Verkenning m.b.t. onderwatercamera-systemen annex analysesoftware voor (zoetwater)vismonitoring

Auteur(s): Ben Griffioen en Michaela Scholl

Wageningen University &
Research rapport C022/21

Verkenning m.b.t. onderwatercamera-systemen annex analysesoftware voor (zoetwater)vismonitoring

Ben Griffioen
Michaela Scholl

Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research
IJmuiden, 15 maart 2021

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C022/21

Keywords: camerawaarneming, automatische visherkenning, vismonitoring

Opdrachtgever: RWS Water, Verkeer en Leefomgeving
Eddy Lammens
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
Bezoekadres Lelystad, Zuiderwagenplein 2

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/543526>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: nvt

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Dr.ir. J.T. Dijkman, Managing director

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

Wageningen Marine Research

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Kennisvraag	6
3 Gekozen aanpak	7
3.1 Literatuuronderzoek	7
3.2 Informatie-inwinning via interviews	7
4 Resultaten	8
4.1 Literatuurstudie	8
4.1.1 Relevante onderzoekprojecten	8
4.1.2 Videoregistratie en beeldherkenning	9
4.1.3 Andere videotechnieken en inzet van sonartechniek	12
5 Discussie	18
5.1 Camerasystemen versus fuikopstelling	18
5.2 Eenvoudige beslistool voor keuze van systeem	20
6 Kosten-batenanalyse	22
7 Conclusies en aanbevelingen	27
7.1 Conclusies	27
7.2 Aanbevelingen	27
8 Kwaliteitsborging	29
Literatuur	30
Verantwoording	32
Bijlage 1 Enquêteformulier producent	33
Bijlage 2 Enquêteformulier gebruiker	35
Bijlage 3 Ontwikkelaars van onderwater-camerasystemen	37
Bijlage 4 Overzicht van basisgegevens uit de enquêteformulieren	39

Samenvatting

Ten behoeve van het Nederlandse visserijbeleid is Rijkswaterstaat (RWS) naast het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) verantwoordelijk voor het monitoren van de visstand in de zoete rijkswateren. De trendmonitoring van RWS vindt veelal met fuiken plaats en in samenwerking met de beroepsvisserij. Vanwege hoge personele kosten en de reële kans op stroperij, maar ook met het oog op dierenwelzijn, is de overheid op zoek naar nieuwe technieken. Gedacht wordt aan de inzet van onderwatercamera's en geautomatiseerde software voor de identificatie van vissen.

De voorliggende rapportage is een beknopte marktverkenning. In opdracht van RWS onderzocht Wageningen Marine Research (WMR) de geschiktheid van bestaande onderwatercamerasystemen en analysesoftware voor visonderzoek in Nederland middels een literatuurstudie en interviews met marktpartijen/gebruikers. De ingewonnen informatie is bediscussieerd met het oog op de Nederlandse situatie.

De centrale kennisvragen zijn of er anno 2020 voldoende ontwikkelde systemen op de markt zijn waarmee een wetenschappelijke output kan worden gegenereerd die even goed is of zelfs beter dan die verkregen met traditionele monitoringmethoden, en zo ja, of deze systemen in economisch opzicht met de traditionele monitoringmethoden kunnen concurreren.

Voor het antwoord op de eerste vraag zijn alle bevindingen overzichtelijk bijeengebracht en de specifieke voor- en nadelen beschreven. Vervolgens zijn de conclusies samengevat in een beknopte matrix. De overall-conclusie is dat er veel overeenkomsten zijn tussen de verschillende (internationale) aanbieders. Zij onderscheiden zich vooral door hun ervaring. Hoe dan ook, in alle gevallen zal de software moeten worden getraind op de vissoorten die te verwachten zijn in de onderzoeksgebieden. Dit vereist tijd en herhaling in de praktijk.

Het antwoord op de tweede vraag is via een kosten-batenanalyse verkregen. Wanneer alleen de effecten worden bekeken waarvoor prijzen in Euro kunnen worden gegeven, zijn de kosten van cameramonitoring vergeleken met fuikenmonitoring met een factor twee tot drieënhalf hoger. Het is echter aannemelijk dat deze kosten in de komende jaren zullen dalen gezien de algemene trend in de prijsontwikkeling van ICT-goederen. Niet naar waarde te schatten positieve effecten zijn onder andere de grotere informatie-inwinning en spin-off-effecten.

De belangrijkste aanbeveling is om de ontwikkeling van camerasystemen en geautomatiseerde software te blijven volgen en de inzet in de praktijk te beproeven, zoals ook al gebeurt in een pilotproject van WMR en partners bij Lith (Maas), dat voor RWS parallel aan deze bureaustudie wordt uitgevoerd. Bij de eventuele inzet van camerasystemen voor (lange-termijn)monitoring is het van belang de onderzoeksdoelen, zoals opgesteld voor de huidige fuikenmonitoring, voor ogen te houden en de keus voor een systeem daarop af te stemmen.

1 Inleiding

In het kader van wettelijke verplichtingen, zoals de Kaderrichtlijn Water (KRW) en ten behoeve van het visserijbeleid en het visstandbeheer, is Rijkswaterstaat (RWS) naast het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) verantwoordelijk voor het monitoren van de visstand in de zoete rijkswateren. Wageningen Marine Research (WMR) voert sinds 2012 in opdracht van de beide ministeries een trendmonitoring uit met behulp van fuiken, onder andere door samenwerking met de lokale beroepsvisserij. Naast de fuiken wordt er ook met zalmsteken gevist om de trend van zalmachtigen te volgen in de grote rivieren. De inzet van fuiken (in samenwerking met de beroepsvisserij) heeft een aantal inherente nadelen, zoals stroperij en hoge kosten. De overheid is daarom op zoek naar nieuwe, kosten-efficiënte technieken voor grootschalige toepassing, zoals de inzet van onderwatercamera's en geautomatiseerde software. Ook met het oog op het dierenwelzijn heeft de inzet van camera's de voorkeur, omdat hierbij, in tegenstelling tot traditionele monitoring, geen vissen uit het water hoeven te worden gehaald met mogelijke schade en sterfte als gevolg. De techniek om vissen te identificeren via camera's en bijbehorende software is de laatste jaren sterk verbeterd en biedt op termijn misschien de mogelijkheid om netten te vervangen door camerasystemen.

Eind september 2020 heeft RWS aan WMR een opdracht gegeven (zaaknr. 31162929) die uit twee onderdelen bestond: een pilot waarin met een camerasysteem van KBTS en bijbehorende software wordt gewerkt, en een beknopte verkenning van de markt om een goed overzicht te hebben van de actuele stand van zaken wat betreft onderwatercamerasystemen en identificatie-software die zo mogelijk ook al worden toegepast in vismonitoringprojecten.

De voorliggende rapportage geeft invulling aan het onderdeel 'marktverkenning'. Conform afspraak is deze beknopt van opzet. Qua inhoud ging het bij deze exercitie niet zozeer om een verkenning van de markt om een volledig overzicht van alle bestaande systemen te kunnen geven. Ons oogmerk was vooral gericht op de geschiktheid van al in gebruik zijnde systemen voor de inzet in visonderzoeken zoals die in Nederland (naar verwachting) aan de orde (zullen) zijn.

2 Kennisvraag

Zoals in de inleiding al aangeduid gaat het bij de marktverkenning vooral om de toepassingsmogelijkheden van onderwatercamera's in wetenschappelijk onderzoek. Naast het verkrijgen van inzicht in de technische prestaties van visdetectiesystemen (camerasystemen en software) was de verkenning ook gericht op het verkrijgen van inzicht in de kosten en baten van het werken met dergelijke systemen. Dit in vergelijking met traditionele monitoringmethoden en rekening houdend met de lange termijn en het waarborgen van de continuïteit van de dataverzameling.

Gekozen is om zowel de literatuur te bestuderen middels een *quick scan*, en minimaal drie experts op het gebied van het gebruik van onderwatercamerasystemen in visonderzoek te bevragen.

De hoofdkennisvragen waren als volgt geformuleerd:

- Zijn er anno 2020 voldoende ontwikkelde onderwatercamerasystemen en analysesoftware op de markt waarmee een wetenschappelijke output kan worden gegenereerd die even goed is of zelfs beter dan die verkregen met traditionele monitoringmethoden?
- Zo ja, kunnen deze systemen in economisch opzicht concurreren met de traditionele monitoringmethoden?

3 Gekozen aanpak

3.1 Literatuuronderzoek

Een literatuuronderzoek (*quick scan*) is uitgevoerd met behulp van openbare zoekmachines (google scholar) en wetenschappelijke zoekmachines (Web of Science). Voor de zoekopdrachten zijn onder andere de (Engelstalige) trefwoorden *camera monitoring*, *fish migration* en *video analysis* gebruikt. Het zoekvenster is beperkt tot de periode 2015 – oktober 2020.

3.2 Informatie-inwinning via interviews

Voor de interviews met experts is in eerste instantie gebruik gemaakt van bestaande contacten. Daarnaast zijn vakgenoten in de eigen netwerken geraadpleegd, wat nieuwe contacten heeft opgeleverd. Uit de aanbevelingen is een selectie gemaakt van systeemontwikkelaars en gebruikers, dat wil zeggen van instituten die betrokken zijn/waren bij de toepassing van camerasystemen in vispassages. De informatie-inwinning verliep per email en telefoon/video tijdens een of meer contactmomenten met een partij. Voor de schriftelijke bevraging zijn enquêteformulieren ontworpen (bijlage 1 en 2), die aan de experts en gebruikers zijn gemaild met het verzoek deze ingevuld te retourneren. De respons bestond uit zes ontwikkelaars en één gebruiker. Onder de benaderde partijen waren ook ontwikkelaars van systemen die niet voldoende vergelijkbaar zijn met de systemen die wij willen onderzoeken en daarom afvielen, of bedrijven die al dan niet in samenwerking met andere marktpartijen alleen maatwerk leveren in concrete projecten. Daartoe behoort bijvoorbeeld WUR-AgrofoodRobotics. Vier van de zes bevraagde systeemontwikkelaars hebben verzocht dat hun informatie anoniem verwerkt werd. Omdat het een kleine groep ontwikkelaars betreft en het in dit rapport vooral om de algehele stand van de techniek gaat en niet per se om de individuele prestaties van bedrijven, hebben we voor de presentatie van de resultaten uit onze eigen verkenning (paragraaf 4.2) ervoor gekozen de ontwikkelaars anoniem te houden. De gebruikerservaring is die van de Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz (Duitsland).

4 Resultaten

4.1 Literatuurstudie

4.1.1 Relevante onderzoekprojecten

Op basis van de geselecteerde en geraadpleegde wetenschappelijke literatuur is een overzicht opgesteld van enkele relevante onderzoekprojecten (tabel 4.1). De genoemde visdetectiesystemen in de literatuur zijn in willekeurige volgorde: Vaki Riverwatcher, DIDSON/ARIS, Simsonar, BRAVO Underwater Fish Monitoring System, WSP IchtyoS System en KBTS (figuur 4.1.1-4.1.6). Voor de volledigheid is de Vislift Digital Monitoring Device er ook bij gezet (figuur 4.1.7), maar deze is nog niet bij de zoekopdracht naar voren gekomen. Daarnaast wordt ook gebruikt gemaakt van videosystemen zoals GoPro of Marshall.

Tabel 4.1 Enkele relevante onderzoekprojecten met literatuurvermelding; resultaat van de zoekopdrachten in Google Scholar in de periode 2015 – 2020 (laatste raadpleging: oktober 2020) en Web of Science.

Jaar	Land	Locatie	Titel	Systeem	(Literatuur)referentie
2017	Noord-Amerika	Stanislaus River, Californië,	Environmental Factors Associated with the Upstream Migration of Fall-Run Chinook Salmon in a Regulated River	VAKI -Riverwatcher	Peterson et al. 2017
2006 e.v.	Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland	Divers (15)	The system Vaki Riverwatcher as a tool for long-term monitoring of fish migration in fishways	VAKI -Riverwatcher	Haas et al. 2018
2015	Oostenrijk	Wenns	Technical Fish Monitoring: First Installation of a RiverWatcher Fish Counter in Austria	VAKI -Riverwatcher	Schletterer et al. 2015
2017	Canada	Beaver River, Ontario	Rainbow Trout Migration and Use of a Nature-Like Fishway at a Great Lakes Tributary	BRAVO Underwater Fish Monitoring System	Bunt and Jacobson 2019
2006-2015	Canada	Grand River, Ontario	Silver Shiner (Notropis photogenis) Size-Class Structure, Habitat Utilization, Movement and Persistence in an Urbanized Fragment of a Great Lakes Tributary	BRAVO Underwater Fish Monitoring System	Bunt 2016
2018	Duitsland	Bavaria, kleine rivier	Comparison of sonar-, camera- and net-based methods in detecting riverine fish-movement patterns	ARIS sonar and GoPro4 hero	Egg et al. 2018
divers	Divers	divers	The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology	DIDSON sonar	Martignac et al. 2015
2012, 2016	Duitsland	divers	Echoes in motion: An acoustic camera (DIDSON) as a monitoring tool in applied freshwater ecology	DIDSON sonar	Borcherding and Hartmut 2018
2010, 2012, 2017	Finland, Noorwegen	Heastanjárga, River Vetsijoki,	Status of the Tana/Teno River salmon populations in 2017	DIDSON, Simsonar UVC(?), Aris	Anon 2018

Jaar	Land	Locatie	Titel	Systeem	(Literatuur)referentie
		River Válfjörður			
2018-2019	Finland	Teno rive	Teno- ja Inarijokeen nousevien lohien kaikuotousoisseurannat v. 2018–2019	Simsonar UVC	Pohjola et al. 2020
2015	Sweden	Rickleån	Passageeffektivitet för nedströmsvandrande laxsmolt förbi ett integrerat vattenintag till spill och turbin vid Bruksfors, Rickleån	Simsonar UVC	Leonardsson et al. 2016
2018-2019	Noorwegen	Litjvatnet	Overvåkning av anadrome laksefisk i Botnvassdraget, Nordland. Resultater fra overvåkingen i 2019	Simsonar FC, PIT system	Sjursen et al. 2020
n.v.t.	Finland	Review rapport voor technieken	Kalateiden toimivuuden seuranta	VAKI, skynordic visteller, Simsonar, DIDSON/ARIS, telemetrie, merk terugvangst	Sutela et al. 2018
2017	Nederland	Noordzeekan aal	Alternatives for trap monitoring in large rivers and lakes : Camera monitoring and eDNA sampling as alternative for conventional trap monitoring	KBTS	Griffioen et al. 2019a
2014-2015 en 2016-2017	Noorwegen	Glomma Rivier	Evaluating a fishway reconstruction amidst fluctuating abundances	Marshall CV502 camera, VAKI	Holter et al. 2020
2012	Duitsland	Marklendorf	Fischerfassung in FAA – Reuse vs. automatische Fischerfassung (Vaki-Counter) – Vergleich zweier Verfahren	VAKI, fuik	Mockenhaupt and Kluber 2015
2014-2015	Belgie	Vesdre	Session C4: Development of Passive Monitoring Tools of Silver Eel Migration to Trigger Turbine Management for Fish Protection	WSP	Sonny and Brunet 2015

4.1.2 Videoregistratie en beeldherkenning

Voor vismonitoring of vispassage-evaluatie worden diverse remote monitoringsystemen gebruikt om vissen te tellen, te observeren en migratiepatronen te onderzoeken (figuren 4.1.1 – 4.1.6). Daarnaast wordt videotechniek ook gebruikt om soortherkenning uit te voeren. Dit gebeurt zowel handmatig door achteraf video's te beoordelen (Egg et al. 2018, Griffioen et al. 2019a), als middels geautomatiseerde software (o.a. Simsonar, DIDSON/ARIS, VAKI, WPS, KBTS) of middels indirecte aanwijzing door akoestische schaduw en karakteristieke kenmerken van vissen (Borcherding and Hartmut 2018). Daarnaast zijn er ook voorbeelden waarbij meerdere technieken naast elkaar worden gebruikt (Anon 2018, Holter et al. 2020). Dit zijn zowel video (WSP, VAKI, Simsonar, KBTS), akoestische technieken (DIDSON/ARIS) als telemetrietechnieken (bijvoorbeeld PIT-tag). Videotechnieken worden wereldwijd en voornamelijk gebruikt voor registratie van de zalmtek in vispassages en rivieren (Peterson et al. 2017, Anon 2018, Pohjola et al. 2020, Sjursen et al. 2020). Maar ook voor vispassages waar meerdere soorten passeren worden videotechnieken ingezet (Mockenhaupt and Kluber 2015, Haas et al. 2018). Daarnaast wordt video ook voor *early warning* gebruikt als maatregel tegen schieraalsterfte door waterkracht (Sonny and Brunet 2015).

In Scandinavië, Canada, Duitsland, Oostenrijk, Engeland en Zwitserland wordt gebruik gemaakt van diverse technieken zoals VAKI, BRAVO, Simsonar (UVC en FC), WSP, DIDSON/ARIS en fishcounter (Skynordic) om passages te monitoren (Sonny and Brunet 2015, Bunt 2016, Haas et al. 2018, Sutela et al. 2018, Bunt and Jacobson 2019). Veelal worden de beelden ook publiek gedeeld (o.a. <https://kart.skynordic.no/> <https://www.unio-river.de/produktseite> en

<https://www.biotactic.com/bravo/>). Uit de onderzoeken blijkt de meerwaarde van automatische detectie van vissen alleen al doordat de vissen niet worden gevangen en zo mogelijk stress en schade wordt voorkomen (Mockenhaupt and Kluber 2015, Sutela et al. 2018, Holter et al. 2020), dit in tegenstelling tot netvangsten (Mockenhaupt and Kluber 2015, Egg et al. 2018, Griffioen et al. 2019a).

Het is de vraag of de 'ervaren blik' van een beroepsvisser of bioloog zomaar kan worden vervangen door videotechniek in combinatie met automatische beeldherkenning. Op basis van de literatuur lijken de Artificial Intelligence (AI-) mogelijkheden behoorlijk 'in de lift' en wordt de herkenning steeds nauwkeuriger en uitgebreider. Voor wat betreft nauwkeurigheid wordt VAKI bijvoorbeeld genoemd door Sutela et al. (2018) als zeer nauwkeurig, wat ook zou blijken uit jarenlange gebruikers-ervaring en doorontwikkeling van de technologie die in de praktijk is getest (Schletterer et al. 2015, Sutela et al. 2018). Echter, voor kleinere soorten <15cm is voor VAKI in het verleden een onderschatting gevonden t.o.v. fuikvangsten (Mockenhaupt and Kluber 2015). Kleine soorten werden in dat onderzoek gemist in een vergelijkend onderzoek met fuiken. Iets wat ook bleek uit een pilotstudie op het Noordzeekanaal (Griffioen et al. 2019a). In dat laatste onderzoek bleek soortidentificatie voor platvissen ook een probleem, omdat deze niet of nauwelijks van elkaar te onderscheiden zijn als deze niet van boven worden gefilmd.

Voor Simsonar FC wordt ook een goede betrouwbaarheid aangegeven voor soortidentificatie (Sutela et al. 2018). Echter, gezien de huidige status van de gebruikte software is het vooralsnog onmogelijk om soorten als aal en prikken softwarematig van elkaar te onderscheiden (pers. communicatie Arto Seppänen). In zulke situaties geeft de software een markering dat er een vis is gedetecteerd en een handmatige controle nodig heeft, iets wat met de andere technieken ook noodzakelijk is indien soorten niet (goed) worden herkend door de software (WPS, KBTS en VAKI). KBTS is de laatste jaren bezig met de ontwikkeling van geautomatiseerde software voor soortherkenning en lengtebepaling van vissen, waar voorheen soortherkenning gedaan moest worden met achteraf-checks door experts (Griffioen et al. 2019a).

Het doorzicht van het water blijkt in sommige gevallen beperkend voor een goede soortidentificatie middels video-analyse. Het gebruik van additionele infraroodcamera, laser- of LED stralen kan in troebel water uitkomst bieden om toch vissen te tellen en vissen op lengte te meten, zoals met de WSP-fish counter of VAKI-fish counter (EnvironmentAgency 2010).

Als laatste worden sommige systemen zoals de BRAVO (maar ook de Vislift) ingezet om naast beeldherkenning voor vissoorten ook real-time waterkwaliteitsmetingen te doen, zoals temperatuur, zuurstof, etc. (Bunt and Jacobson 2019), waardoor de migratie van de vis direct gekoppeld kan worden aan allerlei omgevingsvariabelen.

Figuur 4.1.1 Simsonar FC (bron: simsonar.com)

A new Double Height Twin Scanner

The camera, lights and scanner are connected to the PC through the connection box.

Figuur 4.1.2 VAKI-Riverwatcher (bron: riverwatcher.is)

Figuur 4.1.3 WSP-IchtyoS system: Automated Fish Monitoring Counter (bron: WSP);

Figuur 4.1.4 KBTS-camerasysteem waarbij twee camera's zijn 'gestapeld' (bron: KB-TS.nl).

Figuur 4.1.5 DIDSON (bron: soundmetrics.com)

Figuur 4.1.6 Vislift (bron: vislift)

4.1.3 Andere videotekniken en inzet van sonartechniek

Naast onderzoek met systemen met automatische beeldherkenning zoals VAKI, Simsonar, KBTS en WSP zijn er ook onderzoeken bekend waarbij met camera's als GoPro werd gewerkt. De beelden moeten hier dan 'handmatig' worden gescreend. Daarnaast is er sonaronderzoek met DIDSON of ARIS die, in tegenstelling tot video registratie, onafhankelijk zijn van water met lage doorzicht, waardoor deze technieken relatief makkelijk toe te passen zijn voor gedragsonderzoek. Een kleinschalig onderzoek in Duitsland heeft de technieken tegelijk geëvalueerd (Egg et al. 2018). Het onderzoek gebruikte video (GoPro), akoestiek (DIDSON) en netten gecombineerd ter evaluatie. Aantallen kleine vis (<15cm) waren ondervertegenwoordigd in de akoestische (<10cm) en video (<15cm) -meting ten opzichte van netvangsten. Echter, soortensamenstelling was vergelijkbaar tussen video- en netvangsten. Op basis hiervan is de conclusie dat zeldzame en kleine vissoorten makkelijk gemist worden. Al zal dit ook het geval zijn bij traditionele netvangsten, omdat kleine vissoorten alleen gevangen worden als de maaswijdte van de netten klein genoeg is. In het onderzoek van Egg et al. (2018) werd de werkelijke lengte van de vissen in zowel het camerasysteem als met de sonar overschat. Conclusie van Egg et al. (2018) is dat hun cameraopstelling met GoPro effectief blijkt mits deze overdag en in helder water wordt gebruikt. Daarnaast zijn deze camera's goedkoop en volgens Egg et al. (2018) veelbelovend als alternatief voor monitoring, mits de vissen groter zijn dan 15cm. Het gebruik van sonar zoals bij Egg et al. (2018) biedt ook kansen, maar voor langdurige monitoring waarbij soortherkenning van belang is, slechts beperkt perspectief (Martignac et al. 2015) en valt om

die reden vaak af. Soortherkenning is mogelijk, maar beperkt via akoestische schaduw van vissen (Borcherding and Hartmut 2018). Indien vissen geteld moeten worden, kan sonarapparatuur uitkomst bieden, zeker in troebel water. Zo wordt in Frankrijk de schieraaluittrek geschat op basis van DIDSON-observaties bij de Arzal-dam in het Vilaine-estuarium (Briand et al. 2016). Bevindingen van ontwikkelaars en gebruikers

Binnen dit onderzoek hebben in totaal zes systeemontwikkelaars en één gebruiker op ons verzoek om medewerking gereageerd (bijlage 3). Op basis van de ingevulde enquêteformulieren en gevoerde gesprekken ontstond het beeld dat in de volgende paragrafen is beschreven. Daarin zijn de antwoorden samengevoegd om de algehele stand van zaken te geven. Deze paragraaf heeft niet tot doel een vergelijkend warenonderzoek te presenteren, temeer omdat een meerderheid van de respondenten heeft aangegeven anoniem te willen blijven. Wel zullen ter illustratie (middels foto's) voorbeelden worden gegeven die direct te koppelen zijn aan specifieke apparatuur.

Locatie

Veelal worden videotechnieken en automatische beeldherkenning ingezet bij vispassages. Hier zijn ze ook voor ontworpen. Echter zijn er ook voorbeelden dat ze in open water worden ingezet (Griffioen et al. 2019a), waarbij netten of frames worden gebruikt om vissen richting een camerasysteem te geleiden (figuur 4.2.1 en 4.2.2). In Canada is een rivier van enkele honderden meters afgezet om vissen te registreren via automatische video- en telapparatuur (figuur 4.2.3).

Figuur 4.2.1. Krossá Skarðsströnd River, IJsland 1. Hierbij is een metalen frame geplaatst om de vissen te geleiden door een Vaki-Riverwatcher in het midden. De hoogte van het frame laat zien dat hier rekening is gehouden met een hogere waterstand dan ten tijde van het nemen van de foto. (bron: riverwatcher.is)

Figuur 4.2.2. Een opstelling van een camerasysteem in een rivier. (Bron: KBTS, Martin Kroes).

Figuur 4.2.3. Een voorbeeld waarbij een brede en een smalle rivier zijn afgezet t.b.v. automatische vismigratietellingen. Deze opstelling kent een rooster dat onder een schuine hoek over de gehele breedte van de rivier is geplaatst. De schuine opstelling zorgt ervoor dat vuil over het frame heen 'rolt' en geen verstopping veroorzaakt. (Opstelling is gebouwd door WSP, Canada. Bron: Mathieu Deshaies)

Over het algemeen werd door partijen aangegeven dat hun systemen flexibel zijn maar de vis wel naar het systeem moet worden geleid, of dit nu een vispassage of open water betreft. De diepte van het functioneren van een videosysteem is in veel gevallen afhankelijk van de waterdruk en de camera. Dieptes van maximaal 10 of 20m werden als restrictie opgegeven. In alle gevallen zal het systeem van stroom moeten worden voorzien en is dat mogelijk een beperkende factor voor de plaatsing. Toch zijn er ook *remote*-opstellingen bekend, waarbij afgelegen rivieren in Canada worden gemonitord met behulp van een mobiele unit met zonnepanelen, accu's en dergelijke (figuur 4.2.4). Ook wind- en waterkracht worden genoemd als mogelijke energiebron, als zonnepanelen bijvoorbeeld geen optie zijn. Bekabeling voor bijvoorbeeld internet zal niet langer dan 50-60m mogen zijn om een goede en

stabiele verbinding te garanderen. Indien dat niet mogelijk is, zou een wifi-verbinding oplossing kunnen bieden, maar dat is afhankelijk van de beschikbaarheid van een voldoende stabiel netwerk.

Figuur 4.2.3. Een voorbeeld van een *remote*-opstelling met behulp van een mobiele energie-unit (Opstelling is gebouwd door WSP, Canada. Bron: Mathieu Deshaies).

Waterconditie en technische prestatie

De watercondities kunnen beperkend zijn voor de systemen. Al werd over het algemeen aangegeven dat stroomsnelheid geen probleem is, waterbubbels of zonnestralen kunnen het systeem en de detectie wel verstoren omdat die de automatische detectie in werking stellen (vals positief). Dit wordt echter opgevangen door beeldherkenning en zo uitgeselecteerd. Doorzicht van het water kan een probleem vormen voor beeldherkenning. Indien de grenswaarde wordt overschreden, zullen soortherkenning of lengtemetingen minder accuraat zijn. Over het algemeen werd aangegeven: *hoe helderder het water, des te beter de beeldherkenning*. De producten verschillen qua betrouwbaarheid van beeldherkenning afhankelijk van de troebelheid van het water. Gebruikers van videosystemen gaven aan dat doorzicht van 1m, gemeten met een *secchi disk*, een goed resultaat gaf van beeldherkenning en dat 30 NTU¹ echt een bovengrens is (pers. communicatie B. Mockenhaupt). Indien het water te troebel is, zal in sommige gevallen het systeem niet meer functioneren. Om onder deze omstandigheden toch vis te kunnen meten en op basis van silhouet te kunnen tellen, is een systeem met infrarood-scanner nodig dat in troebel water tóch vis registreert tot wel 90 NTU (EnvironmentAgency 2010). Echter, niet alle producten hebben zo'n ingebouwde infrarood-scanner. Troebelheid van het water kan daarmee een onderscheidend element zijn bij de selectie van een systeem, wat voor de Nederlandse wateren en per locatie ook in de praktijk getest zou moeten worden.

Compatibiliteit met fuiken en Radio-frequency identification (RFID)

De systemen zijn allemaal te koppelen aan een bestaande fuik door gebruik te maken van een ponton, mits het systeem voldoende is verankerd en kabels goed zijn vastgezet. Het gewicht van de systemen varieert en kan circa 70-80 kg zijn. Om die reden moet een eventueel ponton stevig genoeg zijn om het systeem te dragen, inclusief een hef-systeem om het systeem boven water te takelen voor onderhoud. Indien wenselijk is het ook mogelijk om de apparatuur te combineren met RFID-pit-techniek (telemetrietechniek voor gemerkte vissen). In dat geval moet er rekening mee worden gehouden dat de antennes afgeschermd (*shielded*) zijn als de camerabox van metaal is om te voorkomen dat het magnetisch veld ten behoeve van visregistratie wordt verstoord. Deze techniek is een meerwaarde in vismonitoringonderzoek omdat hiermee individuen kunnen worden geregistreerd en onderzoeken op elkaar kunnen worden afgestemd.

¹ nephelometric turbidity unit

Technische prestatie: duurzaamheid en onderhoud

Omdat de systemen in het water worden geplaatst en er vaak gebruik wordt gemaakt van een geleidingssysteem om de vissen richting de camerabox te geleiden, is onderhoud een punt van aandacht. Het onderhoud is sterk afhankelijk van de samenstelling van het water, maar ook van het seizoen. Zo zal het schoonmaken in de winter minder vaak nodig zijn en neerkomen op één keer per vier weken (pers. Communicatie B. Mockenhaupt). Eén systeem heeft ook een *self-cleaning system* waarbij onderhoud minimaal is. Er zijn ook voorbeelden van sommige rivieren/projecten waar afhankelijk van de troebelheid en stroomsnelheid soms zelfs helemaal geen onderhoud nodig is gedurende een seizoen (pers. communicatie Developer 2), maar dit zal in Nederland niet het geval zijn, is de inschatting. Afgezien van het systeem met een *self-cleaning system*, waarbij de frequentie ongeveer om de drie weken is (en naar verwachting minder na doorontwikkeling van dit systeem), zal in de regel één tot twee keer per twee weken onderhoud nodig zijn. Het glas of plexiglas zal dan moeten worden gepoetst, evenals de camerabox zelf. Daarnaast is een eventuele schoonmaak ook afhankelijk van het gebruik van een geleidingsrooster, een fuik of iets vergelijkbaars dat vuil kan opvangen. Dit vuil kan voor ophopingen/verstoppingen zorgen en is erg locatie-specifiek.

Een ander aspect van de prestatie van systemen is duurzaamheid. De duurzaamheid is sterk afhankelijk van het materiaal dat wordt gebruikt (denk aan corrosie) en varieert per product. De genoemde levensduur van de apparatuur loopt uiteen van 3– 15 jaar. De duurzaamheid varieert ook per systeem doordat sommige modulair zijn opgetuigd, waarbij de levensduur van de behuizing wel 20 jaar kan zijn terwijl die van de technische onderdelen dan lager is. Een modulaire opstelling heeft als voordeel dat minder duurzame onderdelen kunnen worden uitgewisseld zonder dat het hele systeem vervangen hoeft te worden. De levensduur in een zoutwater-omgeving wordt op circa de helft ingeschat van de duur in een zoetwater-omgeving.

Beelherkenning en lengtemetingen

Door de gebruiker wordt automatische beeldherkenning zowel financieel als ethisch als een voordeel gezien. Vissen worden niet meer opgevangen in netten wat diervriendelijk is. Ook soorten als zalmachtigen en houting die moeilijk in fuiken worden gevangen, omdat daarvan bekend is dat deze de fuiken makkelijker ontwijken dan andere soorten (Griffioen et al. 2014), kunnen wellicht makkelijker worden geregistreerd met camera's dan met fuiken. Wanneer een zalmachtige omkeert bij een fuik en daardoor nooit wordt gevangen, zal deze mogelijk wel worden gedetecteerd door een camera, zoals bij een vergelijkend onderzoek met fuiken en video het geval was (Mockenhaupt and Kluber 2015).

De vraag in het algemeen is echter: *hoe goed is de software met beeldherkenning om ook echt het werk uit handen te nemen van onderzoekers/beroepsvissers*. In alle enquêtes wordt genoemd dat de software getraind moet worden met voldoende beeldmateriaal van vissoorten om accuraat te zijn. Dit kan door zowel geforceerd vissoorten langs de camera te laten zwemmen of door achteraf met behulp van een expert de soortnamen handmatig aan de beelden toe te kennen wanneer de software aangeeft dat een vis niet herkend wordt (ter illustratie zie figuur 4.2.5). Soorten met karakteristieke kenmerken zullen makkelijker een hoge accuraatheid hebben in de automatische herkenning. Terecht wijst één van de ontwikkelaars er ook op dat juveniele soorten (<10 cm), met minder duidelijke kenmerken, moeilijker te herkennen zijn. Daarnaast is een accurate herkenning ook afhankelijk van de positie en het gedrag van de vis voor de camera (pers. communicatie Developer 5). Ook is aangegeven dat bijvoorbeeld in de Moezel (Koblenz, Duitsland) wel veertig vissoorten te onderscheiden zijn, allemaal verschillend qua lengte en vorm, wat zelfs voor een expert al moeilijk is, laat staan voor software (pers. communicatie Developer 1). Ook het onderscheiden van bijvoorbeeld rode alen en schieralen, wat voor de Nederlandse trendmonitoring van belang is, is een probleem. Door alle ondervraagden wordt genoemd dat de software deze soort in de verschillende levensstadia op dit moment nog niet kan onderscheiden. De verwachting is echter dat dit wel tot de mogelijkheden gaat behoren naar mate er meer beeldmateriaal beschikbaar komt waarmee de software gevalideerd kan worden.

Video	DateHeure	Endroit	Sens	Classe	Longueur	Espèce	Compte Valide	Commentaires	Validé par video	Validé par	AI	UR	Solutions
001-002-003-004	2020-06-19 10:25:37	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.657804
001-002-003-004	2020-06-19 10:25:04	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.875003
001-002-003-004	2020-06-19 10:25:03	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.875003
001-002-003-004	2020-06-19 10:17:25	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.657804
001-002-003-004	2020-06-19 10:20:00	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.657804
001-002-003-004	2020-06-19 11:53:07	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide	Ceci est un commentaire	Non	Mathieu Deshaies			DFA_GRAND_GRAND
001-002-003-004	2020-06-19 11:53:06	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_GRAND_GRAND
001-002-003-004	2020-06-19 12:00:07	DU_GOUFFRE	DESCEND	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_GRAND
001-002-003-004	2020-06-19 12:00:08	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_GRAND
001-002-003-004	2020-06-19 12:01:44	DU_GOUFFRE	DESCEND	PETITS	13		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 12:01:41	DU_GOUFFRE	DESCEND	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 12:04:12	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 12:04:12	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 12:12:08	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 12:59:29	DU_GOUFFRE	DESCEND	PETITS	25		Valide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 13:01:30	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_GRANDSREJETER VD=1.947779
001-002-003-004	2020-06-19 13:01:38	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0	SAUMON	Valide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			DFA_GRAND_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 14:23:27	DU_GOUFFRE	MONTÉ	MOYENS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_MOYENSREJETER VD=1.265450
001-002-003-004	2020-06-19 14:28:48	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	28		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 14:44:06	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	18		Invalide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 16:26:17	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.445418
001-002-003-004	2020-06-19 16:26:17	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 20:57:52	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	12		Invalide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			DFA_PETIT_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 22:04:52	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_GRANDSREJETER VD=1.566570
001-002-003-004	2020-06-19 22:06:59	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_GRANDSREJETER VD=2.002250
001-002-003-004	2020-06-19 22:06:59	DU_GOUFFRE	MONTÉ	MOYENS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_MOYENSREJETER VD=1.955610
001-002-003-004	2020-06-19 22:26:35	DU_GOUFFRE	MONTÉ	MOYENS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_MOYENSREJETER VD=1.955610
001-002-003-004	2020-06-19 23:01:12	DU_GOUFFRE	DESCEND	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=2.147360
001-002-003-004	2020-06-19 23:01:04	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.626470
001-002-003-004	2020-06-19 23:22:14	DU_GOUFFRE	MONTÉ	MOYENS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_MOYENSREJETER VD=1.726540
001-002-003-004	2020-06-19 23:23:07	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0	SAUMON	Valide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			HMM_GRAND_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 23:23:08	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_GRAND_GRAND
001-002-003-004	2020-06-19 23:29:49	DU_GOUFFRE	MONTÉ	MOYENS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_MOYENSREJETER VD=2.003130
001-002-003-004	2020-06-19 23:30:24	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.868120
001-002-003-004	2020-06-19 23:33:52	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_GRAND_REJETER
001-002-003-004	2020-06-19 23:34:45	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0	SAUMON	Valide	Validé par séquence	Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.774130
001-002-003-004	2020-06-19 23:36:54	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.693340
001-002-003-004	2020-06-19 10:42:12	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.657804
001-002-003-004	2020-06-19 10:48:48	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=0.657804
001-002-003-004	2020-06-19 11:46:46	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_GRANDSREJETER VD=2.022780
001-002-003-004	2020-06-19 23:38:00	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.868120
001-002-003-004	2020-06-19 23:40:28	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.707840
001-002-003-004	2020-06-19 23:40:50	DU_GOUFFRE	MONTÉ	PETITS	0		Invalide		Non	Christian Demers			HMM_PETITSREJETER VD=1.868120
001-002-003-004	2020-06-19 23:43:21	DU_GOUFFRE	MONTÉ	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_GRAND_Vous avez 3 changements
001-002-003-004	2020-06-19 23:45:37	DU_GOUFFRE	DESCEND	GRANDS	0		Invalide		Non	Christian Demers			DFA_GRAND_Vous avez 3 changements

Figuur 4.2.5. Screenshot waarbij de automatische beeldherkenning wordt gescreend door een expert. (Bron: Mathieu Deshaies, WSP)

Het voorkomen van visscholen in de beelden of het herkennen van verschillende soorten die tegelijk in beeld zijn, hoeft over het algemeen geen probleem te zijn, mits de koppen van de vissen maar individueel te onderscheiden zijn. Wel wordt aangegeven dat de nauwkeurigheid hierdoor beïnvloed kan worden. Zo kunnen er bijvoorbeeld zes tot acht vissen tegelijk worden herkend, maar zijn er ook voorbeelden van grotere scholen vis tegelijk. De migratierichting wordt herkend door de software.

Ook het opmeten van de lengte van de vis kan door de apparatuur worden gedaan, maar de techniek is verschillend. Van de ondervraagden gebruikt de ene partij stereocamera-apparatuur die vissen tot wel 120cm kan opmeten met +/-5% betrouwbaarheid. Andere partijen werken met systemen die meten op basis van een silhouet en/of 3D-stereo met 95-99% precisie. Hierbij wordt ook de verhouding van hoogte en lengte van de vis gebruikt. De software registreert de hoogte van de vis en leidt de lengte er vervolgens vanaf. Ook het gebruik van lasers kan worden ingezet, waardoor lengtemetingen op de centimeter nauwkeurig zijn en minder gevoelig voor troebel water of de lengte van een camerabox. Hierbij is het wel zoeken naar een goede hoeveelheid opeenvolgende laserstralen om zowel grote als kleine vissen te detecteren. Een van de systemen registreert 5cm-lengteklassen, met een restrictie van maximum 60cm. Hiermee zouden snoek, aal, meerval en grote zalm niet opgemeten kunnen worden. Een ander systeem heeft dit opgelost door technieken te combineren waarbij zowel video-analyse als elektrodes worden gebruikt (*resistivity counter*). Juist door een combinatie van deze twee technieken te gebruiken wordt het mogelijk om de lengteschattingen te vergelijken, maar ook om de lengte van vissen te meten die groter zijn dan de beschikbare beeldafmeting (pers. communicatie Developer 5).

Toekomstige ontwikkelingen

Uit de enquêtes blijkt dat alle productontwikkelaars bezig zijn met doorontwikkelingen en mogelijke verbeteringen. Als kansrijke ontwikkelingen worden genoemd:

1. waterkwaliteitsmetingen inbouwen in het systeem (middels sensoren) incl. alarmering als grenzen overschreden worden
2. erkenning en identificatie van parasieten en ziekten
3. verdere ontwikkelingen met RFID-techniek
4. identificeren van individuen gebaseerd op Artificial Intelligence
5. continue *on-site*-databeschikbaarheid / betere en snellere datacommunicatie

5 Discussie

5.1 Camerasystemen versus fuikopstelling

In veel voorbeeldprojecten die genoemd zijn in tabel 4.1, staat de zalm (of zalmachtigen) centraal en wordt veelal ingezet op een goede schatting van de totale trek in rivieren of vispassages. Hiervoor worden alle, of zoveel mogelijk, vissen gescand, geteld en opgemeten. In Nederland zijn de doelstellingen vergelijkbaar voor wat betreft trendmonitoring. In de huidige trendmonitoring met fuiken of andere vangtuigen (zogenaamde passieve monitoring) wordt jaarlijks op dezelfde locatie met hetzelfde type vangtuig (en door dezelfde beroepsvisser of onderzoekers) een representatief deel van de vissen gevangen en geteld, gemeten of gewogen. Hiermee wordt een trend opgebouwd. Daarbij is het bijvoorbeeld voor de Kaderrichtlijn Water van belang om ontwikkelingen in de soortensamenstelling vast te leggen en voor het ministerie van LNV wordt een trendmonitoring uitgevoerd om een index te creëren van de jaarlijkse schieraaluittrek. Om deze doelstellingen te behalen is het niet nodig om alle vissen te vangen, maar wel een representatief deel ervan. Hiervoor is een consistente aanpak van deze tellingen door de jaren heen van groot belang. Voornamelijk een wisseling van locatie van de fuik zorgt voor een breuk in de trend en maakt een vergelijking van jaar op jaar niet meer mogelijk. Het verplaatsen of wegvallen van fuiklocaties wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld wisselingen van vissers (door staken van werkzaamheden of andere oorzaken) of werkzaamheden en verbouwingen. Denk bij dit laatste bijvoorbeeld aan de Afsluitdijk.

Videoregistratie met beeldherkenning is in feite een alternatief voor of aanvulling op fuikenvisserij ten behoeve van trendmonitoring. Ook bij een cameraopstelling is het van belang dat omgevingsomstandigheden gelijk blijven voor het opbouwen van een stabiele en vergelijkbare trend van jaar op jaar. Hierbij is het ook van belang dat vissoorten of levensstadia goed worden geregistreerd en accuraat worden geïdentificeerd door Artificial Intelligence. Het registreren en herkennen van kleine, juveniele vissen en/of vissen die erg op elkaar lijken (bv. zalm of zeeforel, elft of fint, soorten platvissen, dunlipharder of diklipharder etc.) zal in videomonitoring vaak nog kwetsbaar zijn en helemaal in troebel water waarbij de kwaliteit van de video-opname minder goed is. Bij deze soorten is het voor experts vaak al lastig om soorten goed (of snel) te herkennen als deze gevangen zijn, zonder bijvoorbeeld schubben, baarddraden te tellen of andere onderscheidende kenmerken die precisie vereisen.

Op dit moment wordt door WMR ingeschat dat er voor beide methoden (fuiken en camera) voordelen en zwakheden/kwetsbaarheden zijn. Ook is het goed om te benadrukken dat beide methoden in sommige situaties complementair zullen zijn, zoals in het literatuuroverzicht ook is aangegeven. In de volgende alinea's volgt een puntsgewijs overzicht van kenmerkende voor- en nadelen met eventuele uitleg en opmerkingen. De bedoeling van dit overzicht is om de stand van zaken voor camera-monitoring, zoals besproken in de resultaten, concreet samen te vatten en in te schatten. Er wordt ook een overzicht gegeven voor de fuikenmonitoring.

Kenmerkende voordelen van cameraregistratie ten opzichte van fuikenmonitoring

Op basis van de enquêtes en *quick scan*-literatuurstudie kent cameraregistratie ten opzichte van fuikenmonitoring de volgende voordelen:

1. **Welzijn van vissen.** Vissen worden in een cameraopstelling niet gevangen (zoals bij een fuik), waardoor directe of indirecte sterfte door schade niet mogelijk is (Griffioen et al. 2015, Mockenhaupt and Kluber 2015). Hoewel een cameraopstelling inclusief geleidingsframe ook een barrière kan opwerpen voor vismigratie en indirecte sterfte veroorzaakt door mismatch van paaitijd door vertraging (van Leeuwen et al. 2016), is de werkelijke directe schade of sterfte van vis nihil.
2. **Beoordeling van vissoorten.** Voordeel: Met de validatie van de Artificial Intelligence kunnen bij videoregistratie in principe meer mensen meekijken. Bij de fuikenmonitoring moeten vissen worden teruggezet en zal een *second opinion* bij een lastige soort niet of

- moeilijker mogelijk zijn. Nadeel: de beoordeling moet plaatsvinden op basis van videobeelden, waardoor subtiele kenmerken van soorten niet of moeilijker te beoordelen zijn.
3. **Registratie kan automatisch worden uitgevoerd**, waardoor gegevens sneller worden verwerkt. Mits de herkenning van vissen goed is gevalideerd, zal dit op termijn een kostenbesparing opleveren.
 4. **Registratie van vissen gebeurt op individu- en of school(tje)-niveau**. Het doormeten van een deel van de vangst (*subsample*) zoals bij een grote visvangst in een fuik is niet nodig.
 5. **Koppeling aan waterkwaliteit en timing registreren**. Het is mogelijk om de passage van vissen te koppelen aan *real-time* waterkwaliteitsgegevens en tijd. Vissen in een fuik kunnen niet goed gekoppeld worden aan een specifiek moment waarbij ze zijn gaan migreren (bv. een dag flinke regenval in een droge periode, een specifiek spuitijdstip of activiteit van gemaal). Gedrag van vissen is hierdoor minder goed vast te stellen.
 6. **Beeldregistratie kan gebruikt worden voor publieksdoeleinden** en maatschappelijke betrokkenheid creëren. Daarnaast kunnen beelden mogelijk in de toekomst met terugwerkende kracht alsnog worden geanalyseerd middels vernieuwde software en beeldherkenning.
 7. **Aanvulling en inzet op telemetrisch onderzoek**. Doordat een camerabox netstroom vereist en deze voorziening dus een voorwaarde is, is het ook makkelijker om telemetrisch onderzoek te koppelen aan trendmonitoring. Een dergelijke cameraopstelling inclusief antenne (NEDAP of PIT-tag) kan daardoor relatief makkelijk ingezet worden. NB. Met fuiken worden vissen gevangen waardoor de inspanning met vangen, merken en terugvangen in één keer wordt uitgevoerd (Griffioen 2019, Winter et al. 2019). Een cameraopstelling met bijvoorbeeld een PIT-detectieopstelling is daardoor een mooie aanvulling op dergelijk onderzoek. Voor telemetrisch (zender/merk-) onderzoek zullen vissen altijd fysiek moeten worden gevangen.

Kenmerkende kwetsbaarheden van cameraregistratie ten opzichte van fuikenmonitoring

1. **Soortherkenning** is momenteel nog niet volledig ontwikkeld. Alle respondenten geven aan dat de soortherkenning afhankelijk is van een 'referentie-databank' waarmee de software wordt gevoed en getraind. Voor veel voorkomende soorten zal dit geen probleem zijn, maar voor de zeldzame soorten evenals de moeilijk te onderscheiden soorten zal moeten worden geïnvesteerd in training van de software, voornamelijk in de beginjaren.
2. **Lengtemetingen** zijn niet in alle systemen even goed doorontwikkeld. Er bestaat variatie in de manier waarop de lengte van vissen wordt bepaald, waarbij er ook beperkingen bestaan voor grotere soorten. Dit is afhankelijk van het systeem. Daarnaast wordt in beeldanalyses ook gewerkt met een betrouwbaarheidsinterval. Bij fuikenmonitoring bestaat de optie om vissen op de mm nauwkeurig op te meten.
3. **Dubbeltellingen**. Cameraregistratie kent het principe dat de vissen heen en weer kunnen blijven zwemmen zonder oponthoud. Indien individuele herkenning nog niet mogelijk is, is de kans op dubbeltellingen aanwezig en reëel. Hoewel fuikenregistratie ook dubbeltellingen kent, is gebleken dat dit beperkt is voor migrerende vissen in de migratieperiode (Griffioen and Winter 2014, 2017, Winter et al. 2019). Voor trendmonitoring met zowel camera als met fuiken zijn dubbeltelling niet erg, mits het consequent gebeurt en er aangenomen wordt dat een terugvangkans niet van jaar op jaar verschilt door bijvoorbeeld het oplossen van migratiebarrières in de migratie van vissen. Immers, hoe groter de vertraging, hoe groter de kans op dubbelvangsten zoals is gebleken in glasaalvangsten op het Noordzeekanaal (Griffioen et al. 2019b).

Kenmerkende voordelen van fuikenmonitoring ten opzichte van cameraregistratie

Fuikenmonitoring kent een lange geschiedenis en wordt veel gebruikt bij vispassage-evaluatie en trendmonitoring. WMR voert sinds 1994 fuikenmonitoring uit (van Keeken et al. 2020) en de opgedane ervaring wordt hier puntsgewijs samengevat en afgezet tegen een eventuele cameraopstelling indien deze in het voorgaande stuk nog niet is behandeld.

4. Een fuik werkt **onafhankelijk van de troebelheid van het water** en/of dag en nacht. Sommige vissen zullen fuiken in helder water en overdag vermijden omdat ze de fuik kunnen

-
- zien. Bij een cameraopstelling die ook gebruik maakt van een trechter of geleiding zal mogelijk hetzelfde effect optreden, waarbij vissen de opstelling vermijden.
5. Een fuik werkt **onafhankelijk van een stroomvoorziening** en kan daardoor in principe overal geplaatst worden en functioneren.
 6. Een fuik vangt fysiek vissen waardoor **soortdeterminatie of levensstadiumbepaling** (rode aal of schieraal) altijd goed uit te voeren is. Beroepsvissers worden bij WMR getoetst op kwaliteit van determinatie. Bij discussie over soorten kunnen goede en meerdere foto's worden gemaakt, kenmerken zoals schubben worden geteld of zelfs DNA worden afgenomen.

Kenmerkende kwetsbaarheden van fuikenmonitoring ten opzichte van cameraregistratie

7. Een fuikvangst is altijd een resultante van gedrag van vis en tijd.
 - o Dit kan betekenen dat er **soms 'enorme' vangsten** in de fuik zitten waardoor het onvermijdelijk is de vangst te bepalen aan de hand van een deel van de vangst (een *subsample* te nemen). Deze methodiek is niet onbekend en geoefende medewerkers kunnen die goed toepassen. Desalniettemin blijft het een bepaling en geen daadwerkelijke telling. Bij cameraregistratie komen de vissen als individu of als schooltje in beeld.
 - o Vissen kunnen **ongezien ontsnappen** uit een fuik gedurende de tussenliggende periode van lichten doordat zij in het voorste gedeelte van de fuik omkeren, door gaten in de fuik of een te grote maaswijdte van het net. Bij een camera hoeft de vis alleen 'even' door de 'tunnel' te zwemmen.

5.2 Eenvoudige beslistool voor keuze van systeem

Voor het maken van een keuze voor de apparatuur en aanpak is het in eerste instantie van belang om de onderzoeksvraag met bijbehorende doelen te (her)kennen. Zo is het voor de maatlat soortensamenstelling binnen de KRW van belang dat er een juiste soortherkenning wordt uitgevoerd en voor de Aal-evaluatie ('schieraalindex') dat rode aal kan worden onderscheiden van schieraal. De volgende stap is om te beoordelen of de apparatuur geëigend is om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Hierbij is het van belang rekening te houden met de plaatsing van de apparatuur (bijvoorbeeld in open-watersysteem of nabij barrière) en de voorwaarden die daarbij worden gesteld (bijvoorbeeld *remote*-opstelling of aanwezigheid van netstroom).

De doelen binnen de huidige vismonitoring vloeien voort uit de regelgeving en zijn als volgt:

1. KRW (algemeen): monitoren van de soortensamenstelling. Dit wordt uitgevoerd middels fuikenmonitoring.
2. KRW (zalmachtigen) uitgevoerd met zalmsteken inclusief verzamelen DNA.
3. Aal-evaluatie: monitoren van uittrekkende schieraal ten behoeve van de 'schieraalindex'. Dit wordt uitgevoerd middels fuikenmonitoring (zelfde fuiken als bij punt 1). Hierbij wordt schieraal en rode aal apart geteld en daarnaast worden ook lengtemetingen gedaan.

Gezien deze doelen is het overkoepelend van belang dat indicatorsoorten (maatlat soorten-samenstelling, aal en zalmachtigen) worden herkend. Het afnemen van DNA is bij de inzet van camerasystemen uiteraard niet mogelijk. Nu gebeurt dat via handmatige afname van een stukje vetvin bij zalmachtigen.

Op basis van paragraaf 5.1 en 4.2 is een beknopt overzicht gegeven van de stand van zaken van de diverse systemen (tabel 5.1). In deze tabel staan de belangrijkste kenmerken met het oog op de hierboven genoemde monitoringdoelen. Andere kenmerken en kengetallen per developer zijn te vinden in bijlage 4. In de tabel wordt aangegeven of een kenmerk wel of niet wordt 'aangeboden', onafhankelijk van de onderlinge verschillen tussen de systemen. Denk bij deze verschillen bijvoorbeeld aan verschillende in de wijze van aanpak, ervarings- en ontwikkelingsniveau of betrouwbaarheidsintervallen van metingen.

Tabel 5.1 Eenvoudige beslistool voor keuze systeem. * = ja, - = niet aanwezig, h = handmatig, */? = ja, maar minder accuraat of niet duidelijk toegelicht.

	developer 1	developer 2	developer 3	developer 4	developer 5	developer 6
Soortherkenning	*	*	*	*	*	h
Aantallen tellen	*	*	*	*	*	h
Correctie dubbeltellingen	*	*	*/?	*	*	-
Detectie zwemrichting	*	*	*	*	*	h
Lengtemeting	*	*	*	*	*	h
Lengtemeting > 1m	*/?	*	-	*	*/?	h
Schieraal / rode aal onderscheid	-	-	-	-	-	h
Remote-opstelling mogelijk	*	*	*	*	*	-
Plaatsing in vispassage mogelijk	*	*	*	*	*	*
Apparatuur achter fuik plaatsen mogelijk	*	*	*	*	*	*
Real-time waterkwaliteitsmeting	-	-	-	-	*	-

6 Kosten-batenanalyse

Een kosten-batenanalyse (KBA) is een evaluatiemethode waarbij de verwachte kosten van een project (uitgedrukt in Euro) worden afgewogen tegen de te verwachte baten voor één of meerdere onderwerpen zodat de meest voordelige oplossing kan worden gekozen. Doel van deze KBA was om op zakelijke wijze relevante informatie bijeen te brengen op basis waarvan in een concreet geval besluitvorming kan plaatsvinden over de uitvoeringswijze: vismonitoring met camerasystemen annex software of op de traditionele manier met fuiken. Het betreft een KBA op hoofdlijnen waarvoor geen uitgebreid aanvullend onderzoek is gedaan, maar vooral gebruik is gemaakt van de informatie uit de literatuur, de interviews en algemene kennis omtrent de kosten van onderzoek.

Het ligt voor de hand dat de uitkomst van een KBA vooral bepaald wordt door de scope, dat wil zeggen de keuze aan onderwerpen die erin betrokken worden. Een integrale KBA was hier echter niet mogelijk omdat voor sommige effecten geen, of niet zondermeer, zinvolle 'prijzen' kunnen worden bepaald. Dergelijke effecten, die dus niet (helemaal) in geld te waarderen zijn, hebben we wel kwalitatief meegenomen door ze zo goed mogelijk te beschrijven. Aan de baten-kant zijn alleen indirecte maatschappelijke effecten te vermelden; er worden immers geen inkomsten gegenereerd met de systemen. Een belangrijk indirect effect dat wij toetsen is de wetenschappelijke kwaliteit. Helaas is die veelal moeilijk in geld uit te drukken. Om een voorbeeld te geven: de onderwatercamera bewaart beelden (opslagmedium: SD-kaart; bestanden worden digitaal naar een server verzonden), terwijl een fuikenvisser de gevangen vis in handen neemt, op het oog determineert en terugzet, en de gegevens noteert (opslagmedium: papier). Om het verschil in kwaliteit in geld uit te drukken zou gekeken kunnen worden naar wat nodig is om een vergelijkbaar resultaat te bereiken met fuiken als met de videocamera. Dan zou de beroepsvisser foto's van de gevangen vissen en, bij wijze van backup, ook van zijn aantekeningen moeten maken. De kosten die daarmee gemoeid zijn (aanschaf fotocamera, extra werkuren) zouden dan als noodzakelijke kosten van de fuikenmonitoring kunnen worden beschouwd, waardoor de kosten per eenheid onderzoeksinspanning van de monitoring met camera en die met fuik vergelijkbaarder worden. Dat voert hier te ver, maar geeft wel aan hoe kwalitatief beschreven verschillen gewaardeerd zouden kunnen worden.

Het is ook mogelijk om aan de verschillende effecten wegingsfactoren te verbinden. Dat hebben we hier niet gedaan omdat die zeer project-specifiek kunnen zijn (zie hoofdstuk 5). Wat de afschrijvingsduur van de apparatuur betreft zou je op basis van de informatie die uit de interviews afkomstig zijn van een periode van tien jaar kunnen uitgaan. Maar de technische ontwikkelingen gaan snel en als gekeken wordt naar de economische afschrijvingsduur van IT-systemen is vijf jaar realistischer. We hebben hierin geen keuze gemaakt, maar geven een onder- en bovengrens voor een onderzoeksperiode van één jaar onder de aanname dat die gelijk is aan twee keer drie maanden actief gegevens verzamelen in voor- en najaar met fuikvangsten. Voor een langere onderzoekperiode kunnen de getallen eenvoudig worden vermenigvuldigd. Zolang de rente op leningen in de komende jaren op een zeer laag niveau blijft (of zelfs negatief), zijn berekeningen met netto-contante-waarden hier niet aan de orde. Daar zijn onze schattingen ook te globaal en onzeker voor.

Belangrijk bij een KBA is hoe de begrippen project, projectalternatief en nul-alternatief worden ingevuld. Voor onze doelen is gekozen voor:

Project	de uitvoering met videocamera('s) etc. zoals toegepast in het pilotproject van WMR/KBTS bij Lith;
Projectalternatief	hier niet beschouwd; je zou kunnen denken aan een opstelling met meerdere camera's of wanneer het om hele waarnemingsnetwerken gaat om een hybride opstelling met zowel camerasystemen als fuiken afhankelijk van de lokale mogelijkheden;
Nulalternatief ²	uitvoering met fuiken en handmatig registreren van vangsten gebaseerd op de opstelling zoals die van het pilotproject bij Lith.

In tabel 6.1 staan de kosten van een projectuitvoering mét onderwatercamera plus softwarematige analyse in vergelijking met een fuikenmonitoring en handmatige soortbepaling.

Tabel 6.1 Eenvoudige kosten-batenanalyse voor een opstelling vergelijkbaar met die bij de vispassage bij Lith. De geschatte kosten zijn voor één opstelling en 'continubedrijf' gedurende twee keer drie maanden in voor- en najaar (doorlooptijd: één jaar). NB Omdat onderzoekprogramma's afhankelijk van de vraagstelling verschillende uitvoeringsperiodes kennen, zijn geen exacte maanden gegeven.

Item		Project [videocamera]	Geschatte kosten in EUR ex btw	Nul-alternatief [fuik]	Geschatte kosten in EUR ex btw
Directe effecten	Aanvraag en leges van vergunningen/ontheffingen : bv. ex. waterwet, Nb-wet (?), visserijwet, bv bij gebruik beroepsvangtuig; soms uitvoering mogelijk onder bestaande vergunningen (terreineigenaar, visser)	eenmalig, voor langere periode (> 1 jaar)	0-1000	eenmalig, voor langere periode (> 1 jaar)	0-1000
	Afschrijving/huur complete videocamerasysteem (incl. stellage) ; Hoge prijs is incl. extra apparatuur, bv. infrared scanner	Economisch; aanname 5 jaar; inzet 100%; aanname: opstelling wordt niet tussen-tijds ontmanteld	6500-12000	-	-
	Dataverbinding tbv remote uitlezen	Gebruik maken van (publieke) GSM-netwerken.	300	-	-
	Licenties software gebruik	Artificial Intelligence software; 6 maanden	500-2500	-	-
	Afschrijving/huur fuik	Inzet fuik als geleiding van visrichting camera (aanname: 5 jaar)	0-500	Hok-/schietfuik, zalmsteken	0-500
	Afschrijving/huur ponton/ hijsinstallatie/boot e.d.	Ponton/hijsinstallatie ; aanname: 5 jaar	600	Boot; aanname: 10 jaar; bij excl. inzet voor project: 50%	500
	Overige voorzieningen , incl. bv. tijdelijke extra	Evt. mobiele hekken, rijplaten, bewakingscamera's	0-3000	-	-

² Het nul-alternatief is normaalgesproken een combinatie van de beste andere inzet van middelen en de best mogelijke andere oplossing voor knelpunten, en dus iets anders dan 'niets doen' of 'bestaand beleid'. Voor de doelen van onze KBA laten we het wel samenvallen met 'bestaand beleid', dat wil zeggen de traditionele methode: fuiken plaatsen en handmatig data verzamelen.

Item		Project [videocamera]	Geschatte kosten in EUR ex btw	Nul-alternatief [fuik]	Geschatte kosten in EUR ex btw
	beveiliging locatie (verbruikskosten)				
	Verzekeringskosten complete opstelling, en ander ingezet materieel (auto, boot)	Jaarpremie; verzekerde som is camera en bijbehorend materieel	600-1200	-	300
	Stroom vast (gebruik); Voorwaarde: infrastructuur voorhanden	Ten laste van terreineigenaar?	p/m	-	-
	Alternatief: afschrijving aanleg mobiele stroomvoorziening	Bv een of meer zonnepanelen, omvormer e.d. (aanne: 5 jaar)	500-1000	-	-
	Plaatsingskosten/ verwijderingskosten	2 x 2 mensdagen	2500	2 x 1,5 mensdagen	2000
	Onderhoud (optionele) scanner	Aanne: n.v.t.	-	-	-
	Onderhoud camera- systeem, incl. tunnel, RVS frames, fuik , overige	1 x in 2 weken (in zomer vaker dan in winter)	4000	Schoonspuiten fuiken in combinatie met lichting; daar inbegrepen; zie hieronder	-
	Voorrijkosten/-tijd, locatie afhankelijk	Aanne: circa 100 km enkele reisafstand	2000	Aanne circa 100 km enkele reisafstand	2000
	Data-inwinning/- verzending; Wisselen datadragers	Automatisch (AI); in combinatie met onderhoud; daar inbegrepen; zie hiervoor	0	Handmatig: 24 lichtingen	1400-2800
	Data-opwerking	Automatisch (AI), in eerste jaren validatie vereist via onderzoeker (software-training); kosten aflopend	1000- 4500	Invoer in database bij onderzoeksinstituut (24 lichtingen)	1500-2000
Indirecte effecten	Dataopslag (dragers/gebruik server; back-up)	Videobeelden vergen veel opslagruimte; dit in vgl. met bv Excelbestand	p/m	Excelbestanden	nihil
	Geschatte kans op verlies apparatuur (diefstal/ vandalisme/stroperij e.d.)	Aanwezig; kans 0.1; vervangingswaarde systeem	500-1500 (tenzij verzekerd)	Aanwezig, maar kans is nihil; vervangingswaarde fuik	nihil
	Geschatte kans op verlies van data	Opslag enkel op datadragers; (bij frequent uitlezen op afstand en backup: kans nihil)	Relatief: zeer laag	Door stroperij door derden (diefstal vis)	Relatief: gemiddeld tot hoog
	Hydrauliek	Invloed op stroming afhankelijk van de locatie en opstelling.	Relatief laag- hoog	Invloed op stroming afhankelijk van de locatie en opstelling.	Relatief laag- hoog

Item	Project [videocamera]	Geschatte kosten in EUR ex btw	Nul-alternatief [fuik]	Geschatte kosten in EUR ex btw
Baten (camera versus fuik)				
Indirecte effecten	Wetenschappelijke output kwantitatief			
	- Onderzoekinspanning	Bv. tunnel-passages = ...% van werkelijke passages	[nog te kwantificeren op basis van pilot?] Verwachting is dat camera meer 'slimme' vissen detecteert (houting, salmoniden)	Bv. gevangen vis = ... % van werkelijke passages [nog te kwantificeren, mede op basis van pilot]
	Wetenschappelijke output kwalitatief			
	- Geschiktheid data voor onderzoekdoel(en)	Bepaling soort- samenstelling	Camera- monitoring (nog) sterk afhankelijk van doorzicht water; bij helder water superieure methode	Bepaling soort- samenstelling Fuikenmonitorin g is niet afhankelijk van doorzicht; bij troebel water superieure methode
	- Continuïteit datastroom en validatie/interpretatie	Gevaar van optreden trendbreuk	Objectieve 'waarneming'	Gevaar van optreden trendbreuk Subjectieve waarneming; dataset gevoelig voor wisselingen onder uitvoerders (bij verloop of uitval door ziekte)
		Data zijn 'terug te zien' voor herbeoordeling (<i>2nd opinion</i>)		Grote expertise visser; daardoor echter ook grote afhankelijkheid van diezelfde visser en of meewerkende collega
		Vis komt niet fysiek in handen van experts		Een (beroeps)visser kan foto's maken, schubben tellen en DNA afnemen (=meerkosten).
	- Data-parameters	Timing van vissen	wordt geregistreerd	Vangstmoment wordt niet geregistreerd

Item		Project [videocamera]	Geschatte kosten in EUR ex btw	Nul-alternatief [fuik]	Geschatte kosten in EUR ex btw
		Omgevingsvariabelen (bv. temperatuur, waterkwaliteit, etc.)	Kunnen eenvoudig worden geregistreerd via sensortechniek	Omgevingsvariabelen (bv. temperatuur, waterkwaliteit, etc.)	Kunnen worden geregistreerd via handmatig meten (= extra tijd, kostbaar)
	Dierenwelzijn	Letsel/sterfte; hinder door de tunnelpassage, bv. lichtbundel voor camera	Kans afwezig of nihil	Letsel/(indirecte) sterfte door vastzitten in net of door handling. Ongemak/hinder bij hoge temperatuur (geldt zeker voor kwetsbare soorten).	Kans reëel aanwezig; directe sterfte loopt sterk uiteen per soort.
	Spin-off	Meerwaarde voor ander onderzoek	Knowhow training van herkennings-software (algemeen); specifiek: herkenning van gemerkte vis (telemetrie) of beeldherkenning van individuen, voorkomen van soorten anders dan vissen (bever, otter)	Meerwaarde voor ander onderzoek	Validatie van gegevens uit merk-terugvang-onderzoek, (telemetrie)
		Maatschappelijke meerwaarde	<i>Citizen science, public awareness</i>		Specifiek: betrekken beroepsgroep visserij

Wanneer alleen de effecten worden bekeken waarvoor prijzen in Euro kunnen worden gegeven, en we de *unit effort* definiëren als één maand monitoring, komen we uit op de bedragen die variëren tussen EUR 3.000 en 6.000 per maand voor cameramonitoring; en voor de fuikenmonitoring, waar de inschattingen voor 'laag' en 'hoog' dicht bij elkaar liggen, op gemiddeld EUR 1.700 per maand. Het betreft geschatte directe kosten van projectonderzoek, in de zin van verwachte zogenaamde noodzakelijke verspillingen. Het spreekt voor zich dat die kosten niet gelijk zijn aan de onderzoekskosten zoals die door bedrijven worden geoffreerd, omdat daarbij altijd ook een opslag voor (overige) bedrijfskosten en winst zal worden gehanteerd, en/of een R&D-component in rekening wordt gebracht. Anderzijds is het aannemelijk dat de kosten van afschrijving of huur voor camera's en software in de komende jaren zullen dalen gezien de algemene trend in de prijsontwikkeling van ICT-goederen. Ten slotte willen wij nogmaals benadrukken dat het om grove schattingen gaat. Sommige van de onderliggende aannames zijn vanzelfsprekend wat sterker en reëler dan andere, of zelfs niet ingevuld. Zo zijn bij de cameramonitoring de opslagkosten voor grote aantallen mediabestanden niet in de begroting meegenomen, omdat niet bekend is hoe opdrachtgevers en uitvoerders daarmee omgaan. Wellicht is deze post niet aan de orde bij *open source*-opslag in bestaande portals en/of financieel afgedekt via afspraken over medegebruiksrechten voor uitvoerders die de gegevens willen kunnen (blijven) gebruiken voor de verbetering van hun systemen.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Op basis van het voorgaande zijn de beide hoofdkennisvragen als volgt te beantwoorden:

1. *Zijn er anno 2020 voldoende ontwikkelde onderwatercamerasystemen en analysesoftware op de markt waarmee een wetenschappelijke output kan worden gegenereerd die even goed is of zelfs beter dan die verkregen met traditionele monitoringmethoden?*

Ja en Nee:

- Ja, op dit moment zijn meerdere onderwatercamerasystemen op de markt die variëren in mate van ontwikkeling. Het ene systeem is al jaren in bedrijf en goed doorontwikkeld, terwijl het andere een flinke inhaalslag maakt met eigen unieke kwaliteiten of zich weet te onderscheiden in prijs/kwaliteit. De techniek bewijst zich al jaren in bijvoorbeeld vispassages zoals Iffezheim (<https://wfbw.de/infothek/webcam-iffezheim>).
- Nee, er zijn ook nog ontwikkelingen noodzakelijk. Over het algemeen is de indruk dat in tegenstelling tot de traditionele fuikenmonitoring het niet zeker is dat alle vissoorten ook daadwerkelijk goed worden herkend. Kleine soorten of soorten met subtiele verschillen zullen hierbij mogelijk worden gemist. Het onderscheid tussen rode alen en schieralen is in geen enkel systeem bekend. Dit is voor een schieraal-index (gebruikt voor advisering van het ministerie van LNV) problematisch. Ook zijn vrijwel alle systemen in het zoete water actief, waardoor het soortenspectrum in zout of brakwater nog nauwelijks in de Artificial Intelligence zal zijn verwerkt. Dit is voor de overgangswateren/voor de KRW vooralsnog een probleem.
- Nee, lengtemetingen vormen een variërend risico afhankelijk van aanbieder voor met name de grotere vissen >60cm. De systemen kennen een gevarieerde aanpak in het opmeten van de lengte van de vissen, waarbij klasse-indeling of een lengtebepaling omgeven met een betrouwbaarheidsinterval niet ongebruikelijk is. In de fuikenmonitoring worden vissen op de centimeter nauwkeurig gemeten.

2. *Zo ja, kunnen deze systemen in economisch opzicht concurreren met de traditionele monitoringmethoden?*

Nee, niet op het eerste gezicht, wanneer we verwachte prijsontwikkelingen buiten beschouwing laten. De actuele kosten van de zogenaamde noodzakelijke verspillingen zijn bij de camera-monitoring duidelijk hoger. Er zijn echter ook aanzienlijke, niet direct in geld uit te drukken, effecten. De beantwoording van de vraag hangt dus in sterke mate af van de waarde die aan deze effecten wordt toegekend en dat zal weer sterk afhankelijk zijn van de doelen die een opdrachtgever nastreeft en wat de tijdhorizon is.

7.2 Aanbevelingen

Stapsgewijze implementatie

Hoewel alle systemen aangeven dat Artificial Intelligence nog gevoed moet worden om de soorten goed te herkennen, blijkt dat de techniek zich al jaren bewijst in vispassages als Iffezheim (<https://wfbw.de/infothek/webcam-iffezheim>). Op basis van de literatuur en onze enquêtes blijkt dat de ontwikkelde onderwatercamerasystemen sterk in opmars zijn en op meerdere vlakken voordelen kennen ten opzichte van fuikenmonitoring. Om die reden wordt geadviseerd om door te gaan met het verkennen van deze systemen en om deze stapsgewijs te implementeren zodat beeldherkenning een kans krijgt zich verder te ontwikkelen via training. Hierbij zullen de locaties in zoetwater al sneller in

beeld komen dan de locaties in de overgangswateren zoals het Noordzeekanaal of de Nieuwe Waterweg. Het verder ontwikkelen van Artificial Intelligence is met name belangrijk voor de soorten die zeldzaam of moeilijk te determineren zijn. Met een stapsgewijze implementatie kan bijvoorbeeld ervoor gekozen worden om te starten met locaties met relatief weinig en goed herkenbare soorten in combinatie met niet al te uitdagende omstandigheden.

Voor de KRW is het daarnaast aan te bevelen om Artificial Intelligence voornamelijk te trainen op de indicatorsoorten in bijlage 11 van het document voor de deelmaatlat soortsamenvestelling (Van der Molen et al. 2020).

Het is niet ondenkbaar dat uiteindelijk de fuikenmonitoring kan blijven functioneren naast camerasystemen zodat lastige locaties, locaties zonder stroom of locaties met ruw water, alsnog met fuiken wordt bemonsterd, terwijl fuiken bij vispassages zoals bij Lith of Hagestein worden vervangen door camerasystemen. Beide systemen werken namelijk middels een fuikprincipe en zijn in wezen vergelijkbaar qua strategie (en vangst per eenheid inspanning (CPUE)). Het vervangen van een fuik door een cameraopstelling is natuurlijk nog steeds afhankelijk van de onderzoeksdoelen en moet per locatie en doel van onderzoek goed worden beoordeeld (bijvoorbeeld soortsamenvestelling of trend voor schieraal).

Raadplegen van experts

Het is aan te bevelen om aanbieders van camerasystemen voor een expertsessie te benaderen om zo de diverse onderzoeksdoeleinden én specifieke locaties te ijken aan hun mogelijkheden en technieken. Door marktpartijen uit te nodigen en hen de onderzoeksdoelen voor te leggen, zullen de kansen en uitdagingen (per locatie) duidelijk naar voren komen. Desgewenst kan een dergelijke sessie worden uitgebreid met een ontwerpwedstrijd die verrassende ontwikkelingen en inzichten in de mogelijkheden van cameratechniek zou kunnen opleveren, ook voor de meest 'uitdagende' locaties.

8 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Literatuur

Anon. 2018. Status of the Tana/Teno River salmon populations in 2017. Report from the Tana Monitoring and Research Group nr 1/2018

Borcherding, J., and A. Hartmut. 2018. Echoes in motion: An acoustic camera (DIDSON) as a monitoring tool in applied freshwater ecology. Inaugural - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln Münster

Briand, C., B. Sauvaget, and G. Eriau. 2016. Suivi de la dévalaison d'anguilles argentées en 2014-2015 (troisième année) sur la Vilaine à l'aide d'un DIDSON.

Bunt, C. 2016. Silver Shiner (*Notropis photogenis*) Size-Class Structure, Habitat Utilization, Movement and Persistence in an Urbanized Fragment of a Great Lakes Tributary. *American Midland Naturalist* 176:200-209.

Bunt, C., and B. Jacobson. 2019. Rainbow Trout Migration and Use of a Nature-Like Fishway at a Great Lakes Tributary. *North American Journal of Fisheries Management* 39:460-467.

Egg, L., J. Pander, M. Mueller, and J. Geist. 2018. Comparison of sonar-, camera- and net-based methods in detecting riverine fish-movement patterns. *Marine and Freshwater Research* 69:1905-1912.

EnvironmentAgency. 2010. VAKI Riverwatcher Fish Counter Turbidity Trials. Report – Fisheries Assessment Team - FAT/10/06

Griffioen, A. B. 2019. Aalonderzoek Hoogheemraadschap van Delfland: groei en verspreiding van rode aal (*Anguilla anguilla*) 2019. Wageningen Marine Research rapport C131/19, IJmuiden.

Griffioen, A. B., P. Deitzelweg, and M. J. Kroes. 2019a. Alternatives for trap monitoring in large rivers and lakes : Camera monitoring and eDNA sampling as alternative for conventional trap monitoring. Stichting Wageningen Research, Centre for Fisheries Research (CVO) rapport nr. 19.015, IJmuiden.

Griffioen, A. B., O. A. van Keeken, C. Chun, E. Blom, E. Schram, M. De Graaf, and H. V. Winter. 2015. Omvang en overleving van schubvis bijvangst in fuikenvisserij nabij kunstwerken. IMARES rapport C140/15.

Griffioen, A. B., and H. V. Winter. 2014. Merk-terugvangst experiment rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) bij Kornwerderzand. IMARES rapport nr C044/14, IJmuiden.

Griffioen, A. B., and H. V. Winter. 2017. Schieraal uittrek Noordzeekanaal 2016 - een merk-terugvangst experiment met fuikvangsten. Wageningen University & Research Rapport C050/17.

Griffioen, A. B., H. V. Winter, J. Hop, and F. T. Vriese. 2014. Inschatting van het aanbod diadrome vis bij Kornwerderzand. IMARES, IJmuiden.

Griffioen, A. B., H. V. Winter, O. A. v. Keeken, and B. v. Houten. 2019b. Intrek van glasaal en driedoornige stekelbaars in het Noordzeekanaal voorjaar 2018. Wageningen Marine Research rapport C054/19.

Haas, C., P. Thumser, B. Mockenhaupt, and M. Schletterer. 2018. The system Vaki Riverwatcher as a tool for long-term monitoring of fish migration in fishways. *Wasserwirtschaft* 108:41-48.

Holter, T. H., K. M. Myrvold, U. Pulg, and J. Museth. 2020. Evaluating a fishway reconstruction amidst fluctuating abundances. *River Research and Applications* 36:1748-1753.

Leonardsson, K., J. Östergren, G. Hellström, J. Leander, and E. Bergman. 2016. Passageeffektivitet för nedströmsvandrande laxsmolt förbi ett integrerat vattenintag till spill och turbin vid Bruksfors, Rickleån Sveriges Lantbruksuniversitet Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö Rapport 9.

Martignac, F., A. Daroux, J.-L. Bagliniere, D. Ombredane, and J. Guillard. 2015. The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. *Fish and Fisheries* 16:486-510.

Mockenhaupt, B., and C. Kluber. 2015. Fischerfassung in FAA – Reuse vs. automatische Fischerfassung (Vaki-Counter) – Vergleich zweier Verfahren.

Peterson, M. L., A. N. Fuller, and D. Demko. 2017. Environmental Factors Associated with the Upstream Migration of Fall-Run Chinook Salmon in a Regulated River. *North American Journal of Fisheries Management* 37:78-93.

Pohjola, J.-P., P. Orell, J. Kuusela, and J. Lilja. 2020. Teno- ja Inarijokeen nousevien lohien kaikuluotausseurannat v. 2018–2019. . *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 22/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 29 s.

Schletterer, M., G. Senn, M. Menghin, M. Hubmann, R. Schwarzenberger, C. Haas, P. Thumser, and M. T. Asgeirsson. 2015. Technical Fish Monitoring: First Installation of a RiverWatcher Fish Counter in Austria. *Wasserwirtschaft* 105:103-108.

Sjursen, A. D., L. Rønning, M. E. L. Friis, and J. G. Davidsen. 2020. Overvåkning av anadrome laksefisk i Botnvassdraget, Nordland. Resultater fra overvåkingen i 2019 –

Sonny, D., and R. Brunet. 2015. Session C4: Development of Passive Monitoring Tools of Silver Eel Migration to Trigger Turbine Management for Fish Protection. in I. C. o. E. a. E. f. F. P. 2015, editor.

Sutela, T., T. Vehanen, M. Jaukkuri, J. Tuohino, and P. Orell. 2018. Kalateiden toimivuuden seuranta. *Luonnonvara*.

Van der Molen, D. T. r., R. Pot, C. H. M. Evers, F. C. J. van Herpen, and L. L. J. Nieuwerburgh. 2020. Referenties en maatlaten voor natuurlijke watertypen voor de Kader Richtlijn Water 2021-2027. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer rapportnummer 2018-49.

Van Keeken, O.A.; Bruijn, de P.J.A.; Griffioen, A.B.; Os-Koomen, van E.; Wiegerinck, J.A.M. (2020) Vismonitoring Zoete Rijkswateren en Overgangswateren t/m 2019 : Deel II, Toegepaste methoden. Wageningen Marine Research rapport C047/20, IJmuiden

Van Leeuwen, C. H. A., J. Museth, O. T. Sandlund, T. Qvenild, and L. A. Vollestad. 2016. Mismatch between fishway operation and timing of fish movements: a risk for cascading effects in partial migration systems. *Ecology and Evolution* 6:2414-2425.

Winter, H. V., O. A. v. Keeken, J. Brockötter, and A. B. Griffioen. 2019. Migratiepatronen en – knelpunten tijdens uittrek van schieraal uit Noordzeekanaal en ommelanden, inclusief Markermeer. Wageningen Marine Research rapport C053/19.

Verantwoording

Rapport C022/21

Projectnummer: 431 2100121

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Ir. O.A. van Keeken
onderzoeker

Handtekening:

Datum: 15 maart 2021

Akkoord: Jakob Asjes
MT-lid Integratie

Handtekening:

Datum: 15 maart 2021

Bijlage 1 Enquêteformulier producent

Name of company / employee	
Position	
Confidentiality (please indicate)	The information provided must be treated confidentially ☐ YES ☐ NO
Name of system (please indicate)	
Components (please indicate)	☐ (infrared) scanner ☐ video camera ☐ frame/box ☐ light ☐ (AI) software

Applicability	Traps used in conventional monitoring have clear dos & don'ts. What are the most important prerequisites to successfully install and use your camera system regarding ...?
Site conditions (installation in open water, rivers and fish passages)	
Water conditions (e.g. water velocity and safety, turbidity, waste, pollution etc.)	
Position in the water column (think of: benthic oriented fish vs pelagic)	
Other (situational) aspects (e.g. Are there limitations regarding cable length and remote applications? What are they?)	
Compatibility	Is your device suitable for use in combination with other devices without loss of quality/impairments?
Combined setup Is your device suitable for use together with a conventional fish trap, using a floating pontoon? (e.g. https://edepot.wur.nl/503595) <small>NOTE: This is the setup we are considering for the continuation of existing long-term monitoring.</small>	
Energy supply Is your device compatible with solar power systems to enable a setup when a fixed power supply is lacking? Which form of power supply is preferred?	
RF-techniques Is your device compatible with radio-frequency identification techniques (RFID)?	
Technical performance	How do your components perform, individually and/or in combination, regarding ...?
General What are the limitations of the system/ components regarding e.g. turbidity in relation to accuracy of fish registration?	
Maintenance What type and frequency of maintenance is needed? e.g. cleaning of lens, also internal parts? Removal of waste? Are there fast-wearing parts (internal / external)?	
Durability If maintained regularly, what is the lifespan of your components/system in continuous use (excl. maintenance)?	
Other remarks?	
Software analyses	What is the performance of the software output?
Registration of movement direction	

Is your software able to register the direction of fish migration (upstream and downstream)? Does the system have features that prevent double counting?	
Accuracy of fish recognition How accurate is fish recognition (species, sub-species-level)? Including when multiple fish are in one frame?	
Accuracy of species identification For our long-term monitoring it is of great importance to distinguish between yellow and silver eel. Is that possible with your software? If not, is machine learning an option for future implication? Is machine learning needed for specific species composition before implication of your equipment?	
Accuracy of size estimation How is the size of fish measured? Are there any limitations to fish size determination? (e.g. pike, catfish, eel >1 m)	
Validation Are manual checks needed to validate size estimations and species identification? If so, what scientific expertise is needed to validate the output?	
Economic aspects	What are the purchase costs? (in EUR)
Costs of complete system Can you give a rough estimate of the costs of a complete system, also specified per main components?	☐ (infrared) scanner ... ☐ video camera ... ☐ frame/box ... ☐ lighting ... ☐ (AI) software ...
Licenses of software Do you charge licensing fees on software use?	☐ License (AI) software ...
Other material (e.g. frame) What additional costs do we need to think of?	
Example projects	Are you familiar with <u>long-term</u> monitoring projects in which [your system] has been used successfully?
Can you name these projects?	
Developments	What technical developments (hardware / software) do you expect in the near future?
Can you specify?	
Market	Are there other systems on the market comparable to your system?
Competition Do you know of other (internationally operating) developers/vendors of comparable systems?	
What is the competitive edge of your system?	

Bijlage 2 Enquêteformulier gebruiker

Name of company / employee	
Position	
Confidentiality (please indicate)	The information provided must be treated confidentially ☐ YES ☐ NO
System used (please indicate)	☐ name:(plug & play) ☐ self-assembled / self-built
Components used (please indicate)	☐ (infrared) scanner ☐ video camera ☐ frame/box ☐ light ☐ (AI) software

Applicability	Traps used in conventional monitoring have clear dos & don'ts. Based on your experience with your system, what are the most important prerequisites to successfully install and use camera monitoring systems regarding ...?
Site conditions (installation in open water, rivers and fish passages)	
Water conditions (e.g. water velocity and safety, turbidity, waste, pollution etc.)	
Position in the water column (e.g. benthic oriented fish vs pelagic)	
Technical aspects (e.g. Do/did you experience limitations of the system used by you? E.g. regarding cable length and remote applications.	
Compatibility	Based on your experience with your system, are camera devices suitable for use in combination with other devices without quality loss / impairments?
Combined setup Are camera devices suitable for use together with a conventional fish trap, using a floating pontoon? (e.g. https://edepot.wur.nl/503595) <small>NOTE: This is the setup we are considering for the continuation of existing long-term monitoring.</small>	
Energy supply Are the devices you use(d) compatible with solar power systems? Does/did you use solar power, and does/did it work well?	
RF-techniques Is/was your device compatible with Radio-frequency identification RFID techniques? Does/did you use solar power, and does/did it work well?	
Technical performance	How do(es)/did the system / components you used perform, individually and in combination, regarding ...?
Operation in general What are/were the limitations of the system/ components regarding e.g. turbidity in relation to accuracy of fish registration?	
Maintenance What type and frequency of maintenance is/was needed? e.g. cleaning of lens, also internal parts? Removal of waste? Are/were there fast-wearing parts (internal / external)?	
Durability If maintained regularly, what is the (estimated) lifespan of your system / components in continuous use (excl. maintenance)?	
Output of software analyses	What is/was the performance of the software output?
Registration of movement direction Is/was the software able to register the direction of fish migration (upstream and downstream)?	

Does/did the system have features that prevent double counting?	
Accuracy of fish recognition <i>How accurate is/was fish recognition (species, sub-species-level)? Including when multiple fish are/were in one frame?</i>	
Accuracy of species identification <i>For our long-term monitoring it is of great importance to distinguish between yellow and silver eel. Would that been possible with your software? If not, would machine learning be an option for future implication?</i> <i>Is/was machine learning needed for specific species composition before implication of your equipment?</i>	
Accuracy of size estimation <i>How is/was the size of fish measured?</i> <i>Are/were there any limitations to fish size determination? (e.g. pike, catfish, eel >1 m)</i>	
Validation <i>Are/were manual checks needed to validate size estimations and species identification?</i> <i>If so, what scientific expertise is needed to validate the output?</i>	
Other aspects?	

Bijlage 3 Ontwikkelaars van onderwater-camerasystemen

Overzicht van de belangrijkste ontwikkelaars van onderwatercamerasystemen voor visdetectie, en bijbehorende applicaties, zoals die op basis van algemene kennis van het werkveld en uit de literatuurstudie naar voren komen. Voor details over de diverse systemen verwijzen wij naar de weblinks van de bedrijven.

Ontwikkelaar	Naam systeem	Web-link
AT_KB	eigenbouw	https://www.at-kb.nl/
KBTS*	V3.0 basic	http://jeffish.nl/v3-0-basic-solar
	V3.0 solar	
	Migrator	
Simsonar	Simsonar FC, Simsonar UVC back	https://www.simsonar.com
VAKI	Riverwatcher	https://vakiiceland.is/
	div. modellen	http://www.riverwatcher.is
	Winari	
Vislift	Vislift Digital Monitoring Device (VDMD)	https://www.vislift.nl/
WSP	IchtyoS	https://www.wsp.com

*) bieden hun systemen alleen in combinatie met onderzoekwerkzaamheden aan

Bijlage 4 Overzicht van basisgegevens uit de enquêteformulieren

	Price system in EUR (high price: incl scanner or extras like sensors)	(infrared) scanner	video camera	frame/box	lighting	(AI) software	Lisence in EUR	Service in EUR (optional)	RFID	Combination pontoon/ traps	Life span*
Developer 1	< 30.000-52.000	●	●	●	●	●	80/month		○	○	> 10 years
Developer 2	33.000		●	●	●	●	N/A	3.000/season	○	○	c. 5 years
Developer 3	p.o.r.		●	●	●	●	p.o.r.	p.o.r.	○	○	> 3 years
Developer 4	30.000-60.000 #	●	●	●	●	●	250-400/month	c. 75/hr	○	○	5-10 years
Developer 5	20.000-25.000		●	●	●	●	c. 200/month	p.o.r.	○	○	5-10 years
Developer 6	p.o.r.	●	●			●	p.o.r.	p.o.r.	○	○	
User 1	N/A	not used	●	●	●	not used	N/A	N/A	shielded antenna	○	proven: > 8 years
○ = possible p.o.r. = price on request (as part of research) # (rental) fee 12 months * freshwater; less in salt/brackish water; components (partly) servicable											

*) Ontwikkelaars/gebruikers op verzoek anoniem vermeld, in willekeurige volgorde

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'