartse paaïmigratie. In de vistrappen in Rotselaar en Leuven werden respectievelijk zeven en één rivierprik gevangen. De overige drie rivierprikken werden gevangen met schietfuiiken stroomafwaarts van Rotselaar.





Figuur 39. Evolutie van het aantal gevangen rivierprik op verschillende vangstlocaties in de Dijle tijdens de stroomopwaartse paaimigratie (rood: in fuiken stroomafwaarts van de turbine in Rotselaar; blauw: in de vistrap in Rotselaar; geel: in de vistrap in Leuven) en het daggemiddelde debiet (rode lijn).

#### 4.1.6 Totaal aantal vissoorten gevangen tijdens de verschillende onderzoeksluiken

Met de gecombineerde onderzoekstechnieken:

- schietfuiken in Rotselaar;
- flottangs in Rotselaar;
- vistrapfuik in Rotselaar;
- vistrapfuik in Leuven;
- visredding in de vistrap in Leuven;

werden in totaal 30 vissoorten gevangen in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven. Het betreft alver, baars, berrmpje, bittervoorn, blankvoorn, blauwbandgrondel, bot, brasem, driedoornige stekelbaars, Europese meerval, gestippelde alver, giebel, karper, kolblei, kopvoorn, paling, pos, rietvoorn, (rivier)donderpad, riviergrondel, rivierprik, serpeling, snoek, snoekbaars, tiendoornige stekelbaars, vetje, winde, zeelt, zonnebaars en zwartbekgrondel.

De vangstgegevens zijn geanalyseerd op het niveau van soorten en op het niveau van ecologische visgroepen (ecologische gilden) welke zijn gebaseerd op de levenswijze en voortplanting van vissoorten. De volgende visgroepen kunnen worden onderscheiden:

- stromingsminnende soorten (rheofielen);
- plantenminnende soorten (limnofielen);
- generalistische soorten (eurytopen);
- uitheemse soorten (exoten);
- trekvissoorten (diadromen).

De soorten worden alfabetisch opgesomd in tabel 13 met vermelding van de aantallen, biomassa en ecologische gilde.

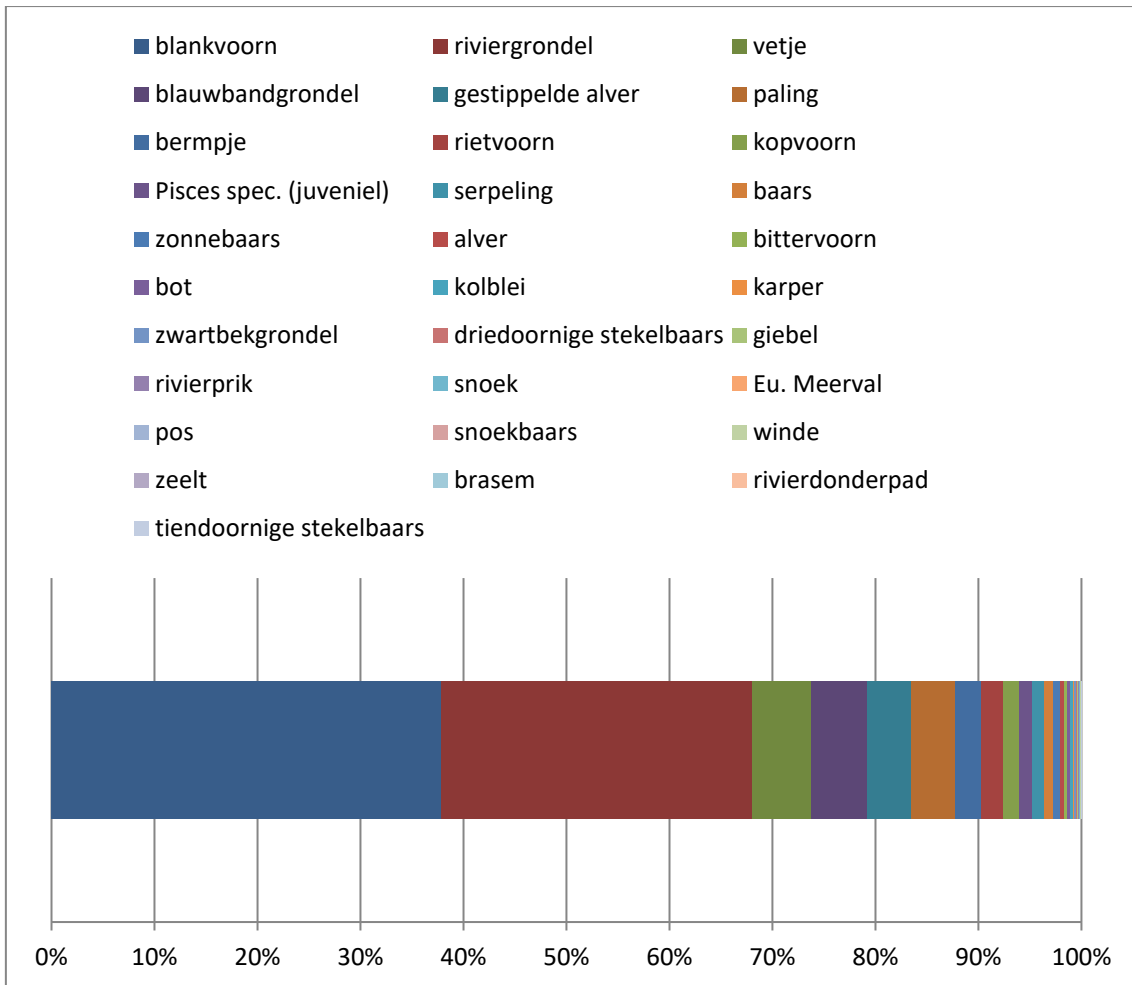


Tabel 13. Overzicht van het aantal en de biomassa van de vissen en vissoorten, met vermelding van hun ecologische gilde, gevangen op de verschillende onderzoekslocaties in Rotselaar en Leuven met de verschillende toegepaste onderzoekstechnieken tijdens de volledige studieperiode.

Soort	Aantal	Gewicht (g)	Ecologische gilde
1 alver	57	811	stroomminnend
2 baars	124	4230	eurytoop
3 bempje	319	764	stroomminnend
4 bittervoorn	39	70	plantenminnend
5 blankvoorn	4881	83653	eurytoop
6 blauwbandgrondel	711	1224	eurytoop/exoot
7 bot	38	1211	stroomminnend/eurytoop/diadroom
8 brasem	1	8	eurytoop
9 driedoornige stekelbaars	14	21	eurytoop
10 Europese meerval	5	37200	eurytoop
11 gestippelde alver	554	4234	stroomminnend
12 giebel	11	2382	plantenminnend/eurytoop
13 karper	23	127669	eurytoop
14 kolblei	26	259	eurytoop
15 kopvoorn	201	16167	stroomminnend
16 paling	553	27971	eurytoop/diadroom
- Pisces spec. (juveniel)	163	97	n.v.t.
17 pos	3	82	eurytoop
18 rietvoorn	277	1577	plantenminnend
19 (rivier)donderpad	1	21	stroomminnend
20 riviergrondel	3905	30172	stroomminnend
21 rivierprik	11	844	stroomminnend/diadroom
22 serpeling	146	2111	stroomminnend
23 snoek	9	25174	plantenminnend/eurytoop
24 snoekbaars	3	813	eurytoop
25 tiendoornige stekelbaars	1	1	eurytoop
26 vetje	727	437	plantenminnend
27 winde	3	1469	stroomminnend
28 zeelt	3	517	plantenminnend
29 zonnebaars	76	937	plantenminnend/exoot
30 zwartbekgrondel	22	339	stroomminnend/exoot
<b>Totaal</b>	<b>12907</b>	<b>372459</b>	

De procentuele verdeling van de aantallen over de verschillende soorten is afgebeeld in onderstaande figuur. Blankvoorn en riviergrondel zijn de dominante soorten in de vangsten die gedaan werden in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven.





Figuur 40. Procentuele samenstelling van het totaal aantal gevangen vissen met de verschillende toegepaste onderzoekstechnieken op de verschillende onderzoekslocaties in Rotselaar en Leuven tijdens de volledige studieperiode.



Figuur 41. Vissoorten in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven: adulte kopvoorn (links) en adulte karpers (rechts).



Figuur 42. Vissoorten in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (van links naar rechts en van boven naar onder): adulte Europese meerval, juveniele bot, adulte snoek, adulte serpeling, juveniele paling en adulte rivierprik.

## 4.2 PIT-TELEMETRIE (LEUVEN)

### 4.2.1 Stroomopwaartse vispassage voorbij potentiële knelpunten in Leuven

In totaal werden er 1076 vissen uitgerust met een PIT tag. Soorten die het meest getagd werden zijn blankvoorn (n = 598), riviergrondel (n = 229), kopvoorn (n = 88) en paling (n = 73). Er werden 242 vissen en negen soorten gedetecteerd op de PIT-antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens. Dit zijn vissen die zowel de stuw Karel Van Lotharingen als de Dijlemolens succesvol in stroomopwaartse richting zijn gepasseerd.



Onderstaande tabel geeft een overzicht van het aantal individuen per vissoort dat succesvol beide knelpunten gepasseerd is, alsook het kleinste en grootste individu dat per soort is gepasseerd, vanaf de start van het paaimigratieseizoen voor cypriniden (maart 2021) tot en met het einde van dat jaar. Van blankvoorn en riviergrondel, de soorten die het meest getagd werden, werden respectievelijk minstens 155 en 54 individuen gedetecteerd. Daarnaast werd ook succesvolle passage genoteerd van baars, gibel, karper, kopvoorn, paling, rietvoorn en serpeling. De allerkleinste individuen die gepasseerd zijn waren een baars van 13,2 cm, een blankvoorn van 11,5 cm, een kopvoorn van 12,5 cm, een rietvoorn van 14,4 cm, een riviergrondel van 11,3 cm en een serpeling van 15,8 cm (Tabel 14).

Tabel 14. Overzicht van het aantal soorten en individuen die gepit werden en het aantal soorten en individuen die succesvol de Stuw Karel van Lotharingen en de Dijlemolens in Leuven in stroomopwaartse richting zijn gepasseerd en gedetecteerd werden op de PIT-antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (met vermelding van het kleinste en grootste individu per soort).

	Aantal individuen uitgerust met een PIT tag	Aantal individuen gedetecteerd stroomopwaarts van de Dijlemolens	Min. lengte gedetecteerde vissoort	Max. lengte gedetecteerde vissoort
1 alver	1	0	-	-
2 baars	10	2	132	175
3 blankvoorn	598	155	115	302
4 bot	4	0	-	-
5 Europese meerval	4	0	-	-
6 gibel	4	1	n.v.t.	317
7 karper	21	5	590	680
8 kolblei	3	0	-	-
9 kopvoorn	88	15	125	268
10 paling	73	4	293	375
11 rietvoorn	11	4	144	160
12 riviergrondel	229	54	113	132
13 rivierprik	10	0	-	-
14 serpeling	11	2	158	205
15 snoek	5	0	-	-
16 winde	2	0	-	-
17 zeelt	2	0	-	-
<b>Totaal</b>	<b>1076</b>	<b>&gt;242 (*)</b>		

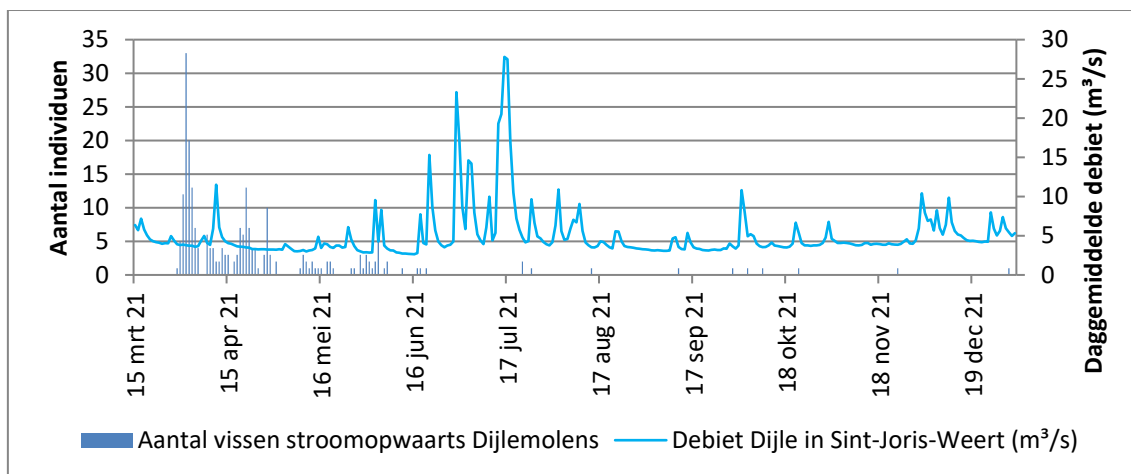
(\*) Er zijn meer dan 242 vissen beide knelpunten gepasseerd. Tijdens de laadfase van de batterijen van het PIT-detectiestation aan de Dijlemolens zijn de antennes gedurende een paar uur per dag niet operationeel. Vissen die tijdens de laadfase over de antenne passeren werden niet gedetecteerd.

#### 4.2.2 Stroomopwaartse vispassage voorbij potentiële knelpunten in Leuven en het debiet van de Dije

Onderstaande figuur toont de seizoenale variatie in het aantal dagelijkse detecties op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens en bij welk maatgevend debiet ze de Dijlemolens zijn gepasseerd. De debietwaarden die getoond worden in figuur 43 en 44 zijn afkomstig van de meetpost te Sint-Joris-Weert (Limnigraaf L08\_098), stroomopwaarts van Leuven. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat het werkelijke debiet dat door de Dijlemolens stroomt niet identiek is aan de gemeten waarde te Sint-Joris-Weert omdat er tussen deze meetpost en de Dijlemolens nog zijlopen uitmonden in de Dije en omdat er nog een debietverdeling gebeurt tussen hoofdloop en 1<sup>ste</sup> arm. De weergegeven debietwaardes zijn dus

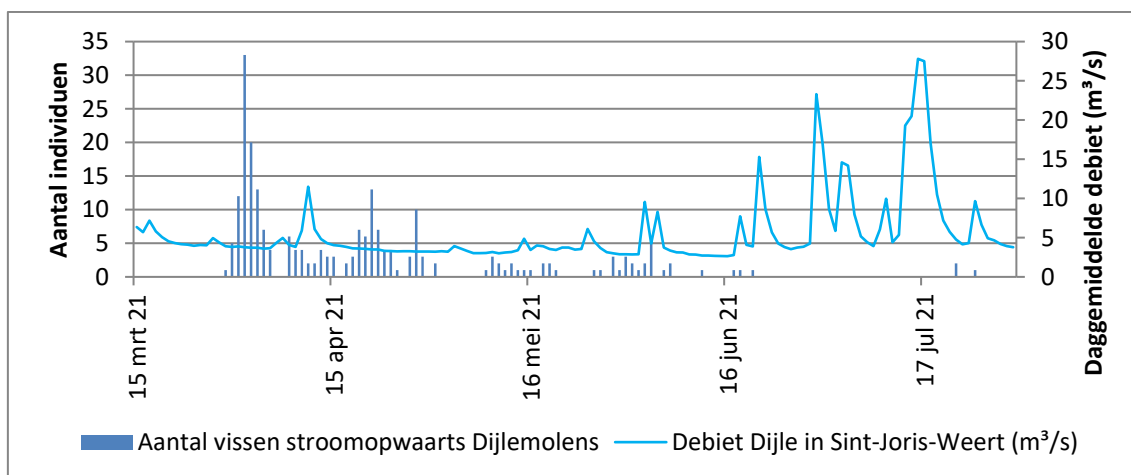


enkel maatgevend. Tussen 29 maart en 7 juni 2021 werden 227 individuen gedetecteerd en dus 94% van het totaal aantal gedetecteerde individuen gerealiseerd. Dit gebeurde bijna uitsluitend bij een daggemiddelde basisdebiet < 4 m<sup>3</sup>/s in de Dijle, met uitzondering van een beperkt aantal detecties rond 11 april bij een verhoogd daggemiddelde debiet tot 11,5 m<sup>3</sup>/s. Na 7 juni worden nog slechts enkele detecties gedaan. De laatste detectie werd op 31 december 2021 genoteerd.



Figuur 43. Aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 2 januari 2022 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en een maatgevend daggemiddeld debiet (lichtblauwe lijn) op basis van de limnograaf te Sint-Joris-Weert (L08\_098) .

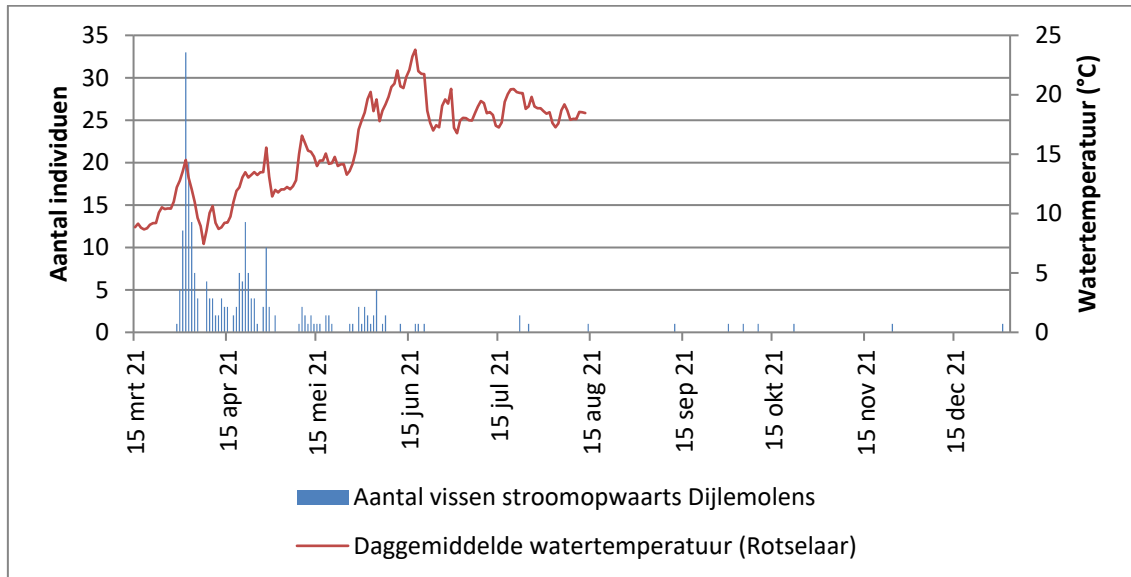
Figuur 44 'zoomt in' op het debiet en de periode waarin het meeste detecties werden gedaan, i.e. de paaimigratieperiode van de karperachtigen en de eerste zomermaanden. Tussen 30 maart en 5 april 2021 zijn er in totaal 94 vissen gepasseerd goed voor bijna 39% van het totaal aantal succesvolle passanten over/door beide potentiële knelpunten. Dit gebeurde bij een gemeten daggemiddelde debiet in de Dijle tussen 3,59 en 3,88 m<sup>3</sup>/s. Dit is een debiet dat overeenkomt met de basisafvoer in de Dijle in het voorjaar. Ook tussen 17 april en 1 mei 2021 passeren 65 vissen of bijna 27% van het totaal aantal succesvolle passanten. Ook deze passage gebeurde bij een laag daggemiddelde debiet in de Dijle tussen 3,21 en 3,82 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 44. 'Zoom in' op het aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 31 juli 2021 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en een maatgevend daggemiddeld debiet (lichtblauwe lijn) op basis van de limnograaf te Sint-Joris-Weert (L08\_098) .

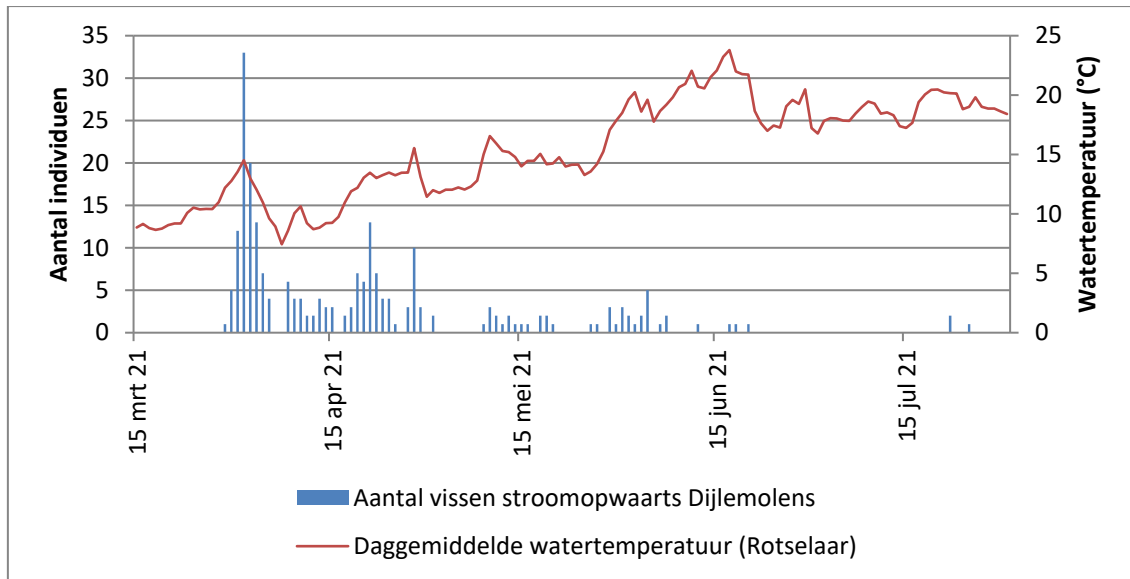
### 4.2.3 Stroomopwaartse vispassage voorbij potentiële knelpunten in Leuven en de watertemperatuur van de Dijle

Onderstaande figuur toont de seizoensvariëatie in het aantal detecties per dag op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens in relatie tot de watertemperatuur.



Figuur 45. Aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 2 januari 2022 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn).

Figuur 46 ‘zoomt in’ op de periode waarin het meeste detecties werden gedaan (i.e. de paaimigratieperiode van de karperachtigen) en de schommelingen in watertemperatuur. Tussen 30 maart en 5 april 2021 zijn er in totaal 94 vissen gepasseerd goed voor bijna 39% van het totaal aantal succesvolle passanten over/door beide potentiële knelpunten. In de periode van 26 maart t.e.m. 1 april 2021 steeg de watertemperatuur met meer dan 4 graden van 10,4 tot 14,5 °C (i.e. gemeten daggemiddelde watertemperatuur). Ook tussen 17 april en 1 mei worden 65 succesvolle passanten genoteerd. In de periode van 12 t.e.m. 28 april 2021 steeg de watertemperatuur met bijna 7 graden van 8,7 tot 15,5 °C (i.e. gemeten daggemiddelde watertemperatuur).



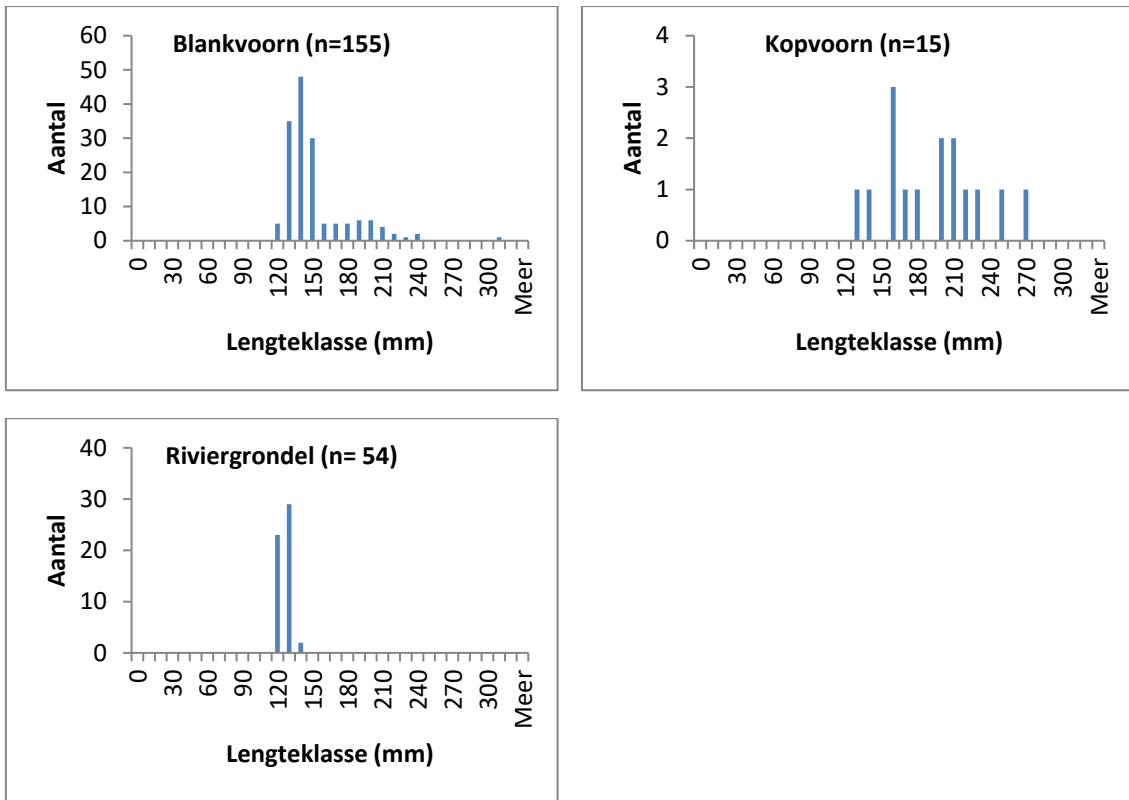
Figuur 46. 'Zoom in' op het aantal dagelijkse PIT-detecties tussen 15 maart 2021 en 31 juli 2021 op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens (donkerblauwe balken) en de daggemiddelde watertemperatuur (rode lijn).

#### 4.2.4 Gepasseerde lengteklassen voorbij potentiële knelpunten in Leuven

De lengte-frequentiedistributie van de blankvoorns die succesvol de Stuw Karel van Lotharingen en de Dijlemolens in stroomopwaartse richting zijn gepasseerd toont dat er verschillende jaarklassen zijn gepasseerd. De kleinste en grootste blankvoorn maten respectievelijk 11,5 en 30 cm. De talrijkste passanten hadden een lengte tussen 13 en 15 cm (Figuur 47). Dit is ook de lengterange waarbinnen het meeste blankvoorns werden getagd.

Ook van kopvoorn passeerden meerdere jaarklassen. De kleinste en grootste kopvoorn maten respectievelijk 12,5 en 27 cm (Figuur 47).

Omdat enkel volwassen riviergrondels groot genoeg zijn om getagd te worden, werden er uitsluitend riviergrondels van 12 tot 14 cm gedetecteerd (Figuur 47).



Figuur 47. Lengte-frequentie distributies van drie soorten (blankvoorn, kopvoorn en riviergrondel) die in relatief grote aantallen succesvol de Stuw Karel van Lotharingen en de Dijlemolens in Leuven in stroomopwaartse richting zijn gepasseerd en gedetecteerd werden op de PIT-antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens.

### 4.3 AKOESTISCHE TELEMETRIE (ROTSELAAR EN LEUVEN)

In totaal werden 34 vissen uitgerust met een akoestische zender: snoek (n = 4), rivierprik (n = 1), kopvoorn (n = 10), Europese meerval (n = 1) en blankvoorn (n = 18). Met uitzondering van drie blankvoorns die, na hervangst in de vistrapfuij bij de watermolen van Rotselaar, werden uitgezet stroomafwaarts van de potentiële knelpunten in Leuven (i.e. ter hoogte van de Vaartstraat) werden alle andere gezenderde dieren stroomafwaarts op een bepaalde afstand van de turbine in Rotselaar vrij gelaten (Tabel 15).



Tabel 15. Biotelemetrische gegevens van de gezenderde vissen. (\*Met uitzondering van één Europese meerval werden alle vissen gevangen in de vistrapfuijk gemonteerd op de meest stroomopwaartse drempel van de vistrap in Rotselaar; \*\*Tag 55848 werd bij twee verschillende blankvoorns gebruikt; \*\*\*Drie blankvoorns werden na hervangst uitgezet ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven). Indien mogelijk werd het geslacht van de vissen bepaald ((M = man, V = vrouw, V (?) = vermoedelijk vrouw, NG = niet gekend)).

Soort	Datum zenderen	Tag ID	Uitzetlocatie	Lengte (mm)	Gewicht (g)	Sex
1 snoek	19/02/2021	48457	SA turbine (Provinciebaan)	810	5300	NG
2 snoek	19/02/2021	48455	SA turbine (Provinciebaan)	555	1348	M
3 rivierprik	22/02/2021	55847	SA turbine (Provinciebaan)	350	724,33	M
4 kopvoorn	22/02/2021	48459	SA turbine (Provinciebaan)	475	1390	NG
5 snoek	22/02/2021	48454	SA turbine (Provinciebaan)	752	2600	NG
6 kopvoorn	24/02/2021	48453	SA turbine (Provinciebaan)	320	450	NG
7 snoek	26/02/2021	55827	SA turbine (Provinciebaan)	795	5200	V
8 blankvoorn	1/03/2021	48451	SA turbine (Provinciebaan)	275	371	NG
9 Eu. Meerval*	8/03/2021	48449	SA turbine (Provinciebaan)	1080	7200	NG
10 blankvoorn	26/03/2021	55848**	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	187	115,5	M
11 blankvoorn	26/03/2021	55849	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	203	163,3	V
12 blankvoorn	26/03/2021	55850***	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	207	143,5	M
13 blankvoorn	26/03/2021	55851***	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	217	181,3	V
14 blankvoorn	26/03/2021	55852	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	206	157	M
15 blankvoorn	26/03/2021	55853	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	199	141,8	V
16 blankvoorn	26/03/2021	55854	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	200	143,3	V
17 blankvoorn	26/03/2021	55828	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	242	271	V
18 blankvoorn	26/03/2021	55829	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	236	217,7	M
19 blankvoorn	29/03/2021	55841	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	NG	NG	NG
20 blankvoorn	29/03/2021	55842	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	NG	NG	NG
21 blankvoorn	29/03/2021	55843***	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	232	214	M
- blankvoorn	26/03/2021	55851***	<b>Vaartstraat, Leuven op 29/03</b>	<b>217</b>	<b>181,3</b>	<b>V</b>
- blankvoorn	26/03/2021	55850***	<b>Vaartstraat, Leuven op 29/03</b>	<b>207</b>	<b>143,5</b>	<b>M</b>
- blankvoorn	29/03/2021	55843***	<b>Vaartstraat, Leuven op 31/03</b>	<b>232</b>	<b>214</b>	<b>M</b>
22 blankvoorn	31/03/2021	55845	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	233	111,6	M
23 blankvoorn	31/03/2021	55848**	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	238	240,5	V
24 blankvoorn	31/03/2021	55844	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	215	176	NG
25 kopvoorn	31/03/2021	55831	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	280	318,6	NG
26 kopvoorn	31/03/2021	55835	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	318	421,5	NG
27 kopvoorn	31/03/2021	55836	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	334	481,7	NG
28 kopvoorn	2/04/2021	55837	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	320	466,6	V (?)
29 blankvoorn	2/04/2021	48450	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	232	245,7	V
30 kopvoorn	2/04/2021	55838	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	376	838,2	V (?)
31 kopvoorn	21/04/2021	55839	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	336	574	NG
32 kopvoorn	23/04/2021	55840	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	365	757	NG
33 kopvoorn	28/04/2021	55832	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	195	102,6	NG
34 blankvoorn	7/05/2021	55833	SA turbine (SA Vijfde Liniestr.)	280	291,2	NG

Van 28 individuen werden detecties gedaan op één of meerdere receivers. Vijf blankvoorns, drie kopvoorns, twee snoeken en een rivierprik migreerden onmiddellijk na uitzet stroomafwaarts



en werden niet opgenomen in het rapport. De migratiebewegingen van 17 individuen (o.a. blankvoorn, kopvoorn, snoek, Europese meerval) ten opzichte van de potentiële knelpunten op hun migratieroute worden in onderstaande hoofdstukken en figuren in detail besproken.

#### 4.3.1 Tijdsduur van passage door vistrap in Rotselaar

De tijd die de akoestisch gezenderde vissen ‘gebruiken’ om de vistrap in Rotselaar te passeren kan berekend worden op basis van het tijdstip van de laatste detectie in de molenkom en de eerste detectie op de receiver stroomopwaarts van de vistrap. Zoals reeds vermeld werd het akoestisch signaal van gezenderde vissen in de vistrapfuijk opgevangen door de receiver die net stroomopwaarts van de vistrap werd opgehangen.

De passageduur voor negen gezenderde blankvoorns varieert tussen 1u26 en 12u08. Twee snoeken deden er respectievelijk 1u33 en 19u57 over om de vistrap te passeren. De vistrap werd het snelst genomen door een blankvoorn, een kopvoorn en een snoek en bedroeg respectievelijk 1u26, 1u59 en 1u33 (Tabel 16).

Tabel 16. Overzicht van de passage van akoestisch gezenderde vissoorten door de vistrap in Rotselaar, de datum en het tijdstip van hun detecties op de receivers respectievelijk in de molenkom en opwaarts van de vistrap en de berekende passageduur van de 388 m lange vistrap.

Soort	Akoestische tag_ID	Laatste detectie in Molenkom		Eerste detectie in vistrapfuijk		Actief gedurende Ochtend/Dag/Avond/Nacht	Duur passage
		Datum	Tijdstip	Datum	Tijdstip		
1 blankvoorn	55842	29/03/2021	22:18	30/03/2021	1:26	n	3:08
2 blankvoorn	55844	22/04/2021	7:04	22/04/2021	18:06	o/d	11:02
3 blankvoorn	55845	23/04/2021	16:37	23/04/2021	18:03	d	<b>1:26</b>
4 blankvoorn	55848	26/03/2021	17:01	27/03/2021	2:27	d/a/n	9:26
5 blankvoorn	55853	25/04/2021	17:38	25/04/2021	20:58	d/a	3:20
6 blankvoorn	55854	28/03/2021	7:32	29/03/2021	19:40	o/d/a	12:08
7 blankvoorn	55843	29/03/2021	18:50	29/03/2021	21:48	a	2:58
8 blankvoorn	55850	28/03/2021	8:45	28/03/2021	12:49	o/d	4:04
9 blankvoorn	55851	26/03/2021	16:40	26/03/2021	22:31	d/a	5:51
10 kopvoorn	48459	1/04/2021	16:32	1/04/2021	18:31	d	<b>1:59</b>
11 snoek	48455	21/02/2021	17:26	22/02/2021	13:23	a/n/d	19:57
12 snoek	55827	20/04/2021	9:20	20/04/2021	10:53	d	<b>1:33</b>

#### 4.3.2 Succesvolle passage door Rotselaar en Leuven

Drie blankvoorns werden na hun vangst in de vistrap in Rotselaar gezenderd en kregen als identificatienummer (afgekort: ID) 55843, 55850 en 55851 (Tabel 15). Na uitzet stroomafwaarts van Rotselaar werden ze opnieuw in de vistrapfuijk gevangen en daarom ook gedetecteerd in de molenkom van Rotselaar en op de receiver in de Dijle net stroomopwaarts van de vistrap. Het akoestisch signaal van gezenderde vissen in de vistrapfuijk kon immers worden opgevangen door de receiver die net stroomopwaarts van de vistrap werd opgehangen in de Dijle. Deze drie vissen werden vervolgens getransporteerd/getransloceerd en uitgezet ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven, stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens. In Leuven zwommen de blankvoorns verder stroomopwaarts daarbij succesvol de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens passerend getuige hun detecties op de stroomopwaartse

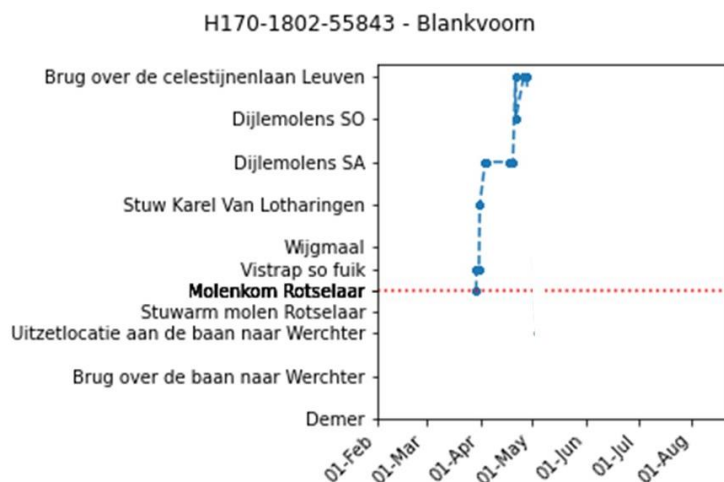


receivers 'Stuw Karel Van Lotharingen', 'Dijlemolens SA', 'Dijlemolens SO' en 'Brug over de Celestijnenlaan'.

Het migratiegedrag en de migratiebewegingen van blankvoorns met ID 55843, 55850 en 55851 wordt aan de hand van figuren 48 t.e.m. 50 en tabellen 17 t.e.m. 19 in onderstaande hoofdstukken meer in detail besproken

#### 4.3.2.1 Blankvoorn 55843

Het **blankvoorn mannetje 55843** (Figuur 48 en Tabel 17) dat op 29 maart 2021 in de voormiddag gezenderd werd zwemt na uitzetten, stroomafwaarts van de Vijfde Liniestraat in Rotselaar, onmiddellijk terug stroomopwaarts tot in de molenkom. Diezelfde avond zwemt hij in minder dan drie uren door de vistrap tot in de vistrapfuik. In de fuik wordt de vis 35u lang onafgebroken gedetecteerd tot hij op 31 maart 's morgens uit de fuik wordt gehaald en vervolgens ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven in de Dijle wordt gezet. Ook daar zwemt het dier onmiddellijk stroomopwaarts en passeert het 's avonds in minder dan 30 min de Stuw Karel Van Lotharingen. Hierna duurt het drie dagen, tot 3 april, vooraleer de vis voor het eerst 's avonds 'gehoord' wordt door de receiver stroomafwaarts van de Dijlemolens. Ook op 4, 17 en 19 april is het telkens 's avonds dat het dier de Dijlemolens nadert (i.e. voor de eerste keer wordt gedetecteerd). In totaal verblijft dit mannetje 19 dagen in de hoofdarm van de Dijle tussen de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens. Het lijkt er op dat deze blankvoorn heel lang aarzelt om onder de Dijlemolens door te zwemmen. Op 19 april verblijft het dier gedurende 12 minuten in het 'detectiebereik' van de receiver stroomafwaarts van de Dijlemolens. Het mannetje lijkt er nu wel zonder aarzeling in stroomopwaartse richting te zijn gepasseerd. Het dier wordt op 19 april nochtans niet gedetecteerd op de receiver stroomopwaarts van de Dijlemolens maar wel voor het eerst anderhalve dag later en ongeveer twee km stroomopwaarts, op 21 april, ter hoogte van de Celestijnenlaan. Later, dezelfde dag, wordt hij wel gedurende een vijftal minuten net stroomopwaarts van de Dijlemolens gedetecteerd. Vervolgens zwemt hij weer stroomopwaarts uit het detectiebereik van de receiver 'Dijlemolens SO' om 5 dagen later, op 26 april, ter hoogte van de Celestijnenlaan te worden gedetecteerd. De laatste detectie wordt er op 27 april gedaan. Mogelijk heeft het mannetje ter hoogte van de Dijlemolens kostbare tijd verloren tijdens zijn stroomopwaartse paaimigratie.



Figuur 48. Migratiebewegingen van het akoestisch gezenderde blankvoorn mannetje met ID 55843, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

Tabel 17. Overzicht van de belangrijkste dagen, tijdstippen en tijdvensters waarop het blankvoorn mannetje met ID 55843 gehoord/gedetecteerd werd op de akoestische receivers opgehangen op verschillende strategische locaties in de Dijle tussen de molenkom in Rotselaar en de Celestijnenlaan stroomopwaarts van Leuven. (↑ = stroomopwaartse migratiebeweging, ↓ = stroomafwaartse migratiebeweging).

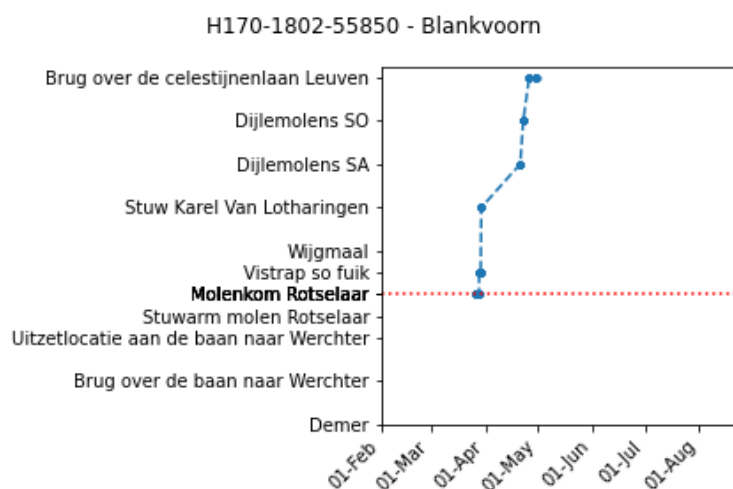
Locatie detectie	Datum detectie	Eerste detectie	Laatste detectie	Migratie-richting	Tijdvensters / Opmerkingen
Molenkom	29/03/2021	15u43	18u50	↑	Neemt de vistrap in minder dan 3u
				↑	
Vistrap SO fuik	29/03/2021	21u48	...	-	35u onafgebroken detecties in de vistrapfuik
	30/03/2021	...	...	-	
	31/03/2021	...	8u51	-	
Vaartstraat	31/03/2021			n.v.t.	Translocatie naar de Vaartstraat in Leuven
Stuw Karel V.L.	31/03/2021	20u57	21u27	↑	Binnen 30 min gepasseerd
				↑	3 dagen tussen Stuw KVL en Dijlemolens
Dijlemolens SA	3/04/2021	20u43	21u42	↑	1 dag in Leuven ergens tss. Stuw KVL en Dijlemolens
				↓	
Dijlemolens SA	4/04/2021	21u03	21u34	↑	13 dagen in Leuven ergens tss. Stuw KVL en Dijlemolens
				↓	
Dijlemolens SA	17/04/2021	21u16	21u47	↑	2 dagen in Leuven ergens tss. Stuw KVL en Dijlemolens
				↓	
Dijlemolens SA	19/04/2021	19u09	19u21	↑	Dijlemolens nu wel vlot gepasseerd
Dijlemolens SO	?	?	?		Niet gedetecteerd op receiver opwaarts Dijlemolens
				↑	Anderhalve dag tussen Dijlemolens en Celestijnenlaan
Celestijnenlaan	21/04/2021	8u29	9u21	↑	Stroomafwaartse beweging met detecties opwaarts Dijlemolens
				↓	
Dijlemolens SO	21/04/2021	10u54	10u59	↓	5 dagen tussen Dijlemolens en Celestijnenlaan
				↑	
Celestijnenlaan	26/04/2021	3u23	21u33	↑	
Celestijnenlaan	27/04/2021	22u03	22u21		

#### 4.3.2.2 Blankvoorn 55850

Het **blankvoorn mannetje 55850** (Figuur 49 en Tabel 18) dat op 26 maart 2021 in de voormiddag gezenderd werd zwemt na uitzetten, stroomafwaarts van de Vijfde Liniestraat in Rotselaar, onmiddellijk terug stroomopwaarts tot in de molenkom waar het een uurtje blijft. Op 27 maart, vanaf zes uur 's' morgens is het terug onafgebroken aanwezig in de molenkom tot de daaropvolgende morgen. Op 28 april zwemt hij in ongeveer vier uren door de vistrap tot in de vistrapfuik. In de fuik wordt de vis 21u lang onafgebroken gedetecteerd tot hij op 29 maart 's' morgens uit de fuik wordt gehaald en vervolgens 's' namiddags ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven in de Dijle wordt gezet. Ook daar zwemt het dier stroomopwaarts om in de late namiddag onder de Stuw Karel Van Lotharingen gedurende meer dan twee en een half uur te worden gehoord door de receiver. Daarna duurt het 22 dagen, tot 20 april, vooraleer het dier iets voor middernacht voor het eerst en éénmalig gedurende een minuut lang gehoord wordt stroomafwaarts van de Dijlemolens. Het vermoeden bestaat dat het dier ofwel net stroomafwaarts of net stroomopwaarts van de Dijlemolens zich ergens buiten het 'detectiebereik' van de receivers ophield, want het wordt voor meer dan 39 uur niet meer

////////////////////////////////////

gehoord. De eerstvolgende detectie is op 22 april op de receiver net stroomopwaarts van de Dijlemolens. Het mannetje zwemt verder stroomopwaarts om vier dagen later ter hoogte van de brug van de Celestijnenlaan te worden opgepikt door de receiver. De laatste detectie wordt ook daar op 27 april gedaan.



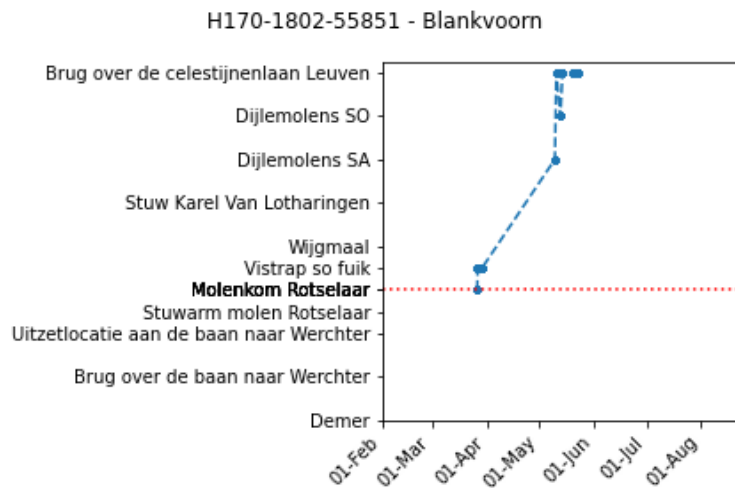
Figuur 49. Migratiebewegingen van het akoestisch gezenderde blankvoorn mannetje met ID 55850, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

Tabel 18. Overzicht van de belangrijkste dagen, tijdstippen en tijdsvensters waarop het blankvoorn mannetje met ID 55850 gehoord/gedetecteerd werd op de akoestische receivers opgehangen op verschillende strategische locaties in de Dijle tussen de molenkom in Rotselaar en de Celestijnenlaan stroomopwaarts van Leuven. (↑ = stroomopwaartse migratiebeweging, ↓ = stroomafwaartse migratiebeweging).

Locatie detectie	Datum detectie	Eerste detectie	Laatste detectie	Migratie-richting	Tijdvensters / Opmerkingen
Molenkom	26/03/2021	14u53	15u41	↑	
				↓	
	27/03/2021	6u00	...	↑	
	28/03/2021	...	8u45	-	Onafgebroken in molenkom aanwezig
			↑		Neemt de vistrap in ongeveer 4u
Vistrap SO fuik	28/03/2021	12u49	...	-	Ong. 21 u onafgebroken detecties in de vistrapfuik
	29/03/2021	...	10u01	-	
Vaartstraat	29/03/2021			n.v.t.	Translocatie naar de Vaartstraat in Leuven
Stuw Karel V.L.	29/03/2021	16u51	19u27	↑	2u36 in hoorveld van receiver stroomafwaarts stuw KVL
				↑	22 dagen in Leuven ergens tss. Stuw KVL en Dijlemolens
Dijlemolens SA	20/04/2021	23u29	23u30	↑	39u17 'niet gehoord' tijdens passage van de Dijlemolens
				-	
Dijlemolens SO	22/04/2021	15u47	16u08	↑	< 4 dagen tussen Dijlemolens en Celestijnenlaan
				↑	
Celestijnenlaan	26/04/2021	2u40	3u02	↑	
Celestijnenlaan	30/04/2021	5u48	6u06		

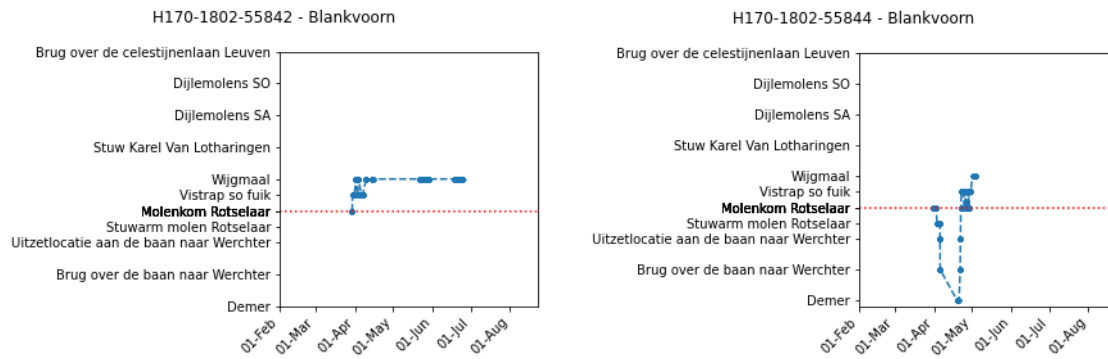
### 4.3.2.3 Blankvoorn 55851

Het **blankvoorn vrouwtje 55851** (Figuur 50 en Tabel 19) dat op 26 maart 2021 in de voormiddag gezenderd werd zwemt na uitzetten, stroomafwaarts van de Vijfde Liniestraat in Rotselaar, onmiddellijk terug stroomopwaarts tot in de molenkom waar het na anderhalf uur de vistrap intrekt. Ongeveer een kleine 6 uur later wordt haar signaal opgepikt stroomopwaarts van de vistrap. In de vistrapfuijk wordt de vis bijna 60u lang onafgebroken gedetecteerd tot hij op 29 maart 's morgens uit de fuik wordt gehaald en vervolgens 's namiddags ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven in de Dijle wordt gezet. Er werd geen signaal opgepikt bij de passage ter hoogte van de Stuw Karel Van Lotharingen. Pas 41 dagen later wordt het dier gedetecteerd stroomafwaarts van de Dijlemolens. Ook bij de passage van de Dijlemolens wordt het signaal niet opgepikt door de receiver net stroomopwaarts ervan. Op 10 mei wordt het dier wel opgepikt stroomopwaarts van Leuven t.h.v. de Celestijnenlaan. Tegen 13 mei is het vrouwtje stroomafwaarts gezwommen tot aan de receiver opwaarts van de Dijlemolens. Hierna zwemt het vrouwtje weer opwaarts om nog op verschillende dagen tussen 14 en 23 mei gehoord te worden op de receiver aan de Celestijnenlaan.



Figuur 50. Migratiebewegingen van het akoestisch gezenderde blankvoorn vrouwtje met ID 55851, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

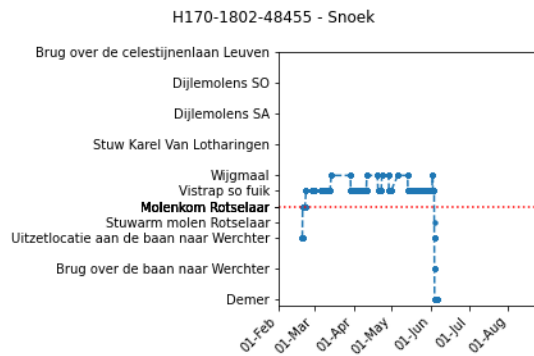




Figuur 51. Migratiebewegingen van akoestisch gezenderde blankvoorns 55842 en 55844, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

#### 4.3.3.2 Snoek

De snoek met ID 48455 zwemt na zenderen opnieuw via de vistrap tot in de vistrapfuik. De vis verblijft ongeveer 20 uur in de vistrap vooraleer de laatste drempel te nemen. Daarna pendelt het heen en weer in de Dijle tussen de receiver aan de vistrap en de receiver in Wijnmaal. Het dier werd niet tot in Leuven gedetecteerd (Figuur 52).

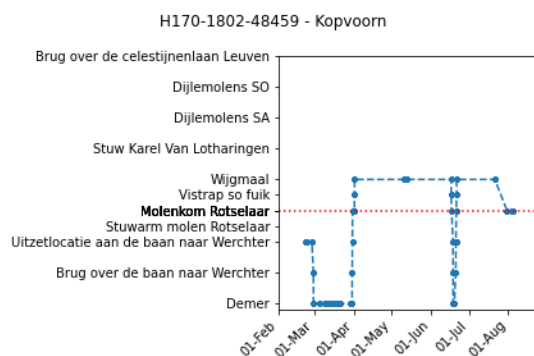


Figuur 52. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde snoek 48455, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

#### 4.3.3.3 Kopvoorn

De kopvoorn met ID 48459 zwemt na uitzetten eerst stroomafwaarts tot aan de samenvloeiing met de Demer om vervolgens na ongeveer een maand terug opwaarts te zwemmen door de vistrap tot in Wijnmaal. In minder dan twee uur wordt de vistrap volledig doorzwommen. In juni zwemt het dier op heel korte tijd helemaal terug tot aan de Demer en vervolgens weer via de vistrap tot in Wijnmaal (Figuur 53).





Figuur 53. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde kopvoorn 48459, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

#### 4.3.4 Succesvolle passage door Rotselaar met ‘terugkeergedrag’

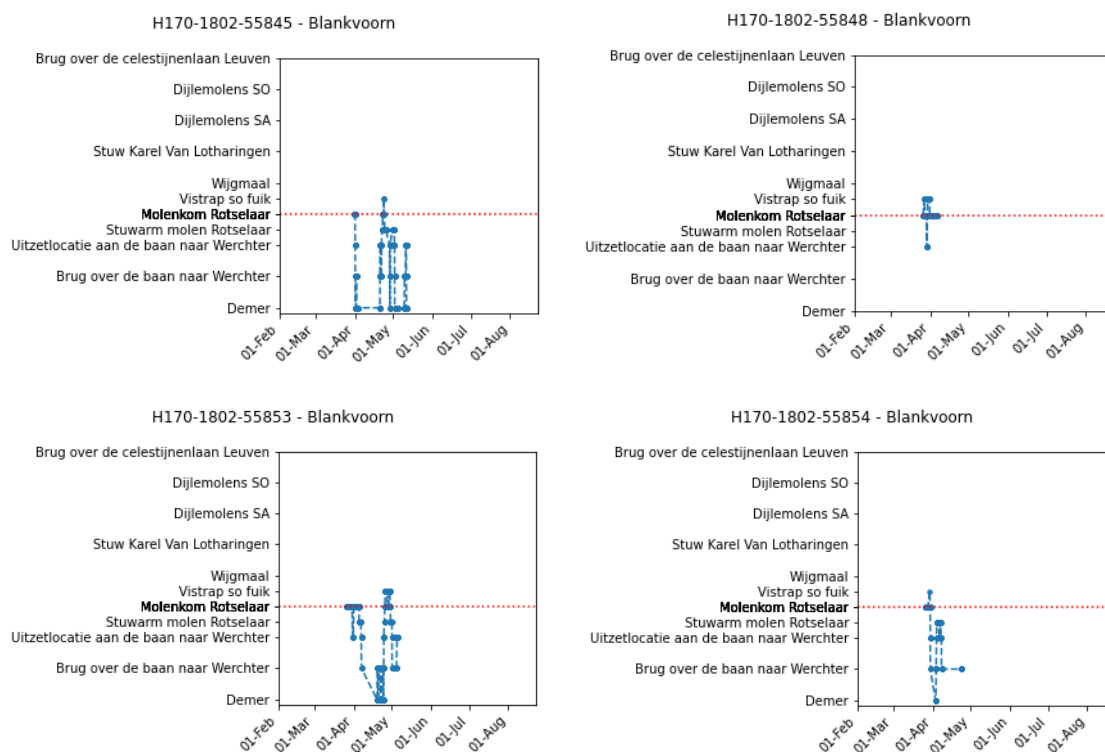
##### 4.3.4.1 Blankvoorn

Het detectiepatroon van vier blankvoorns met ID 55845, 55848, 55853 en 55854 is opvallend. Alle vier zwemmen ze, na uitzetting stroomafwaarts van Rotselaar, terug stroomopwaarts tot in de vistrapfuik. Ze worden kortstondig ‘gehoord’ door de receiver stroomopwaarts van de vistrap (‘Vistrap SO fuik’). In de vistrapfuik worden ze echter nooit als hervangst geregistreerd. De detecties tonen dat de dieren tot in de voorkamer van de vistrapfuik zijn gezwommen of net voor de vistrapfuik rechtsomkeer hebben gemaakt (Figuur 54).

De vistrap wordt door deze vier blankvoorns doorkruist in respectievelijk 1u26, 9u26, 3u20 en 12u08.

Drie van de vier blankvoorns zwemmen tussen de molen en de monding van de Demer. De rivierafstand tussen de molen en de monding van de Demer in de Dijle bedraagt ongeveer 3,6 km.

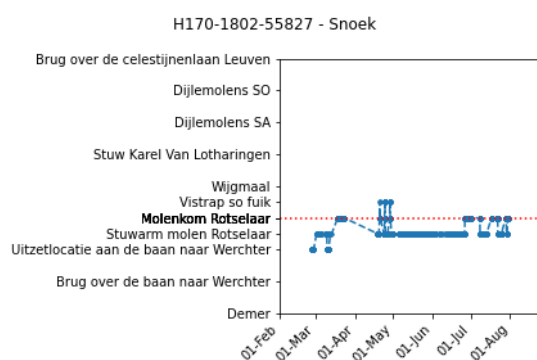




Figuur 54. Migratiebewegingen van akoestisch gezenderde blankvoorns 55845, 55848, 55853 en 55854, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

#### 4.3.4.2 Snoek

De snoek met ID 55827 toont hetzelfde gedrag als bovenstaande blankvoorns. Dit vrouwtje zwemt tot in de voorkamer van de vistrapfuik en maakt vervolgens rechtsomkeer om daarna nog veelvuldig in de stuwgeul en molenkom gedetecteerd te worden (Figuur 55). De vis neemt de vistrap in ongeveer anderhalf uur.

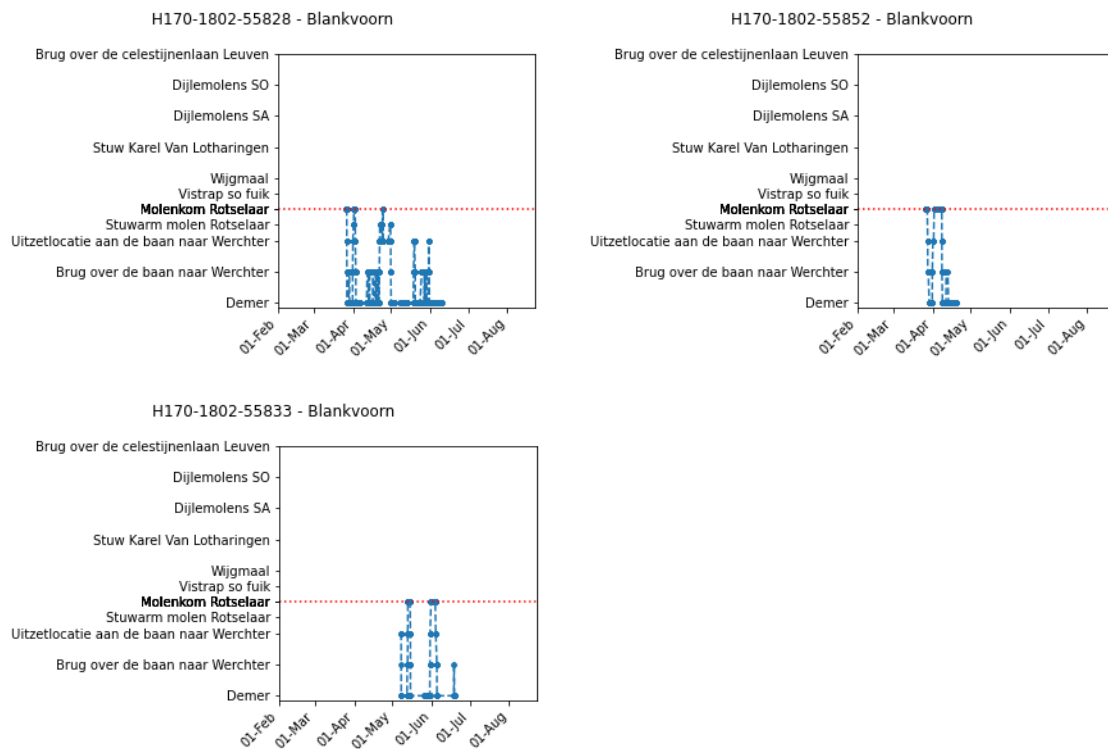


Figuur 55. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde snoek 55827, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

### 4.3.5 Migratiegedrag stroomafwaarts van de stuw en turbine in Rotselaar

#### 4.3.5.1 Blankvoorn

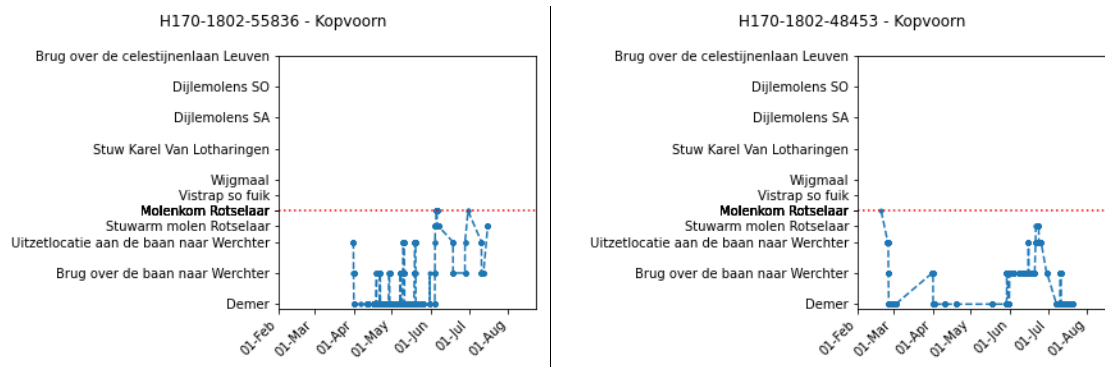
Drie blankvoorns met ID 55828, 55852 en 55833 maken na uitzetting stroomafwaarts van de vistrap in Rotselaar herhaalde stroomop- en stroomafwaartse migraties tussen de molenkom van de turbine en de monding van de Demer. De rivierafstand tussen de molen en de monding van de Demer in de Dijle bedraagt ongeveer 3,6 km. Deze dieren worden niet stroomopwaarts van de vistrap gedetecteerd (Figuur 56).



Figuur 56. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde blankvoorns 55828, 55852 en 55833, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

#### 4.3.5.2 Kopvoorn

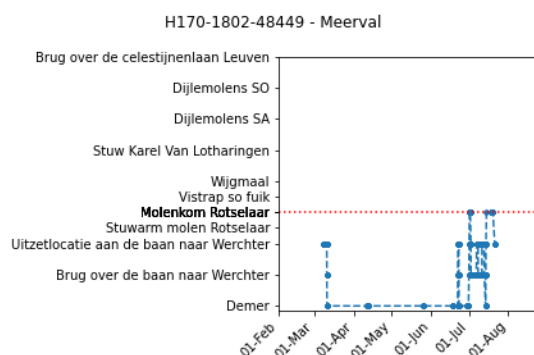
Kopvoorn met ID 55836 maakt na uitzetting stroomafwaarts van de vistrap in Rotselaar herhaalde stroomop- en stroomafwaartse migraties, o.a. tussen de molenkom van de turbine en de monding van de Demer. Ook kopvoorn 48453 wordt gedurende de studieperiode op de verschillende receivers 'gedetecteerd' tussen de molen en de monding van de Demer. Deze dieren worden niet stroomopwaarts van de vistrap gedetecteerd (Figuur 57).



Figuur 57. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde kopvoorns 55836 en 48453, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

### 4.3.5.3 Europese meerval

De Europese meerval 48449 wordt gedurende de studieperiode op de verschillende receivers 'gedetecteerd' tussen de molen en de monding van de Demer. Dit dier wordt niet stroomopwaarts van de vistrap gedetecteerd (Figuur 58).



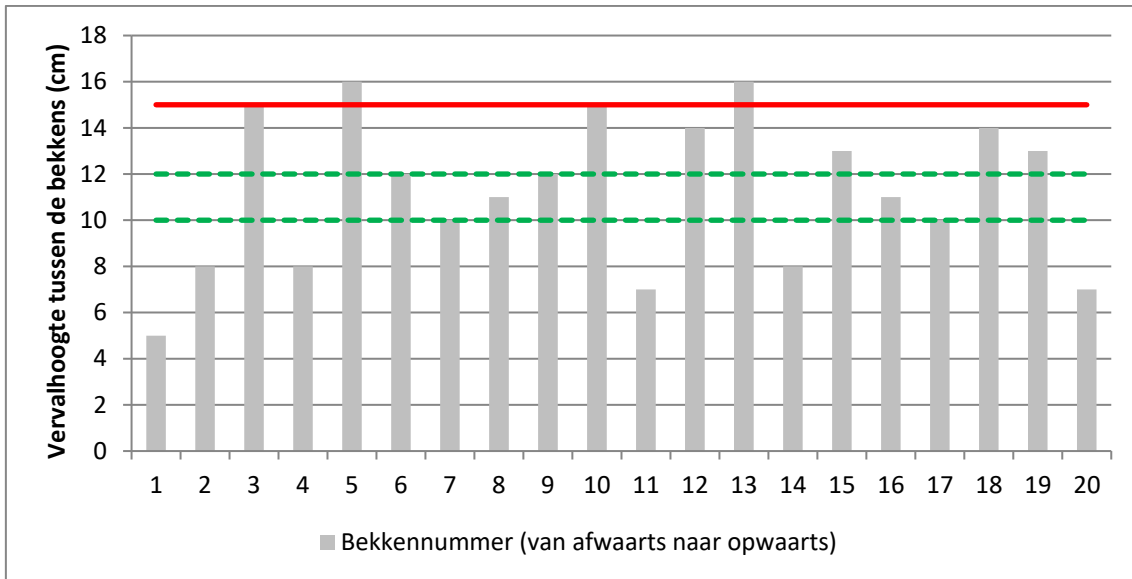
Figuur 58. Migratiebewegingen van de akoestisch gezenderde Europese Meerval 48449, van februari t.e.m. augustus 2021, in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (met op de Y-as aanduiding van de verschillende locaties waar receivers werden opgehangen).

## 4.4 ABIOTIEK

### 4.4.1 Vistrap Rotselaar

#### 4.4.1.1 Vervalhoogtes tussen de opeenvolgende bekkens

De vistrap in Rotselaar overbrugt met 20 V-vormige stortsteendrempels een verval van in totaal 2,25 m dat door stuwen gecreëerd wordt ter hoogte van de turbine. Het gemeten verval tussen de bekkens, opgemeten op 3 augustus 2020 bij basisdebiet (i.e. 3,31 m<sup>3</sup>/s daggemiddelde debiet te Wilsele – waterinfo.be), varieert tussen 5 cm (drempel 1) en maximaal 16 cm (drempel 5 en 13). Twaalf drempels hebben een verval van 12 cm of minder. Acht drempels hebben een iets hoger verval tussen 13 en 16 cm. De 20 drempels van de visdoorgang hebben een gemiddelde vervalhoogte van 11,3 cm. Wat betreft het verval over drempel 1 dient opgemerkt te worden dat dit verval sterk afhankelijk is van het waterniveau in de molenkom. We konden tijdens ons onderzoek meermaals vaststellen dat het verval over drempel 1 sterk verhoogt wanneer de turbine in werking is, omdat alle water dan via de stuwarm stroomt en het waterniveau in de molenkom hierdoor tot meer dan een halve meter verlaagt.

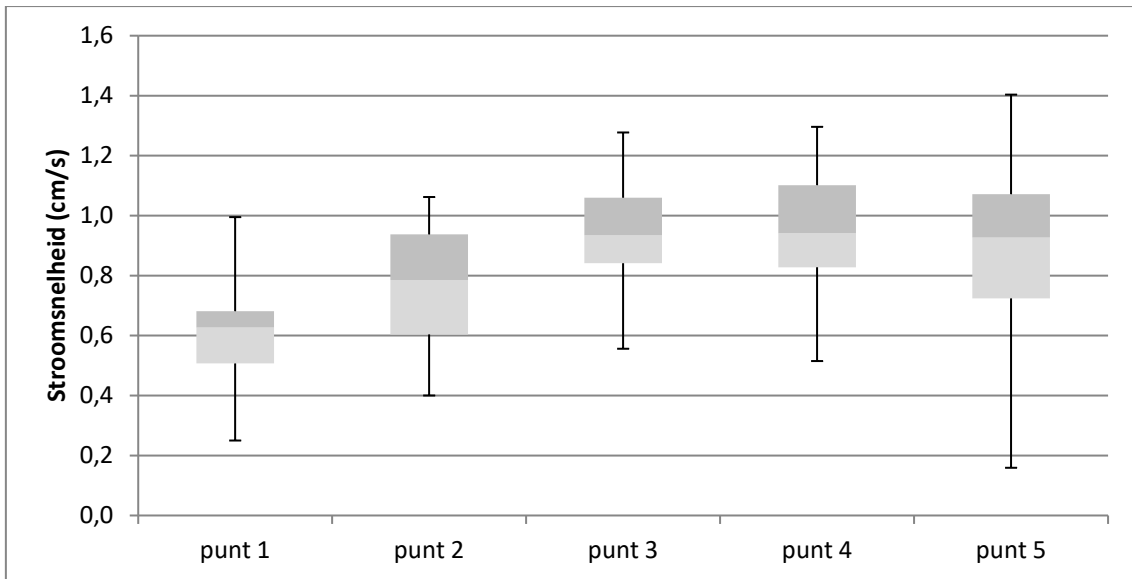


Figuur 59. Vervalhoogtes tussen de bekkens (cm) van de vistrap in Rotselaar met de kritische waarde voor V-vormige bekkentrappen in laaglandbeken (15 cm, rode lijn, (Kroes & Monden, 2005)) en met de gewenste ideale vervalhoogtes voor vissoorten en levensstadia met minder goede zwemcapaciteiten (tussen 10 tot 12 cm, groene stippellijnen). Opgemeten op 3 augustus 2020 bij basisdebiet.

#### 4.4.1.2 Stroomsnelheden ter hoogte van de V-vormige stortstenen drempels

De stroomsnelheden ter hoogte van de verschillende V-vormige stortstenen drempels van de vistrap in Rotselaar werd opgemeten op 1 juni 2021 bij basisdebiet (Bijlage 1), met name bij een daggemiddelde debiet te Wilsele van 3,41 m<sup>3</sup>/s (waterinfo.be).

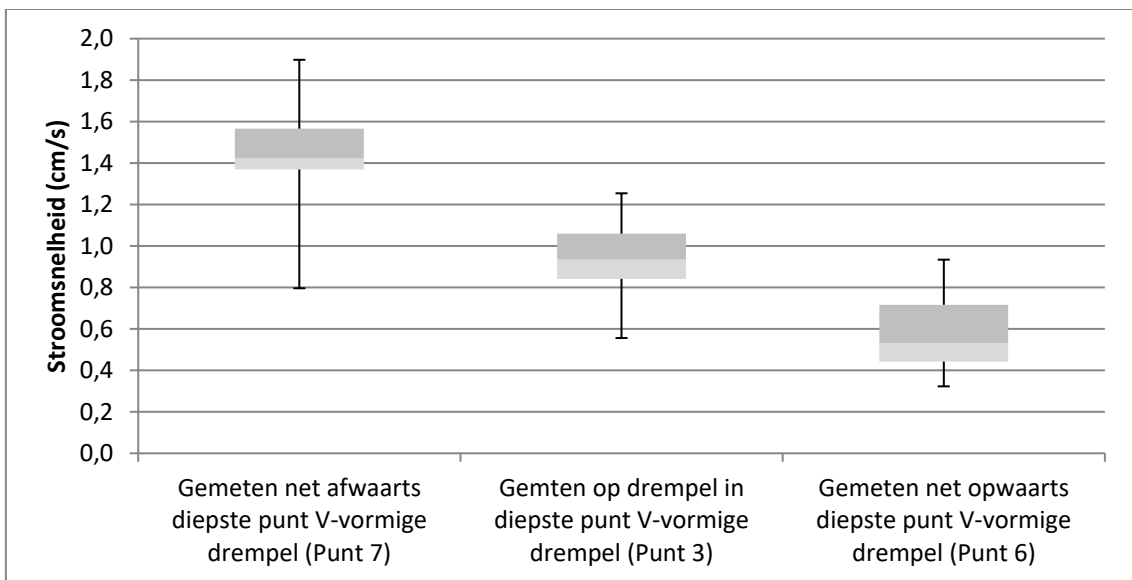
De stroomsnelheden bovenop de drempels (5 cm van de bodem gemeten = 'snout velocity') zijn doorgaans het hoogst op punten 3, 4 en 5 met respectievelijke gemiddelde stroomsnelheden van 0,93; 0,94 en 0,85 m/s en respectievelijk maximaal gemeten stroomsnelheden tot 1,25; 1,33 en 1,4 m/s. De mediane snelheden op punten 1 t.e.m. 5 bedragen respectievelijk 0,63; 0,79; 0,93; 0,94 en 0,93 m/s. De laagste stroomsnelheden worden vaak gemeten op punten 1 en 5 (i.e. langs de oevers) met gemeten minima van respectievelijk 0,25 en 0,16 m/s. De range van opgemeten stroomsnelheden was het grootst langs de linkeroever (Figuur 60).



Figuur 60. Variatie in stroomsnelheden op 5 posities boven de drempels van de 20 opgemeten drempels (punt 1 = rechteroever, punt 3 = middelste en diepste punt van de V, punt 5 = linkeroever) met aanduiding van de mediaan (-).

Centraal door de vistrap zwemmende vissen zwemmen achtereenvolgens door de zone van punt 7, punt 3 en punt 6. Zoals te verwachten zijn de gemeten stroomsnelheden in het vallend water op punt 7, afwaarts van punt 3 gelegen, het hoogst. Eens de vis op de drempel de zone van punt 6 inzwemt, opwaarts van punt 3 gelegen, nemen de stroomsnelheden opnieuw af.

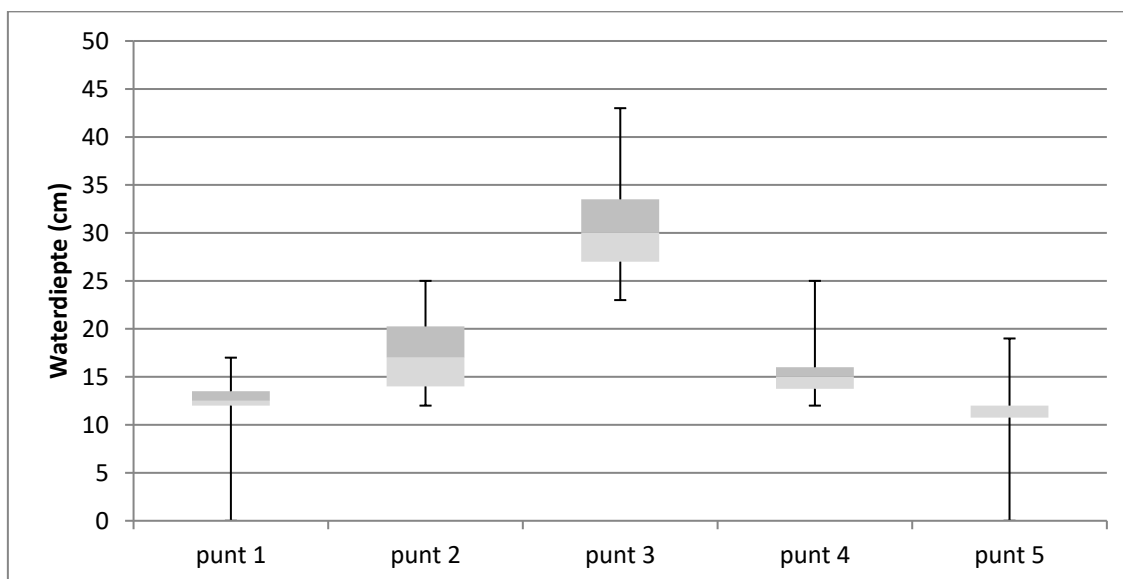
Op punten 7, 3 en 6 bedraagt de maximaal gemeten stroomsnelheid respectievelijk 1,90; 1,25 en 1,25 m/s, de gemiddelde stroomsnelheden 1,43; 0,93 en 0,57 m/s en de mediane stroomsnelheden 1,42; 0,93 en 0,56 m/s (Figuur 61).



Figuur 61. Variatie in stroomsnelheden op drie punten ter hoogte van het diepste punt van de V-vormige drempel (punt 3, 6 en 7) met aanduiding van de mediaan (-).

#### 4.4.1.3 Doorzweemhoogtes op de drempels

De doorzweemhoogtes op de drempels zijn het grootst centraal in de V (= punt 3) van de V-vormige drempels (gemiddeld 31 cm). De gemiddelde doorzweemhoogte op punten 1 t.e.m. 5 bedraagt respectievelijk 13, 17, 31, 15 en 12 cm.



Figuur 62. Variatie in doorzweemhoogtes op de vijf punten van de 20 opgemeten drempels, met aanduiding van de mediaan (-).

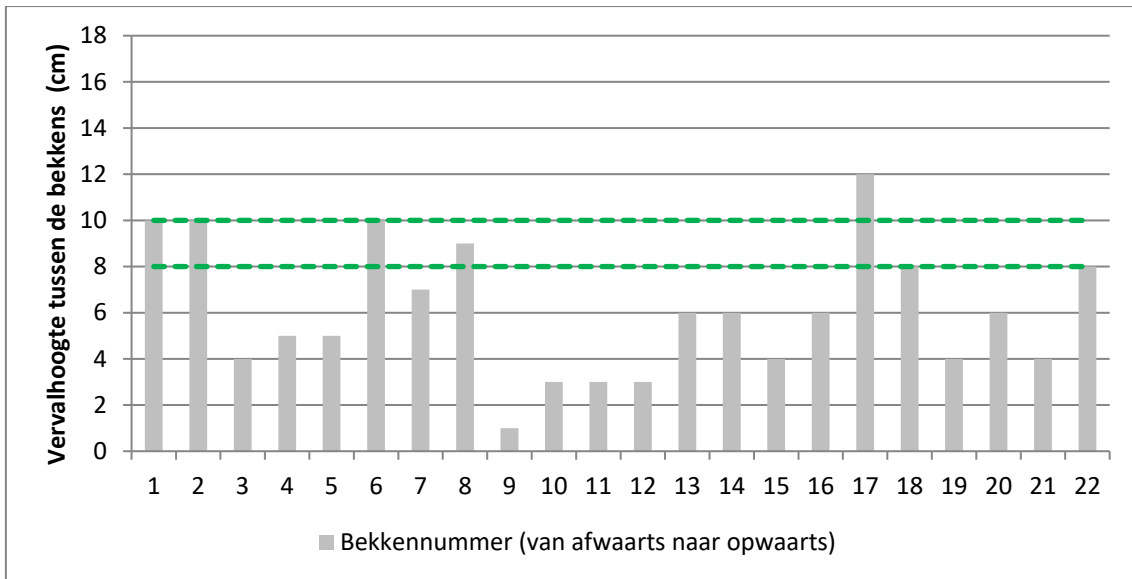
#### 4.4.2 Vistrap 4<sup>de</sup> Dijle-arm Leuven

##### 4.4.2.1 Vervalhoogtes tussen de opeenvolgende bekkens

De vistrap op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm ter hoogte van het sluispark in Leuven overbrugt met 23 drempels, opgebouwd uit grote rotsblokken met daartussen onregelmatige gevormde verticale sleuven ('slots'), een verval van in totaal 1,34 m dat door de stuw op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm aan het Sluispark wordt gecreëerd.

Het gemeten verval tussen de bekkens, opgemeten op 5 augustus 2020 bij basisdebiet (i.e. 4,47 m<sup>3</sup>/s daggemiddelde debiet te Sint-Joris-Weert – [waterinfo.be](http://waterinfo.be)), varieert tussen 1 cm en maximaal 12 cm. Met uitzondering van één drempel met een verval van 12 cm hebben alle andere drempels een verval van 10 cm of minder. De 22 drempels van de visdoorgang hebben een gemiddelde vervalhoogte van 6 cm.



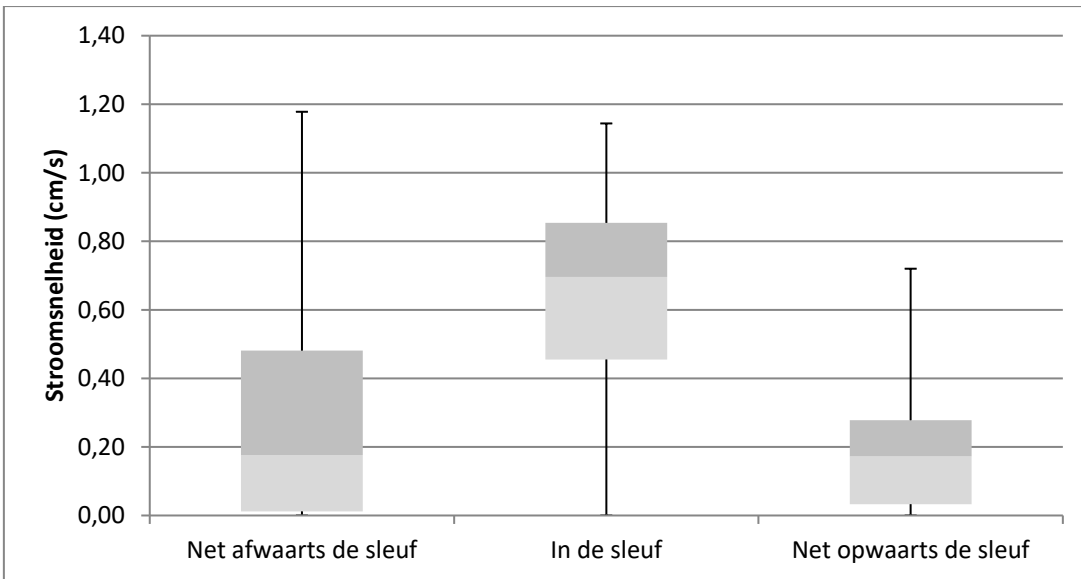


Figuur 63. Vervalhoogtes tussen de bekken (cm) van de vistrap in Leuven en met de gewenste ideale vervalhoogtes voor vertical-slot vispassages voor vissoorten en levensstadia met minder goede zwemcapaciteiten (tussen 8 en 10 cm, groene stippellijnen). Opgemeten op 5 augustus 2020 bij basisdebiet.

#### 4.4.2.2 Stroomsnelheden in verticale sleuven

De stroomsnelheden in de verschillende verticale sleuven van de vistrap in Leuven werden opgemeten op 5 augustus 2020 bij basisdebiet, met name bij een daggemiddelde debiet te Sint-Joris-Weert van 3,1 m<sup>3</sup>/s (waterinfo.be). Tussen de opeenvolgende bekken zijn doorgaans twee of drie sleuven aanwezig. Uitzonderlijk is er een vierde sleuf. De stroomsnelheden werden op 5 cm boven de bodem opgemeten (= 'snout velocity'), net afwaarts elke sleuf, in elke sleuf en net opwaarts van elke sleuf. Op deze punten worden respectievelijke gemiddelde stroomsnelheden van 0,27; 0,65 en 0,19 m/s en respectievelijk maximaal stroomsnelheden tot 1,18; 1,14 en 0,72 m/s gemeten. De mediane snelheden op deze punten bedragen respectievelijk 0,18; 0,70 en 0,17 m/s. Op- en afwaarts werden soms negatieve stroomsnelheden opgemeten ten gevolge van keerstromen. De gemeten stroomsnelheden zijn doorgaans het hoogst in de sleuven.





Figuur 64. Variatie in stroomsnelheden op drie meetpunten ter hoogte de sleuven van de vistrap in Leuven (een punt net afwaarts elke sleuf, een punt in elke sleuf en een punt net opwaarts van elke sleuf.) met aanduiding van de mediaan (-).

#### 4.4.3 Stuw Karel Van Lotharingen

De stroomsnelheden boven de Stuw Karel Van Lotharingen en in de vallende straal (Figuur 65) werden opgemeten bij een daggemiddelde basisdebiet van  $3,80 \text{ m}^3/\text{s}$  op 18 maart 2022.

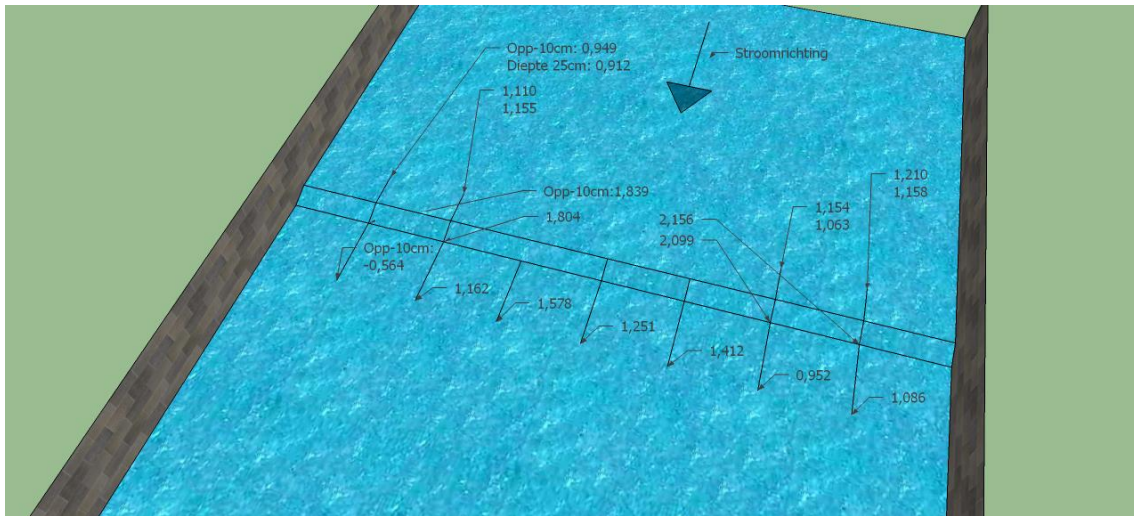


Figuur 65. Verval ter hoogte van de Stuw Karel Van Lotharingen.

##### 4.4.3.1 Stroomsnelheden bij basisdebiet

De exacte locatie van in totaal 15 meetpunten op en onder de stuw Karel Van Lotharingen en de bijhorende opgemeten stroomsnelheden (m/s) worden weergegeven in figuur 66. Over de volledige breedte van de stuw werden op zeven verschillende punten stroomsnelheden opgemeten in het vallend water. De stroomsnelheden variëren er, met uitzondering van één meetpunt, van 0,95 tot 1,6 m/s. In de hoek op rechteroever wordt omwille van de aanwezigheid

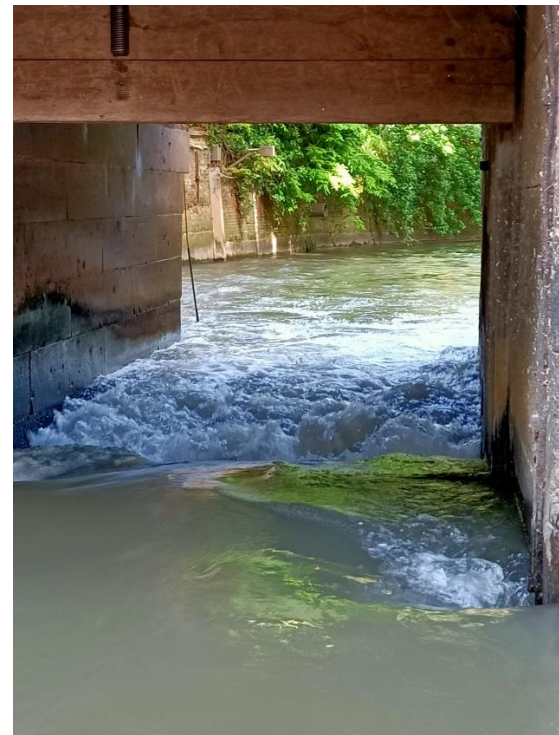
van een keerstroom een negatieve stroomsnelheid opgemeten. Bovenop de stuw konden op acht verschillende punten stroomsnelheden worden opgemeten: 4 punten op de rechteroever en 4 punten op de linkeroever. Op rechteroever varieerden de stroomsnelheden tussen 0,9 en 1,84 m/s en op linkeroever tussen 1,06 en 2,15 m/s.



Figuur 66. Opgemeten stroomsnelheden boven de Stuw Karel Van Lotharingen (8 meetpunten) en in het vallende water over de stuw over de volledige breedte van de Dijle (7 meetpunten) (links op figuur = rechteroever, rechts op figuur = linkeroever).

#### 4.4.4 Dijlemolens

De stroomsnelheden in de drie verschillende openingen van de Dijlemolens (Figuur 67) werden opgemeten bij een daggemiddelde basisdebiet van 3,35 m<sup>3</sup>/s op 9 mei 2022.



Figuur 67. Verval ter hoogte van de Dijlemolens (alle foto's van stroomopwaarts getrokken). Van links naar rechts en van boven naar onder: de Dijlemolens, de aangestorte opening op rechteroever, de opening op linkeroever en de middelste opening.

#### 4.4.4.1 Stroomsnelheid en verval bij verschillende debieten

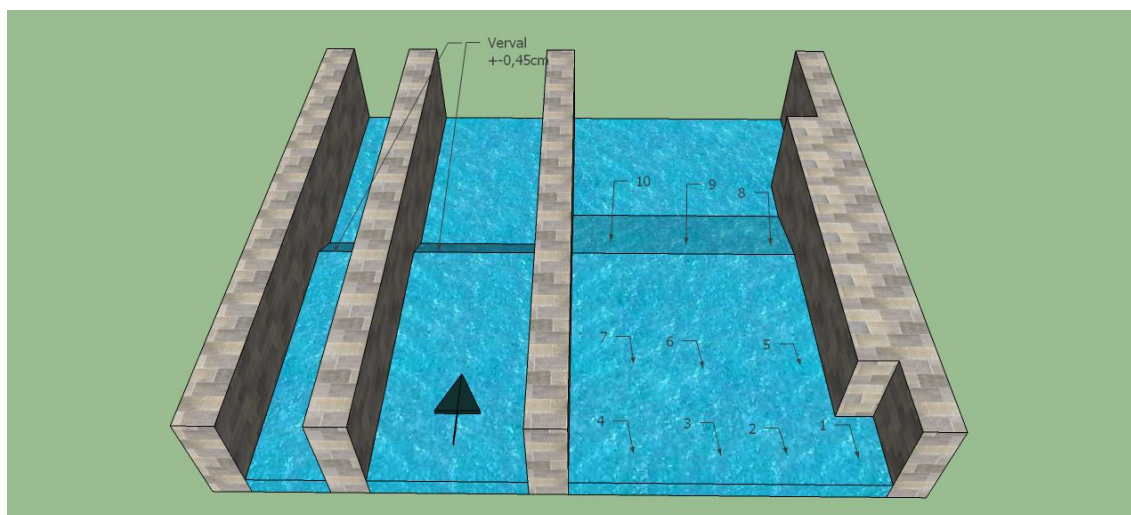
Het was de bedoeling om de stroomsnelheden in en het verval ter hoogte van de drie verschillende openingen van de Dijlemolens (Figuur 67) op te meten zowel bij basis- als bij verhoogd debiet. Op terrein bleek het uitvoeren van deze metingen niet zonder gevaar. Omwille van te hoge stroomsnelheden in de middelste opening en de smallere opening op linkeroever



konden de metingen onder de openingen niet al wadend worden uitgevoerd. Metingen van bovenaf, via de openingen in de vloer van het gebouw boven de Dijle, bleken praktisch niet mogelijk. Enkel in de stroomafwaarts met stortstenen aangestorte opening op rechteroever, de opening waarlangs ook de kajaks afvaren, konden op 9 mei 2022 bij een daggemiddelde basisdebiet van  $3,35 \text{ m}^3/\text{s}$  op tien verschillende punten stroomsnelheden worden opgemeten. De locatie van de tien punten worden weergegeven in figuur 68. De stroomsnelheden die op deze punten werden opgemeten worden weergegeven in tabel 20.

Door het 'knijpen' van de Dijle ter hoogte van de drie openingen wordt er een verval gecreëerd. Bij basisdebiet bedraagt het verval ter hoogte van de openingen op linkeroever en in het midden ongeveer 45 cm. In de aangestorte opening op rechteroever is het verval kleiner. Toch werden in de opening op rechteroever nog stroomsnelheden opgemeten tussen 0,5 en bijna 2 m/s. De hoogste stroomsnelheden treden op in het 'vallend' water net voor de zone met de stroomafwaartse aanstorting met stenen (i.e. net voor het ontstaan van het turbulente 'wit water'). Net boven de bodem worden stroomsnelheden opgemeten tussen 0,5 en 1,1 m/s (Tabel 20, Figuur 67 en 68). Door het grote verval en de daaruit voortvloeiende hoge stroomsnelheden in combinatie met de relatief 'gladde bodemplaten' ter hoogte van de twee andere openingen was het onmogelijk om de stroomsnelheden hier op te meten. We kunnen echter stellen dat de stroomsnelheden hier beduidend hoger zijn dan in de opening op rechteroever en dat de stroomsnelheid er heel waarschijnlijk hoger is dan 2 m/s ter hoogte van de meest kritische punten. De zone met turbulent wit water is hier ook heviger en langer. Beide openingen zijn daardoor zeer waarschijnlijk niet passeerbaar voor de vissoorten die nu in de Dijle voorkomen. Het is waarschijnlijker dat de vastgestelde stroomopwaartse vispassage via PIT- en akoestische telemetrische bij basisdebiet is gebeurd (vermoedelijk) via de aangestorte opening op rechteroever.

Bij verhoogd debiet is het verval ter hoogte van de 'knijpende Dijlemolens' nog veel hoger dan 45 cm waardoor het ook niet meer mogelijk is om stroomsnelheden op te meten in de opening op rechteroever. Het grotere verval bij verhoogd debiet resulteert automatisch in nog hogere stroomsnelheden, stroomsnelheden die bijna zeker tot meer dan 2 m/s zullen oplopen.



Figuur 68. Aanduiding van de tien meetpunten waar stroomsnelheden in de opening onder de Dijlemolens op rechteroever werden opgemeten bij een daggemiddelde basisdebiet van  $3,35 \text{ m}^3/\text{s}$  op 9 mei 2022.

Tabel 20. Opgemeten stroomsnelheden op twee verschillende dieptes in de met stortstenen aangestorte opening onder de Dijlemolens op rechteroever bij een daggemiddelde basisdebiet van 3,35 m<sup>3</sup>/s op 9 mei 2022.

Meetpunt	Stroomsnelheid (m/s)	
	5 cm onder wateroppervlak	5 cm boven bodem
1	0,512	0,45
2	0,684	0,616
3	0,732	0,622
4	0,862	0,755
5	1,189	0,86
6	1,114	1,089
7	1,189	1,056
8	1,402	0,179
9	1,684	-0,184
10	1,979	0,743



## 5 BESPREKING

### 5.1 VISGEMEENSCHAP IN DE DIJLE TUSSEN ROTSELAAR EN LEUVEN

Met gecombineerde onderzoekstechnieken werden in dit onderzoek (2020-2021) in totaal 30 vissoorten gevangen in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (Tabel 20). Het zijn vissoorten die tot verschillende ecologische gilden behoren, met name stromingsminnende, plantenminnende, generalistische en diadrome soorten maar ook enkele ongewenste uitheemse soorten. Minstens zes vissoorten zijn beschermd in Europa en/of Vlaanderen, het betreft biermpje, bittervoorn, gestippelde alver, (rivier)donderpad, rivierprik en vetje.

In het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRLW) werden er door het INBO tussen 2010 en 2020 ook verschillende elektrische visstandbemonsteringen uitgevoerd op verschillende locaties in de Dijle in Rostelaar (t.h.v. Kwellenberg en de samenvloeiing met de Demer) en in Leuven (t.h.v. Arenbergmolen, Dijlebrug-Aquafin, Dijlemolens, spoorweg). In Rotselaar werd er enkel in 2010 elektrisch gevestigd. Er werden toen 10 soorten gevangen. In Leuven werden in totaal 20 verschillende vissoorten gevangen bij visstandbemonsteringen in 2010, 2013, 2018 en 2019. Op beide locaties samen werden er tussen 2010 en 2020 in totaal 23 soorten genoteerd (<http://vis.inbo.be/>).

In vergelijking met de elektrische visstandbemonsteringen werden er in dit onderzoek zeven bijkomende vissoorten gevangen tussen Rotselaar en Leuven. Het betreft alver, Europese meerval, kolblei, pos, rivierprik, snoekbaars en zwartbekgrondel.



Tabel 21. Vergelijking van de vissoortensamenstelling in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven op basis van de vangsten met elektrovisserij i.f.v. de KRLW (2010-2020) en de vangsten met de verschillende onderzoekstechnieken toegepast in deze studie (2020-2021), met vermelding van hun ecologische gilde. Schuin vet gedrukte soorten zijn beschermd door de habitatrichtlijn (\*) en/of de wet op de riviervisserij (°).

Soort	Fuikbemonsteringen huidig onderzoek (2020-2021)	Elektrovisserij KRLW (2010-2020)	Ecologische gilde
1 alver	x		stroominnend
2 baars	x	x	eurytoop
3 <i>bermpje</i> °	x	x	stroominnend
4 <i>bittervoorn</i> **	x	x	planteninnend
5 blankvoorn	x	x	eurytoop
6 blauwbandgrondel	x	x	eurytoop/exoot
7 bot	x	x	stroominnend/eurytoop/diadroom
8 brasem	x	x	eurytoop
9 driedoornige stekelbaars	x	x	eurytoop
10 Europese meerval	x		eurytoop
11 <i>gestippelde alver</i> °	x	x	stroominnend
12 giebel	x	x	planteninnend/eurytoop
13 karper	x	x	eurytoop
14 kolblei	x		eurytoop
15 kopvoorn	x	x	stroominnend
16 paling	x	x	eurytoop/diadroom
17 pos	x		eurytoop
18 rietvoorn	x	x	planteninnend
19 <i>(rivier)donderpad</i> **	x	x	stroominnend
20 riviergrondel	x	x	stroominnend
21 <i>rivierprik</i> **	x		stroominnend/diadroom
22 serpeling	x	x	stroominnend
23 snoek	x	x	planteninnend/eurytoop
24 snoekbaars	x		eurytoop
25 tiendoornige stekelbaars	x	x	eurytoop
26 <i>vetje</i> °	x	x	planteninnend
27 winde	x	x	stroominnend
28 zeelt	x	x	planteninnend
29 zonnebaars	x	x	planteninnend/exoot
30 zwartbekgrondel	x		stroominnend/exoot

Analyse van de lengtefrequentiedistributies tonen dat er succesvolle reproductie is in het stroomgebied van de Dijle van tal van generalistische soorten maar ook van obligaat stroominnende soorten zoals kopvoorn, serpeling en gestippelde alver.

## 5.2 DE DIJLE ALS HOOFDMIGRATIEROUTE

De onderzoeksresultaten tonen dat de Dijle een belangrijke hoofdmigratieroute is en een verbindingsroute biedt voor verschillende zeldzame of beschermde diadrome (paling, rivierprik) en potamodrome (bermpje, bittervoorn, gestippelde alver, (rivier)donderpad, vetje) vissoorten.



Enkele van deze soorten kunnen als sleutelsoorten beschouwd worden omdat ze een belangrijke functionele rol vervullen in het ecosysteem. Potentieel komen daar in de toekomst nog andere soorten bij zoals zeeprík, zeeforel, ... . De attractiviteit en passeerbaarheid van de Dijle - en van de hoofdarm in het bijzonder - voor stroomopwaarts migrerende vissen in Leuven is gebaat met een zo natuurlijk mogelijk afvoerdebiet waarbij zo weinig mogelijk debiet wordt afgeleid. Een gunstige maatregel in die zin, die de waterbeheerder al eerder in voege heeft gebracht, is dat de voeding van de Vaart (Dijlekanaal Leuven – Mechelen) enkel nog gebeurt in functie van het faciliteren van scheepvaartversassingen en de daarbij optredende ‘waterverliezen’ in de verschillende panden op de Vaart. Ook het volledige debiet van de Voer wordt via de 4<sup>de</sup> arm richting de Dijle gestuurd.

Twee beheeropties moeten hier tegen elkaar afgewogen worden. Enerzijds heeft het reduceren van debiet naar de zijtakken, ter bevordering van de lokwerking van de hoofdloop, tot gevolg dat de belevingswaarde en ecologische potentie van die zijtakken onderbenut blijven. Anderzijds, als de huidige debietverdeling wordt behouden of gewijzigd, kan er ook voor worden geopteerd om de migratieknelpunten op de zijtakken weg te werken waardoor vissen via alle gekozen routes stroomopwaarts van Leuven kunnen migreren. Bijvoorbeeld als de Dijlemolens minder debiet moeten verwerken dan kan het tijdsvenster met voldoende gunstige hydraulische condities vermoedelijk vergroot worden, met name door meer water door de 1<sup>ste</sup> arm te leiden. Echter daardoor zal de lokwerking van de 1<sup>ste</sup> arm toenemen, waardoor het belang van het vispasseerbaar maken van de hier aanwezige stuw ook groter wordt.

### 5.2.1 Voor trekvissoorten of diadrome soorten

De drie aangetroffen diadrome vissoorten in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven (paling, bot en rivierprík) hebben lange afstanden afgelegd tussen hun voortplantings- en opgroeigebied en zijn indicatoren voor een verbeterde habitatconnectiviteit.

In een historische soortenlijst voor de Dijle door Vrielynck et al. (2003; *‘De visbestanden in Vlaanderen, Anno 1840-1950’*) werden twee anadrome soorten (steur en zalm) en twee katadrome soorten (paling en bot) opgenomen. De lijst met diadrome soorten moet minstens aangevuld worden met rivierprík. Zalm en steur zijn momenteel uitgestorven in het Scheldestroomgebied.

#### Rivier- en zeeprík

Sedert de eeuwwisseling worden rivierpríkken terug vaker waargenomen in (zij)rivieren in het Scheldestroomgebied, onder andere in de Bovenschelde (Asper, Oudenaarde), in de Zwalm (Munkzwalm), in de Kleine Nete (Grobendonk en Kasterlee) en in de Leie (Sint-Baafs-Vijve) (Buysse et al. 2003 & 2007; Baeyens et al. 2017; Stevens et al. 2009). Een eerdere vondst in het centrum van Leuven in 2012 (Van Aert, mondelinge mededeling) en de vangst tijdens dit onderzoek toont dat het niet is uitgesloten dat als de water- en habitatkwaliteit verder verbetert en de bovenlopen van de Dijle bereikbaar worden er zich in de toekomst een rivierpríkpopulatie vestigt in het Dijlebekken. Hetzelfde geldt mogelijk ook voor zeeprík al wordt de soort voor de Dijle niet vermeld in *‘De visbestanden in Vlaanderen, Anno 1840-1950’* door Vrielynck et al. (2003). Zeeprík was vroeger nochtans een veelvoorkomende soort in het nabijgelegen Demerbekken (Vrielynck et al. 2002). De vangst van twee zeepríkken in de Demer in Diest in 2014 (Pauwels et al., 2014) toont dat er potentieel misschien ook zeeprík de Dijle kan optrekken tot aan de vistrap in Rotselaar en verder tot voorbij Leuven.





### 5.2.2 Voor potamodrome soorten

Ook voor de potamodrome vissoorten in het Dijle stroomgebied is het belangrijk dat ze niet onder knelpunten vast komen te zitten. Bij de meeste zoetwatersoorten is de migratie echter beperkt tot hetzelfde bekken en bevinden het voortplantings- en opgroei-habitat zich in dezelfde rivier. Hierbij maken ze gebruik van het microhabitat in de hoofdgeul en/of van het habitat in neven- of zijlopen in het overstromingsgebied. Aangezien niet elk habitat in een rivier even geschikt is als leefgebied, komen vissen dikwijls gegroepeerd voor in de meest geschikte zones. In de minder geschikte zones daarentegen zijn de dichtheden meestal minder groot. In een natuurlijk systeem staan de subpopulaties in de geschikte zones van het bekken met elkaar in verbinding en kan genetisch materiaal uitgewisseld worden. Een systeem van subpopulaties die met elkaar in verbinding staan is een metapopulatie. De uitwisseling van genetisch materiaal is essentieel voor het voortbestaan van een soort op lange termijn (Stevens et al., 2012). Migratieknelpunten belemmeren dan ook de uitwisseling van genetisch materiaal tussen de metapopulaties en verhogen de kans op (lokaal) uitsterven van een soort (Fagan, 2002; Hughes et al., 2009; Raeymaekers et al., 2007). Vooral soorten met een beperkte migratiecapaciteit zoals bv. de (rivier)donderpadpopulatie in de Dijle zijn gevoelig voor isolatie door migratiebarrières.

## 5.3 WATERVERVUILING EN VISSTERFTE

Wanneer een soort uit een rivierbekken verdwijnt door bv. algemene en aanhoudende watervervuiling, kan het bekken na verloop van tijd opnieuw gekoloniseerd worden vanuit een naburig bekken. Dit is alleen mogelijk indien zowel de stroomop- als stroomafwaartse migratie niet gehinderd wordt door migratieknelpunten.

Het belang hiervan werd in juli 2021 nog maar eens duidelijk geïllustreerd. Door de extreme neerslag en wateroverlast zorgde een combinatie van het overstorten van ongezuiverd rioolwater en het afsterven van organisch materiaal in overstroomde gebieden en wachtbekkens er voor dat er ernstige zuurstoftekorten optraden met vissterfte in het Demer- en Dijlebekken tot gevolg. De Demer werd van Lummen tot Werchter op korte tijd quasi zuurstofloos. De vervuiling verplaatste zich snel stroomafwaarts doorheen de Dijle tot in de Rupel en de Zeeschelde. Er werd melding gemaakt van een systeemcrash waarbij op korte tijd de zuurstofhuishouding volledig ontregeld werd. Opvallend veel grote exemplaren van o.a. Europese meerval, karper, winde, kopvoorn, paling, snoek, enz... werden dood aangetroffen. De Dijle deelde vermoedelijk ook in de klappen. Minder dan een jaar later (in april 2022), werd er in functie van het eerder vermelde doctoraatsonderzoek van INBO i.s.m. de UGent opnieuw dagelijks gemonitord met de vistrapfuij in Rotselaar en werd er ook gedurende twee dagen elektrisch gevestig in de Dijle tussen Werchter en de turbine van Rotselaar. Met beide onderzoekstechnieken werden er heel weinig vissen gevangen. Er werd vastgesteld dat er op dat ogenblik in de rivier voornamelijk grotere individuen aanwezig waren van een beperkt aantal soorten (brasem, karper, gibel, winde en kopvoorn). We vermoeden dat dit allemaal optrekkende (grotere) dieren waren uit de benedenrivieren en dat er van een lokale populatie nog maar weinig te bespeuren viel, ook al kunnen we dit niet hard maken met vergelijkbare bemonsteringen van de voorbije jaren. Deze waarnemingen zijn mogelijk eveneens het gevolg van de hierboven aangehaalde systeemcrash uit de zomer 2021 waarvan de visgemeenschap zich zal moeten herstellen.

## 5.4 PASSEERBAARHEID VISTRAPPEN

De lage efficiëntie in vispasseerbaarheid van veel bestaande vistrappen voor potamodrome soorten en niet-zalmachtige diadrome soorten wordt gerapporteerd door o.a. Mallen-Cooper & Brand (2007), Noonan et al. (2011) en Foulds & Lucas (2013). Silva et al. (2020) stellen dat dit het resultaat is van de beperkte financiering die beschikbaar is om onderzoek te ontwikkelen dat op dergelijke soorten is gericht, vanwege hun lagere economische waarde voor de commerciële visserij en de hengelsport in vergelijking met zalmachtigen.

Echter, om in de toekomst te kunnen voldoen aan de doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water [Richtlijn 2000/60/EG, 2000] wordt door de VMM de noodzaak erkend om 'best practice' vismigratiefaciliteiten te bouwen die doorgang voorzien voor een breed scala aan soorten en grootteklassen. In de wetenschappelijke literatuur wordt dit benoemd als 'multi-species' vismigratiefaciliteiten of visdoorgangen die voor alle soorten passeerbaar zijn (Marriner et al., 2016; Thiem et al., 2012; Lucas et al., 2000; Foulds & Lucas 2013).

Dit betekent per definitie dat door de visdoorgang in Rotselaar alle in het stroomgebied aanwezige soorten, adulten maar ook bepaalde jongere levensstadia, moeten kunnen passeren. Specifiek voor de Dijle betekent dit dus een dertigtal vissoorten. Daarbij zijn soorten waarvan gekend is dat ze (veel) minder goede zwemcapaciteiten hebben in vergelijking met zalmachtigen of grotere stroomminnende soorten (bv. kopvoorn, serpeling), het gaat dan bijvoorbeeld over driedoornige stekelbaars, (rivier)donderpad, adulte rivierprik, jongere levensstadia van paling (glasaal- en elver), juveniele bot, etc.

Voor de passage van de minder goede zwemmers mag in meer technische vispassages, zoals V-vormige bekkenvistrappen met stortstenen (Rotselaar) of bekkenvistrappen met grote stoorstenen (Leuven) het verval per bekken niet te groot zijn. Bij het ontwerpen van multi-species vispassages is de 'peilsprong' of het verval tussen de opeenvolgende bekkens of kamers één van de belangrijkste ontwerpcriteria. De peilsprong heeft direct effect op de stroomsnelheid en de turbulentie. Een grote peilsprong leidt tot hoge stroomsnelheden over drempels of in doorzwemopeningen en tot teveel turbulentie in de vispassage. Vissoorten met minder goede zwemcapaciteiten en kleine vissen kunnen de vispassage dan niet passeren. In de Nederlandse handleiding van Coenen (2013) gaat men voor laaglandbekken zelfs uit van een maximale peilsprong van 8 cm in bekkervispassages en van 5 of 6 cm in technische vispassages (Coenen 2013). In Vlaanderen ontwerpt het Waterbouwkundig Laboratorium i.s.m. het INBO vispassages op de bevaarbare waterlopen die aan volgende criteria voldoen:

- Voor V-vormige bekkenvistrappen wordt gesteld dat het toelaatbare fysieke verval per bekken voor laaglandrivieren ligt tussen de 10 en 12 cm.
- Voor vertical-slot vispassages wordt gesteld dat het toelaatbare fysieke verval per bekken/slot ligt tussen de 8 en 10 cm (Visser et al., 2020).

De in dit onderzoek opgemeten peilsprongen in de V-vormige bekkenvistrap in Rotselaar werden getoetst aan de 10 tot 12 cm toelaatbare vervallen per bekken. De bekkenvistrap met grote stoorstenen in Leuven heeft vergelijkbare hydraulische eigenschappen als vertical-slot vispassages en de gemeten peilsprongen werden daarom getoetst aan de 8 tot 10 cm toelaatbare vervallen per bekken. Het gemeten verval tussen de bekkens in Rotselaar varieert tussen 5 cm en maximaal 16 cm en in Leuven tussen 1 en maximaal 12 cm (bij basisdebiet). Het verval per drempel ligt zowel in Rotselaar als in Leuven relatief goed tussen de richtlijnen voor maximale afwijking van circa 5 cm. Enkel het verval over drempels nr. 5 en nr. 13 (= 16 cm) in

Rotselaar ligt aan de hoge kant, maar is ons inziens nog net aanvaardbaar, gezien de passage van een breed scala aan soorten en lengteklassen doorheen de volledige vistrap. In Leuven hebben alle drempels een verval van 10 cm of minder met uitzondering van één drempel met een verval van 12 cm. Zowel in Rotselaar als in Leuven zijn er ook een aantal drempels die een laag verval hebben. Dit is voor de passeerbaarheid uiteraard geen probleem maar kan er voor gezorgd hebben dat het verval op bovenvermelde drempels wat hoger is geworden aangezien het totale verval over de gehele vispassage nog steeds moet worden gehaald.

In Rotselaar en Leuven passeerden tijdens het onderzoek in totaal respectievelijk 10000 en 1961 vissen. Met uitzondering van een beperkt aantal soorten zijn er zowel juveniele als adulte individuen van de verschillende vissoorten gepasseerd. In Rotselaar passeerden er verschillende jaarklassen van o.a. blankvoorn, kopvoorn, riviergrondel en bermpje. Naast enkele adulte rivierprikken en palingen trokken er daarnaast ook vooral jonge jaarklassen van bot, paling, serpeling en rietvoorn door de vistrap. In Leuven passeerden er verschillende jaarklassen van de verschillende dominant aanwezige soorten blankvoorn, kopvoorn, riviergrondel, gestippelde alver en paling.

Via akoestische telemetry en toevallige waarnemingen werd aangetoond dat er, zoals vermoed, heel wat terugkeergedrag is bij de vistrapfuisen en dat de vangsten in feite een onderschatting zijn van het werkelijke aantal vissen dat de vistrappen passeert.

Tijdens het onderzoek werd herhaaldelijk vastgesteld dat de verticale sleuven van de vistrap door burgers werden dichtgemaakt met grote stenen. Op die momenten werd stroomopwaartse vismigratie verhinderd. Om dit in de toekomst te voorkomen is sensibilisatie van bezoekers via bv. info-borden en regelmatige inspectie van de sleuven aan te bevelen.

De detecties van enkele adulte akoestische gezenderde individuen tonen dat de ongeveer 388 m lange vistrap met 20 drempels in Rotselaar snel kan genomen worden. De snelste passagetijd voor een blankvoorn, een kopvoorn en een snoek bedroeg respectievelijk 1u26, 1u59 en 1u33.

De metingen van de werkelijke stroomsnelheden en de aangetoonde passage van nagenoeg alle aanwezige soorten uit verschillende grootteklassen bevestigen de goede passeerbaarheid van beide vistrappen. De enkele drempels met relatief hogere vervallen vormen geen probleem voor de passeerbaarheid. Door de grilligheid van de breukstenen drempels en de V-vorm zijn er voldoende zones boven de drempel waar lagere stroomsnelheden heersen dan de gemiddelde snelheid. De laagste stroomsnelheden worden in Rotselaar vaakst gemeten op punten vlak bij beide oevers met gemeten minima van respectievelijk 0,25 en 0,16 m/s. De stroomsnelheden zijn doorgaans het hoogst meer naar het midden van de V toe (met een maximaal gemeten stroomsnelheid van 1,4 m/s en gemiddelde stroomsnelheden van 0,9 m/s). In Leuven treden de hoogste stroomsnelheden op net afwaarts en in de slots/sleuven met respectievelijk maximaal gemeten stroomsnelheden van 1,2 en 1,1 m/s. De gemiddelde stroomsnelheden bedragen er respectievelijk 0,3 en 0,7 m/s. Op- en afwaarts van de sleuven werden soms negatieve stroomsnelheden opgemeten ten gevolge van keerstromen.

De meest opwaartse drempel van de vistrap in Rotselaar is in tegenstelling tot alle andere drempels een gladde houten drempel. Een grotere ruwheid van deze drempel is wenselijk voor de passeerbaarheid ervan, in het bijzonder voor (rivier)donderpad. De soort is vermoedelijk (nog) niet zeer talrijk aanwezig in de Dijle t.h.v. Rotselaar maar ze wordt weldegelijk aangemeld als aanwezig stroomop- en stroomafwaarts in de Dijle. Ze werd in dit onderzoek tijdens beperkte schietfuisbemonsteringen éénmalig gevangen in de turbinekom en ook tijdens eerdere bemonsteringen door INBO in Leuven i.h.k.v. KRLW-bemonsteringen (<http://vis.inbo.be/>). (Rivier)Donderpad werd echter niet gevangen tijdens de zeer uitgebreide monitoring van de



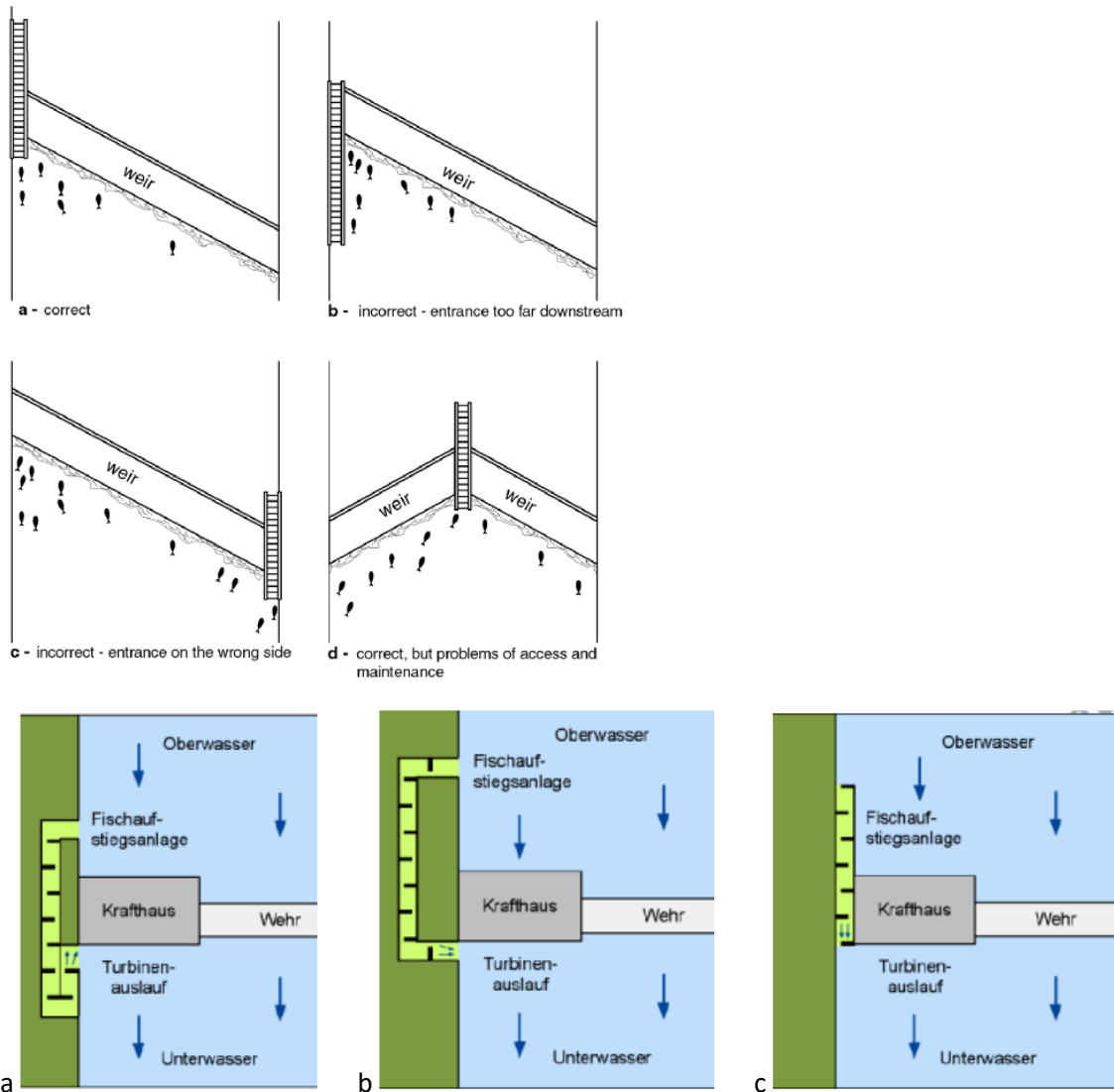
vistrap. In een (rivier)donderpadpopulatie zijn vermoedelijk mobiele en minder mobiele individuen aanwezig (Knaepkens et al., 2004). Knaepkens et al. (2006; 2007) toonden in twee wetenschappelijke evaluatiestudies van V-vormige bekkenvistappen aan dat de passeerbaarheid voor bodemsoorten beperkt of zelfs nihil waren door onvolkomenheden in twee visdoorgangen. In de Laarse Beek werd een bekkenvistrap met zeven betonnen V-vormige overlaten geëvalueerd (Knaepkens et al. 2006). De meeste bekkens en overlaten werden aangestort met stenen. In de twee meest stroomopwaarts gesitueerde bekkens was de steenbestorting ondermaats en was er geen steenbestorting aanwezig tegen de overlaten zowel stroomop- als stroomafwaarts. Hun studie toonde aan dat geen enkele (rivier)donderpad er in slaagde om de bovenste twee drempels te passeren ten gevolge van kritische stroomsnelheden over deze drempels. Om uitputting van vissen te vermijden, moet de stroomsnelheid in de visdoorgang niet groter zijn dan de kruissnelheden van de migrerende vissoorten (= een inspanning of zwemsnelheid die ze gedurende langere tijd kunnen volhouden). In de Daelemansloop werd de passage van (rivier)donderpad doorheen een V-vormige bekkenvistrap met 3 drempels en 2 bekkens bestudeerd (Knaepkens et al. 2007). Voor (rivier)donderpad kon ook hier geen passage aangetoond worden wat de onderzoekers deed besluiten dat de stroomsnelheden over de drempels vermoedelijk te hoog waren. De stroomopwaartse passeerbaarheid van de meest opwaartse en enige houten drempel in Rotselaar kan eenvoudig verhoogd worden door de houten drempel afwaarts (en eventueel ook opwaarts) onder een lichte helling aan te storten met stortstenen en de houten drempel als het ware om te vormen tot een ruwere stortstenen drempel. Door het creëren van deze grotere ruwheid wordt de drempel beter passeerbaar gemaakt voor (rivier)donderpad. Vermoedelijk kunnen nog een beperkt aantal andere soorten en/of grootteklassen met mindere zwemcapaciteiten van deze aanpassing profiteren, bijvoorbeeld glasalen en elvers.

## 5.5 ATTRACTIVITEIT VISTRAPPEN

In functie van de attractiviteit van vistrappen is de ruimtelijke inplanting en oriëntering van de monding een belangrijk aandachtspunt. Er bestaan twee typen:

- Parallele monding: een uitstroom die parallel is aan de hoofdstroom en logischerwijs best direct naast het knelpunt (migratielimietzone) ligt (= meest opwaartse ontsnappingspunt);
- Loodrechte monding: een uitstroom die loodrecht (90°) of onder een hoek op de hoofdstroom staat om een lokstroom over een zo breed mogelijk deel van de hoofdstroom te realiseren.

De vispassages in Rotselaar en Leuven hebben een loodrechte monding. Uit experimentele proeven met vissen door het 'Institut für angewandte Ökologie', publicaties en overleg met internationale experts, Dr. Alexander Haro, Research ecologist and fish behavior expert bij de USGS (United States Geological Survey), en Dr. Beate Adam, Institut für angewandte Ökologie, blijkt dat bij ontwerp duidelijk de voorkeur moet gegeven worden aan parallelle mondingen zoals geïllustreerd in onderstaande figuren (DWA, 2014; Larinier, 2002a).



Figuur 69. Schetsen van correcte en incorrecte inpassing van vispassage mondingen in volgens Larinier (2002) (boven) en volgens de 'Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.' (DWA, 2014) (onder).

Het ontwerp van de parallelle monding gaat uit van het principe dat vissen zoeken naar het meest opwaarts gelegen ontsnappingspunt en niet geneigd zijn om af te wijken van de hoofdstroomrichting (schriftelijke communicatie met Dr. Beate Adam). Daarnaast kunnen zijdelingse stromingen leiden tot complexe en daarmee verwarrende stromingspatronen. Ook is het moeilijk om met een loodrechte monding de volledige migratielimietzone te bereiken (Visser et al., 2020). DWA (2014) geeft voor mondingsvarianten gelegen tussen parallel en loodrecht een richtlijn voor de maximale hoek van de monding ten opzichte van de hoofdloop van 30° tot maximaal 45°.

Door de loodrechte monding van de vispassages in Rotselaar en Leuven en bijkomend doordat de monding in Rotselaar relatief veraf gelegen is van de turbine hebben beide vispassages vermoedelijk een suboptimale attractiviteit.

## Rotselaar

Voor minstens 10000 vissen was de vispassage in Rotselaar attractief. Er passeerden verschillende jaarklassen van o.a. blankvoorn, kopvoorn, riviergrondel en biermpje. Naast enkele adulte rivierprikken en palingen trokken er daarnaast ook vooral jonge jaarklassen van bot, paling, serpeling en rietvoorn door de vistrap. We kunnen echter met zekerheid stellen dat het totale aantal van 10000 vissen in werkelijkheid nog hoger was. Zowel visueel als met behulp van akoestische telemetrie werd terugkeergedrag van enkele individuen ter hoogte van de vistrapfuij vastgesteld. Vissen die de laatste drempel passeren kunnen afgeschrikt worden door de fuik en vervolgens in de voorkamer van de fuik nog rechtsomkeer maken. Hoe omvangrijk dit 'terugkeergedrag' was kon niet gekwantificeerd worden.

In Rotselaar kon de parallelle monding wegens bebouwing op de rechteroever niet gerealiseerd worden. Een loodrechte monding kan dan als een soort 'back-up' optie worden toegepast als de monding relatief veraf gelegen is van het migratieknelpunt (turbine). Hierbij wordt de stroom dan vaak enigszins geknepen en wordt het lokstroomdebiet zo gekozen dat de lokstroom over zo goed als de volledige breedte van de hoofdstroom voelbaar is (Kroes et al., 2005; Meersschaut et al., 1998). De situering van de lokstroom van de vispassage ten opzichte van de waterstroom die van de turbine komt, alsook de sterkte van de lokstroom zijn onderwerp van een doctoraatsonderzoek van INBO i.s.m. de UGent. In dit onderzoek wordt de relatie tussen de lokstroom en visgedrag onderzocht. De doctoraatsstudent onderzoekt het visgedrag met akoestische telemetrie, waardoor de verplaatsingen van de gezenderde vissen in 2-D gevolgd worden, zodat de bewegingen en het zoekgedrag van de gezenderde vissen in de molenkom tot op een meter precies in kaart gebracht kunnen worden. Op basis van het onderzoek kunnen in de toekomst mogelijks aanbevelingen gegeven worden over een eventuele optimalisatie van de attractiviteit van de vispassage in Rotselaar.

De resultaten van de monitoring met flottangs en de vistrapfuij uit glasaalnetsfof tonen dat jonge palingen (i.e. glasalen en elvers) zich stroomopwaarts van Rotselaar willen verspreiden in het stroomgebied van de Dijle op zoek naar geschikt leefgebied om op te groeien. Deze stroomopwaartse dispersie is heel gespreid en begint vermoedelijk al in maart en duurt t.e.m. oktober. De allerlaatste elvers werden in Rotselaar zelfs gevangen tot begin november. Deze stroomopwaartse dispersiebewegingen zijn anders dan de gerichte stroomopwaartse voortplantingsmigratie van bijvoorbeeld de karperachtigen of van rivierprik. Vergelijking van de gelijktijdig gerealiseerde vangstaantallen van paling in de vistrap met de vangstaantallen van jonge paling in de twee flottangs in de turbinekom heeft aangetoond dat de aantallen onder de vaste stuw in de turbinekom vaak hoger waren dan in de vistrap. Tijdens een korte periode van ons onderzoek waarin de turbine niet operationeel was (in augustus 2020), had de vistrap een tijdelijk verhoogde attractiviteit wat resulteerde in opvallend hogere vangsten in de vistrap in vgl. met de flottangs. De vistrap lijkt de stroomopwaartse migratie langs de turbine maar voor een deel van de optrekkende glasalen en elvers te faciliteren. De vindbaarheid van de vispassage is voor glasaal en elver vermoedelijk anders dan bijvoorbeeld voor karperachtigen. Daarom zal er, naar aanleiding van de resultaten uit dit onderzoek, in 2022 een experiment opgestart worden met een extra migratiefaciliteit voor jonge paling onder de vorm van een palinggoot die in de turbinekom net stroomafwaarts van de vaste stuw (Figuur 70) geplaatst wordt. Net voor het ter perse gaan van dit rapport werd de paling/glasaalgoot op 8 april 2022 door INBO gerealiseerd in samenwerking met de beheerder van de turbine, VMM en ANB. De effectiviteit van deze palinggoot wordt in 2022 door INBO onderzocht.



Figuur 70. Met een palinggoot (april 2022) in de turbinekom, net stroomafwaarts van de vaste stuw, wordt onderzocht of jonge paling naast de vistrap ook via een tweede migratiefaciliteit om de turbine in Rotselaar kan geleid worden.

## Leuven

Gelet op de vangst van bijna 2000 vissen in de vistrap in de zomer (i.e. buiten het paaimigratieseizoen) van dominant aanwezige karperachtigen (blankvoorn, kopvoorn, riviergrondel, gestippelde alver) en op de vangst van diadrome soorten als paling en zelfs bot en rivierprik toont aan dat er na de aangepaste debietverdeling met de Vaart er vanuit de hoofdam van de Dijle heel wat vissen en vissoorten in relatief hoge aantallen de 4<sup>de</sup> arm opzwellen tot in de vistrap en verder stroomopwaarts. Dit betekent echter ook dat het stroomopwaarts gelegen knelpunt ter hoogte van de Ursulinensluis moet gesaneerd worden i.f.v. verdere stroomopwaartse vismigratie.

De Voer werd op de prioriteitenkaart voor sanering van vismigratieknelpunten aangeduid als een aandachtwaterloop. Een timing voor het wegwerken van de knelpunten op de Voer in de toekomst is wenselijk.

Aangezien er in Leuven geen vistrapfuijk uit glasaalnetstof werd gebruikt konden de jonge jaarklassen van paling (elvers) niet efficiënt gevangen worden. Vermoedelijk werden er daarom slechts 2 heel kleine palingen gevangen van 12 en 16 cm.

## Gestippelde alver

De 4<sup>de</sup> arm en de vistrap in het bijzonder hebben bovendien een opmerkelijk hoge attractiviteit voor de in Vlaanderen zeer zeldzame gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*) (Figuur 71). Van oudsher maakt de gestippelde alver deel uit van de inheemse visfauna in het stroomgebied

van de Maas (Vrielynck et al. 2003). In Wallonië is de soort algemeen in het stroomgebied van o.a. de Ourthe en de Semois. In Vlaanderen was tot nu enkel een reproducerende populatie van gestippelde alver gekend in de Berwijn (Voerstreek) (Van Gils et al., 2001; Van Thuyne et al., 2005). De hoge aantallen uit verschillende jaarklassen die werden gevangen in de vistrap in Leuven zijn een duidelijke aanwijzing dat de soort zich in het Dijle-stroomgebied succesvol voortplant en er zich een populatie heeft gevestigd in en rond de vistrap op de 4<sup>de</sup> Dijle-arm in Leuven. De gestippelde alver is een vis die in scholen zwemt. Hij komt vooral voor in heldere, matig tot sterk stromende wateren in de barbeel- en vlagzalmzone. Alhoewel er ook op zandig substraat gepaaid wordt, is de gestippelde alver hoofdzakelijk een grindpaaier (Beekman & Van Emmerik, 2007). De vistrap in Leuven biedt met zijn stenig substraat en trajecten met verhoogde stroomsnelheden gunstige habitatstructuren en micro-condities voor gestippelde alver. De vistrap biedt dus met andere woorden een aantrekkelijk leefgebied voor de soort. Potentieel wordt de vistrap gebruikt als paaihabitat maar daar zijn vooralsnog geen bewijzen van. De paaijstijd loopt van mei tot juli waarbinnen vrouwtjes meerdere malen kunnen paaien. Het paaien gebeurt in kleine groepjes boven grindbanken. De jonge dieren groeien op in de oeverzone (<https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/gestippelde-alver>). Via de monitoring van de vistrap werd er dus aangetoond dat er nu ook in het stroomgebied van de Schelde gestippelde alver voorkomt. De herkomst van de dieren is vooralsnog onbekend. Mogelijk kan genetisch onderzoek meer duidelijkheid brengen omtrent de herkomst. De gestippelde alver geniet volledige bescherming door de wet van 1 juli 1954 op de riviervisserij.



Figuur 71. Adulte gestippelde alver gevangen in de vistrap op de 4<sup>de</sup> arm van de Dijle in Leuven-centrum.

## 5.6 PASSEERBAARHEID POTENTIELE KNELPUNTEN IN LEUVEN

### 5.6.1 **V-vormige drempels ter hoogte van de monding van de 4<sup>de</sup> arm**

Evaluatie van de passeerbaarheid van de V-vormige drempels ter hoogte van de monding van de 4<sup>de</sup> arm in de hoofdarm maakte slechts onrechtstreeks deel uit van de onderzoeksdoelstellingen. De vangst van bijna 2000 vissen van soorten als blankvoorn, kopvoorn, riviergrondel, gestippelde alver en vooral ook van diadrome soorten als paling en zelfs bot en rivierprik tonen dat de drempels tenminste voor een deel van de visgemeenschap passeerbaar zijn. De drempels, die ongeveer 150 meter stroomafwaarts van de vistrap





gesitueerd zijn, zijn immers met zekerheid in stroomopwaartse richting genomen door de diadrome soorten.

## 5.6.2 Stuw Karel Van Lotharingen en Dijlemolens

### Aangetoonde passage via het PIT telemetrie-onderzoek

Er werd stroomopwaartse passage langs beide kunstwerken aangetoond van in totaal 242 vissen en negen verschillende vissoorten (baars, blankvoorn, gibel, karper, kopvoorn, paling, rietvoorn, riviergrondel en serpeling). In werkelijkheid zijn er echter meer dan 242 vissen gepasseerd. Tijdens de dagelijkse laadfase van de batterijen van het PIT-detectiestation aan de Dijlemolens was de antenne gedurende een beperkt aantal uur per dag niet operationeel. Vissen die tijdens de laadfase over de antenne passeerden werden niet gedetecteerd. Gelet op het aantal detecties dat tijdens migratiepiekperiodes vóór en na elke laadfase werd gedaan kan nagenoeg met zekerheid gesteld worden dat er nog getagde vissen onopgemerkt zijn gepasseerd.

De paaimigratie van karperachtigen wordt o.a. getriggerd door gevoelige watertertemperatuurstijgingen in het voorjaar. Tussen 25 maart en 6 april 2021, een periode waarin de watertemperatuur snel met enkele graden steeg, werden er in Rotselaar 2125 vissen gevangen, hoofdzakelijk blankvoorn en riviergrondel maar ook kopvoorn, serpeling, baars, bierpje, ... . De individuen die groot genoeg waren kregen op dat moment een PIT tag ingeplant. Er werd beslist om tijdens deze paaimigratieperiode de getagde individuen te transporteren naar en uit te zetten in de Dijle in Leuven ter hoogte van de Vaartstraat, dit is stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens. Vervolgens zijn er tussen 30 maart en 5 april 2021 minstens 94 getagde vissen op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens gepasseerd, goed voor bijna 39% van het totaal aantal succesvolle passanten over/door beide potentiële knelpunten. De data/tijdstippen van detectie op de antenne stroomopwaarts van de Dijlemolens, met name kort na uitzetting, tonen dat tenminste een deel van de getransloceerde dieren vrijwel onmiddellijk verder stroomopwaarts trokken en vlot zijn gepasseerd ter hoogte van beide kunstwerken.

Er werd passage van soorten met verschillend zwemgedrag aangetoond bij basisdebiet van de Dijle in Leuven (i.e. bij een daggemiddelde basisdebiet < 4 m<sup>3</sup>/s in de Dijle berekend te Sint-Joris-Weert – waterinfo.be). Verschillende jaarklassen van de pelagisch zwemmende blank- en kopvoorn zijn gepasseerd. Omdat enkel grote benthische riviergrondels getagd konden worden werden er uitsluitend adulte grondels gedetecteerd. Ook de succesvolle passage van o.a. relatief kleine baars (13 cm), kopvoorn van (12 cm), rietvoorn (14 cm) en serpeling (16 cm) toont de passeerbaarheid van beide kunstwerken aan bij basisdebiet.

Omdat de benthische soorten (rivier)donderpad en bot niet konden getagd worden kan er geen uitspraak gedaan worden omtrent de passeerbaarheid van beide kunstwerken voor beide soorten. (Rivier)Donderpad heeft geen zwemblaas waardoor de Stuw Karel Van Lotharingen, die niet onder een zachte helling kan benaderd worden, mogelijks moeilijk passeerbaar is.

### Aangetoonde passage via het akoestische telemetrie-onderzoek

Drie akoestisch gezenderde blankvoorns werden vanuit Rotselaar getransloceerd en uitgezet ter hoogte van de Vaartstraat in Leuven, stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens. Deze blankvoorns werden uiteindelijk ook stroomopwaarts van Leuven gedetecteerd ter hoogte van de Celestijnenlaan waarbij ze dus met zekerheid de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens in Leuven zijn gepasseerd.

////////////////////////////////////

Een van deze blankvoorns passeert 's avonds de Stuw Karel Van Lotharingen zonder daarbij vertraging op te lopen maar het dier verblijft vervolgens wel 19 dagen in de hoofdarm van de Dijle tussen de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens waarbij het op verschillende dagen een aantal keer 'gedetecteerd' wordt stroomafwaarts van de Dijlemolens. Ondanks dat het dier heel gemotiveerd lijkt om tijdens zijn paaiperiode stroomopwaarts te trekken lijkt het wel te aarzelen om onder de Dijlemolens door te zwemmen. Mogelijk vormen de hogere stroomsnelheden en turbulenter zone aan de Dijlemolens een gedragsbarrière voor sommige individuen. Uiteindelijk passeert dit dier wel de Dijlemolens in opwaartse richting.

De tweede blankvoorn passeert ook relatief vlot aan de Stuw Karel Van Lotharingen (wordt er continu twee en een half uur gedetecterd alvorens uit het 'detectiebereik' te verdwijnen). Daarna duurt het ook bij dit individu heel lang alvorens het aan de Dijlemolens passeert. Tweeëntwintig dagen later wordt het éénmalig gedurende een minuut lang gedetecteerd stroomafwaarts van de Dijlemolens om daarna opwaarts ervan te worden gedetecteerd.

De passage van de derde blankvoorn aan beide kunstwerken werd om onduidelijke redenen op cruciale receiverlocaties niet goed gedetecteerd. Aan de Stuw Karel Van Lotharingen is het dier wel gepasseerd maar niet gedetecteerd. Eenenvetig dagen later wordt het dier gedetecteerd stroomafwaarts van de Dijlemolens. Ook bij de passage van de Dijlemolens wordt het signaal niet opgepikt door de receiver net stroomopwaarts ervan. Door gebrek aan enkele cruciale detecties op strategische locaties kunnen geen conclusies getrokken worden omtrent hoe 'vlot' dit dier is gepasseerd aan beide kunstwerken.

### **Passage bij verschillende debieten**

De paaimigratie van karperachtigen wordt o.a. getriggerd door gevoelige watertertemperatuurstijgingen in het voorjaar. Deze temperatuurstijgingen zijn steeds het gevolg van zonnige droge(re) periodes en de paaimigratie gebeurt dus doorgaans bij het basisdebiet dat kenmerkend is voor Dijle in het voorjaar. Zoals reeds vermeld werd er succesvolle paaimigratie langs beide kunstwerken vastgesteld bij een daggemiddelde basisdebiet  $< 4 \text{ m}^3/\text{s}$  in de Dijle berekend te Sint-Joris-Weert (waterinfo.be).

De stroomopwaartse migratie van rivierprik vanuit het mariene milieu naar de rivieren start, in tegenstelling tot de karperachtigen, verschillende maanden voor het tijdstip van paaien en varieert met de breedtegraad, de temperatuur en de waterafvoer (Stevens et al., 2011). De volledige zoetwatermigratie bestaat uit drie tot vier fasen: pre-paaimigratie, zich ophouden, een kortere tweede migratie die eindigt in paaien (Clemens et al., 2010) en uiteindelijk sterven na het paaien (Johnson et al., 2015). In Noord- en West-Europa zit er een grote temporele spreiding op de paaimigratie van rivierprik (Stevens et al., 2011). De resultaten van verschillende INBO studies tonen aan dat de volledige stroomopwaartse zoetwatermigratie van rivierprikken in het Scheldestroomgebied (oa. de Bovenschelde en de Leie) tussen oktober/november en april/mei plaatsvindt (Buysse & Coeck, 2014). Prikken worden vaak aangetrokken door verhoogde debieten op weg naar hun paaigronden, daarom is hun aanwezigheid stroomopwaarts in het stroomgebied gecorreleerd met debiet (Arakawa et al., 2019, Clemens et al., 2017, Moser et al., 2015). Daarom werd rivierprik, waarvan al eerdere waarnemingen werden gedaan in de Dijle, als doelsoort voor toepassing van akoestische telemetrie vooropgesteld. De vangstaantallen van rivierprik in de vistrap in Rotselaar en in schietfuiken stroomafwaarts van Rotselaar waren echter laag. Er kon slechts één prik gezenderd worden. Dit dier leverde i.h.k.v. de passeerbaarheid van beide kunstwerken geen informatie op. Bijgevolg kon de vispasseerbaarheid van beide kunstwerken bij verhoogd debiet niet aangetoond worden met de toegepaste telemetrische technieken. Daarom werden in dit onderzoek ook



stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd t.h.v. beide kunstwerken zowel bij een basis- als een verhoogd debiet in de Dijle in Leuven.

### **Stroomsnelheden t.h.v. beide kunstwerken bij basisdebiet**

De stroomsnelheden die ter hoogte van beide kunstwerken bij basisdebiet werden opgemeten zijn op veel punten hoger dan 1 m/s en op een aantal punten boven de stuw zelfs hoger dan 2 m/s. Doch, onder deze basisdebiet-omstandigheden werd met PIT- en akoestische telemetrie vispassage vastgesteld ter hoogte van beide kunstwerken. Gelet op de gemeten stroomsnelheden kunnen we stellen dat de hydraulische condities voor passage van vissoorten met minder goede zwemcapaciteiten en juveniele levensstadia eerder suboptimaal zijn en met beheermaatregelen geoptimaliseerd moeten worden.

Ter hoogte van de twee niet aangestorte openingen van de Dijlemolens zijn de stroomsnelheden ter hoogte van de meest kritische punten waarschijnlijk hoger dan 2 m/s. De zone met zeer turbulent wit water is hier ook heviger en langer. Beide openingen zijn daardoor zeer waarschijnlijk niet passeerbaar voor de vissoorten die nu in de Dijle voorkomen. Gezien de negatieve hydraulische condities is het waarschijnlijk dat de vastgestelde stroomopwaartse vispassage via PIT- en akoestische telemetrische bij basisdebiet is gebeurd via de aangestorte opening op rechteroever.

### **Stroomsnelheden t.h.v. beide kunstwerken bij verhoogd debiet**

Bij verhoogd debiet kunnen geen stroomsnelheidsmetingen worden uitgevoerd met de middelen die INBO heeft. Bij verhoogd debiet is het verval ter hoogte van de 'knijpende Dijlemolens' nog aanzienlijk hoger dan het verval van 45 cm dat bij basisdebiet werd opgemeten waardoor het zeer waarschijnlijk is dat de stroomsnelheden bij verhoogd debiet boven de 2 m/s uitstijgen. De hydraulische condities die daarbij ontstaan zijn niet optimaal en kunnen vispassage van minder goede zwemmers en juveniele levensstadia verhinderen. Bij verhoogd debiet heeft het pand stroomafwaarts van de Stuw Karel Van Lotharingen vermoedelijk ook een ander peil waardoor het verval vergroot of verkleint en de passeerbaarheid respectievelijk negatief of positief beïnvloed wordt. Dit moet geverifieerd worden.

### **Passagekansen voor anguilliforme vissoorten**

Omwille van hun specifieke anguilliforme voortbeweging hebben zowel rivierprik als paling niet de sterkste zwemcapaciteiten. Daarenboven en in tegenstelling tot paling heeft rivierprik geen borstvinnen waardoor zij minder stabiel zijn in hydraulisch complexere situaties (Griffioen & Winter 2014). Doch, het zwemvermogen en het gedrag van individuele volwassen Europese paling en rivierprik werd in labo-condities onderzocht door Russon & Kemp (2011). Beide soorten bewogen stroomopwaarts tegen snelheden die varieerden tussen 1,75 en 2,12 m/s, wat volgens de onderzoekers wijst op een groter maximaal zwemvermogen dan eerder gemeld. Daarenboven lieten experimenten met rivierprikken bij stuwen zien dat rivierprikken hun bek kunnen gebruiken om tijdelijk te rusten tijdens het passeren van de barrières. Het gebruik van de bek om positie te houden werd groter naarmate het debiet groter werd (Kemp et al. 2011). Prikken hebben de neiging om langs de muren en de bodem te migreren, hier zijn de stroomsnelheden mogelijk lager en hebben ze de mogelijkheid om zich vast te zuigen (Kemp et al. 2011, Russon et al. 2011). Prikken lijken minder succesvol te passeren bij barrières bij stroomsnelheden van 1,5 m/s, hoewel sommige kunnen passeren bij 1,7 m/s (Kemp et al. 2011). Andere studies laten passage met stroomsnelheden van 1,1 tot 1,3 m/s (Laine et al. 1998) en zelfs 1,75 tot 2,12 m/s zien (Russon & Kemp 2011). De extreme inefficiëntie van twee conventionele vispassage voor rivierprik werd gemeld door Foulds & Lucas (2013) en zij



veronderstellen dat dit te onder andere te wijten is aan de hydraulische condities in de vispassages.

### **Mitigerende maatregelen**

Al naargelang de mogelijkheden kan de vispasseerbaarheid van de Dijlemolens op verschillende manieren verbeterd worden.

- De meest wenselijke oplossing in functie van stroomopwaartse vismigratie is, net zoals bij de opening op de rechteroever, de stroomafwaartse aanstorting van de twee niet vispasseerbare openingen onder de vorm van een stortstenen-helling. Bijkomend dienen enkele grotere stoorstenen willekeurig geplaatst te worden op de drie bodemplaten onder de Dijlemolens (dus ook onder de vispasseerbare opening). Deze stortstenen verhogen de passeerbaarheid bij basisdebiet en zijn zeker nodig bij verhoogd debiet. De stoorstenen bieden schuilmogelijkheden en rustzones. Specifiek gebruiken rivierprikken hun bek om tijdelijk te rusten tijdens het passeren van moeilijk(er) passeerbare barrières. Het gebruik van de bek om positie te houden wordt groter naarmate het debiet groter wordt. Prikken hebben de neiging om langs de muren en de bodem te migreren, hier zijn de stroomsnelheden mogelijk lager en hebben ze de mogelijkheid om zich vast te zuigen op de bodem achter een stoorsteen. Met deze maatregelen worden de Dijlemolens over de volledige breedte vispasseerbaar.
- Indien de bodemplaat op rechteroever niet voorzien kan worden van stoorstenen (bv. omwille van kajak afvaarten) dan kan bekeken worden of de grote stenen die aangestort zijn afwaarts van de opening op rechteroever, bij droog zetten van de hoofdarm van de Dijle, niet kunnen verplaatst worden naar de middelste opening en de opening op linkeroever (manueel of met een kraan). Op de bodemplaten ter hoogte van deze twee openingen kunnen dan de stoorstenen geplaatst. Op deze manier wordt de kajak afvaart onder de opgetrokken schuif op rechteroever niet gehinderd door stoorstenen.
- De waterbeheerder kan ook de mogelijkheid bestuderen tot herverdelen van het debiet tussen de hoofdarm (Dijlemolens) en de parallelle 1<sup>ste</sup> arm (stuw). Als de Dijlemolens minder debiet moeten verwerken dan kan het tijdsvenster met voldoende gunstige hydraulische condities mogelijks vergroot worden. Echter daardoor zal de lokwerking van de 1<sup>ste</sup> arm toenemen, waardoor het belang van het vispasseerbaar maken van de hier aanwezige stuw groter wordt.



## 6 BESLUIT

Anno 2020-2021 komen er in de Dijle tussen Rotselaar en Leuven in totaal minstens 30 vissoorten voor.

De drie in Leuven aangetroffen diadrome vissoorten, paling, bot en rivierprik zijn een indicatie van een verbeterde habitatconnectiviteit. De Dijle vormt daardoor terug een belangrijke migratie- en verbindingroute voor verschillende algemene maar ook zeldzame en/of beschermde potamodrome en diadrome vissoorten naar stroomopwaarts gelegen (potentiële) leef- en voortplantingsgebieden.

Obligaat stroomminnende soorten zoals kopvoorn, serpeling en gestippelde alver planten zich succesvol voort in het Dijle-stroomgebied.

Op basis van de vangst van hoge aantallen gestippelde alver in de vistrap in Leuven met individuen van verschillende jaarklassen kan de soort voor het eerst en als nieuw aangemeld worden als reproducerende populatie in het Dijle-stroomgebied en als uniek in het Scheldestroomgebied. Vanuit de Dijle kan in eerste instantie vermoedelijk ook het Demer-stroomgebied gekoloniseerd worden in de toekomst.

Tijdens de onderzoeksperiode, die verschillend was voor de vistrap in Rotselaar en in Leuven, werden in totaal respectievelijk 10000 en 1961 vissen gevangen. De vangst van soorten en individuen uit verschillende grootteklassen met goede en minder goede zwemcapaciteiten toont de goede passerbaarheid van beide vistrappen aan. Stroomsnelheidsmetingen bij basisdebiet tonen dat er nergens extreme waarden worden gemeten en dat er zowel over de drempels als in de sleuven van beide vistrappen voldoende zones zijn waar vissen vlot kunnen passeren. Naast de stroomsnelheden voldoen ook de minimale doorzwemdiptes en –breedtes in beide vistrappen om vlotte passage te garanderen. De doelstelling van de waterbeheerder om op beide locaties ‘multi-species’ vismigratie toe te laten werd bereikt. Voor de meest stroomopwaartse V-vormige houten drempel in Rotselaar worden aanbevelingen gegeven om de passerbaarheid ervan te optimaliseren voor bodemmigrerende soorten zoals (rivier)donderpad.

Op basis van de monitoring met kunstmatige substraten ('flottangs') kunnen we stellen dat de attractiviteit van de vispassage in Rotselaar voor jonge paling vermoedelijk lager is dan bijvoorbeeld voor karperachtigen. Naast de vistrap kan een bijkomende palinggoot in de turbinekom in Rotselaar de passage van jonge paling extra faciliteren.

Met behulp van telemetrische onderzoeksmethodes (PIT- en akoestische telemetrie) kon stroomopwaartse vispassage langs de Stuw Karel Van Lotharingen en de Dijlemolens aangetoond worden. Bij basisdebiet van de Dijle in Leuven passeerden minstens 245 getagde vissen en negen verschillende vissoorten (baars, blankvoorn, giebel, karper, kopvoorn, paling, rietvoorn, riviergrondel en serpeling) beide kunstwerken in stroomopwaartse richting. Niettegenstaande voorzichtigheid geboden is om conclusies te trekken op basis van het gedrag van slechts drie akoestisch gezenderde blankvoorns die in Leuven zijn gepasseerd werd wel vastgesteld dat ze lang lijken te aarzelen om onder de Dijlemolens door te zwemmen. Vermoedelijk vormen de hydraulische condities onder de Dijlemolens, met name de hogere stroomsnelheden en turbulenter zone, een (tijdelijke) gedragsbarrière voor sommige individuen. Uiteindelijk passeren ze wel alle drie langs de Dijlemolens in stroomopwaartse richting. Alle getagde individuen (PIT en akoestisch) migreerden stroomopwaarts bij basisdebiet,



hoofdzakelijk tijdens het paaiseizoen. Met telemetrische methodes kon er geen vispassage worden geregistreerd bij (sterk) verhoogd debiet van de Dijle. Omdat er nauwelijks rivierprik en geen (rivier)donderpad en bot (de laatste twee zijn benthische soorten) kon getagd worden kan er geen uitspraak gedaan worden omtrent de passeerbaarheid van beide kunstwerken voor deze soorten. Gelet op o.a. de gemeten stroomsnelheden ter hoogte van beide kunstwerken kunnen we stellen dat de hydraulische condities voor passage van vissoorten met minder goede zwemcapaciteiten en juveniele levensstadia eerder suboptimaal zijn bij basisdebiet. Bij verhoogd debiet veranderen de hydraulische condities, waardoor de passeerbaarheid van de vispasseerbare opening onder de Dijlemolens negatief beïnvloed wordt. Met technische ingrepen en/of beheermaatregelen kan stroomopwaartse vispassage ter hoogte van beide kunstwerken geoptimaliseerd worden.

Evaluatie van de passeerbaarheid van de V-vormige drempels ter hoogte van de monding van de 4<sup>de</sup> arm in de hoofdarm maakte slechts onrechtstreeks deel uit van de onderzoeksdoelstellingen. De vangst van bijna 2000 vissen van soorten als blankvoorn, kopvoorn, riviergrondel, gestippelde alver en vooral ook van diadrome soorten als paling en zelfs bot en rivierprik tonen dat de drempels tenminste voor een deel van de visgemeenschap passeerbaar zijn. De drempels, die ongeveer 150 meter stroomafwaarts van de vistrap gesitueerd zijn, zijn immers met zekerheid in stroomopwaartse richting genomen door de diadrome soorten.



## Referenties

- AMBER Consortium (2020). The AMBER Barrier Atlas. A Pan-European database of artificial instream barriers. Version 1.0 June 29th 2020. <https://amber.international/european-barrier-atlas/>
- Arakawa H., Ichion E., Nakano M., Yanai S. (2019). Factors that affect Arctic Lampreys' ascent behavior on fishway weirs. *J. Rainwater Catchment Syst.*, 25 (2019), pp. 15-21.
- Baeyens, R., Buysse, D., Demaerteire, N., Pieters, S., Robberechts, K., Gelaude, E., Pauwels, I., Vandamme, L., Vermeersch, S., Van Wichelen, J. & Coeck, J.(2017). Evaluatie van de vismigratie door de visdoorgangen van de Kleine Nete in Grobbendonk en Kasterlee. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (40). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Baras, E., & Jeandrain, D. (1998). Evaluation of surgery procedures for tagging eel *Anguilla anguilla* (L.) with biotelemetry transmitters. *Hydrobiologia*, 371/372, 107–111.
- Beekman, J., Van Emmerik, W.A.M. (2007). Kennisdocument 3: Gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*). Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij/Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Belletti B, de Leaniz CG, Jones J, et al. 2020. More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature* 588: 436–441.
- Buysse D., Martens S., Baeyens R. & Coeck J. (2003). Onderzoek naar de migratie van vissen tussen Boven-Zeeschelde en Bovenschelde Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud. IN.R.2004.02.
- Buysse D., Baeyens R., Martens S., Coeck J. (2007). Evaluatie van de visnevengeul langs de Ter Biestmolen in de Zwalm in Nederzwalm. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2007 (INBO.R.2007.49). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Buysse D. Coeck J. (2014). Advies over het concept van temporele vismigratie om vismigratieknelpunten te saneren. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Adviezen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek; nr. INBO.A.3016.
- Clemens B.J., Binder T.R., Docker M.F., Moser M.L., Sower S.A. (2010). Similarities, differences and unknowns in biology and management of three parasitic lampreys of North America. *Fisheries*, 35 (2010), pp. 580-594.
- Clemens B.J., Beamish R.J., Kelly C.C., Docker M.F., Dunham J.B., Gray A.E., Hess J.E., Jolley J.C., Lampman R.T., McIlraith B.J., Moser M.L., Murauskas M.G., Noakes D.L.G., Schaller H.A., Schreck C.B., Starceвич S.J., Streif B., van de Wetering S.J., Wade J., Weitkamp L.A., Wyss L.A. (2017). Conservation challenges and research needs for Pacific Lamprey in the Columbia River Basin. *Fisheries*, 42 (2017), pp. 268-280
- Coenen, J., M. Antheunisse, J. Beekman & M. Beers (2013). Handreiking Vispassages in Noord-Brabant. Waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas & waterschap Brabantse Delta.
- Collen B, Whitton F, Dyer EE, et al. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecol Biogeogr* 23: 40–51.



DWA. (2014). M509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. ISBN 9783942964913. 336 pp.

Fagan, W.F. (2002). Connectivity, fragmentation, and extinction risk in dendritic metapopulations. *Ecology* 83: 3243-3249.

Foulds, W.L.; Lucas, M.C. (2013). Extreme inefficiency of two conventional, technical fishways used by European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*). *Ecol. Eng.* 2013, 58, 423–433.

Griffioen A.B. & Winter H.V. (2014). Merk-terugvangst experiment rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) bij Kornwerderzand. IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies, Wageningen UR. Rapport C044/14. 26 pp.

Hughes, J.M., Schmidt, D.J. Finn, D.S. (2009) Genes in streams: using DNA to understand the movement of freshwater fauna and their riverine habitat. *Bioscience* 59, 573-585.

Johnson, N.S., Buchinger, T.J., Li, W. (2015). Reproductive ecology of lampreys, in: Docker, M.F. (Ed.), *Lampreys: biology, conservation and control*. Vol. 1. Fish and Fisheries Series, Vol. 37. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 265–303.

Kemp PS, Russon IJ, Vowles AS, Lucas MC (2011). The influence of discharge and temperature on the ability of upstream migrant adult river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) to pass experimental overshot and undershot weirs. *River Research and Applications* 27:488-498.

Knaepkens, G., Bruyndoncx, L. & Eens, M. (2004). Assessment of residency and movement of the endangered bullhead (*Cottus gobio*) in two Flemish rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 13: 317–322.

Knaepkens G., Baekelandt K., Eens M. (2005). Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland River. *Ecology of freshwater fish* 2006; 15:20-29.

Knaepkens G., Maerten E., Eens M. (2007). Performance of a pool-and-weir fish pass for small bottom-dwelling freshwater fish species in a regulated lowland river. *Animal Biology*, Vol. 57, No.4, pp. 423-432.

Larinier, M., (2002a). Location of Fishways – Bull. Fr. Pêche Piscic. 364 suppl., 39-53. FAO. Boves, France.

Lucas, M.C.; Mercer, T.; McGinty, S.; Armstrong, J.D. Development and evaluation of a flat-bed pass. In *Advances in Fish Telemetry*; Moore, A., Russell, I., Eds.; CEFAS: Suolk, UK, 2000; pp. 117–127.

Mallen-Cooper, M.; Brand, D.A. (2007). Non-salmonids in a salmonid fishway: What do 50 years of data tell us about past and future fish passage? *Fish. Manag. Ecol.* 2007, 14, 319–332.

Marriner, B.A.; Baki, A.B.; Zhu, D.Z.; Cooke, S.J.; Katopodis, C. The hydraulics of a vertical slot fishway: A case study on the multi-species Vianney-Legendre fishway in Quebec, Canada. *Ecol. Eng.* 2016, 90, 190–202.

Meersschaut, Y., Verbiest, H., De Charleroy, D., (1998). Ontwerp van vistrappen en nevengeulen als vispassages voor de stuwen te Asper, Oudenaarde en Kerkhove. Deel 1 – tekst en tabellen. Deel 2 – figuren. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Waterbouwkundig





Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek en Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Antwerpen, België.

Moser, M.L., Almeida, P.R., Kemp, P.S., Sorensen, P.W., (2015). Lamprey spawning migration, in: Docker, M.F. (Ed.), *Lampreys: biology, conservation and control*. Vol. 1. Fish and Fisheries Series, Vol. 37. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 215–263.

Noonan, M.J.; Grant, J.W.A.; Jackson, C.D. (2011). A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish Fish*. 2011, 13, 450–464.

Postic-Puivif, A., Albert, F., Buard, E., (2015). *Cellule Migrateurs, rapport des actions 2014. Programme d'actions 2012-2015 pour la sauvegarde et la restauration des poissons migrateurs amphihalins sur les bassins Charente et Seudre*. EPTB Charente, Groupement des fédérations de pêche du Poitou-Charentes. CREAA, p. 118.

Raeymaekers, J.A.M., Maes, G.E., Geldof, S., Hontis, I., Nackaerts, K., Volckaert, F.A.M. (2007). Zwemmend DNA: genmigratie als graadmeter voor de impact van migratieknelpunten op riviervissen. *Water*, 29, 52-55.

Russon IJ, Kemp PS (2011) Experimental quantification of the swimming performance and behaviour of spawning run river lamprey *Lampetra fluviatilis* and European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 78:1965-1975.

Russon IJ, Kemp PS, Lucas MC (2011) Gauging weirs impede the upstream migration of adult river lamprey *Lampetra fluviatilis*. *Fisheries Management and Ecology* 18:201-210.

Sabater S, Bregoli F, Acuña V, et al. 2018. Effects of human-driven water stress on river ecosystems: a meta-analysis. *Sci Rep-UK* 8: 11462.

Silva AT, Bermúdez M, Santos JM, Rabuñal JR, Puertas J. Pool-Type Fishway Design for a Potamodromous Cyprinid in the Iberian Peninsula: The Iberian Barbel—Synthesis and Future Directions. *Sustainability*. 2020; 12(8):3387.

Stevens, M., Van den Neucker, T., Mouton, A., Buysse, D., Martens, S., Baeyens, R., Jacobs, Y., Gelaude, E., & Coeck, J. (2009). *Onderzoek naar de trekvissoorten in het stroomgebied van de schelde*. (Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek; Nr. INBO.R.2009.9). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Stevens M., Van den Neucker T., Gelaude E., Baeyens R., Jacobs Y., Mouton A., Buysse D. & Coeck J. (2011). *Onderzoek naar de trekvissoorten in het Schelde-estuarium. Voortplantings- en opgroei-habitat van rivierprik en fint*. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (14). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Stevens M., Coeck M., Maximova T., Verwaest T. (2012). *Passeerbaarheid van de 's Hertogenmolens voor vissen in de Demer*. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012 (69). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Thiem, J.D.; Binder, T.R.; Dumont, P.; Hatin, D.; Hatry, C.; Katopodis, C.; Stamplecoskie, K.M.; Cooke, S.J. Multispecies fish passage behaviour in a vertical slot fishway on the Richelieu River, Quebec, Canada. *River Res. Appl.* 2012, 29, 582–592.

Vandamme L., Van Wichelen J., Pauwels I., Auwerx J., Vught I., Buysse D., Baeyens R., De Maerteleire N., Gelaude E., Picavet B., Pieters S., Robberechts K. & Coeck J. (2017). *Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het*



visstandbeheer. Onderzoeksprogramma visserij 2016. Eindrapport. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (1). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Vandamme L., Van Wichelen J., Steendam C., Brys R., Pauwels I., Auwerx J., Buysse D., Baeyens R., De Maerteleire N., Gelaude E., Pieters S., Robberechts K., Vermeersch S. & Coeck J. (2020). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserijbeleid en het visstandbeheer. Onderzoeksprogramma visserij 2019. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (49). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Vandamme L., Pauwels I., Verhelst P., Buysse D., Steendam C., De Maerteleire N., Gelaude E., Pieters S., De Dapper T., Baeyens R., Wackenier M., Auwerx J., Vermeersch S. & Coeck J. (2021). Wetenschappelijke onderbouwing en ondersteuning van het visserij-beleid en het visstandbeheer: Onderzoeksprogramma visserij 2020 - eindrapport. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021 (66). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Gils, W., Baeyens, R., Martens, S., Coeck, J., Meire, P. (2001). Inventarisatie van de visfauna in het Vlaamse gedeelte van de Berwijn 2001. Onderzoek uitgevoerd aan het Instituut voor Natuurbehoud in samenwerking met Universitaire Instelling Antwerpen. Verslag Instituut voor Natuurbehoud, 2001.19.

Van Thuyne, G., Breine, J., Maes, Y. (2005). Visbestandopnames in het Maasbekken: de Voerstreek 2005 (Berwijn, Voer, Gulp, Veurs en Noorbeek). Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Hoeilaart-Groenendaal.

Van Wichelen J., Verhelst P., Buysse D., Belpaire C., Vlietinck K. & Coeck J. (2021). Glass eel (*Anguilla anguilla* L.) behaviour after artificial intake by adjusted tidal barrage management. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 249, 2021, 107127.

Verhelst PJ., Reubens J., Buysse D., Goethals P., Van Wichelen J., Moens T. (2021). Toward a roadmap for diadromous fish conservation: the Big Five considerations. Front Ecol Environ 2021; doi:10.1002/fee.2361.

Vermeersch, S., Baeyens, R., De Maerteleire, N., Gelaude, E., Pauwels, I., Pieters, S., Robberechts, K. & Coeck, J. (2016). Evaluatie van de vismigratie in de Dijle ter hoogte van de Bovenstuw in Mechelen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (14). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Visser, K.P.; Verelst, K.; Vercruyse, J.; Buysse, D.; Vanderkimpen, P.; Viaene, P.; Mostaert, F. (2020). Vispassage op de Leie te Sint-Baafs-Vijve: Hydraulisch ontwerp voor vergunningsaanvraag. Versie 4.0. WL Rapporten, 15\_036\_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vrielynck, S., Belpaire, C., Stabel, A., Breine, J., Quataert, P. (2003). De visbestanden in Vlaanderen anno 1840-1950. Een historische schets van de referentietoestand van onze waterlopen aan de hand van de visstand, ingevoerd in een databank en vergeleken met de actuele toestand. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Groenendaal-Hoeilaart



## Bijlage

De stroomsnelheden ter hoogte van de verschillende V-vormige stortstenen drempels van de vistrap in Rotselaar werd opgemeten op 1 juni 2021 bij basisdebiet, met name bij een daggemiddelde debiet te Wilsele van 3,41 m<sup>3</sup>/s.

	Stroomsnelheid (m/sec)						
	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7
<b>drempel 1</b>	0,00	0,59	0,56	0,61	0,00	0,32	0,92
<b>drempel 2</b>	0,67	0,73	0,90	0,77	0,79	0,74	1,43
<b>drempel 3</b>	0,68	0,89	1,18	1,03	1,35	0,73	1,40
<b>drempel 4</b>	0,60	0,90	1,07	1,11	0,16	0,80	1,35
<b>drempel 5</b>	0,92	0,92	0,63	1,04	1,14	0,41	0,80
<b>drempel 6</b>	0,68	0,80	0,93	1,10	0,98	0,60	1,42
<b>drempel 7</b>	0,37	0,61	1,24	1,23	1,07	0,80	1,57
<b>drempel 8</b>	1,00	1,06	1,10	1,15	1,02	0,93	1,56
<b>drempel 9</b>	0,61	1,06	1,06	1,33	1,07	0,63	1,60
<b>drempel 10</b>	0,61	1,03	1,25	0,85	1,34	0,71	1,45
<b>drempel 11</b>	0,65	0,59	0,71	1,16	1,02	0,49	1,66
<b>drempel 12</b>	0,70	0,40	0,57	0,89	0,88	0,45	1,55
<b>drempel 13</b>	0,65	1,01	0,95	0,99	1,03	0,45	1,56
<b>drempel 14</b>	0,43	0,77	1,03	0,87	0,82	0,37	1,20
<b>drempel 15</b>	0,58	0,60	0,94	0,63	0,75	0,55	1,33
<b>drempel 16</b>	0,52	0,63	0,82	1,09	0,67	0,37	1,90
<b>drempel 17</b>	0,25	0,67	0,95	0,66	0,56	0,62	1,39
<b>drempel 18</b>	0,48	0,98	0,90	0,88	0,74	0,51	1,80
<b>drempel 19</b>	0,75	0,52	0,87	0,87	1,25	0,51	1,38
<b>drempel 20</b>	0,67	0,80	0,85	0,52	0,38	0,34	1,39

