

---

Monitoren van vismigratie met behulp  
van een onderwatercamera  
– Evaluatie van het concept –  
Vistrap Boembekemolen, Zwalm

---

**Wijze van citeren:**

Zoeter Vanpoucke M. , Boets P., Poelman E. (2020). Monitoren van vismigratie met behulp van een onderwatercamera – Evaluatie van het concept – Vistrap Boembekemolen, Zwalm. 33p.

**Contactgegevens:**

Mechtild Zoeter Vanpoucke  
Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek  
Godshuizenlaan 95, 9000 Gent  
[mechtild.zoeter.vanpoucke@oost-vlaanderen.be](mailto:mechtild.zoeter.vanpoucke@oost-vlaanderen.be)

Pieter Boets  
Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek  
Godshuizenlaan 95, 9000 Gent  
[pieter.boets@oost-vlaanderen.be](mailto:pieter.boets@oost-vlaanderen.be)

## Inhoud

Inleiding.....	4
Fish counters.....	6
Het pilootproject .....	10
Constructie, plaatsing en ingebruikname .....	10
ICT-uitrusting en dataverbruik.....	12
Onderhoud.....	12
Video-opnames.....	14
Beëindiging van het pilootproject .....	15
Budget .....	15
Analyse van de beelden – “ <i>Migrator</i> ” software .....	16
Resultaten .....	17
Discussie resultaten – visbestand en vismigratie.....	21
Evaluatie pilootconcept.....	27
Referenties.....	30

## Inleiding

Vrije migratie vormt een belangrijk aspect in de levensloop van vissen. Vissen voeren zowel kleine als grote verplaatsingen uit wanneer ze op zoek gaan naar opgroei- en paaigebieden of bij hun zoektocht naar voedsel of schuilplaatsen (Coeck et al., 2000). Voor de ene soort is dit al belangrijker dan voor de andere, maar voor sommige soorten is vrije migratie een absolute noodzaak voor hun voortplanting. Dit kan over relatief beperkte afstanden gebeuren zoals bij de stroomminnende kopvoorn of serpeling die voor hun voortplanting op zoek gaan naar een geschikte paairiffel binnen de rivier of het bekken, (Kottelat en Freyhof, 2007) of over zeer lange afstanden zoals bij paling, die van zijn opgroeigebieden in de bovenloop van beken en rivieren migreert naar de Sargassozee om zich daar voort te planten. Juveniele palingen leggen dan opnieuw het omgekeerde traject af naar geschikte opgroeigebieden in zoet water (Van Wichelen et al., 2018). Wereldwijd, maar zeker ook in Vlaanderen zijn echter heel wat vismigratieknelpunten aanwezig. Menselijke kunstwerken zoals molens, stuwen, duikers en sluizen maken vrije vismigratie onmogelijk en hebben mede geleid tot de achteruitgang van een aantal soorten. (o.a. Marmulla et al., 2001). Om deze migratieknelpunten op te heffen kan men de natuurlijke staat van de waterloop herstellen in haar historische bedding, wat zelden mogelijk is door onder andere erfgoedkundige waarde, of een vispassage aanleggen. Dit laatste kan onder verschillende vormen en is, afhankelijk van de locatiespecifieke situatie, een relatief eenvoudige tot complexe bouwtechnische ingreep. Mits goed overleg en deskundig ontwerp van een passage, kan vrije vismigratie opnieuw gerealiseerd worden terwijl de historische functie, bijvoorbeeld molenactiviteit, gewaarborgd blijft.

Vanuit Europa werd met de kaderrichtlijn water (2000) opgelegd dat waterbeheerders verantwoordelijk zijn voor het oplossen van vismigratieknelpunten voor het behalen van de goede ecologische toestand. Het oplossen van deze knelpunten gebeurt in eerste instantie op basis van een selectie van prioritaire waterlopen voor vismigratie. In de Vlaamse Ardennen zijn onder andere de Zwalm en de Maarkebeek als prioritaire waterloop voor vismigratie aangeduid. Het heuvelachtige landschap bood destijds veel kansen voor de bouw van watermolens langs de beken. Bijgevolg zijn er in de regio heel wat historische molenstuwen aanwezig die stuk voor stuk een migratieknelpunt vormen of vormden. De waterbeheerder (VMM en dienst integraal waterbeleid van de provincie Oost-Vlaanderen) zet dan ook sterk in op het oplossen van migratieknelpunten en zal dit ook in de komende jaren blijven doen. Dit gebeurt op meerdere locaties met behulp van verschillende technische constructies. Om de werking van dergelijke technische constructie en de passage aan de vistrap in kaart te brengen, is monitoring nodig. Dergelijk onderzoek wil men met een zo efficiënt mogelijke tijdsbesteding en dus lage(re) personeelskost uitvoeren (zie ook Travade et al., 2002).

Aan de Boembekemolen op de Zwalm te Brakel werd reeds in 1995 een bekkentrap geïnstalleerd (Figuur 1). De werking van deze bekkentrap werd in 2017 onderzocht door Boets et al. (2017) met behulp van een op maat gemaakte fuik die stroomopwaarts van de vispassage werd geplaatst. Hierdoor is recente data over de werking van de vistrap en passage van de vissen voorhanden. Dit gebeurde echter op een arbeidsintensieve en tijdrovende manier met behulp van fuiken en elektrisch afvissen. Een traject net benedenstrooms van de vistrap werd de voorbije jaren jaarlijks afgevist. (Boets et al. 2017, Vanhauwere 2018, Zoeter Vanpoucke et al. 2020). Deze beschikbaarheid van zowel recente als historische data en de kennis dat deze vistrap behoorlijk werkt, maakte van deze bekkentrap de ideale locatie om een nieuwe onderzoeksmethode uit te testen en te vergelijken met eerder onderzoek.



*Figuur 1: Zicht in stroomafwaartse richting op de bekken trap aan de Boembekemolen. LINKS: overzichtsfoto van de locatie, RECHTS: detail van de bekken trap zelf.*

De zoektocht naar een alternatieve monitoringsmethode leidde ons naar de mogelijkheden van zogenaamde *fish counters* en (al dan niet geïntegreerde) camerasystemen die op basis van bewegingsdetectie passerende vissen automatisch registreren en tellen. Hierdoor komt de onderzoeker ook te weten op welke tijdstippen (in dag/maand/jaar) en dus ook bij welke omstandigheden migraties het meest gebeuren. Daarenboven geven de camerabeelden aanvullend ook informatie over het gedrag van de passerende vissen. Het is bijvoorbeeld bekend dat sommige vissoorten zoals bv. salmoniden bij helder water fuiken kunnen herkennen en gaan vermijden wat een vertekend beeld kan opleveren (Martin Kroes (KBTS) en Tim Vriese (ATKB), pers. comm.). Een systeem dat dit registreren en tellen automatisch en accuraat kan, kan dus een aanzienlijke tijds winst opleveren en kan de mogelijkheid bieden om meerdere locaties per jaar of zelfs simultaan te onderzoeken. Idealiter is er zo méér en bétere data beschikbaar over meer locaties en over een langere periode.

In dit pilootproject werd een cameraopstelling van Kroes consultancy/ Kroes Brugman *Technical Sollutions* (KBTS) en de bijhorende “Migrator” software gedurende drie maanden uitgebreid getest. Op basis van de opstelling werd nagegaan welke vissoorten de trap gebruiken, wanneer er eventuele pieken in migratie zijn, welke aantallen er in stroomopwaartse, dan wel in stroomafwaartse richting migreren, en of deze methode een geschikte automatisering van monitoring betreft. Via deze methode en bijhorende software is het ook de bedoeling dat soortherkenning mogelijk is zodat naast aantallen vissen en de zwemrichting ook soorten geïdentificeerd kunnen worden.

Voorliggend rapport begint met een overzicht van de beschikbare opties op vlak van *fish counters*, en duiding bij de uiteindelijke keuze voor dit systeem en deze partner waarmee het pilootproject werd uitgevoerd. Verder worden de resultaten van het onderzoek weergegeven alsook een evaluatie van de onderzoeksmethode en aanbevelingen en aandachtspunten voor toekomstig gelijkaardig onderzoek. De resultaten van de soortherkenning die in een latere fase geïntegreerd zal worden in de gebruikte “Migrator” software, worden verwacht in het najaar van 2020 en zullen later in een addendum gerapporteerd worden. Dan zullen naar alle waarschijnlijkheid ook de gecorrigeerde resultaten van de getelde aantallen in stroomop- en stroomafwaartse richting beschikbaar zijn. De aantallen die hier worden weergegeven zijn gebaseerd op de voorlopige resultaten die in november 2018 werden vrijgegeven.

## Fish counters

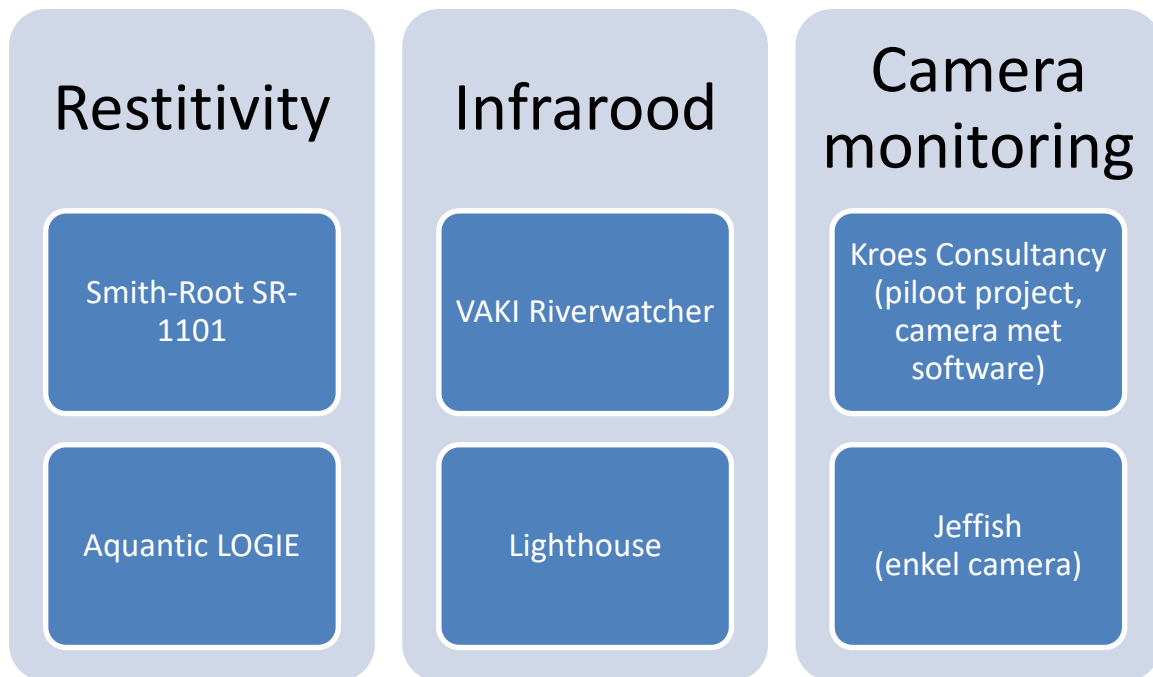
Vooraleer de keuze viel in zee te gaan met een bepaalde partner, werd op basis van een literatuurstudie en rondvraag de verschillende beschikbare opties onderzocht. Onder de noemer *fish counters* vinden we alle geautomatiseerde toestellen die passerende vissen tellen. Dit kan gaan van industriële installaties die aan zeer hoge snelheid de stock of opbrengst in aquacultuurbedrijven kunnen tellen (bv. de merken Calitry, Faivre of vele anderen), tot toestellen die in natuurlijke omgevingen op niet-invasieve wijze de passerende individuen tellen, de zwemrichting bepalen, er een beeld van vormen - al dan niet door een video-opname - en soms zelfs, met behulp van aanvullende software, identificeren tot op soortniveau.

Het grootste voordeel van het gebruik van *fish counters* in ecologisch onderzoek, ligt in de automatisering van het proces waardoor dit minder arbeidsintensief wordt en de stress voor de vissen gereduceerd wordt. Ze worden immers niet gevangen, noch op andere wijze gemanipuleerd. De vissen worden door een tunnel geleid die voldoende breed is waarin de counter geplaatst wordt. Zo wordt storende turbulentie vermeden en wordt de stroomsnelheid niet verhoogd door een te kleine opening. Wanneer ook een video-opname van de passerende individuen worden gemaakt, kan men bovendien ook meer leren over het gedrag van de dieren. Zo heeft men in het verleden bij gecombineerd onderzoek met zowel fuik als camera kunnen vaststellen dat bepaalde vissoorten bij helder water een zichtbare fuik bewust gaan ontwijken (Martin Kroes (KBTS) en Tim Vriese (ATKB), pers. comm.). Deze individuen zullen dus ontbreken in de fuikvangst wat een vertekend beeld van de visstand kan opleveren. De *fish counter* met camera zal hen echter wel op een niet-invasieve manier registreren. Meer specifiek werd dit in een eerder onderzoek van Kroes consultancy en Jeffish (intussen gefuseerd tot KBTS) vastgesteld voor o.a. grote snoek terwijl ATKB hetzelfde waarnam bij salmoniden. Andere onderzoekers (Rodriguez et al., 2014) gaan cameraopstellingen zelfs gericht gebruiken om gedrag van vissen te bestuderen tijdens hun traject doorheen vistrappen.

Voor ons onderzoek naar de werking van de vistrap aan de Boembekemolen werden verschillende opties, die gebruik maakten van verschillende werkingsprincipes, overwogen. Het ruime aanbod aan *fish counters* kan immers opgedeeld worden in vier grote categorieën; werking op basis van hydroacoustische meting, conductiviteitsverschillen, infrarood, of een videocamera.

Hieronder zullen per type de belangrijkste voor- en nadelen gegeven worden op basis van Braun et al. (2016). Figuur 2 geeft een overzicht van de verdelers waarbij meer informatie werd ingezameld over de counter(s) die zij beschikbaar hebben. Uit de literatuur bleek reeds dat hydroacoustische *counters* niet voor onze toepassing geschikt waren dus over dit type werd geen aanvullende informatie opgevraagd. De uiteindelijke beslissing werd gemaakt op basis van volgende criteria:

- Geschikt voor de verwachte visfauna
- Geschikt voor de verwachte omgevingsomstandigheden (bv. troebelheid van het water)
- Kan toegepast worden op meerdere locaties zónder excessieve meerprijs
- Prijs
- Gebruiksgemak
- Counter kan gecombineerd worden met een camera
- Mogelijke technische en wetenschappelijke ondersteuning tijdens én na onderzoek/aankoop



Figuur 2: Overzicht van de onderzochte opties, opgedeeld per werkingsprincipe. Van hydroacoustische fish counters werd geen verdeler gecontacteerd.

**Hydroacoustische tellers** maken gebruik van geluidsgolven. Ze zenden een geluidspuls (ping) uit in de waterkolom en luisteren als het ware naar de echo die terugkaatst om aan de hand daarvan een beeld te vormen van het object/individu dat passeert. Er kan een opdeling gemaakt worden in twee types: multibeam en splitbeam. Beide types vereisen echter dat men dagelijks ter plaatse komt en het verwerken van de data achteraf is naar verluidt zeer tijdrovend wat indruist tegen onze verwachtingen en wensen voor dit project. Daarenboven is deze methode vooral nuttig voor relatief grote vissoorten zoals salmoniden. Dit houdt in dat een deel van de gekende soorten in de Zwalm onder de radar zouden blijven (Gregory et al., 1998). Over hydroacoustische *fish counters* werd dan ook geen verdere informatie opgevraagd.

**Restitivity fish counters** meten met behulp van elektroden de verschillen in conductiviteit, of liever de verschillen in elektrische weerstand, van wat zich tussen de elektroden bevindt. Een vis die tussen de elektroden door beweegt heeft een hogere geleidbaarheid dan het omliggende water en dit wordt geregistreerd door de counter. Door nadien ook bij een volgende set elektroden de vis te detecteren, kan de counter de zwemrichting bepalen. Dit type *fish counters* werd echter snel uitgesloten omdat de aanwezigheid van gewapend beton op de site voor interferentie kan zorgen. Dit zou de opstelling dus al onbruikbaar maken aan de vistrap van de Boembekemolen en andere bekkentrappen die uit (gewapend) beton vervaardigd zijn. Ook de nabijheid van duikers zou mogelijks problemen kunnen opleveren voor een correcte werking, hierdoor zijn de toepassingsmogelijkheden op de Oost-Vlaamse waterlopen dus eerder beperkt. Om dit te vermijden moet een locatiespecifiek telplatform gebouwd worden wat de kosten hoog doet oplopen en impliceert dat bij elke nieuwe te onderzoeken locatie een nieuw platform gebouwd dient te worden. Hoewel bij elk type *fish counter* een frame moet voorzien worden dat aan de locatie is aangepast, is dergelijk telplatform toch een duurder aangelegenheid. Voor de SR-1101 bijvoorbeeld stijgt de prijs zo van €5400 voor enkel de *fish counter*, naar €11400 voor de counter (€5400) én camera (€ 1500) én elektrodenmat (€2000) én veldcabine voor materiaal (€1500) én installatie (€1000). Daarbovenop komt nog per locatie een specifiek telplatform (per locatie ± € 1500 à €2000) (prijsvraag bij Smith-Root, december 2017).

Ook de LOGIE 2100C van Aquantic werd als optie onderzocht. De counter kan worden aangeschaft aan prijzen gaande van £5500 (€6200, online prijs december 2017) tot £10000 (€11250, Braun et al., 2016) en het bedrijf geeft wel nog technische ondersteuning wanneer nodig, maar de software wordt niet langer ondersteund. De counter kan echter enkel in combinatie met correcte up-to-date software volwaardig gebruikt worden. Het Nederlandse onderzoeksbureau VisAdvies gebruikt deze counter (Bruyn et al., 2017) en ontwikkelde dan ook zelf de benodigde software hiervoor. Het ligt voor de hand dat dit onderzoeksbureau deze software dan ook niet zomaar prijsgeeft. Zij zijn weliswaar wel bereid om het onderzoek uit te voeren met hun counter en software als dit aan hen uitbesteed wordt (Jan Kemper - VisAdvies, pers. comm.). Gezien het echter de bedoeling is het onderzoek zélf uit te voeren en de nodige *knowhow* op te bouwen i.p.v. uit te besteden tegen een meerkost, is dit in deze context geen optie. Ook een aantal andere onderzoeksbureaus werden aangeschreven met een gelijkaardig resultaat: ze boden de dienst wel aan, maar konden niet overgaan tot verkoop van materiaal.

Bij de *fish counters* die werken op basis van infrarood (**Optical beam counters**) wordt een verticaal gordijn infraroodstralen doorbroken door een passerende vis wat resulteert in een telling. Een belangrijke beperking hierbij is dat rood licht niet ver in water kan penetreren. De intensiteit van de lichtbundel neemt na circa 18cm al 50% af. Er werden twee bedrijven aangeschreven, maar enkel VAKI beantwoordde onze vragen. De *Riverwatcher* van VAKI wordt wereldwijd, en dus ook op verscheidene locaties in Europa, gebruikt om bv. de optrek van salmoniden op rivieren te monitoren en is dan ook reeds beoordeeld in wetenschappelijke literatuur (Braun et al., 2016 en Schletterer et al., 2015 en Baumgartner et al., 2010). De grootste beperking van systemen die werken op basis van infrarood, is de afstand die de IR-straal moet overbruggen en de turbiditeit van het water. Gezien de hoge sedimentlast die in het erosiegevoelige Zwalmbekken aanwezig is (Huyghens et al. 2000), was er enige bezorgdheid over deze turbiditeit die als beperkende factor zou kunnen optreden. Daartoe werd in december 2017 op meerdere plaatsen in de Vlaamse Ardennen de turbiditeit gemeten met behulp van een multiparameter probe (Hydrolab – Series 5 – DS5X). De IR scanner zou immers een turbiditeit van maximaal 90NTU aankunnen (webinar VAKI-Biomark). Onze eigen turbiditeitsmetingen leverden waarden op tussen 30 en 45NTU. Op basis van deze metingen en de literatuur werd een inschatting gemaakt van de te verwachten turbiditeit aan de Boembekemolen en kwamen we tot het besluit dat dit geen hindernis zou vormen. De scanners van deze counter mogen maximaal 45cm uiteen worden geplaatst, wat geen probleem oplevert voor de mogelijke toepassingsmogelijkheden in Oost-Vlaanderen. De prijs voor een volledige opstelling (counter + tunnel + lichten + camera + PC) liep echter op tot bedragen tussen de €30.000 en €50.000 (prijsvraag VAKI-Pentair december 2017) en de counter heeft moeite om kleine vissen correct te detecteren (Baumgartner et al., 2010). Anno 2020 loopt de prijs voor een systeem uitgerust met zowel infraroodscanner als camera op tot €56000 (\$65000, webinar VAKI-Biomark). Gezien de verwachte soorten aan de Boembekemolen en het belang om alle soorten, dus ook de stekelbaarzen, te registreren en tellen, was de ondergrens van circa 2cm dikte voor dit onderzoek niet geschikt. Er werd dan ook niet ingegaan op het aanbod om één of meerdere opstellingen met de *Riverwatcher* in onze buurlanden te gaan bezichtigen.

*Fish counters* die werken op basis van een **video-opname** met bewegingsdetectie leveren video's op die nadien ofwel via software geanalyseerd worden, ofwel manueel stuk per stuk bekeken worden om te bepalen of het wel degelijk om een vis gaat. Dit laatste is een enorm tijdrovende taak gezien soms slechts 3% van de beelden werkelijk vis bevat (Asgeirsson M. T. – VAKI, pers. comm.). Afhankelijk van hoe gevoelig de sensor ingesteld is, worden immers ook frequent luchtballen, plantaardig materiaal of andere zaken gefilmd. Deze "visloze" beelden nemen echter wel ruimte in op de geheugenschijf en kosten tijd om te verwerken. Gezien men zelf kan bepalen hoe gevoelig men de bewegingsdetector instelt, kunnen hiermee wel ook kleine vissen zoals stekelbaarzen, die bij de andere types uit de boot vielen, geregistreerd worden. Hoe gevoeliger de sensor wordt ingesteld, hoe groter de kans wordt op "visloze" opnames. Washburn et al. (2008) onderzochten destijds twee



mogelijke softwarepakketten (“Fishtick” en “Digital Video Motion Detector” (DVMD)) om de beelden versneld te kunnen analyseren, maar dit vereiste nog steeds manuele bepaling van zwemrichting, lengteklasse en soort. Het grootste voordeel dat zij vonden in deze software was het wegfilteren van “visloze” videobeelden. Hiervoor moet echter ook een gevoeligheid ingesteld worden waardoor het risico bestaat om ofwel toch nog een aantal “visloze” beelden te moeten analyseren, ofwel toch nog kleinere vissen te missen in de telling. Ook Negrea et al. (2014) gebruikten in een onderzoek naar beekprik een automatisch filmende onderwatercamera met als aanvulling hierop een software die de “visloze” beelden wegfilterde waardoor uiteindelijk slechts 12,5% van de camerabeelden door de onderzoekers zelf bekeken moesten worden. Bij beide voorbeelden moesten de onderzoekers echter nog steeds de overblijvende beelden zelf manueel bekijken, beoordelen, determineren etc.

Gezien de bestaande *fish counters* om bovenvermelde redenen niet geschikt leken voor ons type onderzoek, werd er naar andere mogelijke methoden gekeken.

Anno 2017, toen het PCM op zoek was naar een geschikte methode voor het monitoren van vispassages, sloegen Kroes Consultancy, een adviesbureau op het gebied van water, milieu en ecologie dat voornamelijk is toegespitst op aquatische ecologie, en Jeffish, een leverancier van onderwatercamera's die zich specialiseerde in onderwatercamerasystemen voor ecologische en milieutechnische doeleinden, de handen in elkaar. Intussen fuseerden de twee eenmanszaken tot Kroes Brugman Technical Solutions (KBTS). Ze ontwikkelden samen een eigen *fish counter* op basis van een camera met bewegingsdetectie en bijhorende software (“Migrator”) die anno 2020 nog steeds verder ontwikkeld en geoptimaliseerd wordt. Via een internetplatform kan de gebruiker via een live-stream de situatie ter plaatse ad hoc opvolgen.

Deze software filtert alle “visloze” filmpjes (bv. passerend plantenmateriaal, luchtbellen etc.) automatisch weg waardoor enkel video's met vissen over blijven. “Migrator” onderscheidt zich van reeds bestaande software door verder te gaan dan enkel dit schiften. In de overblijvende video-data zal de software immers het aantal vissen tellen en hier een zwemrichting en lengteklasse aan toewijzen. Zo is er dus één toestel dat tegelijk functioneert als counter en videocamera én verdere analyse uitvoert dan de reeds bestaande toestellen. Daarenboven is het de bedoeling dat de uiteindelijke software erin slaagt om de vissen tot op soortniveau te identificeren. Gezien het geheel nog in ontwikkeling was, bood de kans zich aan om een gezamenlijk pilootproject op te starten waaruit alle partijen konden leren en nuttige ervaring opdoen. De keuze voor dergelijk pilootproject past dan ook binnen de visie van het PCM als onderzoeksinstelling.

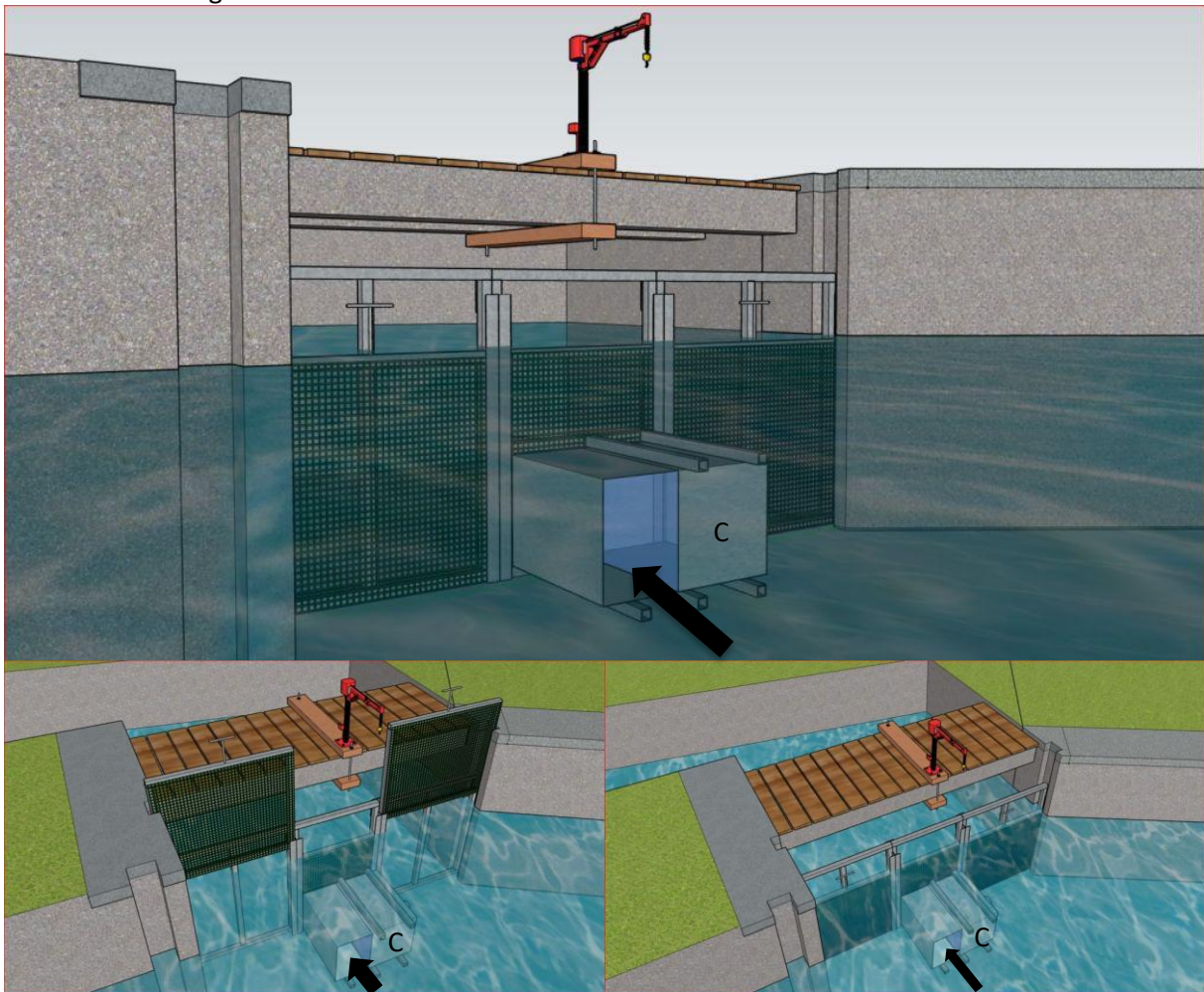
Daarenboven werd het financiële plaatje hierdoor ook minder belastend voor het PCM en houdt het project minder risico in op bv. een foute aankoop. De keuze voor een Nederlands bedrijf leidde ook tot eenvoudige communicatie tussen alle betrokkenen. Dat deze samenwerkende bedrijven (nu KBTS) eerder met hun viscamera's al meewerkten aan het Nederlandse *citizen science* project “VisSpotter” waarbij de beelden die gemaakt werden door hun cameraopstellingen online door de bevolking konden gedetermineerd worden tot op soortniveau, versterkte de keuze voor deze partner om een dergelijk pilootproject met een *video-fish counter* aan de Boembekemolen mee op te starten. De optie werd voorzien om na een positieve evaluatie van het pilootproject over te kunnen gaan tot aankoop van een *fish counter* of de opstelling te huren voor latere onderzoeken.

Die optie is echter pas bespreekbaar ná positieve evaluatie van het pilootproject en volledige oppuntstelling van de “Migrator” software. De beelden die in het pilootproject aan de Boembekemolen genomen werden, werden en worden ingezet om de algoritmes van het softwareprogramma “Migrator” verder te trainen. De software voor soortherkenning stond op moment van het pilootproject zelf dus nog niet op punt. Naar verwachting zal deze tegen het najaar van 2020 wél volledig werkzaam zijn. De definitieve resultaten van het pilootproject worden dan ook rond die tijd verwacht. De resultaten die verder in dit verslag besproken worden, zijn de voorlopige resultaten die in november 2018 werden vrijgegeven.

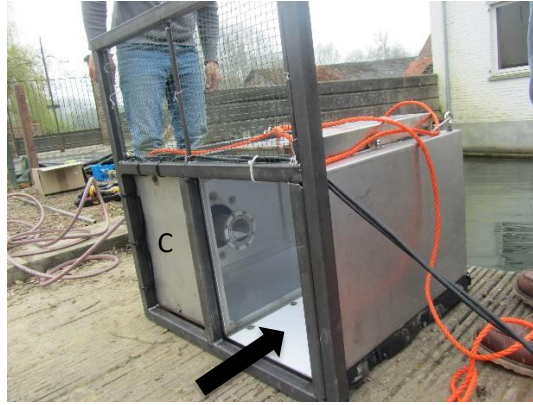
## Het pilootproject

### Constructie, plaatsing en ingebruikname

Eens er consensus was over het ontwerp (Figuur 3), werden de verschillende onderdelen van de constructie in Nederland door KBTS gemaakt op basis van de bouwplannen van de bekkentrap en opmetingen ter plaatse. Een lier werd aangeleverd door het PCM. De volledige constructie werd dan in april 2018 aan de Boembekemolen gemonteerd. Ter plekke moesten nog een aantal modificaties gebeuren aan de constructie. Zo bleek de sponning van het middelste frame iets te smal om de camerabox erin te plaatsen eens de schroeven erin waren gedraaid, maar dit werd vlot verholpen. Ook zat er te veel speling op het metalen frame omdat dit veel smaller was dan de betonnen sponning (ingang vistrap) waarin het werd geplaatst. Dit werd verholpen door een aantal houten balken in de overgebleven ruimte te knellen.



*Figuur 3: Uiteindelijk ontwerp van de opstelling voor de camerabox. Let op het gebruik van fijnmazige draad om het "ontsnappen" van kleine vis te vermijden en de handvaten aan de twee zijpanelen om deze gemakkelijk te kunnen optillen voor reiniging. De pijl duidt de tunnel aan waar vissen door zwemmen om gefilmd te worden door de camera in de camerabox aangeduid met de letter "C". In het uiteindelijke design (zie volgende figuur) wisselden de camerabox en tunnel van plaats.*



*Figuur 4: Camerabox en doorzwemtunnel in sponning, vlak voor deze te water werd gelaten. De pijl duidt de tunnel aan waar vissen door zwemmen om gefilmd te worden door de camera in de camerabox aangeduid met de letter "C". De camerabox werd gevuld met leidingwater zodat er geen extra refractie optrad en algengroei op de camera zelf verhinderd werd.*

In de eerste uren na de installatie werd bij inspectie van de livestream duidelijk dat reeds vissen door de camerabox migreerden, maar dat de bewegingssensor nog niet voldoende gevoelig was afgesteld. Men kon immers in de livestream stekelbaarzen in stroomopwaartse richting zien migreren, maar deze werden nog niet gedetecteerd en dus ook niet opgeslagen als videoclip. Dit werd nog dezelfde dag verholpen door vanop afstand de camera-instellingen beter op punt te zetten.

Deze aanpassing in de instellingen waarbij de gevoeligheid van de sensor werd verhoogd had echter als gevolg dat de camera ook aansloeg bij passage van kleine stukjes organisch materiaal zoals maaisel (Figuur 12). Kort na de installatie van de camera werden de bermen langs de Zwalm verder stroomopwaarts gemaaid. Dit had als gevolg dat er heel wat maaisel stroomafwaarts dreef wat bij passage door de cameratunnel tot onnodige opnames leidde. Om dit probleem te verhelpen plaatsten de collega's van de dienst integraal waterbeleid een drijfbalk die het overgrote merendeel van het maaisel en ander drijvend plantenmateriaal en/of afval tegenhield (Figuur 5). Door deze eenvoudige oplossing werd het aantal "visloze" videoclips drastisch teruggeschoefd.



*Figuur 5: Drijfbalk die gemonteerd werd drijvend debris, organisch materiaal en afval zo veel mogelijk tegen te houden zodat dit de bewegingssensor niet zou triggeren en dus het aantal "visloze" video-opnames terug te schreeven.*

Gezien de zichtbaarheid van de opstelling vanaf de straat werd een slot aan de lier bevestigd. De bijhorende ICT benodigdheden (harde schijf, router, ... zie volgende paragraaf) stonden veilig opgesteld in de cabine voor beheer van de stuw (Figuur 6).



*Figuur 6: ICT benodigdheden opgesteld in de afsluitbare cabine voor beheer van de stuw.*

### **ICT-uitrusting en dataverbruik**

De gebruikte router “Teltonika RUT950” (aangekocht aan €219 excl. BTW) werd gekozen op basis van de mogelijkheden tot remote acces en gebruik van externe antennes. In samenspraak met de ICT-dienst van de provincie Oost-Vlaanderen werd besloten om geen gebruik te maken van het internetsignaal (WiFi) van de aanpalende bezoekerscentrum van Natuurpunt dat in de Boembekemolen gevestigd is. Dit omwille van bezorgdheden omtrent de veiligheid van het gebruikte netwerk en de imagoschade die zou kunnen resulteren uit een eventuele hacking. Ook zou de “winst” door gratis gebruik te mogen maken van dit internet, niet opwegen tegen de kosten die gemaakt zouden moeten worden om een extra WiFi versterker te installeren zodat het signaal sterk genoeg zou zijn aan de opstelling. Bijgevolg werd gewerkt met een mobiel data-abonnement (Mobile Internet Pro XL, tot 12 GB) en een simkaart met publiek IP-adres. De kost hiervan (€ 28/maand, BTW exclusief) werd gedragen door de dienst ICT. Uiteindelijk werd gedurende het project gemiddeld 6 tot 8 gigabyte (GB) per maand verbruikt. De simkaart werd gedeactiveerd in juni 2018 na afloop van het pilootproject. Data werd overgezet op USB-stick voor transport naar kantoor. Hiervoor werden twee USB-sticks afwisselend gebruikt, zodat er steeds één ter plaatse kon blijven.

### **Onderhoud**

Het onderhoud werd om de 4 à 6 dagen uitgevoerd door één persoon en een standaard onderhoud nam ongeveer 70 minuten in beslag. Inclusief verplaatsingstijd nam dit in totaal 2,5uur in beslag. Standaard onderhoud bestond erin dat het vuil van de zijpanelen (Figuur 7) verwijderd werd door deze vigoures op en neer te bewegen en nadien de camerabox zelf naar boven te takelen tot net boven het waterniveau en het glas voor de camera, de lamp, de bodem en de achterwand te reinigen. Voor de veiligheid moest men tijdens het onderhoud aan stroomafwaartse zijde van de camerabox blijven. Tijdens het schoonmaken werd een back-up gemaakt door de videoclips te kopiëren naar een USB-stick. Na het schoonmaken werd met de laptop, ter plaatse, via de livestream gecontroleerd of de camera naar behoren functioneerde.



Figuur 7: LINKS: Zijpaneel waar zich organisch materiaal tegen heeft verzameld. RECHTS: de box tijdens het naar boven takelen. Let op de schuine kabel waardoor de lier onder spanning komt te staan.

De hoofdreden waarom onderhoud zo frequent nodig was, was de aangroei van algen op het glas van de camerabox. Het continu branden van de ledverlichting zorgde immers voor een versnelde algengroei. Om deze aangroei te verwijderen werd geëxperimenteerd met het gebruik van verschillende schoonmaakdoeken, een aquariumschraper en een nagelborsteltje (Figuur 8). Gebruik van de nagelborstel (in gebruik vanaf 8 mei) bleek het beste resultaat te leveren. Gebruik van een schuurspons was uitgesloten gezien dit krasjes op het glas zou kunnen veroorzaken. Voor toekomstige projecten kan worden onderzocht of het gebruik van een *nanocoating* tegen algengroei de onderhoudsfrequentie gevoelig kan verlagen.



Figuur 8: Gebruik van verschillende schoonmaaktypes en het verschil waarin dit resulteert drie dagen na de onderhoudsbeurt. Links: schoongemaakt met vod en spons. Rechts: schoongemaakt met de aquariumschraper.

Tabel 1: Overzicht van de onderhoudsmomenten en -frequentie.

Datum	Moment	Wie	Opmerking
09 april	Voormiddag	Mechtild ZV, Pieter B en KBTS	Plaatsing, nam bijna hele dag in beslag.
11 april	Namiddag	Eline DW	
17 april	Namiddag	Eline DW	
23 april	Namiddag	Eline DW	Test schoonmaken met aquariumschraper.

27 april	9u30	Mechtild ZV	
04 mei	16u15	Mechtild ZV	
08 mei	15u	Mechtild ZV	Omschakeling naar IR verlichting en -camera + ingebruikname nagelborsteltje
14 mei	Namiddag	Mechtild ZV	Opnieuw omschakeling naar ledverlichting
18 mei	Namiddag	Pieter B	
23 mei	Voormiddag	Mechtild ZV en Pieter B	Demonstratie en opname TV-Oost
31 mei	Voormiddag	Mechtild ZV	
05 juni	Namiddag	Mechtild ZV en KBTS	Afbreken en opruimen van installatie

Het gebruik van bovengenoemde drijfbalk reduceerde ook de hoeveelheid organisch materiaal dat tegen de zijpanelen bleef hangen en reduceerde dus ook de nodige inspanning bij onderhoud van de opstelling. In het oorspronkelijke bouwplan zou om deze reden gebruik gemaakt worden van spijlen i.p.v. het fijnmazige volièregaas op de zijpanelen, maar dit werd aangepast zodat alle vis, inclusief de relatief kleine stekelbaars, verplicht werd door de tunnel te zwemmen.

## Video-opnames

De camera beschikte over de mogelijkheid om zowel met wit kunstlicht (voorzien door de ledlampen) als met infrarood licht opnames te maken (Figuur 9 voor infrarood opnames). Deze laatste optie werd dan ook gedurende één week, van 8 mei 2018 tot 14 mei 2018 getest. Na één week werd opnieuw omgeschakeld naar kunstlicht omdat bleek dat manuele identificatie van de soorten vlotter verliep bij de opnames met kunstlicht. De opnames met IR leveren echter wel een voordeel op in de vorm van verminderde algengroei die langer een heldere beeldvorming toelaat. Bijgevolg is een langer interval tussen onderhoudsbeurten mogelijk en verloopt dit onderhoud bovendien vlotter wat beiden leidt tot een lagere personeelskost.



*Figuur 9: Compilatiefoto van verschillende infraroodopnames. LINKS: twee opnames van riviergrondel. RECHTS: twee opnames van blankvoorn.*

Bij gebruik van het kunstlicht werd een versnelde algengroei waargenomen (zie ook paragraaf “Onderhoud”) op het glas voor de camera wat voor een troebel beeld zorgt en na verloop van tijd veroorzaakt dat de camera op de algen gaat scherpestellen in plaats van op de passerende vissen.

Het Zwalmbekken is zoals eerder aangehaald zeer erosiegevoelig wat maakt dat er na een regenbui een zware sedimentlast is in de stroom. Dit leidde tot een slechtere beeldkwaliteit na een regenbui, maar dit probleem was over het algemeen van relatief korte duur.

Zoals eerder vermeld is het mogelijk de camera vanop afstand te besturen wat maakt dat men niet ter plaatse moet gaan om de instellingen te verfijnen. De livestream zorgt ervoor dat men vanop afstand de nood aan onderhoud kan inschatten en opent de mogelijkheid om bv. via een webpagina het publiek sensibiliserend te betrekken. Het webplatform met de livestream is ook uitgerust met een handige tijdlijn waarop men kan zien op welke momenten een video werd opgenomen en opgeslagen. Het is mogelijk om deze video’s ook vanop afstand te bekijken, maar dit leidt tot extra dataverbruik. Deze optie dient dus enkel gebruikt te worden om steekproefsgewijs controles uit te voeren. Het was ook mogelijk om via dit besturingsprogramma vanop afstand de opdracht te geven

om de data te kopiëren naar de USB-stick zodat dit overzetten al klaar was tegen wanneer het personeelslid ter plaatse was voor het onderhoud. Dit gaf een beperkte tijds winst na periodes waarin veel videoclippen opgenomen werden. Over het algemeen duurt dit overzetten echter niet langer dan de tijd die nodig was om het standaard onderhoud van de camerabox uit te voeren en leverde deze functie dus geen tijds winst ter plaatse op.

## Beëindiging van het pilootproject

Op 5 juni 2018 werd de opstelling aan de Boembekemolen opnieuw gedemonteerd en werd door KBTS een beperkte demonstratie gegeven van de toenmalige versie van de “Migrator” software die gebruikt zal worden voor de analyse van de videodata. Figuur 10 toont de gedemonteerde camerabox.



Figuur 10: Links en midden: gedemonteerde camerabox en zwemtunnel na reiniging met hogedruklans. Rechts: de lichtbak met ledverlichting die kunstlicht leverde voor de opstelling.

## Budget

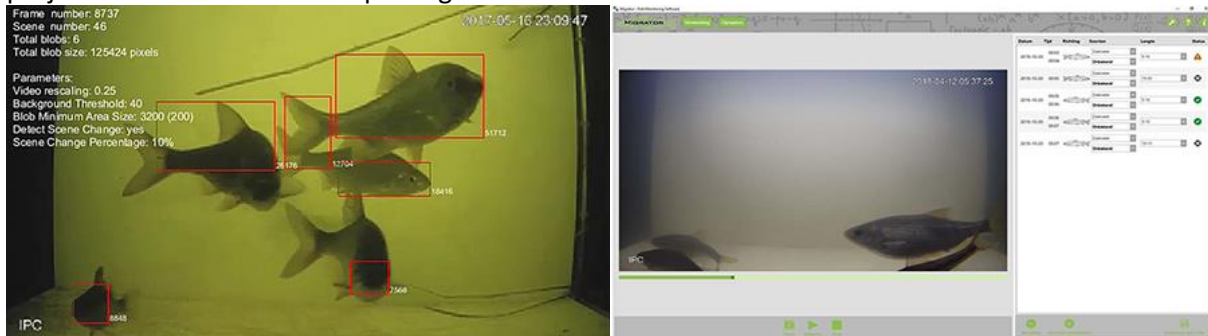
Een schatting van de totale kostprijs exclusief BTW van het pilootproject wordt weergegeven in onderstaande samenvattende tabel. Voor de personeelskosten werd steeds gewerkt met het uurtarief van een staalnemer anno 2020, inclusief 50% korting in kader van het milieucontract. De offerte van KBTS is op aanvraag in te zien. Gezien het een pilootproject betrof, werden niet alle voorbereidende kosten in rekening gebracht. Het gaat dan o.a. om het ontwerpen, maken van de constructie, materiaalkosten voor de constructie en eventuele huurprijs van de camera.

Tabel 2: Samenvatting van de gemaakte kosten voor dit pilootproject. Exclusief de uren gespendeerd aan voorbereidend werk en rapportering, exclusief kilometervergoeding of elektriciteitsverbruik, inclusief de kosten voor het abonnement mobiele data die gedragen werden door de dienst ICT.

Wat	Prijs (€, excl. BTW, per stuk)	Aantal	Totaal (excl. BTW)
Offerte KBTS	4072,00	1	4072,00
Aankoop Router	219,00	1	219,00
Aankoop kabel	18,52	1	18,52
Kosten mobiele data/maand	28,00	2	56,00
Onderhoudsbeurten	57,30	10	573,00
Uren installatie	22,92	15 (=2*7,5)	343,80
Uren afbraak	22,92	5	114,60
<b>TOTAAL</b>			<b>5396,92</b>

## Analyse van de beelden – “Migrator” software

Zoals eerder aangehaald, bood dit gezamenlijke pilootproject zowel voor het PCM als voor KBTS mogelijkheden om ervaring op te bouwen met deze methode. Het nadeel hieraan is dat de software die de eigenlijke telling, identificatie tot op soortniveau en dus analyse moest uitvoeren, tot op heden nog niet volledig op punt staat. Het algoritme werd voor een groot deel getraind op basis van de beelden die uit deze pilot voortkwamen. Een eerste analyse door de software in november 2018 gaf enkel een telling van stroomopwaarts en stroomafwaarts migrerende individuen, maar schrapte nog een zeer groot deel (8026 *errors* vs. 1548 correcte tellingen, zie verder bij “Resultaten”) van de waarnemingen omwille van meerdere individuen die gelijktijdig passeerden of vissen die de box te laag inzwommen waardoor ze deels in een zogenaamde dode hoek terecht kwamen en niet correct gedetecteerd werden. Een groot deel van deze fouten zou door een volgende versie van de software beter moeten kunnen geïnterpreteerd worden. Het is echter op het moment van dit schrijven (juli 2020) nog steeds wachten op een afgewerkte versie van de software. Op dit moment wordt het algoritme nog steeds getraind in soortherkenning en correcte telling van het aantal individuen dat gelijktijdig door de box zwemt, alsook het toewijzen van een lengteklasse aan elk individu. Zie ook onderstaande afbeeldingen (Figuur 11). De vissen die te laag zwemmen in de box waardoor deze in de dode hoek terecht komen zullen wellicht blijven aanleiding geven tot een foutmelding. In latere projecten zal dit door een aanpassing aan de box vermeden worden.



Figuur 11: Screenshots uit de werking van de voorlopige Migrator software. LINKS: bepaling van lengteklasse. Rechts: bepaling van zwemrichting en tellen van aantal individuen. Bron: <https://kb-ts.nl/beeldanalyse/>.



## Resultaten

**Opmerking:** de resultaten die hier gerapporteerd worden betreffen de voorlopige resultaten die werden vrijgegeven in november 2018. De verworven data (videoclips) zullen opnieuw door de software geanalyseerd worden eens deze op punt staat. Resultaten hiervan worden verwacht in het najaar van 2020.

In totaal registreerde de Migrator software 9574 detecties. Deze werden opgedeeld in “Left” en “Right”, met andere woorden, stroomopwaartse en stroomafwaartse migratierichting. Een groot deel van de detecties resulteerden in deze eerste analyse in “errors”. Dit kan enerzijds gebeuren als de vis zich bv. halverwege de camerabox omkeert en terugzwemt, of, zoals in de meeste gevallen, doordat vissen te laag in de camerabox zwommen en daardoor slechts half of driekwart in beeld kwamen (Figuur 13). Tabel 3 geeft een overzicht van het totale aantal detecties in de volledige periode van de opstelling; zijnde van de plaatsing op 9 april 2018 tot de verwijdering op 5 juni 2018. Deze detecties worden opgedeeld in stroomop- en stroomafwaartse migraties en verder opgedeeld in “errors” of foutmeldingen en correct geanalyseerde detecties. “Visloze” beelden, zoals clips die werden opgenomen door veranderingen in lichtinval of passerend plantaardig materiaal, resulteerden niet in een detectie (en dus ook niet in een “error”) (Figuur 12).

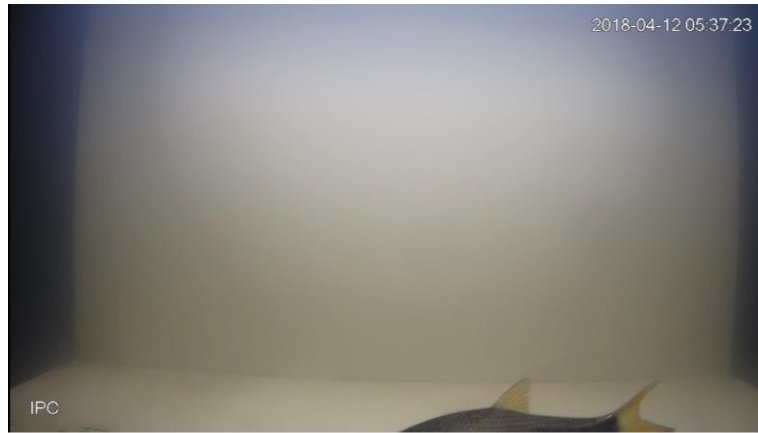


Figuur 12: Voorbeelden van “visloze” filmpjes. LINKS: getriggerd door “schitteringen” in het water waarbij de snel wisselende lichtinval de camera triggerde. MIDDEN en RECHTS: passerend plantaardig materiaal dat de camera triggert. Géén van deze resulteerde in een detectie. M.a.w. de software herkent dergelijke clips correct.

Tabel 3: Overzicht van de detecties in stroomop- en stroomafwaartse richting opgedeeld in degene die in de migrator software in een error resulteerden en degenen die resulteerden in een correcte analyse.

	Stroomopwaarts/Links	Stroomafwaarts/Rechts	Totaal
<b>Error</b>	4486	3540	8026
<b>Ok</b>	997	551	1548
<b>Totaal</b>	5483	4091	9574

Wanneer in 1 clip verschillende vissen (bv. een school) tegelijk in beeld komen, is het programma zo ingesteld dat elke individuele vis in een afzonderlijke detectie resulteert. In dit pilootonderzoek werden 9574 detecties geregistreerd. Het merendeel hiervan resulteerde echter in een “error”. Dit was veelal te wijten aan vissen die te laag in de box zwommen te dicht bij de camera waardoor de vis gedeeltelijk in een dode hoek terecht kwam (Figuur 13).

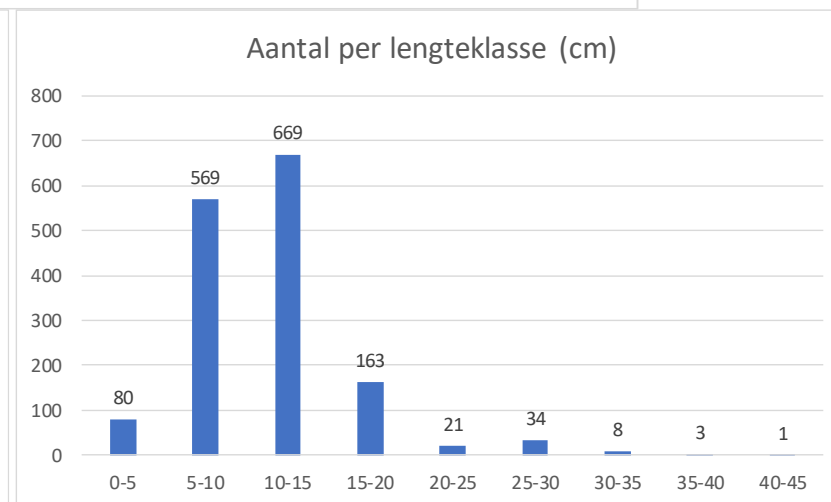
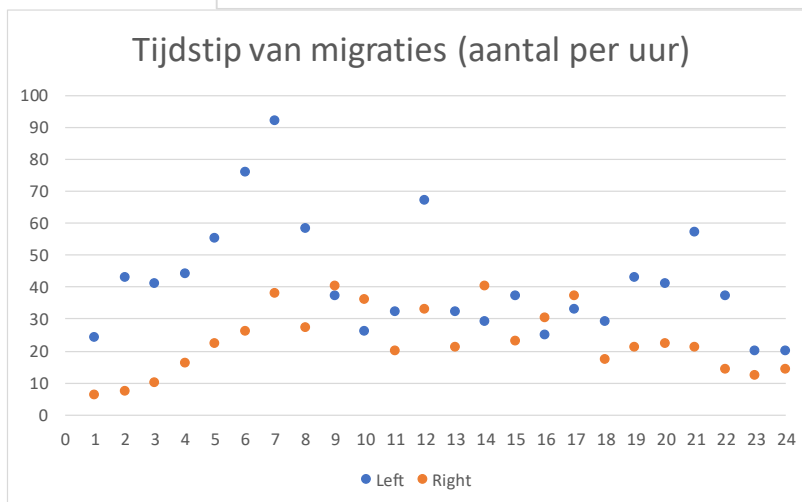
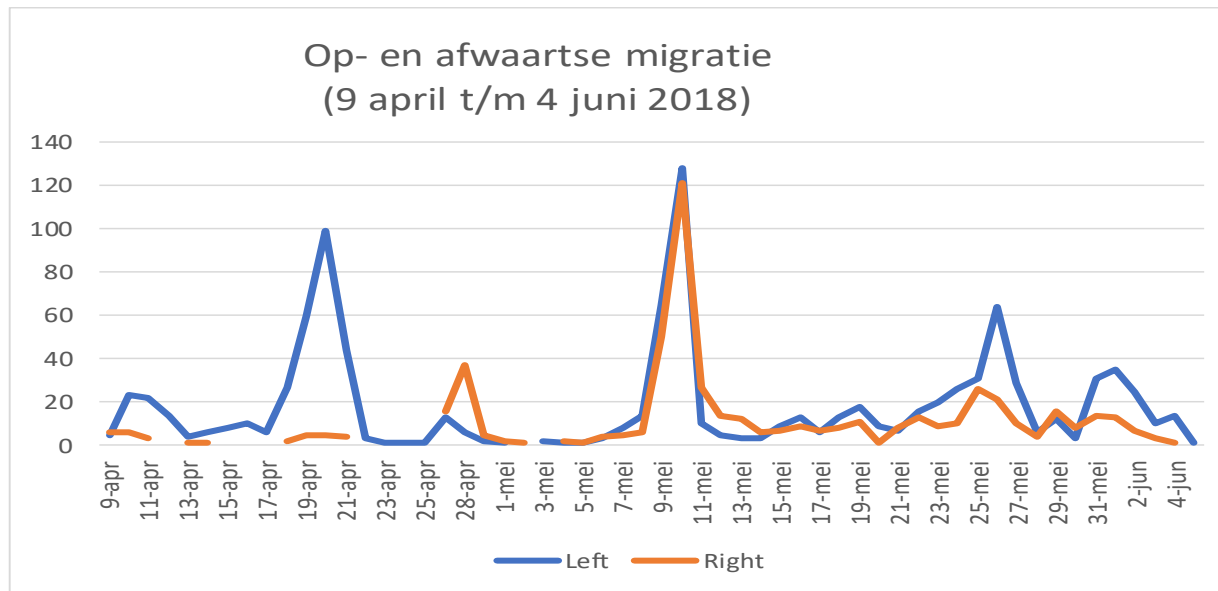


*Figuur 13: vis die te laag in de camerabox zwemt waardoor de detectie resulteert in een error. Hier gaat het om een blankvoorn die in stroomopwaartse richting migreert. Screenshot uit videoclip van 12 april 2018 om 5u37.*

Het is daarom ook aangewezen om waar de software meerdere detecties na elkaar als *error* weergeeft, deze clips manueel te analyseren. Het probleem met deze dode hoek zal verholpen worden door een aanpassing aan de fysieke vorm van de camerabox (zie verder). Van de 1548 correct geregistreeerde detecties, waren er 997 migraties in stroomopwaartse en 551 in stroomafwaartse richting. Figuur 14 geeft de temporele spreiding weer in de gedetecteerde migraties. Hieruit blijkt een duidelijke piek in stroomopwaartse migratie van 18 tot 21 april en een piek in zowel stroomop- als stroomafwaartse migratie van 9 tot 11 mei. Op 10 mei werden in beide richtingen circa 120 migraties gedetecteerd. Op 26 mei werd een kleinere piek in stroomopwaartse migratie waargenomen. Netto werd in de periode van het onderzoek meer in stroomopwaartse dan stroomafwaartse richting gemigreerd.

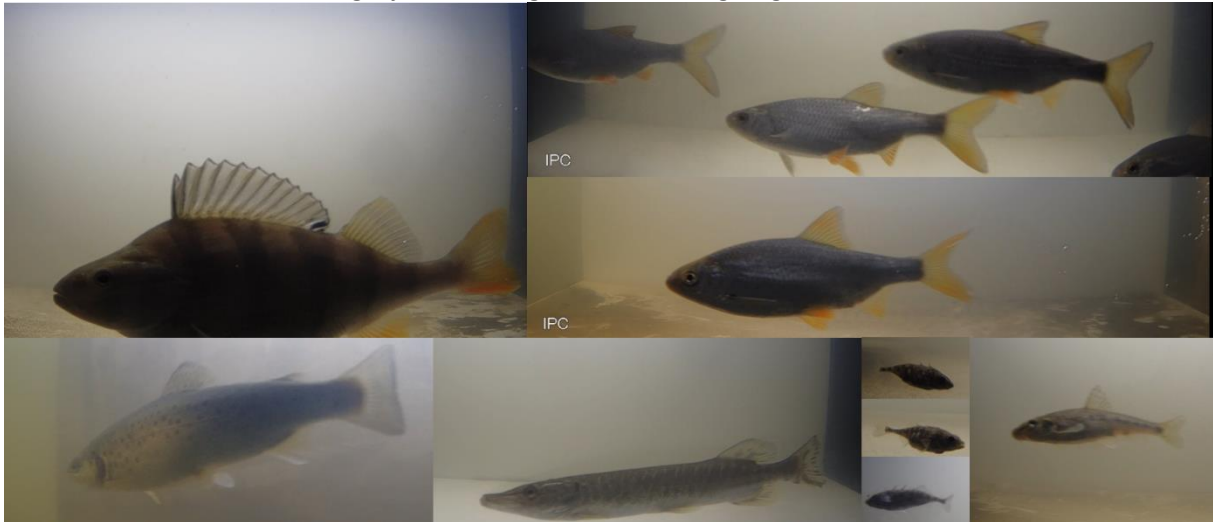
Uit een eerste manuele controle van de videobeelden blijkt dat de piek in stroomopwaartse richting op 19 april te wijten is aan optrek van blankvoorn. De piek van 9 tot 11 mei lijkt op basis van een manuele controle het gevolg te zijn van het *en masse* stroomopwaarts migreren van riviergrondel. Een verdere analyse van de videobeelden door de software moet deze bevindingen nog bevestigen, dan wel ontkrachten. Wanneer men de migraties op niveau van één etmaal (Figuur 14, onderaan rechts) beschouwd dan blijkt er een piek te zijn in de migraties in de vroege ochtend (vooral rond 6 à 7 uur in de morgen) en late avond (vooral rond 21u).

Het overgrote merendeel van de geanalyseerde vissen werd ingedeeld in de lengteklassen tussen 5 en 15 cm (Figuur 14, onderaan links).



Figuur 14: BOVEN: Stroomop- (“Left”) en stroomafwaartse (“Right”) migratie over de hele periode van het pilootproject met duidelijke pieken op 20 april en 9-11 mei. ONDER: diurnale variaties in stroomop- en stroomafwaartse migratie die duidt op een piek bij het ochtendgloren (links) en overzicht van de lengteklassen die het meest voorkwamen in de gedetecteerde migraties (rechts).

De voorlopige resultaten bevatten nog geen analyse tot op soortniveau. Uit een beperkte manuele analyse bleken alvast volgende soorten gebruik te maken van de vistrap: baars, blankvoorn, beekforel, snoek, driedoornige stekelbaars en riviergrondel (Figuur 15). Dit is een niet-limitatieve opsomming van de gefilmde soorten daar slechts een fractie van het beeldmateriaal manueel bekeken werd. Het is dus mogelijk dat er nog meer soorten geregistreerd werden door de camera.



*Figuur 15: Screenshots uit verschillende clips die aantonen dat de vistrap door verscheidene soorten wordt gebruikt. BOVEN: baars (links) en blankvoorn (rechts, in school en individueel). ONDER: v.l.n.r. beekforel, snoek, driedoornige stekelbaars en riviergrondel.*

Ook andere dieren konden probleemloos passeren aan de camerabox en gebruikten probleemloos de tunnel als doorgang. Figuur 16 toont aan dat dit (minstens) het geval was voor meerkoet, kikker en bruine rat.



*Figuur 16: Niet enkel vissen maken gebruik van de doorgang aan de camerabox. BOVEN: meerkoet. ONDER: compilatiefoto van doorgang van een kikker (links) en passerende bruine rat (midden en rechts).*

## Discussie resultaten – visbestand en vismigratie

Onder de soorten die door de camera geregistreerd werden, bevonden zich vooralsnog geen grote verrassingen. Er werd baars, beekforel, blankvoorn, driedoornige stekelbaars, riviergrondel en snoek gefilmd. Wel is het zo dat snoek afwezig was bij andere recente elektrische afvissingen of fuikvangsten op deze locatie. De soort werd wel al elders in het bekken waargenomen. Onderstaande tabel (Tabel 4) geeft een weergave van de soorten die in dit en andere recente visstandsonderzoeken aan de Boembekemolen werden waargenomen.

*Tabel 4: Vergelijking van de waarnemingen tijdens dit pilootproject (2018 Camera) en historische data van afvissingen aan de vistrap aan de Boembekemolen te Brakel. De fuik werd in 2017 op dezelfde locatie geplaatst als de cameraopstelling. Elektrische afvissingen gebeurden in 2018 en 2019 net stroomafwaarts (SA) van de vistrap (locatie 81 in visdatabase van provincie Oost-Vlaanderen). Effectieve vangst per soort uitgedrukt in CPUE (Catch Per Unit Effort); namelijk in aantal (n) per 100 meter. "V"= soort waargenomen maar aantallen onbekend. "(-)" = Niet waargenomen. "?" = Voorlopig kan de aanwezigheid van deze soort niet met zekerheid bevestigd noch ontkend worden. Daarvoor is het wachten op de definitieve data. Historische data uit 2017 uit Boets et al., 2017. Historische data uit 2018 (Elektrisch) uit stagerapport van Vanhauwere (2018).*

Soort	Boembekemolen – Locatie 81			
	2017 Fuik	2018 Elektrisch SA	2018 Camera	2019 Elektrisch SA
3-doornige stekelbaars	V	11.10	V	3.33
baars	(-)	1.10	V	2.86
beekforel	V	2.20	V	(-)
blankvoorn	V	5.60	V	24.76
kopvoorn	(-)	2.20	?	10.95
pos	(-)	(-)	?	0.95
riviergrondel	V	68.90	V	81.90
serpeling	V	1.10	?	4.29
snoek	(-)	(-)	V	(-)

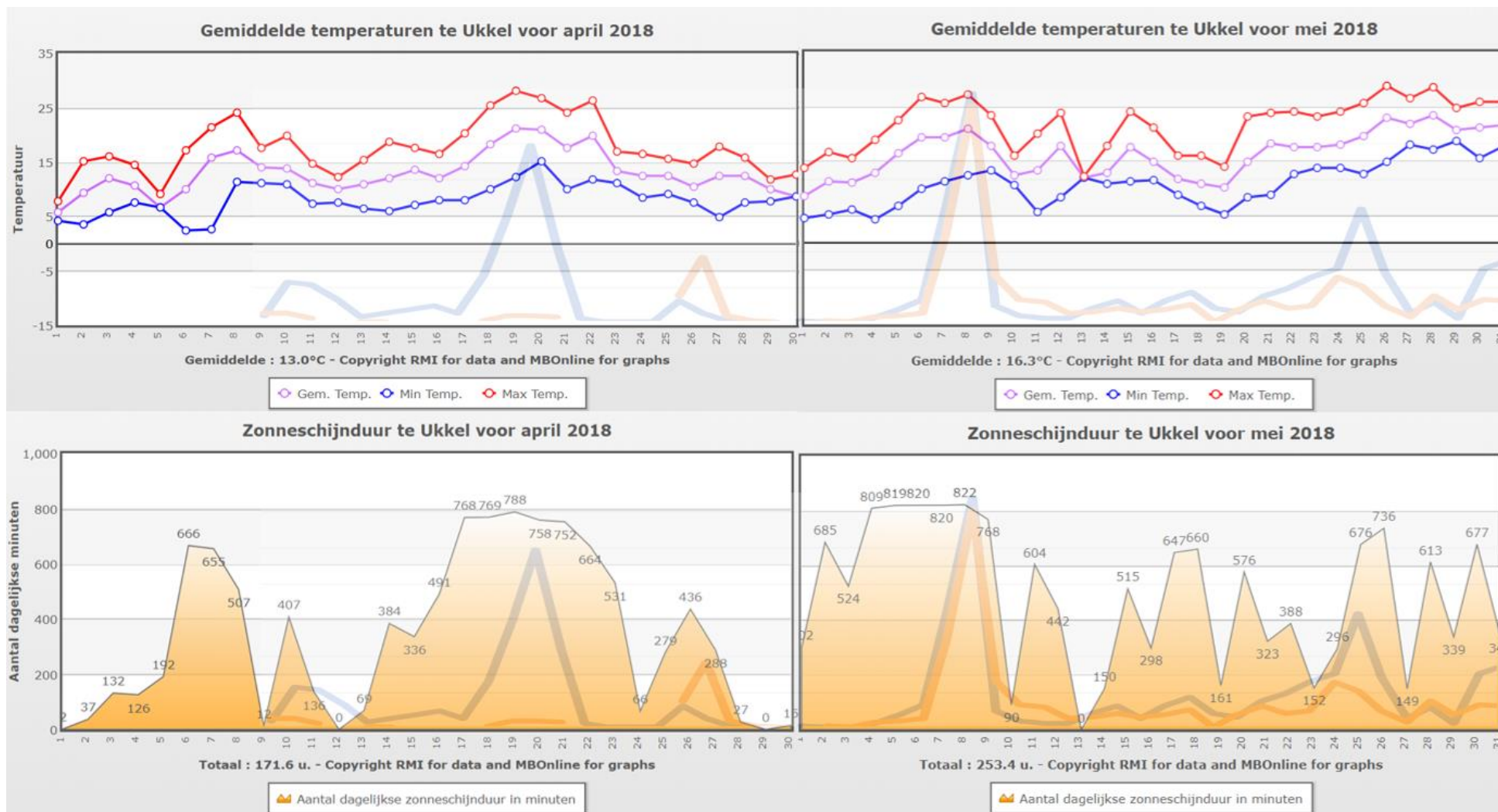
Op basis van deze tabel zijn er dus drie doelsoorten te verwachten aan de Boembekemolen. Serpeling, kopvoorn en forel. Enkel deze laatste, de beekforel, werd tijdens dit pilootproject met zekerheid gefilmd. Uit de data van elektrische afvissingen in het traject net stroomafwaarts van de vistrap weten we dat op het moment van het pilootproject ook de twee andere doelsoorten, kopvoorn en serpeling aanwezig waren. Gezien het stroomminnende karakter van deze soorten en het stroomopwaarts migreren van deze soorten om geschikte paairiffels voor de voortplanting te zoeken, is het meer dan waarschijnlijk dat deze soorten ook tijdens het pilootproject aan de camera passeerden. Een verdere analyse van de camerabeelden op basis van de Migrator software moet deze stelling echter nog bevestigen. Voor verdere resultaten over deze drie doelsoorten, de herintroductie ervan in het zwalmbekken en het onderzoek naar hun mogelijke natuurlijke reproductie wordt verwezen naar Zoeter Vanpoucke et al. (2020).

Door de plaatsing in het voorjaar kon de cameraopstelling de stroomopwaartse trek van verschillende soorten vaststellen. Opvallend hierbij is dat het moment van deze optrek richting paaigebieden duidelijk soortafhankelijk is. Zo bleek de migratiepiek op 19 april te wijten aan optrek van blankvoorn, terwijl de piek van 9 tot 11 mei, op basis van een manuele controle, het gevolg was van het massaal stroomopwaarts migreren van riviergrondel. De optrek van riviergrondel werd ook elders in het bekken waargenomen in de vorm van zeer hoge concentraties (meer dan duizend individuen gevangen op 100m) aan de paairiffel aan de Groenstraat/Berendries tijdens elektrisch afvissen van de paairiffels op 5 juni 2018 (Vanhauwere, 2018).

Deze gegevens stroken enigszins met de eerdere bevindingen van Boets et al. (2017) en Buysse et al. (2004). Boets et al. zag bij regelmatige (min. 1 maal per week) fuikvangsten in het voorjaar van 2017 aan de bekkentrap ook een duidelijke spreiding in de migratie-inspanningen. Toen werd een piek op

13 en 17 mei waargenomen die correleerde met hogere temperatuur en waterstanden. Riviergrondel werd toen ook eerder later waargenomen, terwijl in het begin van de monitoring vooral andere soorten aangetroffen werden waaronder serpeling en beekforel, die zoals eerder vermeld vooralsnog niet op video werden waargenomen. Mogelijks is een vroegere optrek van serpeling de reden dat deze in dit onderzoek niet werden waargenomen. De cameraopstelling werd immers pas geplaatst op 9 april 2018. Buysse et al. (2004) plaatste bij onderzoek in de Bovenschelde de optrek van blankvoorn in week 13 en 14, wat neerkomt op eind maart-begin april en dus iets vroeger is dan wat werd waargenomen in dit pilootproject dat echter pas op 9 april van start ging. Onderstaande Figuur 17 geeft een indicatie van het samenvallen van pieken in migratie (overlay) met de pieken in temperatuur en in mindere mate met de zonneschijnduur. Op basis van deze meteodata kan verondersteld worden dat er mogelijks nog een migratiepiek gebeurde begin april, vlak voor de implementatie van de cameraopstelling. Wanneer men deze redenering doortrekt, is het dus waarschijnlijk dat daardoor de migratiepiek van een andere in het bekken aanwezige soort gemist werd in dit onderzoek. Om dit in volgende onderzoeksprojecten te vermijden is het aangewezen de opstelling reeds vroeger in het voorjaar in gereedheid te brengen. Afhankelijk van de soorten waarin interesse is, kan dit al vanaf februari nodig zijn (voor bijvoorbeeld driedoornige en tiendoornige stekelbaars, Buysse et al., 2004). Voor dit pilootproject was het om praktische redenen echter niet mogelijk om de opstelling reeds eerder in gebruik te nemen.

Wanneer men de migraties op niveau van één etmaal (Figuur 14, onderaan rechts) beschouwd dan blijkt er een piek te zijn in de migraties in de vroege ochtend (vooral rond 6 à 7uur in de morgen) en late avond (vooral rond 21u). Dit strookt met algemene kennis uit de literatuur (o.a. Buysse et al. 2003, van Balkum 2017 en Knott et al. 2019



Figuur 17: Gemiddelde dagtemperaturen(boven) en aantal minuten zonneshijnd/dag gemeten in Ukkel (onder) voor de maand april (links) en de maand mei (rechts) in 2018. Zowel bij de gemiddelde dagtemperatuur als bij de zonneshijnduur, werd een overlay gemaakt met de grafiek uit Figuur 14 met stroomop- (blauw) en stroomafwaartse (oranje) migratie van 9 april tot en met 31 mei. Bron meteodata: [www.meteobelgie.be](http://www.meteobelgie.be).

De resultaten tonen duidelijk aan dat heel wat soorten succesvol gebruik maken van de vistrap. Voor riviergrondel illustreren de resultaten van dit camera-onderzoek en de parallelle elektrische afvissing (Vanhouwre, 2018) duidelijk het belang van de mogelijkheid om stroomopwaarts te kunnen trekken in hun zoektocht naar geschikte paaigebieden. Deze paaigebieden bestaan veelal uit paairiffels (o.a. *fishbase*, Kottelat en Freyhof (2007)) : ondiepe grindbedden waarover het water aan hoge snelheid stroomt waardoor eitjes die ertussen afgezet worden continu van zuurstofrijk water worden voorzien. Waar deze riffelstructuren niet of niet meer van nature aanwezig zijn, kunnen paairiffels aangelegd worden onder de vorm van een grindbed. In het zwalmbekken werden zo anno 2017 en 2018 verschillende paairiffels aangelegd die uitgebreid werden onderzocht door Vanhouwre (2018).

Heel wat vissen vertoonden aanvankelijk aarzelingen om de verlichte box in te zwemmen en het kwam regelmatig voor dat vissen na initieel voorzichtig de ingang van de box te verkennen rechtsomkeer maakten of de box zeer snel doorzwommen. Deze aarzelingen om een verlichte box in te zwemmen is ook bij andere gelijkaardige onderzoeken bekend. Om de impact hiervan te mitigeren kan bij toekomstige opstellingen geopteerd worden om de verlichting in de box enkel gedurende de dag te gebruiken en tijdens de nacht enkel met IR te filmen (zie o.a. Webinar VAKI-Biomark). Door het gebruik van de verlichting op die manier te beperken zal waarschijnlijk ook de algengroei op het glas geremd worden en mogelijks het interval tussen onderhoudsbeurten verlengd kunnen worden. Het gebruik van een drijfbalk om drijvend debris tegen te houden, zoals deze die werd geïnstalleerd bij dit pilootproject, wordt ook in de literatuur (o.a. Washburn et al. 2008) aangeraden voor locaties waar veel drijvend debris verwacht wordt. Het onmiddellijk installeren van dergelijke drijfbalk en beperken van de verlichtingsduur, zullen naar alle waarschijnlijkheid het aantal onderhoudsbeurten drastisch terugschroeven en zo toekomstige projecten minder arbeidsintensief (en dus ook minder duur) maken. Washburn et al. (2008) haalden reeds in 2008 aan dat wanneer projecten met *fish counters* en dan vooral met video monitoring falen, dit vrijwel altijd te wijten is aan het onderschatten van de nodige tijdsbesteding voor onderhoud van de installatie en het analyseren van de beelden achteraf. Indien de Migrator software gefinaliseerd geraakt en de beloftes van automatisch tellen, zwemrichting bepalen en identificatie waarmaakt, waarmee de software dus verder zal gaan dan huidige bestaande software (VAKI, Fishtick, DVMD, etc.) zal ook deze tijdrovende manuele beeldanalyse van de baan zijn en vervallen zo de twee belangrijkste struikelblokken van dergelijk onderzoek.

Een belangrijke opmerking bij deze mogelijkheid tot automatische soortherkenning is dat niet in alle omstandigheden even kwalitatief beeldmateriaal nodig is om identificatie tot op soortniveau te bekomen. Afhankelijk van de doelstelling van het onderzoek of de locatie waarop het onderzoek wordt uitgevoerd, kan men het algoritme bijvoorbeeld laten gebruik maken van een beperkte soortenlijst. Wanneer men bijvoorbeeld uit een eerder onderzoek weet dat er slechts een beperkt aantal soorten voorkomt in het gebied, of wanneer men slechts in enkele (doel-)soorten interesse heeft, kan men de soortidentificatie laten doorgaan op basis van de onderlinge verschillen tussen de te verwachten soorten. Zo kan men identificatie doen louter op basis van het silhouet of kan men gebruik maken van een soortafhankelijke lengte-hoogteratio (zie ook Dah-Jye Lee et al., 2004 voor identificatie op basis van volledig silhouet). Indien deze eigenschappen voldoende verschillen tussen de doelsoorten van het onderzoek, kan bijvoorbeeld ook identificatie gedaan worden op basis van de silhouetten die een optical beam counter (zoals bv. de VAKI Riverwatcher) creëert (webinar VAKI-Biomark). Dit mitigeert zo ook de hierboven aangehaalde nadelen van de IR-camera in het pilootproject. Hoewel de zwart-wit IR-beelden de manuele identificatie ietwat bemoeilijken, hoeft dit geen moeilijkheid te vormen voor de software. Solide conclusies hierover zijn echter niet mogelijk tot de definitieve software opgeleverd en gebruikt wordt.



Hoe succesvol andere software zoals Fishtick (WeCountFish) en DVMD alle vissen detecteerde was sterk afhankelijk van de ingevoerde parameters en was over het algemeen beter bij Fishtick (Washburn et al. 2008). Het belangrijkste probleem dat door de auteurs werd aangehaald bij DVMD was het hoge foutengehalte wanneer scholen vis passeerden. Dit probleem met de herkenningspatronen wanneer grotere aantallen vissen gelijktijdig en dicht opeengepakt voor de camera passeren is ook gekend uit de onderzoek van o.a. Marini et al. (2018). Vissen die in groep (school) door de box zwemmen leveren ook voor de voorlopige versie van “Migrator” (eind 2018) problemen op. Dit resulteerde in een foutmelding. Omdat de vissen vaak volledig of gedeeltelijk voor elkaar zwemmen is deze voorlopige versie van de software niet in staat om elke vis afzonderlijk correct te tellen en toe te wijzen aan een lengteklasse of soortnaam.

Tijdens ons pilootonderzoek werd vooral blankvoorn in scholen waargenomen, soms liften ook andere soorten zoals riviergrondel mee in deze scholen. Vooralsnog werd riviergrondel enkel in scholen waargenomen tijdens het massaal optrekken rond 9-11 mei. Verder onderzoek moet uitwijzen of men bij waarnemingen van scholen vis een extrapolatie mag maken voor de soortidentificatie. M.a.w., niet elk individu in de school tot op soortniveau identificeren, maar zodra bv. twee of drie keer dezelfde soort wordt gedetecteerd in de school, ervan uitgaan dat alle andere individuen in deze school tot dezelfde soort behoren. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of dit resulteert in een aanvaardbaar nauwkeurighedsniveau.

Een andere veel voorkomende categorie van foutmeldingen betrof individuen die van zwemrichting veranderden en de box dus opnieuw uitzwommen aan dezelfde kant als waar ze de box inzwommen. Deze dieren migreerden dus niet in stroomop- of stroomafwaartse richting. Ook de VAKI Riverwatcher telt deze individuen niet mee, maar bij die *counter* wordt dit niet als foutmelding benoemd (Webinar VAKI-Biomark). Vaak lijkt het erop dat vissen die de box eerst zo verkenden kort daarna toch hun migratie in stroomop- dan wel stroomafwaartse richting voltooiden. Op basis van de beelden is echter niet met zekerheid vast te stellen dat dit dezelfde individuen zijn. Dit zou eventueel onderzocht kunnen worden door gelijktijdig onderzoek te voeren met pit-tags of door een doorgedreven visuele identificatie van de individuen uit te voeren. Over het algemeen is het bij de waargenomen soorten echter moeilijk om individuen te onderscheiden op basis van visuele kenmerken.

De meest voorkomende reden die tot foutmelding leidde was echter dat vissen vaak gedeeltelijk in een zogenaamde dode hoek terecht kwamen waardoor deze niet – of niet lang – volledig in beeld komen. Deze oorzaak van foutmeldingen of “errors” wordt verder besproken in het volgende hoofdstuk.

Alle clips manueel bekijken en beoordelen is te tijdrovend, zelfs wanneer een rudimentaire versie van de software wel al de “visloze” clips eruit filtert en de onderzoeker enkel de video-opnames met vis moet analyseren, betekent dit nog steeds een enorme tijdsinvestering. Bij uitblijven van volledig functionele software kan eventueel wel besloten worden om bv. van één dag alle clips te bekijken om zo, steekproefsgewijs, alle soorten te identificeren die die dag passeerden. Andere onderzoeken die gebruik maken van automatische camera’s, hebben immers vaak enkel software ter beschikking die “visloze” filmpjes uitfiltert, maar rekenen dan op de onderzoekers zelf om de video’s mét vis in zelf te bekijken en te analyseren (o.a. Negrea et al. 2014).

Een andere mogelijkheid is om de clips door meerdere vrijwilligers te laten bekijken zoals gedaan werd in het Nederlandse *citizen science* project “Visspotter” waarbij opnames via een website door vrijwilligers tot op soortniveau werden gedetermineerd. Door met unieke login’s te werken en een systeem op te stellen waarbij punten verdiend worden met correcte identificaties, wordt het voor de onderzoeker gemakkelijker om betrouwbare vrijwilligers (en dus betrouwbare identificaties) te herkennen en wordt het voor de vrijwilligers ook leuker om deel te nemen. Dergelijke werking met vrijwilligers zorgt ook voor een betere bekendmaking van de problematiek bij het bredere publiek en kan bijdragen aan de creatie van een groter draagvlak voor dergelijke onderzoeksprojecten en investeringen voor het passeerbaar maken van knelpunten.

Op het eerste zicht lijken alle waargenomen individuen in goede staat te verkeren. Een specifieke lengte-gewichtverhouding of andere conditie indices zullen echter niet gemaakt kunnen worden op basis van de data van de *fish counter*, maar dat was dan ook niet de doelstelling van dit onderzoek.

Een verdere analyse van de videobeelden door de software moet deze bevindingen verder aanvullen en waar nodig bevestigen, dan wel ontkrachten. Dit zal dan ook verdere informatie verschaffen over de aantallen waarin de waargenomen soorten voorkomen en vermoedelijk ook de lijst met aanwezige soorten verder aanvullen. Dan worden vooral nog de soorten verwacht die bij andere visstandsonderzoeken op deze locatie wel aangetroffen werden zoals kopvoorn, serpeling en eventueel pos, maar ook paling zou ondanks zijn afwezigheid in recente afvissingen kunnen voorkomen.

## Evaluatie pilootconcept

De opstelling die in dit pilootproject uitvoerig getest werd, is enkel in deze vorm toepasbaar op locaties waar leidingwater, elektriciteit en een goede verbinding voor mobiele data beschikbaar is én waar de fysische eigenschappen van de waterloop de plaatsing toelaten. Als aan één van de eerste drie voorwaarden niet voldaan kan worden, kan men overgaan op alternatieven die een meerkost met zich mee kunnen brengen door hogere personeelskost en/of hogere materiaalkost. Zo kan men de camerabox reeds vooraf vullen met leidingwater en gevuld transporteren wat manipulatie van de box bemoeilijkt door het hoge gewicht. Vullen met bidons leidingwater is niet raadzaam gezien enige druk op de watertoevoer wenselijk is. Reiniging van de opstelling aan het einde van het project kan zonder problemen op een andere locatie met watervoorziening gebeuren, of met de mobiele hogedrukreiniger die het PCM in dienst heeft. Wanneer geen stroomvoorziening aanwezig is kan mits meerkost gebruik gemaakt worden van zonnepanelen. Deze oplossing is echter minder geschikt in schaduwrijke omgevingen. De opstelling op zich kan naar behoren functioneren zonder mobiel internet, maar zonder mobiele dataverbinding is het onmogelijk om de camera vanop afstand bij te sturen, noch om de situatie ter plekke vanop afstand te monitoren (zoals nu kon met de livestream). Het ontbreken van een goede internetconnectie zal dus onvermijdelijk leiden tot een hogere personeelskost omdat er vaker ter plaatse moet gegaan worden ter controle. Ook zal door het ontbreken van deze controlemogelijkheid het risico op dataverlies verhogen. De mobiele data verbinding gaat bij voorkeur via het netwerk van de telecomoperator met wie de provincie een overeenkomst heeft.

Om het risico op diefstal en vandalisme te beperken is er bij voorkeur een cabine beschikbaar op de site om het materiaal op de oever (router etc.) veilig in op te bergen. Bij gebrek aan dergelijke cabine is het aangewezen een metalen kist/kast verdoken op te stellen op de oever.

De grootste limiterende factor voor toepasbaarheid van de opstelling zijn dus de fysische eigenschappen van de waterloop. De zwemtunnel moet volledig onder water kunnen staan wat voor deze opstelling resulteert in een minimale waterdiepte van 40 cm. Bij lagere waterstanden kan eventueel geopteerd worden om de afmetingen van de box eraan aan te passen, maar men dient hierbij in rekening te brengen dat een kleinere doorzwemopening vissen mogelijks meer afschrikt en de stroomsnelheid van het water door de opening kan versnellen. Naast deze minimale waterdiepte is het ook belangrijk dat de volledige breedte en diepte van de stroom wordt afgezet waardoor alle vis verplicht wordt om door de zwemtunnel te migreren. Dit is het makkelijkst te verwezenlijken in stukken van de waterloop die onnatuurlijk zijn ingericht met rechte betonnen wanden zoals aan de ingang van de vistrap aan de Boembekemolen. Voor een meer natuurlijk beekprofiel moet geval per geval onderzocht worden hoe men het best te werk gaat om de waterkolom over de volledige breedte van de waterloop met (volière)gaas af te sluiten. Dit alles maakt dat het gebruik van deze opstelling, zelfs mits aanpassingen, niet geschikt is in stroomopwaartse bronbosbeekjes. Dezelfde beperkingen met betrekking tot waterdiepte en afsluitbaarheid van de volledige breedte van de waterloop gelden echter ook voor de andere types *fish counters* die in tijdens de literatuurstudie onderzocht werden. Voor visstandsonderzoek in ondiepe stroomopwaartse bronbosbeekjes blijft elektrisch afvissen vooralsnog de enige geschikte methode. Het frame voor deze opstelling aan de Boembekemolen werd op maat gemaakt dus is ook in de toekomst nog te gebruiken voor verder onderzoek op deze locatie met camerabox of eventueel om de toegang tot/uitgang van de vistrap eenvoudiger af te sluiten met een fuik.

Het pilootconcept dat getest werd, werd *an sich* geschikt bevonden, maar een aantal kleine aanpassingen aan de uitvoering zijn wenselijk voor toekomstige projecten. Enerzijds om onderhoud eenvoudiger, sneller en veiliger te laten verlopen, anderzijds ook om verwerking van de camerabeelden door de software te vereenvoudigen en het aantal foutmeldingen drastisch terug te dringen.

Om onderhoud te vereenvoudigen en de frequentie ervan terug te schroeven, kan bij een toekomstige opstelling gebruik gemaakt worden van een nanocoating op het glas van de camerabox.

Deze coating zal algengroei bemoeilijken waardoor onderhoud minder vaak nodig is en tegelijk ook reiniging vereenvoudigen wat dus op twee manieren de personeelskost drukt. Welk type nanocoating het best geschikt is voor deze toepassing en welke kost dit inhoudt zal nog verder uitgezocht moeten worden. Gezien aquariumliefhebbers met een gelijkaardig probleem kampen (algengroei op glas dat permanent onder water is en langdurige blootstelling aan kunstlicht, product mag niet schadelijk zijn voor aquatisch leven), is het wellicht mogelijk om een product voor aquaria te gebruiken. Dergelijke producten zijn al te verkrijgen aan €26,90 (incl. BTW, 100ml *Percenta Nano Coating for Aquariums*, geschikt voor 10m<sup>2</sup>, zou circa vijf jaar effectief blijven). Ook Marini et al. (2018) halen aan dat *bio-fouling* (het begroeiën met algen etc.) de grootste impact heeft op de performantie van herkenningsoftware. Te meer omdat de camera automatisch gaat scherpe stellen op de begroeiing i.p.v. op de passerende vissen. Dit probleem is dus ook uit de literatuur bij tal van andere cameraopstellingen bekend en vooral problematisch als de opstelling niet eenvoudig te bereiken is voor onderhoud zoals het geval is bij gebruik in het mariene milieu.

Ook voor de andere wanden van de zwemtunnel is het gebruik van een gladder materiaal, al dan niet met nanocoating, aangewezen om algengroei te verminderen en het onderhoud vereenvoudigen. Het schoon houden van deze oppervlakken en dan met name de bodem en achterwand van de tunnel is vooral van belang om een goed contrast te bewaren tussen de verschillende vissen en de achtergrond (zie ook Hawkins et al., 2018). Zo is het niet enkel voor de gebruikte software eenvoudiger om de individuen als dusdanig te herkennen, ook voor de onderzoeker is dit eenvoudiger in geval van een eventuele manuele controle van de beelden.

Een alternatief voor de voorgestelde nanocoating, is eventueel een automatische wisser die het glas geregeld schoonveegt. Dit lijkt technisch echter moeilijker te implementeren dan een eenmalige behandeling met coating en de effectiviteit ervan zal proefondervindelijk moeten vastgesteld worden. Een dergelijke automatische wisser wordt bijvoorbeeld op kleinere schaal gebruikt bij de multiparameterprobe (DS 5X – Hydrolab). Hier houdt een kleine wisser en borstel de verschillende probes op de sonde vrij van aangroei of sediment door op geregelde tijdstippen (naar voorkeur in te stellen) over alle sondes te bewegen.

In dit pilootproject werd na circa één week een drijfbalk geplaatst om drijvend debris tegen te houden en zo ettelijke “visloze” opnames te vermijden. Voor toekomstige projecten is het dan ook aanbevolen de plaatsing hiervan simultaan uit te voeren met de installatie van de cameraopstelling.

Een betere afstemming van de afmetingen van de lier op het takelpunt op de box is nodig om te verhinderen dat de lier onder te veel spanning komt te staan waardoor ook de verankering in de brug hogere krachten te verduren krijgt dan strikt noodzakelijk. De arm van de lier dient zo lang te zijn dat de het zwaartepunt van de box loodrecht omhoog getakeld wordt. In dit pilootproject kwam de arm maar tot aan het handvat i.p.v. tot aan het eigenlijke takelpunt. Hiertoe is een duidelijke communicatie van de afmetingen nodig in de voorbereidende fase. Ook een grotere grondplaat van de lier die dan in meerdere balken kan verankerd worden of een geheel andere manier van verankering van de lier op de brug is mogelijk zoals voorgesteld op Figuur 3. Hier werd een constructie rond het brugdek voorgesteld die de krachten uitgeoefend door het optakelen beter verdeeld en waarbij niet in de balken van de brug zelf geboord werd. Dergelijke aanpassing zal het veiligheidsrisico bij onderhoudsbeurten sterk reduceren. Wat de beste optie is, is locatieafhankelijk en moet geval per geval onderzocht worden.

Een groot deel van de foutmeldingen, die in totaal jammer genoeg meer dan 80% van de geanalyseerde videoclips beslaan, was te wijten aan vissen die te laag in de zwemtunnel zwommen waardoor ze gedeeltelijk of volledig in de dode hoek van de camera terecht kwamen. Hierdoor kon de *Migrator* software deze individuen niet correct herkennen. Het is op dit moment nog afwachten of de finale versie van de software hier beter mee om kan of niet. Het is immers mogelijk dat het volledig getrainde algoritme voldoende heeft aan een halve afbeelding van een vis om de individuen te kunnen tellen, klasseren en benoemen. Het is echter sowieso aan te raden om deze dode hoek weg te werken in volgende opstellingen. Een eenvoudige aanpassing aan het design van de zwemtunnel waardoor zowel de bodem als het plafond ervan schuin afloopt, verhindert dat vissen in

de dode hoek terecht kunnen komen. De overige foutmeldingen die hoofdzakelijk te wijten waren aan vissen die in school migreerden of individuen die de box aan dezelfde kant terug uitzwommen als waar ze waren binnen gekomen, werden reeds hierboven besproken in de discussie. Ook hier is het nog afwachten hoe de finale versie van de software hiermee zal omgaan.

Onze aanbevelingen voor volgende projecten zijn dan ook samen te vatten als volgt:

- 1) Nanocoating op de glaswand van de camerabox en gebruik van gladdere materialen en/of nanocoating voor de zwemtunnel.
- 2) Onmiddellijke installatie van een drijfbalk om het aantal “visloze” opnames te beperken.
- 3) Correct onderhoud moet voldoende frequent plaatsvinden. Noodzaak kan worden ingeschat aan de hand van de livestream.
- 4) Voor dit onderhoud kan eventueel samengewerkt worden met naburige vrijwilligers. Zo wordt de nodige tijd voor transport vanuit Gent beperkt.
- 5) Betere afstemming van de te gebruiken lier op het zwaartepunt van de camerabox en stevigere, veiligere bevestiging van de lier.
- 6) Dode hoek in zwemtunnel wegwerken door aanpassing aan design.

Hoewel de voorlopige ervaringen met het pilootproject overwegend positief zijn en de toepassing ervan beloftevol is, zit de meerwaarde van het project in de werking van de software die op dit moment nog steeds in ontwikkeling en “training” is. Een eindconclusie over het pilootproject laat dan ook nog op zich wachten en kan hopelijk in het najaar van 2020 gevormd worden.

## Referenties

Baumgartner L., Bettanin M., McPherson J., Jones M., Zampatti B., Beyer K.(2010). Assessment of an infrared fish counter (Vaki Riverwatcher) to quantify fish migrations in the Murray-Darling Basin. Industry & Investment NSW – Fisheries Final Report Series No. 116 ISSN 1837-2112

Boets P., Malfroid D., Poelman E. (2017). Evaluatie van de vistrap aan de Boembekemolen te Brakel. Studie in opdracht van het provinciebestuur Oost-Vlaanderen. 17p.

Braun D., McCubbing D., Ramos-Espinoza D. , Chung M., Burroughs L., Burnett N., Thorley J., Ladell J., Melville C., Chillibeck B., and Lefevre M. 2016. Technical, Logistical, and Economic Considerations for the Development and Implementation of a Scottish Salmon Counter Network. Scottish Marine and Freshwater Science: Vol 7, No 2. DOI: 10.7489/1689-1 Published by Marine Scotland Science ISSN: 2043-7722

Bruijn Q.A.A. de & Jan H. Kemper, 2017. Evaluatie van de vispassage in de monding van de Poekebeek, voorjaar 2017. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2016\_20, 31 p.

Buyse D., Martens S., Baeyens R. en Coeck J. 2003 Onderzoek naar de migratie van vissen tussen Boven-Zeeschelde en Bovenschelde - Rapport van het Instituut voor Natuurbehoud IN.R.2004.02. Onderzoek uitgevoerd aan het Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Bovenschelde.

Coeck J. , Colazzo S., Meire P., Verheyen R.F. (2000). Herintroductie en herstel van kopvoornpopulaties (*Leuciscus Cephalus*) in het Vlaamse Gewest. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 2000.15. Brussel

Dah-Jye Lee, Robert B. Schoenberger, Dennis Shiozawa, Xiaoqian Xu, en Pengcheng Zhan. 2004. "Contour matching for a fish recognition and migration-monitoring system", Proc. SPIE 5606, Two- and Three-Dimensional Vision Systems for Inspection, Control, and Metrology II, (16 December 2004); <https://doi.org/10.1117/12.571789>

Fishbase: <https://www.fishbase.se/Summary/SpeciesSummary.php?ID=4478&AT=riviergrondel>  
Laatst geraadpleegd op 01/07/2020

Geopunt - Erosiegevoeligheidskaart van de Vlaamse gemeenten:

[www.geopunt.be/kaart?type=dataset&data=%5B%7B%27type%27%3A%27WMS%27%2C%27url%27%3A%27https%3A%2F%2Fwww.dov.vlaanderen.be%2Fgeoserver%2Fwms%3FSERVICE%3DWMS%26version%3D1.3.0%26request%3DGetMap%27%2C%27layers%27%3A%5B%7B%27id%27%3A%27erosie%3Aerosie\\_gemeente%27%2C%27title%27%3A%27WMS-map%20Erosiegevoeligheidskaart%20van%20de%20Vlaamse%20gemeenten%27%7D%5D%7D%5D](http://www.geopunt.be/kaart?type=dataset&data=%5B%7B%27type%27%3A%27WMS%27%2C%27url%27%3A%27https%3A%2F%2Fwww.dov.vlaanderen.be%2Fgeoserver%2Fwms%3FSERVICE%3DWMS%26version%3D1.3.0%26request%3DGetMap%27%2C%27layers%27%3A%5B%7B%27id%27%3A%27erosie%3Aerosie_gemeente%27%2C%27title%27%3A%27WMS-map%20Erosiegevoeligheidskaart%20van%20de%20Vlaamse%20gemeenten%27%7D%5D%7D%5D) -  
Laatst geraadpleegd op 16/12/2019

Gregory J., Claburn P. en Robinson L. (1998). The use of hydroacoustic Counter for Assessing Salmon Stocks. Research and Development Technical Report W92. Environment Agency Wales. 97p.

Hawkins P. R., Hortle K. G., Phommanivong S. en Singsua Y. 2018. Underwater video monitoring of fish passage in the Mekong River at Sadam Chennel, Khone Falls, Laos. River Res Applic. 20018; 34: 232-243. DOI: 10.1002/rra.3239

Huygens M., Verhoeven R. en De Sutter R. 2000. "Integrated River Management of a Small Flemish River Catchment." IAHS Publication. Ed. M Stone. Vol. 263. Wallingford, UK: International Association of Hydrological Sciences (IAHS). 191–199. Print.

Kaderrichtlijn Water van de Europese Unie. EU Water Framework Directive (WFD). "Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy" . 2000.

Knott J., Mueller M., Pander J. en Geist J. 2019 Seasonal and diurnal variation of downstream fish movement at four small-scale hydropower plants. Wiley – Ecology of Freshwater Fish. 2020;29:74–88 DOI: 10.1111/eff.12489

Kottelat, M., Freyhof J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp. ISBN: 978-2-8399-0298-4

Marini S., Fanelli E., Sbragaglia V., Azzurro E., Del Rio Fernandez J. en Aguzzi J. 2018. Tracking Fish Abundance by Underwater Image Recognition. Scientific Reports, volume 8, Article number: 13748. DOI: 10.1038/s41598-018-32089-8

Marmulla G. (ed), Jackson D. C., Larinier M., Lirando L. E., Bernacsek G. M. (2001). Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution. FAO Fisheries Technical Paper. No. 419. Rome, FAO. 166p.

Meteo België. <https://www.meteobelgie.be/klimatologie/waarnemingen-en-analyses/jaar-2018/2190-waarnemingen-april-2018> en <https://www.meteobelgie.be/klimatologie/waarnemingen-en-analyses/jaar-2018/2193-waarnemingen-mei-2018> - Laatst geraadpleegd op 22/07/2020

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Water, Instituut voor Natuurbehoud en Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer. 2003. Studiedag 'Vismigratie en visdoorgangen in Vlaanderen: naar herstel van een vrije migratie van vissen in onze wateren'

Negrea C., Thompson D. E., Juhnke S. D., Fryer D. S. en Loge F. J. 2014. Automated Detection and Tracking of Adult Pacific Lampreys in Underwater Video Collected at Snake and Columbia River Fishways. North American Journal of Fisheries Management. Vol. 34, 2014. Pp: 111-118. <https://doi.org/10.1080/02755947.2013.849634>

Percenta nanoproducs: <https://percenta-nanoproducts.com/nano-coating-for-aquariums.html> Laatst geraadpleegd op 01/07/2020

Rodriguez A., Bermúdez M., Rabuñal J. R. en Puertas J. 2014. Fish tracking in vertical slot fishways using computer vision techniques. Journal of Hydroinformatics (2015) 17 (2): 275–292. <https://doi.org/10.2166/hydro.2014.034>

Schletterer M., Senn G., Menghin M., Hubmann M., Schwarzenberger R., Haas C., Thumser P. en Asgeirsson M.T. (2015). Technisches Fischmonitoring: Installation des ersten RiverWatcher Fischzählers in Österreich. *WasserWirtschaft* 7/8 Pp.: 103-108.

Travade F. en Larinier M. (2002). Monitoring techniques for fishways. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 364 suppl. Pp.:166-180.

Van Balkum D. 2017. Vismigratie door de IJssel. *Waterambassadeur Topsector Water*. <https://m.waterwereldwerk.nl/vismigratie-door-de-ijssel-439ad505d857>. Laatst geraadpleegd op 22/07/2020

Van Wichelen, J.; Belpaire, C.; Buysse, D.; Baeyens, R.; Verhelst, P.; Vergeynst, J.; Pauwels, I.; Van Thuyne, G.; De Meyer, J.; Stevens, M.; Vlietinck, K.; Mouton, A.; Coeck, J. (2018). Kan Vlaanderen het tij nog keren voor de Europese paling? Effecten van tien jaar Europese bescherming op het voortbestaan van de Paling in Vlaanderen. *Natuur.Focus* 17(1): 4-10

Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. 2005 Gezamenlijke publicatie van de Vlaamse Gemeenschap en Nederland: AMINAL (Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer) en OVB (Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij). 208 p.

Visspotter.nl                      Laatst geraadpleegd op 01/07/2020

Washburn E., Gregory J. en Clabburn P. 2008. Using video images for fisheries monitoring. A manual for using underwater cameras, lighting and image analysis. Science report SC050022/SR2. Environment agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol, BS32 4UD. ISBN: 978-1-84432-889-5 [www.Environmentagency.co.uk](http://www.Environmentagency.co.uk)

Webinar VAKI-Biomark: "VAKI Riverwatcher: Reliable River Stock Management Webinar", by Magnus Thor Asgeirson. 3 juni 2020. <https://www.biomark.com/news/post/recording-of-riverwatcher-reliable-river-stock-management-webinar> – Laatst geraadpleegd op 15/07/2020

WeCountFish: [www.wecountfish.com/fishtick-2-6-3/](http://www.wecountfish.com/fishtick-2-6-3/) en [www.wecountfish.com/fishtick3-0/](http://www.wecountfish.com/fishtick3-0/) - Laatst geraadpleegd 23/07/2020

Zoeter Vanpoucke M. , Boets P., Dillen A., Poelman E. (2020). Onderzoek naar natuurlijke reproductie van visdoelsoorten in enkele beken van de Vlaamse Ardennen. 23p.

**Achtergrondinformatie met betrekking tot het tegengaan van aangroei van algen op de camerabox:**

<https://coating.nl/nano-coating/>                      Laatst geraadpleegd op 01/07/2020

Delauney, L. & Compère, C. An Example: Biofouling Protection for Marine Environmental Sensors by Local Chlorination, 1–16 (Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg).



Delauney, L. 2009. Biofouling protection for marine underwater observatories sensors. In OCEANS 2009-EUROPE, 1–4

Patil, J. S., Kimoto, H., Kimoto, T. & Saino, T. 2007. Ultraviolet radiation (uv-c): a potential tool for the control of biofouling on marine optical instruments. *Biofouling* 23, 215–230, PMID: 17653932

Xue, Y. et al. 2015. In situ glass antifouling using pt nanoparticle coating for periodic electrolysis of seawater. *Applied Surface Science* 357, 60